République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

ETUDE EN APD DE DEDOUBLEMENT DE LA VOIE ET RECTIFICATION DU TRACE, POUR AUGMENTER LA VITESSE A 160Km/h DE LA LIGNE FERROVIAIRE BENI-MANSOUR BEJAIA, DU PK 72+000 AU PK 87+000 AVEC CONCEPTION DE LA GARE D'OUED GHIR ET LA HALTE DE LA GARE ROUTIERE.

Présenté par :

BOUZIDIA Nabila.

OUIS Rania.

Encadré par :

Mr .DERRADJI Ayachi.

Mme. MEDELCI CHIALI Soumiya.

Promotion 2021 / 2022

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

Au nom d'Allah, le Tout miséricordieux, le Très miséricordieux.
Ce n'est pas parce que la tradition exige que cette page se trouve dans ce travail, mais parce que les gens à qui s'adressent nos remerciements les méritent vraiment.

Nos vifs remerciements sont d'abord adressés en particulier à Monsieur ***MORSLI*** *qui a cultivé en nous l'amour de ce module « la voie ferrée ». Nous tenons à lui exprimer notre gratitude et notre profond respect pour son soutien, son engagement et son aide très précieux tout au long de l'année.*

Nous tenons aussi à remercier nos encadreurs M. ***DERRADJI Ayachi*** *et M^me^* ***MEDELCI-CHIALI Soumiya*** *pour leur grande disponibilité à chaque étape du mémoire. On les remercie pour toute l'énergie fournie et le temps passé lors de nos réunions.*

Nous remercions les membres du jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce projet de fin d'études.

Nous ne manquerons pas de remercier vivement toute l'équipe de la S.A.P.T.A, et surtout M. BOUDJADJA Samir qui a été notre maître de stage et qui a organisé à la perfection les étapes de déroulement du stage pour que nous remplissions nos objectifs.

Nous remercions chaleureusement tous les enseignants de l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics qui ont contribué à notre formation de la 1ère à la 5éme année.

Nous remercions tout le personnel administratif du Département Infrastructures de Base, en particulier , ***M^me^ MAKOUDI*** *et* ***M^me^ BOUREBIA****. Sans oublier les responsables de la bibliothèque qui nous ont beaucoup facilité notre recherche bibliographique.*

Nos remerciements vont à nos parents d'avoir pris le temps de nous relire et pour tout le soutien qu'ils nous ont apportées dans la rédaction de ce mémoire.

Enfin, nous tenons à témoigner toute notre gratitude à tous ceux qui nous ont soutenues et aidées dans ce travail.

Dédicace

A la mémoire de mon cher papa disparu trop tôt ***OUIS Farid*** *;*
A l'homme de ma vie celui qui Sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis ;

Comme j'aimerais que tu sois avec moi, à mes côtés lors de cet événement important de mon parcours d'étude, mais la volonté de dieu est plus forte ;
Ce travail est le résultat de l'esprit de sacrifice dont tu as fait preuve, de l'encouragement et le soutien et l'amour que tu m'as toujours donné ;
En ce jour, j'espère réaliser l'un des tes rêves et tu seras fière de ta fille là où tu es, je t'aime et je t'aimerai jusqu'au dénier souffle de ma vie je t'oublierai jamais.

A celle qui ma mise au monde, A ma plus belle étoile qui puisse exister dans l'univers ma Chère mère " ***Fatiha*** *", la source de mes efforts, ma vie et mon bonheur, yemma 3zizen que j'adore, puisse dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur ;*

A ma grande sœur que j'aime trop « ***Manel*** *», tu as été toujours à mes côtés pendant toutes les étapes de ma vie pas seulement dans ce travail que dieu te garde pour nous et renforcé notre fraternité ;*

A mon petit frère « ***Abdslam*** *» je te souhaite un avenir radial plein de réussite ;*

A ma chère tante « ***Fazia*** *»et mes oncles «* ***Omer*** *» et «* ***Abd el nour*** *»qui m'ont soutenu et encouragé durant ces années d'étude ;*

Sans oublier ma deuxième sœur, ma chère amie et mon binôme ***Nabila BOUZIDIA*** *;*
A mes cousins, et mes chers am(e)is ;
A tous ceux que j'aime…..

OUIS Rania

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, Je dédie ce modeste travail :

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur celle qui m'a accordé ses sacrifices et sa tendresse : mon adorable mère Tassadit ;

A l'homme, mon précieux offre de dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Amar ;

A mes chères sœurs Lydia et Fariza qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur ;

A mon petit frère Malik que j'aime et à qui je souhaite la réussite ;

A ma chère sœur, mon binôme Rania qui a contribué à la réalisation de ce travail, et pour son soutien, sa patience et sa compréhension, que dieu la protège ;

A ma famille, mes proches et ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité ;

A mes ami(e)s ;
En particulier Slimane, pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé ;
Au nom de l'amitié qui nous réunit,
Et au nom de nos souvenirs inoubliables
A tous qui me sont chers…

BOUZIDIA Nabila

Résumé

Le sujet de ce mémoire consiste en l'étude d'avant-projet détaillé (A.P. D.) de la réhabilitation et la modernisation de la ligne Ferroviaire Beni-Mansour/Bejaia (dédoublement de la voie et rectification de tracé pour augmenter la vitesse à 160 Km/h) sur un tronçon de 15Km du PK 72+000 au PK 87+000 avec la conception de la gare voyageurs d'Oued Ghir et l'aménagement de la halte de la gare routière.
Cette étude a été réalisée selon les normes de l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) et les recommandations de la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF). La modélisation géométrique du projet a été exécutée sous logiciel **COVADIS 2013** menu **Autopiste.**

ملخص

يتكون موضوع هذا المشروع من الدراسة الأولية التفصيلية (D.P.A) لإعادة تأهيل وتحديث خط سكة حديد بني منصور / بجاية (ازدواجية وتصحيح المسار لزيادة السرعة إلى 160 كم / ساعة) على مقطع 15 كم من PK 72+000إلى PK 87+000 مع تصميم محطة المسافرين واد غير و تطوير المحطة عند محطة الحافلات.

أجريت هذه الدراسة وفقًا لمعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية (UIC) وتوصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية (SNTF). وتم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع ضمن قائمة برامج COVADIS 2013(AUTOPISTE).

Abstract

The subject of this thesis consists of the detailed preliminary study (A.P.D.) of the rehabilitation and modernization of the Beni-Mansour/Bejaia railway line (duplication of the track and rectification of the route to increase the speed to 160 km/ h) on a 15 km section from PK 72+000 to PK 87+000 with the design of the Oued Ghir mixed station and the development of the bus station stop.
This study was carried out according to the standards of the International Union of Railways (UIC) and the recommendations of the National Railway Transport Company (SNTF). The geometric modeling of the project was carried out under COVADIS 2013 software menu Autopiste.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I: RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE-RAIL ET BALLAST FERROVIAIRE

I.1 RAIL 2
I.1.1 INTRODUCTION 2
I.1.2 Les différents profils du rail 2
I.1.3 Composition chimique et nuance du rail 2
I.1.4 LE LONG RAIL SOUDE (LRS) 2
I.1.5 Avantages et inconvénients des LRS 3
I.1.6 FIXATION DU RAIL 3
I.1.7 INCLINAISON 3
I.1.8 POURQUOI LES ANGLAIS ONT-ILS CHOISI CET ECARTEMENT DE 4 PIEDS 8 POUCES ET DEMI (1,435m) ? 4
I.2 BALLAST FERROVAIRE 4
I.2.1 INTRODUCTION 4
I.2.2 DEFINITION DE BALLAST 4
I.2.3 QUALITE DU BALLAST 5
I.2.4 LE ROLE DE BALLAST 5
I.2.5 LA FORME DU BALLAST 6
I.2.6 POURQUOI LE BALLAST ET PAS UN AUTRE MATERIAU ? 6

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

I.1 INTRODUCTION 7
I.2 PRESENTATION DE LA REGION 7
I.3 PRESENTATION DU PROJET 8
I.3.1 Consistance des travaux à réaliser 10
I.3.2 Embranchements 11
I.4 OBJECTIFS DU PROJET 11
I.5 APERCU SUR LA VOIE EXISTANTE 11
I.5.1 Eléments du tracé existant 12
I.5.2 Ouvrages de drainage existants sur le tracé actuel 12
I.5.3 Passages à niveau 16
I.5.4 Gares et haltes existantes 17
I.6 PRESENTATION DU PROJET D'ETUDE 18
I.6.1 Caractéristiques de la nouvelle ligne 18
I.6.2 Acteurs du projet 18
II.7 CONCLUSION 19

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

III.1 TRACE EN PLAN 20
III.1.1 INTRODUCTION 20
III.1.2 TRACE EN PLAN 20

SOMMAIRE

III.1.3 CRITERES DE LIMITATION DES PARAMETRES GEOMETRIQUES 20
III.1.4 PARAMETRES DE CONCEPTION DE LA VOIE 20
III.1.5 PARAMETRES GEOMETRIQUES DU TRACE 21
III.1.6 PARAMETRES FONCTIONNELS 21
III.1.7 LES PARAMETRES DU NOUVEAU TRACE 22
III.1.8 CONCLUSION 24
III.2 PROFIL EN LONG 25
III.2.1 INTRODUCTION 25
III.2.2 ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG 25
III.2.2.1 Les déclivités 26
III.2.2.2 La longueur minimale de déclivité 26
III.2.2.3 Rayon admissible en raccordement de profil en long 26
III.2.3 COORDINATION PROFIL EN LONG – TRACE EN PLAN : 27
III.2.4 DESCRIPTION DU PROFIL EN LONG 27
III.2.5 CONCLUSION 27

CHAPITRE IV : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

IV.1 INTRODUCTION 28
IV.2 ETUDE GEOLOGIQUE 28
IV.2.1 Cadre géologique 28
IV.2.2 Situation de site 28
IV.2.3 Géologie régionale 28
IV.2.4. La géologie de la zone d'étude 29
IV.2.5 Les risques géologiques 31
IV.3 ETUDE GEOTECHNIQUE 32
IV.3.1 Programme géotechnique 32
IV.3.1.1 Lot voie 32
IV.3.1.2 Lot ouvrage d'art 36
IV.4 INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE GEOTECHNIQUE 38
IV.4.1 Les essais in situ 38
IV.4.1.1 Les puits de reconnaissance 38
IV.4.1.2 Pénétromètre dynamique 39
IV.4.1.3 Les sondages mécaniques 40
IV.4.1.4 Les essais de laboratoire 44
IV.5 LES CARACTERISTIQUES DES GROUPES GEOLOGIQUE AFFECTES PAR LE COULOIR ... 49
IV.6 CONCLUSION 50

CHAPITRE V : ETUDE DE TRAFIC

V.1 INTRODUCTION 51
V.2 DONNEES DE BASE DU TRAFIC 51
V.2.1 Données de base du réseau des transports algériens 51
V.2.2 Données de base de la ligne actuelle Beni Mansour – Bejaia 51

SOMMAIRE

V.2.3 Données de base de la route nationale RN26 52
V.2.4 Résumé des trafics actuels 53
V.3 Etude de la capacité de la ligne ferroviaire 53
V.3.1 Capacité de la ligne 54
V.3.2 Application sur la ligne Beni -Mansour / Bejaia 55
V.4 Trafic de conception de la ligne 56
V.4.1 Trafic de conception en période de pointe 57
V.4.2 Trafic de conception en période creuse 57
V.4.3 Trafic de conception en période de maintenance 57
V.4.4 Trafic de conception journalier 58
V.5 CONCLUSION 58

CHAPITRE VI : STRUCTURE D'ASSISE DE LA VOIE

VI.1 INTRODUCTION 59
VI.2 RAIL, TRAVERSESET ATTACHES UTILISES DANS LE PROJET D'ETUDE 59
VI.2.1 Rail 59
VI.2.2 Traverses 60
VI.2.3 Attaches 60
VI.3 DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISE 61
VI.3.1 Classification de la plate-forme 61
VI.3.2 Classes de qualité des sols 61
VI.3.3 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise: 62
VI.4 DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME 65
VI.5 MATERIAUX DES DIFFERENTES COUCHES 66
VI.5.1 Ballast 66
VI.5.2 Grave de la sous-couche 66
VI.5.3 Couche de forme 66
VI .6CONCLUSION……..……66

CHAPITRE VII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

VII.1 INTRODUCTION 67
VII.1.1 Les objectifs de l'étude hydrologique 67
VII.1.2 Caractéristiques de la voie 67
VII.2 L'ETUDE HYDROLOGIQUE 68
VII.2.1 Climatologie 68
VII.3 PLUVIOMETRIE 69
VII.3.1 Pluies moyenne dans la région 69
VII.4 BASSINS VERSSANTS 69
VII.4.1 Les caractéristiques des paramètres des bassins versants 69

SOMMAIRE

VII.5 CALCUL HYDROLIQUE 73
VII.5.1 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) 73
VII.5.2 Temps de concentration 74
VII.5.3 La précipitation durant temps Tc 75
VII.5.4 Intensité de pluies 75
VII.6 ETUDE D'ASSAINISSEMENT 79
VII.6.1 Justification des ouvrages de drainage transversaux employés 79
VII.6.2 Critère de dimensionnement à respecter 80
VII.6.3 Application au projet 80
VII.6.4 Vérification des conditions d'auto-curage pour chaque ouvrage 86
VII.7 LES FOSSES 86
VII.7.1 Calcul des débits d'apports 86
VII.7.2 Choix de type de fossé 87
VII.8 ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE LONGITUDINAL DANS LA GARE 88
VII.9 CALCUL DES OUVRAGES SINGULIÈRES 88
VII.10 CONCLUSION 89

CHAPITRE VIII : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

VIII.1 TERASSEMENTS 90
VIII.1.1 INTRODUCTION 90
VIII.1.2 REUTILISATION DES MATERIAUX DES DEBLAIS 90
VIII.1.3 GEOMETRIE DES TALUS DE DEBLAIS 90
VIII.1.4 GEOMETRIE DES TALUS DE REMBLAIS 91
VIII.1.4.1 Remblais avec des sols 91
VIII.1.4.2 Synthèse des différentes couches du profil renforcement/amélioration assise de Remblai 91
VIII.1.5 CALCUL DES CUBATURES 92
VIII.2 OUVRAGES D'ART 93
VIII.2.1 INTRODUCTION 93
VIII.2.2 PONTS FERROVIAIRES 93
VIII.2.3 TRAVAUX POUR LE PASSAGE DES AXES ROUTIERS 94
VIII.2.3.1 Influence sur le choix de type de l'ouvrage 94
VIII.2.3.2 Les passages supérieurs 94
VIII.2.3.3 Chemins ou routes parallèles 95
VIII.2.4 OUVRAGES DE DRAINAGE 96
VIII.3 CONCLUSION 96

SOMMAIRE

CHAPITRE IX : PROFIL EN TRAVERS

IX.1 INTRODUCTION 97
IX.2 CARACTERISTIQUES DE PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PROJET 97
IX.2.1 Voie double 97
IX.2.2 Viaducs 97
IX.2.3 Gares 97
IX.3CONCLUSION 98

CHAPITRE X: CONCEPTION DE LA GARE D'OUED GHIR ET AMENAGEMENT DE LA HALTE DE LA GARE ROUTIERE

X.1 INTRODUCTION 99
X.2 CONCEPTION DE LA LIGNE 99
X.3 EMPLACEMENT DE LA GARE D'OUED GHIR PROJETEE 100
X.4 MATERIEL ROULANT 100
X.5 TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG 101
X.6 L'AMENAGEMENT DE LA GARE D'OUED GHIR 101
X.6.1 Nombre de voies 101
X.6.2 Dimensionnement des quais 102
X.6.3 La longueur utile de stationnement : 103
X.6.4 Appareils de voie 103
X.6.5 Garage franc 104
X.6.6 Marge de glissement à l'aval des signaux 105
X.6.7 Heurtoirs 105
X.7 IMPLANTATION DES APPAREILS DE VOIES 105
X.8. HALTE DE LA GARE ROUTIERE 106
X.8.1. Emplacement 106
X.8.2 Tracé en plan et profil en long 107
X.8.3 Caractéristiques de la halte 107
X.8.4 Schéma fonctionnel de la halte 108
X.9 CONCLUSION 108

CHAPITRE XI : ETUDE DES CONTRAINTES

XI.1 INTRODUCTION 109
XI.2 CONTRAINTES 109
XI.2.1 Lignes électriques 109
XI.2.2 Routes et chemins 113
XI.2.3 Gazoducs et oléoducs 113
X.2.4. Caniveaux 114
X.3 CONCLUSION 114

SOMMAIRE

CHAPITRE XII : SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION

XII.1 LA SIGNALISATION 115
XII.1.1 INTRODUCTION 115
XII.1.2 IMPLANTATION DES SIGNAUX 115
XII.1.3 TYPES DE SIGNAUX UTULISE DANS LE PROJET 115
XII.1.3.1 Signaux principaux 115
XII.1.3.2 Signaux d'avertissement 115
XII.1.3.3 Cibles 115
XII.1.4 CATEGORIES DES SIGNAUX 116
XII.1.4.1 Pancartes fixes 116
XII.1.4.2 Signaux à feu 116
XII.1.5 ELEMENTS PRINCIPAUX AU SEIN DU SYSTEME DE SIGNALISATION 118
XII.1.5.1 Enclenchement électronique 118
XII.1.5.2 Poste de Commande Local 118
XII.1.6 SYSTEME DE DETECTION DE PRESENCE DES TRAINS 118
XII.1.6.1 Compteurs d'essieux 118
XII.1.7 SYSTEME DE PROTECTION DES TRAINS EMPLOYE 119
XII.1.7.1 Système ATP (Automatique Train Protection) 119
XII.1.7.2 ERTMS (European Railways Traffic Management System) 119
XII.2 ELECTRIFICATION 120
XII.2.1 INTRODUCTION 120
XII.2.2 OBJECTIF DE L'ELECTRIFICATION 120
XII.2.3 SOUS SYSTEMES DE TRACTION ELECTRIQUE 121
XII.2.3.1 Caténaires 121
XII.2.4 SYSTEME D'ELECTRIFICATION POUR LE PROJET D'ETUDE 122
XII.2.4.1 Type de courant d'alimentation 122
XII.2.4.2 Principes de sectionnement en 25000 volts courant alternatif / 50HZ 122
XII.2.5 HAUTEUR DE FIL DE CONTACT DE LA CATENAIRE 122
XII.2.6 CONCLUSION 122

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1INTRODUCTION 123
XIII.2 OBJET DE L'ETUDE 123
XIII.3 PHASES D'ETUDE D'IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT 123
XIII.4 DESCRIPTION DE L'ETAT INITIAL DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT 123
XIII.4.1 Environnement physique 123
XIII.4.2 Environnement biologique 124
XIII.4.3 Description du milieu humain 124
XIII.4.4 Infrastructures de transport 125
XIII.4.5 Paysage 125

SOMMAIRE

XIII.5 ETUDE PARCELLAIRE POUR LE PROJET D'ETUDE 125
XIII.6 IDENTIFICATION ET EVALUATION DES IMPACTS PRESIVIBLES DIRECTS OU INDIRECTS 126
XIII.6.1 Catégorie 126
XIII.6.2 Durée 126
XIII.6.3 Etendue l'impact ou sa localisation 126
XIII.6.4 Degré d'importance 126
XIII.7 MESURES TECHNIQUES ET PREVENTIVES D'INTÉGRATION ENVIRONNEMENTALE 128
XIII.7.1 Installation et emplacement des chantiers 128
XIII.7.2 Lutte contre l'érosion 129
XIII.7.3 Mesures préconisées pour la protection de la faune 129
XIII.7.4 Mesures contre le bruit 129
XIII.7.5 Végétalisation 129
XIII.7.6 Reconstruction d'habitation 129
XIII.7.7 Mesures d'atténuation des impacts concernant la signalisation 129
XIII.8 MESURES D'INSERTION ETD'ATTÉNUATION PROPOSÉES 129
XIII.9 CONCLUSION 133
CHAPITRE XIV: DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF 134

Liste de figures

Figure I.1 Le ballast ferroviaire..... 05

Figure II.1 Situation géographique de la région du Bejaia 07

Figure II.2 Situation géographique de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour/Bejaia.... 08

Figure II.3 La situation géographique de l'ancienne et la nouvelle ligne Beni-Mansour/Bejaia (image prise sur Google Earth) 09

Figure III.1 Les éléments géométriques de profil en long 25

Figure IV.1 Situation de la zone d'étude sur la carte géologique internationale de l'Afrique (feuille n°2), GCMW/UNESCO 1990 pour le nord de l'Algérie et document SONATRACH 29

Figure IV.2 Situation du projet sur la carte géologique de l'Algérie (2éme édition)..... 29

Figure IV.3 Situation de la zone d'étude sur la carte sismique de l'Algérie 31

Figure IV.4 Coupe de puit en PK 79+190 38

Figure V.1 Trafic actuel de la ligne Beni Mansour/Bejaia 52

Figure V.2 Trafic routier de la zone d'étude..... 53

Figure VI.1 Caractéristiques du rail UIC54 59

Figure VI.2 Traverse en béton armé bi-bloc 60

Figure VI.3 Schéma d'attache élastique 61

Figure VI.4 Différentes couches d'assise 61

Figure VI.5 L'épaisseur de la couche d'assise «e » 62

Figure VI.6 profil type du corps de la voie 66

Figure VII.1 Aspect général de l'Oued Soummam qui accompagne le tracé dans une très large extension 67

Figure VII.2 Les bassins versants des cours d'eau traversant le tracé..... 70

Figure VII.3 Les dimensions de dalot..... 81

Figure VII.4 Les dimensions d'une buse 82

Figure VII.5 schéma d'un fossé 86

Figure VII.6 Schéma de fossé adopté pour notre projet 88

Figure VIII.1 Remblais dans les zones inondables avec noyau et enveloppe..... 92

FigureX.1 Gares et haltes desservies par la nouvelle ligne ferroviaire 99
Figure X.2 Vue en direction Beni-Mansour de la halte actuelle d'Oued Ghir.....100
Figure X.3 Vue en direction Bejaia de la halte actuelle d'Oued Ghir.....100
Figure X.4 Emplacement futur de la gare d'Oued Ghir projetée 100
Figure X.5 Schéma de l'appareil de voie..... 104
Figure X.6 Garage franc.....104
Figure X.7 Schéma de la marge de glissement 105
Figure X.8 Emplacement futur de la Halte de la Gare Routière 107
Figure X.9 Schéma fonctionnel de la halte de la gare routière 108
Figure XII.1 Synoptique de fonctionnement de ce système de signalisation ETCS 120
Figure XII.2 Les éléments de Caténaire……121

Liste des tableaux

Tableau II.1 Emplacement des gares……...…….10

Tableau II.2 Emplacement des haltes……..…..….10

Tableau II.3 Rayons de tracé existants…….....12

Tableau II.4 Inventaire des ouvrages existants sur le tracé actuel…… .12

Tableau II.5 Emplacement des passages à niveau sur le tracé existant……....16

Tableau III.1 Paramètres de conception……...…….20

Tableau III.2 Paramètres géométriques de tracé en plan(SNTF).....…...21

Tableau III.3 Paramètres fonctionnels de tracé en plan(SNTF)……..……21

Tableau III.4Récapitulatif des paramètres de tracé.....…...23

Tableau III.5 Valeurs de longueur minimale des déclivités (source SNTF)……..…..26

Tableau III.6 Application numérique sur les longueurs minimales des déclivités…….....26

Tableau III.7 Valeurs de rayon minimum des raccordements circulaires……....27

Tableau IV.1 Le programme d'investigation géotechnique en section déblai…….....33

Tableau IV.2 Le programme d'investigation géotechnique en section remblai……...…34

Tableau IV.3 Programme d'investigation géotechnique pour les ouvrages d'art……..……..36

Tableau IV.4 Résultat des coupes des puits de reconnaissances…….38

Tableau IV.5 Les résultats des sondages effectués……..41

Tableau IV.6 Les résultats des essais physiques effectués sur les échantillons des puits de reconnaissance……..45

Tableau IV.7 Les résultats des essais mécaniques effectués sur les échantillons des puits de reconnaissance……..45

Tableau IV.8 Les résultats des essais physiques effectués sur les échantillons des sondages mécaniques……46

Tableau IV.9 Les résultats des essais mécaniques effectués sur les échantillons des sondages……47

Tableau IV.10 Les résultats des essais chimiques effectués sur les échantillons des sondages……48

Tableau IV.11 Les groupes géologiques affectés par le tracé d'étude…… ……49

Tableau V.1 Normes UIC406 R……...…54

Tableau V.2 Tableau d'évaluation de tm…….55

Tableau V1.1 Caractéristiques du rail UIC54……..60

Tableau VI.2 Caractéristiques des traverses bi-bloc utilisés……60

Tableau VI.3 Détermination de l'épaisseur de la couche de forme selon UIC 719R……..…65

Tableau VI.4 Epaisseurs des différentes couches d'assise…….…..66

Tableau VII.1 Les moyennes mensuelles et annuelles des températures…….68

Tableau VII.2 Vitesses du vent mensuel en m/s……...68

Tableau VII.3 Humidités relatives mensuelles en %.....68

Tableau VII.4 Les pluies annuelles (en mm)……69

Tableau VII.5 Répartition des pluies mensuelles de la station de Bejaia…….69

Tableau VII.6 Pluies Max Journalières (mm)……..69

Tableau VII.7 Tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins versants de Pk 72+000 au Pk 87+00.71

Tableau VII.8 Coefficient de ruissèlement……...73

Tableau VII.9 Récapitulatif des paramètres hydrauliques des bassins versants pour des périodes de retour de 10 ans, 50ans ,100 ans de PK 72+00 au Pk 87+000 ans……..76

Tableau VII.10 Les débits max des écoulements qui traversent le tracé pour des périodes de retour 10ans, 50ans, 100ans……..78

Tableau VII.11 Les valeurs de coefficient de rugosité…….79

Tableau VII.12 Le choix et La vérification hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux le long du tracé…….83

Tableau VII.13 Récapitulatif des ouvrages de rétablissement d'écoulement existants……84

Tableau VII.14 La vérification des conditions d'auto curage des ouvrages utilisés…….…86

Tableau VII.15 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai……...87

Tableau VII.16 Drainage longitudinal de la gare……..88

Tableau VII.17 Le débit centennal des ponts ferroviaires……89

Tableau VII.18 La hauteur minimale des ponts ferroviaires……....89

Tableau VII.19 La liste des buses et dalots utilisés dans le tracé d'étude……....89

Tableau VIII.1 Réutilisation des matériaux déblai……..…….90

Tableau VIII.2 Lithologie et talus déblais dans le tronçon d'étude…….90

Tableau VIII.3 Lithologie et talus remblais dans le tronçon d'étude……...91

Tableau VIII.4 Volume de terrassement……..92

Tableau VIII.5 La quantité des matériaux utilisés…….…..92

Tableau VIII.6 L'emplacement des ouvrages sur la ligne existante…….…93

Tableau VIII.7 L'emplacement des ouvrages dans le tronçon d'étude……93

Tableau VIII.8 L'emplacement des passages supérieurs dans le tronçon d'étude……95

Tableau VIII.9 Routes et chemins parallèles……..……95

Tableau X.1 Tableau récapitulatif des longueurs utiles……..103

Tableau X.2 Tableau des paramètres des appareils de voie……104

Tableau X.3 Tableau représentant l'implantation des appareils de voie……...105

Tableau XI.1 Tableau récapitulatif des lignes touchées par le projet…….110

Tableau XI.2 Tableau récapitulatif de rétablissements des passages à niveaux……113

Tableau XI.3 Tableau récapitulatif des gazoducs et oléoducs…….……..113

Tableau XII.1 Pancarte fixe de type R…….....116

Tableau XII.2 La signification des signaux à feu……...…117

Tableau XIII.1 Nombre de population dans la zone d'étude……. 124

Tableau XIII.2 Matrice d'impact……127

Tableau XIII.3 Les différents impacts négatifs sur le tronçon étudié et les diverses solutions proposées……130

Tableau XIV.1 Devis estimatif et quantitatif……...……..134

Tableau XIV.2 Récapitulation des prix sur les lots……135

Tableau XIV.3 Récapitulation des prix sur les lots……....136

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

Symbole	Désignation
Rmin	Rayon minimal
Lmin	Longueur minimale de l'alignement droit
dmax	Dévers maximum
I	Insuffisance de dévers
Imax	Insuffisance de dévers maximal
E	Excès de dévers
Emax	Excès de dévers maximal
dth	Dévers théorique
dp	Dévers pratique
C	Coefficient de dévers
L_{RP}	Longueur du clothoïde
A	Paramètre de clothoïde
dd/dl	Variation de dévers en fonction de la longueur
dI/dt	Variation d'insuffisance de dévers en fonction du temps
dd/dt	Variation de dévers en fonction du temps
WP	Limite de plasticité
WL	Limite de liquidité
IP	Indice de plasticité
γh	Poids volumique humide
γd	Poids volumique sec
Sr	Degré de saturation
ω	Teneur en eau naturel
Rc	Résistance à la compression
C	Cohésion du sol
ϕ	Angle de frottement
ES	Equivalent de sable
BV	Bassin versant.
A	Superficie du bassin versant
Qa	Débit d'apport
Qs	Débit de saturation
Cr	Coefficient de ruissèlement
I	Intensité de la pluie
T	Période de retour de l'averse
Tc	Temps de concentration
Sm	Section mouillée
Kst	Coefficient de rugosité
Rh	Rayon hydraulique
P	Pente moyenne du bassin versant

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

❖ **Abréviation Désignation**

- ANESRIF : Agence Nationale d'Etude et de Suivi de la Réalisation des Investissement Ferroviaires.
- APD : Avant -Projet Détaillé.
- ANRH :Agence Nationale des Ressources en eau.
- GRBB : Groupement Rail Beni Mansour / Bejaia.
- GNT : Grave non traité.
- LRS : Long Rail Soudé.
- ONM :Office National de la Météorologie.
- Pk : point kilométrique.
- PN : passage à niveau.
- PR : puits de reconnaissance.
- Q_{si} : Classe du sol (UIC).
- RN : Route Nationale.
- RPA :le Règlement parasismique Algérien.
- SETRA : Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes.
- S : sondage carotté.
- SNTF : Société Nationale Des Transport Ferroviaire.
- UIC : l'union internationale de chemin de fer.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre du plan stratégique de modernisation du secteur ferroviaire algérien, l'Agence Nationale d'Etudes et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF) doit mettre en œuvre un plan national qui vise à relier toutes les régions au réseau ferré afin d'atteindre un réseau long de 12.500 km à la fin des travaux.

L'ANESRIF a présenté au siège de la wilaya de Bejaia, l'étude de réhabilitation et de modernisation des installations ferroviaires de la ligne Beni Mansour/Bejaia en présence des autorités locales.

La ligne actuelle entre Beni Mansour et Bejaia se définit comme une ligne à voie unique, non électrifiée, d'une longueur totale de 88,8 km, comportant 98 passages à niveau.

Les objectifs de ce projet se résument en l'augmentation de la fréquence et de la vitesse de service jusqu'à 160km/h (au lieu de 70km/h) pour réduire le temps de parcours, la modernisation des bâtiments, des équipements en matériel roulant, la signalisation et la télécommunication ainsi que le soutien et la dynamisation des activités économiques de la vallée de la Soummam et du pôle régional de Bejaia.

Pour ce projet, il a été mis en place des actions, entre autres, le dédoublement de la voie, l'électrification de la ligne en 25 KV/50 Hz, la suppression des 98 passages à niveau, la réalisation d'une évaluation des gares pour définir les actions à engager, conservation en l'état, réhabilitation ou reconstruction et enfin, la modernisation du système de signalisation.

Ceci tout en soulignant l'importance que revêt ce projet sur le développement économique et social de la wilaya. Il est également programmé plusieurs gares tout au long du parcours séparant Bejaia et Beni-Mansour, dont celles d'Ighzer Amokrane (Ouzellaguen), Akbou, village Takreitz, Sidi-Aich, village Ilmathen, El-Kseur et la gare terminus de Bejaia. Des arrêts sont également programmés, dont ceux d'Oued Ghir, village Làaziv situé entre Ouzellaguen et Akbou et un autre arrêt à hauteur de la gare routière de Bejaia.

A la fin de la formation d'Ingénieur d'Etat en Travaux Public, l'élève ingénieur est sensé d'établir un projet de fin d'études permettant d'appliquer les connaissances théoriques et techniques acquises durant le cursus de formation, tout en nous mettant face aux problèmes réels existants. Dans le cas du présent mémoire, le projet de fin d'études consiste en une étude en Avant-Projet Détaillée (APD) de la modernisation de la ligne ferroviaire (Beni Mansour/Bejaia) sur un tronçon de 15Km du PK 72+000 au PK 87+000 avec la conception de la gare voyageurs d'Oued Ghir et l'aménagement de la halte de la gare routière. Afin de procéder à cette étude, le présent mémoire est reparti en plusieurs chapitres :

- Présentation du projet.
- Etude géométrique.
- Etude géotechnique et géologique.
- Etude de trafic.
- Dimensionnement de la structure d'assise.
- Etude hydrologique et assainissement.
- Terrassements et ouvrages d'art.
- Eude des contraintes.
- Signalisation et Impact sur l'environnement.

CHAPITTRE I

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE -RAIL ET BALLAST FERROVAIRE

CHAPITTRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE -RAIL ET BALLAST FERROVAIRE

I.1 RAIL

I.1.1 INTRODUCTION

Les rails sont de longues barres d'acier profilées, qui mises bout à bout servent à former un chemin de fer. Les rails servent à la fois de guide et de support de roulement pour les véhicules.

Étant conducteurs, ils sont souvent utilisés pour la transmission de signaux. Une voie ferrée est constituée de deux files de rails posées en parallèle sur des traverses.

Les traverses assurent la transmission de la charge au ballast, et le maintien de l'écartement et de l'inclinaison des rails. Les traverses peuvent être : en bois, en acier ou en béton.

I.1.2 LES DIFFERENTS PROFILS DU RAIL

- Profil à gorge.
- Rail à double champignon.
- Rail à patin (ou rail « Vignole »).
- Rail UIC « Union International des Chemins de fer » :

Cette voie est dite « normale » du fait de son adoption par un grand nombre de pays, et notamment par les premiers constructeurs de chemins de fer (Royaume-Uni, Allemagne, Belgique, États-Unis, France...). L'Union internationale des chemins de fer promulguera cet écartement comme étant celui de référence par rapports aux voies larges et aux voies étroites. La Commission européenne dans sa décision du 26 avril 2011 sur « spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système "infrastructure" du système ferroviaire transeuropéen conventionnel » réaffirme que : « L'écartement nominal de voie standard européen est de 1 435 mm ». Pays ayant adopté l'écartement standard.

I.1.3 COMPOSITION CHIMIQUE ET NUANCE DU RAIL

Acier avec les taux suivants :

- Taux de carbone : 0.6 à0.8%.
- Taux de magnésie : 0.7 à 1.2%.
- Taux de silicium : 0.1% à 0.6%.

Ces taux de composition confèrent au rail la dureté et la résistance aux contraintes élevées.

Nuance comprise entre 685 et 835N/mm², et pouvant atteindre des résistances dépassant 1100 N/mm².

I.1.4 LE LONG RAIL SOUDE (LRS)

Les longs rails soudés ou LRS, appelés aussi « barres longues », constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées qui présente l'intérêt de supprimer la plupart des joints de rails sur des longueurs importantes, souvent de plusieurs kilomètres. Les barres longues sont produites en atelier par la soudure de rails élémentaires.

Ces barres longues, dont la souplesse autorise le transport sur des rames de wagons plats, sont ensuite posées et soudées entre elles sur place par soudure aluminothermique. La dilatation du métal avec la température, qui est contrariée dans ce système de pose, se transforme en contraintes de compression ou de tension. Aux extrémités on installe des appareils de dilatation ou des joints à grands permissifs, qui permettent aux rails de coulisser, tout en assurant sans hiatus la continuité du roulement.

I.1.5 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES LRS

❖ Les principaux avantages des LRS sont :

- Réduction des couts de maintenance.
- Réduction des défauts et d'usure de rail.
- Diminution du bruit et des émissions sonores.
- Mécanisation plus facile de la pose et de la maintenance de la voie.

❖ Les principaux inconvénients des LRS sont :

- Un risque de déformation par flambement de la voie sous les contraintes de compression excessives lors de périodes de très fortes chaleurs.
- Une utilisation de quantités de ballast plus importantes afin de mieux ancrer les traverses.

I.1.6 FIXATION DU RAIL

➢ Il est fixé sur les traverses :

• soit directement ;

• soit par l'intermédiaire de selles métalliques.

➢ Les rails sont reliés

• par éclissage : C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses qui sont constitués par deux plaques laminées, qui s'entrent entre le dessous du champignon et le dessus du patin tout en respectant le diamètre des trous de perçage et leurs distances.

• par soudure :

- Soudage électrique.
- Soudage aluminothermique :

Les soudures aluminothermiques sont réalisées aux seuls points particuliers ou la soudure électrique n'a pas utilisées.

I.1.7 INCLINAISON

Les rails manufacturés ont des profils symétriques. À la pose, ils sont légèrement inclinés vers l'intérieur de la voie d'environ :

• 1/20 en France, Belgique, Italie, Espagne

• 1/30 au Danemark, en Suède

• 1/40 en Allemagne, en Suisse et en Europe centrale.

I.1.8 POURQUOI LES ANGLAIS ONT-ILS CHOISI CET ECARTEMENT DE 4 PIEDS 8POUCES ET DEMI (1,435m) ?

La première ligne de chemin de fer ouverte au public le fut en 1825 : c'était la ligne Stockton Darlington en Angleterre. C'est le créateur de la locomotive du premier train sur cette ligne, George Stephenson, qui réussit à imposer cet Écartement. En effet, il s'agissait là à l'époque de l'écartement standard des charrettes et chariots. En choisissant les mêmes dimensions, il assurait une reconversion plus aisée et à moindre coûts des chariots en wagon.

Reculons encore un peu dans le temps : pourquoi les chariots avaient-il cet écartement ? Il faut, pour répondre, remonter à l'époque de la grande Rome il y a 2000 ans. Les romains sont les inventeurs des routes dallés. A force de trafic, ces dalles se creusent et des ornières se dessinent.

Pour ne pas abimer les roues des chariots, elles ne devaient pas buter dessus et pour éviter les problèmes des écartements variables, il fut décidé d'un écartement fixe afin que tous les chariots puissent rouler sans dommage dans les ornières. C'est pour ces raisons que selon la légende Jules César imposa cette norme de 1435mm. Si, il n'y a aucune preuve historique prouvant que c'est lui qui imposa cette loi, les fouilles archéologiques de villes romaines conservées telles Pompéi ou Herculanum ont révélés que les ornières étaient de taille standardisée.

I.1.9 POURQUOI LA DECISION ROMAINE S'EST ARRETEE SUR CETTE DIMENSION ?

Tout simplement parce que les créateurs de chars romains ont, au fil de leur expérience, déterminé que c'était l'écartement idéal pour respecter leur contraintes : avoir le meilleur rapport de stabilité par rapport à l'écartement, la meilleure manœuvrabilité et surtout, ne pas gêner les chevaux qui tirent le char. Que ce soit un char de guerre ou un charriot, plus l'écartement des roues est réduit, plus celui-ci est manœuvrable, notamment dans les virages.

Cependant, l'écartement ne peut pas non plus être trop réduit d'une part pour assurer la stabilité du char, et d'autre part parce qu'ils étaient tirés par deux chevaux. Les dimensions furent donc choisies comme un compromis d'efficacité et pour que les deux chevaux puissent être attelés en leur laissant une distance suffisante entre les croupes pour ne pas se gêner.

I.2 BALLAST FERROVAIRE

I.2.1 INTRODUCTION

Le train est devenue un mode de transport courant en monde.et plus personne ne s’étonne de voir des cailloux disposés le long des voies ferrées, Quel est leur rôle déjà ?

I.2.2 DEFINITION DE BALLAST

Le ballast est constitué de roches dures concassées (généralement, il s’agit de roches éruptives : granite, rhyolite, quartzite...) qui doivent résister à l’attribution, qui émousse les angles. L’épaisseur du ballast est fonction de la charge et de l’intensité du trafic, 30 cm sur ligne classique, 40 cm sur LGV.

Une voie ferrée traditionnelle est fixée sur des traverses en bois reposant sur un ballast fait de cailloux concassés à arêtes vives. La fixation se fait grâce à des tirefonds ou des attaches élastiques.
Les traverses assurent la transmission de la charge au ballast, et le maintien de l'écartement et de l'inclinaison des rails. Le travelage, c'est-à-dire le nombre de traverses au kilomètre est variable, généralement de 1666 traverses/km à la SNCF.
Le tout permet la circulation des matériaux ferroviaires (ensembles des véhicules pour le transport de marchandises, personnes…).



FigureI.1 Le ballast ferroviaire

I.2.3 QUALITE DU BALLAST

La qualité de ballast est exprimée au moyen d'un coefficient dit de « dureté globale » DRG.

Ce coefficient est établi à partir de deux essais classiques :

- L'essai Deval (effectué d'une part à l'état sec, d'autre part à l'état humide), qui caractérise la résistance à la traction.
- L'essai de Los Angeles, qui caractérise la fragilité.

I.2.4 LE ROLE DE BALLAST

Le Ballast remplit plusieurs rôles essentiels :

- Constitue un amortisseur de vibration très efficace grâce à ces propriétés rhéologiques.
- Transmettre jusqu'à la plateforme les charges concentrés appliquées sur les traverses.
- IL stabilise le sol en évitant que celui-ci se déforme sous le poids des trains.
- Encrer les traverses.
- Maintien la dilatation thermique à un niveau minimum.
- Il empêche la végétation de pousser sous les voies et il permet à l'eau de s'écouler facilement entre les voies pendant les pluies.

Les traverses, sont enchâssées sur une épaisseur minimale de 30cm de ballast, soit environ 2000 tonnes de cailloux par kilomètre de voie.

L'essentiel est que les cailloux s'imbriquent de façon à former une masse compacte mais perméable. Cependant, le ballast subit deux types d'usure :

- La contamination : par des matériaux parasites, par exemple de la terre. Des désherbages sont procédés mais il est nécessaire de remplacer le ballast régulièrement.
- Le tassement du ballast : sous les traverses, ce qui provoque une déformation verticale de la voie.il est alors nécessaire de réinjecter du ballast de faible grosseur sous les traverses. Ce genre d'opération se réalise environ tous les sept ans.

Le ballast présente une durée d'utilisation d'une quarantaine d'années avant de devoir être intégralement remplacé.

I.2.5 LA FORME DU BALLAST

Les grains de ballast sont de forme polyédrique avec des arêtes vives.la présence de grains allongés nuit à la stabilité de la couche compactée du fait de la possibilité d'attrition de ses particules. Et si on utilisera des cailloux ronds il glisserait les uns sur les autres et le ballast se répondrait et ça ce n'est pas une bonne chose puisque le principe de base est apporter un soutiens et une solidité à la fois.

I.2.6 POURQUOI LE BALLAST ET PAS UN AUTRE MATERIAU ?

Parce qu'ils sont facilement disponibles et non polluants. Ils sont extraits du sol (carrières), éventuellement concassés, puis triés et lavés avant d'être utilisés. Le type de roches utilisées variée suivant les régions et pays en fonction du climat.

CHAPITRE II

PRESENTATION DU PROJET

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II.1 INTRODUCTION

Le projet de réhabilitation et modernisation de la voie ferrée Beni Mansour/Bejaia s'inscrit dans le programme complémentaire du soutien à la croissance initié par le gouvernement algérien.

La réhabilitation et la modernisation des installations ferroviaires de la ligne Beni Mansour / Bejaia a pour objectif le dédoublement de la ligne actuelle entre Beni Mansour et Bejaia (voie unique à écartement de 1435 mm non électrifiée) lorsque cela est possible, puisqu´il faut adapter la voie actuelle aux exigences des paramètres de tracé pour permettre d´atteindre une vitesse de 160 km/h selon les normes UIC, tout en considérant que la future ligne doit être électrifiée.

Ce projet désenclavera toute la région de Bejaia et ses zones limitrophes, il permettra sa liaison aux autres agglomérations dans les différentes régions du pays, ce qui présente un confort précieux pour les déplacements des citoyens ; de plus il développera la région dans tous les domaines.

II.2 PRESENTATION DE LA REGION

La wilaya de Bejaia, qui s'étend sur une superficie de 3.261 km², est située au nord-est de l'Algérie dans la région de la Kabylie. Elle est limitée :

- ✓ Au nord par la mer méditerranée.
- ✓ Au sud par les wilayas de Bouira et de Bordj Bou-Arreridj.
- ✓ A l'ouest par la wilaya de Tizi-Ouzou.
- ✓ A l'est par les wilayas de Sétif et Jijel. Au nord de la wilaya de Bejaia se trouve le massif du Bouhatem et le massif du Djurdjura, au centre se trouve la vallée de la Soummam et au sud le massif de Bousselam et les Babords.

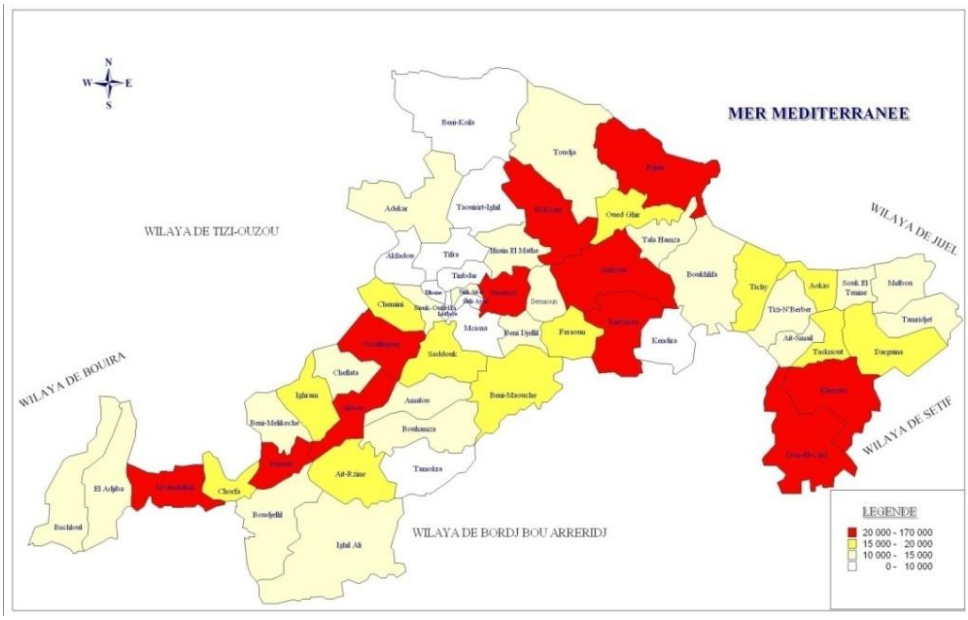


Figure II.1 Situation géographique de la région du Bejaia

Elle est aussi traversée par plusieurs oueds (rivières) du fait d'une forte pluviométrie.

Parmi les plus importants oueds qui traversent le tronçon d'étude, c'est la vallée de la Soummam qui s'étend de la ville de Tazmalt à l'Ouest jusqu'à la ville de Bejaia sur une longueur de 75km.

II.3 PRESENTATION DU PROJET

Le projet consiste en la réalisation du dédoublement de la voie et de la rectification du tracé de la ligne Beni Mansour / Bejaia dans le cadre du développement du transport des voyageurs et des marchandises.

La correction des lignes ferroviaires sur ce tronçon permettra aussi d'atteindre la vitesse maximale de 160 km/h au lieu de 70 km/h actuellement.

La nouvelle liaison ferroviaire prend naissance à la gare de Beni Mansour de la ligne ferroviaire existante, reliant la ville de Beni Mansour à la ville de Bejaia ; en traversant les communes : El-Kseur, Amizour, Timezrit, Sidi Aich, Chemini, Seddouk, Ouzellaguen, Akbou, Tazmalt, Chorfa .

Le couloir proposé est, en grande partie, parallèle à la route nationale RN26 qui relie M'Chedallah à El Kseur et puis à la route nationale RN12 jusqu'à la ville de Bejaïa.

Dans son ensemble, le projet traverse un relief où les terrains sont relativement vallonnés et accidentés, longe la vallée de l'Oued Sahel suivie de la vallée de l'Oued Soummam ; en présence d'importants viaducs projetés afin de permettre la traversée de ces vallées.

Ce projet comporte 9 gares et 4 haltes ainsi que la construction de 55 ouvrages d'art dont 3 tunnels le long du nouveau tracé, il permettra également la suppression de 98 passages à niveau où se sont produits la plupart des accidents ferroviaires mortels survenus entre

Beni -Mansour et Bejaia.

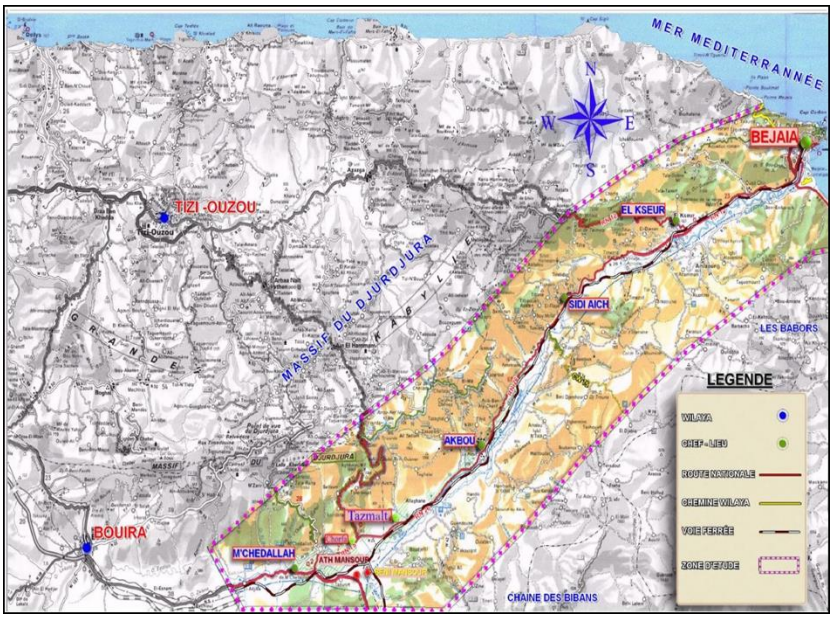


Figure II.2 Situation géographique de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia



Figure II.3 Situation géographique de l'ancienne et de la nouvelle ligne Beni Mansour /Bejaia (Source : Google Earth)

II.3.1 Consistance des travaux à réaliser

Il y aura la conservation en l'état de la gare de Bejaia, réhabilitée dans un passé récent mais celle de Beni-Mansour sera reconstruite en même temps que les bâtiments de voyageurs et d'entretiens pour les locomotives et la pose de postes de signalisation.

Les réseaux affectés sont les canaux d'irrigation, les canalisations gaz et hydrocarbures et enfin les lignes électriques. Sont prévus plusieurs ouvrages d'art : 14 viaducs, 7 ponts ferroviaires et 03 tunnels.

II.3.1.1 Ouvrages d'art

- **03 Tunnels**
  - ✓ Tunnel de Sidi Aich : 907m.
  - ✓ Tunnel d'El Maten : 513m.
  - ✓ Tunnel de Takreitz : 272m.
- **Ouvrages d'art**
  - ✓ 14 Viaducs.
  - ✓ 07 Ponts ferroviaires.

II.3.1.2 Gares

Tableau II.1 Emplacement des gares

Nom de la gare	PK
Gare de Béni Mansour	PK 0+648
Gare de Tazmalt	PK 8+029
Gare d'Akbou	PK 24+936
Gare Ighzer Amokrane	PK 34+825
Gare de Takreits	PK 42+977
Gare de Sidi Aich	PK 45+909
Gare d'El Maten	PK 55+323
Gare d'El kseur	PK63+301
Gare de Bejaïa	PK86+814

- L'implantation de toutes les gares et des haltes est effectuée en alignement droit sur le tracé en plan. Seulement la gare de Bejaia a des appareils de voie situés dans une courbe de rayon 450 m.

II.3.1.3 Haltes

Tableau II.2 Emplacement des haltes

Région	PK
Allaghane	PK 12+953
Azib Ben Chérif	PK 30+228
Oued Ghir	PK 75+254
Gare routière Bejaïa	PK 82+413

II.3.2 Embranchements

La modernisation de la ligne Beni-Mansour / Bejaia, comprend aussi plusieurs embranchements/connexions :

- Embranchement vers Alger, qui connecte le tronçon principal de la ligne ferroviaire Beni Mansour/Bejaia au niveau du PK 2+430, en direction d'Alger.
- Connexion vers Constantine, qui connecte la voie principale de la ligne Beni Mansour/Bejaia (à partir de la voie 3 de la gare de Beni Mansour).
- Connexion vers Alger (à partir de la voie 2 de la gare de Beni Mansour, en direction d'Alger).
- Embranchement vers le port de Bejaia Pk 86+855.
- Embranchement cule de sac Pk 86+921.
- Embranchement vers NAFTAL (gare de Bejaia) au PK 86+010.
- Embranchement bâtiment de contrôle (gare de Bejaia) au PK 86+225.

II.4 OBJECTIFS DU PROJET

Le projet prévoit la modernisation des bâtiments, les équipements en matériel roulant, la signalisation et les télécommunications sur la ligne. Il aura de nombreux autres objectifs, tels que :

- Augmenter la part du transport ferroviaire dans cette région.
- Supprimer tous les passages à niveau pour assurer la sécurité des voyageurs.
- Réduire les distances entre les personnes et les biens.
- Fournir aux utilisateurs un moyen de transport plus rapide et moderne.
- Réduire les coûts d'aménagements de nouvelles infrastructures en maintenant le même couloir.
- Augmenter et optimiser l'utilisation de cette voie par les dirigeants du secteur ferroviaire au niveau de cette région.
- La réalisation de cette infrastructure contribuera à améliorer les conditions de circulation sur les principales voies d'accès à Bejaia, la RN 12, RN 15 et RN 26.

II.5 APERCU SUR LA VOIE EXISTANTE

La ligne de Beni-Mansour / Bejaia relie la vallée de la Soummam à la ligne Alger / Skikda sur 88.8 Km; exploitée en voie unique, non électrifiée, avec une vitesse de 70 km/h. Elle présente les caractéristiques techniques suivantes :

- Écartement des rails : 1435 mm ;
- Déclivité maximale : 13‰ ;
- Rayon minimum de courbe : 200 m sur les tronçons difficiles ;
- Gares principales : 09, dont 02 sont hors service ;
- Haltes : 05, desquelles 3 sont hors service ;
- Traction : Diesel ;
- 98 Passages à niveau ;
- Ouvrages d'art : 21 ponts métalliques (ouverture >10 m) ;

- 05 ponts en béton armé (ouverture >10 m) ;
- 02 tunnels.

Le dédoublement de la ligne Beni -Mansour / Bejaia nécessite de prendre en considération les caractéristiques et les éléments de tracé de la voie actuelle, afin de déterminer les modifications qui seront apportés pour la modernisation de cette dernière.

II.5.1 Eléments du tracé existant

II.5.1.1 Caractéristiques géométriques du tracé existant

Le tracé est constitué d'alignements droits qui varient de 100m à 2500m et des courbes de rayons très serrés qui épousent le relief.

Le tronçon concerné par cette étude contient des rayons qui sont inférieurs à 980m. Donc, un grand changement sur les courbes s'impose, à l'exception des courbes qui se situent au début ou à la fin des gares qui peuvent avoir un rayon inférieur au rayon minimal car les vitesses d'entrées et de sorties des gares sont faibles.

Le tableau II.3 illustre les différents rayons de courbe dont se compose le tronçon :

Tableau II.3 Rayons du tracé existant

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
rayons	1080	650	1400	1200	2610	480	540	500	350	400	2500	2800

II.5.2 Ouvrages de drainage existants sur le tracé actuel

D'après la visite sur site du tracé actuel, nous avons effectué un inventaire des ouvrages de drainage existants sur la plateforme actuelle pour analyser sa réutilisation et sa pris en compte comme base pour le calcul postérieur et le dimensionnement du système de drainage de la nouvelle plateforme.

Les ouvrages de drainage existants dans le tronçon d'étude sont récapitulés dans le tableau II.4 :

Tableau II.4 Inventaire des ouvrages existants sur le tracé actuel

N°	PK	Ouvrage	Image	L'Etat de l'ouvrage
1	72+104	Ponceau		Bon état
2	72+525	Dalot 3 x 1.50 m		Bon état

3	72+550	Dalot3x1.50m		Inaccessible
4	73+416	Dalot 3 x 1.50 m		Bon état
5	73+483	Ponceau		Bon état
6	73+581	Pont béton L= 10 m		Pont dégradé
7	73+842	Dalot 3 x 1.50 m		Bon état
8	74+195	Dalot 2 x 1.50 m		Bon état
9	74+217	Pont métallique OUED IGHZER LAINSER L= 25 m		Pont dégradé
10	74+633	Ponceau		Enseveli
11	76+009	Ponceau		Enseveli
12	76+062	Ponceau		Bon état
13	76+412	Pont métallique L= 12 m		Pont dégradé

14	76+627	Dalot 1 x 1 m		Inaccessible
15	76+752	Dalot 3 x 1.50 m		Inaccessible
16	77+273	Dalot 1 x 1 m		Inaccessible
17	77+603	Pont métallique L= 5 m		dégradé
18	78+003	Dalot 2x1m		Inaccessible
19	78+162	Pont béton L= 5 m		Pont dégradé (fissuré)
20	79+015	Dalot2x1m		Enseveli
21	79+222	Ponceau		Bon état
22	79+398	Dalot1x1m		Enseveli
23	79+993	Dalot 1 x 1.50 m		Enseveli
24	81+015	Pont métallique OUED IGHZER IHFRIREN L = 12 m		Pont dégradé

25	81+ 492	Dalot1x1m		Enseveli
26	81+ 960	Dalot1x1m		Enseveli
27	82+797	Dalot2x1m		Bon état
28	83+795	Dalot 3x1 m		Bon état
29	83+824	Pont béton L= 15 m		Pont dégradé
30	84+314	Dalot 1.50 x 1 m		Bon état
31	84+545	Dalot2x1.50m		Enseveli
32	84+850	Dalot2x1.50m		Bon état
33	84+984	Pont métallique L= 10 m		Pont dégradé
34	85+343	Dalot 2 x 1.50 m		Inaccessible
35	85+777	Pont béton L= 10 m		Pont inaccessible

36	86+101	Pont métallique L= 6 m		Pont dégradé

Remarque :

L'analyse de l'état structural des ouvrages existants dans les travaux de dédoublement et modernisation de cette ligne ferroviaire est une tâche indispensable, qui permettra de décider de les remplacer complètement dans le cas où l'ouvrage est dans mauvais état, ou de le garder et le prolonger dans le cas contraire.

II.5.3 Passages à niveau

La circulation des convois ferroviaires est toujours prioritaire par rapport aux usagers de la route, en raison de l'inertie du train qui nécessite plusieurs centaines de mètres pour s'arrêter. Le risque que représente un passage à niveau est en fonction de l'intensité de la circulation sur la voie ferrée et sur la voie routière.

Pour assurer la sécurité des voyageurs, l'une des prescriptions du maître d'ouvrage est de supprimer les passages à niveau en les remplaçant par des passages supérieurs ou inférieurs en raison de leur dangerosité, qui peut provoquer des accidents graves au niveau de la ligne existante.

L'emplacement des passages à niveau le long de tracé existant de PK 72+000 au PK 87+000, illustrés dans le tableau II.5 :

Tableau II.5 Emplacement des passages à niveau sur le tracé existant

Passage à niveau	PK de la ligne existante	Image
01	PK 72+490	
02	PK 74+185	
03	PK74+890	

04	PK 76+180	
05	PK 76+560	
06	PK 76+890	
07	PK 77+560	
08	PK 79+625	
09	PK 80+550	
10	PK 83+625	
11	PK 84+440	
12	PK 85+535	

13	PK 85+815		

II.5.4 Gares et haltes existantes

❖ **Gare de Bejaia**

La gare de Bejaia est la gare de fin du tracé. Elle aura des voies destinées au stationnement des trains voyageurs car les trains marchandises prendront l'embranchement vers le Port, pour faire la charge et décharge de marchandises, il n´y a qu'une voie disponible pour ces travaux dans le Port.

L'emplacement actuel de la gare de Bejaia se conserve dans la future ligne ferroviaire.

❖ **Halte d'Oued Ghir**

L'emplacement de l'actuelle halte d'Oued Ghir se conserve dans le même couloir pour la future ligne ferroviaire. Le tracé à ce point kilométrique se projette en dédoublement de la ligne ferroviaire existante.

- Pour notre projet d'étude, cette halte sera remplacée par une gare voyageurs.

II.6 PRESENTATION DU PROJET D'ETUDE

Le projet d'étude porte sur l'étude en APD du dédoublement et de modernisation d'un tronçon de ligne ferroviaire Beni-Mansour/Bejaia sur une longueur de 15km de PK 72+000 au PK 87+000 ainsi que l'aménagement de la gare d'Oued Ghir et la halte de la gare routière, tout en considérant que la future ligne doit être électrifiée.

II.6.1 Caractéristiques de la nouvelle ligne

La nouvelle ligne élaborée du projet de réhabilitation et modernisation des installations ferroviaires de la ligne Beni Mansour / Bejaia aura un mode de traction électrique et sera à double voie avec un écartement standard de 1435 mm et présentera les caractéristiques suivantes:

- Type de trafic mixte (voyageurs et marchandises) ;
- Mode de traction : électrique et diésel ;
- Vitesse maximale de trains voyageurs à 160km/h ;
- Vitesse maximale des trains marchandises à 100km/h ;
- Charges à l'essieu pour la superstructure est de 20 tonnes ;
- Charge à l'essieu pour les ouvrages d'art est de 25 tonnes ;
- Entraxe de voie est 5.2m ;
- Rampe maximale : 15‰en pleine voie et 0 ‰ au niveau des gares.
- Largeur de la plateforme de 14.6m (ligne double voie, soit en déblai, soit en remblai).
- Type de rail à utiliser est UIC54 posés sur des traverses bi-bloc.
- Ligne sans passages à niveau.

II.6.2 Acteurs du projet

Les différents intervenants qui participent à l'élaboration et à la réalisation de ce projet sont :

- Maître d'ouvrage : Ministère de Transport.
- Maître d'ouvrage délégué : Agence Nationale d'Etude et de Suivi de la Réalisation des Investissement Ferroviaires « ANESRIF »
- Maître d'œuvre : Groupement de bureaux d'études: « SETI- RAIL», « SAETI ». Chef de file « SAETI »
- Entreprise de réalisation : Groupement Rail Beni Mansour / Bejaia (GRBB), COSIDER TP. "Chef de file", INFRARAIL, COSIDER OA.

II.7 CONCLUSION

Le projet de dédoublement et modernisation de la ligne ferroviaire Beni Mansour/ Bejaia devra permettre en premier lieu de diminuer les charges sur les routes où les difficultés de circulation sont enregistrées quotidiennement et de promouvoir l'essor économique des zones traversées.

CHAPITRE III

ETUDE GEOMETRIQUE

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

III.1 TRACE EN PLAN

III.1.1 INTRODUCTION

L'étude géométrique d'un tracé de la voie a pour but d'obtenir un bon roulement des véhicules, il est donc indispensable de chercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement de la voie et du tracé adopté pour cette surface.

Le tracé en plan d'une ligne ferroviaire est l'un des trois éléments essentiels qui permettent de caractériser la géométrie d'une voie ferrée.

Et afin d'obtenir une vitesse régulière sur un tronçon de ligne, il est nécessaire d'établir un tracé dont les caractéristiques géométriques sont homogènes. Nous allons donc procéder à une correction du tracé existant en respectant les contraintes imposées par la nouvelle vitesse(160km/h) en termes de rayon et de clothoïde et assurant les conditions de confort et de sécurité.

III.1.2 TRACE EN PLAN

L'élaboration du tracé en plan doit se faire dans le respect des recommandations des normes définies par la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF). Le principe est de choisir au maximum des alignements droits et de fixer des valeurs limites admissibles de confort et de sécurité pour les courbes de raccordements et les courbes circulaires (pour éviter le déraillement des trains ou le dérapage de la voie (c'est-à-dire son déplacement latéral). Cela conduit à choisir des rayons de courbure les plus grands possibles. Ces valeurs limites dépendent de :

- la vitesse de circulation des trains dans les courbes.
- la nature de la voie (principale, de circulation, de service).

III.1.3 CRITERES DE LIMITATION DES PARAMETRES GEOMETRIQUES

Parmi les paramètres définissant la géométrie du tracé, certains ont été limités afin de respecter les exigences de sécurité, de confort pour les voyageurs et de tenue de la voie.
Les valeurs limites sont les valeurs normales et les valeurs exceptionnelles.

III.1.4 PARAMETRES DE CONCEPTION DE LA VOIE

Les paramètres basiques de conception ont été adoptés conformément à ceux qui sont fixés par les normes techniques ferroviaires élaborées par la SNTF, tout en respectant les critères techniques de conception.

Dans le cas de notre projet, on a les paramètres de conception présenté dans le tableau III.1 :

Tableau III.1 Paramètres de conception

Vmax voyageurs (Km/h)	160
Vmin marchandises (Km/h)	100
Ecartement standard (mm)	1435
Rail	UIC 54

III.1.5 PARAMETRES GEOMETRIQUES DU TRACE

Notre tracé d'étude est développé à partir des données topographiques et des visites faites sur le site, il est conçu d'une manière à être conforme aux exigences de la modernisation de la ligne Beni Mansour/Bejaïa, parmi ces exigences on doit respecter l'entraxe entre les deux voies pour ne pas déstabiliser la voie existante la où on a dédoublement.

Tableau III.2 Paramètres géométriques de tracé en plan (SNTF)

	Normal	Exceptionnel
Vmax (km/h)	160	_
Vmin (km/h)	100	_
Dévers maximal d (mm)	160	180
Rmin= $\frac{11.8 \times Vmax2}{dmax+Imax}$ (m)	980	900
Longueurs minimales des alignements (m)	≥Vmax/2 = 80	≥Vmax/3 = 54
Longueurs minimales des pleines courbes (m)	≥Vmax/2 = 80	≥Vmax/3 = 54

III.1.6 Paramètres fonctionnels

Tableau III.3 Paramètres fonctionnels de tracé en plan (SNTF).

		Normal	Exceptionnel
Insuffisance de dévers admissible	I (mm)	150	160
Excès de dévers admissible	E (mm)	110	130
Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur	dd/dl (mm/m)	$180/V_{max}$= 180/160 = 1.125	$216/V_{max}$= 216/160 = 1.35
Limite de la variation de dévers par rapport au temps	dd/dt (mm/s)	50	60
Limite de la variation d'insuffisance de dévers	dI/dt (mm/s)	75	90

Remarque :

En tracé en plan, afin d'éviter que les surcharges et les délestages puissent déstabiliser les circulations et les faire dérailler, la longueur des courbes de transition (clothoïde) sera en fonction du dévers adopté et du taux de variation de dévers admissible, selon la relation suivante : $\frac{dp}{L} \leq \frac{dd}{dl}$

III.1.7 LES PARAMETRES DU NOUVEAU TRACE

Pour une vitesse de 160 Km/h, le rayon minimal normal est de 980 m, correspondant à un dévers max de 160 mm, et d'insuffisance de dévers max de 150 mm. Donc tous les rayons du notre tracé doivent être supérieure au Rmin=980 m.

On prend le rayon R=1600 m comme exemple pour calculer les dévers et les différents paramètres correspondant à ce dernier.

- Calculons le dévers pratique

$$d = \frac{1000 \times C}{R}$$

$C = 0.006 \times Vmax^2$; $= 0.006 \times 160^2 = 153.6$ alors dans ce cas on prend C= 165.
La valeur de C doit être un multiple de 15 et doit répondre à la relation suivante :

$$0.5 < \frac{C}{0.0118 \times Vmax2} = 0.546 < 0.7$$ donc la condition est alors vérifiée.

$$\text{Donc : } d = \frac{1000 \times 165}{1600} = 103.125 \text{ mm, on prend d=110 mm}$$

- Calcule de dévers théorique des trains rapide :

$$dt(r) = \frac{11.8 \times Vmax^2}{R} = \frac{11.8 \times 160^2}{1600}, \quad d_{th(r)} = 188.8 \text{ mm}$$

- Calcule de dévers théorique des trains lents :

$$dth(l) = \frac{11.8 \times Vmin^2}{R} = \frac{11.8 \times 100^2}{1600} \; ; \quad d_{th(l)} = 73.75 \text{ mm}$$

- L'insuffisance de dévers :

$I = d_{th(r)} - d_p = 188.8 - 110$, $I = 78.8$ mm

- L'excès de dévers

$E = dp - d_{th(l)} = 110 - 73.75$, $E = 36.25$ mm

- La longueur de clothoïde : $L_{RP} = \frac{dp}{\frac{dd}{dl}} = \frac{dp}{\frac{180}{V}} = \frac{110}{1.125} = 97.78$ m On prend : $L_{RP} = 120$ m
- Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur : $\frac{dd}{dl} = \frac{110}{120} = 0.92$ mm/m
- La variation d'insuffisance de dévers : $\frac{dI}{dt} = \frac{I}{L} \times \frac{Vmax}{3.6} = \frac{78.8 \times 160}{120 \times 3.6} = 29.18$ mm/s

Tableau III.4 Récapitulatif des paramètres de tracé

Rayon (m)	Vitesse (km/h)		d_{th}(mm)	C	d_p (mm)	d_p adopté	I (mm)	E (mm)	L_{rp}(m)	L_{rp}adopté	$\frac{dd}{dl}$ (mm/m)	$\frac{dI}{dt}$ (mm/s)
	Vv	V_{Mar}										
1050	160	100	287.70	165	157.14	160	127.70	47.62	142.22	150	1.06	37.83
980	160	100	308.24	165	160	160	148.24	39.6	142.22	150	1.06	43.92
1800	150	100	167.82	165	91.66	90	77.82	24.45	80	80	1.125	37.77
980	160	100	308.24	165	160	160	148.24	39.59	142.22	150	1.06	43.92
980	160	100	308.24	165	160	160	148.24	39.6	142.22	150	1.06	43.92
980	160	100	308.24	165	160	160	148.24	39.6	142.22	150	1.06	43.92
1050	160	100	287.70	165	157.14	160	127.70	47.62	142.22	150	1.06	37.83
18000	160	100	16.78	165	0	0	150	0	0	-	0.11	3.34
1100	160	100	274.62	165	150	150	124.62	42.73	133.33	140	1.07	39.56
980	160	100	308.24	165	160	160	148.24	39.6	142.22	150	1.06	43.92
2400	160	100	125.87	165	68.75	80	45.87	30.83	71.11	110	0.72	18.53
1600	160	100	188.8	165	103.12	110	78.8	36.25	97.78	120	0.92	29.18
450	70	60	128.48	30	66.67	85	9.4	0	75.56	80	1.06	1.95

NB : pour le rayon R= 18000m la clothoïde n'est pas nécessaire.

Dans notre cas, comme on a un alignement et une courbe donc

$$\Delta C=\frac{1000}{R}$$

A.N : $\Delta C=\frac{1000}{R}=\frac{1000}{18000}=0.056$

$\frac{2000}{Vmax^2}=\frac{2000}{160^2}=0.078>\Delta C=0.056$, donc la courbe de raccordement n'est pas recommandée.

Pour une vitesse V > 100 Km/h on a $\frac{7000}{Vmax^2}=\frac{7000}{160^2}=0.273>\Delta C=0.056$, donc la courbe de raccordement n'est pas obligatoire.

Remarque :

- ✓ Toutes les valeurs du tableau précédent ont vérifiés les conditions limites (valeurs limites).
- ✓ Le rayon de la dernière courbe du tracé est inférieur au rayon minimal (450m < R_{min}), en raison d'emplacement de la courbe à l'entrée de la gare de Bejaia avec un branchement de type UIC 50-500-1/12 (tg=0.083) où la vitesse d'embranchement est fixée à 70 km/h, cette dernière ne nécessite pas d'augmenter son rayon.

NB : le tracé est réalisé à l'aide de logiciel Covadis 2013, et les plans de tracé en plan ont joints en format A3.

III.1.8 CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette étude sont conformes au référentiel de la SNTF et tous les paramètres nécessaires pour la rectification et le dédoublement du tracé afin d'atteindre la vitesse de 160 km/h sont pris en compte dans notre étude.

III.2 PROFIL EN LONG

III.2.1 INTRODUCTION

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

Le profil longitudinal sera défini par la projection horizontale de la côte de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé.

- Pour chaque point de profil en long, on doit déterminer :
  - L'altitude du terrain naturel.
  - L'altitude du projet.
  - La déclivité du projet.

III.2.2 ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG

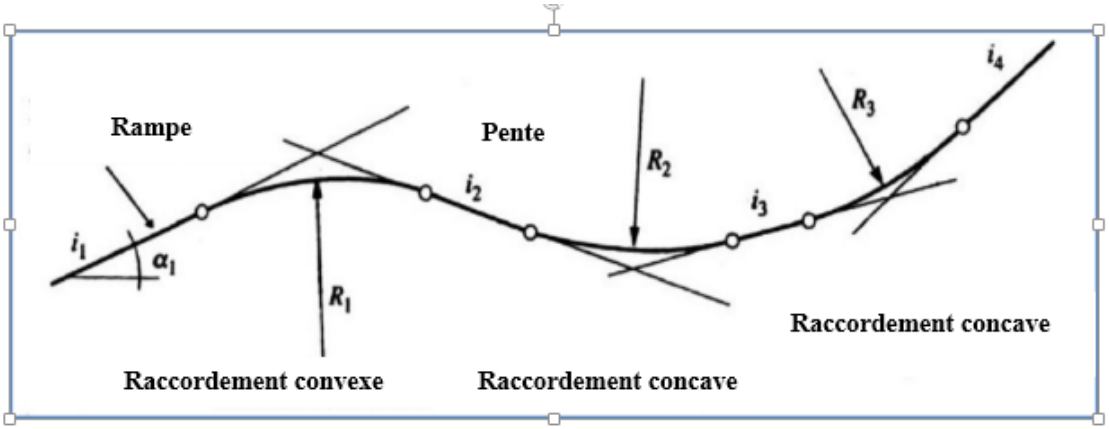


Figure III.1 Les éléments géométriques de profil en long

III.2.2.1 Les déclivités

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale. La valeur admissible à ne pas dépasser pour la déclivité varie en fonction de sa longueur :

- En déclivité de longueur inférieure à 3000m, elle ne doit dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- En déclivité de longueur comprise entre 3000m et 15000m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.
- En déclivité de longueur supérieure à 15000m, la déclivité ne doit dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰.

III.2.2.2 La longueur minimale de déclivité

Selon le référentiel SNTF, chapitre 6(Géométrie de la voie), on a :

Tableau III.5 Valeurs de longueur minimale des déclivités (Source SNTF)

Valeur minimale normale	V/2
Valeur minimale exceptionnelle	V/2.5

- ✓ V : la vitesse de trains voyageurs (Km/h).

La longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30m pour tenir compte des bases de nivellement de bourreuses.

- Pour le projet, la longueur minimale de déclivité est :

Tableau III.6 Application numérique sur les longueurs minimales des déclivités

Valeur minimale normale	80 m
Valeur minimale exceptionnelle	64 m

III.2.2.3 Rayon admissible en raccordement de profil en long

Ce sont des courbes réalisées au point de changement de pente entre deux déclivités. Ces courbes circulaires sont définies sans courbes de transition entre les pentes et les raccordements.

Cela entraine une circulation verticale brutale aux extrémités de raccordements, qui provoque une oscillation de suspension du véhicule et perturbe le confort de voyageurs.

Donc pour éviter la variation brutale d'accélération verticale, on doit limiter le rayon minimum de ces courbes de raccordement. Il en résulte les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter. Selon la SNTF chapitre 06(la géométrie de la voie), le rayon minimum se calcule suivant le tableau III.7 :

Tableau III.7 Valeurs de rayon minimum des raccordements circulaires

Valeur minimale normale	$0.35V^2$
Valeur minimale exceptionnelle	$0.25V^2$
Points particuliers à des vitesses inférieures ou égales à 140Km/h.	$0.15V^2$

- ✓ V : vitesse des trains de voyageurs (Km/h).
- Pour le projet : La valeur normale minimale est :

$$R_{min} = 0.35 \times V^2 = 0.35 \times 160^2 = 8960$$

$$R_{min} = 9\,000m.$$

III.2.3 COORDINATION PROFIL EN LONG – TRACE EN PLAN :

- ✓ Il faut éviter les coïncidences entre les rayons du profil en long et les raccordements du tracé en plan (clothoïde) ;
- ✓ Assurance d'un palier de 800m à 1200m pour l'implantation de la gare ;
- ✓ Un sommet de profil en long ne doit pas être sur la clothoïde du tracé en plan ;

- ✓ Les points singuliers du tracé en plan ne doivent pas être précédés d'un point élevé.

III.2.4 DESCRIPTION DU PROFIL EN LONG ET L'AXE EN PLAN

Puisque la ligne de chemin de fer est très proche du sol existant, la totalité des déblais présente des hauteurs extrêmement petites (inférieures ou égales à 3m).

En fonction des caractéristiques topographiques de la zone traversée, correspondante à une zone extrêmement plate de la plaine de l'Oued Soummam, il est constaté qu'il n'y a pratiquement pas de grands remblais à construire

- Du P.K. 72+000 jusqu'au P.K. 74+300, se réalise le dédoublement de la voie actuelle du côté droit, le tracé s'adapte parfaitement à celle-ci en plan, ainsi qu'en profil longitudinal. Au P.K. 74+285, le tracé traverse Oued IGHZER LEINSSER grâce à un pont.
- Depuis le P.K. 74+300 jusqu'au P.K. 74+950, est rectifié une courbe existante en adoptant un rayon de 980 m. Entre le P.K. 74+950 et le P.K. 75+975, se produit le dédoublement de la ligne actuelle, dans ce tronçon le tracé se compose par deux alignements droits unis par une courbe à droite de rayon 1800 m.
- Du P.K. 75+925 jusqu'à 79+985, le tracé est complètement dévié de la ligne existante dont les valeurs des courbes sont égales à 980m, 1050m, 18000m et 1100m.
- Il faut signaler qu'entre le P.K. 79+800 et le P.K. 80+025, le profil en long descend par rapport à la voie actuelle pour avoir un gabarit suffisant et passer sous la structure de la RN 26 existante qui traverse la ligne.
- Au PK 81+025, la ligne traverse Oued IGHZER IHEFRIREN.
- Les courbes existantes entre le PK 81+225 et le P.K. 84+500 sont rectifiées grâce à des courbes de rayons 980 m et 2400, dans ce tronçon la ligne traverse l'OUED SGHIR grâce à un pont au PK 83+788.
- A partir du P.K. 84+500, le tracé suit le couloir existant entre la RN 26 à sa gauche et l'OUED SGHIR à sa droite sans subir aucune affection et traverse le noyau urbain de Bejaïa en dédoublant la voie actuelle ; aussi à l'entrée de la gare de Bejaïa, il y a deux connexions ferroviaires existantes, la première en direction de NAFTAL et la deuxième en direction de l'édifice de contrôle.

III.2.5 CONCLUSION

La constitution du profil en long est la tâche la plus importante par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique, soit sur le plan technique en voyant les déclivités, la coordination entre le tracé en plan et le profil en long et l'emplacement de la gares d'Oued Ghir et la halte de la gare routière.

CHAPITRE IV

ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

CHAPITRE IV : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

IV.1 INTRODUCTION

L'étude géotechnique et géologique est certainement l'étape la plus importante, elle permet la reconnaissance du terrain et régira la totalité des choix de conception, elle nous donnera les caractéristiques relevant du sol et sous-sol dont la prise en compte est nécessaire pour la stabilité de la construction.

L'objet de ce présent chapitre est de décrire d'une manière la plus détaillée possible les caractéristiques géologiques et étudier les conditions géotechniques de la région, dans le couloir de passage du projet de la ligne à voie double électrifiée entre Beni-Mansour et Bejaia.

En s'intéressant d'une manière plus profonde sur le tronçon de Pk 72+000 jusqu'au Pk 87+000.

IV.2 ETUDE GEOLOGIQUE

IV.2.1 Cadre géologique

L'étude géologique dans le cadre du projet est basée sur la consultation des cartes et les données disponibles à différents niveaux (BET, entreprises) ainsi que sur les différentes publications :

- Carte Géologique de l'Algérie, 2ème édition, à l'échelle 1/500.000.
- Les données de la compagne géologique et géotechnique fournies par COSIDER TP.
- La carte géologique internationale de l'Afrique (feuille n°2), GCMW/UNESCO 1990 pour le nord de l'Algérie et document SONATRACH.
- Photographie satellite de l'Algérie, procédant de Google-Earth (2021).

IV.2.2 Situation de site

Notre zone d'étude se situera entre Oued Ghir et la ville de Bejaia sur un tronçon de 15 km.

IV.2.3 Géologie régionale

La présente aire d'étude définit un couloir de direction approximative Sud-ouest / Nord-est, avec une longueur de près de 87 kilomètres, entre les villes de Béni Mansour (au S-O) et de Bejaia (au N-E), située dans la région centre-orientale du Nord de l'Algérie, dans une zone de confluence de la chaîne de l'Atlas Tellien et du littoral méditerranéen, formée de terrains mésozoïques et cénozoïques, avec quelques zones de roches ignées très localisées. La figure 1 montre le secteur géologique où se situe la zone d'étude.

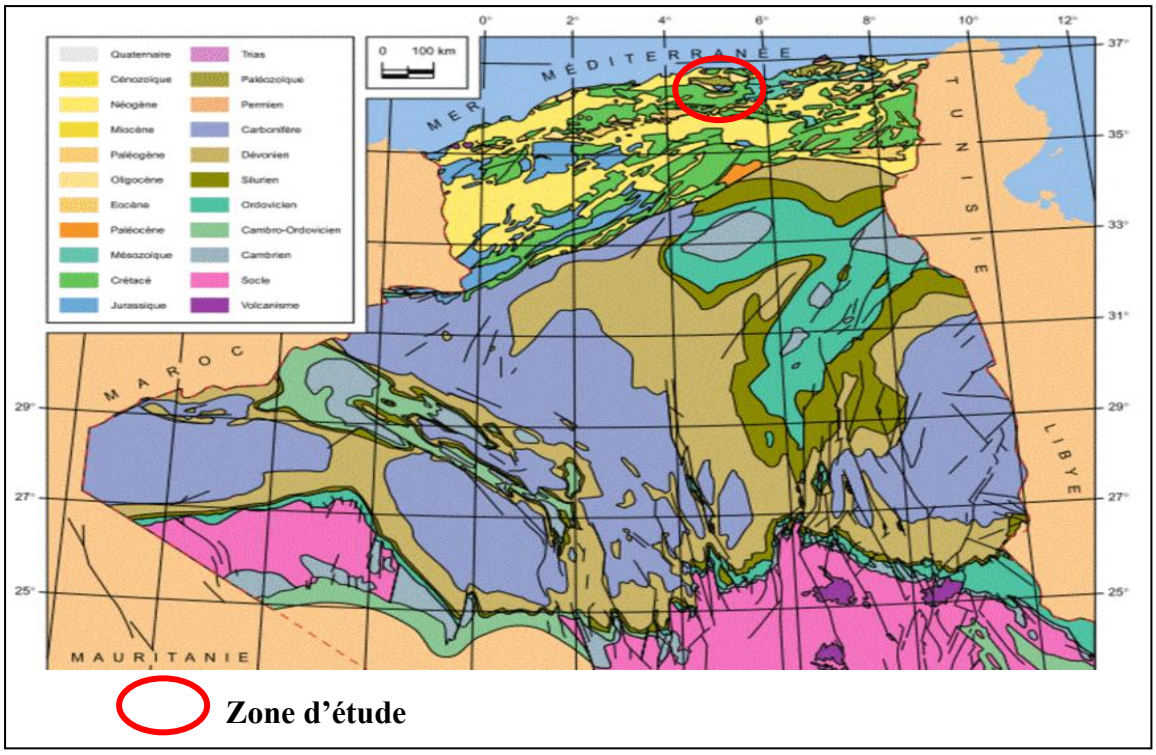


Figure IV.1 Situation de la zone d'étude sur la carte géologique internationale de l'Afrique (feuille n°2), GCMW/UNESCO 1990 pour le nord de l'Algérie et document SONATRACH.

IV.2.4. La géologie de la zone d'étude

IV.2.4.1. Litho stratigraphie

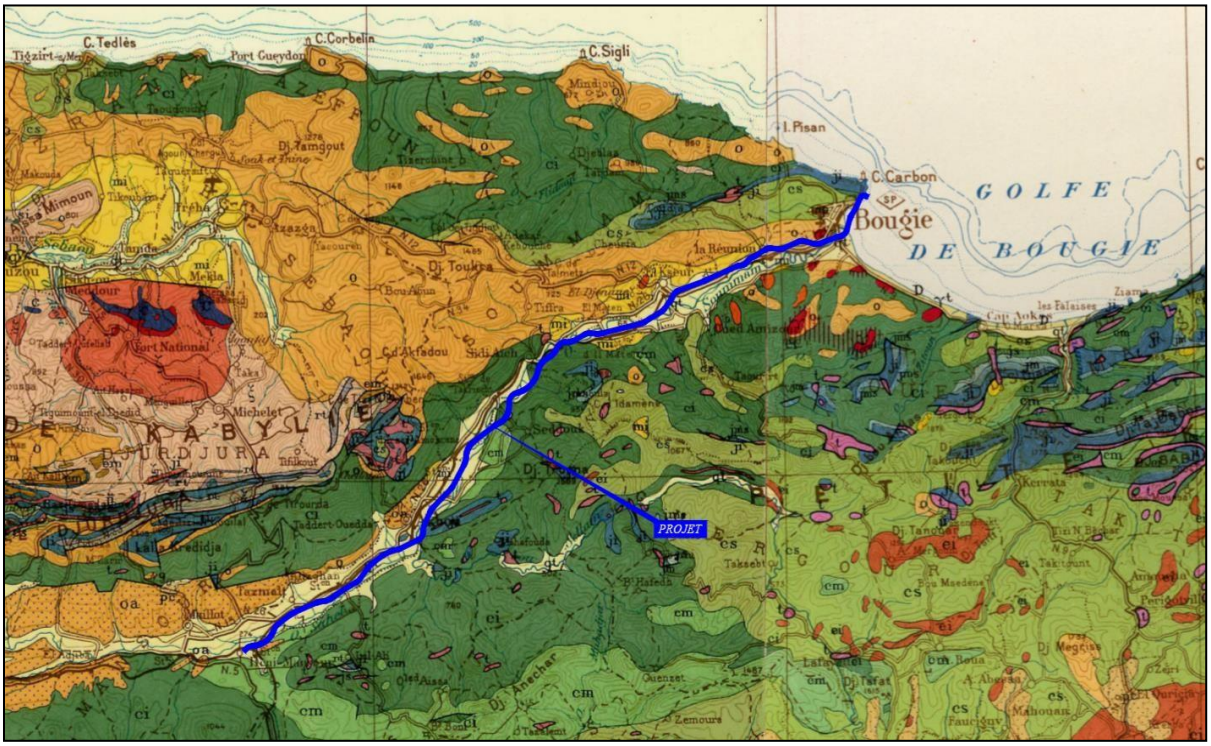


Figure IV.2 Situation du projet sur la carte géologique de l'Algérie (2éme édition)

D'après la carte géologique de l'Algérie (2éme édition), on distingue sur le couloir de passage de notre tronçon qu'il s'insère dans les formations de flysch de la période du Paléogène, et aussi des terrains récents du Pléistocène et de l'Holocène qui constituent les formations alluviales et les terrasses situées dans l'Oued Soummam.

Une claire prédominance des terrains cénozoïques avec présence de formations marno calcaires du Crétacé, de l'Éocène et du Miocène (Ci,Mi) partiellement recouvertes par des matériaux alluvionnaires récents et anciens est observée et qui sont souvent surmontés par des formations alluviales récentes (Qd) associées au cours d'eau principal (Oued Soummam) qui accompagne une grande partie du tracé actuel, où prédominent les sols sablo-argileux, avec une présence fréquente de cailloux et galets arrondis, bien enregistrés dans les sondages et puits de reconnaissance réalisés dans le cadre des études géologiques et géotechniques.

- **Miocène Inférieur (mi)** : Marnes, calcaires, argile et conglomérats.

Il est constitué par une puissante série de marnes bleues qui peuvent arriver à atteindre des épaisseurs de plus de mille mètres. L'apparition d'intercalations de calcaires impures et de marne-calcaires est relativement fréquente.

- **Quaternaire**

Par ces sédiments passera la majorité du tracé d'étude. Il s'agit de sédiments terrigènes qui ont été sédimentés sous forme d'alluvions récents. Quant aux dépôts les plus anciens comme les terrasses (Qt). Ils sont composés de graviers arrondis de nature calcaire, de différentes tailles et avec une matrice sable-boueuse ou limon-argileuse.

- **Éocène (em). Flysch**

Sur la fin du tracé se trouve une formation dénommée Flysch.

Il s'agit d'une formation sédimentaire détritique possédant un potentiel considérable et constituée d'un empilage de turbidités, typiquement concordantes avec les couches sous-jacentes et déposé dans une zone orogénique ayant subi des processus tectoniques.

IV.2.4.2 La géomorphologie

Le tracé de l'étude traverse une partie de l'Atlas tellien au milieu de la vallée de l'Oued Soummam, avec une direction approximative NE – SW, qui sépare les massifs de la Grande Kabylie (à l'Ouest) et de la Petite Kabylie (à l'Est). Au long de ce couloir on peut que notre tronçon d'étude se situe dans des plaines fluviales formées par les terrasses et alluvions aux marges de l'Oued Soummam qui confèrent un relief plat, ou faiblement en escalier, avec une pente faible et uniforme. Sur cette plaine alluviale coule l'Oued Soummam avec un tracé méandriforme, propre au cours bas près de l'embouchure, et récupérant les eaux provenant des talwegs latéraux qui jouent un rôle de ravines saisonnières, très souvent violentes.

Il est très fréquent l'apparition d'éventails alluviaux et de cônes de déjection, de dimensions variables, à la confluence de ces ravines avec la dépression principale. Aussi il est relativement fréquent la présence de méandres abandonnés qui sont proches de la vallée fertile alluviale.

IV.2.4.3 Hydrogéologie

Du point de vue hydrogéologique, en ce qui concerne la perméabilité des formations traversées par le tracé, les terrains se présenteront avec un comportement essentiellement semi-perméable à imperméable dans les zones plus argile- limoneuses, argile carbonatées et très altérées des massifs carbonatés, avec tendance à une saturation rapide des terrains dans les périodes de plus grande pluviosité et augmentation du glissement superficiel.

Quant aux zones des dépôts alluvionnaires, les terrains présenteront un comportement entre le perméable à l'infiltration des eaux superficielles et à la circulation par porosité clairement en fonction de leur plus grande ou plus réduite composition de fins (argiles et limons).

IV.2.5 La sismicité de la zone d'étude

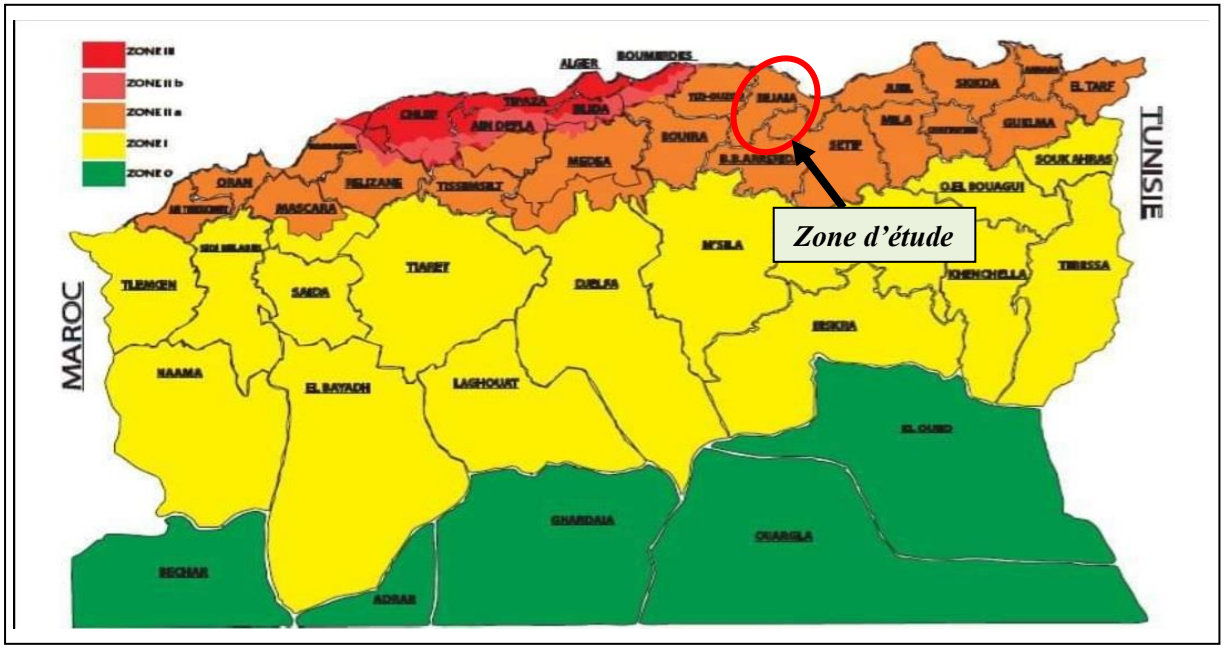


Figure IV.3 Situation de la zone d'étude sur la carte sismique de l'Algérie

D'après la carte sismique d'Algérie et les analyses tectoniques qui ont été faites, montrent la distribution des différentes zones sismiques en fonction de l'intensité des séismes enregistrés tel que :

- Zone 0 : sismicité négligeable ;
- Zone I : sismicité faible ;
- Zone II a : sismicité moyenne ;
- Zone II b : sismicité élevée ;
- Zone III : sismicité très élevée.

Et d'après le Règlement parasismique Algérien « RPA 99/version 2003 », la zone d'étude appartient à une zone sismique « II a » caractérisée par une sismicité moyenne.

IV.2.5 Les risques géologiques

De manière très général, on distingue trois types de risques qui pourraient affecter l'environnement de la zone d'étude :

- Le risque que des séismes se produisent est modéré, avec des accélérations sismiques comprises entre 0.8 m/s² et 2.4 m/s² et un maximum de 2.4 m/s^2, étant la valeur moyenne de 1.6 m/s^2;
- Glissements de pente, motivés par la présence de terrains marneux et la présence de l'eau, potentiellement altérables, dans des pentes fortes en suspens.
- Inondations et flux de boues. Dû au fait que les pluies sont généralement sporadiques à caractère torrentiel, la situation géographique du couloir par la vallée de l'Oued Soummam, est susceptible d'être affectée par des inondations, des débordements et formation de flux de boues des reliefs qui limitent par le Sud et par le Nord cette vallée.

IV.3 ETUDE GEOTECHNIQUE

IV.3.1 Programme géotechnique

L'étude géotechnique est un élément inséparable des études géologiques et hydrologiques pour la reconnaissance du terrain, elle permet de :

- Compléter l'étude géologique.
- Prévoir le comportement des terrains ainsi que la stabilité des ouvrages pendant la phase d'exécution.

Dans cette partie sont énumérés les différents types d'investigations de terrain et les essais de laboratoire proposés :

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

L'analyse du tracé en plan, profil en long et l'aperçu de profil géologique qui est joint dans l'annexe de ce chapitre, ont permet d'établir un programme de reconnaissance du terrain.
Le programme d'investigation géotechnique de la ligne est scindé sur les lots suivants:

- **Lot voie (section déblai et remblai) :** le tracé traverse un terrain plat à la plaine d'Oued Soummam, des différents essais de terrain et de laboratoires sont préconisés pour chaque remblai et déblai donc il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques en place afin de vérifier :
  - ✓ La possibilité de réutilisation des matériaux en remblai ;
  - ✓ La capacité portante du sol pour le dimensionnement des couches d'assise ;
  - ✓ La capacité du sol en place à supporter des grands remblais.
- **Lot ouvrages d'art :** dans cette partie, il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques en place afin de déterminer la portance du sol et le type de fondation adéquate.

IV.3.1.1 Lot voie

❖ **Section déblai**

Selon le profil en long, dans les zones de déblais, il y'a lieu de prévoir l'exécution de puits de reconnaissance d'environ de 3 m de profondeur sur les sections en déblais, ils seront exécutés à la pelle mécanique.

Il sera prélevé une quantité suffisante de matériau remaniée pour les besoins des essais d'identification et essais mécaniques permettant de nous renseigner sur la possibilité de réutilisation des matériaux en remblais et le type de fondation pour recevoir la couche d'assise.

Par ailleurs, il sera prélevé des puits et des sondages des échantillons intacts paraffinés pour la détermination des paramètres intrinsèques et de comportements du matériau en place (teneur en eau, densité, cohésion, angle de frottement).

Les échantillons donc feront l'objet des essais suivants :

- Essais d'identification (Granulométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle) ;
- Analyses chimiques (Sulfates, Chlorures et Carbonates) ;
- Essais mécaniques (CBR, Proctor modifié, Cisaillement rectiligne et essai de résistance à la compression simple).

Tableau IV.1 Le programme d'investigation géotechnique en section déblai

Hauteur max de Déblai	Longueur (m)	Essais géotechniques			
		Pk	Essai in situ	Profondeur	Essai au laboratoire
1.43	314	74+350	Puits	3 m	-Essais d'identification -CBR -Proctor modifié -Résistance à la compression simple -Analyses chimiques
			Pénétromètre	Au refus	-
2.00	640	78+300	Puits	3 m	-Essais d'identification -CBR -Proctor modifié -Résistance à la compression Simple -Analyses chimiques
			Pénétromètre	Au refus	-
		78+700	Pénétromètre	Au refus	-
0.88	644	80+350	Puits	3 m	-Essais d'identification -CBR -Proctor modifié -Résistance à la compression Simple. -Analyses chimiques
			Pénétromètre	Au refus	-

0.95	1014	86+000	Puits	3 m	-Essais d'identification -CBR -Proctor modifié -Résistance à la compression Simple. -Analyses chimiques

❖ **Section remblai**

Pour répondre aux normes géométriques du tracé certaines zones sont surélevées par des remblais de différentes hauteurs comme le cas des ouvrages projetés dans l'intersection avec Oued Soummam, c'est à dire le passage en grands remblais qui concerne essentiellement les zones à proximité des ouvrages.

A cet effet on prévoit l'exécution de plusieurs puits de reconnaissance par section, selon sa longueur et l'hétérogénéité du sol. Les puits seront exécutés à la pelle mécanique sur une profondeur moyenne de 3 m. Il sera prélevé des échantillons intacts paraffinés pour la détermination des paramètres intrinsèques et de comportements du matériau en place (teneur en eau, densité, cohésion, angle de frottement, paramètres de compressibilité et de consolidation). Les échantillons feront l'objet des essais suivants :

- Essais d'identification (Analyse granulométrique, limites d'Atterberg, la teneur en eau naturelle,).

- Essais mécaniques (Cisaillement rectiligne, essai de compressibilité à l'œdomètre, CBR et Proctor).

Les résultats de la campagne pour les fondations d'ouvrages seront exploités afin de déterminer si le sol en place est apte à supporter ces remblais, et des pénétromètres dynamiques sont prévus pour avoir une estimation continue de la résistance du terrain.

Tableau IV.2 Le programme d'investigation géotechnique en section remblai

Hauteur max de remblai	Longueur	Essais géotechniques			
		Pk	Essai in situ	Profondeur	Essai au laboratoire
1.93 m	2300 m	72+250	Puits	3 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
			Pénétromètre	Au refus	-
		73+155	Puits	3m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
			Pénétromètre	Au refus	-
		75+150	Puits	3 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
			Pénétromètre	Au refus	-

6.63m	3595	77+260	Puits	3 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
			Pénétromètre	Au refus	-
		78+180	Puits	3 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
			Pénétromètre	Au refus	-
2.52m	1669	79+200	Puits	3 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
			Pénétromètre	Au refus	-
		79+910	Puits	3 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
			Pénétromètre	Au refus	-
1.15m	427	80+450	Puits	3m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
		79+980	Pénétromètre	Au refus	-
7.46m	2425	81+160	Puits	3m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
			Pénétromètre	Au refus	-
		82+180	Puits	3m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
		82+235	Sondage	50m	
		82+180	Pénétromètre	Au refus	-
0.88	175	83+300	Pénétromètre	Au refus	-
2.96	2517	83+830	Pénétromètre	Au refus	-
		84+500	Sondage	40m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
		84+970	Sondage	18m	
		85+800	Sondage	40m	

IV.3.1.2 Lot ouvrage d'art

La campagne d'investigation géotechnique du lot « ouvrages d'art » comprend l'exécution d'un sondage carotté à proximité de chaque ouvrage. Les résultats de la campagne pour les remblais seront exploités pour complémenter cette dernière, essentiellement pour les passages supérieurs.

Il sera prélevé des échantillons intacts paraffinés pour la détermination des paramètres intrinsèques et de comportement du matériau en place (teneur en eau, densité, cohésion, angle de frottement, paramètres de compressibilité et de consolidation).

Les échantillons feront l'objet des essais suivants :

- Essais d'identification (Analyse granulométrique, limites d'Atterberg, la teneur en eau naturelle, équivalent de sable et bleu de méthylène).

- Test CBR et Proctor.

- Essais mécaniques (Cisaillement rectiligne, essai de compressibilité à l'œdomètre).

Des pénétromètres dynamiques sont prévus pour avoir une estimation continue de la résistance du terrain.

Tableau IV.3 Programme d'investigation géotechnique pour les ouvrages d'art

Ouvrages	**Essais géotechniques**			
	P.K	Essai in situ	Profondeur	Essais au laboratoire
Passage supérieur Pk 72+545.45	72+550	Sondage	20 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
Passage supérieur Pk 74+253	74+250	Sondage	15 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
Pont d'oued Ighzer Lainser Pk 74+285 L=35 m	74+300	Puits	3 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
	74+180	Pénétromètre	Au refus	-
		Sondage	15 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
	74+250	Sondage	15 m	
Passage supérieur Pk 74+955	74+960	Sondage	15 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
	77+200	Pénétromètre	Au refus	-

Pont d'Oued Soummam Pk77+120 L=35 m	77+200 76+950	Puits Sondage	3 m 15 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
Pont d'Oued Soummam Pk77+375 L=35 m	77+300 77+050	Puits Sondage	3 m 15 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
	77+300	Pénétromètre	Au refus	-
Passage supérieur Pk 79+946	79+940	Sondage	18 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
Pont d'Oued Ihfriren L=20 m Pk 81+025	81+050	Sondage	25 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
Passage supérieur Pk 82+252	83+235	Sondage	18 m	- Essais d'identification - CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
Pont d'OuedSeghir L=35 m	83+830	Pénétromètre	Au refus	-
	83+830	Sondage	18 m	- CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
Passage supérieur Pk 84+404	84+450	Sondage	18 m	- CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor
Passage supérieur Pk85+779	85+780	Sondage	40 m	- CBR - Cisaillement rectiligne - l'œdomètre - Proctor

Commentaires

Dans tout projet, il y a obligation d'établir un programme d'investigation géotechnique pour pouvoir par la suite dimensionner la structure d'assise.

A cet égard nous avons réalisé notre propre programme jugé suffisant pour déterminer les caractéristiques physico-mécaniques du sol devant accueillir le projet étudié.

Notre programme d'investigation géotechnique ne présente pas une grande différence par rapport à celui qui a été déjà établi en phase d'APD. La différence se présente dans le petit décalage de notre tracé comparant au tracé au cours de réalisation, ce qui fait que la position des essais in situ change.

Comme aussi on n'a pas effectué des puits de reconnaissance à partir de Pk 82+500 vu qu'il y a une seule formation continue d'après le profil géologique établi.

Dans le cadre d'un projet de fin d'études (PFE), on ne dispose pas les données exactes appropriées aux Pk qu'on a choisis, pour cette raison on se réfère aux données des essais qui ont été déjà faites dans l'APD et le programme de prospection géotechnique fait par Cosider pour l'étude d'exécution.

IV.4 INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA CAMPAGNEGEOTECHNIQUE

IV.4.1 Les essais in situ

IV.4.1.1 Les puits de reconnaissance

Une campagne de 12 puits de reconnaissance pour l'étude géotechnique du couloir objet d'étude et des structures projetées a été réalisée.

Les puits de prospection et reconnaissance géologique ont été réalisés à l'aide d'une pelle mécanique et leur profondeur a atteint environ 3.0 m, en moyenne.

Les puits ont été réalisés dans les zones d'excavation avec l'objectif de fournir des données complémentaires à l'analyse de la méthode d'excavation, mais aussi dans les zones des remblais, pour la caractérisation des conditions de fondation des remblais, ainsi que pour les systèmes de drainage projetés.

Les travaux sur site ont été supervisés par une personne. Pendant leur exécution, une description visuelle des matériaux affectés, une annotation de la présence d'eau et une prise d'échantillons pour leur analyse en laboratoire ont été effectués.

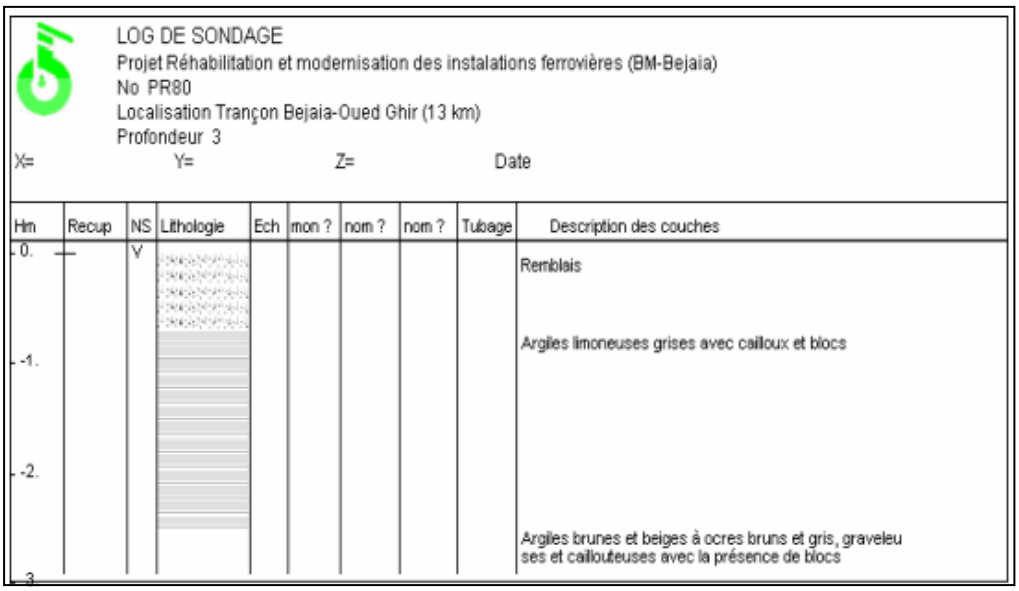


Figure IV.4 Coupe de puits en PK 79+190

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau IV.4

Tableau IV.4 Résultat des coupes des puits de reconnaissances

Profil	PK	Objectif	Profondeur	Description lithologique des puits réalisés
PR-73	72+250	Remblai	0.0 – 1.00 1.0 – 3.00	-Terre végétale - Argiles limoneuses grises
PR-74	73+155	Remblai	0.0 – 0.80 0.8 – 3.00	- Terre végétale - Argiles limoneuses grises

PR-75	74+160	Remblai	0.0 – 0.50 1.0 – 3.00	-. Remblais en gravier - Argiles limoneuses grises
PR-76	75+150	Remblai	0.0 – 0.50 0.50 – 3.00	- Terre végétale - Argiles limoneuses grises
PR-77	76+170	Remblai	0.00 –0.50 0.50 –3.00	- Terre végétale - Argiles limoneuses grises
PR-78	77+260	Remblai	0.00 –0.70 0.70 –3.00	- Terre végétale - Argiles limoneuses grises
PR-79	78+180	Remblai	0.00 –0.70 0.70 –3.0	-Remblais. - Argiles limoneuses grises
PR-80	79+190	Remblai	0.00 –0.70 0.70 –2.50 2.50 – 3.00	-Terre végétale -Argiles limoneuses grises avec cailloux et blocs. - Argiles brunes et beiges à ocres bruns et gris, graveleuses et caillouteuses avec la présence de blocs.
PR-81	80+350	Remblai	0.0 –0.80 0.80 –3.00	-Remblais. -Argiles limoneuses grises légèrement graveleuse.
PR-82	81+159	Remblai	0.00 –0.80 0.70 –1.60 1.60 –2.10 2.10 –3.00	-Terre végétale. -Argiles limoneuses grises. - Argiles limoneuses brunâtre - Argiles limoneuses grises.
PR-83	82+180	Remblai	0.00 –0.90 0.90 –2.10 2.10 –3.00	-Terre végétale - Argiles limoneuses grises - Argiles limoneuses brunâtre

IV.4.1.2 Pénétromètre dynamique

Une campagne de 15 essais de pénétration dynamique Lourd type Borro a été réalisée, avec un système de coup automatique.

Ces essais consistent à mesurer le nombre de coups nécessaires pour pénétrer 20 centimètres dans le terrain, une pointe carrée de 4x4 cm2 de section et une extrémité de pointe conique de 90°, sur la pointe, prolongée sur sa partie supérieure par un prisme de même section et d'une hauteur de 12 centimètres. Une massue de 63,5 K applique les coups avec une hauteur de chute de 50 centimètres. Un train de tige de 32 millimètres de diamètre transmet à la pointe l'énergie de la masse.

Les essais de pénétration ont l'avantage par rapport à d'autres systèmes de reconnaissance de fournir une estimation continue de la résistance du terrain, en permettant de détecter des discontinuités ou des niveaux de petite épaisseur qui avec un autre système de reconnaissance pourraient passer inaperçus.

NB : Dans l'annexe de ce chapitre, on a rassemblé les résultats des essais de

pénétromètre dynamique qui donnent la résistance de pointe mesurée en bars en fonction de la profondeur.

D'après les résultats des essais de pénétration dynamique les terrains en place montrent une capacité portante faible à la surface et cela va engendrer des tassements ce qui aura de l'influence sur la capacité de supporter les charges des remblais à construire en spécial ceux qui se développent à une grande hauteur ou même dans le cas des remblais de petites dimensions , il peut y avoir des tassements différentiels entre les zones consolidées liées à ligne existante et les nouvelles zones à construire dans le cadre du dédoublement de la voie.

IV.4.1.3 Les sondages mécaniques

Cet essai permet d'observer la succession des couches de sol et les éventuelles venues d'eau.

Dans cette étude, une campagne de 12 sondages mécaniques a été réalisée. Les sondages disponibles ont été effectués à rotation, avec une récupération continue du témoin, en réalisant des prises d'échantillons pour leur analyse postérieure en laboratoire**.**

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.5 Les résultats des sondages effectués

Sondage	Pk	Objectif	Profondeur (m)	Description lithologique
S-36	72+500	Remblai	0.0 - 0.50	- Argile peu graveleuse brunâtre à jaunâtre très ferme, sèche avec des débris de coquilles et des restes organiques.
			0.5 – 3.45	- Argile brunâtre peu sombre, quelques fois jaunâtre, ferme, peu humide avec des inclusions organiques, des débris de coquilles et des traces d'oxydation rougeâtres.
			3.45 –13.5	- Argile peu graveleuse, versicolores marron brunâtre en abondance, plastique humide et quelques fois molle très humide, avec des inclusions des débris de coquilles.
			13.5 – 20	- Marne multicolore brunâtre en abondance, ferme peu humide avec quelques passages argileux, peu sableux, peu graveleux plastiques
S-37	74+180	Pont d'oued Ighzer Lainser	0.0 –0.30	-Terre végétale: limon sableux altéré sombre.
			0.30 – 2..25	-Argile limoneuse marron jaunâtre quelques fois peu sombre avec des inclusions (sables, racines végétaux, troncs d'arbre et des débris de coquillage.
			2.25 – 7.50	-Alternance entre limon plus au moins sableux très ferme et des argiles marron jaunâtre quelques fois verdâtre ferme, avec rares grains de sables et débris de coquilles
S-38	74+250	Pont d'oued IghzerLainser	0.0 - 2.00	- Terre végétale : Limon altéré graveleux de couleur avec des racines végétaux et des débris de coquillage.
			2.00 - 4.25	- Argile marron jaunâtre à verdâtre rigide à faible selon l'état hydrique. Quelques fois peu calcareuse verdâtre et d'autres fois limoneuse sableuses à graveleuse avec des débris de coquillage.
			4.25 – 15.0	- Argile marron verdâtre de plus en plus calcareuse par rapport à la couche sus-jacente avec des passages fins limoneux sableux rares avec des débris de coquilles.

S-39	74+905	Remblai	0.0 – 0.40 0.4 – 3.45 3.45 – 10.5 10.5 – 15.0	- Terre végétale : Argile sombre à noirâtre un peu sableuse, avec des restes organiques et du gravier concassés de Dm=3cm - Argile marron jaunâtre au sommet d'une couche limoneuse de même couleur peu sableuse avec des débris de coquilles et des restes organiques. - Argile peu sableuse marron jaunâtre quelques fois verdâtre un peu sombre très rigide, rigide à molle selon son état hydrique, avec des inclusions de débris de coquilles. - Marne argileuse en alternance avec une argile limoneuse peu sableuse ou graveleuse avec quelques restes organiques et des débris de coquillage.
S-PS-80,8	79+940	Remblai	0.0 – 0.70 0.70 – 9.0 9.0 – 18.0	- Terre végétale - Argiles limoneuses grises légèrement sableuses compactes. - Argiles vaseuses noirâtre très molles.
S-40	81+050	Pont d'Oued Ihfriren	0.0 - 0.60 0.60 – 5.0 5.0 – 13.35 13.35 – 25.0	- Argile marron jaunâtre, à granulométrie très fine, très ferme, friable, sèche, avec abondance de débris végétaux. - Argile marron jaunâtres, à granulométrie très fine, avec des Inclusions de débris de coquilles. -Argile multicolore marron jaunâtre, très ferme, sèche, quelque fois peu limoneuse, peu graveleuse, sombre, avec des Inclusions de débris de coquilles et des traces blanchâtres gypseuses. -Argile multicolore marron jaunâtre, très ferme, sèche, quelque fois peu limoneuse, peu graveleuse, sombre, avec des Inclusions de débris de coquilles et des traces blanchâtres gypseuses. -Marne grisâtre, très ferme, sèche, quelques fois peu humide, moins ferme, avec des inclusions de débris de coquilles, des traces blanchâtres gypseuses et des passages limoneux avec des rares graviers en inclusions.

S-41	82+235	Remblai	0.00 – 0.40 0.40 – 10.50 10.5 – 50.00	-Terre végétale -Argile limoneuse brune, avec traces de sable, plastique. -Argile limoneuse grise sombre molle avec trace de sable à peu sableuse, contenant des débris de coquilles qui devient sable argileux à partir de 45 m.
S-V-84,6	83+780	Passage supérieur	0.0 – 1.00 1.0 – 3.10 3.10 - 6.70 6.70 – 9.8 9.80 – 18	-Terre végétale -Remblais -Argiles limoneuses grises à ocres brunes et grises légèrement compactes. -Argiles limoneuses grises légèrement vaseuses et molles. - Argiles limoneuses vaseuses noirâtres très molles.
S-42	83+830	Pont d'Oued Seghir	0.0 - 8.65 8.65 – 20.0 20.0 – 25.0	-Argile graveleuse quelques fois limoneuse sableuse de couleur marron jaunâtre ou versicolore plus au moins ferme, sec avec des débris de coquilles. - Marne versicolore, bleu en majorité plastique humide ou ferme peu humide avec des passages marneux 10 graveleux plastiques. -Marne versicolore, bleu en majorité plastique humide ou ferme peu humide avec des passages marneux graveleux plastiques
S-PS-85.3	84+425	Remblai	0.0 – 0.60 0.6 – 1.50 1.5 – 6.1 6.10 – 9.1 9.1 – 11.5 11.5 – 18	- Remblais - Argiles limoneuses grises légèrement molles -Argiles limoneuses grises compactes. - Argiles limoneuses légèrement molles. -Argiles limoneuses légèrement vaseuses molles. - Argiles limoneuses légèrement vaseuses molles noirâtres très molles avec un passage sableux entre 16 et 16.45 m.

S-43	84+480	Passage supérieur	0.0 – 2.00 1.0 – 8.50 8.50 – 12.70 12.7 – 20.0	-Remblai ; Limon sablo- graveleux brun. -Argile limoneuse brunâtre peu plastique. -Argile limoneuse noirâtre et grisâtre altérée, peu plastique. -Argile vaseuse noire, plastique.
S-44	84+980	Passage supérieur	0.0 – 0.80 0.80 – 4.30 4.30 – 6.20 6.20 – 10.35 10.35 – 26.6 26.6 – 29.3 29.3 – 34.0 34.0 – 40.0 40.0 – 50.0	-Terre végétale -Argile limoneuse brune, peu graveleuse avec trace de sable, plastique. - Sable fin brun, lâche. -Sable fin avec trace d'argile, gris sombre et vaseux. -Sable peu argileux, gris sombre, mou -Argile limoneuse brune, peu sableuse avec trace de graves. -Sable fin avec trace d'argile, gris sombre et vaseux. -Argile sableuse brune noirâtre, plastique. -Argile marneuse, grise sombre

IV.4.1.4 Les essais de laboratoire

Les essais de laboratoire ont été réalisé sur des échantillons prélevés à l'état remanie et intact prévenants des puits de reconnaissances et les sondages carottés. Les essais collectés dans la phase d'APD et la phase d'exécution a pour but d'identifier les caractéristiques physicochimiques et mécanique du terrain tout le long de tronçon.

Les résultats des essais au laboratoire ont permis de classer le sol selon l'UIC 719R.

❖ Puits de reconnaissances (PR)

1- Essais physiques

Tableau IV.6 Les résultats des essais physiques effectués sur les échantillons des puits de reconnaissance

Désignation	Pk	Profondeur d'échantillon		Formation géologique	Granulométrie						Limite d'Atterberg (%)			ES (cm)	Classification
		Zi	zf		#63	#20	#5	#2	#0.4	#0.08	LL	LP	IP		UIC 719R
PR-74	73+155	0.80	3.00	Qc	100	100	100	99	96	89	32.7	18	14.7	-	QS1
PR-77	76+170	0.50	3.00	Qcd	100	100	100	100	100	99	40.5	24.1	16.4	-	QS1
PR-79	78+180	0.70	3.00	Qcd	100	100	100	98	96	88	32.1	16.7	15.4	-	QS1
PR-81	80+350	0.80	3.00	Qcd	100	100	100	100	95	94	35.1	17.3	17.8	-	QS1
PR-83	82+180	0.90	3.00	Qd	100	100	98	97	95	92	37.1	18.5	18.6	-	QS1

2- Essais mécaniques

Tableau IV.7 Les résultats des essais mécaniques effectués sur les échantillons des puits de reconnaissance

Désignation	Pk	Profondeur d'échantillon (m)		Formation géologique	Essai LOS ANGELES	Compactage			CBR		Classification
		Zi	Zf			Type	Wopt	γmax	100 %	95 %	UIC 719R
PR-74	73+155	0.90	1.50	Qc	-	PM	11.6	1.86	11.6	5.5	QS1
PR-77	76+170	0.30	1.00	Qcd	-	PM	12.6	1.80	11.9	6.4	QS1
PR-79	78+180	0.10	3.00	Qcd	-	PM	11.8	1.91	14.6	6.7	QS1
PR-81	80+350	0.00	1.60	Qcd	-	PM	12.2	1.88	9.1	3.7	QS1
PR-83	82+180	1.00	3.00	Qcd	-	PM	11.5	1.82	8.7	5.4	QS1

❖ Sondages mécaniques

1- Les essais physiques

Tableau IV.8 Les résultats des essais physiques effectués sur les échantillons des sondages mécaniques

Designation	Pk	Profondeur d'échantillon		Formation géologique	Granulométrie							Limite d'Atterberg (%)			Wn (%)	Classification
		zi	zf		#63	#30	#20	#5	#2	#0.4	#0.08	W_L	W_p	I_p		UIC 719R
S-39	74+905	7.00	7.25	Qc	100	100	100	99	99	98	97	35.5	15.7	19.8	23.1	QS1
		10.00	10.50	Mi	100	100	100	99	99	98	97	37.4	15.6	21.8	24.0	QS0
		14.15	14.55	Mi	100	100	100	100	99	99	99	35.7	16.2	19.5	27.4	QS0
S-PS-80,8	79+940	3.00	-	Qcd	100	100	100	100	100	-	93.0	37.4	17.5	19.9	25.2	QS1
		7.10	-	Qcd	100	100	100	100	100	100	100	53.7	23.40	30.3	21.6	QS0
		15.10	-	Mi	100	100	100	100	100	100	100	62.4	27.6	34.8	28.8	QS0
S-41	82+235	2,85	3.20	Qd	-	-	-	-	100	-	99	49.0	20.9	28.2	22.5	QS1
		4.05	4.50	Qd	-	-	-	-	100	-	93	49.0	22.6	26.4	21.5	QS1
		14.25	14.55	Qd	-	-	-	-	98	-	95	57.0	26.2	30.8	34.9	QS0
		21.0	21.30	Qd	QS1				100	-	100	42.0	20.3	21.70	33.58	QS1
		34.85	35.15	Qd	-	-	-	-	100	-	100	43.0	20.2	22.8	31.7	QS1
		43.60	43.9	Qd	-	-	-	-	100	-	100	47.0	20.4	26.6	24.0	QS1
S-PS-83,5	84+425	5.75	6.10	Qd	100	100	100	100	100	99	99	63.1	25.6	37.35	27.3	QS1
		6.45	6.85	Qd	100	100	100	100	99	99	99	65.9	28.7	37.2	23.8	QS0
		13.8	-	Qd	100	100	100	100	100	100	100	55.3	24.5	30.8	41.4	QS0
S-44	84+980	5.00	5.45	Qd	QS2				65.0	-	12.0	NM			-	QS2
		10.45	11.00	Qd	-	-	-	-	99	-	96	68.0	32.8	35.2	33.0	QS0
		21.60	22.00	Qd	-	-	-	-	100	-	100	74.0	33.9	40.1	26.0	QS0
		35.80	36.20	Qd	-	-	-	-	98	-	91	52.0	24.8	27.2	25.6	QS0
		42.60	43.00	Qd	-	-	-	-	100	-	100	44.0	20.7	23.3	15.5	QS1

2- Les essais mécaniques

Tableau IV.9 Les résultats des essais mécaniques effectués sur les échantillons des sondages

Désignation	Pk	Profondeur d'échantillon (m)		Rc (kpa)	Sr (%)	ɣd (t/m³)	ɣap(t/m³)	Cisaillement rectiligne		Classification
		Zi	Zf					C'(kpa)	Ø'(°)	UIC 719R
S-39	74+905	7.00	7.25	9.0	-	-	2.03	CD		QS1
								0.45	30.7	
		10.00	10.50	13.0	-	-	2.01	-	-	QS0
		14.15	14.55	10.0	-	-	1.93	CD		QS0
								1.15	27.6	
S-PS-80,8	79+940	3.00	-	-	93.5	1.56	1.95	UU		QS1
								0.32	11.0	
		7.10	-	-	96.5	1.69	2.05	UU		QS0
								0.84	18.0	
		15.10	-	-	98.2	Qa	1.93	-	-	QS0
S-41	82+235	2,85	3.20	-	100	1.68	2.06	-	-	QS1
		4.05	4.50	54.0	100	1.82	2.21	-	-	QS1
		14.25	14.55	-	99.8	1.39	1.87	-	-	QS0
		21.0	21.30	5.0	80.8	1.27	1.70	CU		QS1
								0.12	25.0	
		34.85	35.15	9.0	88.0	1.37	1.80	-	-	QS1
		43.60	43.9	-	92.0	1.59	1.97	-	-	QS1
S-PS-83,5	84+425	5.75	6.10	-	100	1.57	1.99	UU		QS1
								0.57	3.0	
		6.45	6.85	-	89.7	1.57	1.94	-	-	QS0
		13.8	-	-	90.4	1.19	1.68	-	-	QS0
		5.00	5.45	-	-	-	-	-	-	QS2

S-44	84+980	10.45	11.00	-	89.0	1.28	1.70	UU		QS0
								0.50	3.0	
		21.60	22.00	8.0	84.0	1.38	1.74	-	-	QS0
		35.80	36.20	9.8	99.0	1.59	2.00	-	-	QS0
		42.60	43.00	-	83.0	1.80	2.08	-	-	QS1

3- Les essais chimiques

Tableau IV.10 Les résultats des essais chimiques effectués sur les échantillons des sondages

Désignation	Pk	Zi	Zf	$SO4^{2-}$ (%)	CO_3Ca (%)	MO (%)	Insolubles (%)	Chlorure (%)	Sels solubles (%)	Gypse (%)
S-39	74+905	7.00	7.25	0.61						
		10.00	10.50							
		14.15	14.55	1.51	19.51					
S-PS-80,8	79+940	3.00	-	0.00	27.27					0.00
		7.10	-	0.00	23.48					0.00
		15.10	-	0.00	11.36					0.00
S-41	82+235	2,85	3.20							0.00
		4.05	4.50	0.00	23.19	1.38	64.09			0.00
		14.25	14.55	0.00	24.64	1.51	65.78			0.00
		21.0	21.30	0.00	28.37	2.51	61.23			0.00
		34.85	35.15	0.00	26.09		64.67			0.00
		43.60	43.9	0.00	27.54		62.97			0.00
S-PS-83,5	84+425	5.75	6.10			1.63				
		6.45	6.85	0.00	16.42					0.00
		13.8	-			4.10				
S-44	84+980	5.00	5.45							
		10.45	11.00	0.00	22.46	5.41	67.68			0.00
		21.60	22.00							
		35.80	36.20							
		42.60	43.00	0.00	28.99		62.58			0.00

IV.5 LES CARACTERISTIQUES DES GROUPES GEOLOGIQUE AFFECTES PAR LE COULOIR

Les caractéristiques hydrogéologiques et géologiques de la zone dans laquelle parcourt le tracé ont été décrites dans l'étude géologique.

Ensuite d'après le profil géologique de la zone, on distingue les différents groupes géologiques affectés par le couloir, ils sont représentés dans le tableau

Tableau IV.11 Les groupes géologiques affectés par le tracé d'étude

Groupe géologique	Description	Lithologie
Pléistocène cônes de déjection (Qcd)	Cônes de déjection	Roche meuble ou sol très dur matériaux granuleux (sables et graviers) intercalés d'argiles et limons en proportions variables.
Pléistocène/Holocène colluvial (Qc)	Dépôts colluviaux	Sols moyens constitués d'argiles limoneux avec quelques couches de graviers.
Dépôts deltaïques Holocène (Qd)	Dépôts deltaïques	Sols très meubles constitués par des limons et argile avec un degré important de saturation
Miocène (Mi)	Marnes et calcaires	Roche meuble à moyenne.

Sur la base de l'information disponible suite aux essais en laboratoire réalisés sur les échantillons des sondages et puits, on peut considérer les caractéristiques moyennes en ce qui concerne les matériaux de chaque formation qui sont joints en annexe.

Récapitulatif

Par les résultats obtenus, on conclut que le 90 % de sol se classifie comme matériau type QS1 et 10% comme QS0 du PK 72+000 au Pk 80+200, au-delà de PK 80+200, le sol se classifie en majorité en QS0. Du 90% de QS1, le 54% pourrait être utilisé comme noyau et béton de remplissage, alors que le 46% restant, pourrait être utilisé pour le couronnement des remblais.

Ce qui est remarquable dans les excavations le long du tracé n'est pas prévue l'obtention de sols ou roches du type QS3 et/ou QS2, et donc les matériaux pour le renforcement de la plateforme en zones de sols QS0, pour la couche de forme, pour bétons et sous-ballast devront être obtenus aussi dans les carrières.

Il est constaté que :

- ✓ En ce qui concerne la réutilisation des matériaux excavés, les sols QS1 qui présentent une plasticité de baisse à moyenne, peu expansifs, avec limite de liquidité (LL) inférieure à 50% et IP (indice de plasticité) inférieur à 20% permettent leur réutilisation dans la construction des remblais avec condition de stabilité.
- ✓ Par contre les sols QS0, devront être rejetés et mis en décharge, ou mis en stock pour un recouvrement éventuel des talus ou des zones qui ne sont pas directement liées à la construction des remblais.
- ✓ A cet effet, il sera prévu pour les zones de faible portance, une substitution de PST

d'une profondeur (minimale de 70cm) et qui sera confirmé en phase d'exécution par l'essai de plaque suivant la règle préconisée par le GTR.

- ✓ Dans les zones de déblai où le sol est de type QS0, on doit prévoir une protection pour la fondation avec amélioration par granulats drainants (0/63) enveloppés dans un géotextile de renforcement anti contaminant pour obtenir un sol de type QS1, pour avoir un même dimensionnement de la couche d'assise.

IV.6 CONCLUSION

D'après les résultats des analyses effectuées sur des échantillons intacts prélevés à partir des sondages carottés à différentes profondeurs, et les puits de reconnaissance au terme d'analyses granulométriques des formations naturelles en place nous ont permis de faire une classification du sol selon l'UIC 719R qui est la suivante :

La classe de qualité du sol support le plus souvent rencontré le long du tracé est en majorité QS1 (Sols médiocres du Pk 72+000 au Pk80+200) et QS0 (Sols impropres au-delà de 80+200).

CHAPITRE V

ETUDE DU TRAFIC

CHAPITRE V : ETUDE DE TRAFIC

V.1 INTRODUCTION

Le flux du trafic voyageurs et marchandises prévu est un élément central de l´exécution du projet dans son ensemble.

Le contexte local en terme de transport, soit en infrastructure de transport, dans le couloir de la vallée de la Soummam peut être décrit par l'omniprésence de la route, particulièrement par la route nationale, axe routier unique tout au long du couloir, desservant les principales villes de la vallée et servant de colonne vertébrale pour les chemins de wilaya reliant les villages situées d'une part et d'autre de cet axe routier.

La route nationale est donc actuellement saturée par un trafic automobile et camion très dense qui contribue à la dangerosité et la pollution de la vallée de la Soummam. Il est à ajouter qu'un projet de pénétrante autoroutière est à l'étude sur la rive droite de la Soummam, dans le but de désengorger la route nationale RN26 et d'offrir un moyen de transport routier plus sûr.

L'objectif du projet est de transférer des usagers de la route, soit particuliers ou trafic de marchandise, vers le rail. Pour cela il faut préalablement utiliser des arguments forts qui permettent de les convaincre. Ces arguments sont la diminution du temps de parcours entre deux points de la vallée, un service adapté aux horaires de déplacement, la sécurisation du trajet ainsi que la diminution de l'impact sur l'environnement du moyen de transport ferroviaire. Plus loin dans ce chapitre sont développés les arguments portant sur le temps de parcours et l'offre horaire de service.

V.2 DONNEES DE BASE DU TRAFIC

V.2.1 Données de base du réseau des transports algériens

Le réseau ferroviaire algérien est exploité par la Société Nationale des Transports Ferroviaires SNTF. Elle gère et exploite l'ensemble du réseau sur le territoire algérien.

Les lignes de chemin de fer exploitées par la SNTF permettent la circulation de voyageurs et de marchandises. C´est ce dernier trafic qui constitue l'activité commerciale sur laquelle la SNTF subit la forte concurrence du transport routier.

V.2.2 Données de base de la ligne actuelle Beni Mansour – Bejaia

Ces données font partie du volume total qui transite par la ligne Beni Mansour / Bejaia et qui ont été recueillies le 24/02/2010 auprès du chef de district de la gare de Beni Mansour, le graphe ci-dessous résume le trafic de la ligne actuelle qui a été dimensionné en prenant en compte les paramètres suivants :

- Le trafic voyageurs de la ligne Beni Mansour / Bejaia ;
- Le trafic voyageurs de la ligne Alger / Constantine, deux autorails qui circulent sur la voie actuelle entre Beni Mansour et Bejaia ;
- Trafic marchandises de la ligne Beni Mansour / Bejaia ;
- Trafic marchandises de la ligne Alger – Beni Mansour.

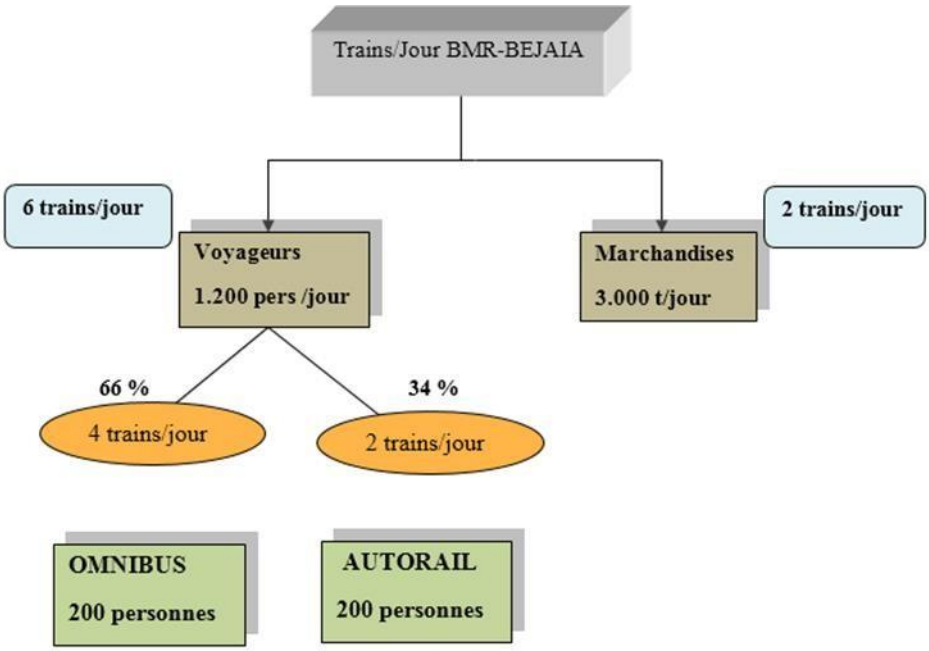


Figure V.1 Trafic actuel de la ligne Beni Mansour/Bejaia.

Ces données ne seront pas prises en considération, vu que les informations fournies par la direction du Port de Bejaia le 07/02/2010 sur le volume annuel de transport de marchandises pris en charge par les autorités du port sont de 8.000.000 de tonnes, dont 70% sont acheminées par la voie routière. On peut donc en déduire un volume par rail de 2.400.000 t annuelles transportées actuellement par la ligne existante à voie unique non électrifiée. Ces données sont équivalentes à un trafic annuel de 1.600 trains de marchandises de 1.500 t, soit 5 trains par jour.

Par contre les données collectées auprès du chef de district de la SNTF montrent un trafic de marchandises à la date du 24/02/2010 de 2 trains par jour dans les deux sens.

V.2.3 Données de base de la route nationale RN26

Le trafic actuel, en termes de transport de voyageurs et de marchandises, pourrait sans aucun problème d'exploitation être absorbé par la nouvelle ligne à double voie électrifiée. Cependant, cette nouvelle ligne moderne permet d'envisager un développement des activités commerciales pour le transport des voyageurs et des marchandises, par le fait que les infrastructures de transports qui lui font concurrence sont limitées à la route nationale RN 26 et dans le futur à la pénétrante autoroutière. Aussi, le trafic sur la RN 26 a atteint sa capacité ce qui provoque déjà aux usagers de grandes pertes de temps, ainsi que des problèmes de sécurité et de pollution visuelle et sonore.

Le graphe V.2 résume le trafic actuel de la voie routière, en tenant compte des données de base sur le trafic voyageurs et les informations fournies par le port de Bejaia concernant le trafic marchandises.

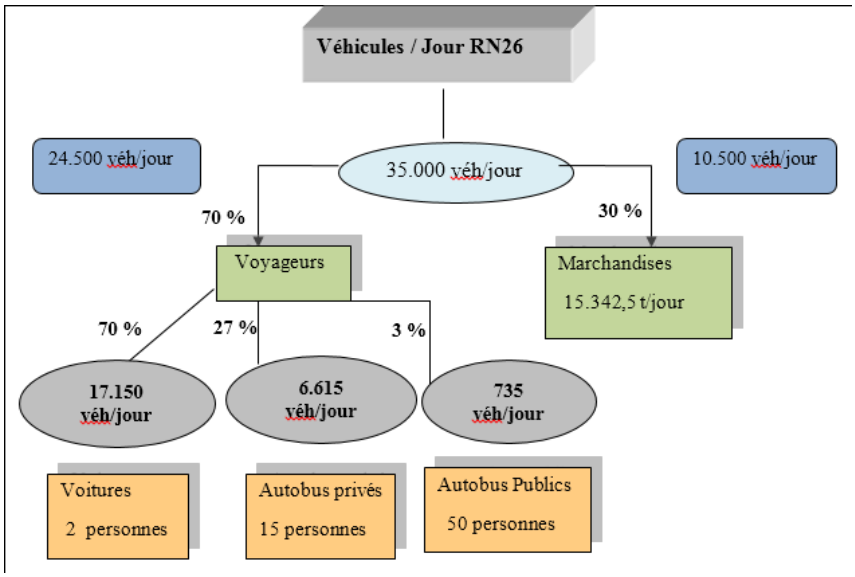


Figure V.2 Trafic routier de la zone d'étude.

V.2.4 Résumé des trafics actuels

On peut estimer, sans commettre trop d´erreurs, que la nouvelle ligne ferroviaire entre Beni Mansour et Bejaia pourrait avoir actuellement un trafic de 35.255 voyageurs/jour :

- ✓ 1.200 voyageurs par jour sur les deux sens de la ligne actuelle.
- ✓ 34.055 voyageurs par jour de la route nationale RN26 et la pénétrante autoroutière.

Pour le trafic marchandises, la quantité totale est de 8.000.000 t/an (2.400.000 par la ligne actuelle et 5.600.000 par la route nationale RN26 et la pénétrante autoroutière).

V.3 Etude de la capacité de la ligne ferroviaire

L'étude a pour objet l'élaboration des horaires des circulations de trains.

L'accomplissement des horaires est un indicateur de qualité très important et pourtant il est nécessaire d'introduire quelques marges de temps qui vont assurer la fiabilité du service. Selon les normes UIC 451, l'horaire des trains (temps pour sortir d'un point A jusqu'à un point B) est l'addition de :

- o Temps du parcours (tracé, etc…),
- o Temps de marges de régularité,
- o Temps supplémentaires.

Les temps de marges de régularité pour la ligne Beni Mansour / Bejaia sont:

- ➢ Pour le train voyageurs = 2,5 minutes / 100 km = 1,5 secondes par km
- ➢ Pour le train marchandises = 2,8 minutes / 100 km = 1,68 secondes par km.

V.3.1 Capacité de la ligne

La capacité est définie comme le nombre maximum de trains qui peuvent circuler durant une période de temps sur une ligne ferroviaire.

La limite supérieure de cette mesure est nommée capacité théorique. Cette capacité théorique est le nombre de trains par heure qui peuvent opérer une ligne dans des conditions identiques, en circulant toujours avec un temps minimum de succession entre eux.
Néanmoins, la capacité pratique selon la Norme UIC 406 R est la suivante :

Tableau V.1 Norme UIC 406 R

Type de ligne	Heure pointe	Période journalière
Ligne de trafic passager de banlieue	85 %	70 %
Ligne à grande vitesse	75 %	60 %
Lignes à trafic mixte	75 %	60 %

La capacité des lignes ferroviaires est fonction de plusieurs paramètres qui vont dépendre du type d'infrastructure (voie unique ou double, type de signalisation, longueur des cantons, …), et d´autres qui vont dépendre du type d'opération.

Selon la norme UIC 405 OR, il peut être estimé analytiquement la capacité d'une ligne ferroviaire avec la formule suivante :

$$C = \frac{T}{tfm + ts + tz}$$

Où :
C = Capacité en nombre de circulations sur la période de référence (nombre de trains par unité de temps).
T = Période de référence (normalement un jour 24 * 60 = 1440), en minutes.
t_{fm}= Intervalle moyen (en minutes) de séparation minimale entre trains consécutifs (calculé statistiquement).

$$tfm = \frac{\Sigma ni.nj.tij}{\Sigma ni.nj}$$

Où :
tfij est l'intervalle minimal de succession des trains, et nij le nombre de cas de succession de trains possibles.

ts = Marge de sécurité (en minutes) à ajouter au temps d'éloignement entre trains dû à la dispersion statistique. Cette valeur est, normalement, 0,67*tfm dans tous les cas de capacité journalière et 0,33*tfm si la capacité est horaire.

tz = Temps supplémentaire qui permettra de tenir compte de la ligne en sa totalité afin de garantir la qualité de service souhaitée, étant donné que le reste des temps sont les valeurs définies pour le tronçon élu comme tronçon critique.
La valeur du temps supplémentaire est calculée comme 0,25*b, où b est le nombre de sections de blocage (cantons).

V.3.2 Application sur la ligne Beni -Mansour / Bejaia

Pour le cas concret de la ligne Beni Mansour / Bejaia :

1. On calcule la capacité pour un canton (un tronçon entre gares), donc b=1
2. Données de départ:

Deux types de trains vont circuler par la ligne.

- Type 1 : train voyageurs (rapide).
- Type 2 : train marchandises (lent).

Le système des installations qui va s'implanter est composé par cantons uniques entre gares.

3. Calcul de l'intervalle minimal de succession entre trains.

Actuellement le nombre de trains qui circule par ligne est de 2 trains marchandises et 6 trains voyageurs. Quand le dédoublement sera achevé, il y aura plus de trains de marchandises et trains voyageurs.

Le temps minimal de succession entre trains (tij) est démontré ci-dessous :

- ✓ tij entre deux trains consécutifs de voyageurs : 6 minutes.
- ✓ tij entre un train voyageurs et un train marchandises consécutifs : 28 minutes.
- ✓ tij entre un train marchandises et un train voyageurs consécutifs : 4 minutes.
- ✓ tij entre deux trains consécutifs de marchandises : 8 minutes.

4. Evaluation de tfm.

Tableau V.2 Tableau d'évaluation de t_m

n_i	n_j	t_{ij}	t_{fm}
6	6	6	9.88
6	2	28	
2	6	4	
2	2	8	

5. En appliquant la formule de la capacité :

$$C = \frac{1440}{9.88 + 0.6 \times 9.88 + 0.25}$$

Donc C= 86.02 circulations par sens.

Cette capacité est calculée avec la circulation de deux types de trains avec vitesses différentes.

Pour le cas de la nouvelle ligne Beni Mansour / Bejaia, il a été conçu un plan d'exploitation divisé en 7 heures pointes et 6 heures creuses, soit 13 heures d'opération de la ligne. Dans la période des heures de pointes, seulement les trains voyageurs seront en circulation. Par contre, pour les heures creuses, on suppose un train marchandises par sens de circulation, le reste représente des trains voyageurs.

V.3.2.1 Capacité maximale par heure

La capacité maximale par heure où des trains voyageurs et marchandises seront en circulation est de:

$$C = \frac{86.02 \text{ circulations/jour et sens}}{13 \text{ heures d'opérations/jour}} = 6{,}62 \text{ circulations par heure et par sens}$$

Le nombre de circulations par heure doit être inférieur à celui estimé comme capacité maximale de la ligne. Ainsi, les marges de temps qui assurent la fiabilité du service sont incluses.

Si on considère que la capacité pratique est de 60 % de la capacité théorique, en appliquant ce pourcentage sur la capacité maximale par heure, on arrive à une circulation optimale par heure et sens de 4 circulations.

V.3.2.2 Capacité maximale des heures de pointes

L´exploitation maximale de l'infrastructure correspond à une configuration où tous les trains vont à la même vitesse avec les mêmes points d'arrêt et un intervalle minimum entre les trains consécutifs.

Pendant les heures pointes, il n´y aura que des trains voyageurs. Par conséquent, en appliquant la norme UIC 405 OR, la capacité maximale théorique par heure pointe sera :

$$C = \frac{T}{tfm + ts + tz}$$

Où :

- T= 60 minutes
- ni=6, nj=6, tij=6 $\longrightarrow$ $tfm = \frac{\Sigma ni.nj.tij}{\Sigma ni.nj} = 6$
- ts = 0,33 ×tfm
- tz = 0,25 × b, où b est le nombre de sections de blocage (cantons).
- b = 1

$$C = \frac{60\ min}{6 + 0.33 * 6 + 0.25}$$

Donc C= 7,29 circulations par heure de pointe et par sens.

En appliquant le pourcentage qui fait la conversion à la capacité pratique (85%), on arrive à un nombre de circulations par heure de pointe et par sens de 6.

V.4 Trafic de conception de la ligne

Le trafic de conception défini pour la ligne consiste en une exploitation journalière scindée en 3 périodes.

V.4.1 Trafic de conception en période de pointe

La période pointe s'étend de 7h à 9h, de 12h à 14h et de 15h à 18h. Elle totalise 7 heures d'exploitation.

Ces horaires prennent en compte les horaires légaux de travail en Algérie, fixés par la loi pour les fonctionnaires, de 8 h à 12 h et de 13 h à 16h30 h avec une marge avant et après ces horaires ce qui permet une flexibilité dans les horaires de déplacement domicile – travail d'usage. Ces horaires correspondent plus largement aux usages constatés en Algérie.

Durant cette période, afin d'assurer une souplesse suffisante du plan de circulation de la ligne, les convois de marchandises seront exclus de ces franges horaires, la ligne sera empruntée par les trains voyageurs.

La capacité maximale proposée est montrée précédemment pour la période de pointe. Pour chaque heure de pointe, il y aura 6 trains voyageurs toutes les 10 minutes qui vont s'arrêter dans chaque gare et halte. Seulement le premier train de la journée qui sortira à 7 heures pendant la période de pointe sera un train direct. Cette description est identique pour les départs de Bejaia.

Ce dimensionnement offre la capacité de transport de 3.456 voyageurs assis et 9.432 voyageurs debout par heure dans les deux sens de circulation, soit un total de capacité de transport de voyageurs sur une journée d'exploitation en heure de pointe de 24.192 voyageurs assis et 66.024 voyageurs en position debout.

V.4.2 Trafic de conception en période creuse

La période creuse s'étend de 9 h à 12 h, de 14 h à 15 h, de 18 à 20h15. Elle totalise 6,15 heures d'exploitation où la ligne pourra être empruntée par des trains voyageurs et trains de marchandises.

Pour chaque heure creuse, il y aura 3 trains voyageurs, avec les horaires tels qu'au départ de Beni Mansour à 9h00, 9h15 et 9h45, et 1 train de marchandises en sortant de la Gare de Beni Mansour à 9h34. Cette description est identique pour les départs de Bejaia.

Le dernier train sortira à 20h15 des gares de Beni Mansour et Bejaia pour finir leur trajet directement dans la gare terminus.

Ce dimensionnement offre une capacité de transport de 1.728 voyageurs assis et 4.716 voyageurs debout par heure dans les deux sens de circulation, soit un total de 10.368 voyageurs assis et 28.296 voyageurs debout par jour d'exploitation en heure creuse. Si on ajoute les voyageurs des derniers trains directs, la capacité des voyageurs totale en heures creuses est de 10.944 personnes assises et 29.868 voyageurs debout. La capacité de transport marchandises sera de 3.000 t par heure et 18.000 t par journée d'exploitation. Le trafic marchandises dimensionné ici sur cette tranche horaire permettrait de convoyer 6.570.000 t annuellement.

V.4.3 Trafic de conception en période de maintenance

La période de maintenance et de repos s'étend de 21 h à 7 h et totalise 9 heures.

Elle laisse la possibilité d'opérer les travaux de maintenance sur les installations de la ligne à double voie électrifiée ainsi que d'éviter les nuisances sonores nocturnes fortes pour

l'environnement direct proche de la ligne (Agglomérations de Tazmalt, Ighzer, Takritz, entre Oued Ghir et Bejaia).

Il reste que l'exploitation de la capacité de fret ferroviaire dans l'usage est courante dans ces tranches horaires, il est tout à fait possible de programmer des trains de marchandises si la nécessité apparaît, pour répondre à une augmentation de la demande en volume de marchandises. Au cas où il y ait une nécessité d'augmenter les circulations des trains marchandises, le meilleur horaire de circulation sera de 21 h à 23 h et de 5 h du matin jusqu'à 7 h, en laissant comme période de maintenance dès 23 h jusqu'à 5 h.

V.4.4 Trafic de conception journalier

Le trafic de conception journalier de la ligne à double voie électrifiée entre Beni Mansour et Bejaia permet de projeter, dès la mise en service, une exploitation de la ligne découpée en tranches horaires suivant le type de trains nécessaires, périodes de pointe, périodes creuse et période de maintenance.

Le programme de circulation des trains recourant à la capacité maximale théorique d'exploitation de la ligne, permet dès sa mise en service de transporter jusqu'à :

- 35.136 voyageurs assis et 95.892 voyageurs debout par jour,
- 18.000 tonnes par journée d'exploitation.

Le non circulation des trains pendant la tranche horaire allant de 21 h à 7 h permet de laisser une marge très grande pour le développement de la circulation sur la ligne, en termes de fret ferroviaire. Particulièrement, les tranches horaires comprises entre 21 h et 23 h et entre 5 h et 7 h peuvent être profitables pour des circulations de trains marchandises. De cette façon, il y aura une période de maintenance comprise entre 23 h et 5 h.

V.5 CONCLUSION

L'étude de trafic a permis de déterminer le parcours de tous les trains qui vont circuler pendant une période de 24 heures sur la ligne ou tronçon considéré. Elle a aussi permis de garantir la meilleure utilisation possible de la capacité de circulation sur l'infrastructure et d'assurer la fiabilité du service.

CHAPITRE VI

STRUCTURE D'ASSISE DE LA VOIE

CHAPITRE VI : STRUCTURE D'ASSISE DE LA VOIE

VI.1 INTRODUCTION

La voie ferrée est constituée de deux parties distinctes qui sont :

- l'infrastructure composée d'une sous-couche (sous ballast, couche de fondation, si nécessaire) et d'une couche de forme ;
- et la superstructure composée de : rails, accessoires d'attache et de fixation, traverses, une couche de ballast et appareils de voie divers.

Les rôles principaux de la structure d'assise sont :

- ✓ L'amortissement des vibrations importantes provenant du contact rails/roue.
- ✓ La répartition des charges provenant des traverses 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.

Dans ce chapitre, nous allons traiter du dimensionnement du corps de la voie ferrée qui dépend du trafic à supporter par la ligne ferroviaire, de la capacité portante du matériel de la plateforme et du type de traverse.

VI.2 RAIL, TRAVERSES ET ATTACHES UTILISES DANS LE PROJET D'ETUDE

VI.2.1 Rail

Le type de rail retenu est l'UIC-54 pour la ligne. Ces rails seront fournis en barres de 36 m de longueur et soudés sur place avec une soudure aluminothermique lors de sa mise en œuvre.

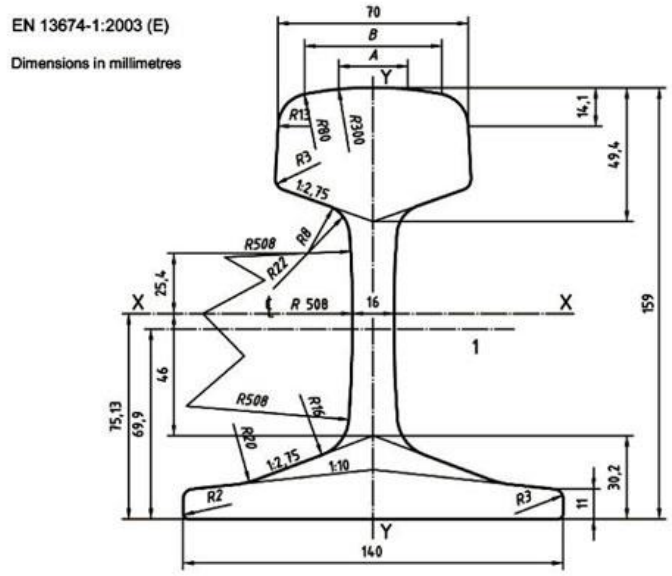


Figure VI.1 Caractéristiques du rail UIC54

Tableau VI.1 Caractéristiques du rail UIC 54

Degré de l'acier	260 (Carbone-manganèse)
Section	6.934 mm^2
Hauteur	159 mm
Poids	54,43 kg/m
Résistance à la traction	Rm ≥880N/mm^2
Dureté	260/300 HBW
Allongement	A ≥10%
Moment d'inertie axe horizontal	2.346 cm^4
Moment d'inertie axe vertical	417,5 cm^4

VI.2.2 Traverses

La traverse utilisée est une traverse bi-bloc type B440 (ancienne Vax U31). Elle est formée de deux blochets en béton armé reliés par une entretoise en acier dont les extrémités sont partiellement coulées dans le béton composant le blochet.



Figure VI.2 Traverses en béton armé bi-bloc

- L'entretoise en acier est un profil de dimensions 60 x 60 x 8 mm et sa fonction principale est de maintenir distance fixe les deux blochets et de transmettre à ceux-ci, et donc à la plateforme, la charge des rails d'une manière le plus uniforme possible.
- Les traverses sont écartées 0,60 m entre elles.

Tableau VI .2 Caractéristiques des traverses bi-bloc utilisées

Longueur Totale	2.245 mm
Longueur des blochets	680 mm
Largeur	290 mm
Hauteur	220 mm
Classe de béton	C45/55

VI.2.3 Attaches

L'attache utilisée pour la fixation rail-traverse est une attache élastique pour la traverse B440.

Selon le schéma de la figure VI.3.



Figure VI.3 Schéma d'attache élastique

VI.3 DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISE

L'épaisseur des couches d´assise est donnée par l'ensemble du ballast et de la sous-couche. La sous-couche peut être constituée seulement par une couche de sous-ballast, ou être multicouche.

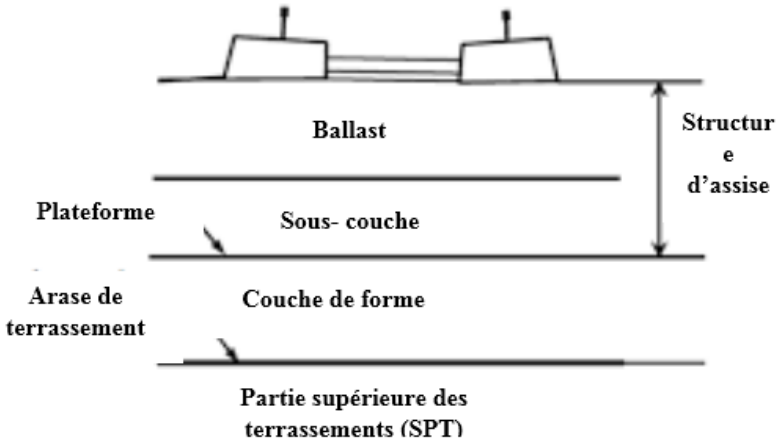


Figure VI.4 Différentes couches d'assise

VI.3.1 Classification de la plate-forme

La classification de la plate-forme est faite selon l'UIC (Fiche 719 R). Pour classer les plates-formes, il faut tout d'abord connaitre la classe de chaque sol composant la plate-forme, puis estimer la classe de portance de la plate-forme.

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

Une bonne connaissance de la qualité de la plate-forme est nécessaire, car elle représente l'emprise au sol, et constitue la base de la voie ferrée. Pour bien remplir son rôle, elle doit être stable et saine.

VI.3.2 Classes de qualité des sols

La qualité d'un sol dépend des deux paramètres :

- La nature géotechnique du sol, à cet égard, on utilise l'indentification géotechnique évoquée dernièrement (fiche 719R) ;
- Les conditions hydrauliques et hydrologiques locales.

Les quatre classes de qualité QSi de sols ci-après :

- **QS_0 :** Sols « impropres » à la réalisation correcte des couches d'assise sous-jacente et nécessitante certaines mesures confortatives (substitution du matériau sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles renforcement par pieux.) Pour cette raison, ces sols ne sont pas mentionnés ici lors du dimensionnement des couches d'assise et couche de forme.
- **QS_1** : mauvais sols acceptables tel quel, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage, ces sols peuvent-être transformés en qualité meilleure par un traitement approprié (traitement aux liants).
- **QS_2 :** sol moyen.
- **QS3 :** Bon sol.

La classe de portance de la plate-forme ne préjuge en rien du comportement futur de la ligne. En effet, on peut obtenir une voie de très bonne qualité sur une plate-forme « médiocre », il suffit pour cela de mettre des couches d'assise de qualité et d'épaisseurs suffisantes.

VI.3.3 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise:

Le dimensionnement de cette épaisseur est fait à partir de la formulation qui est indiquée dans le code UIC 719R (expression suivante), en fonction des paramètres adéquats au tronçon qui est en train d'être étudié.

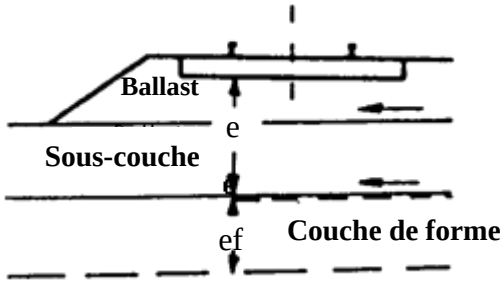


Figure VI.5 L'épaisseur de la couche d'assise e

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

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

1) Cas déblai pour type du sol QS_1 :

❖ **Les valeurs de E :**

- E= 0.70m pour les plates-formes de classe de portance P1.

- E= 0.55m pour les plates-formes de classe de portance P2.
- E= 0.45m pour les plates-formes de classe de portance P3.

- La plateforme projetée pour la ligne Beni Mansour / Bejaia a une bonne capacité portante, en faisant partie du groupe P3.

Donc: E =0.45m.

❖ **Les Valeurs de a :** dépend des groupes de classification du trafic selon la norme UIC714R.

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

La norme de classification des voies des lignes est établie sur la base d'un trafic fictif T_f calculé d'après la formule (UIC 714R 3^{éme} édition) :

$$T_{f2}= SxT_{f1}$$

Dans laquelle T_{f1} désigne un tonnage fictif dont l'expression est la suivante :

$$T_{f2}= Sv \times (Tv + Kt \times Ttv) + Sm \times (Km \times Tm + Kt \times Ttm)$$

Avec:

- **Tv** : tonnage moyen journalier voyageur exprimé en tonnes brutes remorquées.

Tv = 160 t/train x 61 trains/jour = 9.760 t/jour

Le nombre de trains par jour est justifié dans le chapitre V.

- **Tm** : tonnage moyen journalier marchandises exprimé en tonnes brutes remorquées, en ayant une valeur de:

Tm = 1.500 t/train x 6 trains/jour = 9.000 t/jour

- **Ttv** : tonnage moyen journalier des engins de traction utilisé pour le trafic voyageurs, exprimé en tonnes :

Ttv = 240 t/train x 61 trains/jour = 14.640 t/jour

- **Ttm** : tonnage moyen journalier des engins de traction utilisés pour le trafic marchandises, exprimé en tonnes :

Ttm = 90 t/train x 6 trains/jour = 540 t/jour

- **Km** : coefficient, tenant compte à la fois de l'influence de la charge et de l'agressivité des essieux marchandises, qui vaut 1,30 (la charges à l'essieu pour la superstructure est de 20 tonnes).
- **Kt** : coefficient tenant compte de l'influence de l'agressivité des essieux des engins de traction et qui vaut 1,40.
- Sv et Sm : coefficients qui prennent en compte de la vitesse de circulation des trains.
  - Sv =1,25(pour les trains voyageurs).

- Sm=1,15(pour les trains marchandises).

Application numérique au projet :

Tf = 1,25 x (9.760 + 1,40 x 14.640) + 1,15 x (1,30 x 9.000 +1,40 x 540)

Tf= 52144.4 t/jour

(50.000 t/jour < Tf = 52144.4< 85.000 t/jour).

Donc, le groupe de trafic fictif selon la classification de la norme UIC 714 R est le Groupe 3.

- D'où a= -0.05

❖ **Les Valeurs de b :** dépendent du type de traverse et de sa longueur

- 0 m pour les traverses en bois de longueurs L= 2.6 m
- (2.50-L)/2 m : pour les traverses en béton de longueur L.

- Le type de traverse sera bi-blocB440 (ancienne Vax U31), qui aura une longueur de 2,245 m.

Donc b= (2,50 – L)/2 = 0,1275 m

❖ **Les Valeurs de c :**

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

- Pour le présent projet, il a été considéré un cas de dimensions normales, donc la valeur de c est nulle. c=0

❖ **Valeurs de d :** dépendent des charges à l'essieu pour la superstructure.

- 0 m lorsque la charge nominale maximale d'essieu des véhicules remorques est inférieure ou égale à 20 tonnes/essieu.
- 0.05 m lorsque cette charge est de 22 ,5 tonnes/essieu.
- 0.12 m lorsque cette charge est de 25 tonnes/essieu.

- Les charges à l'essieu de la superstructure est de 20 tonnes, donc la valeur d est nulle

d=0

❖ **Valeurs de f :**

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

- Donc, pour le projet :f=0

❖ **Valeurs de g :**

- +0.01m 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

- Pour le cas du notre projet la couche de forme est en sol QS3:

g=0m

Par conséquent, l'épaisseur de la couche d'assise est :

e =0.45-0.05+0.1275+0+0+0+0

e= 0.5275m= 52.75cm

Soit approximativement e=55cm

Donc, on opte pour :

- ✓ 30cm de ballast (épaisseur minimale).
- ✓ 25cm de sous ballast.

2) Déblai pour type du sol de type QS0 :

Une opération de protection de la fondation est appliquée, avec amélioration de cette dernière par des granulats drainants enveloppés dans un géotextile de renforcement anti contaminant pour obtenir un sol de type QS1, pour avoir un même dimensionnement de la couche d'assise (chapitre IV. Etude Géologique et Géotechnique et chapitre VIII. Terrassements et Ouvrages).

3) Cas de remblai

Une opération de substitution et renforcement du sol est appliqué pour améliorer la portance du sol support afin de pouvoir supporter la charge du remblai et la superstructure et garder même dimensionnement de la couche d'assise.

VI.4 DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME

La capacité portante des plates-formes dépend de la qualité du sol constituant le corps du remblai, du sol quand il s´agit d´un fond de déblai, ainsi que de la qualité et l'épaisseur de la couche de forme.

L'épaisseur de la couche de forme dépendra du type du sol et de la catégorie de la plate-forme.

Tableau VI.3 Détermination de l'épaisseur de la couche de forme selon UIC719R

Classe de qualité du sol	Classe de sol envisagé pour la plate-forme	Couche de forme	
		Qualité	Epaisseur minimale de ef
QS1	P1 P2 P2 P3	QS1 QS2 QS3 QS3	- 0.5 0.35 0.5
QS2	P2 P3	QS2 QS3	- O.35
QS3	P3	QS3	-

Etant donné que la qualité du sol est de type QS1 (tel que justifié dans le chapitre IV ; Etude géotechnique et géologique) et que la capacité portante requise pour la plateforme est P3, il est donc nécessaire de mettre une couche de forme d'épaisseur 50cm selon la norme UIC 719R.

Donc :

$ef = 50cm.$

D'où $e_T = e + ef = 55 + 50$ $e_T = 105cm.$

VI.5 MATERIAUX DES DIFFERENTES COUCHES

VI.5.1 Ballast

La granularité du ballast se situe dans la classe 20 à 60mm concassée (pierre concassée).

VI.5.2 Grave de la sous-couche

Le grave au contact du ballast doit être bien gradué, et la dureté des matériaux constituant doit être suffisante. La granularité de la sous-couche se situe dans la classe 0 à 31.5 (ou 40)mm

VI.5.3 Couche de forme

La couche de forme sert de support aux structures d'assise et doit permettre la mise en œuvre de la sous-couche. La dimension nominale (d/D) est (0/20 à 125).

Tableau VI.4 Epaisseurs de différentes couches d'assise

Couche	Epaisseur (cm)	Matériaux
Ballast	30	GC (grave concassée) 20/60mm
Sous Ballast	25	Grave bien graduée 0/31.5 mm
Couche de forme	50	GNT(0/100mm)

VI.6 CONCLUSION

Pour le dimensionnement de la structure de la voie du tronçon d'étude, nous avons opté pour les couches suivantes :

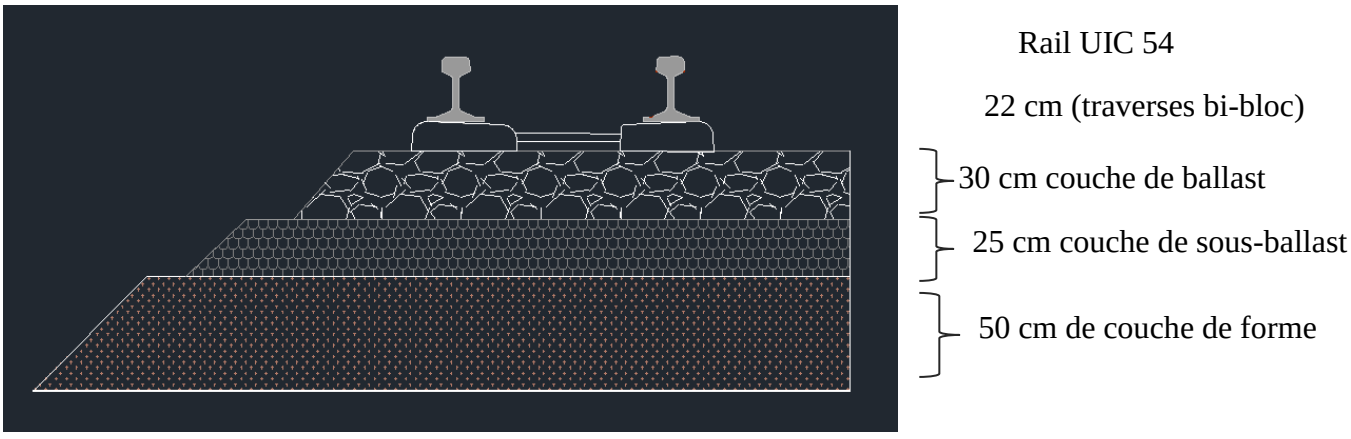


Figure VI.6 Profil type du corps de la voie.

CHAPITRE VII

ETUDE HYDROLIGIQUE ET ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

VII.1 INTRODUCTION

L'eau est un élément qui peut avoir des effets dégradables sur le projet, car il menace le comportement de la voie ferrée. Le tracé ferroviaire projeté perturbe les écoulements naturels d'eau. Il est nécessaire pour cela de ne pas leur faire barrage, et de les évacuer vers un exutoire en dehors de l'emprise de la voie.
On devra étudier avant la projection du profil en long, un rétablissement des écoulements, il y a lieu de faire l'étude hydraulique et le dimensionnement des ouvrages hydrauliques, cette étude va faire appel à des connaissances sur l'hydraulique de la région.

- ❖ Ce dimensionnement est basé sur les critères suivants :
- ➢ Ne pas modifier la géométrie naturelle des cours d'eau.
- ➢ Bien gérer les eaux de ruissellement afin de limiter les problèmes d'érosion dans le talus.
- ➢ Protéger la voie ferrée des crues centennales.

VII.1.1 Les objectifs de l'étude hydrologique

Les études hydrologiques pour la ligne projetée dans le cadre de cette étude APD a pour objet :

- ✓ Étude climatologique, qui servira de base pour le calcul hydrologique Postérieur sur la zone de projet.
- ✓ Identification des bassins traversés par le tracé et leur délimitation.
- ✓ Calcul du débit maximal de crue pour différentes périodes de retour.
- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales.
- ✓ Dimensionnement et localisation des ouvrages de drainage transversales et longitudinal est nécessaires pour les débits calculés le long de tout le tracé.

VII.1.2 Caractéristiques de la voie

Le tronçon de la voie ferrée traverse un certain nombre de bassins versants hydrologiques à étudier. Les précipitations, avec possibilité de fortes intensités, provoquent des inondations sur certains endroits de la voie ferrée présentant une topographie favorable à ces catastrophes.
L'Oued Soummam est le principal collecteur des eaux superficielles de la région, il présente un écoulement permanent et se jette dans la baie de Bejaia.



Figure VII.1 Aspect général de l'Oued Soummam qui accompagne le tracé dans une très large extension.

Le long de notre de tracé, la ligne ferroviaire croise d'autres rivières importantes ; entre lesquelles nous soulignons :

- ✓ Oued Ighzer Lainser
- ✓ Oued Ighzer Ihfriren
- ✓ Oued Seghir.
- ✓ Tous affluents de l'Oued Soummam.

VII.2 L'ETUDE HYDROLOGIQUE

Consiste à étudier les bassins versants des cours d'eau traversant le tracé, et déterminer par la suite les débits de crue des écoulements d'eau dans ces bassins versants.

VII.2.1 Climatologie

La région de Bejaia est caractérisée par un climat de type méditerranéen, étage bioclimatique humide et subhumide avec hivers humides et doux et étés chauds.

VII.2.1.1 La température

Les températures sont relativement douces, la moyenne annuelle est de 19,48°C et les températures moyennes mensuelles varient entre 12,5°C en Janvier et 27,46ºC en Août.
Pour une période qui s'étale de 1993 à 2003 les principaux paramètres météorologiques se présentent comme suit :

Tableau VII.1Les moyennes mensuelles et annuelles des températures

Mois	jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
$\mathbf{T_{max}}$	16.7	17.1	19.3	20.4	23.3	27.2	29.2	30.2	28.1	25.4	21.1	18.0	23.0
$\mathbf{T_{min}}$	7.8	7.2	9.4	10.7	14.6	18.4	20.8	22.4	19.4	16.3	12.2	10.1	14.1
$\mathbf{T_{moy}}$	12.5	13.7	15.4	16.7	20.2	24.0	26.2	27.5	24.8	21.3	16.8	14.3	19.5

- **Analyse**

On remarque que la température diminue pendant les trois mois d'Hiver (Décembre, Janvier, Février) et atteint le minimum de 12,5°C en Janvier. Elle augmente pendant les trois mois d'été (Juin, Juillet, Août) et atteint le maximum de 27,46°C en Août.

VII.2.1.2 Les vents

Tableau VII.2 Vitesses du vent mensuelles en m/s

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
V(m/s)	2,98	3,1	2,84	3	2.62	2.7	2.62	2.67	2.49	2.7	3.08	3.21	2.83

- **Analyse**

Les vents dans cette région sont calmes et soufflent avec une intensité annuelle moyenne enregistrée de 2,83 m/s.

VII.2.1.3 L'humidité

Tableau VII.3 Humidités relatives mensuelles en %

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Humidité(%)	74,9	77,0	76,8	78,2	78,5	77,0	72,7	75,5	75,4	74,2	76,3	75,5	76,0

- **Analyse**

Les pourcentages d'humidité varient entre 72 et 78 % au cours de l'année. La moyenne minimale a été enregistrée le mois de juillet avec une valeur de 72,7% et la maximale au mois de Mai avec une valeur de 78,5 %.

VII.3 PLUVIOMETRIE

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources en eau (ANRH) et de l'Office National de la Météorologie (ONM).
Nous avons travaillé sur la station la plus proches et représentative du tracé c'est la gare de Bejaia. Les pluies annuelles pour des fréquences humides et sèches de la région de Bejaia, dont les quantiles sont présentés sur le tableau VII.4 :

Tableau VII.4 Les pluies annuelles (en mm)

Période de retour	10 ans	50ans	100ans
fréquence	0.9	0.98	0.99
Bejaia	1.213,5	1.370,8	1.426,4

VII.3.1 Pluies moyenne dans la région

D'après la carte des pluies de l'Algérie du Nord de l'ANRH, la pluie annuelle moyenne dans la région de Beni Mansour est de 450 mm et pour la région deBejaia on prend en considération la valeur de 700.

VII.3.1.1 Précipitations mensuelles

La répartition mensuelle des précipitations de la station de Bejaia est représentée par le tableauVII.5 :

Tableau VII.5 Répartition des pluies mensuelles de la station de Bejaia

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Aout
P (mm)	42.6	97,6	134,5	153,5	153	112,2	91,2	76,3	51,9	26,6	1,9	11,4
P(%)	4.5	10.3	14.1	16.1	16.1	11.8	9.6	8	5.4	2.8	0.2	1.2

- **Analyse**

On remarque l'existence d'une saison sèche qui correspond aux mois de Juin àAoût, avec des pluies moyennes mensuelles relativement faibles, et une saison humide qui correspond aux autres mois.

VII.3.1.2 Précipitations journalières

Dans le tableau VII.6, nous présentons les pluies maximales journalières de station Bejaia représentative la région d'étude, pour différentes fréquences :

Tableau VII.6 Pluies Max Journalières (mm)

Période de retour	10	50	100
fréquence	0.9	0.98	0.99
Bejaia	112.0	147.1	162.0

VII.4 BASSINS VERSSANTS

VII.4.1 Les caractéristiques des paramètres des bassins versants

La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer, ou évaluer, les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues. Les paramètres physiques peuvent être calculés, sans grandes difficultés, avec une précision satisfaisante

- **La surface(A)** :c'est l'air de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau.
- **La longueur de talweg principale L** : c'est la longueur de cours d'eau principale de bassin versant.
- **L'altitude maximale (Hmax)** : elle représente la hauteur du point le plus élevé du bassin versant.
- **L'altitude de la section intéressée** : elle représente la hauteur du point d'intersection entre le talweg principal et le tracé.
- **Altitude moyen(m)** $\frac{Hmax+Hmin}{2}$
- **Hauteur(m)** $H=H_{max}-H_{min}$
- **Pente moyenne (m/m)** $P=\frac{Hmax-Hmin}{L}$
- **Le coefficient de ruissellement (cr):**

C'est le pourcentage des eaux écoulés sur la terre saturé de pluie par rapport à la quantité totale des eaux courantes.

Les caractéristiques des paramètres des bassins versants traversés par notre tracé d'étude (surface, longueur de cours d'eau, altitude max, altitude min, indice de pente, temps de concentration) sont évalués et calculés pour chaque bassin qui traverse notre tronçon étudié à partir des données existantes dans la cartographie 1/200.000 et 1/50.000 des cartes de lazone du projet et de la topographie 1/1.000 du couloir de tracé.

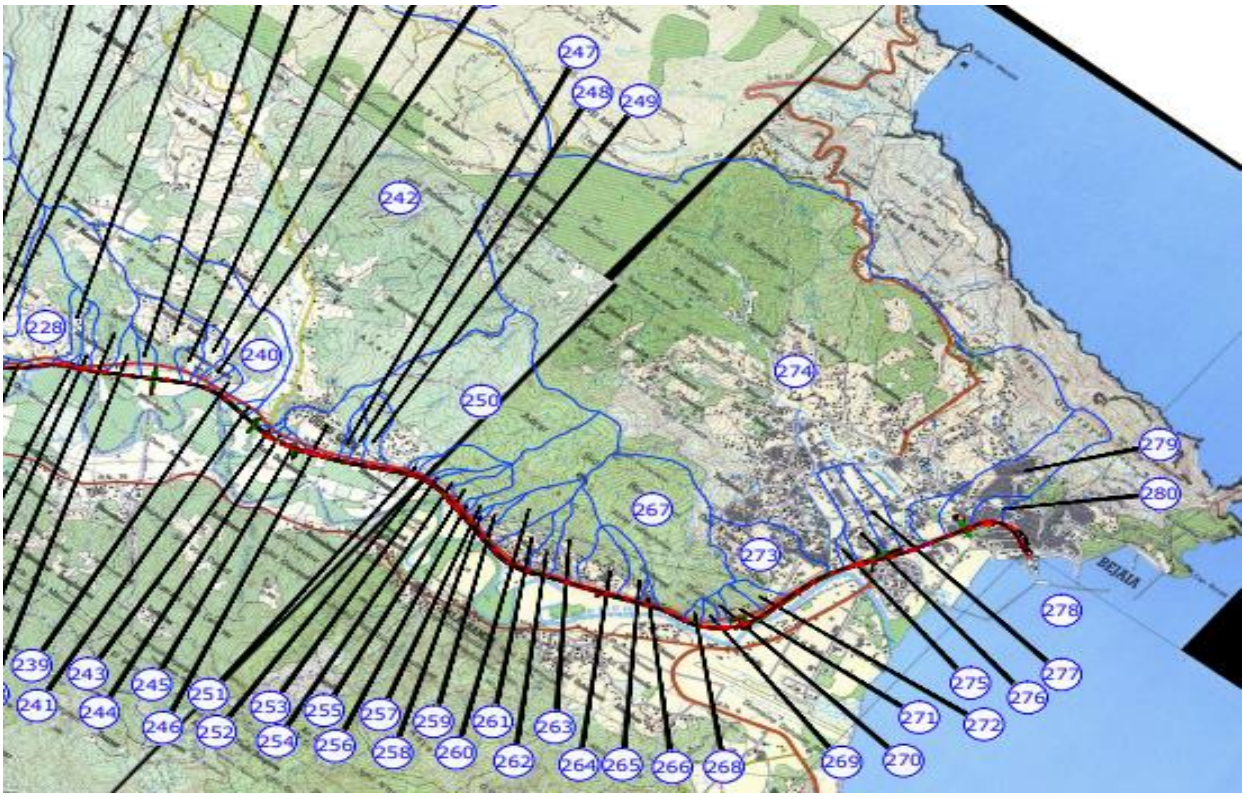


Figure VII.2 Les bassins versants des cours d'eau traversant le tracé

Le tableau VII.7 représente les principales caractéristiques des sous-bassins au droit de la zone d'étude du tracé de la voie ferrée :

Tableau VII.7 Tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins versants de Pk 72+000 auPk 87+000

BV	PK	A(Km²)	P (km)	L(m)	H_{max}	H_{min}	H_{moy}	ΔH(m)	P(m/m)	C	P_{max10} (mm)	P_{max50}(mm)	P_{max100}(mm)
01	72+152	0.233	2.347	916	153	19	86	134	0,146	0.4	112.0	147.1	162.0
02	72+510	0.147	1.839	849	123	19	71	104	0,122	0.4	112.0	147.1	162.0
03	72+667	0.842	4.548	1.612	175	18	97	157	0,097	0.4	112.0	147.1	162.0
04	73+048	0.183	1.908	909	92	17	55	75	0,082	0.4	112.0	147.1	162.0
05	73+130	0.225	2.579	1.204	126	17	72	109	0,090	0.4	112.0	147.1	162.0
06	73+223	0.117	1.513	599	87	15	51	72	0,120	0.4	112.0	147.1	162.0
07	73+516	0.133	1.459	593	85	17	51	68	0,114	0.4	112.0	147.1	162.0
08	73+638	3.105	9.778	5.229	295	17	156	278	0,053	0.4	112.0	147.1	162.0
09	73+900	0.062	1.111	417	22	17	20	5	0,012	0.4	112.0	147.1	162.0
10	74+285	46.932	35.175	15.035	1.220	18	619	1202	0,079	0.4	112.0	147.1	162.0
11	74+322	0.043	1.027	494	82	17	50	65	0,132	0.4	112.0	147.1	162.0
12	74+691	0.044	893	270	73	16	45	57	0,211	0.4	112.0	147.1	162.0
13	75+112	0.057	1.440	374	20	15	18	5	0,013	0.4	112.0	147.1	162.0
14	75+410	0.763	4.608	2.014	272	15	144	257	0,128	0.4	112.0	147.1	162.0
15	75+657	0.070	1.361	576	109	15	62	94	0,163	0.4	112.0	147.1	162.0
16	75+832	0.178	2.333	1.075	190	15	103	175	0,163	0.4	112.0	147.1	162.0
17	76+068	0.369	3.248	1.432	249	14	132	235	0,164	0.4	112.0	147.1	162.0
18	76+457	4.777	10.380	3.690	431	14	223	417	0,113	0.4	112.0	147.1	162.0
19	76+672	0.057	1.308	584	90	15	53	75	0,129	0.4	112.0	147.1	162.0
20	76+797	0.366	3.114	1.491	294	14	154	280	0,188	0.4	112.0	147.1	162.0
21	76+908	0.0493	1.497	679	160	14	87	146	0,215	0.4	112.0	147.1	162.0
22	77+273	0.192	2.854	1.432	284	14	149	270	0,189	0.4	112.0	147.1	162.0
23	77+453	0.282	2.650	1.241	294	14	154	280	0,226	0.4	112.0	147.1	162.0
24	77+617	0.0359	882	395	67	15	41	52	0,132	0.4	112.0	147.1	162.0
25	77+656	1.335	6.303	3.244	501	15	258	486	0,149	0.4	112.0	147.1	162.0
26	77+770	0.044	1.067	480	80	13	47	67	0,140	0.4	112.0	147.1	162.0
27	78+000	0.135	2.233	1.017	190	13	102	177	0,174	0.4	112.0	147.1	162.0
28	78+147	0.588	3.915	1.803	427	13	220	414	0,229	0.4	112.0	147.1	162.0

29	79+013	0.395	2.931	1.365	260	11	136	249	0,182	0.4	112.0	147.1	162.0
30	79+222	0.294	3.257	1.482	363	8	186	355	0,239	0.4	112.0	147.1	162.0
31	79+398	0.639	4.066	1.806	427	10	219	417	0,231	0.4	112.0	147.1	162.0
32	79+993	0.532	3.081	1.156	326	9	168	317	0,274	0.4	112.0	147.1	162.0
33	80+592	0.324	3.354	1.576	326	8	167	318	0,202	0.4	112.0	147.1	162.0
34	80+720	0.058	1.168	419	35	8	22	27	0,064	0.4	112.0	147.1	162.0
35	81+025	3.348	8.089	3.577	501	8	255	493	0,138	0.4	112.0	147.1	162.0
36	81+490	0.078	1.225	458	184	6	95	178	0,389	0.4	112.0	147.1	162.0
37	81+824	0.086	1.283	551	184	6	95	178	0,323	0.4	112.0	147.1	162.0
38	82+029	0.098	1.726	689	180	6	93	174	0,253	0.4	112.0	147.1	162.0
39	82+493	0.255	2.127	963	198	5	102	193	0,200	0.4	112.0	147.1	162.0
40	82+766	0.197	2.126	765	190	4	97	186	0,243	0.4	112.0	147.1	162.0
41	83+542	1.364	5.092	2.181	212	3	108	209	0,096	0.4	112.0	147.1	162.0
42	83+758	33.772	29.888	9.965	430	4	217	426	0,043	0.4	112.0	147.1	162.0
43	83+758												
44	83+958												
45	84+079	0.105	1.519	1.728	21	4	13	17	0,010	0.4	112.0	147.1	162.0
46	84+508	0.605	4.172	1.734	21	4	13	17	0,010	0.4	112.0	147.1	162.0
47	84+950	0.472	3.966	1.886	21	4	13	17	0,009	0.4	112.0	147.1	162.0
48	85+305	0.314	2.634	1.086	17	4	11	13	0,012	0.4	112.0	147.1	162.0
49	85+743	1.526	7.049	2.999	607	4	306	603	0,20107	0.4	112.0	147.1	162.0
50	86+068	0.203	2.234	913	94	3	49	91	0,09967	0.4	112.0	147.1	162.0

VII.5 CALCUL HYDROLIQUE

VII.5.1 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue)

Pour estimer les débits de crue des différents bassins versant obtenus par délimitation, on utilise plusieurs méthodes qui sont élaborées en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques des bassins versants.
Selon le guide d'assainissement routier « Sétra » les méthodes de calcul proposées ci-après utilisent les formules « rationnelle » et « crupédix» ainsi qu'une formule de « transition » permettant de faire le lien entre les 2 formules. Elles sont simples et applicables aux Bassins Versants Naturels.

❖ **Formule rationnelle si (A <10 km2)**

$$Qmax = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

- ✓ *Qmax :* débit maximal de la crue de période de retour voulue (m^3/s).
- ✓ *C :* coefficient de ruissellement C=0.4.

Tableau VII.8 Coefficient de ruissèlement

Couverture végétale	Morphologie	Pente %	Terrain sable grossier	Terrain limoneux	Terrain argileux
Bois	presque plat	p < 5	0,10	0,30	0,40
	ondulé	5 ≤ p < 10	0,25	0,35	0,50
	montagneux	10 ≤ p < 30	0,30	0,50	0,60
Pâturage	presque plat	p < 5	0,10	0,30	0,40
	ondulé	5 ≤ p < 10	0,15	0,36	0,55
	montagneux	10 ≤ p < 30	0,22	0,42	0,60
Culture	presque plat	p < 5	0,30	0,50	0,60
	ondulé	5 ≤ p < 10	0,40	0,60	0,70
	montagneux	10 ≤ p < 30	0,52	0,72	0,82

-Couverture : pâturage.
- Morphologie : presque plat P<5%. ⟶ **C=0.40**
- la nature du terrain : Argileux.

- ✓ *I :* intensité de pluie (mm /h) pour le temps de concentration du BV et la récurrence souhaitée.
- ✓ *A :* la surface du bassin versant (km^2).

❖ **Formule Crupedix si (A >50 Km²) :**

$$Q100 = b' \times Q10$$

$$Q10 = A^{0.8} \times (Pj/80)^2 \times R$$

$$Q(T) = Q10 + \Delta Q(y/2.3 - 1)$$

Avec :

- ✓ *A :* surface du bassin versant (Km²).
- ✓ *PJ :* Précipitation journalière maximale décennal (mm / j)
- ✓ *R :* coefficient régional :
  - *R* = 0,2 pour des terrains perméables.
  - *R* = 1,5 à 1,8 pour des terrains imperméables.
  - *R* = 1 pour des terrains intermédiaires.

Pour notre projet on prend R=1.65 (terrain imperméable).

- ✓ b' : dépend de la superficie du bassin versant.
  - 1.4 ≤ b'≤ 4Jusqu'à 20 km², b' est déterminé en appliquant la formule rationnelle b'=Q_{R100}/Q_{R10}.
  - A>20 km², à défaut b'= 2 au minimum.

Pour notre projet on prend R=2.

- ✓ ΔQ= Q100-Q10
- ✓ *y* coefficient de Gumbel, pour T=50 ans.

Pour notre projet y=3.9.

❖ **Formule de transition si (10 Km² < A < 50 Km²)**

$$QT = \alpha Q_{RT} + \beta Q_{CT}$$

Avec :

- ✓ Q_T : débit de projet de période de retour T.
- ✓ Q_{RT} : débit fourni par la formule rationnelle, période de retour T.
- ✓ Q_{CT}: débit fourni par la formule Crupédix, période de retour T.
- ✓ α, β : coefficients de pondération.

α varie linéairement de 1 à 0 lorsque la superficie (S) croît de 10 à 50 km2

$$\alpha = \frac{50 - A}{40} \text{ et } \quad \beta = 1 - \alpha$$

VII.5.2 Temps de concentration

- Si A< 5km² : il est calculé à l'aide de' la formule **des petits bassins Ventura**

$$T_c = 0,127\sqrt{\frac{A}{P}}$$

- Si 5 km²≤A≤ 25km²: il est calculé à l'aide de la formule de **PASSINI**

$$T_c = 0.108\,(A.L)^{1/3}/\sqrt{P}$$

- Si 25km²≤A< 200km² : il est calculé à l'aide de la formule de **Giandotti**

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5\, L}{0.8 \cdot \sqrt{h}}$$

- ✓ Tc : le temps de concentration (heure).
- ✓ A : superficie du bassin versant (km²).
- ✓ L : longueur de cours d'eau(Km)
- ✓ P : pente moyenne du bassin versant (m /m).
- ✓ h : la différence entre la cote moyenne et la cote minimale(m).

VII.5.3 La précipitation durant temps Tc

$$p\,(T_c) = 1.13 * p_{jmax}\%\,(T_c/24)\,b$$

- ✓ $p(t)$ *:* précipitation durant le temps de concentration du bassin versant (mm)
- ✓ $P_{jmax}\%$: la précipitions journalière maximale (mm) pour une période de retour
- ✓ b : exposant climatique (coefficient climatique régional) pour notre projet b=0.29.
- ✓ Tc: temps de concentration (heure).

VII.5.4 Intensité de pluies

$$I(t) = \frac{Ptc(T)}{tc}$$

- ✓ i : Intensité de pluie avec une période de retour T (mm/h).
- ✓ T_c : temps de concentration du bassin versant(h)
- ✓ $P_{Tc}(T)$: hauteur de pluie maximale de durée égale au temps de concentration avec une période de retour T (mm).

Le tableau récapitulatif VII.9 mentionne les paramètres hydrauliques des bassins versants pour des périodes de retour de 10 ans, 50 ans ,100 ans.

Tableau VII.9 Tableau récapitulatif des paramètres hydrauliques des bassins versants pour des périodes de retour de 10 ans, 50ans ,100asn de PK 72+00 au Pk 87+000 ans

N°BV	PK	A(Km²)	L(m)	C	Tc (h)			Pt (mm)			I (mm/s)		
					Ventura	**Passini**	**Giandoti**	**10**	**50**	**100**	**10**	**50**	**100**
01	72+152	0.233	916	0.4	0,161			19.82	26.03	28.67	123,11	161,69	178,07
02	72+510	0.147	849	0.4	0,140			19.04	25	27.54	136,01	178,64	196,73
03	72+667	0.842	1.612	0.4	0,374			50.86	31.17	36.54	67,55	88,71	97,70
04	73+048	0.183	909	0.4	0,189			40.96	27.19	29.94	109,54	143,87	158,44
05	73+130	0.225	1.204	0.4	0,201			21.12	27.74	30.55	105,09	138,02	152,00
06	73+223	0.117	599	0.4	0,125			18.34	24.09	26.52	146,76	192,75	212,27
07	73+516	0.133	593	0.4	0,137			17.22	24.78	27.30	137,77	180,94	199,27
08	73+638	3.105	5.229	0.4	0,972			33.32	43.76	48.19	34,28	45,02	49,58
09	73+900	0.062	417	0.4	0,288			23.41	30.74	33.86	81,29	106,77	117,59
10	74+285	46.932	15.035	0.4	-	-	1.81	27.35	35.92	39.56	15,11	19,85	21,86
11	74+322	0.043	494	0.4	0,073			15.7	20.62	22.71	215,12	282,53	311,15
12	74+691	0.044	270	0.4	0,058			14.7	19.31	21.27	253,56	333,02	366,75
13	75+112	0.057	374	0.4	0,263			22.78	29.93	32.96	86,65	113,81	125,33
14	75+410	0.763	2.014	0.4	0,311			23.93	31.43	34.62	76,96	101,08	111,32
15	75+657	0.070	576	0.4	0,083			16.3	21.41	23.58	196,41	257,96	284,09
16	75+832	0.178	1.075	0.4	0,133			18.68	24.54	27.03	140,50	184,54	203,23
17	76+068	0.369	1.432	0.4	0,191			20.80	27.33	30.09	108,94	143,08	157,58
18	76+457	4.777	3.690	0.4	0,827			46.49	41.76	45.98	38,45	50,50	55,61
19	76+672	0.057	584	0.4	0,085			16.49	21.65	23.85	194,00	254,80	280,61
20	76+797	0.366	1.491	0.4	0,178			20.41	26.80	29.52	114,65	150,58	165,84
21	76+908	0.0493	679	0.4	0,061			14.93	19.61	21.60	244,86	321,60	354,17
22	77+273	0.192	1.432	0.4	0,128			18.47	24.26	26.72	144,32	189,55	208,75
23	77+453	0.282	1.241	0.4	0,142			19.03	25	27.53	134,07	176,09	193,93
24	77+617	0.0359	395	0.4	0,066			15.19	19.95	21.97	230,24	302,39	333,02
25	77+656	1.335	3.244	0.4	0,380			25.38	33.34	36.72	66,81	87,74	96,63
26	77+770	0.044	480	0.4	0,072			15.64	20.55	22.63	217,34	285,46	314,37

27	78+000	0.135	1.017	0.4	0,112			17.80	23.38	25.75	159,00	208,83	229,98
28	78+147	0.588	1.803	0.4	0,203			21.12	27.74	30.55	104,06	136,67	150,51
29	79+013	0.395	1.365	0.4	0,187			20.64	27.12	29.86	110,42	145,03	159,72
30	79+222	0.294	1.482	0.4	0,141			19.04	25	27.54	135,04	177,36	195,33
31	79+398	0.639	1.806	0.4	0,212			21.46	28.18	31.04	101,23	132,96	146,42
32	79+993	0.532	1.156	0.4	0,177			20.31	26.68	29.38	114,78	150,75	166,02
33	80+592	0.324	1.576	0.4	0,161			19.77	25.97	28.60	122,83	161,32	177,66
34	80+720	0.058	419	0.4	0,122			18.29	24.02	26.45	149,93	196,92	216,87
35	81+025	3.348	3.577	0.4	0,627			29.34	38.54	42.44	46,80	61,47	67,70
36	81+490	0.078	458	0.4	0,057			14.67	19.26	21.21	257,31	337,95	372,18
37	81+824	0.086	551	0.4	0,066			15.28	20.06	22.10	231,52	304,08	334,88
38	82+029	0.098	689	0.4	0,080			16.22	21.30	23.46	202,73	266,27	293,24
39	82+493	0.255	963	0.4	0,144			19.17	25.18	27.73	133,17	174,91	192,63
40	82+766	0.197	765	0.4	0,114			17.85	23.45	25.82	156,62	205,70	226,54
41	83+542	1.364	2.181	0.4	0.480			27.15	35.67	39.28	56,58	74,31	81,84
42	83+758				-								
43	83+788	33.772	9965	0.4		-	2.32	31.55	41.43	45.63	13.6	17.86	19.67
44	83+958												
45	84+079	0.105	1.728	0.4	0,417			26.06	34.22	37.68	62,49	82,07	90,38
46	84+508	0.605	1.734	0.4	0,999			33.58	44.11	48.59	33,62	44,16	48,64
47	84+950	0.472	1.886	0.4	0,921			32.80	43.09	47.45	35,62	46,79	51,53
48	85+305	0.314	1.086	0.4	0,652			29.68	38.98	42.93	45,53	59,79	65,85
49	85+743	1.526	2.999	0.4	0,350			24.76	32.51	35.81	70,74	92,91	102,32
50	86+068	0.203	913	0.4	0,181			20.43	26.83	29.55	112,88	148,26	163,27

❖ **NB :** Le débit maximal résultant dans chaque bassin pour les différentes périodes de retour ont été calculé par la formule Rationnelle, sauf les bassins versants N°10 et 43 avec formule de transition car (10 Km² < A < 50 Km²).

Tableau VII .10 Les débits max des écoulements qui traversent le tracé pour des périodes de retour 10ans, 50ans, 100ans

N°BV	A(Km²)	Les débits max		
		10 ans	50ans	100ans
01	0.233	3,18	4,19	4,62
02	0.147	2,22	2,93	3,23
03	0.842	6.32	8,31	9,15
04	0.183	2,22	2,92	3,22
05	0.225	2,62	3,46	3,81
06	0.117	1.9	2,50	2,76
07	0.133	2,03	2,68	2,95
08	3.105	11.8	15,55	17,12
09	0.062	0,56	0,73	0,80
10	46.932	70.94	117.16	138.54
11	0.043	1,03	1,37	1,51
12	0.044	1,24	1,63	1,79
13	0.057	0,55	0,73	0,80
14	0.763	6.52	8,59	9,45
15	0.070	1,53	2,00	2,20
16	0.178	2.78	3,67	4,04
17	0.369	4.46	5,87	6,47
18	4.777	20.40	26,83	29,55
19	0.057	1,23	1,61	1,77
20	0.366	4.66	6,12	6,74
21	0.0493	1,34	1,77	1,95
22	0.192	3,01	4,05	4,46
23	0.282	4,2	5,54	6,10
24	0.359	0.91	1,21	1,33
25	1.335	9.91	13,03	14,36
26	0.044	1,06	1,42	1,57
27	0.135	2,39	3,13	3,45
28	0.588	6.18	8,93	9,84
29	0.395	4.84	6,37	7,01
30	0.294	4.41	5,80	6,39
31	0.639	7.18	9,44	10,40
32	0.532	6.78	8,92	9,83
33	0.324	4.42	5,81	6,39
34	0.058	0.97	1,29	1,42
35	3.348	17.40	22,89	25,21
36	0.078	2,23	2,92	3,21
37	0.086	2,21	2,94	3,24
38	0.098	2,2	2,92	3,22
39	0.255	3.77	4,98	5,48
40	0.197	3,42	4,50	4,95
41	1.364	9,76	11,28	12,42
42	33.772	35.52	81.65	94.18
43				
44				
45	0.105	0,84	0,97	1,06
46	0.605	2,57	2,97	3,27
47	0.472	2,13	2,46	2,71
48	0.314	1,81	2,09	2,30
49	1.526	13,65	15,77	17,36
50	0.203	2,54	3,34	3,68

VII.6 ETUDE D'ASSINISSEMENT

Les ouvrages hydrauliques sont destinés à assurer la circulation des eaux de ruissellement le long ou de part et d'autre du chemin de fer. On distingue donc :

- **Les ouvrages d'assainissement transversaux :** les buses, les dalots ou des ponts ferroviaires.
- **Les ouvrages d'assainissements longitudinaux :** Les fossés.

Les ouvrages d'assainissement transversaux doivent véhiculer les débits de crue donc les dimensions retenues pour ces ouvrages sont celles qui répondent à la condition suivante :

$$\mathbf{Q_{crue} < Q_s}$$

- ✓ *Q_S :* débit de saturation de l'ouvrage en m^3/s.

Des buses et des dalots, disposés sous la voie, seront prévus pour les oueds. La taille des dalots et buses a été sélectionnées en fonction du débit d'eau entrant, selon le dimensionnement hydraulique effectué avec la formule de **MANNING-STRICKLER :**

$$\mathbf{Qs = K_s . S_m . R_h^{2/3} . I^{1/2}}$$

- ✓ *Qs :* Débit de saturation de l'ouvrage (m^3/s).
- ✓ *Ks :* Coefficient de rugosité Strickler qui dépend de la nature des parois internes de l'ouvrage.
- ✓ Les valeurs du coefficient Ks sont organisées dans le tableau VII.11:

Tableau VII.11 Les valeurs de coefficient de rugosité

Ks	Valeur
Terre	30
Buse métallique	40
Maçonnerie	50
Béton(Dalot)	70
Béton (Buse préfabriqué)	80

- ✓ *Sm :* section mouillée (m^2)
- ✓ *Rh :* Rayon hydraulique (m)

$$\text{Rh} = \frac{Sm}{Pm} = \frac{Sectionmouillée}{Périmètremouillé}$$

- ✓ *I :* Pente de pose de l'ouvrage qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m /s.

II.6.1 Justification des ouvrages de drainage transversaux employés

VII.6.1.1 L'état de dégradation des ouvrages existants :

Avant le dimensionnement des ouvrages longitudinaux il est nécessaire de savoir l'état de dégradation des ouvrages sur la ligne existante, pour savoir est ce que les remplacer par des ouvrages neufs (si l'ouvrage est dégradé) ou les garder dans le cas contraire.
L'état structurel de dégradation des ouvrages existants sont représentés dans (chapitre I tableau I.4Inventaire des ouvrages existants sur le tracé actuel).

➢ **Analyse :**

Après la visite de site et l'observation des différents Ouvrages existants on remarque que :

- ✓ L'état structurel de certains ouvrages buses et de dalots est bon mais la plupart de ces derniers sont en mauvais état (dégradé, Enseveli et inaccessible).
- ✓ Pour cela le maitre de l'ouvrage a décidé de remplacer tous les ouvrages hydrauliques par des ouvrages neufs, en raison d'entretien et diagnostic.
- ✓ Dans le cas où la nouvelle ligne est dévrillée carrément de la voie existante, il y a lieu de dimensionner des noueux ouvrages pour l'évacuation du débit de transit.
- ✓ Pour l'emplacement de nouveaux ouvrages on a utilisé trois (2) types d'ouvrages dans notre tronçon d'étude qui sont proposés par le maitre d'ouvrage :
  - Buse Ø 1.500 mm.
  - Dalot 4,00 x 2,00 m

VII.6.2 Critères de dimensionnement à respecter

Pour le dimensionnement des différents ouvrages les critères suivants ont été tenus en compte :

- ➢ Le dispositif de rétablissement d'écoulement projeté est conçu de façon à contenir les débits de crue cinquantennales des différents écoulements traversés, puis la vérification pour un débit exceptionnels de $1.5Q_{50}$ suivant le guide technique d'assainissement routier « Sétra ».

  - ➢ la vitesse d'écoulement ne doit pas excéder 4 m/s pour les ouvrages en béton.
  - ➢ La hauteur d'eau correspondante à ce débit ne doit pas dépasser 75 % de la hauteur de l'ouvrage. (selon le guide d'assainissement routier Sétra).
  - ➢ Les conditions d'auto curage consistent à vérifier les vitesses d'écoulement pour les taux de remplissages de 1% et 10% des débits, afin d'assurer la durabilité des ouvrages (en vue de l'érosion des parois et la stagnation des eaux) :
    - Condition N°1 : pour Qa /Qps=0.1 il faut V écoulement >0.6 m/s.
    - Condition N°2 : pour Qa /Qps=0.01 il faut V écoulement >0.3 m/s.

VII.6.3 Application au projet

- ➢ Suite au calcul du débit d'apport du bassin versant naturel, on retient un débit du projet Q_{50} pour dimensionner l'ouvrage hydraulique. correspondent auxnouveaux ouvrages calculer (par l'utilisation de la formule de Manning Strickler avec le Q_{50}).

- ➢ La vérification des conditions d'écoulement est également réalisée pour un débit exceptionnel égal à 1.5 Q_{50} dans le but d'évaluer les impacts sur la pérennité de l'infrastructure et la sécurité des riverains et des usagers. Parailleurs, dans notre cas le débit 1.5*Q50est supérieure au débit Q100ce qui montre que l'évacuation de ce dernier est assurée par les systèmes de drainage adopté.

❖ **<u>Dimensionnement des dalots:</u>**

Ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifiés par la largeur (B) et la hauteur (H).

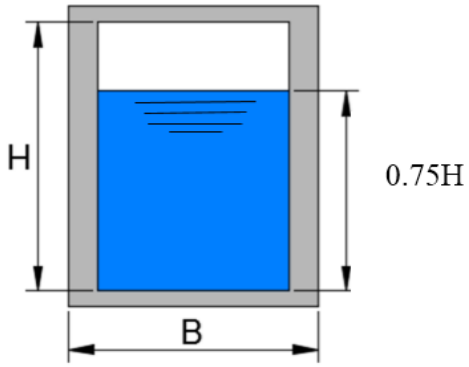


Figure VII.3 Les dimensions de dalot

Soit un nouveau ouvrage de dimensions (2×4.00×2.00) installé au niveau PK 73+638

- B : La largeur de dalot, B=4m
- la hauteur de remplissage h_r = 0.75H, hr =0.75×2 = 1.5m
- Coefficient de rugosité Strickler K_s= 70dans notre projet, les dalots sont en béton.
- La pente de l'ouvrage est la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s.

Pour la vérification de ce dalot on varie la pente de pose de l'ouvrage jusqu'à on trouve Qs supérieur ou égal au débit calculé en utilisant la formule de Manning-Strickler tout en prenant en considération les conditions d'auto curage ; donc la résolution de cette équation se fait par le calcul suivant :

$$\mathbf{Qs} = \mathbf{K_s}.\ \mathbf{S}_m.\mathbf{R_h}^{2/3}.\ \mathbf{I}^{1/2}$$

Avec:

- Sm = hr×B = 1.5 × 4 = 6m².
- Pm = 2.hr+B = (2×1.5) +4 = 7m.
- Rh= $\frac{6}{7}$ = 0.86m.
- SoitI= 0.003

D'où Qs = 70× 6 ×0.86$^{(2/3)}$ ×0.003$^{0.5}$ ⟶ Qs = 20.80m^3/s

Qs = 20.80 m^3/s > Q_{50} = 15.55m^3/s.

pour l'évacuation de débit exceptionnel 1.5 Q50On propose ce dalot avec 2cellules (4.00×2.00).

Donc Qs = 41.6m^3/s> 1.5 Q_{50}= 23.32m^3/s

- **Vérification des conditions auto curage pour le dalot :**

✓ **V=** $\frac{Qs}{Sm}$ =$\frac{20.80}{6}$ =3.46m/s<4m/s.

- Qps : c'est le débit en pleine section.
- S= 4 x 2=8m².
- P= (4+2) x2 =12m.
- Rh= 0.67m.

Qps=70x8x0.67$^{2/3}$x$\sqrt{0.003}$ ⟶ Qps=23.48 m^3/s

✓ Vps = $\frac{Qps}{S}$ =$\frac{23.48}{8}$ = 2.935m/s < 4m/s.

- PourQa/Qps =0.1, V/Vps=0.64, V=Vps×0.64=1.87 m/s >0.6 m/s.
- Pour Qa/Qps =0.01, V/Vps=0.32, V=Vps×0.32 =0.939 m/s >0.3 m/s.

❖ **Dimensionnement d'une buse:**

Ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé, identifiés par le diamètre Ø

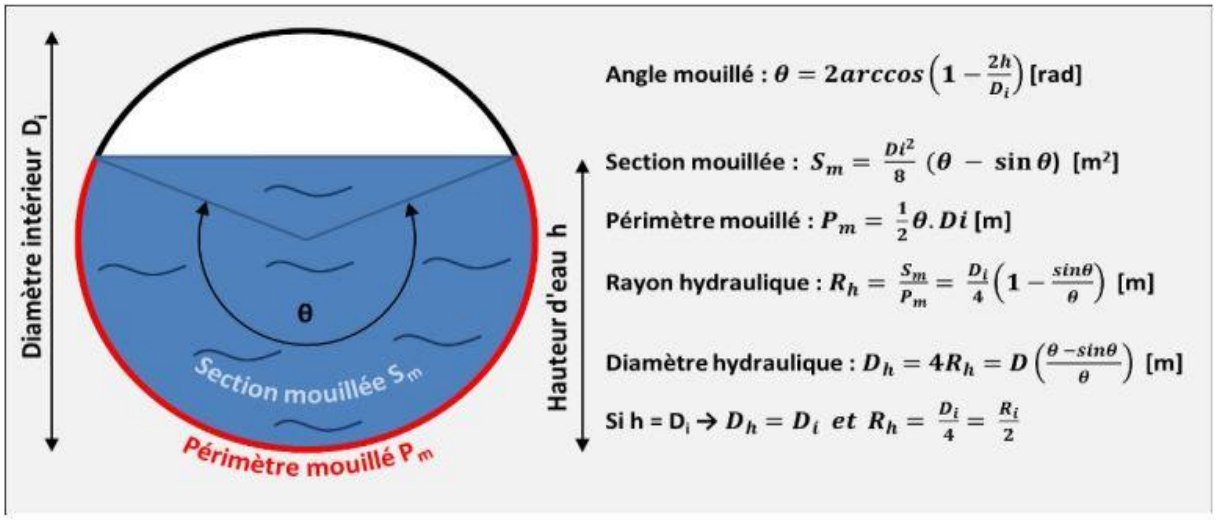


Figure VII.4 La section transversale d'une buse

Soit l'écoulement au Pk72+152, le débit de transit est Q_{50}= 4.19 m^3/s, l'ouvrage choisit est une buse de Ø1500 ;

De la même manière on doit vérifier que cette buse assure l'évacuation de débit de transit Q_{50} et le débit exceptionnel 1.5 Q_{50}.

Avec

- Ø : le diamètre de la buse = 1.5m.
- Ks= 80 (Buse préfabriqué en béton).
- hr= 0.75×1.5=1.13m.
- θ=4.19rad.
- Sm =1.42m².
- Pm= 3.14m.
- Rh= $\frac{1.42}{3.14}$ = 0.45m.
- Soit I=0.005.

D'oùQs = 80× 1.42 ×0.45 $^{(2/3)}$ ×0.005$^{0.5}$ ⟶ Qs = 4.72m^3/s

Qs > Q_{50} = 4.19m^3/s.

Soit deux cellules de Ø1500 pour évacuer le débit exceptionnel 1.5Q_{50}

Qs = 9.44m^3> 1.5 Q_{50} = 6.285m^3/s

➢ **Vérification des conditions auto curage :**

✓ V=$\frac{QS}{Sm}$ = $\frac{4.72}{1.42}$ = 3.32m/s <4m/s.

✓ Vps = $\frac{Qps}{S}$ =$\frac{5.2}{1.77}$ = 2.937m/s < 4m/s.

- Pour Qa/Qps =0.1, V/Vps=0.64, V=Vps×0.64=1.88 m/s >0.6 m/s.

- Pour Qa/Qps =0.01, V/Vps=0.32, V=Vps×0.32 =0.94 m/s >0.3 m/s.

➢ Le tableau VII.12 représente le choix de type de l'ouvrage d'assainissement transversale prévu pour chaque bassin selon leur débit de crue maximale Q_{50} , utilisés le long du tronçon d'étude de Pk 72+000 au Pk 87+000 sont récapitulés dans tableau suivants :

Tableau VII.12 le choix et la vérification hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux le long du tracé

N°BV	Q_{50}	$1.5Q_{50}$	L'ouvrage calculé	Sm(m^2)	Pm(m)	Rh(m)	Ks	I(%)	Qs(m^3)	Qs>Q_{50}	Qs>1.5Q50
01	4,19	6.285	2 x Ø 1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
02	2,93	4.395	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
03	8,31	12.465	3xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	14.16	Vérifié	Vérifié
04	2,92	4.38	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
05	3,46	5.19	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
06	2,50	3.75	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
07	2,68	4.02	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
08	15,55	23.325	2x4.00x2.00	6	7	0.86	70	0.3	41.6	Vérifié	Vérifié
09	0,73	1.095	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
10	Pont oued IghzerLainser										
11	1,37	2.055	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
12	1,63	2.445	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
13	0,73	1.095	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
14	8,59	12.885	3xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	14.16	Vérifié	Vérifié
15	2,00	3	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
16	3,67	5.505	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
17	5,87	8.805	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
18	26,83	40.245	2x4.00x2.00	6	7	0.86	70	0.3	41.6	Vérifié	Vérifié
19	1,61	2.415	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
20	6,12	9.18	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
21	1,77	2.655	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
22	Pont Oued Soummam										
23	4,05	6.075	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié

24	Pont Oued Soummam										
25	5,54	8.31	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
26	1,21	1.815	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
27	13,03	19.545	1x4.00x2.00	6	7	0.86	70	0.3	20.80	Vérifié	Vérifié
28	1,42	2.13	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
29	3,13	4.695	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
30	8,93	13.39	3xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	14.16	Vérifié	Vérifié
31	6,37	9.555	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
32	5.80	8.70	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
33	9,44	14.16	3xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	14.16	Vérifié	Vérifié
34	8,92	13.38	3xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	14.16	Vérifié	Vérifié
35	5,81	8.715	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
36	1,29	1.935	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
37	Pont IghzerIhfriren										
38	2,92	4.38	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
39	2,94	4.41	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
40	2,92	4.38	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
41	4,98	7.47	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
42	4,50	6.75	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié
43	11,28	16.8	1x4.00x2.00	6	7	0.86	70	0.3	20.80	Vérifié	Vérifié
44	2.21	3.32	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
45	Pont Oued Sghir										
46	35.02	52.53	3x4.00x2.00	6	7	0.86	70	0.3	62.40	Vérifié	Vérifié
47	0,97	1.455	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
48	2,97	4.455	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
49	2,46	3.69	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
50	2,09	3.135	1xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	4.72	Vérifié	Vérifié
51	15,77	23.655	2x4.00x2.00	6.4	7.2	0.89	70	0,3	41.60	Vérifié	Vérifié
52	3,34	5.01	2xØ1500	1.42	3.14	0.45	80	0.5	9.44	Vérifié	Vérifié

Tableau VII.13 récapitulatif des ouvrages de rétablissement d'écoulement existants

Le PK	L'ouvrage existant	Le nouvel ouvrage
72+152	Dalot Ø 1000mm	2xØ1500
72+510	Dalot 3 x 1.50 m	2xØ1500
72+667	Dalot3x1.50m	3xØ1500
73+516	Dalot3x1.50	Ø1500
73+638	Pont béton L= 10 m	2×4.00×2.00
73+900	Dalot 3 x 1.50 m	Ø1500
74+195	Dalot 2 x 1.50 m	Caniveau

74+285	Pont métallique L=25 m	Pont métallique OUED IGHZER LAINSERL=25 m
74+691	DalotØ800mm	Ø1500
76+068	DalotØ600mm	2×Ø1500
76+457	Viaduc métallique L=12 m	3×4×2
76+672	Dalot 1 x 1 m	Ø1500
76+797	Dalot 3 x 1.50 m	2×Ø1500
77+273	Dalot 1 x 1 m	2xØ1500
77+617	Pont métalliqueL= 5 m	Ø1500
78+000	Dalot2x1m	Ø1500
78+147	Pont béton L=5m	3xØ1500
79+013	Dalot2×1m	2×Ø1500
79+222	Dalot Ø 1000mm	2×Ø1500
79+398	Dalot 1 x 1 m	3xØ1500
79+993	Dalot 1 x 1.50 m	3xØ1500
81+025	Pont métallique L=12m	Pont OUED IGHZER IHEFRIREN L=35m
81+490	Dalot 1 x 1 m	Ø1500
82+029	Dalot 1 x 1 m	Ø1500
82+766	Dalot2x1m	2×Ø1500
83+542	Dalot3×1m	1×4.00×2.00
83+788	Pont béton L=15m	Pont OUED SGHIR L=35m
84+314	Dalot 1.5 x 1m	Ø1500
84+508	Dalot 2 x 1.50 m	Ø1500
84+850	Dalot 2 x 1.50 m	Canalisation
84+950	Pont métallique L= 10 m	3x4, 00x2, 00
85+305	Dalot 2 x 1.50 m	Ø1500
85+743	Pont béton L= 10 m	2x4, 00x2, 00
86+068	Pont métallique L= 6 m	3xØ1500

❖ **Remarque :**

Les ouvrages calculés pour les bassins versants aux Pk 76+457et Pk 86+068 sont remplacés par des ouvrages 3x (4.00x2.00), et3xØ1500 respectivement en raison de présence des oueds au niveau de ces Pk.

VII.6.4 Vérification des conditions d'auto-curage pour chaque ouvrage

Les conditions d'auto curage de chaque ouvrage transversale utilisé le long du tracé sont illustrées dans le tableau ci-dessous

Tableau VII.14 La vérification des conditions d'auto curage des ouvrages utilisés

L'ouvrage	Sm	Pm	Rh	Ks	I(%)	Qps	Vps	V> **0.6**	V> **0.3**
∅1500	1.77	4.71	0.38	80	0.5	5.20	2.937	1.88	0.94
Dalot 4×2	8	12	0.67	70	0.3	23.48	2.935	1.87	0.939

VII.7LES FOSSES

Le drainage superficiel des talus d'excavation est prévue comme méthodologie générale l'installation de fossés de drainage dans la crête des talus, pour réduire le ruissellement sur les talus le long de tracé d'étude.

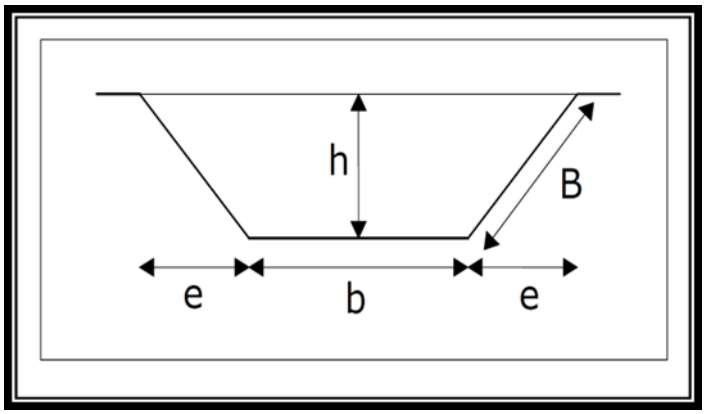


Figure VII.5 schéma d'un fossé

VII.7.1 Calcul des débits d'apports

La capacité hydraulique (débit de saturation) de ces fossés est calculée selon la formule de « MANING STRICKLER » sur un écoulement de surface libre

$$\mathbf{Qs} = \mathbf{K_s}.\ \mathbf{S_m}.\mathbf{R_h}^{2/3}.\ \mathbf{I}^{1/2}$$

Avec:

- ✓ *Ks* : coefficient de rugosité Ks= 70
- ✓ *I* : LA Pente de l'ouvrage (La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie).
- ✓ *Rh* : c'est le rayon hydraulique.
- ✓ *Sm*= (b+zh).h
- ✓ *Pm*= $(b+2h\sqrt{1+z^2})$ tel que *z* : la pente des berges

$$Rh=\frac{Sm}{Pm}=\frac{(m.h+b).h}{b+2.h.\sqrt{1+m^2}}$$

Le choix de type de fossé est en fonction de débit à évacuer qui est rapporté par la plateforme, les bermes et les talus :

$$Qa = Q_{PF}+Qb+Qt$$

- ✓ Q_{PF} : débit rapporté par la plate-forme.
- ✓ Qb : débit rapporté par les bermes (pour notre projet y a pas de bermes).

- ✓ Qt : débit rapporté par les talus.

- Le calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable, ou il y a un remblai ou un déblai qui s'étend sur une grande longueur avec une hauteur importante, chaque débit est déterminé en utilisant la formule rationnelle et le temps de concentration du bassin versant considéré est calculé à l'aide de la formule des petits bassins.
- Le calcul des débits engendrés par les écoulements ruisselés sur les talus du terrain naturel et les plates-formes de la voie ferroviaire, a été effectué pour une période de retour de $1.5Q_{50}$ ans.

Tableau VII.15 calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai

		Cas de Remblai Longueur =3595m La hauteur max=6.63 m	Cas de Déblai Longueur =1250m La hauteur max= 3.16m
Plate-forme	Cr I (m/m) A(Km²)= Tc(h)= I50(mm/h)= Q50(m^3/s)=	0.4 0.04 0.0146×3.595= 0.0525 0.15 259.90 1.52	0.4 0,04 0.0146×1,250=0.0183 0.085 377.82 0.77
Les talus	Cr I(m/m) A(Km²) Tc(h) I50(mm/) Q50(m^3/s)	0.4 0.5 0.00663×3.595=0.024 0.03 841.18 2.24	0.4 0.67 0.00316×1.250= 0.0031 0.0031 1929.98 0.67
$1.5Q_{50}$ (m^3/s)		1.5 (Q_{PF}+Qt)= 5.64	1.5(Q_{PF}+Qt)=2.16

VII.7.2 Choix de type de fossé

Le type de fossé adopté (en respectant la condit Qa< Qs)

- **En remblai** :Qa= 5.64 m^3/s

En utilisons la formule de « **MANING STLIKLER »** tel que :

On fixe la largeur b=1m et la pente de talus (2/3 d'où m=1/tgα = 1.5)

- Ks = 70.
- I = 0.003(dans notre projet la pente minimale de fossé n'est pas inférieur à 0.3%).

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation. Avec le calcul itératif on trouve les dimensions suivantes: h=1m et tgα=2/3.

- Sm=2.5m²
- Pm= 4.6m.
- Rh= 0.54 ⟶ Qs= 6.35m^3/s > Qa

- **En déblai :**Qa=2.16m^3/s.

On fixe la largeur b=1m, m= 1.5

- Ks = 70.
- I = 0.0037 (m/m).

De la même manière avec le calcul itératif on trouve les dimensions suivantes: h=0.75m et tgα=2/3.

- Sm=1.6m²
- Pm= 3.7m.
- Rh= 0.43. ⟶ Qs= 3.89m^3/s > Qa

Pour la totalité du tracé et son intégralité nous prenons un seul fossé de : h=1m, b=1m avec une berge de 3/2.

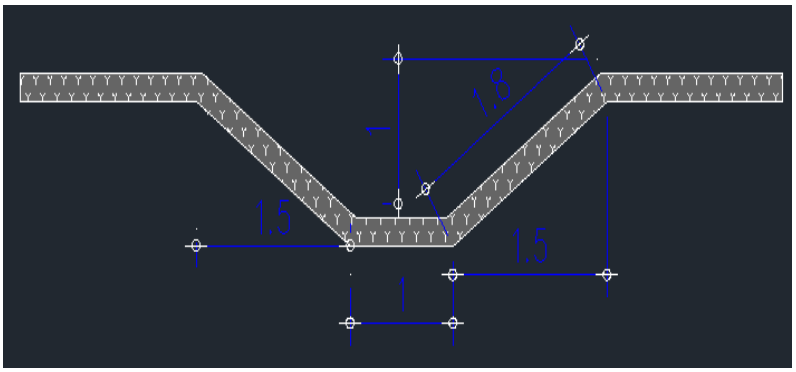


Figure VII.6 Schéma de fossé adopté pour notre projet

VII.8 ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE LONGITUDINAL DANS LA GARE

- Il est établi une division des installations de drainage de la plate-forme ferroviaire dans les gares : le drainage superficiel, le drainage souterrain et le drainage transversal de la ligne ferroviaire
  Le drainage des eaux au niveau des gares est conçu de façon adéquate pour drainer rapidement les eaux de ruissellement et les eaux infiltrées, afin d'améliorer la capacité de la plate-forme.
- Les couches de sous-ballast ainsi que la couche de forme sont réalisées de manière à être dotées d'une pente transversale aux voies de 4 % orientée dans la direction du drain de diamètre Ø300 mm, perforé dans sa surface supérieure de façon à recueillir les eaux de ruissellement et de garantir une bonne évacuation de ces eaux.

NB : Le schéma du drainage de la gare est représenté sur le plan de profil en travers joint en ANNEXE.

Tableau VII.16 Drainage longitudinal de la gare

ouvrage	Ø (mm)	Ks	Hauteur d'eau(m)	θ (rad)	Sm (m²)	Rh(m)	I (m/m)	Débit(m^3/s)	V (m/s)
Drain	300	62.5	0.1807	3.5538	0.0445	0.0835	0.005	0.038	0.84

VII.9 CALCUL DES OUVRAGES SINGULIÈRES

Le calcul hydraulique des ponts et viaducs est basés sur le calcul de canaux ouverts avec lame d'eau libre, déterminé sur la base des conditions de continuité en combinaison avec la formule de « **Manning-Strickler »** dont la section est rectangulaire.
Le débit utilisé correspond à celui calculé pour une période de retour de 100 ans, et la vérification se fait avec le débit exceptionnel 1.5Q100

Tableau VII.17 Le débit centennal des ponts ferroviaires

Le Pk	Q_{100} (m^3/s)	L'ouvrage
74+285	138.54	Pont Oued IGHZER LEINSSER
81+025	25.21	Pont Oued Ihefriren
83+788	94.18	Pont Oued sghir

Une fois le calcul est fait, on doit laisser une hauteur minimale entre la lame d'eau et la partie inférieure de la structure de 1 m : H= hauteur d'eau + 1.
Avec la méthode d'itération on détermine la hauteur de remplissage hr :

$$Qs=Ks\sqrt{I}\,\frac{(b\times h)5/3}{(b+2h)2/3}$$

Avec :

- ✓ b : la largeur d'oued traversée.
- ✓ h : la hauteur de l'eau.

Tableau VII.18 La hauteur minimale des ponts ferroviaires

Le Pk	1.5 $Q_{100}(m^3/s)$	Ks	I (m/m)	La largeur d'Oued	La hauteur de l'eau	La vitesse d'écoulement	La hauteur min de l'ouvrage
74+285	207.81	30	0,01283	27.5	1.693	4.47	2.693
81+025	37.815	30	0,00694	12	1.24	2.55	2.24
83+788	141.27	30	0,00768	22	1.817	3.54	2.817

VII.10 CONCLUSION

L'étude hydraulique est une étude importante et indispensable dans un projet ferroviaire car elle permet d'assurer la pérennité de la voie. En ce qui concerne ce projet de dédoublement de la ligne ferroviaire Bejaïa-Beni Mansour tous les ouvrages existants ont été remplacés par des nouveaux ouvrages pour assurer l'évacuation de toutes les eaux superficielles et souterraines pour éviter la submersion de la voie ferrée et aussi assurer un bon service de la voie à long terme. Voici l'ensemble des ouvrages hydrauliques transversaux et longitudinaux utilisés pour notre projet d'étude :

Tableau VII.18 La liste des buses et dalots utilisés dans le tronçon d'étude

Type d'ouvrage	Total
Buse (1 x Ø 1500)	22
Buse (2 x Ø 1500)	13
Buse (3 x Ø 1500)	6
Dalot (1 x4.00 x2.00)	2
Dalot (2 x4.00 x2.00)	2
Dalot (3 x4.00 x2.00)	2

- ➢ 5 Ponts ferroviaires.
- ➢ Un fossé trapézoïdal bétonné (b=1m, h=1m, pente 2/3).

CHAPITRE VIII

TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

CHAPITRE VIII : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

VIII.1 TERASSEMENTS

VIII.1.1 INTRODUCTION

La construction d'une ligne ferroviaire nécessite dans la plupart des cas des aménagements spécifiques tels que talus, remblais, déblais, avec apport ou extraction de matériaux.

VIII.1.2 REUTILISATION DES MATERIAUX DES DEBLAIS

Ci-dessous on inclut le tableau avec l'information disponible sur la réutilisation des matériaux excavés, laquelle est plus détaillée dans le (chapitre IV ETUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE).

Tableau VIII.1 Réutilisation des matériaux déblai

Lithologie	Qualité du sol	Réemploi
Qc	Sols moyens	90% QS_1 (remblai) 10% QS_0 (impropre, mis en dépôt)
Qcd	Roche meuble et sol très dur	90% QS_1 (remblai) 10% QS_0 (impropre, mis en dépôt)
Qd	Sols très meuble	10% QS_1 (remblai) 90% QS_0 (impropre, mis en dépôt)

VIII.1.3 GEOMETRIE DES TALUS DE DEBLAIS

La définition des inclinaisons des talus d'excavation a été réalisée ayant en considération les hauteurs prévues pour eux et les caractéristiques lithologiques, structurales et géotechniques des terrains à excaver.

Il a été jugé approprié l'adoption d'une géométrie générale de 2/3 (V/H), pour les sols Qs_1, et de 1/2 (V / H) dans le sol de Qs_0.

Tableau VIII.2 Lithologie et talus déblais dans le tronçon d'étude

Pk initial	Pk Fin	lithologie	Qualité du sol	Hmax (m)	Talus (V/H)
72+000	72+725	Qc/Qcd	Q_{S1}	1.54	2/3
74+325	75+400	Qc/Qcd	Q_{S1}	1.95	2/3
77+850	81+000	Qd	Q_{S0}	3.16	1/2
82+600	83+475	Qd	Q_{S0}	1.7	1/2
83+825	84+450	Qd	Q_{S0}	1.42	1/2
84+850	87+000	Qd	Q_{S0}	2.59	1/2

VIII.1.4 GEOMETRIE DES TALUS DE REMBLAIS

En ce qui concerne les pentes des talus de remblai, ayant en considération les hauteurs prévues, la nature des matériaux à réutiliser et les conditions prévisibles de fondation des remblais, a été adopté une géométrie générale avec pente de 1/2 (V/H).

Tableau VIII.3 Lithologie et talus remblais dans le tronçon d'étude

Pk initial	Pk Fin	lithologie	Qualité du sol	Hmax(m)	Talus (V/H)
72+725	74+325	Qc/Qcd	Q_{S1}	3.52	2/1
75+425	77+825	Qc/Qcd	Q_{S1}	4.86	2/1
80+400	82+825	Qd	Q_{S1}	7.46	2/1
83+475	84+375	Qd	Q_{S0}	0.65	2/1
83+469	85+986	Qd	Q_{S0}	2.96	2/1
86+870	87+000	Qd	Q_{S0}	0.78	2/1

VIII.1.4.1 Remblais avec des sols

- Pour les matériaux des remblais situés dans des zones inondables les matériaux devront être insensibles à l'eau et présenter un comportement stable après application. De cette façon les matériaux devront être du type granulaire, de granulométrie étalée (0-63mm) avec un pourcentage réduit de fins et les fins devront être Non Plastiques (NP); (QS2 ou QS3 (code UIC719R).
- Pour le corps du remblai dans les zones non inondables est admise l'utilisation de sols de plus réduite qualité (QS1(a), QS1(b) ou QS2 (code UIC719R). Dans ce cas il faut un contrôle exigeant des teneurs en eau pendant l'application et devra être proche des valeurs optimales indiquées par l'essai Proctor modifié.

VIII.1.4.2 Synthèse des différentes couches du profil renforcement/amélioration assise de remblai

1) Décapage et purge de 1.5 m à partir du TN.
2) Construction d'un matelas drainant, formé par enrochement (63-200 mm).
3) Mis en place d'un géotextile de renforcement NT500g/m² (cas d'un sol support Q_{S0}).
4) Mise en place d'un matériau granulaire 0-63mm de type grave non traité peu sensible à l'eau selon la fiche technique (code UIC719R Qs_2 ou Qs_3) dans les zones inondables.
5) Protection des talus contre l'érosion de flux d'inondation avec matériau granulaire de dimensions 63 mm-500mm.

6) Mise en place d'un géotextile de séparation 150g/m² avec un recouvrement de 1m des deux côtés entre les deux types de géotextile doit être assuré.

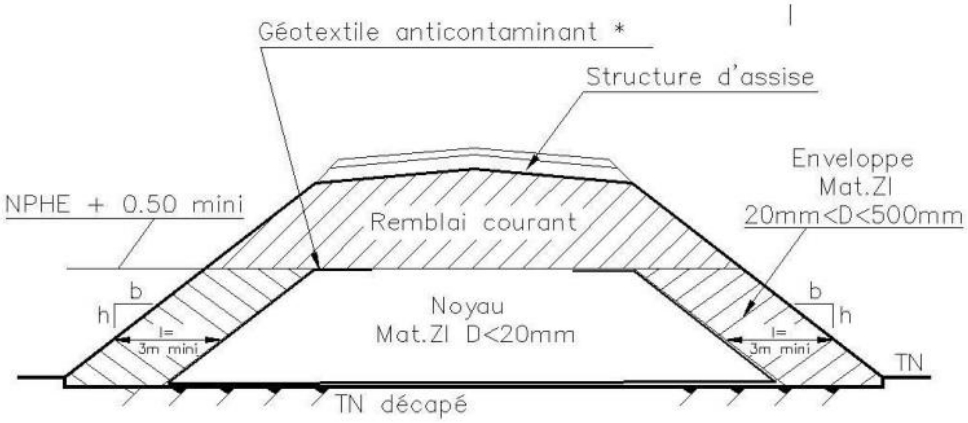


Figure VIII.1 Remblais dans les zones inondables avec noyau et enveloppe

❖ Les remblais d'accès

Aux remblais d'accès aux culées des structures et sur des petits ouvrages d'art, on disposera de remblais techniques spéciaux appelés blocs techniques.

Ces remblais ont pour but d´assurer une transition graduelle dans la déformabilité entre les terrassements généraux et le tablier de la structure afin de limiter les conséquences des sollicitations verticales induites par le trafic au passage de cette zone, de garantir la qualité et la géométrie de la voie, de garantir ainsi le confort et la sécurité des usagers et de limiter l´entretien dû aux tassements différentiels.

VIII.1.5 Calcul des cubatures

Le calcul des différents volumes de terrassement et le volume de la structure d'assise sont calculés après avoir définir la ligne rouge du projet, à partir de l'axe en plan et l'affectation des profils en travers courants.

Le calcul des cubatures a été fait automatiquement par le logiciel COVADIS 2013, les résultats sont résumés dans les tableaux VIII.4 et VIII.5 :

Tableau VIII.4 Volume de terrassement

Terrassements	Volumes (m^3)
Remblai	221724 m^3
Déblai	183051 m^3

Tableau VIII.5 La quantité des matériaux utilisés

Couche	Volume (m^3)
Ballast	69096
Sous-ballast	56867.32
Couche de forme	125739.49

VIII.2 OUVRAGES D'ART

VIII.2.1 INTRODUCTION

Dans ce projet de dédoublement de la ligne ferroviaire Bejaia Beni Mansour, l'assurance de la perméabilité transversale et le franchissement de différentes infrastructures existantes et les cours d'eau est une condition nécessaire pour concevoir un meilleur tracé qui répond aux exigences techniques et économiques.

VIII.2.2 PONTS FERROVIAIRES

Le tronçon d'étude sur la ligne ferroviaire Bejaia Béni-Mansour de Pk 72+000 au Pk 87+000 traversent des Oueds Importants parmi ces Oued Soummam, qui nécessitent des ouvrages importants pour les franchir.

Les ouvrages d'art employés de type pont ferroviaire, qui permettent le passage des cours d'eau dans la ligne existante apparaissent dans le tableau IX.6

Tableau VIII.6 L'emplacement des ouvrages sur la ligne existante

Pk ancien	Le nom de l'ouvrage	La longueur
74+214	Viaducs métallique (IGHZER LEINSSER)	L= 25m
81+025	Pont métallique(IHFRIREN)	L=12m
83+824	Pont en béton (Oued Sghir)	L=15m

D'après l'étude hydraulique et le profil en long de notre tracé, Cinq(5) ponts ferroviaires ont été déterminés sur la nouvelle ligne apparaissent dans le tableau IX.4 :

Tableau VIII.7 L'emplacement des ouvrages dans le tronçon d'étude

Nouveau Pk	Le nom de l'ouvrage	La longueur
74+285	Pont IGHZER LEINSSER	35m
77+120	Pont OUED SOUMMAM	35m
77+375	Pont OUED SOUMMAM	35m
81+025	Pont Oued IHFRIREN	20m
83+788	Pont Oued SGHIR	35m

- Deux nouveaux ponts ferroviaires ont été projetés dans la nouvelle ligne sont les ponts de Oued SOUMAM au Pk 77+120 et Pk 77+375.

❖ Considérations générales

Le pont IGHZER IHEFRIREN se trouve au Pk 81+025 du tracé projeté et sa longueur totale est de 20 mètres, avec une conception en une seule travée.

Les ponts qui se trouve au Pk 74+285 ,77+120, 77+375 et pk 83+788, ont une longueur totale de 35 mètres, divisés en trois travées avec des portées de 10,15,10 mètres respectivement.

La largeur de la plate-forme des ponts ferroviaires a été prévue pour atteindre 13,60 mètres, l'équivalent d'une voie double électrifiée.

VIII.2.3 TRAVAUX POUR LE PASSAGE DES AXES ROUTIERS

Parmi les objectifs de cette étude ; la suppression de tous les passages à niveau existants, en fonction des solutions de rétablissement des axes routiers et chemins croisés et coupés par la ligne ferroviaire moderne envisagée pour Beni Mansour et Bejaia.

Des ouvrages d'art ont été pensés pour permettre le passage des axes routiers et des chemins sur le long de tracé en fonction de la topographie du terrain, des difficultés de tracé du projet et dans le but de respecter les critères de conception.

VIII.2.3.1 Influence sur le choix de type de l'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 franchi
- ✓ Programme de charge
- ✓ Gabarit
- ✓ Adaptation architecturale à la région
- ✓ Sujétion à respecter pendant la construction.

Deux façons différentes de classer les rétablissements ont été considérés :

- Selon le type d'interférence avec la voie ferrée :
  - Passage supérieur :
  - Passage inferieur de la route : rarement envisagée, c'est lorsque la topographie l'exige (niveau de roulement de train élevé).
  - Chemin ou route parallèle :
- Selon leur importance.

VIII.2.3.2 Les passages supérieurs

Les ouvrages d'art type passage supérieur sont projetés et dimensionnés pour permettre le rétablissement des routes et chemins dans le cas où ces derniers traversent la voie ferrée dessus.

La liste des ouvrages d'art de type passage supérieur projetés le long de tracé d'étude sont représentés dans le tableau VIII.8 :

Tableau VIII.8 L'emplacement des passages supérieurs dans le tronçon d'étude

Le Pk	Type
72+545.45	Ps CHEMIN
74+253	Ps CHEMIN
74+955	Ps CHEMIN
79+946	Ps ROUTE (existant)
82+252	Ps CHEMIN
84+404	Ps ROUTE
85+779	Ps ROUTE

VIII.2.3.3 Chemins ou routes parallèles

Les chemins ou routes parallèles ont été rétablis afin de donner accès aux habitations d'un et de l'autre côté de la voie ferrée. De cette manière le système de communications routières aura une perméabilité totale avec la ligne ferroviaire.

Tableau VIII.9 Routes et chemins parallèles

Pk	Marge	Type
74+920	Droite	CHEMIN PARALLÈLE
80+040	Droite	CHEMIN PARALLÈLE
82+200	Droite	CHEMIN PARALLÈLE 82+200
84+410	Gauche	ACCÈS RN26
84+510	Gauche	ROUTE
84+515	Gauche	ACCÈS RN26
84+630	Gauche	ROND-POINT
84+190	Gauche	ACCÈS ROND-POINT SUD
84+650	Gauche	ACCÈS ROND-POINT NORD
85+810	Gauche	ROND-POINT 85+810
85+770	Gauche	ROUTE
85+773	Gauche	ROUTE
85+774	Gauche	ROUTE
85+774	Gauche	ROUTE
85+780	Gauche	ROUTE

VIII.2.4 OUVRAGES DE DRAINAGE

Les ouvrages de drainage ont été calculés pour permettre la perméabilité transversale des eaux. (Chapitre **VII ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSINISSEMENT**).

VIII.3 CONCLUSION

On doit doter pour notre tracé les différents ouvrages suivants pour franchir les obstacles rencontrés :

- 5 ponts ferroviaires.
- 6 passages supérieurs (PS).
- 7 chemins parallèles.
- 6 Dalots.
- 41 Buses.

CHAPITRE IX

PROFIL EN TRAVERS

CHAPITRE IX : PROFIL EN TRAVERS

IX.1 INTRODUCTION

Après les études du tracé en situation et en élévation qui recherchaient essentiellement l'évolution de l'axe de la voie, il s'agit maintenant de définir le 3ème élément d'un projet ferroviaire : le profil en travers qui est la coupe de la voie suivant un plan perpendiculaire à son axe de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

On définit le profil en travers courant, qui regroupe toutes les dimensions et détails constructifs de la voie, et le profil en travers type caractérisant les données d'une section transversale de la voie à un PK particulier.

IX.2 CARACTERISTIQUES DE PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PROJET

Les caractéristiques géométriques des sections types à adopter pour les voies du tronçon d'étude prennent en compte les gabarits nécessaires pour la future électrification (caniveaux des câbles et appuis de poteau porte-caténaires).

IX.2.1 Voie double

Les caractéristiques pour le profil en travers type de la voie double, correspondant au tracé de la ligne Beni Mansour / Bejaia sont les suivantes:

- ✓ Type de ligne: Voie double électrifiée.
- ✓ Écartement de la voie: 1,435 m.
- ✓ Entraxe: 5,20 m.
- ✓ Largeur de la plate-forme: 14,60 m (plate-forme pour voie double).
- ✓ Pente latérale de la plateforme: 4%.
- ✓ Talus de déblais (3H/2V, 2H/1V).
- ✓ Pente des talus de remblais2/1(H/V).
- ✓ Épaisseur de ballast: 30 cm.
- ✓ Épaisseur de sous-ballast: 25 cm.
- ✓ Épaisseur de couche de forme: 50 cm.
- ✓ Distance axe voie - axe caténaire: 3,25 m.

IX.2.2 Viaducs

Les caractéristiques pour le profil en travers type des viaducs sont les suivantes:

- ✓ Type de ligne: Voie double électrifiée.
- ✓ Écartement de la voie: 1,435 m.
- ✓ Entraxe: 5,20 m.
- ✓ Largeur du tablier: 14,60 m (plate-forme pour voie double).
- ✓ Pente latérale de la dalle : 2%.
- ✓ Épaisseur de ballast: 35cm (au minimum).
- ✓ Distance axe voie - axe caténaire: 3,25 m.

IX.2.3 Gares

Les caractéristiques géométriques des gares et haltes sont les suivantes:

- ✓ Type de ligne: Voie double électrifiée.
- ✓ Écartement de la voie: 1,435 m.

- ✓ Entraxe: 5,20 m.
- ✓ Pente latérale de la plate-forme: 4%.
- ✓ Épaisseur de ballast: 30 cm.
- ✓ Épaisseur de sous-ballast: 25cm.
- ✓ Épaisseur de couche de forme: 50 cm.
- ✓ Distance axe de voie – bord de quai: 1,65 m.

IX.3 CONCLUSION

Les profils en travers type en pleine voie, en gare avec les épaisseurs des différentescouches d'assise et couche de forme, en situation déblais et en situation remblais sont représentés sous format A3.

CHAPITRE X

CONCEPTION DE LA GARE D'OUED GHIR ET AMENAGEMENT DE LA HALTE DE LA GARE ROUTIERE

CHAPITRE X: CONCEPTION DE LA GARE D'OUED GHIR ET AMENAGEMENT DE LA HALTE DE LA GARE ROUTIERE

X.1 INTRODUCTION

Une gare ferroviaire est le lieu d'arrêt des trains. Elle 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.

La conception des gares est donc une obligation dans tout projet de transport ferroviaire. Des points d'arrêt à fréquentation très réduite dans des zones à faible densité de population ou des choix économiques, font que les gares deviennent des haltes qui sont dépourvus de bâtiment voyageurs ou de présence permanente de personnel.

Le but de ce chapitre est, d'une part, de fournir une description de la conception de la gare d'Oued Ghir en remplaçant la halte déjà existante, vue la densité d'habitation dans la zone, et, d'autre part, l'aménagement de la halte de la gare routière projetée sur la nouvelle ligne.

X.2 CONCEPTION DE LA LIGNE

L'actuelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia est une ligne mixte avec trafic de passagers et de marchandises. Cette conception de trafic mixte continuera dans la future ligne ferroviaire au vu de la grande activité économique développée tout le long de la vallée d'Oued Soummam.

La nouvelle ligne ferroviaire entre Beni Mansour et Bejaia desservira des gares et des haltes très proches les unes des autres, permettant ainsi aux citoyens une communication complète entre les villes situées le long du corridor du projet.

Le tronçon du projet de 15 km comprend deux haltes, celle d'Oued Ghir au PK 75+225 qui sera remplacée par une gare qui s'éloigne de la gare de Bejaia (86+879.5) de 9 Km et la halte de la gare routière au PK 84+275.

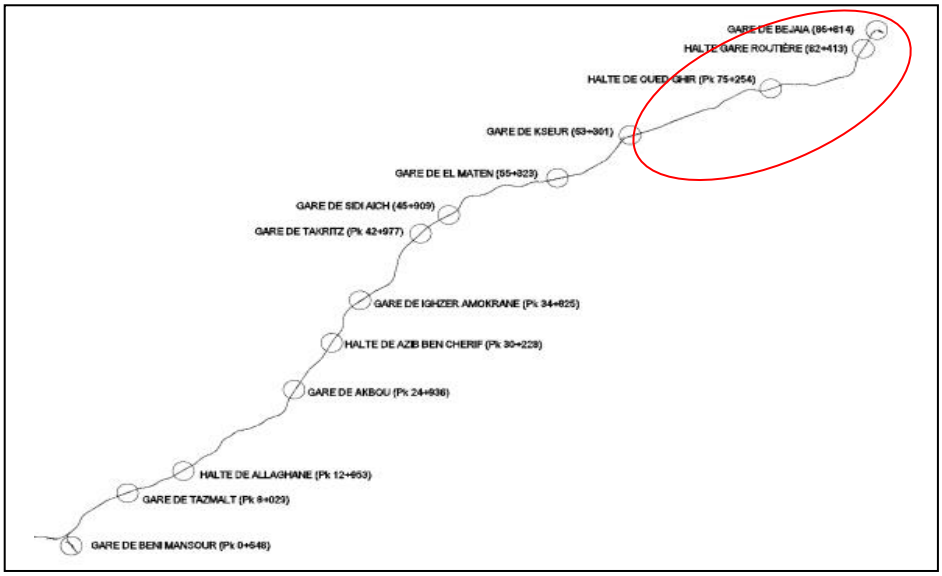


Figure X.1 Gares et haltes desservies par la nouvelle ligne ferroviaire

: Les haltes et la gare desservies par le tronçon.

X.3EMPLACEMENT DE LA GARE D'OUED GHIR PROJETEE

L'emplacement de l'actuelle halte d'Oued Ghir se conserve dans le même couloir pour la future ligne ferroviaire qui sera remplacée par une gare dans la présente étude. Le tracé à ce point kilométrique se projette en dédoublement de la ligne ferroviaire existante.

Les trains marchandises ont une circulation directe entre Beni Mansour et Bejaia et ne circulent que pendant les heures creuses, pour un meilleur service des voyageurs qui circulent pendant les heures pointes.



Figure X.2 Vue en direction Beni-Mansour de la halte actuelle d'Oued Ghir



Figure X.3 Vue en direction Bejaia de la halte actuelle d'Oued Ghir

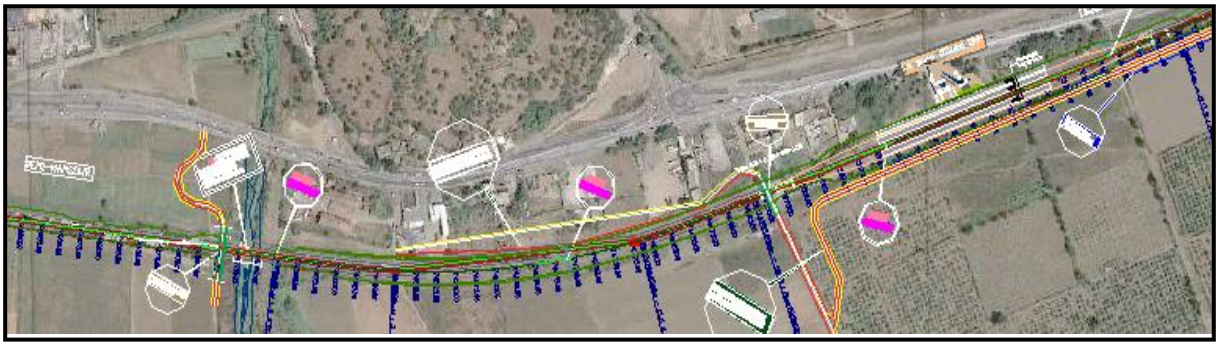


Figure X.4 Emplacement futur de la gare d'Oued Ghir projetée

X.4 Matériel roulant

Les compositions ferroviaires utilisées sont les suivantes :

- Trains voyageurs : Stadler Flirt en composition double avec une capacité de 288 places assises en 2ème classe et de 786personnes debout. La vitesse maximale de ce train sera de 160 km/h en ayant un poids total de 400 t.
  Sa longueur sera de 148,156 mètres.

- Trains marchandises : Siemens 252 avec un poids de locomotive de 90 t et un poids de matériel de 1.500 t. La vitesse maximale de ce train est de 100 km/h.

Sa longueur sera variable selon le nombre de wagons à transporter. Sa longueur maximale sera de 800 m.

Le matériel roulant est l'élément principal qui définit la longueur utile nécessaire pour les voies d'évitement des gares.
Ainsi, la longueur minimale requise pour les trains voyageurs est de 148,156 mètres en considérant une composition double.
La composition triple est considérée comme la composition maximale avec une longueur totale de 222,234.
Par conséquent, la longueur minimale utile des voies pour le stationnement des trains voyageurs et de quais doit être de 225 mètres.

X.5 TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

Le tracé de la Gare d'Oued Ghir se situe sur un alignement droit de 558 m sur lequel se trouve la communication entre les deux voies principales, suivie d'une clothoïde de longueur 150 m et d'un arc de 980 m de rayon ; et sur un alignement de 570 m se trouve les deux voies de d'évitement avec une pente nulle dès le PK 74+950 jusqu'au PK 75+520 sur laquelle se situent les voies. Cette longueur permet l'emplacement d'une voie de plus de 225 mètres de longueur utile pour le stationnement des trains voyageurs. Il n'a pas été projeté avec voies d'évitement suffisamment longues pour les trains marchandises, dû aux contraintes qui conditionnent le tracé de ce tronçon.

X.6 L'AMENAGEMENT DE LA GARE D'OUED GHIR

Pour l'aménagement de cette gare, on va proposer de réaliser un seul bâtiment et distribuer les espaces entre l'exploitation, la réception du public et la signalisation.

Les aménagements côté voirie sont proposés pour permettre les accès routiers ainsi que l'accueil et la protection des voyageurs au départ et à l'arrivée.

L'aménagement extérieur de la gare du projet sur les quais respecte les gabarits du matériel roulant ferroviaire et les caractéristiques des quais.
A l'extérieur du bâtiment pour voyageurs, une cour sera aménagée avec un parking et des espaces verts.

X.6.1 Nombre de voies

Le nombre de voies requises pour la gare d'Oued Ghir est de 4 voies, 2 voies principales (voies 1 et 2) et 2 voies d'évitement destinées au stationnement des trains voyageurs (voies 3 et 4).

X.6.2 Dimensionnement des quais

X.6.2.1 Occupation des passagers

Le dimensionnement des quais est fait en fonction des passagers qui vont utiliser le service ferroviaire tout en assurant la commodité des utilisateurs (bancs, panneaux informatifs, passerelle, etc.).

Il faut considérer qu'un quai peut être utilisé par deux trains en même temps donc si la capacité maximale d'un train est de 288 passagers assis et 786 passagers debout, le nombre maximum de passagers qui peuvent attendre sur un quai deux trains est de 2.148 personnes.

Par ailleurs, il y aura des passagers qui vont descendre des trains qui arrivent à la gare, donc il faut doubler le nombre d´utilisateurs du quai en une même période de temps, soit 4.296 personnes.

Si on considère une occupation par mètre carré de 4 personnes, il est nécessaire de prévoir 1.074m² pour les passagers.

X.6.2.2 Occupation des autres éléments

Il faut aussi ajouter les espaces requis sur un quai pour la passerelle, la disposition de sièges, la disposition de panneaux informatifs, etc. Comme il est nécessaire de disposer des abris de quai et au moins 5 blocs de bancs sur chaque quai.

X.6.2.3 Caractéristiques des quais

La Gare d'Oued Ghir aura 2 quais à l'intérieur des voies 3 et 4. Il faut considérer en plus le quai additionnel qui donne accès aux voyageurs depuis le bâtiment voyageurs.

Les quais de la gare communiqueront par le biais d'une passerelle.

En se basant sur les normes SNTF (aménagement et gare, tracé des voies), application au projet donne les caractéristiques des quais suivantes :

- **La longueur des quais L**:
  - Grande ligne 450m.
  - Service régional 350m.
  - Banlieue 225m.

Pour le projet, on prend : **L=225 m** qui représente la longueur de trois wagons de 75 m.

- **La largeur des quais B :** la SNTF recommande pour une telle gare un :
  - Quai intermédiaire B > 8 m
  - Quai extérieur B ≥ 6m

  Donc, dans ce cas, on prend des quais de largeur **B= 6m**

- **Hauteur des quais :** La hauteur nominale du bord du quai devra être de 550 mm (quai mi-hauteur) selon le matériel roulant qui est susceptible de s'arrêter à ce quai.
- **Entraxe des quais :**
  - Entraxe normal e ≥ 11.3
  - Entraxe minimal e ≥ 9.3.

Pour la gare d'Oued Ghir, on a opté un entraxe des quais :

- ✓ Intermédiaires e = 6 + 5.2+ (2*1.65), donc e= 14.5 m
- ✓ Extérieur : e = 9.3 m (entraxe minimal selon SNTF).

- **Distance entre le bord de quai et l'axe de la voie :**

  L (mm) = 1650+S avec $S = \frac{3750}{R} + \frac{I-1435}{2}$

  Tel que :

  R : rayon de la voie (le tracé dans la gare est droit R = ∞).

  I : écartement de la voie (dans le projet I = 1435 mm).

  $S = \frac{3750}{\infty} + \frac{1435-1435}{2} = 0$ Donc L = 1650 mm pour le projet.

- **Abris de quai :** selon la SNTF, on va opter pour :

  - 2 abris pour chaque quai de longueur de 12m.
  - Hauteur libre : 3.10 m
  - Entraxe des abris quais : 60 m

X.6.3 La longueur utile de stationnement :

La gare d'Oued Ghir est une gare optimisée destinée au stationnement des trains voyageurs. Les voies destinées au stationnement des trains voyageurs ont une longueur minimale utile de 225 mètres.

Au cas où un train marchandises tombe en panne, il a été prévu un système de communications entre voies pour permettre le passage des trains voyageurs.

- Selon la SNTF : La longueur utile minimale est de :
  - 526 m : grande ligne normale (1)
  - 426 m : ligne intérieure (2)
  - 301 m : banlieue (3).

Dans le cas de la Gare d'Oued Ghir, les longueurs utiles de voies sont les suivantes :

Tableau X.1 Tableau récapitulatif des longueurs utiles

Voie	Longueur
3	414.882
1	415.47
2	415.47
4	414.882

X.6.4 Appareils de voie

On ce qui concerne les appareils de voies de la gare d'Oued Ghir, on va utiliser le type UIC54-500-1/12.

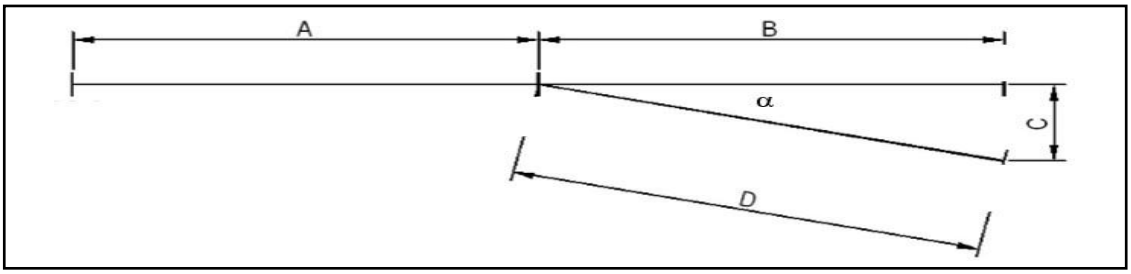


Figure X.5 Schéma de l'appareil de voie

Le tableau X.2 donne un récapitulatif des paramètres de l'appareil de voie :

Tableau X.2 Tableau des paramètres des appareils de voie

Type	A	B	C	D	tgα
UIC54-500-1/12	20.797	20.797	1.729	20.797	0.0833

Les voies 1 et 2 ont 2 appareils de voie par sens pour donner accès aux voies d'évitement.

La Gare d'Oued Ghir a une seule communication à l'entrée de la gare, du côté Beni-Mansour sur un alignement de 558.5m juste avant la courbe de rayon 980m. L'emplacement d'une communication (chapeau de gendarme) à la sortie de la gare est impossible vue la limitation des paramètres du tracé (espace insuffisant et la signalisation ne permet pas).

L'absence de la communication à l'extrémité de la gare ne pose pas de problèmes, vue la proximité de la gare de Bejaia où les trains peuvent faire le changement de sens de circulation.

X.6.5 GARAGE FRANC

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

En raison de sécurité, le garage franc sera installé à 1.0m de distance de garage franc théorique :

$$\mathbf{GF = f + 1 = \frac{3.57}{tg(\alpha)} + 1}$$

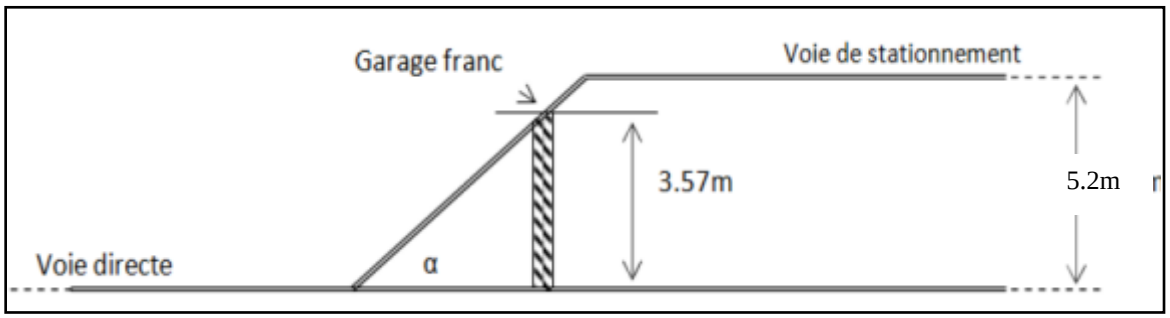


Figure X.6 Garage franc

✓ Pour l'ADV UIC54-500-1/12 on a : $GF = f+1 = \frac{3.57 \times 12}{1} + 1 = \mathbf{43.84\ m}$

X.7.6 Marge de glissement à l'aval des signaux

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

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.

Selon UIC 741, les longueurs de la marge de glissement se situent entre $50 \leq LG \leq 200$, 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.

Comme on a une vitesse supérieure à 60 km/h, donc on prend **LG= 200 m**.

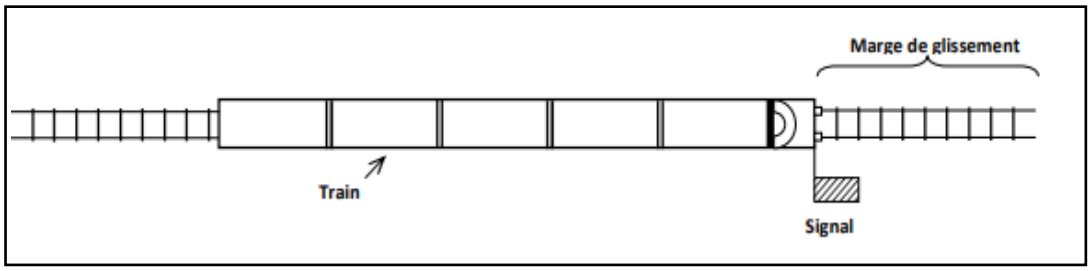


Figure X.7 Schéma de la marge de glissement

X.7.7 Heurtoirs

Ils 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.

En règle générale, les heurtoirs doivent être précédés à 10 m de distance, par des patins de freinage, qui après chaque déplacement doivent être remis en place. Ils ont pour but d'absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent par l'intermédiaire des tampons.

X.8 IMPLANTATION DES APPAREILS DE VOIES

Tableau X.3 Tableau représentant l'implantation des appareils de voie

N°ADV	Point	Coordonnées		Type
		X	Y	
1	a	676042.3936	4063596.8097	
	b	676063.4587	4063594.3812	
	c	676084.0835	4063591.7082	
	d	676083.7906	4063590.0059	
2	a	676145.3136	4063578.5290	
	b	676124.6629	4063581.2103	
	c	676103.9912	4063583.8894	
	d	676104.3067	4063585.6008	
3	a	676153.1738	4063577.5103	
	b	676173.7986	4063574.8372	
	c	676194.4940	4063572.1807	

	d	676194.5741	4063573.8862	**UIC54-500-1/12**
4	**a**	676256.9750	4063569.3070	
	b	676236.3494	4063571.9738	
	c	676215.7246	4063574.6469	
	d	676215.5738	4063572.9249	
5	**a**	676942.3196	4063629.1606	
	b	676961.8917	4063636.8917	
	c	676980.8323	4063644.8919	
	d	676981.4580	4063643.2516	
6	**a**	676944.0972	4063624.2643	
	b	676963.6344	4063631.3130	
	c	676983.2308	4063638.4057	
	d	676983.7560	4063636.7428	
7	**a**	677454.3947	4063813.2491	
	b	677434.7889	4063806.3219	
	c	677415.2280	4063799.2673	
	d	677414.7111	4063800.9275	
8	**a**	677456.1688	4063808.4348	
	b	677436.5440	4063801.4224	
	c	677416.9737	4063794.4340	
	d	677417.7436	4063792.8377	

X.9. HALTE DE LA GARE ROUTIERE

X.9.1. Emplacement

La halte de la gare routière est une nouvelle halte conçue pour la création d'un système intermodal entre le chemin de fer et le transport routier. Par conséquent, cette halte a été projetée juste en face de la future gare routière. La figure X.8 montre un schéma d'emplacement de la halte de la gare routière :

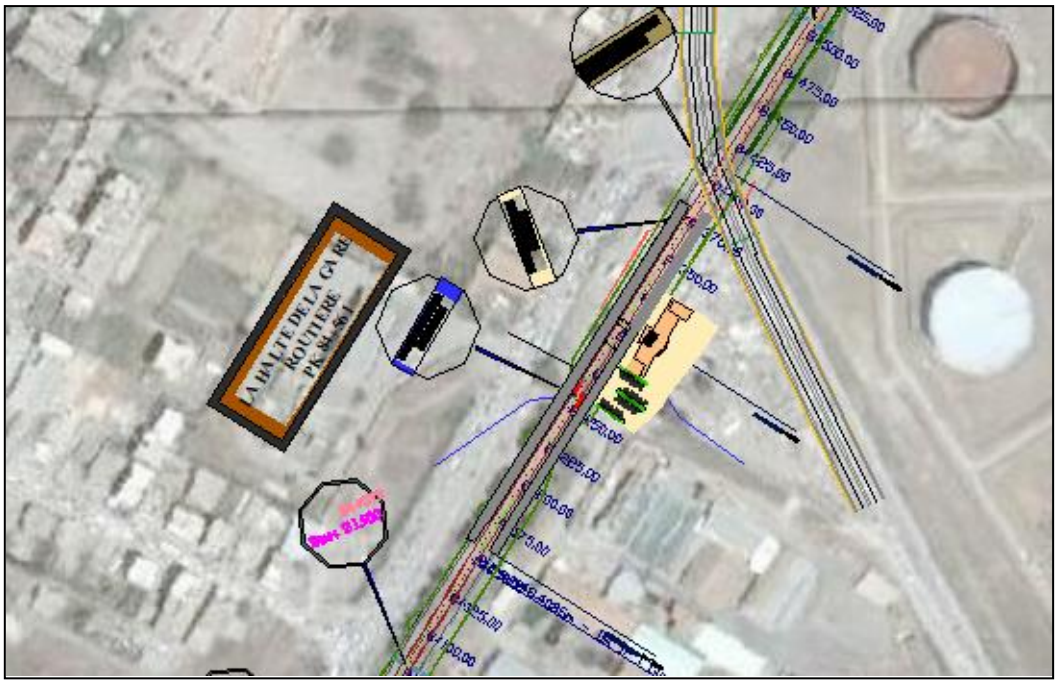


Figure X.8 Emplacement futur de la Halte de la Gare Routière

X.9.2 Tracé en plan et profil en long

En termes généraux, le tracé des lignes principales se développe en ligne droite, ainsi que les autres lignes qui sont parallèles à celle-ci.

Le tracé de la halte de la gare routière se situe sur un alignement droit de 605.955 m et sur une clothoïde de 110 m, avec une pente 0.093% dès le P.K 84+157.5 jusqu'au P.K. 84+382.5sur laquelle se situent les voies. Les haltes peuvent se placer sur clothoïde et en pente car il n'y a pas de voies destinées au stationnement de trains.

X.9.3 Caractéristiques de la halte

Il s'agit d'un bâtiment à un seul niveau doté des éléments nécessaires et suffisants pour l'exploitation d'une halte. Il est composé d'une partie « voyageurs »et une partie pour l'énergie, télécommunications et exploitation.

X.9.3.1 Nombre de voies

Le nombre de voies requis pour la halte de la gare routière est de 2 voies qui sont les voies principales (voies 1 et 2) sans avoir de voies secondaires destinées au stationnement des trains voyageurs.

X.9.3.2 Longueur de voies

Dans la halte, on utilise les 2 voies principales pour la montée et la descente des voyageurs sans disposer d'appareils de voie qui limitent la longueur utile.

X.9.3.3 Appareils de voies

Il n'y a pas appareils de voie dans la halte projetée.

X.9.3.4 Caractéristiques des quais

La halte de la gare routière a 2 quais à l'extérieur des voies 1 et 2, qui donnent l'accès aux voies depuis le bâtiment voyageurs.

Les quais ont 6 mètres de largeur et 225 mètres de longueur comme il a été déjà justifié.

X.9.4Schéma fonctionnel de la halte

Le schéma fonctionnel de la halte de la gare routière est commun pour toutes les haltes de la ligne.

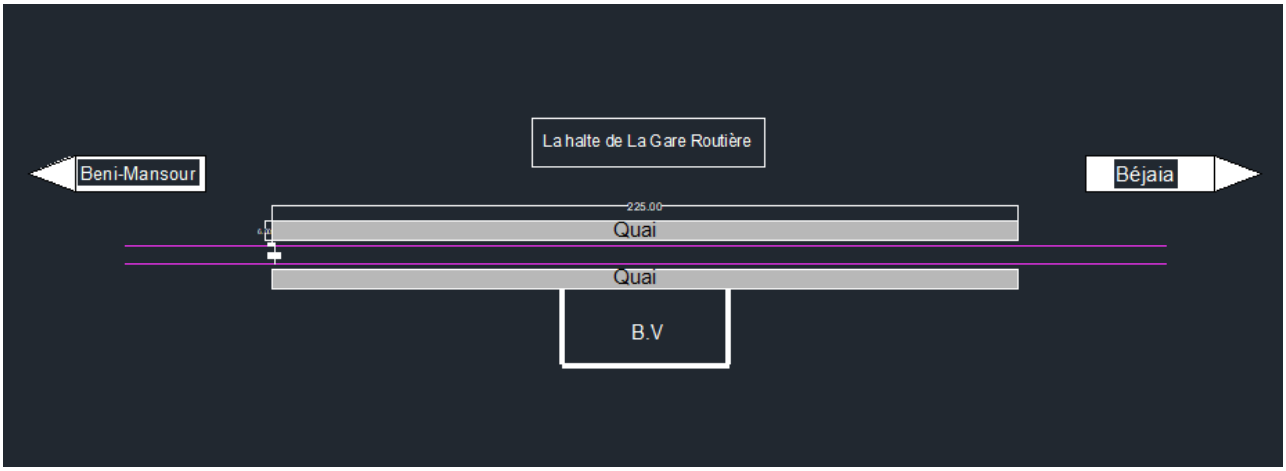


Figure X.9 Schéma fonctionnel de la halte de la gare routière.

X.5 CONCLUSION

L'aménagement de la Gare d'Oued Ghir et la halte de la gare routière a été fait d'une manière à satisfaire les besoins de la région que ça soit le transport des voyageurs ou bien des marchandises mais aussi les besoins commerciaux et économiques de cette région.

CHAPITRE XI

ETUDE DES CONTRAINTES

CHAPITRE XI : ETUDE DES CONTRAINTES

XI.1 INTRODUCTION

Dans n'importe quel projet, avant toute installation de chantier ou commencement de tous travaux, il convient de faire une inspection du site afin de déterminer les containers liés aux voiries et réseaux divers (VRD), qui sont considérés comme des obstacles à éviter ou bien à contourner dans les cas inéluctables, pour assurer le bon déroulement des travaux.

Dans la section du projet entre le PK 72+000 et le PK 87+000 qui présente le dernier tronçon de la ligne ferroviaire projetée, certains réseaux affectés sont présents le long du parcours. Ces réseaux sont :

- Lignes électriques,
- Routes et chemins,
- Gazoducs et oléoducs,
- Caniveaux.

XI.2 CONTRAINTES

XI.2.1 Lignes électriques

Les lignes électriques aériennes qui croisent la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia nécessiteront les dispositions suivantes:

- ✓ La distance horizontale entre la fin de pied de talus et un poteau électrique sera 1,5 fois la hauteur du poteau.
- ✓ La distance verticale entre la côte du rail et le câble du réseau électrique sera au minimum 15 mètres.

Pour les lignes électriques qui traversent les routes ou chemins rétablis, les exigences sont les suivantes :

- ✓ La distance horizontale entre la fin de pied de talus et un poteau électrique sera 1,5 fois la hauteur du poteau.
- ✓ La distance verticale entre la chaussée et le câble du réseau électrique sera au minimum 7 mètres.

Dans le tableau XI.1, on retrouve toutes les lignes électriques touchées par le présent projet et qui nécessitent d'être rétablies :

Tableau XI.1 Tableau récapitulatif des lignes touchées par le projet

Ligne	PK	Description	Photographie
1	74+437	Croisement de la voie et d'un chemin parallèle existant, avec une ligne électrique à haute tension. La plate-forme se situe au niveau du remblai.	
2	75+062	Croisement de la voie et d'un chemin parallèle réaménagé avec une ligne électrique à haute tension. La plate-forme situe en remblai.	
3	75+913	Croisement de la voie,de la route nationale RN12 et d'un chemin parallèle réaménagé, avec une ligne électrique à haute tension. Tous les trois se situent au niveau du terrain.	
4	76+195	Croisement de la voie, de la route nationale RN12 et d'un chemin parallèle réaménagé, avec une ligne électrique basse tension. Tous les trois se situent au niveau du terrain.	
5	76+711	Croisement de la voie et d'un chemin parallèle réaménagé, avec une ligne électrique basse tension. Tous les deux se situent au niveau du terrain.	
6	77+513	Croisement de la voie, de la route nationale RN12, d'un chemin parallèle réaménagé et d'une canalisation, avec une ligne électrique à haute tension. Tous sont situés au niveau du terrain.	

7	78+262.5	Croisement de la plate-forme, de la route nationale RN12 et d'un chemin parallèle avec une ligne électrique à haute tension.	
8	79+039	Croisement de la voie, de la route nationale RN12 et d'un chemin parallèle réaménagé, avec une ligne électrique à haute tension. La voie se situe en remblai.	
9	80+557.4	Croisement de la voie et de la route nationale RN12, avec une ligne électrique moyenne tension. Les deux se situent au niveau du terrain.	
10	81+670	Croisement avec une ligne électrique à haute tension. La voie se situe en remblai.	
11	82+803	Croisement de la plate-forme et d'un chemin parallèle réaménagé, avec une ligne électrique moyenne tension. La voie se situe en remblai.	

12	83+570	Croisement de la plate-forme, de la route nationale RN12 et d'un chemin parallèle réaménagé, avec une ligne électrique à haute tension. La voie se situe en remblai.	
13	84+198	Croisement de la plate-forme et de la route nationale RN12 avec une ligne électrique basse tension. La voie se situe en remblai.	
14	84+420.54	Croisement de la plate-forme, de l'embranchement de la gare routière et de la route nationale RN12, avec une ligne électrique basse tension. La voie se situe en remblai.	
15	85+555.5	Croisement avec une ligne électrique basse tension. La voie se situe au niveau du terrain.	
16	85+811	Croisement avec une ligne électrique à haute tension. La voie se situe au niveau du terrain.	

- **Solutions proposées**

- Rétablissement de la ligne avec un angle de traversée perpendiculaire.
- Supprimer les poteaux et prévoir d'autres dans le cas où le gabarit n'est pas respecté.

XI.2.2 Routes et chemins

Dans ce projet de dédoublement de la ligne ferroviaire Béni Mansour / Bejaia, la suppression des passages à niveau de la ligne actuelle est obligatoire. A cet effet, nous préconisons la réalisation de passages supérieurs.

Le tableau XI.2 illustre les différents chemins et routes qui traversent le tracé :

Tableau XI.2 Tableau récapitulatif de rétablissements des passages à niveaux

PK actuel	PK d'étude	Type	Solution
72+494,136	72+545.45	Chemin	Passage supérieur
74+180	74+253	Chemin	Passage supérieur
74+900	74+955	Chemin	Passage supérieur
79+925	79+946	Route	La contrainte concernant le passage sous le passage supérieur de la route RN26 a été résolue en modifiant le profil en long afin d´atteindre le gabarit vertical nécessaire.
84+445	84+404	Route	Passage supérieur
85+800	85+779	Route	Passage supérieur

XI.2.3 Gazoducs et oléoducs

Dans le tableau XI.3 se trouvent les gazoducs et les oléoducs affectés par le tracé :

Tableau XI.3 Tableau récapitulatif des gazoducs et oléoducs

	PK de croisement	**Description de l'affection**
Gazoduc	76+809.46	Croisement du gazoduc et la plate-forme avec un angle de 31º.La zone est proche au point de croisement d'un oléoduc.
	80+508	Le gazoduc traverse le réaménagement d'un chemin parallèle au tracé avec un angle de 24º et postérieurement traverse le chemin de fer avec un angle de 61º.
	84+478.45	Le gazoduc suit la voie parallèlement à celle-ci dans la zone de la route d'accès à Bejaïa, traverse la plate-forme avec un angle de 41º, et continu à suivre la voie en parallèle sur sa marge droite.

Oléoduc	76+826.34	Croisement de l'oléoduc avec l'axe principal avec un angle de 28º. En plus, il traverse le réaménagement d'un chemin parallèle au tracé. Le croisement est situé aux environs du point de croisement d'un gazoduc.
	84+360	L'oléoduc traverse la route d'accès à Bejaïa et postérieurement la plate-forme ferroviaire avec un angle de 54º.

- **Solutions proposées**

- ✓ Le réaménagement du gazoduc sera réalisé en le protégeant avec une dalle en béton.
- ✓ Un réaménagement de l'oléoduc sera réalisé en traversant la plate-forme, protégeant cette zone avec une dalle en béton et la zone du réaménagement du chemin aussi avec une dalle en béton.

X.2.4 Caniveaux

Les caniveaux parallèles sont des canalisations trouvées dans un milieu urbain qui seront rétablis avec le système de drainage longitudinal, soit avec des caniveaux trapézoïdaux, soit avec des canalisations.
Ces canalisations seront rétablies grâce au système de drainage dimensionné pour la ligne ferroviaire.
Sur le tronçon concerné, on trouve le passage de trois caniveaux au PK 86+183.154, au PK 86+234 et aussi au PK86+469 de la ligne actuelle.
D'après l'étude hydraulique du nouveau tracé, ces derniers seront rétablis grâce aux ouvrages de drainage longitudinal.

X.3 CONCLUSION

Dans n'importe quel projet, il existe des contraintes qui ne doivent pas être négligées.

Dans le présent chapitre, toutes les contraintes citées ont été prises en considération, de façon à chercher les solutions qui seront adaptables à notre tracé.

CHAPITRE XII

SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION

CHAPITRE XII : SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION

XII.1 LA SIGNALISATION

XII.1.1 INTRODUCTION

Dans le domaine des chemins de fer, la signalisation fait le lien entre les infrastructures (voies ferrées, ouvrages d'art) et les matériels roulants (trains). Dans ce chapitre, nous allons expliquer les différentes phases d'un projet de signalisation et quel en est l'objectif.

L'objectif principal de la signalisation ferroviaire est d'éviter les principaux risques ferroviaires qui sont au nombre de cinq (le nez à nez, le rattrapage, la prise en écharpe, le déraillement et les risques inhérents aux passages à niveau).

XII.1.2 IMPLANTATION DES SIGNAUX

Le plan d'implantation des signaux sera établi en fonction des spécifications contenues dans les règles SNTF. Les signaux présenteront les aspects prévus au Règlement Général de Sécurité de la SNTF tels que :

- Les signaux localisés sont situés du côté de la voie du sens de circulation des trains.
- Ils sont fixés sur des mats. Les mats sont fixés sur une base en béton dont la taille doit être calculée de manière à assurer une très bonne fixation pour tenir compte des conditions climatiques particulières et de la force du vent.
- Les matériaux utilisés devront être du type inoxydable de préférence, sinon ils devront être traités pour être résistants à la corrosion.
- Les signaux seront équipés d'écrans de couleur noire entourant les unités lumineuses.
- Les écrans seront fixés d'une manière rigide sur le mat pour que la force du vent ne puisse pas modifier la direction du rayon lumineux d'un angle supérieur à 20 minutes.

XII.1.3 TYPES DE SIGNAUX UTULISE DANS LE PROJET

XII.1.3.1 Signaux principaux

Ce sont tous les signaux d'entrée et de sortie des gares. Les aspects des signaux principaux peuvent être combinés avec des aspects de signaux d'avertissement dans un même écran et peuvent contenir également l'aspect de « manœuvre ».

XII.1.3.2 Signaux d'avertissement

Le cas où les signaux d'avertissement ne sont pas combinés dans l'écran de signaux principaux, ils constitueront des signaux isolés. Ils se distinguent extérieurement par la forme de l'écran de signal. Ils sont très éloignés des gares et ne peuvent donc pas être surveillés visuellement, ils devront être construits tel qu'il sera impossible, ou du moins très difficile, de les endommager ou de les démonter

XII.1.3.3 Cibles

Les cibles utilisées sont les suivantes :

- Cible type 1 où type C pour les signaux principaux.
- Cibles type 3 où type H pour les signaux principaux.
- Cible type 4 où type R pour les signaux d'avertissement.
- Cible type K pour les carrés « violet » de type bas positionnés sur voies principales.

Elles seront fabriquées en tôle d'acier, renforcées et dimensionnées selon les forces intervenant dans la pratique. Les cibles devront être réglables en sens horizontal et vertical pour que l'on puisse, lors du montage, les ajuster selon le tracé de la voie concernée.

XII.1.4 CATEGORIES DES SIGNAUX

- Les signaux ferroviaires se partage en deux catégories : les feux et les panneaux.

Les signaux sont implantés à gauche de la voie car les trains circulent à gauche.

NB : un plan de signalisation pour la halte de la gare routière et la gare Oued Ghir est représenté en format A3.

XII.1.4.1 Pancartes fixes

Les pancartes fixes sont installées à l'intérieur des gares et sur la ligne. Celles-ci seront placées de façon à ne pas gêner la liberté du profil en les fixant à gauche de la voie sur les poteaux en tubes galvanisés qui y sont plantés.

La pancarte fixe utilisée dans le plan de signalisation de la halte et la gare représentée dans le tableau XII.1

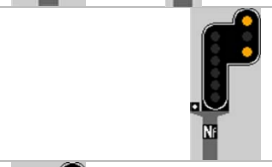
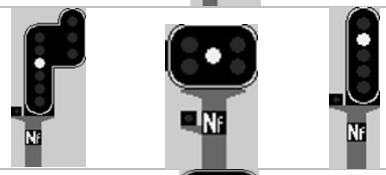
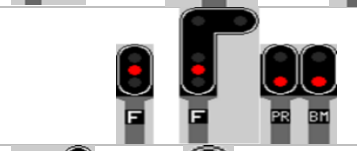
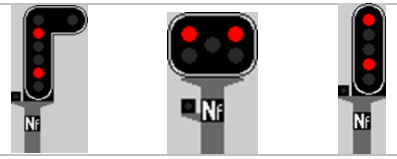
TableauXII.1 Types des pancartes fixes et leurs signification

Le type de tableau	La signification des pancartes fixes	L'image
Tableau R (fin de zone de ralentissement)	Ce tableau désigne la fin du parcours à vitesse limitée.	

XII.1.4.2 Signaux à feu

Voici les aspects possibles que peut présenter les signaux à être installé sur la ligne d'étude, et leur sens correspondant récapitulé dans le tableau XII.2 :

Tableau XII.2 La signification des signaux à feu

Type de signaux à feu	Signification des signaux	L'image
VL: Voie Libre	Le feu vert indique que la portion de voie est totalement libre, le train peut s'engager en toute sécurité.	
(A) : Pré avertissement (Feu jaune clignotant)	Certains avertissements implantés à distance réduite du signal annoncé sont précédés par un feu jaune clignotant présenté sur le panneau précédent l'avertissement correspondant.	
(RR): Rappel de ralentissement (60 ou 30) clignotant	Le rappel (60 ou 30) fermé commande au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse de (60 km/h et 30km/h) respectivement au franchissement de l'aiguille (ou des aiguilles).	
(M): Manœuvre réduite (Feu Blanc clignotant)	Le feu d'un train blanc clignotant interdit dans tous les cas le départ en ligne.	
(S): Sémaphore	Le feu rouge, aussi appelé « carré», indique au conducteur qu'il doit s'arrêter.	
(CV): Carré Violet	Équivalent au carré, ce signal est en général installé sur les voies de service (sauf cas particuliers : commande de manœuvres par refoulement, sortie de certaines voies de gare...). De même que le carré fermé, le carré violet fermé commande au mécanicien l'arrêt avant le signal.	
(C): Carré	C'est un signal de protection utilisé pour protéger des appareils de voie ou des parties de voie (zone de stationnement). Le carré fermé commande au mécanicien l'arrêt avant le signal.	

XII.1.5 ELEMENTS PRINCIPAUX AU SEIN DU SYSTEME DE SIGNALISATION

- Enclenchements électroniques.
- Postes de commande locaux.
- Cantonnement.
- Compteurs d'essieux
- Éléments de terrain (armoires, boîtiers de terminaux, signaux, appareils de voie, etc.)
- Câbles et installations câblées.
- Systèmes d'aide à la maintenance des enclenchements (SAM).

Dans le projet de rénovation et modernisation de la zone de signalisation du tronçon d'étude, du PK72+000 au PK 87+000, il est prévu d'installer en tant qu'élément de sécurité essentiel un enclenchement électronique dans toutes les gares ainsi que la gare de Bejaia existante sur le tronçon d'étude.

XII.1.5.1 Enclenchement électronique

La fonction essentielle de l'enclenchement est de contrôler et superviser l'état des circulations sur voie pour permettre le passage en sécurité des trains dans la zone d'action du poste, en commandant les appareils de voie dans la position requise par les itinéraires, surveiller l'état des éléments qui composent le système de signalisation.

XII.1.5.2 Poste de Commande Local

Il a été prévu d'installer dans chaque gare disposant d'un enclenchement situé dans la cabine de commande des bâtiments techniques, un système de commande local de type vidéographique, doté d'un écran graphique actif basé sur un ordinateur de bureau. Le Poste de Commande Local (PCL) est le système qui permet de contrôler les enclenchements en mode local, moyennant l'envoi d'ordres à l'enclenchement et la visualisation de l'état des éléments de signalisation liés à ceux-ci.

XII.1.6 SYSTEME DE DETECTION DE PRESENCE DES TRAINS

L'objectif des systèmes de détection de présence des trains est de garantir la circulation des trains sur la même voie ferroviaire. A cette fin, il est indispensable de maintenir une distance de sécurité appelée canton, qui comprend un tronçon de voie qui ne peut être envahi simultanément par deux trains.

XII.1.6.1 Compteurs d'essieux

Les compteurs d'essieux sont des dispositifs qui servent à détecter des trains sur la voie ferroviaire. Ils contiennent des détecteurs de roues qui comptent le nombre d'essieux qui entrent et sortent de chaque canton. L'objectif des systèmes de détection de présence des trains est de garantir la circulation des trains sur la même voie ferroviaire.

Le système de détection proposé sur la ligne ferroviaire Bejaia / Beni-Mansour, et notamment sur le tronçon d'étude du PK 72+000 au PK 87+000, se compose de compteurs d'essieux qui sont projetés pour contrôler la présence de train, tant dans les gares que sur le trajet entre les gares et/ou haltes.

XII.1.7 SYSTEME DE PROTECTION DES TRAINS EMPLOYE

XII.1.7.1 Système ATP (Automatique Train Protection)

C'est un ensemble d'équipements et de fonctionnalités participant à l'exploitation en sécurité d'une ligne ferroviaire en empêchant les collisions et déraillements suite à une erreur du conducteur (Exemple : non observation d'un signal, non-respect d'une limitation de vitesses…).

❖ **Les fonctionnalités principales d'un système ATP**

- Assurer l'espacement des circulations pour éviter le rattrapage de l'une par l'autre.
- Protéger la circulation.
- Contrôler la vitesse des trains et empêcher les collisions.

XII.1.7.2 ERTMS (European Railways Traffic Management System)

C'est un système de contrôle, commande assurant un trafic ferroviaire standardisé et interopérable. Il est constitué de deux composantes fondamentales :

1) **ERTMS/ECTS** : L'ETCS est un système ATP standardisé.

❖ **Avantages de l'ETCS :**

- Superposé à la signalisation latérale.
- Une assistance complète au conducteur.
- L'arrêt du train dans le cas d'erreur humaine.
- ETCS permet de transmettre des informations de signalisation directement au conducteur du train.
- Augmenter la vitesse des trains.
- Intensifier la densité du trafic tout en maintenant un niveau très élevé de sécurité.

Sur la ligne Beni Mansour / Bejaia, le système principal pour exercer les fonctions de contrôle et protection du train dans le champ d'action du projet est L'ERTCS/ETCS (NIVEAU 2).

❖ **ETCS 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.

Les données de sécurité récoltée de l'enclenchement, en temps réel, sont transmises du RBC via le réseau GSM-R, et interceptés par le train lui permettant ainsi, d'adapter sa vitesse par rapport aux nouvelles données. Les avantages de ce système sont :

- Augmenter la capacité de la ligne.
- Améliorer la vitesse moyenne des trains.
- Contrôler la vitesse du train en cas dépassement non autorisé.
- Possibilité de supprimer la signalisation latérale (si tous les trains sont équipés)
- La localisation des trains en temps réel.

2) LE SYSTEME GSMR

Le GSM-R est un standard de communication sans fil, et développé spécifiquement pour les applications et les communications ferroviaires.

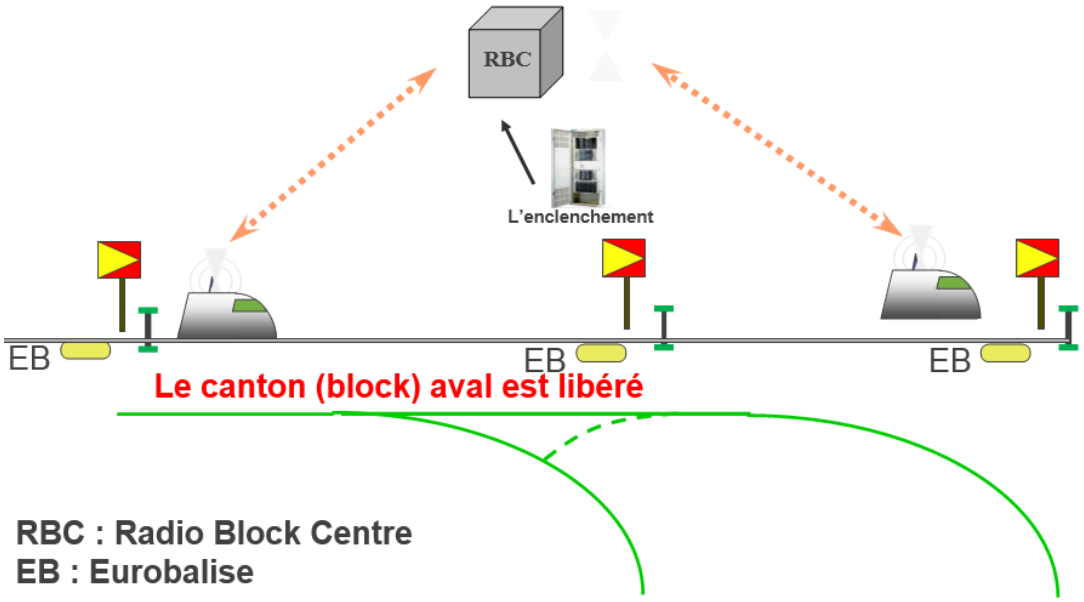


Figure XII. 2 Synoptique de fonctionnement de ce système de signalisation ETCS

XII.2 ELECTRIFICATION

XII.2.1 INTRODUCTION

A l'heure de la mondialisation de l'économie et des échanges, la mobilité a changé les comportements et les rythmes de vie et de travail. Face à ces changements, l'électrification des voies ferroviaires constitue une réponse performante qui vient s'adapter aux nouvelles exigences de cette mobilité en échelle, en nature et en intensité.

Dans ce cadre, les pouvoirs publics ont engagé un vaste programme d'investissement visant entre autres, l'électrification, le renouvellement des infrastructures existantes et la création de nouvelles lignes ferroviaires électrifiées.

XII.2.2 OBJECTIF DE L'ELECTRIFICATION

L'électrification des lignes ferroviaires constitue une alternative efficace et justifiée pour un mode de transport confortable, rapide et durable. Les avantages de la traction électrique sont de plusieurs natures :

- **Environnementales**

La traction électrique contribue à la préservation de l'environnement et prend en compte la nécessaire transition écologique.

- **Economiques**

La traction électrique permettra de rendre le transport ferroviaire plus attractif ce qui induira l'augmentation du nombre d'utilisateurs de ce mode de transport et diminuera considérablement

la consommation des carburants utilisés dans les autres modes de transport (route, aérien et cabotage maritime).

❖ **Sociales**

- **Réduction-dépollution :**
  - ✓ Pollution de l'air : réduction de CO_2.
  - ✓ Pollution sonore : réduction du bruit dû à la circulation routière.
- **Réduction de la congestion de trafic routier**
- **Confort :** les trains électriques intègrent des équipements permettant la réduction du bruit (nuisances sonores), tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, pour le confort des voyageurs et un environnement plus sain.

XII.2.3 SOUS SYSTEMES DE TRACTION ELECTRIQUE

Pour le projet de dédoublement de la ligne ferroviaire Bejaia / Beni Mansour, le système d'électrification est le système à courant Alternatif 25KV/50HZ avec un mode d'alimentation caténaire.

XII.2.3.1 Caténaires

Pour rouler, certains trains ont besoin d'électricité tout le long de la ligne ferroviaire électrifiée. Des poteaux installés à intervalles réguliers supportent un ensemble de conducteurs à base de cuivre : la caténaire.

Une caténaire est composée de trois éléments essentiels :



Figure XII.3 Les éléments de Caténaire

Un fil de contact suspendu à un câble porteur par une série des pendules qui assure l'horizontalité du fil du contact, le fil de contact est tendu mécaniquement de part et d'autre des poteaux.

Le captage du courant par les trains s'effectue par des pantographes, (bras métalliques articulés) Les pantographes possèdent à leur sommet des bandes en carbone qui permettent d'assurer le contact avec les caténaires tout en limitant l'usure du fil, en glissant régulièrement sur la caténaire. Les archets captent le courant puis transmettent l'énergie électrique au moteur.

L'alimentation des trains via des pantographes caténaires s'appelle le captage. Pour alimenter correctement le train, les fils du contact doivent être les plus horizontaux possibles ; pour cela

ils sont soumis à une tension mécanique grâce à des appareils tendeur poulies et contre poids, Leur tension constante permet de compenser le phénomène de variation de température.

XII.2.4 SYSTEME D'ELECTRIFICATION POUR LE PROJET D'ETUDE

XII.2.4.1 Type de courant d'alimentation

- Courant continu 1500 V
- Le circuit électrique courant alternatif monophasé
- Courant alternatif triphasé 50 Hz
- Courant alternatif triphasé KV 16 2/3 HZ.

Le système d'électrification choisi pour la ligne est du type 25 KV/50HZ.

- ✓ Permet d'alimenter un trafic des trains très élevé.
- ✓ Architecture du système très simple et fiable.

XII.2.4.2 Principes de sectionnement en 25000 volts courant alternatif / 50HZ

Dans le cas du 25 000V - 50HZ, la protection automatique est assurée par un seul disjoncteur pour l'ensemble des deux voies de chaque côté d'une sous station. Le déclanchement des disjoncteurs est réalisé par l'intermédiaire de l'un ou l'autre de deux relais, le premier étant une impédance de réglage, le second un relais à maximum d'intensité. Des impédances de réglage, le second un relais à maximum d'intensité. Des interrupteurs télécommandés permettent aux sous-stations et aux postes la sélection des défauts et les coupures volontaires pour les besoins des travaux.

XII.2.5 HAUTEUR DE FIL DE CONTACT DE LA CATENAIRE

La hauteur de la caténaire, mesurée entre le plan supérieur des rails et le fil de contact est variable et dépend de la présence d'obstacles (ponts, tunnel) et des points singuliers comme les passages à niveaux.

Elle est de 5.75m, peut descendre à 4.64m sous tunnel et monter à 6.20m aux passages à niveaux (pour permettre le passage de véhicules routiers à grand gabarit).

XII.2.6 CONCLUSION

Même si de nombreuses évolutions sont apparues, notamment avec la mise en œuvre de systèmes informatiques, les principes de base et les rôles de la signalisation ferroviaire restent inchangés, et l'électrification des lignes ferroviaires constitue une alternative efficace et justifiée pour un mode de transport confortable, rapide et durable.

CHAPITRE XIII

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 INTRODUCTION

L'étude d'impact présente une description des différentes composantes du milieu récepteur d'un projet, décrit le contexte d'insertion et la justification du projet. Elle vise à favoriser l'intégration de l'infrastructure projetée afin de minimiser les répercussions environnementales sur les milieux naturels et humains.

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects, à court, moyen et long terme du projet d'étude, elle propose les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet sur le milieu naturel et le milieu humain.

XIII.2 OBJET DE L'ETUDE

Les objectifs de la présente étude d'impact sur l'environnement sont les suivants :

- ✓ Assurer l'intégration des contraintes du milieu dans la démarche de conception du projet.
- ✓ Identifier et évaluer l'importance des impacts attendus du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- ✓ Proposer des mesures visant à diminuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

XIII.3 PHASES D'ETUDE D'IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

L'étude d'impact sur l'environnement du projet de la nouvelle voie ferrée Béni Mansour / Bejaïa a fait l'objet d'une démarche logique, articulée autour de trois phases distinctes :

La 1ère phase

Identifier les conditions actuelles de l'environnement, avant la réalisation du dédoublement de la voie ferrée, à partir du recueil des documents et informations concernant la voie existante, et définir le contexte économique, social et environnemental où la voie ferrée est inscrite.

La 2ème phase

Déterminer les effets directs ou indirects importants du projet sur l'environnement, ainsi que leur impact, qui seront repris sous forme de matrice d'inter relation. Ces éléments identifiés devront servir pour le meilleur choix de la variante de manière à diminuer les éventuels risques pouvant surgir à l'issue de ce projet.

La 3èmephase

Les impacts identifiés et évalués, il s'agit d'identifier un ensemble de mesures d'atténuation et de préciser les modalités de leur mise en œuvre pour permettre au projet une meilleure intégration dans le milieu récepteur.

XIII.4 DESCRIPTION DE L' ETAT INITIAL DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

XIII.4.1 Environnement physique

L'environnement physique est traité dans (**chapitre IV**. Etude géologique et géotechnique, et **chapitre VII**. Etude hydropique et assainissement).

XIII.4.2 Environnement biologique

XIII.4.2.1 Végétation naturelle

La zone d'étude est située dans un territoire avec de rares surfaces forestières et de caractère principalement agricole. Par ailleurs, l'intérêt national pour l'enrichissement du patrimoine forestier a permis la création et la conservation d'importantes masses de pinèdes sur la zone d'étude.

XIII.4.2.2 Faune

La faune terrestre présente dans la zone d'étude est, en général, pauvre et se limite à des espèces généralistes, avec des surfaces peu abondantes de végétation naturelle et avec une faible continuité.

XIII.4.2.3 Forets

Les zones boisées sont rares et se trouvent uniquement dans les versants non cultivés des zones montagneuses. Il s'agit de zones à plus ou moins grande densité et principalement formées par le pin d'Alep et le chêne vert, ainsi que d'autres bois (peuplier, cèdre, sapin de Numidie).

XIII.4.3 Description du milieu humain

XIII.4.3.1 Démographie

L'analyse de la répartition de la population sera basée sur le nombre d'habitants par commune et leur concentration par rapport à l'espace communal.

Selon les résultats du recensement général de la population et de l'habitat, nous avons enregistré une population totale de 958.189 habitants.

Tableau XIII.1 Nombre de population dans la zone d'étude

Daïra	Nombre d'habitants
Bejaia	186.558

XIII.4.3.2 Habitats

La zone d'influence du projet connaît en matière d'habitat une forte concentration de la population au niveau des agglomérations principales, ce qui explique le phénomène de l'exode rural de la population dû au manque de postes d'emploi et aux conditions difficiles de vie au niveau des zones rurales.

XIII.4.3.3 Activités économiques

Dans la zone d'influence du projet, un taux d'occupation de la population de l'ordre 80 % a été enregistré dans les différentes branches de l'industrie, l'administration, l'agriculture et le commerce.

- **Agriculture**

Bejaia est connue aussi par son agriculture de montagne et dispose d'une surface agricole utile évaluée à 130.306 Ha, dont 6.600 Ha irriguée, soit 5,07 % de la surface totale. Ce secteur constitue l'un des secteurs économiques les plus importants de la zone d'étude.

- **Industrie**

Le tissu industriel est très varié ou presque toutes les branches industrielles sont présentes avec une prédominance des activités manufacturières et de transformation qui compte plus de 220 unités en activité au niveau de Bejaia.

❖ **Commerce**

La zone d'influence appartient à une zone à fort mouvement commercial. Cette région, occupant une situation stratégique, joue le rôle d'une zone de transit entre l'Est, le Centre et l'Ouest du pays drainant un trafic routier important.

❖ **Pêche**

La zone d'influence du projet abrite l'oued Soummam, qui est parmi les plus importants cours d'eau de la région, et qui se déverse dans la mer où se pratiquent diverses activités maritimes telles que la pisciculture en milieu continental.

Sur une longueur maritime de 100 Km, l'activité de pêche réalise un stock estimé à 10.000 Tonnes par an et une production moyenne de l'ordre de 2.915 Tonnes par an (toutes espèces confondues), dont 88,37 % de poisson pélagique (Bleu).

XIII.4.4 Infrastructures de transport

Les différentes infrastructures de transport présentent sur la zone d'étude sont inventoriées dans ce qui suit.

XIII.4.4.1. Infrastructures ferroviaires

La ligne ferroviaire qui relie, actuellement, la ville de Bejaia à celle de Beni Mansour, dispose de 09 gares et 05 haltes au niveau des principaux centres urbains de la vallée de la Soummam par lesquelles transitent en moyenne près plus de 1.200 voyageurs/jour dans les deux sens.

XII.4.4.2 Infrastructures maritimes

Le port de Bejaia appartient à la zone d'influence du présent projet où il constitue un facteur très important de développements local et régional du point de vue commercial et économique, aussi bien pour le transport de marchandises que pour les voyageurs.

XII.4.4.3 Infrastructures routières

Le réseau routier de la zone du projet est assez important. Formé de routes nationales et chemins de wilaya, il est représenté par huit principales routes nationales qui desservent les grandes agglomérations de la wilaya de Bejaia en assurant en même temps un lien important avec les wilayas. Il s'agit des routes nationales RN 26, RN 12, RN 09, RN 43, RN 24, RN 75, RN 74 et RN 15.

L'aire du projet de la future pénétrante Autoroute Est – Ouest / Bejaïa est comprise entre la wilaya de Bouira (côté Sud - Ouest) et la wilaya de Bejaia (côté Nord - Ouest), cette nouvelle infrastructure est insérée dans le même couloir que la voie ferrée existante sur une longueur de 80 Km.

XIII.4.5 Paysage

- La zone du projet d'étude regroupe la vallée de la Soummam et une partie de la vallée du Sahel.
- Dans la zone Sud et la zone Est, le territoire à une topographie variée, avec des vallonnements importants en prévalence orientés dans la direction Nord-Est.
- La ligne ferroviaire actuelle traverse une zone montagneuse à pluviométrie intense.
- La voie ferrée longe le lit principal de l'oued Soummam et traverse ce dernier en plusieurs points.

XIII.5 ETUDE PARCELLAIRE POUR LE PROJET D'ETUDE

Les secteurs compris dans l'aire d'étude sont en grande majorité des terres agricoles, cependant, on y rencontre aussi :

- Des zones d'habitat actuel.

- Des zones d'activités en projet.
- Des zones naturelles à protéger.
- Des espaces boisés.

Les principales parcelles traversées par le tronçon d'étude sont récapitulées dans le tableau XIII.2 **(joint en ANNEXE).**

XIII.6 IDENTIFICATION ET EVALUATION DES IMPACTS PRESIVIBLES DIRECTS OU INDIRECTS

Les impacts qui seront générés par les activités liées au projet, et ceux qui résulteront de son exploitation, ont été évalués selon les indicateurs qui suivent :

XIII.6.1 Catégorie

- Impact positif.
- Impact négatif.

XIII.6.2 Durée : par rapport aux étapes du projet

- **Temporaire :** L'impact est ressenti durant une activité ou au plus durant la réalisation du projet.
- **Permanente :** L'impact a des conséquences pendant toute la durée de vie de l'infrastructure ou lorsque les effets ressentis sont irréversibles.

XIII.6.3 Etendue l'impact ou sa localisation

L'étendu des impacts peuvent être ponctuels, locaux ou régionaux.

- **Ponctuelle :** Lorsque l'intervention n'affecte qu'un élément environnemental situé à proximité du projet.
- **Locale :** Lorsque l'intervention affecte un ou plusieurs éléments environnementaux situés à une certaine distance du projet ou lorsqu'un milieu dit « local » est affecté.
- **Régionale :** Lorsque l'intervention a des répercussions sur un ou plusieurs éléments environnementaux situés à une distance importante du projet

XIII.6.4 Degré d'importance : Impact sévère ou impact mineur.

Permanent

Temporaire

Tableau XIII.2 Matrice d'impact

		Milieu physique					Milieu naturel		Milieu humain						Paysages
		Vocation des sols	Consommation et pollution des ressource	Stabilité des sols, reliefs et érosion	Perturbation et pollution sur les écoulements	Perturbation sur la qualité de l' air	Couvert végétal	Faune	Espaces agricoles et d' activité	Emploi	Nuisances sonore	Production de déchets solides et rébus	Perturbation des réseaux de transport énergie	Paysage
Phase de chantier	Installation de chantier	D,R,m			R,m			D,s		R,s				
	Ouverture et aménagement des pistes d'accès	D,R,m	R,m	R,m	D,R,s			D,R,s			R,m			
	Protection et déviation des réseaux												R,m	
	Ouverture de carrières d'emprunt	D,R,s	D,R,s	D,R,s	R,s	R,s		D,s			D,s			D,R,s
	Ouverture de la zone de dépôt	D,R,s	D,R,s		R,m	R,m		D,R,s		R,m	D,s	D,R,s	R,m	D,R,s
	Dégagement des emprises	D,R,s						D, R, s				D,R,s		
	Terrassement			D,R,s	R,s	D,R,s					D,s			
	Travaux de voie										D,s			
	Drainage													
	Ouvrages d'art	R,m	R,m	R,m	R,m						R,m		D,R,m	R,m
	Ouvrage routier												D,R ,m	D
	Ouvrage ferré	R,m			R,s	R,s								D
	Installation d'énergie	D,m			R,m	R,m		R,m			R,m		R,m	
Règlement de chantier		D,R										R,m		
Phase de mise en service											D,m		R,m	
Phase d'exploitation		D,R,m						D,m		D,s	D,m			R,m

XIII.7 MESURES TECHNIQUES ET PREVENTIVES D'INTÉGRATION ENVIRONNEMENTALE

XIII.7.1 Installation et emplacement des chantiers

Le chantier devra être soumis au contrôle des autorités de planification urbaine pour sa mise en place et son fonctionnement. Ce cas de figure ne fera cependant pas l'objet d'autres développements dans la présente étude. Le choix de l'emplacement du chantier nécessitera une attention toute particulière.

De manière générale, le site devra être situé de telle sorte qu'il permette l'accès aisé :

- Aux routes principales existantes,
- Aux sites de construction,
- Aux infrastructures existantes,
- A l'extérieur des zones connues de recharge des nappes phréatiques.
- Le choix du site doit également tenir compte de sa réutilisation future.

XIII.7.1.1 Déversement des eaux usées

D'une manière générale, il est souhaitable que le chantier soit relié à un système d'égout existant avec l'approbation des services compétents. Cette approbation dépendra du volume des eaux usées, des capacités existantes du système et de l'aptitude du système de traitement et de décharge à traiter le type de déchets prévu.

XIII.7.1.2 Déversements accidentels et fuites

Les déversements accidentels et les fuites de produits chimiques entreposés sur les sites représentent une menace sérieuse pour les ressources en eau.

Il convient donc de demander à l'entrepreneur, l'inventaire des matériaux devant être stockés sur le site ainsi qu'une évaluation des quantités de matériaux nécessaires périodiquement. Les quantités seront données à titre indicatif.

XIII.7.1.3 Déchets solides

Il est de pratique courante que le chantier de construction bénéficie des services municipaux de collecte des déchets solides.

Après avoir pris connaissance de la liste des matériaux devant être stockés sur le site, l'inspecteur environnement devra indiquer à l'entrepreneur quels sont les déchets solides susceptibles d'être générés et qui nécessitent une manipulation ou un traitement spécial et doivent donc être séparés des autres déchets pour la récupération et la décharge.

XIII.7.1.4 Accès

Le contrôle d'accès nécessitera la restriction des mouvements tournants aux points d'accès autorisés, ainsi que l'amélioration éventuelle de l'agencement des points de jonction afin d'éviter et réduire les accidents.

II pourrait également comprendre la mise en place d'un planning horaire pour le trafic des engins de construction qui sera interdit dans des tranches horaires déterminées.

XIII.7.2 Lutte contre l'érosion

L'observation des emprises de la voie, l'état de détérioration des drains par endroits tout au long de la voie, appellent à une prise en charge pour atténuer l'effet de l'hydro orphie des sols et évacuer l'excès des eaux de ruissellement et réduire leur stagnation.

XIII.7.3 Mesures préconisées pour la protection de la faune

Des passages pour la faune, en particulier, les mammifères, doivent être préconisés et localisées à partir d'observations sur site et de renseignement requis auprès des structures forestières et agricoles.

Les ouvrages hydrauliques peuvent servir de passage pour une certaine catégorie de faunes, il serait judicieux d'adapter leur conception afin d'optimiser leur réalisation.

XIII.7.4 Mesures contre le bruit

L'aménagement d'écrans antibruit est recommandé. Selon l'espace disponible, cet écran peut être constitué d'un mur seul, d'un mur avec butte ou d'une butte seule. L'énumération des diverses mesures d'atténuation prévisible est faite par zone.

XIII.7.5 Végétalisation

La majorité des tâches de végétalisation doivent être réalisée en fin de chantier de terrassement et d'assainissement en ce qui concerne la ligne ferroviaire et la fermeture les carrières, les bancs d'emprunt et aires de dépôt des remblais. Toutes les précautions seront prises pour ne pas dégrader les ouvrages exécutés. Il y aura lieu de prévoir : les platelages, géotextiles, la vérification de surcharges ou de roulements sur ouvrages enfouis, etc.

XIII.7.6 Reconstruction d'habitation

Quelques constructions identifiées lors de l'inventaire de terrain sont susceptibles d'être affectées par la construction de la modernisation de la voie ferrée. Elles comprennent des habitations et des zones agricoles.

XIII.7.7 Mesures d'atténuation des impacts concernant la signalisation

Il est impératif de protéger les lieux avoisinants (en phase de chantier) par un système de clôture, de signalisation et délimitation du périmètre des travaux.

- ✓ La conception de la mise en place de panneaux de signalisation en matériaux durable.
- ✓ Une campagne d'information de longue durée doit être menée pour accompagner la mise en place des panneaux de signalisation et toucher les usagers du rail.
- ✓ Pancartes indiquant le danger par rapport à l'équipement électrique.

XIII.8 MESURES D'INSERTION ET D'ATTÉNUATION PROPOSÉES

Le tableau XIII.5 représente des différents impacts négatifs sur le tronçon étudié et les diverses solutions proposées.

Tableau XIII.3 Les différents impacts négatifs sur le tronçon étudié et les diverses solutions proposées.

Milieu	Thématique	Phases du projet concernées	SOURCE D'IMPACTS /EFFET D'IMPACTS	MESURES PROPOSEES
Milieu physique	Le Sol	Pré-construction	❖ **Sources** ▪ La perte des sols par le décapage de l'emprise. ▪ Le terrassement du sol. ▪ L'accentuation des phénomènes de l'érosion. ❖ **Effet d'impact** ▪ Perturbation des horizons de surface et mise à nu du terrain contribue à rendre le sol sensible à l'érosion. ▪ La mise à nu du terrain contribue à rendre le sol sensible à l'érosion dans une zone reconnue comme instable.	▪ Optimiser le tracé de la ligne ferroviaire, et plus particulièrement son profil en long pour minimiser les hauteurs de terrassements. • Favoriser la reprise végétale dans la zone perturbée afin de prévenir les risques d'érosion du sol.
	Eaux souterraines	Construction	❖ **Sources** ▪ Les travaux de chantier. ❖ **Effet d'impact** ▪ Pollution des eaux souterraines par infiltration.	▪ Collecte et élimination des déchets solides et liquides.
	Eaux superficielles	Construction	❖ **Sources** ▪ Déversements pendant les travaux, suite à d'éventuels accidents, à une mauvaise gestion environnementale des travaux et des installations auxiliaires. ▪ Entraînements de terres vers les cours d'eau dans les zones de travaux les plus proches ▪ Les défrichements, remblayages, aplanissements et autres terrassements.	▪ Les eaux de ruissellement se chargeant en matières en suspension, hydrocarbures…, il sera nécessaire de les traiter avant leur rejet dans le milieu naturel. Pour cela, des bassins de rétention seront conçus afin de recueillir les eaux. ▪ Améliorer la collecte et le traitement des eaux usées et pluviales.
	Profil et pente d'équilibre	Construction	❖ **Source d'impact** ▪ Excavation et remplissage (déblais et remblais) ❖ **Effet d'impact** ▪ Modification du profil et de la pente d'équilibre du terrain naturel par excavation et remplissage dans une zone reconnue comme instable.	▪ Réaliser les travaux de terrassement des pentes selon les normes et le recouvrement des surfaces à l'aide d'une couche de terre végétale suffisante pour la reprise de la végétation.
	L'air et l'atmosphère	Construction	❖ **Sources**	▪ Utiliser des matériaux propres et exempts de particules fines pour la construction des batardeaux et des chemins d'accès.

			▪ Des émissions de poussières dues au transport de matériaux par les camions et les travaux de débroussaillage, excavation, remblayage. ▪ Une dispersion accidentelle de produits chimiques gazeux. ▪ Dépôt et pose de ballast. ❖ **Effet d'impact** ▪ La pollution atmosphérique	
	Réseau de drainage	Exploitation	❖ **Source d'impact** ▪ Aménagement des fossés. ❖ **Effet d'impact** Le réseau de drainage de la nouvelle voie ferrée et des voies collectrices modifie le drainage local, génère de l'érosion du sol et altère la qualité de l'eau de surface.	▪ Eviter de rediriger les eaux de ruissellement directement vers les cours d'eau et habitats humides, aménager plutôt des bassins de rétention au sommet des talus afin de limiter l'apport de matières en suspension ou toutes autres substances en provenance de la voie.
Milieu biologique	Végétation	Pré-construction	❖ **Source d'impact** ▪ Acquisition. ▪ Déboisement. ▪ Installation de chantier. ❖ **Effet d'impact** ▪ Perte d'espaces boisés. ▪ Perturbation possible des activités agricoles pendant l'organisation du chantier.	▪ La réalisation des travaux de déboisement et autre intervention sur la végétation en automne lorsque les activités de nidification et d'élevage des couvées sont terminées. ▪ Effectuer des travaux de plantations (sans monticule) en bordure de la ligne de chemin de fer.
	Faune	Exploitation	❖ **Source d'impact** ▪ Transport et circulation ❖ **Effet d'impact** ▪ Risque de collision avec la grande faune (sangliers).	▪ Sensibilisation du personnel du chantier sur l'importance de la flore et la faune locales surtout les espèces protégées et celle en voie de disparition. ▪ Prendre les mesures adéquates pour limiter les risques de mortalités de la faune sauvage par collision et écrasement. ▪ Signalisation des passages des animaux domestiques et sauvages.
	Flore	Construction	▪ **Source d'impact** ▪ Déboisement et construction de la ligne ferroviaire. ❖ **Effet d'impact** ▪ L'abattage d'un nombre important des arbres, d'arbustes ,… ce qui provoque une réduction du couvert végétal, et une diminution de productivité agricole.	▪ Effectuer des travaux de plantations en bordure de la ligne de chemin de fer.

Milieu humain	Bruit et vibrations		❖ **Sources d'impact** ▪ Travaux de débroussaillage, excavation, remblayage, mouvement des machines dans les zones proches des travaux. ▪ Présence et utilisation de l'infrastructure. ❖ **Effet d'impact** ▪ Faible augmentation de bruit pour les résidences riveraines.	▪ Dans des phases postérieures, une étude acoustique sera réalisée afin de déterminer les besoins d'écran acoustique. ▪ S'assurer que tous les véhicules ou équipements utilisés sur le chantier soient en bon état et équipés de silencieux en bon état. ▪ Utilisation d'un matériel homologué récent et insonorisé. De plus, les chantiers veilleront à respecter les horaires légaux de travail, durant la journée.
	Mode de vie	Construction	❖ **Source d'impact** ▪ Organisation du chantier. ▪ Transport et circulation. ▪ Déblaiement et remplissage. ▪ Construction des routes collectrices. ❖ **Effet d'impact** ▪ Perte de revenus potentiels pour les agriculteurs due à la vente de terrains pour l'implantation de l'infrastructure. ▪ Perturbation des habitudes de vie des résidents à proximité de la future ligne ferroviaire. ▪ Perturbation des habitudes des usagers de la ligne ferroviaire.	▪ Maintenir l'accès aux résidences et aux secteurs utilisés pour des activités récré touristiques, de même qu'aux terres en culture durant les travaux ▪ Prévenir et informer les propriétaires dont le terrain va être modifié lors des travaux ; ▪ S'assurer que les négociations avec les propriétaires des terrains soient réalisées en fonction de la Loi sur les expropriations pour les projets d'utilité publique
	Santé publique et sécurité		❖ **Source d'impact** ▪ Transport et circulation. ▪ Déblaiement et remplissage. ▪ Installations électriques sur la voie, caténaires, éléments sur la voie (balises, détecteurs, boîte déconnexions...). ❖ **Effet d'impact** ▪ Risque d'accident dû à la présence d'aires excavées. ▪ Risque d'accidents routiers engendrés par la circulation des machines et véhicules lourds. ▪ Risque d'électrocution et/ou fonctionnement incorrect des équipements de télécommunications et de signalisation.	▪ Rétablissement des cheminements ▪ Installation des clôtures.

XIII.9 CONCLUSION

Cette étude environnementale est un élément constitutif de l'étude économique, technique et environnementale des travaux de dédoublement et la modernisation de la ligne ferroviaire Beni-Mansour/Bejaia sur le tronçon du Pk 72+000 au Pk 82+000.

Le présent chapitre traite principalement de l'état actuel de l'environnement immédiat de la voie, de l'identification et de l'évaluation des impacts et des effets que les travaux auront sur cet environnement, les mesures utiles et nécessaires pour atténuer les impacts négatifs, un plan de surveillance et de suivi d'impact du projet et des éléments d'évaluation sommaire de ces mesures.

CHAPITRE XIV

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

CHAPITRE XIV: DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Devis quantitatif et estimatif

Tableau XIV.1 Devis estimatif et quantitatif

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Prix Total HT (DA)
	I. Installation de chantier et étude d'exécutions				
I.1	Amenée du matériel et installation général du chantier.	F	1	140.000.000,00	140.000.000,00
I.2	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1	25.000.000,00	25.000.000,00
I.3	Étude d'exécution	F	1	50.000.000,00	50.000.000,00
Coût total installation de chantier et études d'exécution (DA)					**265.000.000,00**
	II. Terrassements				
II.1	Déblai mis en remblai	M3	197596	800,00	158.076.800,00
II.2	Déblai mis en dépôt	M3	199205	600.00	119.523.000,00
II.3	Décapage de terre végétale	M3	120748	220.00	26.564560,00
II.4	Remblai d'apport	M3	24128	2 500,00	60.320.000,00
II.5	Démolition des constructions	M3	1200	2 500,0	3 000.000,00
II.6	Fourniture et mise en œuvre de la couche de Forme.	M3	125740	2 500,00	314.350.000,00
II.7	Fourniture et mise en œuvre de la couche de sous ballast	M3	56867	3 500,00	199.034.500,00
II.8	Fourniture et mise en œuvre des granulats drainants pour stabilisation des sols (63-200) mm	M3	25875	1 500,00	38.812.500,00
II.9	Géotextile anti contaminant	M2	262800	1 500,00	394.200.000,00
Coût total des terrassements (DA)					**134 088.200,00**
	III.OUVRAGES D'ART				
III.1	Ouvrages d'art courant	M2	7476	150 000,00	1.121.400.000,00
Coût total des ouvrages d'art (DA)					**1.121.400.000,00**
	IV. OUVRAGES HYDRAULIQUES				
IV.1	Fossés trapézoïdaux en béton armé	ML	11928	7 500,00	89.460.000,00
IV.2	Buses en Béton Armé Ø1500	ML	1347.00	55 000,00	74.092.700,00

IV.3	Dalot en béton armé 4x2	M3	134.00	50.000,00	6.700.000,00
IV.4	Dalot en béton armé 3x4x2	M3	454	50.000,00	22.693.500,00
	Dalot en béton armé 2x4x2	M3	242	50.000,00	12.086.000,00
Coût total des ouvrages hydrauliques (DA)					**205.032.000,00**
	V. TRAVAUX DE VOIE				
V.1	Fourniture et pose de ballast sur épaisseur de 0,30 m	M3	69096	2 000,00	138.192.000,00
V.2	Fourniture des rails UIC54	T	3517	250.000,00	879.250.000,00
V.3	Pose de voie UIC 54	ML	31140	10.000,00	311.400.000,00
V.4	Fourniture d'appareil de voie UIC54-500-1/12	U	8	15 000 000.00	120 000 000.00
V.5	Pose d'un appareil de voie UIC 54-500-1/12	U	8	6 500.00	52 000.00
V.6	Fourniture des traverses en béton armé bibloc type B440	U	51924	7 000.00	363 468 000.00
V.7	Fourniture d'attache élastique	U	207696	200.00	415.400.000, 00
V.8	Soudure aluminothermique	U	216	9 500,00	2.052.000,00
V.9	Soudure électrique	U	3370	9 300,00	31.341.000,00
Coût total des travaux des voies (DA)					**2 261.155.000,00**
	VI. GARE ET HALTE				
VI.1	Batiment de voyageur + Aménagement	M2	510	80.000,00	40.800.000,00
VI.2	Quais	M2	7000	20 000,00	140.000.000,00
Coût total de gare et halte (DA)					**1 80.800.000,00**
	VII. SIGNALISATION ET ELECTREFICATION				
VII.1	Electrification 25 kV/50 Hz	Km	15	928075000,00	
VII.2	Signalisation			464037500,00	
Coût total de signalisation et électrification (DA)				**1392112500,00**	

Tableau XIV.2 Récapitulation des prix sur les lots

Récapitulation		
Lot N°	Désignations des lots	Montant (DA)
Lot N° I	Installation du chantier et étude d'exécution	265.000.000,00
Lot N° II	Terrassements	134 088.200,00

Lot N° III	Ouvrages d'art	1.121.400.000,00
Lot N° IV	Ouvrages hydrauliques	205.032.000,00
Lot N° V	Travaux de voie	2 261.155.000,00
Lot N° VI	Gare et halte	1 80.800.000,00
Lot N° VII	Signalisation et électrification	1 400.000.000,00

Tableau XIV.3 Récapitulation des prix sur les lots

TOTAL	
Montant du projet HT	5 567.775.200,00
Montant du projet en TTC	6 625.652.500,00

Montant du projet en TTC :

Six milliards six cent vingt-cinq millions six cent cinquante-deux mille cinq cents dinar algérien.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le présent projet de fin d'études « Etude en APD du dédoublement de la ligne ferroviaire Beni-Mansour/Bejaia du PK 72+000 au PK 87+000 » a été pour nous une opportunité pour concrétiser les connaissances théoriques et techniques acquises tout au long du cycle de formation à l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP).

Pour cette étude, nous avons essayé de respecter toutes les normes ferroviaires en vigueur (SNTF, UIC, SNCF…) pour adapter la voie actuelle aux exigences de modernisation et permettre d´atteindre une vitesse de 160 km/h. Une attention particulière a été portée sur les conditions exigées par la situation réelle en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et en prenant en considération le confort, la sécurité des usagers et l'environnement.

De ce fait, les démarches de l'étude ont été dictées par le respect des principaux points suivants :

- Le tracé a été développé à partir des données topographiques, et a été réalisé de telle sorte qu'il soit parallèle à l'axe existant, là où il y a dédoublement.
- La ligne rouge a été conçue de manière à garder les côtes projet proches des côtes de la ligne existante lorsque la nouvelle voie est parallèle à l'existante.
- Le dimensionnement de la structure d'assise s'est fait selon les normes en vigueur pour un bon comportement de la voie ferrée du point de vue rigidité, tenue et drainage.
- Un réseau d'assainissement efficace a été préconisé pour assurer un bon service à long terme et la pérennité de la voie.
- L'aménagement de la gare a été établi de manière à satisfaire les besoins des usagers de la voie ferrée en termes de déplacements et de communication avec d'autres régions.
- Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement, les divers effets du dédoublement ont été identifiés et les mesures de réduction, de suppression et de compensation ont été proposées.
- L'estimation du coût détaillé des travaux du projet englobe aussi bien les travaux de dédoublement de la voie ferrée Beni-Mansour/Bejaia sur 15 Km, mais aussi la modernisation du tracé en vue d'une vitesse à 160 Km/h.

L'utilisation de l'outil informatique, en l'occurrence les logiciels **COVADIS2013** menu **AUTO PISTE** et **l'AUTO CAD**, nous a permis de mieux maîtriser les étapes de l'étude, de gagner en rapidité de traitement et en fiabilité de résultats. Cet outil nous a permis de bien exploiter l'espace qui était réservé au projet et d'éviter les contraintes existantes pour déterminer le meilleur tracé possible.

Bibliographie

[1] Cours voie ferrée (4émé et 5eme année) ENSTP 2020/2021-2021/2022.

[2] RPOA 2008.

[3] SNTF, Référentiel technique, chapitre 06 géométries de la voie, version 2005.

[4] Code UIC 719R, ouvrage en terre et couches d'assise ferroviaires, 3e édition, Novembre 2003.

[5] les normes UIC (741). Quais des gares à voyageurs-Règles pour l'implantation des bordures des quais par rapport à la voie.

[6] COSIDER INGENEERING « Rapport de l'étude géologique ».

[7] COSIDER INGENEERING « Rapport de synthèse géotechnique ».

[8] COSIDER INGENEERING « Rapport de l'étude hydrologique et hydraulique ».

[9] COSIDER INGENEERING « Rapport du trafic de la ligne Beni Mansour/Bejaia ».

[10] Sétra, Guide technique : Assainissement routier, Octobre 2006.

[11] IN 3278 - Référentiel Technique pour la réalisation des LGV – Partie Génie Civil – Tome II – LGV « Voyageurs » - Ouvrages en terre.

[12] Application Ferroviaire-Spécification Technique « fournitures de granulats utilises pour la réalisation et l'entretien » Édition de octobre 1995 (réédition d'août 2001) SNCF.

DES VOIES FERREES A USAGE ELECTRIQUE.

[13] Sétra, Guide technique : Réalisation des remblais et des couches de forme juillet 2000 2émé EDITION.

[14] Mémoire de fin d'étude de l'Ecole Nationale Supérieure Des Travaux Publics

(2020/2016/2012/…)

[15] Jean Alias « la voie ferrée » 2e édition 1984.

[16] Site internet (Wikipédia, Google…..etc.).

LISTE DES ANNEXES

LISTING DE L'AXE EN PLAN

- **Client : ENSTP**
- **Logiciel : Covadis 2013**
- **Réalisé par : OUIS – BOUZIDIA**
- **Description :**

- Axe en plan de la ligne ferroviaire Beni Mansour/ Bejaïa.
- Plage d'abscisse Début : 72000, Fin : 87000.962.

Elmt	Caractéristiques	Longueur	Abscisse(m)	Cordonnées	
				X	**Y**
			72000.00	674182.959	4062988.550
Droite 1	Gis= 65.3881 g	905.830			
			72905.830	674958.177	4063457.128
Cloth 1	A=-396.863	150.000			
			73055.830	675088.330	4063531.627
Arc 1	R= -1050.000 m XC=675565.969 m YC=4062596.554 m	556.197			
			73612.027	675626.266	4063644.822
Cloth 2	A= 396.863	150.000			
			73762.027	675775.405	4063629.092
Droite 2	Gis=108.2051 g	558.430			
			74320.456	676329.203	4063557.318
Cloth 3	A= 383.406	150.000			
			74470.456	676478.363	4063541.843
Arc 2	R= 980.000 m XC=676529.648 m YC=4064520.500 m	314.634			
			74785.091	676789.817	4063575.666
Cloth 4	A= -383.406	150.000			
			74935.091	676932.178	4063622.799
Droite 3	Gis= 78.0219 g	567.314			
			75502.404	677466.019	4063814.785
Cloth 5	A= 379.473	80.000			
			75582.404	677541.095	4063842.415
Arc 3	R= 1800.000 XC=676894.464 m YC=4065522.257 m	223.785			
			75806.189	677744.412	4063935.566
Cloth 6	A= -379.473	80.000			
			75886.189	677814.363	4063974.381
Droite 4	Gis= 67.2778 g	93.789			
			75979.978	677896.033	4064020.494
Cloth 7	A=-383.406	150.000			
			76129.978	678028.455	4064090.869
Arc 4	R =-980.000 m XC=678443.630 m YC=4063203.159 m	536.668			
			76666.646	678551.360	4064177.220

Cloth 8	A= 383.406	150.000			
			76816.646	678699.378	4064153.155
Droite 5	Gis= 111.8845 g	88.464			
			76905.111	678786.305	4064136.736
Cloth 9	A= 383.406	150.000			
			77055.111	678934.322	4064112.671
Arc 5	R= 980.000 m XC= 679042.053 m YC=4065086.731 m	215.491			
			77270.602	679149.379	4064112.626
Cloth 10	A= -383.406	150.000			
			77420.602	679297.407	4064136.630
Droite 6	Gis= 88.1418 g	115.153			
			77535.755	679410.568	4064157.956
Cloth 11	A= -383.406	150.000			
			77685.755	679558.596	4064181.959
Arc 6	R= -980.000 m XC=679665.923 m YC=4063207.854 m	282.937			
			77968.692	679840.382	4064172.201
Cloth 12	A= 383.406	150.000			
			78118.692	679986.394	4064138.014
Droite 7	Gis= 116.2659 g	194.371			
			78313.063	680174.455	4064088.890
Cloth 13	A= 396.863	150.000			
			78463.063	680320.414	4064054.453
Arc 7	R= 1050.000 m XC=680512.604 m YC= 4065086.714 m	491.597			
			78954.660	680806.924	4064078.808
Cloth 14	A= -396.863	150.000			
			79104.660	680948.714	4064127.649
Droite 8	Gis= 77.3656 g	816.532			
			79921.192	681714.178	4064411.881
Arc 8	R=18000.000 m XC=675448.432 m YC=4081286.134 m	172.318			
			80093.510	681875.430	4064472.637
Droite 9	Gis= 76.7561 g	691.717			
			80785.227	682521.551	4064719.618
Cloth 15	A= -314.643	90.000			
			80875.227	682606.043	4064750.601
Arc 9	R=-1100.000 m XC=682956.453 m YC=4063707.907 m	145.834			
			81021.061	682746.950	4064787.772
Cloth 16	A= 314.643	90.000			
			81111.061	682835.730	4064802.496
Droite 10	Gis= 90.4049 g	108.079			
			81219.139	682942.584	4064818.724

Cloth 17	A= 383.406	150.000			
			81369.139	683090.222	4064845.015
Arc 10	R= 980.000 m XC=682869.429 m YC=4065799.819 m	1011.497			
			82380.636	683802.294	4065499.548
Cloth 18	A= -383.406	150.000			
			82530.636	683840.902	4065644.454
Droite 11	Gis= 14.9527 g	715.077			
			83245.714	684007.317	4066339.898
Cloth 19	A=-513.809	110.000			
			83355.714	684033.732	4066446.677
Arc 11	R=-2400.000 m XC=686354.424 m YC=4065834.804 m	682.695			
			84038.409	684298.704	4067073.357
Cloth 20	A= 513.809	110.000			
			84148.409	684356.902	4067166.697
Droite 12	Gis= 35.9796 g	528.499			
			84676.907	684639.943	4067613.014
Cloth 21	A=438.178	120.000			
			84796.907	684702.934	4067715.143
Arc 12	R=1600.000 m XC=683320.558 m YC=4068520.772 m	101.550			
			84898.458	684751.249	4067804.444
Cloth 22	A=-438.178	120.000			
			85018.458	684802.271	4067913.049
Droite 13	Gis= 27.1644 g	914.767			
			85933.224	685180.862	4068745.795
Cloth 23	A= -189.737	80.000			
			86013.224	685216.101	4068817.584
Arc 13	R= -450.000 m XC=685607.603 m YC=4068595.714 m	621.059			
			86634.283	685751.258	4069022.169
Cloth 24	A=189.737	80.000			
			86714.283	685825.400	4068992.195
Droite 14	Gis= 126.3439 g	286.679			
			87000.962	686087.882	4068876.922
Longueur totale de l'axe 15000.962 mètres					

LISTING DE PROFIL EN LONG

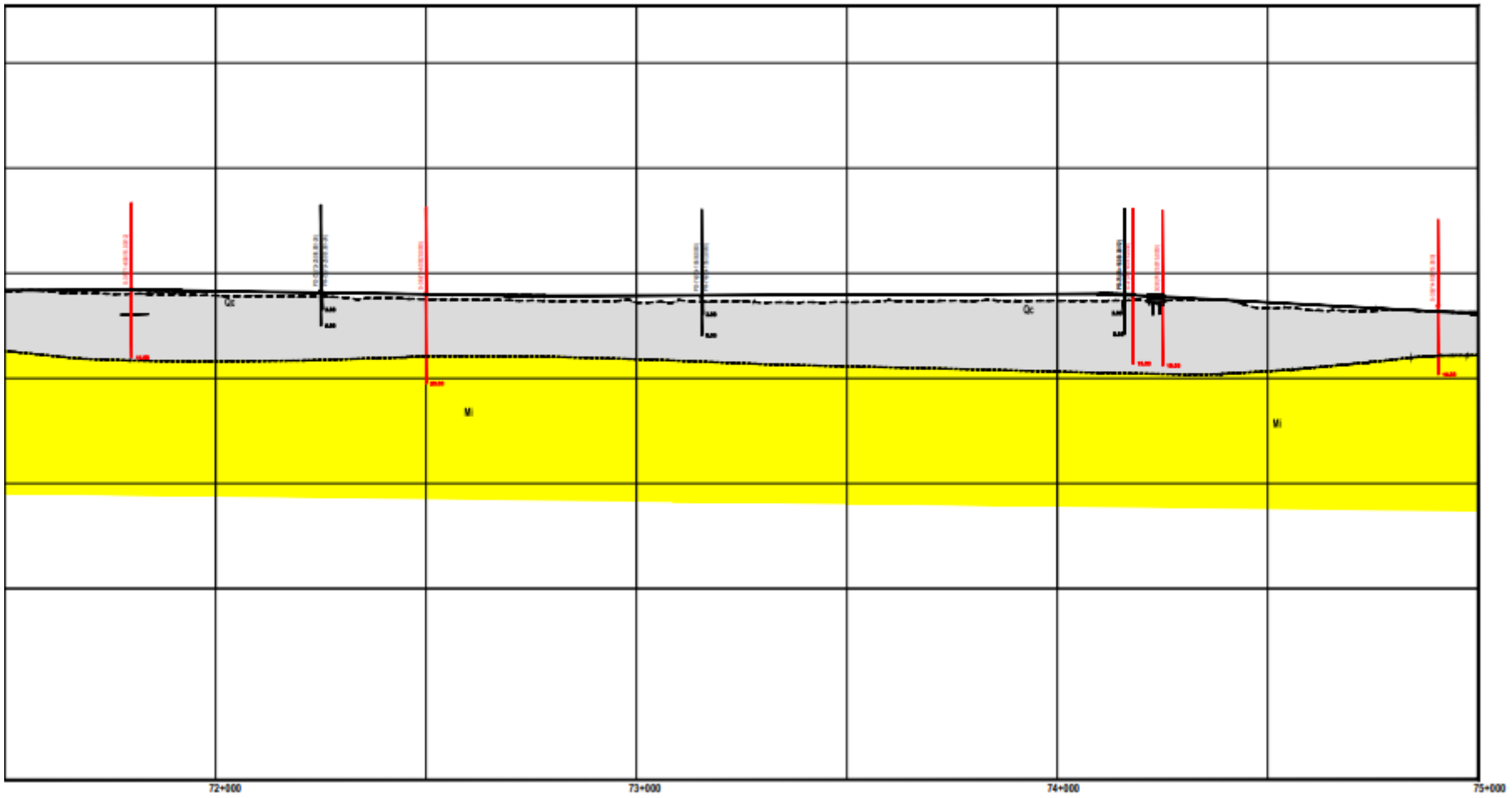
- **Client : ENSTP.**
- **Logiciel : Covadis 2013.**
- **Réalisé par : OUIS – BOUZIDIA.**
- **Description :**

- Profil en long (ligne de la plateforme) de la ligne ferroviaire Beni Mansour/ Bejaïa.
- Plage d'abscisse Début : 72000, Fin : 87000.962.

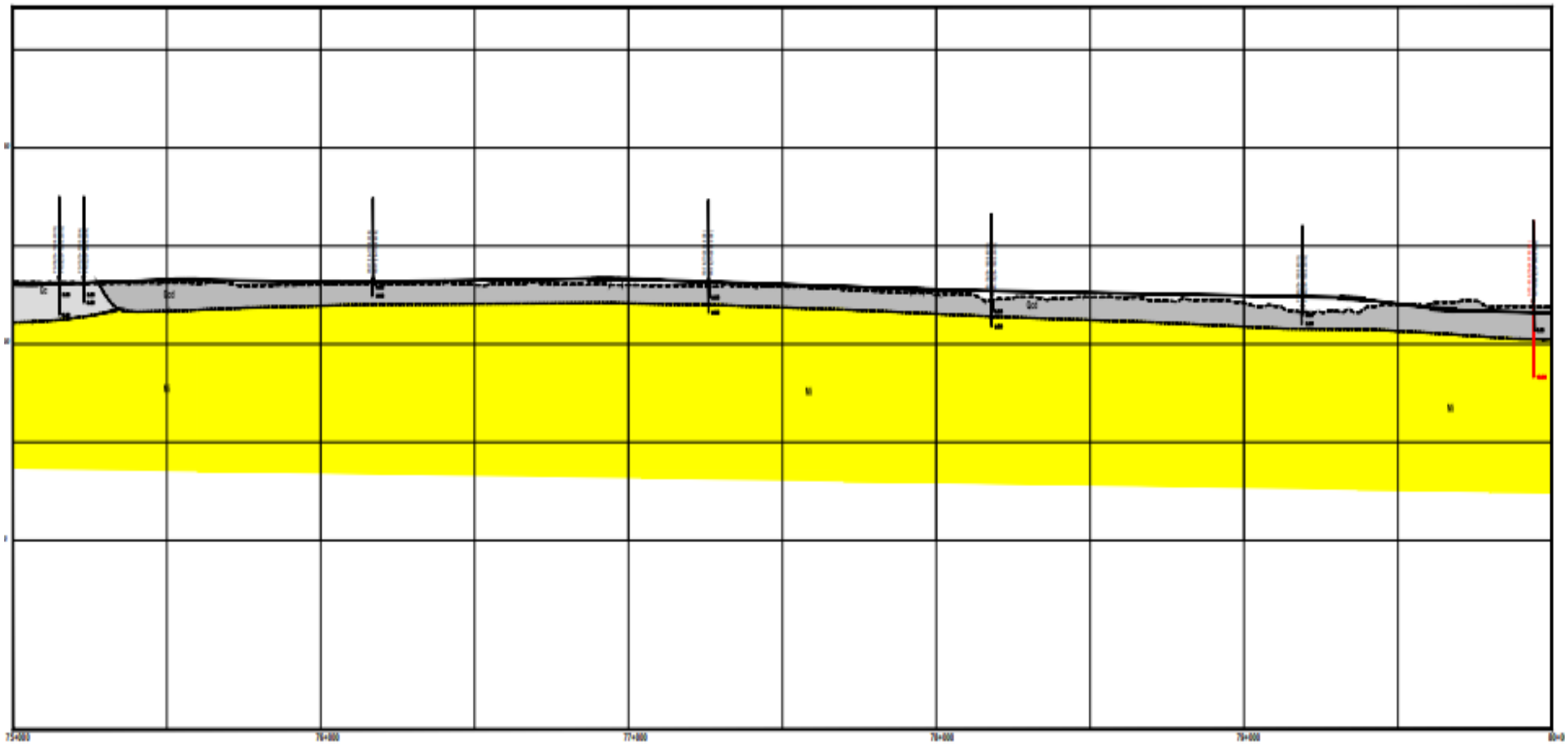
Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Altitude(m)
			72000.000	19.256
Pente 1	-0.02 %	2192.225		
			74192.225	18.809
ARC1	Rayon =-12000.000 m. S=74189.778 m Z=18.809 m	80.505		
			74272.729	18.522
Pente 2	-0.69 %	234.316		
			74507.045	16.902
ARC2	Rayon 15000.000 m S=74610.735 m Z=16.544 m	103.690		
			74610.735	16.544
Pente 3	0.00 %	1629.203		
			76239.938	16.544
ARC3	Rayon =40000.000 m S=76239.938 m Z=16.544 m	88.250		
			76328.188	16.641
Pente 4	0.22 %	199.196		
			76527.384	17.081
ARC4	Rayon=-25000.000 m S=76582.541 m Z=17.142 m	100.124		
			76627.508	17.101
Pente 5	-0.18 %	514.033		
			77141.541	16.177
ARC 5	Rayon= -45000.000 m S=77060.600 m Z=16.249 m	80.268		
			77221.809	15.961
Pente 6	-0.36 %	1563.774		
			78785.583	10.358
ARC 6	Rayon =14000.000 m S=78835.737 m Z=10.269 m	89.402		
			78874.985	10.324
Pente 7	0.28 %	462.695		
			79337.680	11.621

ARC 7	Rayon=15000.000 m S=79379.732 m Z=11.680 m	113.612		
			79451.292	11.509
Pente8	-0.48 %	645.172		
			80096.464	8.431
ARC 8	R=20000.000 m S=80191.878 m Z= 8.204 m	110.645		
			80207.109	8.209
Pente 9	0.08 %	1259.218		
			81466.328	9.168
ARC 9	Rayon=-22000.000 m S=81483.082 m Z=9.175 m	88.053		
			81554.381	
Pente 10	-0.32 %	1462.410		
			83016.790	
ARC 10	Rayon =18000.000 m S=83075.125 m Z=4.225 m	116.420		
			83133.210	4.319
Pente 11	0.32 %	524.850		
			83658.060	6.013
ARC 11	Rayon =-25000.000 m S= 83738.733 m Z= 6.143m	103.852		
			83761.912	6.132
Pente 12	-0.09 %	2034.739		
			85796.651	4.245
ARC 12	Rayon =-10000.000 m S= 85787.379 m Z= 4.250 m	80.725		
			85877.376	3.845
Pente 13	-0.90 %	160.565		
			86037.941	2.400
ARC 13	Rayon=9000.000 m S=86118.937 m Z=2.035 m	80.997		
			86118.937	2.035
Pente 14	0.00 %	881.875		
			87000.812	2.035
Longueur totale de l’axe 15000.962 mètres				

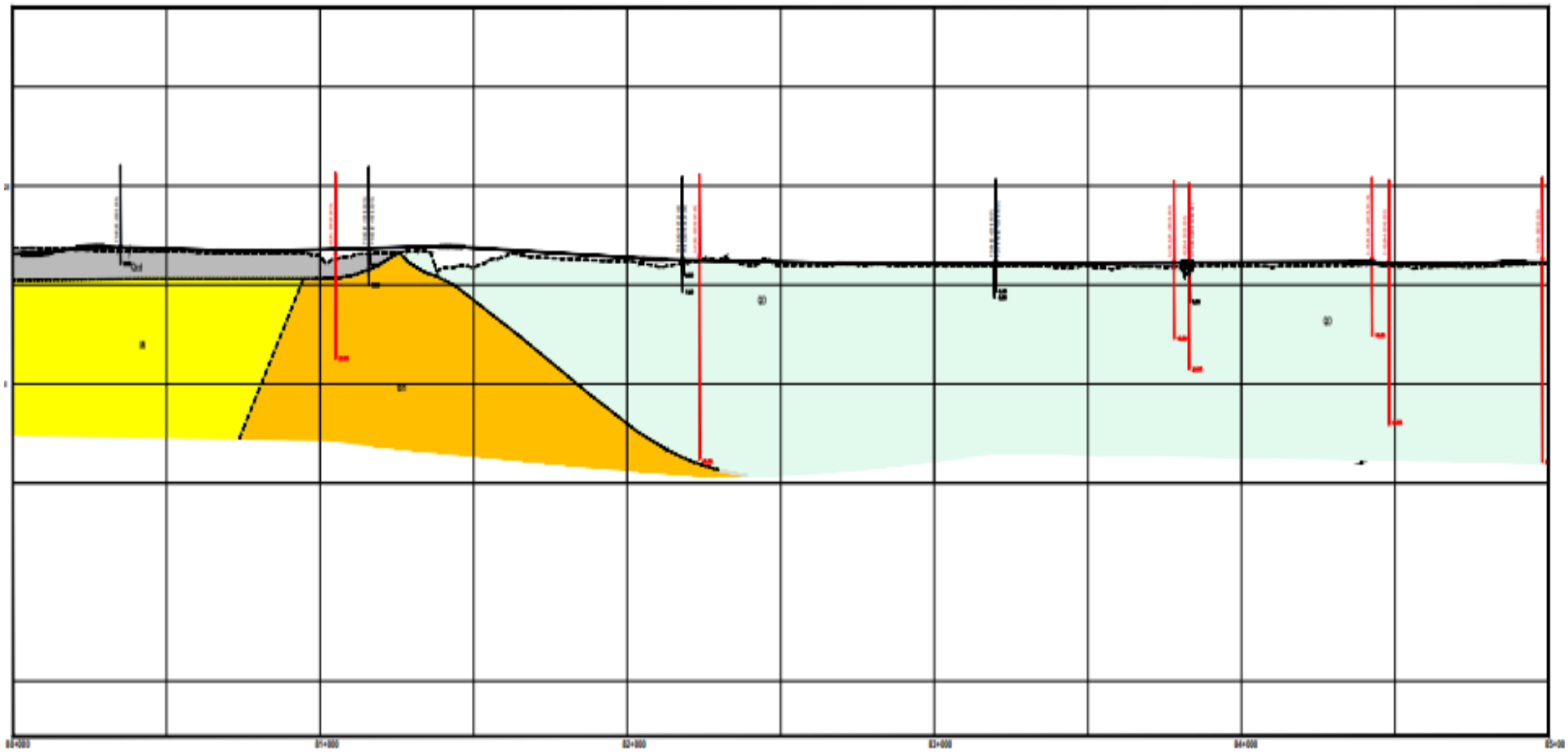
Les profils géotechniques



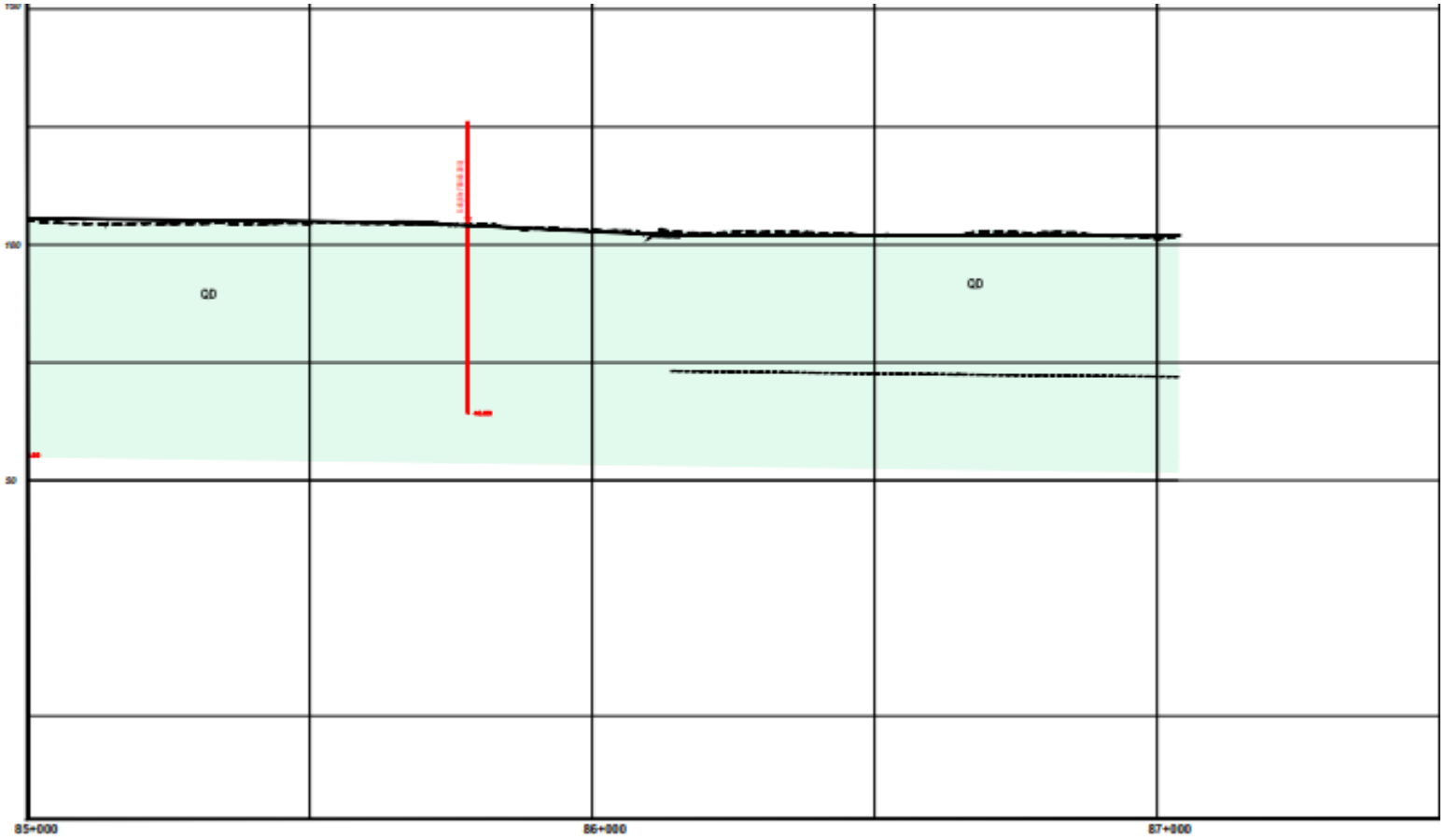
Du PK 72+000 au PK 75+000



Du PK 75+000 au PK 80+000



Du PK 80+000 au PK 85+000



Du PK 85+000 au PK 87+000

Les résultats des essais de pénétromètre dynamique de type BORRO

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR LA REHABILITATION DE LA VOIE FERR...
Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA
Localisation PK72 (PD-72)
No du sondage / date 01 30/05/09

x	y
673471,524	4062634,187

Coupe géologique

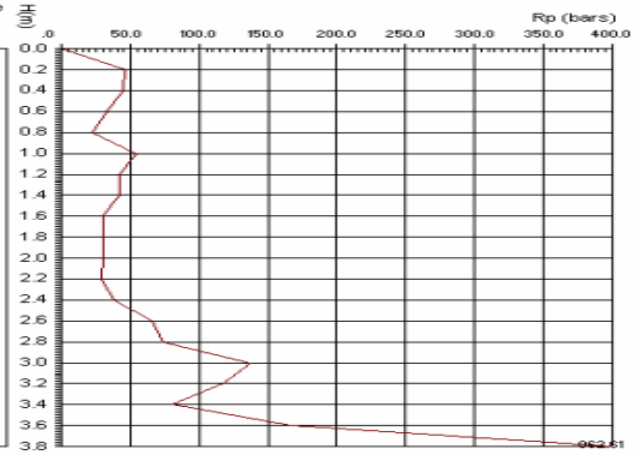


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	4.00	11.50	46.00
0.40	4.00	11.29	45.16
0.60	3.00	11.09	33.27
0.80	2.00	10.89	21.79
1.00	5.00	10.71	53.54
1.20	4.00	10.53	42.10
1.40	4.00	10.35	41.40
1.60	3.00	10.18	30.54
1.80	3.00	10.02	30.05
2.00	3.00	9.86	29.57
2.20	3.00	9.70	29.11
2.40	4.00	9.55	38.22
2.60	7.00	9.41	65.87
2.80	8.00	9.27	74.16
3.00	15.00	9.13	137.00
3.20	13.00	9.00	117.01
3.40	9.00	8.87	79.85
3.60	19.00	8.75	166.20
3.80	100.00	8.63	862.61

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR LA REHABILITATION DE LA VOIE FERR...
Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA
Localisation PK73 (PD-73)
No du sondage / date 02 30/05/09

x	y
674428,011	4063166,690

Coupe géologique

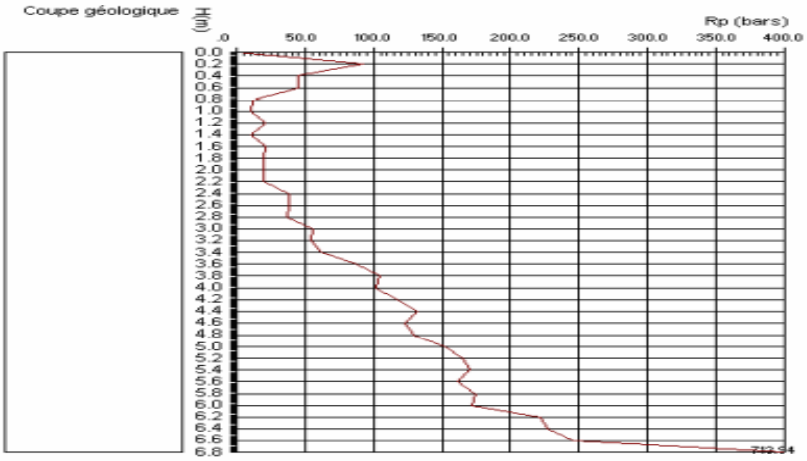


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	8.00	11.50	92.00
0.40	4.00	11.29	45.16
0.60	4.00	11.09	44.36
0.80	1.00	10.89	10.89
1.00	1.00	10.71	10.71
1.20	2.00	10.53	21.05
1.40	1.00	10.35	10.35
1.60	2.00	10.18	20.36
1.80	2.00	10.02	20.03
2.00	2.00	9.86	19.72
2.20	2.00	9.70	19.41
2.40	4.00	9.55	38.22
2.60	4.00	9.41	37.64
2.80	4.00	9.27	37.08
3.00	6.00	9.13	54.80
3.20	6.00	9.00	54.01
3.40	7.00	8.87	62.11
3.60	10.00	8.75	87.48
3.80	12.00	8.63	103.51
4.00	12.00	8.51	102.10
4.20	14.00	8.39	117.50
4.40	16.00	8.28	132.50
4.60	15.00	8.17	122.58
4.80	16.00	8.07	129.06
5.00	19.00	7.96	151.29
5.20	21.00	7.86	165.10
5.40	22.00	7.76	170.80
5.60	21.00	7.67	161.03
5.80	23.00	7.57	174.21
6.00	23.00	7.48	172.12
6.20	30.00	7.39	221.83
6.40	31.00	7.31	226.53
6.60	34.00	7.22	245.56
6.80	100.00	7.14	713.94

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR LA REHABILITATION DE LA VOIE FERR...
Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA
Localisation PK74 (PD-74)
No du sondage / date 03 30/05/09

x	y
675227,418	4063586,219

Coupe géologique

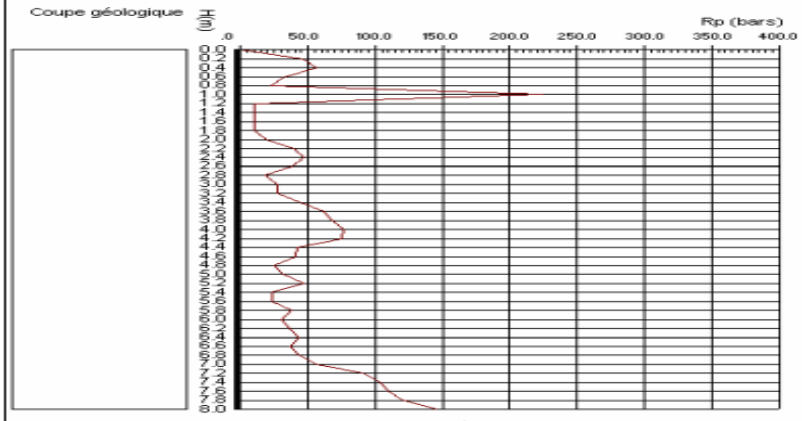


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	4.00	11.50	46.00
0.40	5.00	11.29	56.45
0.60	3.00	11.09	33.27
0.80	2.00	10.89	21.79
1.00	21.00	10.71	224.85
1.20	1.00	10.53	10.53
1.40	1.00	10.35	10.35
1.60	1.00	10.18	10.18
1.80	1.00	10.02	10.02
2.00	2.00	9.86	19.72
2.20	4.00	9.70	38.82
2.40	5.00	9.55	47.77
2.60	4.00	9.41	37.64
2.80	2.00	9.27	18.54
3.00	3.00	9.13	27.40
3.20	3.00	9.00	27.00
3.40	5.00	8.87	44.35
3.60	7.00	8.75	61.23
3.80	8.00	8.63	69.01
4.00	9.00	8.51	76.57
4.20	9.00	8.39	75.54
4.40	5.00	8.28	41.41
4.60	5.00	8.17	40.86
4.80	3.00	8.07	24.20
5.00	4.00	7.96	31.85
5.20	6.00	7.86	47.17
5.40	3.00	7.76	23.28
5.60	3.00	7.67	23.00
5.80	5.00	7.57	37.87
6.00	4.00	7.48	29.93
6.20	5.00	7.39	36.97
6.40	6.00	7.31	43.84
6.60	5.00	7.22	36.11
6.80	6.00	7.14	42.84
7.00	8.00	7.06	56.47
7.20	12.00	6.98	83.72
7.40	15.00	6.90	103.52
7.60	16.00	6.83	109.21
7.80	18.00	6.75	121.53
8.00	22.00	6.68	146.94

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR LA REHABILITATION DE LA VOIE FERR...
Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA
Localisation PK75 (PD-75)
No du sondage / date 04 30/05/09

x	y
676224,101	4063558,408

Coupe géologique

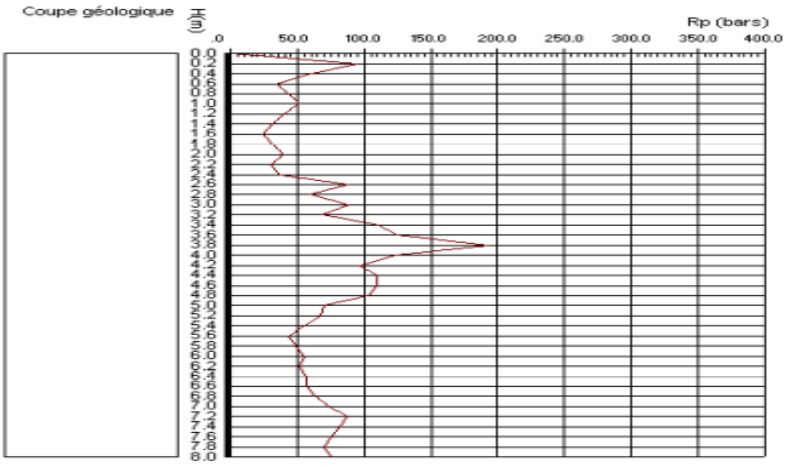


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	11.00	8.60	94.60
0.40	7.00	8.60	60.20
0.60	4.00	8.60	34.40
0.80	5.00	8.60	43.00
1.00	6.00	8.60	51.60
1.20	5.00	7.90	39.50
1.40	4.00	7.90	31.60
1.60	3.00	7.90	23.70
1.80	4.00	7.90	31.60
2.00	5.00	7.90	39.50
2.20	4.00	7.40	29.60
2.40	5.00	7.40	37.00
2.60	12.00	7.40	88.80
2.80	8.00	7.40	59.20
3.00	12.00	7.40	88.80
3.20	10.00	6.90	69.00
3.40	16.00	6.90	110.40
3.60	18.00	6.90	124.20
3.80	28.00	6.90	193.20
4.00	18.00	6.90	124.20
4.20	15.00	6.40	96.00
4.40	17.00	6.40	108.80
4.60	17.00	6.40	108.80
4.80	16.00	6.40	102.40
5.00	11.00	6.40	70.40
5.20	11.00	6.10	67.10
5.40	9.00	6.10	54.90
5.60	7.00	6.10	42.70
5.80	8.00	6.10	48.80
6.00	9.00	6.10	54.90
6.20	9.00	5.70	51.30
6.40	10.00	5.70	57.00
6.60	10.00	5.70	57.00
6.80	11.00	5.70	62.70
7.00	13.00	5.70	74.10
7.20	16.00	5.40	86.40
7.40	15.00	5.40	81.00
7.60	14.00	5.40	75.60
7.80	13.00	5.40	70.20
8.00	14.00	5.40	75.60

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR LA REHABILITATION DE LA VOIE FERR...
Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA
Localisation PK76 (PD-76)
No du sondage / date 05 30/05/09

x	y
677186,214	4063704,594

Coupe géologique

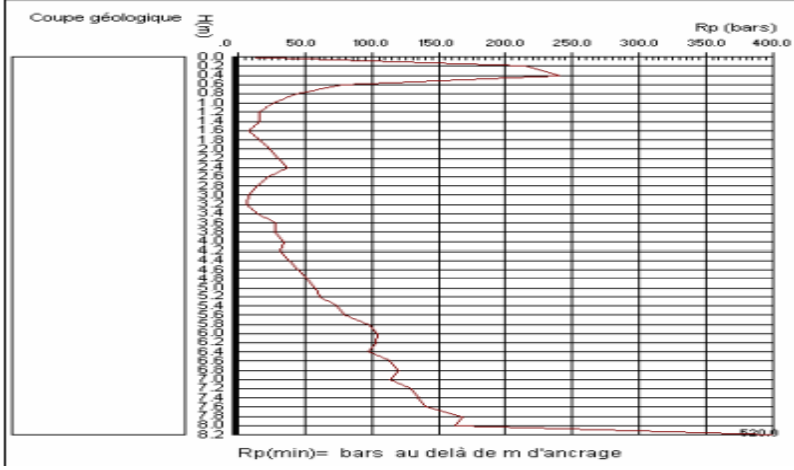


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	25.00	8.60	215.00
0.40	28.00	8.60	240.80
0.60	9.00	8.60	77.40
0.80	5.00	8.60	43.00
1.00	3.00	8.60	25.80
1.20	2.00	7.90	15.80
1.40	2.00	7.90	15.80
1.60	1.00	7.90	7.90
1.80	2.00	7.90	15.80
2.00	3.00	7.90	23.70
2.20	4.00	7.40	29.60
2.40	5.00	7.40	37.00
2.60	3.00	7.40	22.20
2.80	2.00	7.40	14.80
3.00	1.00	7.40	7.40
3.20	1.00	6.90	6.90
3.40	2.00	6.90	13.80
3.60	4.00	6.90	27.60
3.80	4.00	6.90	27.60
4.00	5.00	6.90	34.50
4.20	5.00	6.40	32.00
4.40	6.00	6.40	38.40
4.60	7.00	6.40	44.80
4.80	8.00	6.40	51.20
5.00	9.00	6.40	57.60
5.20	10.00	6.10	61.00
5.40	12.00	6.10	73.20
5.60	13.00	6.10	79.30
5.80	16.00	6.10	97.60
6.00	17.00	6.10	103.70
6.20	18.00	5.70	102.60
6.40	17.00	5.70	96.90
6.60	20.00	5.70	114.00
6.80	21.00	5.70	119.70
7.00	20.00	5.70	114.00
7.20	24.00	5.40	129.60
7.40	25.00	5.40	135.00
7.60	26.00	5.40	140.40
7.80	31.00	5.40	167.40
8.00	30.00	5.40	162.00
8.20	100.00	5.20	520.00

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR LA REHABILITATION DE LA VOIE FERR...
Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA
Localisation PK77 (PD-77)
No du sondage / date 06 30/05/09

x	y
678107,669	4064133,153

Coupe géologique

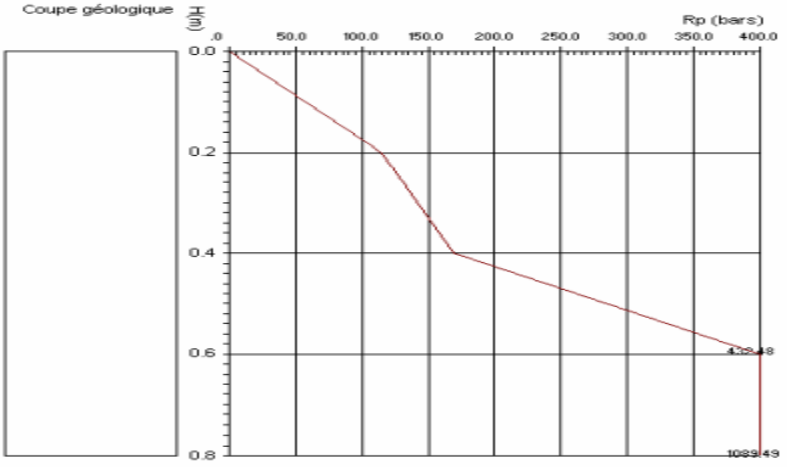


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	10.00	11.50	115.00
0.40	15.00	11.29	169.36
0.60	39.00	11.09	432.48
0.80	100.00	10.89	1089.49

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR LA REHABILITATION DE LA VOIE FERR...
Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA
Localisation PK78 (PD-78)
No du sondage / date 07 30/05/09

x	y
679144,072	4064351,546

Coupe géologique

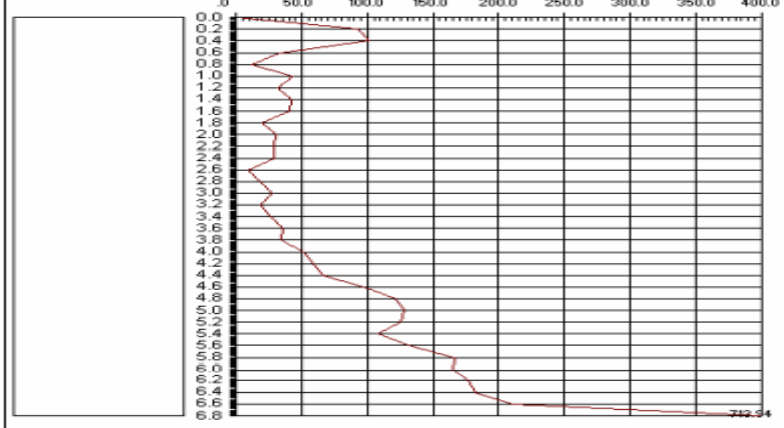


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	8.00	11.50	92.00
0.40	9.00	11.29	101.62
0.60	3.00	11.09	33.27
0.80	1.00	10.89	10.89
1.00	4.00	10.71	42.83
1.20	3.00	10.53	31.58
1.40	4.00	10.35	41.40
1.60	4.00	10.18	40.72
1.80	2.00	10.02	20.03
2.00	3.00	9.86	29.57
2.20	3.00	9.70	29.11
2.40	3.00	9.55	28.66
2.60	1.00	9.41	9.41
2.80	2.00	9.27	18.54
3.00	3.00	9.13	27.40
3.20	2.00	9.00	18.00
3.40	3.00	8.87	26.62
3.60	4.00	8.75	34.99
3.80	4.00	8.63	34.50
4.00	6.00	8.51	51.05
4.20	7.00	8.39	58.75
4.40	8.00	8.28	66.25
4.60	12.00	8.17	98.07
4.80	15.00	8.07	120.99
5.00	16.00	7.96	127.41
5.20	16.00	7.86	125.79
5.40	14.00	7.76	108.69
5.60	17.00	7.67	130.36
5.80	22.00	7.57	166.64
6.00	22.00	7.48	164.63
6.20	24.00	7.39	177.46
6.40	25.00	7.31	182.68
6.60	29.00	7.22	209.45
6.80	100.00	7.14	713.94

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR L'ETUDE DE REHABILITATION ET MODE...
Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA
Localisation PK79 (PD-79)
No du sondage / date 08 30/05/09

x	y
630052,280	4064108,250

Coupe géologique

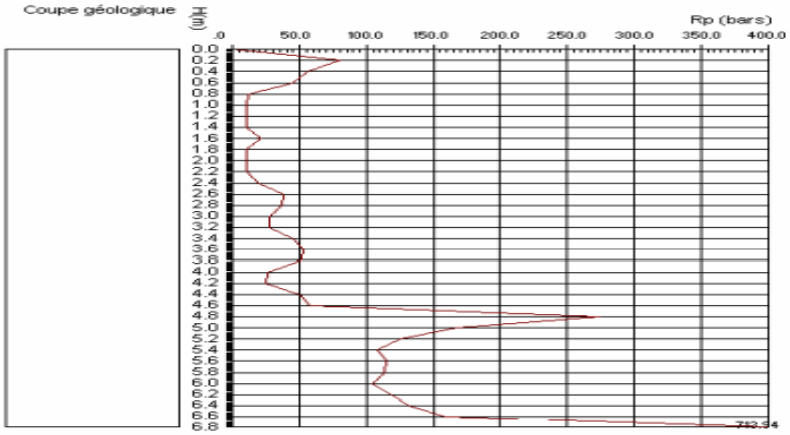


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	7.00	11.50	80.50
0.40	5.00	11.29	56.45
0.60	4.00	11.09	44.36
0.80	1.00	10.89	10.89
1.00	1.00	10.71	10.71
1.20	1.00	10.53	10.53
1.40	1.00	10.35	10.35
1.60	2.00	10.18	20.36
1.80	1.00	10.02	10.02
2.00	1.00	9.86	9.86
2.20	1.00	9.70	9.70
2.40	2.00	9.55	19.11
2.60	4.00	9.41	37.64
2.80	4.00	9.27	37.08
3.00	3.00	9.13	27.40
3.20	3.00	9.00	27.00
3.40	5.00	8.87	44.36
3.60	6.00	8.75	52.49
3.80	6.00	8.63	51.76
4.00	3.00	8.51	25.52
4.20	3.00	8.39	25.18
4.40	6.00	8.28	49.69
4.60	7.00	8.17	57.21
4.80	34.00	8.07	274.25
5.00	21.00	7.96	167.22
5.20	16.00	7.86	125.79
5.40	14.00	7.76	108.69
5.60	15.00	7.67	115.02
5.80	15.00	7.57	113.62
6.00	14.00	7.48	104.77
6.20	16.00	7.39	118.31
6.40	18.00	7.31	131.53
6.60	22.00	7.22	158.89
6.80	100.00	7.14	713.94

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR L'ETUDE DE REHABILITATION ET MODE...
Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA
Localisation PK80 (PD-80)
No du sondage / date 09 30/05/09

x	y
631024,620	4064146,090

Coupe géologique

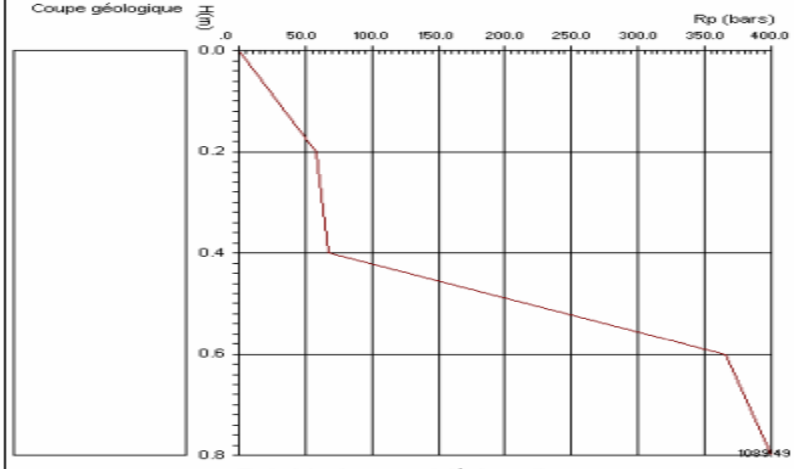


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	5.00	11.50	57.50
0.40	6.00	11.29	67.74
0.60	33.00	11.09	365.95
0.80	100.00	10.89	1089.49

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR L'ETUDE DE REHABILITATION ET MODE...

Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA

Localisation PK80+800 (PD-PS-80,8)

No du sondage / date 10 30/05/09

x	y
631724,838	4064416,480

Coupe géologique



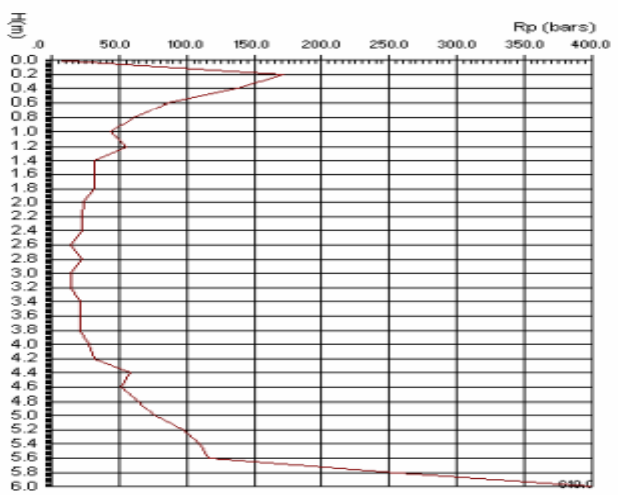


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	20.00	8.60	172.00
0.40	16.00	8.60	137.60
0.60	10.00	8.60	86.00
0.80	7.00	8.60	60.20
1.00	5.00	8.60	43.00
1.20	7.00	7.90	55.30
1.40	4.00	7.90	31.60
1.60	4.00	7.90	31.60
1.80	4.00	7.90	31.60
2.00	3.00	7.90	23.70
2.20	3.00	7.40	22.20
2.40	3.00	7.40	22.20
2.60	2.00	7.40	14.80
2.80	3.00	7.40	22.20
3.00	2.00	7.40	14.80
3.20	2.00	6.90	13.80
3.40	3.00	6.90	20.70
3.60	3.00	6.90	20.70
3.80	3.00	6.90	20.70
4.00	4.00	6.90	27.60
4.20	5.00	6.40	32.00
4.40	9.00	6.40	57.60
4.60	8.00	6.40	51.20
4.80	10.00	6.40	64.00
5.00	12.00	6.40	76.80
5.20	16.00	6.10	97.60
5.40	18.00	6.10	109.80
5.60	19.00	6.10	115.90
5.80	42.00	6.10	256.20
6.00	100.00	6.10	610.00

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR L'ETUDE DE REHABILITATION ET MODE...

Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA

Localisation PK83+000 (PD-83)

No du sondage / date 12 30/05/09

x	y
633692,565	4065301,243

Coupe géologique



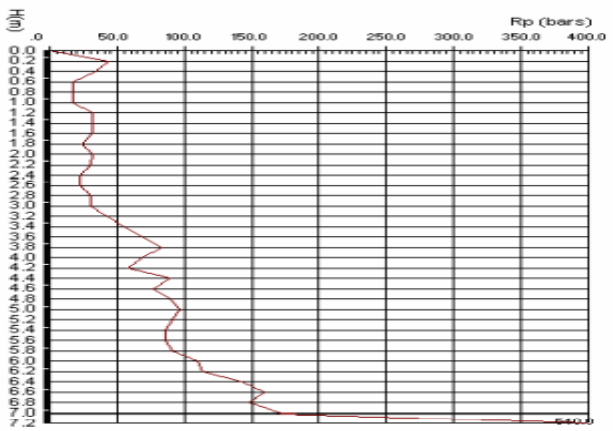


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	5.00	8.60	43.00
0.40	4.00	8.60	34.40
0.60	2.00	8.60	17.20
0.80	2.00	8.60	17.20
1.00	2.00	8.60	17.20
1.20	4.00	7.90	31.60
1.40	4.00	7.90	31.60
1.60	4.00	7.90	31.60
1.80	3.00	7.90	23.70
2.00	4.00	7.90	31.60
2.20	4.00	7.40	29.60
2.40	3.00	7.40	22.20
2.60	3.00	7.40	22.20
2.80	4.00	7.40	29.60
3.00	4.00	7.40	29.60
3.20	6.00	6.90	41.40
3.40	8.00	6.90	55.20
3.60	10.00	6.90	69.00
3.80	12.00	6.90	82.80
4.00	10.00	6.90	69.00
4.20	9.00	6.40	57.60
4.40	14.00	6.40	89.60
4.60	12.00	6.40	76.80
4.80	14.00	6.40	89.60
5.00	15.00	6.40	96.00
5.20	15.00	6.10	91.50
5.40	14.00	6.10	85.40
5.60	14.00	6.10	85.40
5.80	15.00	6.10	91.50
6.00	18.00	6.10	109.80
6.20	20.00	5.70	114.00
6.40	25.00	5.70	142.50
6.60	28.00	5.70	159.60
6.80	26.00	5.70	148.20
7.00	30.00	5.70	171.00
7.20	100.00	5.40	540.00

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR L'ETUDE DE REHABILITATION ET MODE...

Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA

Localisation PK82+000 (PD-82)

No du sondage / date 11 30/05/09

x	y
632871,860	4064808,690

Coupe géologique



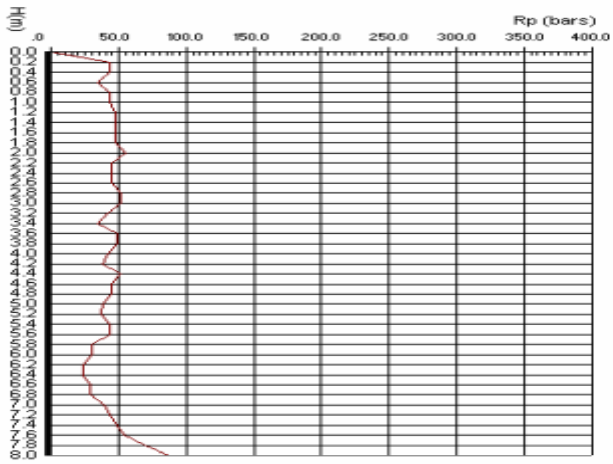


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	5.00	8.60	43.00
0.40	5.00	8.60	43.00
0.60	4.00	8.60	34.40
0.80	5.00	8.60	43.00
1.00	5.00	8.60	43.00
1.20	6.00	7.90	47.40
1.40	6.00	7.90	47.40
1.60	6.00	7.90	47.40
1.80	6.00	7.90	47.40
2.00	7.00	7.90	55.30
2.20	6.00	7.40	44.40
2.40	6.00	7.40	44.40
2.60	6.00	7.40	44.40
2.80	7.00	7.40	51.80
3.00	7.00	7.40	51.80
3.20	6.00	6.90	41.40
3.40	5.00	6.90	34.50
3.60	7.00	6.90	48.30
3.80	7.00	6.90	48.30
4.00	6.00	6.90	41.40
4.20	6.00	6.40	38.40
4.40	8.00	6.40	51.20
4.60	7.00	6.40	44.80
4.80	7.00	6.40	44.80
5.00	6.00	6.40	38.40
5.20	6.00	6.10	36.60
5.40	7.00	6.10	42.70
5.60	7.00	6.10	42.70
5.80	5.00	6.10	30.50
6.00	5.00	6.10	30.50
6.20	4.00	5.70	22.80
6.40	4.00	5.70	22.80
6.60	5.00	5.70	28.50
6.80	5.00	5.70	28.50
7.00	7.00	5.70	39.90
7.20	8.00	5.40	43.20
7.40	9.00	5.40	48.60
7.60	10.00	5.40	54.00
7.80	13.00	5.40	70.20
8.00	16.00	5.40	86.40

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR L'ETUDE DE REHABILITATION ET MODE...

Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA

Localisation PK82+000 (PD-82)

No du sondage / date 11 30/05/09

x 632871,860 y 4054808,690

Coupe géologique

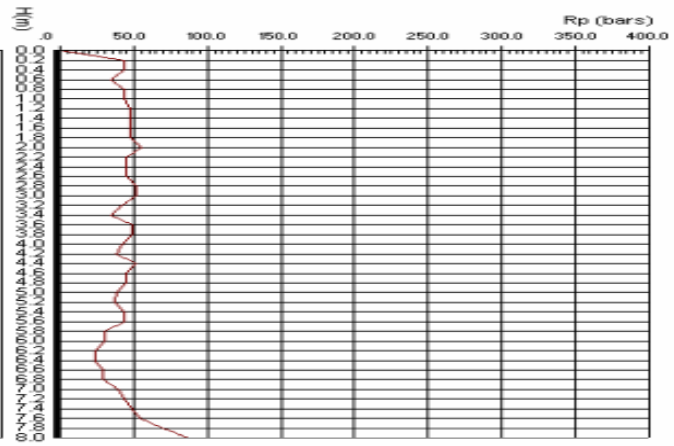


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	5.00	8.60	43.00
0.40	5.00	8.60	43.00
0.60	4.00	8.60	34.40
0.80	5.00	8.60	43.00
1.00	6.00	9.60	57.60
1.20	6.00	7.90	47.40
1.40	6.00	7.90	47.40
1.60	6.00	7.90	47.40
1.80	6.00	7.90	47.40
2.00	7.00	7.90	55.30
2.20	6.00	7.40	44.40
2.40	6.00	7.40	44.40
2.60	6.00	7.40	44.40
2.80	7.00	7.40	51.80
3.00	7.00	7.40	51.80
3.20	6.00	6.90	41.40
3.40	5.00	6.90	34.50
3.60	7.00	6.90	48.30
3.80	6.00	6.90	41.40
4.00	6.00	6.90	41.40
4.20	8.00	6.40	51.20
4.40	7.00	6.40	44.80
4.60	7.00	6.40	44.80
4.80	6.00	6.40	38.40
5.00	6.00	6.10	36.60
5.20	7.00	6.10	42.70
5.40	7.00	6.10	42.70
5.60	5.00	6.10	30.50
5.80	5.00	6.10	30.50
6.00	4.00	5.70	22.80
6.20	5.00	5.70	28.50
6.40	5.00	5.70	28.50
6.60	5.00	5.70	28.50
6.80	6.00	5.70	34.20
7.00	7.00	5.70	39.90
7.20	8.00	5.40	43.20
7.40	9.00	5.40	48.60
7.60	10.00	5.40	54.00
7.80	13.00	5.40	70.20
8.00	16.00	5.40	86.40

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR L'ETUDE DE REHABILITATION ET MODE...

Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA

Localisation PK84+000 (PD-84)

No du sondage / date 13 30/05/09

x 634014,308 y 4056253,850

Coupe géologique

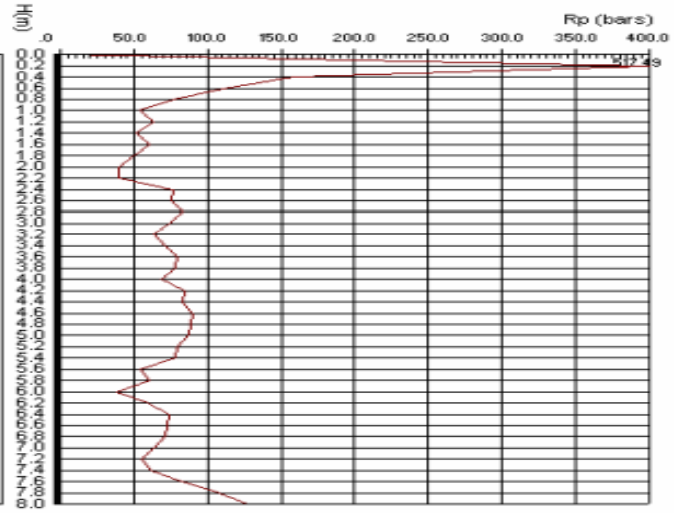


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	45.00	11.50	517.49
0.40	14.00	11.29	158.07
0.60	10.00	11.09	110.89
0.80	7.00	10.89	76.26
1.00	5.00	10.71	53.54
1.20	6.00	10.53	63.15
1.40	5.00	10.35	51.75
1.60	6.00	10.18	61.08
1.80	5.00	10.02	50.08
2.00	4.00	9.86	39.43
2.20	4.00	9.70	38.82
2.40	8.00	9.55	76.44
2.60	8.00	9.41	75.28
2.80	9.00	9.27	83.43
3.00	8.00	9.13	73.07
3.20	7.00	9.00	63.01
3.40	8.00	8.87	70.98
3.60	9.00	8.75	78.73
3.80	9.00	8.63	77.64
4.00	8.00	8.51	68.06
4.20	10.00	8.39	83.93
4.40	10.00	8.28	82.81
4.60	11.00	8.17	89.90
4.80	11.00	8.07	88.73
5.00	11.00	7.96	87.59
5.20	10.00	7.86	78.62
5.40	10.00	7.76	77.64
5.60	7.00	7.67	53.68
5.80	8.00	7.57	60.60
6.00	5.00	7.48	37.42
6.20	8.00	7.39	59.15
6.40	10.00	7.31	73.07
6.60	10.00	7.22	72.22
6.80	10.00	7.14	71.39
7.00	9.00	7.06	63.52
7.20	8.00	6.98	55.83
7.40	9.00	6.90	62.11
7.60	12.00	6.83	81.91
7.80	16.00	6.75	108.02
8.00	19.00	6.68	126.90

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR L'ETUDE DE REHABILITATION ET MODE...

Chantier B. MENSSOUR - BEJAIA

Localisation PK83+000 (PD-83)

No du sondage / date 12 30/05/09

x 633692,565 y 4055301,243

Coupe géologique

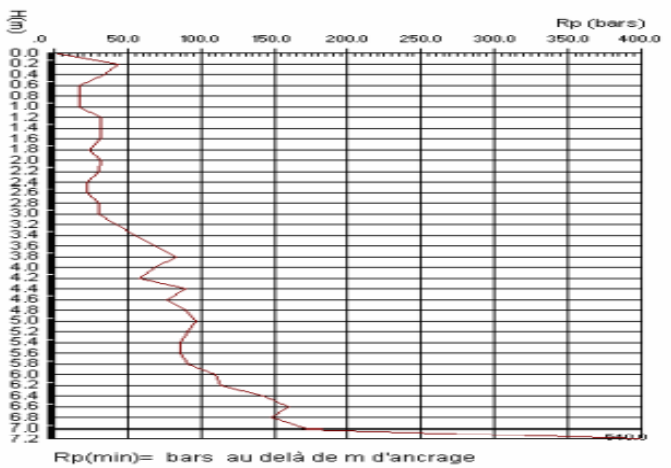


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	5.00	8.60	43.00
0.40	4.00	8.50	34.40
0.60	2.00	8.60	17.20
0.80	2.00	8.60	17.20
1.00	2.00	8.60	17.20
1.20	4.00	7.90	31.60
1.40	4.00	7.90	31.60
1.60	4.00	7.90	31.60
1.80	3.00	7.90	23.70
2.00	4.00	7.90	31.60
2.20	4.00	7.40	29.60
2.40	3.00	7.40	22.20
2.60	3.00	7.40	22.20
2.80	4.00	7.40	29.60
3.00	4.00	7.40	29.60
3.20	6.00	6.90	41.40
3.40	8.00	6.90	55.20
3.60	10.00	6.90	69.00
3.80	12.00	6.90	82.80
4.00	10.00	6.90	69.00
4.20	9.00	6.40	57.60
4.40	14.00	6.40	89.60
4.60	12.00	6.40	76.80
4.80	14.00	6.40	89.60
5.00	15.00	6.40	96.00
5.20	15.00	6.10	91.50
5.40	14.00	6.10	85.40
5.60	14.00	6.10	85.40
5.80	15.00	6.10	91.50
6.00	18.00	6.10	109.80
6.20	20.00	5.70	114.00
6.40	25.00	5.70	142.50
6.60	28.00	5.70	159.60
6.80	26.00	5.70	148.20
7.00	30.00	5.70	171.00
7.20	100.00	5.40	540.00

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

- **Coupe d'un sondage mécanique S-36**



Client : Getinsa
Projet : B-MR
Sondage : SC-36 – Caisse n°01/04
Profondeur : 0.00 à 5.00 m



Client : Getinsa
Projet : B-MR
Sondage : SC-36– Caisse n°02/04
Profondeur : 5.00 à 10.00 m



Client : Getinsa
Projet : Bejaïa MR
Sondage : SC-36 – Caisse n°03/04
Profondeur : 10.00 à 15.00 m



Client : Getinsa
Projet : Bejaïa MR
Sondage : SC-36 – Caisse n°04/04
Profondeur : 15.00 à 20.00 m

S-36

- **Les formations géologiques affectées par le couloir :**

Groupe géologique (Qcd)

Lithologie	Roche meuble et sol très dur
Groupe géologique	Qcd
Mode d'excavation	Partiellement excavation avec machines mécaniques conventionnels, occasionnellement seraient nécessaires des rippers ou quelques explosifs
Capacité de drainage	En général semi-perméable
Agressivité	En fonction de son contenu en sulfates et chlorures.
Capacité portante pour remplissage	Moyenne à haute
Réemploi	90% QS1 (remblais) 10% QS0 (impropres).
Caractéristiques géo mécaniques	ϕc'=27 - 30º ; c'=0,25 – 0,80 kp/cm2 ; E=400 – 500 kp/cm2
Autre	Pour les déblais de grande hauteur il pourrait être nécessaire l'emploi de grillages, de boulonnage et de caniveau Ritchie

Groupe géologique (Qc)

Lithologie	Sols moyens
Groupe géologique	Qc
Mode d'excavation	avec machines mécaniques conventionnels. Dans sa majorité, rippable occasionnel.
Capacité de drainage	Semi-perméables
Agressivité	En fonction de son contenu en sulfates et chlorures.
Capacité portante pour remplissage	Basse à moyenne
Réemploi	90% QS1 (remblais) 10% QS0 (impropres)
Caractéristiques géo mécaniques	ϕ=27 - 31º ; c'=0,2 – 0,5 kp/cm2 ; E=250 – 500 kp/cm²

Groupe géologique (Mi)

Lithologie	Roche meuble à moyenne
Groupe géologique	Mi
Mode d'excavation	Plus de la moitié nécessitent des explosifs pour son excavation, le reste avec ripper, et occasionnellement excavation avec machines mécaniques conventionnels
Capacité de drainage	En général perméable seulement à travers des fractures
Agressivité	En fonction de son contenu en sulfates et chlorures.
Capacité portante pour remplissage	Moyenne à haute
Réemploi	70% QS1 (remblais) 30% QS0 (impropres)
Caractéristiques géo mécaniques	c'=0,2 – 1,1 kp/cm2 ; ϕ=27 - 30º; E=400 – 1000 kp/cm2

Groupe géologique (Qd)

Lithologie	Sols très meubles
Groupe géologique	Qd
Mode d'excavation	100% avec machines mécaniques conventionnels
Capacité de drainage	En général imperméables
Agressivité	En fonction de son contenu en sulfates et chlorures.

Capacité portante pour remplissage	Très basse
Réemploi	10% QS1 (remblais) 90% QS0 (impropres)
Caractéristiques géo mécaniques	(Court terme) c=0,4 – 0,6 kp/cm2 (Long terme) c'=0,1 kp/cm2 =25º;ϕ; E=100 - 250 kp/cm2

Cubatures Déblai Remblai

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P1	72000.000	12.50	29.27	0.13	365.838	1.637	366	2
P2	72025.000	25.00	17.44	0.14	436.118	3.513	802	5
P3	72050.000	25.00	27.91	0.13	697.849	3.205	1500	8
P4	72075.000	25.00	23.21	0.14	580.369	3.467	2080	12
P5	72100.000	25.00	23.80	0.14	594.994	3.396	2675	15
P6	72125.000	25.00	21.60	0.14	540.019	3.423	3215	19
P7	72150.000	25.00	20.01	0.30	500.125	7.438	3715	26
P8	72175.000	25.00	25.32	0.12	632.876	3.035	4348	29
P9	72200.000	25.00	24.16	0.13	604.059	3.166	4952	32
P10	72225.000	25.00	20.76	0.13	519.039	3.312	5471	36
P11	72250.000	25.00	21.92	0.13	547.879	3.189	6019	39
P12	72275.000	25.00	22.08	0.13	552.056	3.259	6571	42
P13	72300.000	25.00	19.71	0.14	492.740	3.459	7064	45
P14	72325.000	25.00	15.72	0.14	393.008	3.550	7457	49
P15	72350.000	25.00	19.53	0.14	488.222	3.540	7945	53
P16	72375.000	25.00	14.32	0.47	357.927	11.650	8303	64
P17	72400.000	25.00	12.83	0.18	320.705	4.503	8624	69
P18	72425.000	25.00	12.86	0.71	321.552	17.810	8945	87
P19	72450.000	25.00	13.32	1.21	332.908	30.313	9278	117
P20	72475.000	25.00	12.58	1.13	314.404	28.240	9593	145
P21	72500.000	25.00	10.46	0.47	261.518	11.866	9854	157
P22	72525.000	25.00	11.55	0.81	288.748	20.303	10143	177
P23	72550.000	25.00	10.37	2.53	259.315	63.303	10402	241
P24	72575.000	25.00	6.36	0.23	159.078	5.646	10561	246
P25	72600.000	25.00	2.76	10.38	68.939	259.454	10630	506
P26	72625.000	25.00	7.54	2.01	188.581	50.237	10819	556
P27	72650.000	25.00	9.58	0.79	239.534	19.743	11058	576
P28	72675.000	25.00	6.01	1.40	150.141	34.986	11209	611
P29	72700.000	25.00	11.05	0.58	276.363	14.598	11485	625
P30	72725.000	25.00	5.13	3.11	128.223	77.715	11613	703
P31	72750.000	25.00	1.81	4.83	45.242	120.709	11658	824
P32	72775.000	25.00	7.52	1.16	188.082	28.952	11846	853
P33	72800.000	25.00	1.73	5.75	43.148	143.842	11890	996
P34	72825.000	25.00	4.72	4.10	117.966	102.435	12008	1099
P35	72850.000	25.00	0.70	8.83	17.588	220.872	12025	1320
P36	72875.000	25.00	1.24	7.34	30.973	183.576	12056	1503
P37	72900.000	25.00	1.50	6.93	37.445	173.325	12094	1677
P38	72925.000	25.00	1.92	6.00	47.920	150.057	12141	1827
P39	72950.000	25.00	1.57	5.25	39.194	131.195	12181	1958
P40	72975.000	25.00	0.22	4.51	5.520	112.526	12186	2070
P41	73000.000	25.00	4.34	2.97	109.042	74.167	12295	2145
P42	73025.000	25.00	2.42	6.80	60.725	169.792	12356	2314
P43	73050.000	25.00	0.33	16.27	8.184	404.823	12364	2719
P44	73075.000	25.00	6.02	6.94	151.606	172.763	12516	2892
P45	73100.000	25.00	3.16	10.48	79.807	260.979	12596	3153
P46	73125.000	25.00	4.60	11.69	115.775	291.285	12711	3444
P47	73150.000	25.00	5.74	3.64	144.639	90.669	12856	3535
P48	73175.000	25.00	0.45	14.83	11.284	370.541	12867	3905
P49	73200.000	25.00	6.40	14.70	161.263	365.345	13029	4271
P50	73225.000	25.00	2.25	21.20	56.839	528.010	13085	4799
P51	73250.000	25.00	7.71	7.51	194.526	187.008	13280	4986
P52	73275.000	25.00	3.18	27.97	80.244	694.742	13360	5681
P53	73300.000	25.00	8.75	24.51	220.912	608.737	13581	6289
P54	73325.000	25.00	8.84	32.12	223.407	798.056	13804	7087
P55	73350.000	25.00	7.40	28.74	186.544	713.662	13991	7801
P56	73375.000	25.00	5.30	29.63	133.599	735.925	14125	8537
P57	73400.000	25.00	2.79	27.38	70.527	679.697	14195	9217
P58	73425.000	25.00	4.96	16.94	124.942	420.716	14320	9637
P59	73450.000	25.00	4.99	9.61	125.614	239.325	14446	9877

ANNEXE CHAPITRE VIII

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P60	73475.000	25.00	2.23	17.39	56.311	434.254	14502	10311
P61	73500.000	25.00	0.00	19.72	0.000	491.912	14502	10803
P62	73525.000	25.00	0.00	15.83	0.000	395.027	14502	11198
P63	73550.000	25.00	11.15	6.04	281.065	150.331	14783	11348
P64	73575.000	25.00	9.96	4.26	250.983	106.069	15034	11454
P65	73600.000	25.00	12.58	5.26	317.182	130.984	15351	11585
P66	73625.000	25.00	9.33	7.34	234.510	182.430	15586	11768
P67	73650.000	25.00	4.19	9.82	104.980	244.904	15691	12013
P68	73675.000	25.00	4.25	5.86	106.555	146.226	15797	12159
P69	73700.000	25.00	1.90	5.52	47.460	137.974	15845	12297
P70	73725.000	25.00	2.69	5.96	67.356	148.999	15912	12446
P71	73750.000	25.00	5.01	4.09	125.197	102.315	16037	12548
P72	73775.000	25.00	6.57	3.35	164.203	83.717	16201	12632
P73	73800.000	25.00	4.81	3.76	120.215	93.952	16322	12726
P74	73825.000	25.00	7.61	3.79	190.326	94.858	16512	12821
P75	73850.000	25.00	4.41	4.11	110.196	102.630	16622	12923
P76	73875.000	25.00	3.44	3.95	85.927	98.778	16708	13022
P77	73900.000	25.00	1.06	18.20	26.564	455.002	16735	13477
P78	73925.000	25.00	5.93	4.28	148.248	106.899	16883	13584
P79	73950.000	25.00	5.87	4.55	146.739	113.725	17030	13698
P80	73975.000	25.00	7.13	1.63	178.138	40.773	17208	13738
P81	74000.000	25.00	3.47	4.16	86.869	104.100	17295	13843
P82	74025.000	25.00	4.46	3.24	111.571	80.889	17406	13923
P83	74050.000	25.00	4.09	2.20	102.337	54.955	17509	13978
P84	74075.000	25.00	3.51	5.28	87.811	131.937	17596	14110
P85	74100.000	25.00	4.49	2.62	112.354	65.538	17709	14176
P86	74125.000	25.00	0.00	12.21	0.000	305.278	17709	14481
P87	74150.000	25.00	5.23	3.73	130.820	93.267	17840	14574
P88	74175.000	25.00	5.10	7.92	127.596	198.052	17967	14772
P89	74200.000	25.00	0.27	2.69	6.723	67.341	17974	14840
P90	74225.000	25.00	7.69	2.56	192.209	64.093	18166	14904
P91	74250.000	25.00	10.97	3.50	274.216	87.483	18440	14991
P92	74275.000	25.00	0.00	0.00	0.000	0.000	18440	14991
P93	74300.000	25.00	0.00	0.00	0.000	0.000	18440	14991
P94	74325.000	25.00	2.02	7.91	50.429	197.624	18491	15189
P95	74350.000	25.00	13.51	3.60	337.361	90.177	18828	15279
P96	74375.000	25.00	14.16	3.70	353.138	92.680	19181	15372
P97	74400.000	25.00	28.36	0.12	707.591	2.920	19889	15375
P98	74425.000	25.00	32.71	0.13	815.835	3.254	20705	15378
P99	74450.000	25.00	37.05	0.13	924.785	3.297	21629	15381
P100	74475.000	25.00	52.34	0.13	1307.270	3.324	22937	15385
P101	74500.000	25.00	50.16	0.13	1253.507	3.250	24190	15388
P102	74525.000	25.00	49.91	0.13	1248.219	3.373	25438	15391
P103	74550.000	25.00	36.18	0.14	905.514	3.442	26344	15395
P104	74575.000	25.00	38.60	0.12	966.652	3.041	27311	15398
P105	74600.000	25.00	24.57	0.14	614.576	3.390	27925	15401
P106	74625.000	25.00	30.63	0.12	768.727	3.061	28694	15404
P107	74650.000	25.00	31.31	0.12	785.786	3.048	29480	15407
P108	74675.000	25.00	20.25	0.14	508.261	3.497	29988	15411
P109	74700.000	25.00	13.93	0.31	349.223	7.836	30337	15419
P110	74725.000	25.00	14.20	0.14	355.690	3.385	30693	15422
P111	74750.000	25.00	13.19	0.28	331.232	6.921	31024	15429
P112	74775.000	25.00	16.40	0.13	411.072	3.192	31435	15432
P113	74800.000	25.00	17.07	0.13	428.285	3.271	31863	15435
P114	74825.000	25.00	12.36	0.14	309.705	3.462	32173	15439
P115	74850.000	25.00	14.62	0.13	366.119	3.320	32539	15442
P116	74875.000	25.00	14.17	0.14	354.312	3.416	32894	15446
P117	74900.000	25.00	8.25	0.28	206.243	6.995	33100	15453
P118	74925.000	25.00	12.91	0.14	322.794	3.403	33423	15456
P119	74950.000	25.00	9.37	0.58	234.255	14.613	33657	15471
P120	74975.000	25.00	3.87	4.94	96.673	123.408	33754	15594
P121	75000.000	25.00	2.14	5.66	53.604	141.485	33807	15735
P122	75025.000	25.00	1.52	6.93	38.099	173.286	33845	15909
Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P123	75050.000	25.00	0.94	12.08	23.462	302.075	33869	16211

P124	75075.000	25.00	0.40	8.20	9.922	205.075	33879	16416
P125	75100.000	25.00	0.64	7.76	16.049	193.970	33895	16610
P126	75125.000	25.00	3.08	2.23	77.124	55.718	33972	16666
P127	75150.000	25.00	5.44	3.42	136.010	85.519	34108	16751
P128	75175.000	25.00	4.20	9.85	105.029	246.165	34213	16997
P129	75200.000	25.00	6.68	8.79	167.120	219.713	34380	17217
P130	75225.000	25.00	6.76	10.29	168.903	257.277	34549	17474
P131	75250.000	25.00	6.42	8.51	160.476	212.660	34709	17687
P132	75275.000	25.00	5.61	8.87	140.324	221.776	34850	17909
P133	75300.000	25.00	1.90	11.15	47.492	278.761	34897	18187
P134	75325.000	25.00	1.14	9.95	28.527	248.861	34926	18436
P135	75350.000	25.00	0.07	12.63	1.838	315.755	34928	18752
P136	75375.000	25.00	0.22	15.39	5.562	384.709	34933	19137
P137	75400.000	25.00	0.30	15.95	7.467	398.711	34941	19535
P138	75425.000	25.00	1.74	14.29	43.399	357.315	34984	19893
P139	75450.000	25.00	2.06	14.28	51.602	356.961	35036	20250
P140	75475.000	25.00	1.26	13.37	31.426	334.231	35067	20584
P141	75500.000	25.00	2.03	14.94	50.628	373.511	35118	20958
P142	75525.000	25.00	0.00	17.07	0.000	427.024	35118	21385
P143	75550.000	25.00	2.31	22.95	57.531	574.075	35175	21959
P144	75575.000	25.00	0.00	21.37	0.000	534.791	35175	22493
P145	75600.000	25.00	1.72	18.28	42.766	457.476	35218	22951
P146	75625.000	25.00	0.00	15.82	0.000	395.685	35218	23347
P147	75650.000	25.00	0.00	19.14	0.000	478.608	35218	23825
P148	75675.000	25.00	0.00	16.11	0.000	402.949	35218	24228
P149	75700.000	25.00	1.76	13.91	44.317	347.633	35262	24576
P150	75725.000	25.00	0.00	27.91	0.000	696.818	35262	25273
P151	75750.000	25.00	2.34	13.44	58.260	336.166	35321	25609
P152	75775.000	25.00	4.48	10.29	111.757	257.360	35432	25866
P153	75800.000	25.00	1.60	23.34	40.210	582.748	35472	26449
P154	75825.000	25.00	0.00	21.33	0.000	533.160	35472	26982
P155	75850.000	25.00	1.93	17.33	48.206	433.387	35521	27415
P156	75875.000	25.00	2.60	23.62	64.983	590.631	35586	28006
P157	75900.000	25.00	0.00	21.64	0.000	541.032	35586	28547
P158	75925.000	25.00	0.00	23.42	0.000	585.379	35586	29132
P159	75950.000	25.00	0.00	19.68	0.000	491.910	35586	29624
P160	75975.000	25.00	2.69	18.50	67.362	462.388	35653	30087
P161	76000.000	25.00	1.99	16.08	49.795	401.831	35703	30489
P162	76025.000	25.00	1.99	19.34	49.807	483.258	35753	30972
P163	76050.000	25.00	0.00	24.93	0.000	622.626	35753	31594
P164	76075.000	25.00	0.00	17.11	0.000	427.206	35753	32022
P165	76100.000	25.00	0.00	11.10	0.000	277.267	35753	32299
P166	76125.000	25.00	0.00	32.97	0.000	823.942	35753	33123
P167	76150.000	25.00	0.00	19.34	0.000	483.704	35753	33607
P168	76175.000	25.00	1.33	15.69	33.618	392.079	35786	33999
P169	76200.000	25.00	0.00	20.46	0.000	511.175	35786	34510
P170	76225.000	25.00	0.00	15.22	0.000	380.390	35786	34890
P171	76250.000	25.00	0.00	18.38	0.000	459.370	35786	35350
P172	76275.000	25.00	0.00	25.37	0.000	634.432	35786	35984
P173	76300.000	25.00	0.00	23.88	0.000	596.975	35786	36581
P174	76325.000	25.00	0.00	18.54	0.000	463.444	35786	37044
P175	76350.000	25.00	0.00	31.82	0.000	795.448	35786	37840
P176	76375.000	25.00	0.00	33.62	0.000	840.297	35786	38680
P177	76400.000	25.00	0.00	37.08	0.000	927.060	35786	39607
P178	76425.000	25.00	0.00	41.63	0.000	1040.988	35786	40648
P179	76450.000	25.00	0.00	65.79	0.000	1645.027	35786	42293
P180	76475.000	25.00	0.00	61.11	0.000	1528.175	35786	43821
P181	76500.000	25.00	0.00	44.16	0.000	1104.390	35786	44926
P182	76525.000	25.00	0.00	38.09	0.000	952.067	35786	45878
P183	76550.000	25.00	0.00	46.23	0.000	1153.958	35786	47032
P184	76575.000	25.00	0.00	69.39	0.000	1729.755	35786	48762
P185	76600.000	25.00	0.00	82.46	0.000	2058.407	35786	50820

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P186	76625.000	25.00	0.00	105.90	0.000	2647.691	35786	53468
P187	76650.000	25.00	0.00	99.59	0.000	2490.816	35786	55959
P188	76675.000	25.00	0.00	86.98	0.000	2175.254	35786	58134
P189	76700.000	25.00	0.00	79.22	0.000	1980.899	35786	60115

P190	76725.000	25.00	0.00	84.08	0.000	2102.225	35786	62217
P191	76750.000	25.00	0.00	88.34	0.000	2208.531	35786	64425
P192	76775.000	25.00	0.00	80.43	0.000	2010.804	35786	66436
P193	76800.000	25.00	0.00	77.70	0.000	1942.455	35786	68379
P194	76825.000	25.00	0.00	76.59	0.000	1914.666	35786	70293
P195	76850.000	25.00	0.00	81.74	0.000	2043.464	35786	72337
P196	76875.000	25.00	0.00	83.46	0.000	2086.617	35786	74423
P197	76900.000	25.00	0.00	78.15	0.000	1953.638	35786	76377
P198	76925.000	25.00	0.00	72.30	0.000	1807.410	35786	78184
P199	76950.000	25.00	0.00	78.96	0.000	1974.055	35786	80159
P200	76975.000	25.00	0.00	76.28	0.000	1906.899	35786	82065
P201	77000.000	25.00	0.00	85.41	0.000	2135.822	35786	84201
P202	77025.000	25.00	0.00	97.10	0.000	2427.855	35786	86629
P203	77050.000	25.00	0.00	101.64	0.000	2540.866	35786	89170
P204	77075.000	25.00	0.00	103.32	0.000	2582.948	35786	91753
P205	77100.000	25.00	0.00	153.28	0.000	3837.024	35786	95590
P206	77125.000	25.00	0.00	0.00	0.000	0.000	35786	95590
P207	77150.000	25.00	0.00	145.54	0.000	3638.656	35786	99229
P208	77175.000	25.00	0.00	119.24	0.000	2980.166	35786	102209
P209	77200.000	25.00	0.00	118.90	0.000	2972.594	35786	105181
P210	77225.000	25.00	0.00	117.47	0.000	2937.094	35786	108118
P211	77250.000	25.00	0.00	118.27	0.000	2957.008	35786	111075
P212	77275.000	25.00	0.00	118.41	0.000	2960.728	35786	114036
P213	77300.000	25.00	0.00	118.72	0.000	2968.528	35786	117005
P214	77325.000	25.00	0.00	124.82	0.000	3121.737	35786	120126
P215	77350.000	25.00	0.00	101.26	0.000	2532.371	35786	122659
P216	77375.000	25.00	0.00	0.00	0.000	0.000	35786	122659
P217	77400.000	25.00	0.00	43.42	0.000	1085.725	35786	123745
P218	77425.000	25.00	0.00	19.21	0.000	480.359	35786	124225
P219	77450.000	25.00	0.00	15.89	0.000	397.189	35786	124622
P220	77475.000	25.00	0.00	16.49	0.000	412.344	35786	125034
P221	77500.000	25.00	0.00	17.51	0.000	437.854	35786	125472
P222	77525.000	25.00	0.00	21.23	0.000	530.792	35786	126003
P223	77550.000	25.00	0.00	24.11	0.000	602.899	35786	126606
P224	77575.000	25.00	0.00	27.68	0.000	691.985	35786	127298
P225	77600.000	25.00	0.00	23.21	0.000	580.275	35786	127878
P226	77625.000	25.00	0.00	22.97	0.000	574.334	35786	128453
P227	77650.000	25.00	0.00	23.98	0.000	599.704	35786	129052
P228	77675.000	25.00	0.00	25.31	0.000	632.763	35786	129685
P229	77700.000	25.00	0.00	32.09	0.000	801.805	35786	130487
P230	77725.000	25.00	0.00	34.38	0.000	858.707	35786	131346
P231	77750.000	25.00	0.00	27.64	0.000	690.231	35786	132036
P232	77775.000	25.00	0.00	26.82	0.000	669.599	35786	132705
P233	77800.000	25.00	0.00	28.97	0.000	723.304	35786	133429
P234	77825.000	25.00	0.00	29.19	0.000	728.338	35786	134157
P235	77850.000	25.00	3.09	24.38	78.214	607.497	35864	134765
P236	77875.000	25.00	0.00	33.37	0.000	832.084	35864	135597
P237	77900.000	25.00	6.79	40.19	171.796	1001.566	36036	136598
P238	77925.000	25.00	13.14	3.09	330.196	76.895	36366	136675
P239	77950.000	25.00	30.88	0.07	771.048	1.725	37138	136677
P240	77975.000	25.00	30.86	0.15	769.833	3.688	37907	136680
P241	78000.000	25.00	24.32	0.16	608.397	3.937	38516	136684
P242	78025.000	25.00	22.76	0.20	569.930	5.103	39086	136690
P243	78050.000	25.00	25.94	0.10	649.331	2.421	39735	136692
P244	78075.000	25.00	28.43	0.10	711.298	2.392	40446	136694
P245	78100.000	25.00	25.85	0.15	646.662	3.824	41093	136698
P246	78125.000	25.00	26.28	0.13	656.929	3.254	41750	136701
P247	78150.000	25.00	27.68	0.14	691.956	3.556	42442	136705
P248	78175.000	25.00	18.96	0.19	473.990	4.674	42916	136710

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P249	78200.000	25.00	23.86	0.13	596.518	3.216	43512	136713
P250	78225.000	25.00	27.30	0.14	682.389	3.421	44195	136716
P251	78250.000	25.00	22.29	0.15	557.203	3.686	44752	136720
P252	78275.000	25.00	27.01	0.14	675.169	3.525	45427	136723
P253	78300.000	25.00	33.26	0.13	831.599	3.343	46259	136727
P254	78325.000	25.00	35.62	0.13	890.534	3.265	47149	136730
P255	78350.000	25.00	32.41	0.14	810.451	3.405	47960	136734

P256	78375.000	25.00	44.56	0.13	1114.196	3.347	49074	136737
P257	78400.000	25.00	54.05	0.13	1352.162	3.332	50426	136740
P258	78425.000	25.00	77.84	0.13	1947.951	3.159	52374	136743
P259	78450.000	25.00	69.71	0.13	1744.164	3.313	54118	136747
P260	78475.000	25.00	62.01	0.14	1550.361	3.471	55669	136750
P261	78500.000	25.00	70.44	0.13	1762.840	3.240	57431	136753
P262	78525.000	25.00	68.47	0.13	1712.845	3.374	59144	136757
P263	78550.000	25.00	68.92	0.14	1722.947	3.449	60867	136760
P264	78575.000	25.00	56.81	0.14	1420.019	3.396	62287	136764
P265	78600.000	25.00	58.78	0.13	1469.629	3.341	63757	136767
P266	78625.000	25.00	66.73	0.13	1667.944	3.262	65425	136770
P267	78650.000	25.00	65.79	0.13	1645.306	3.340	67070	136774
P268	78675.000	25.00	55.92	0.14	1398.462	3.424	68469	136777
P269	78700.000	25.00	56.20	0.14	1405.177	3.523	69874	136780
P270	78725.000	25.00	51.43	0.14	1286.279	3.398	71160	136784
P271	78750.000	25.00	50.12	0.15	1252.867	3.645	72413	136788
P272	78775.000	25.00	54.27	0.27	1355.715	6.626	73769	136794
P273	78800.000	25.00	47.31	0.15	1180.931	3.673	74950	136798
P274	78825.000	25.00	51.76	0.13	1289.955	3.352	76239	136801
P275	78850.000	25.00	40.78	0.12	1017.809	3.097	77257	136804
P276	78875.000	25.00	41.07	0.13	1024.406	3.161	78282	136807
P277	78900.000	25.00	29.51	0.14	734.605	3.573	79016	136811
P278	78925.000	25.00	16.73	1.49	415.937	37.394	79432	136848
P279	78950.000	25.00	31.90	0.16	795.137	3.923	80227	136852
P280	78975.000	25.00	16.40	0.13	409.354	3.170	80637	136855
P281	79000.000	25.00	22.61	0.12	564.109	3.068	81201	136859
P282	79025.000	25.00	13.22	0.24	330.315	5.973	81531	136865
P283	79050.000	25.00	8.90	0.34	222.750	8.611	81754	136873
P284	79075.000	25.00	16.96	0.14	424.278	3.426	82178	136877
P285	79100.000	25.00	14.73	0.27	368.407	6.789	82547	136883
P286	79125.000	25.00	5.80	2.06	144.921	51.407	82691	136935
P287	79150.000	25.00	5.17	3.28	129.324	82.068	82821	137017
P288	79175.000	25.00	4.81	3.80	120.303	94.936	82941	137112
P289	79200.000	25.00	1.92	11.10	48.067	277.467	82989	137389
P290	79225.000	25.00	0.00	26.79	0.000	669.718	82989	138059
P291	79250.000	25.00	0.00	20.38	0.000	509.605	82989	138569
P292	79275.000	25.00	3.20	9.62	79.882	240.582	83069	138809
P293	79300.000	25.00	0.00	10.35	0.000	258.628	83069	139068
P294	79325.000	25.00	0.00	18.81	0.000	470.298	83069	139538
P295	79350.000	25.00	0.00	27.56	0.000	688.913	83069	140227
P296	79375.000	25.00	0.00	27.87	0.000	696.731	83069	140924
P297	79400.000	25.00	0.00	36.39	0.000	909.813	83069	141834
P298	79425.000	25.00	0.00	16.06	0.000	401.430	83069	142235
P299	79450.000	25.00	5.52	18.79	137.938	469.766	83207	142705
P300	79475.000	25.00	11.54	3.72	288.408	92.904	83495	142798
P301	79500.000	25.00	14.46	3.31	361.513	82.766	83857	142880
P302	79525.000	25.00	15.44	0.47	386.010	11.801	84243	142892
P303	79550.000	25.00	17.15	0.13	428.647	3.272	84672	142895
P304	79575.000	25.00	19.17	0.13	479.287	3.334	85151	142899
P305	79600.000	25.00	29.24	0.13	730.985	3.173	85882	142902
P306	79625.000	25.00	22.20	0.13	554.931	3.257	86437	142905
P307	79650.000	25.00	17.68	5.22	442.021	130.397	86879	143036
P308	79675.000	25.00	9.72	10.68	243.056	267.121	87122	143303
P309	79700.000	25.00	15.63	9.68	390.733	242.122	87513	143545
P310	79725.000	25.00	11.66	15.37	291.565	384.353	87804	143929
P311	79750.000	25.00	18.15	0.97	453.818	24.250	88258	143953

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P312	79775.000	25.00	12.81	4.37	320.339	109.198	88578	144063
P313	79800.000	25.00	12.87	3.93	321.713	98.156	88900	144161
P314	79825.000	25.00	12.52	11.52	313.043	288.121	89213	144449
P315	79850.000	25.00	16.54	0.95	413.617	23.816	89627	144473
P316	79875.000	25.00	14.77	6.79	369.349	169.819	89996	144643

P317	79900.000	25.00	18.59	3.03	464.848	75.740	90461	144718
P318	79925.000	25.00	27.52	0.14	687.817	3.397	91149	144722
P319	79950.000	25.00	34.38	0.13	859.409	3.315	92008	144725
P320	79975.000	25.00	76.50	0.58	1913.362	14.604	93921	144740
P321	80000.000	25.00	26.94	0.70	673.433	17.388	94595	144757
P322	80025.000	25.00	25.39	1.59	634.711	39.677	95230	144797
P323	80050.000	25.00	20.80	4.46	519.915	111.453	95750	144908
P324	80075.000	25.00	24.00	1.53	599.808	38.368	96349	144947
P325	80100.000	25.00	23.65	1.43	591.143	35.644	96940	144982
P326	80125.000	25.00	29.37	1.32	734.212	32.918	97675	145015
P327	80150.000	25.00	32.17	0.20	804.280	5.037	98479	145020
P328	80175.000	25.00	31.11	0.18	777.855	4.548	99257	145025
P329	80200.000	25.00	33.86	0.25	846.400	6.220	100103	145031
P330	80225.000	25.00	46.99	0.18	1174.726	4.601	101278	145035
P331	80250.000	25.00	28.45	1.15	711.181	28.747	101989	145064
P332	80275.000	25.00	26.03	0.21	650.835	5.243	102640	145069
P333	80300.000	25.00	27.02	0.21	675.445	5.277	103315	145075
P334	80325.000	25.00	21.19	0.65	529.661	16.157	103845	145091
P335	80350.000	25.00	25.67	0.20	641.626	5.072	104487	145096
P336	80375.000	25.00	23.31	0.44	582.817	11.014	105070	145107
P337	80400.000	25.00	20.02	0.61	500.608	15.177	105570	145122
P338	80425.000	25.00	21.99	0.19	549.706	4.830	106120	145127
P339	80450.000	25.00	17.14	0.89	428.518	22.195	106548	145149
P340	80475.000	25.00	23.71	0.21	592.790	5.218	107141	145154
P341	80500.000	25.00	23.48	0.20	587.067	5.033	107728	145159
P342	80525.000	25.00	29.18	0.20	729.539	5.010	108458	145164
P343	80550.000	25.00	22.70	0.20	567.619	4.943	109025	145169
P344	80575.000	25.00	11.65	1.25	291.372	31.214	109317	145201
P345	80600.000	25.00	9.17	2.80	229.263	70.119	109546	145271
P346	80625.000	25.00	11.84	3.33	295.932	83.226	109842	145354
P347	80650.000	25.00	10.19	1.39	254.829	34.783	110097	145389
P348	80675.000	25.00	9.55	6.19	238.733	154.725	110335	145543
P349	80700.000	25.00	10.31	2.84	257.735	70.908	110593	145614
P350	80725.000	25.00	6.24	2.64	155.970	65.997	110749	145680
P351	80750.000	25.00	3.47	7.78	86.837	194.449	110836	145875
P352	80775.000	25.00	4.32	3.98	108.040	99.495	110944	145974
P353	80800.000	25.00	3.13	4.05	78.378	101.315	111022	146076
P354	80825.000	25.00	0.00	9.11	0.000	227.684	111022	146303
P355	80850.000	25.00	3.53	5.67	88.891	141.450	111111	146445
P356	80875.000	25.00	3.56	7.59	89.836	189.047	111201	146634
P357	80900.000	25.00	0.54	8.53	13.539	212.423	111215	146846
P358	80925.000	25.00	0.00	5.75	0.000	143.652	111215	146990
P359	80950.000	25.00	3.34	8.69	84.252	216.597	111299	147206
P360	80975.000	25.00	3.96	18.66	99.826	465.665	111399	147672
P361	81000.000	25.00	4.61	21.91	116.375	547.021	111515	148219
P362	81025.000	25.00	0.00	0.00	0.000	0.000	111515	148219
P363	81050.000	25.00	0.00	26.95	0.000	673.654	111515	148893
P364	81075.000	25.00	0.00	20.48	0.000	512.169	111515	149405
P365	81100.000	25.00	0.00	28.14	0.000	703.319	111515	150108
P366	81125.000	25.00	0.00	41.63	0.000	1040.825	111515	151149
P367	81150.000	25.00	0.00	50.29	0.000	1257.158	111515	152406
P368	81175.000	25.00	2.08	111.93	51.938	2798.251	111567	155205
P369	81200.000	25.00	1.95	95.56	48.788	2388.982	111616	157594
P370	81225.000	25.00	0.00	105.95	0.000	2649.266	111616	160243
P371	81250.000	25.00	5.03	58.61	125.374	1467.257	111741	161710
P372	81275.000	25.00	10.16	61.87	252.834	1550.354	111994	163260
P373	81300.000	25.00	11.18	59.94	277.670	1504.973	112272	164765
P374	81325.000	25.00	9.75	80.69	241.903	2027.789	112514	166793

ANNEXE CHAPITRE VIII

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P375	81350.000	25.00	10.54	19.65	261.173	496.303	112775	167289
P376	81375.000	25.00	0.00	108.39	0.000	2723.585	112775	170013
P377	81400.000	25.00	0.00	81.60	0.000	2046.538	112775	172060
P378	81425.000	25.00	0.00	75.44	0.000	1893.401	112775	173953
P379	81450.000	25.00	0.00	83.85	0.000	2102.440	112775	176055
P380	81475.000	25.00	0.00	87.45	0.000	2191.927	112775	178247
P381	81500.000	25.00	0.00	82.10	0.000	2056.743	112775	180304
P382	81525.000	25.00	0.00	64.04	0.000	1602.339	112775	181906
P383	81550.000	25.00	0.00	39.66	0.000	993.207	112775	182900
P384	81575.000	25.00	0.00	29.42	0.000	735.735	112775	183635
P385	81600.000	25.00	0.00	16.79	0.000	419.054	112775	184054
P386	81625.000	25.00	1.95	12.88	49.329	321.294	112824	184376
P387	81650.000	25.00	0.00	20.95	0.000	523.371	112824	184899
P388	81675.000	25.00	0.00	22.12	0.000	552.708	112824	185452
P389	81700.000	25.00	0.00	23.20	0.000	579.824	112824	186032
P390	81725.000	25.00	0.00	23.31	0.000	582.431	112824	186614
P391	81750.000	25.00	0.00	22.08	0.000	552.054	112824	187166
P392	81775.000	25.00	0.00	22.22	0.000	555.350	112824	187721
P393	81800.000	25.00	0.00	23.11	0.000	577.702	112824	188299
P394	81825.000	25.00	0.00	23.09	0.000	577.279	112824	188876
P395	81850.000	25.00	0.00	23.03	0.000	575.650	112824	189452
P396	81875.000	25.00	0.00	22.89	0.000	572.093	112824	190024
P397	81900.000	25.00	0.00	22.38	0.000	559.403	112824	190584
P398	81925.000	25.00	0.00	21.19	0.000	529.641	112824	191113
P399	81950.000	25.00	0.00	20.04	0.000	500.858	112824	191614
P400	81975.000	25.00	0.00	19.59	0.000	489.676	112824	192104
P401	82000.000	25.00	0.00	22.76	0.000	569.053	112824	192673
P402	82025.000	25.00	0.00	28.36	0.000	709.074	112824	193382
P403	82050.000	25.00	0.00	31.30	0.000	782.728	112824	194165
P404	82075.000	25.00	0.00	32.26	0.000	806.304	112824	194971
P405	82100.000	25.00	0.00	31.06	0.000	776.411	112824	195747
P406	82125.000	25.00	0.00	32.92	0.000	821.996	112824	196569
P407	82150.000	25.00	0.00	19.29	0.000	482.454	112824	197052
P408	82175.000	25.00	0.00	17.82	0.000	445.667	112824	197497
P409	82200.000	25.00	0.00	14.96	0.000	373.808	112824	197871
P410	82225.000	25.00	2.69	6.36	67.882	158.699	112892	198030
P411	82250.000	25.00	4.72	4.97	118.534	123.897	113011	198154
P412	82275.000	25.00	5.76	3.19	144.452	79.562	113155	198233
P413	82300.000	25.00	7.85	1.01	196.905	25.173	113352	198259
P414	82325.000	25.00	4.44	3.94	111.079	98.559	113463	198357
P415	82350.000	25.00	0.00	14.28	0.000	356.955	113463	198714
P416	82375.000	25.00	0.00	13.58	0.000	339.614	113463	199054
P417	82400.000	25.00	0.00	13.92	0.000	347.987	113463	199402
P418	82425.000	25.00	0.00	16.73	0.000	418.385	113463	199820
P419	82450.000	25.00	0.00	14.94	0.000	373.630	113463	200194
P420	82475.000	25.00	1.38	6.94	34.442	173.592	113497	200367
P421	82500.000	25.00	0.00	17.30	0.000	432.530	113497	200800
P422	82525.000	25.00	0.89	8.85	22.313	221.235	113520	201021
P423	82550.000	25.00	1.72	9.12	42.950	228.037	113563	201249
P424	82575.000	25.00	1.67	9.28	41.698	231.976	113604	201481
P425	82600.000	25.00	4.95	5.49	123.699	137.250	113728	201618
P426	82625.000	25.00	6.16	6.99	153.890	174.850	113882	201793
P427	82650.000	25.00	13.13	4.33	328.324	108.127	114210	201901
P428	82675.000	25.00	12.14	4.98	303.624	124.578	114514	202026
P429	82700.000	25.00	10.21	1.25	255.347	31.219	114769	202057
P430	82725.000	25.00	10.90	0.32	272.596	7.997	115042	202065
P431	82750.000	25.00	12.62	0.51	315.593	12.662	115358	202078
P432	82775.000	25.00	22.29	0.17	557.143	4.228	115915	202082
P433	82800.000	25.00	25.28	0.17	632.015	4.313	116547	202086
P434	82825.000	25.00	23.83	0.18	595.735	4.399	117142	202091
P435	82850.000	25.00	27.43	0.18	685.759	4.417	117828	202095
P436	82875.000	25.00	30.92	0.17	773.079	4.216	118601	202099
P437	82900.000	25.00	36.38	0.17	909.402	4.181	119511	202104
Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P438	82925.000	25.00	32.65	0.18	816.239	4.590	120327	202108
P439	82950.000	25.00	32.75	0.17	818.686	4.178	121146	202112

P440	82975.000	25.00	34.37	0.18	859.181	4.472	122005	202117
P441	83000.000	25.00	42.08	0.18	1051.890	4.375	123057	202121
P442	83025.000	25.00	42.72	0.17	1068.110	4.290	124125	202125
P443	83050.000	25.00	38.85	0.18	971.245	4.388	125096	202130
P444	83075.000	25.00	35.47	0.16	886.787	3.919	125983	202134
P445	83100.000	25.00	36.53	0.19	913.195	4.800	126896	202139
P446	83125.000	25.00	35.96	0.19	898.915	4.831	127795	202143
P447	83150.000	25.00	33.14	0.19	828.517	4.717	128623	202148
P448	83175.000	25.00	30.42	0.19	760.525	4.661	129384	202153
P449	83200.000	25.00	28.53	0.16	713.138	4.122	130097	202157
P450	83225.000	25.00	28.81	0.18	720.227	4.422	130817	202161
P451	83250.000	25.00	18.86	0.18	471.463	4.521	131289	202166
P452	83275.000	25.00	13.28	0.18	332.119	4.554	131621	202170
P453	83300.000	25.00	9.32	0.38	233.048	9.570	131854	202180
P454	83325.000	25.00	24.09	0.18	602.524	4.563	132456	202185
P455	83350.000	25.00	26.07	0.17	652.114	4.356	133109	202189
P456	83375.000	25.00	13.94	1.09	348.953	27.341	133458	202216
P457	83400.000	25.00	15.35	0.81	383.104	20.282	133841	202236
P458	83425.000	25.00	15.71	0.30	393.570	7.474	134234	202244
P459	83450.000	25.00	26.69	0.14	667.634	3.571	134902	202248
P460	83475.000	25.00	5.34	0.99	133.624	24.689	135035	202272
P461	83500.000	25.00	0.00	13.24	0.000	330.902	135035	202603
P462	83525.000	25.00	0.00	13.05	0.000	325.891	135035	202929
P463	83550.000	25.00	0.00	27.37	0.000	684.118	135035	203613
P464	83575.000	25.00	0.00	17.48	0.000	436.906	135035	204050
P465	83600.000	25.00	0.00	16.41	0.000	410.145	135035	204460
P466	83625.000	25.00	0.00	19.07	0.000	476.725	135035	204937
P467	83650.000	25.00	0.00	28.16	0.000	703.954	135035	205641
P468	83675.000	25.00	0.00	31.18	0.000	779.354	135035	206420
P469	83700.000	25.00	0.00	24.28	0.000	606.784	135035	207027
P470	83725.000	25.00	0.00	11.89	0.000	297.095	135035	207324
P471	83750.000	25.00	0.00	25.63	0.000	640.848	135035	207965
P472	83775.000	25.00	0.00	0.00	0.000	0.000	135035	207965
P473	83800.000	25.00	0.00	45.70	0.000	1140.679	135035	209106
P474	83825.000	25.00	14.59	6.29	363.315	157.658	135399	209263
P475	83850.000	25.00	15.49	4.53	386.016	113.569	135785	209377
P476	83875.000	25.00	7.96	2.37	198.268	59.466	135983	209436
P477	83900.000	25.00	7.62	3.56	189.727	89.293	136173	209526
P478	83925.000	25.00	7.11	1.77	177.153	44.269	136350	209570
P479	83950.000	25.00	5.14	2.82	128.396	70.593	136478	209640
P480	83975.000	25.00	6.34	4.91	158.180	122.823	136637	209763
P481	84000.000	25.00	3.57	5.61	89.116	140.195	136726	209903
P482	84025.000	25.00	1.79	10.07	44.422	251.660	136770	210155
P483	84050.000	25.00	1.95	8.41	48.596	210.357	136819	210366
P484	84075.000	25.00	1.55	9.96	38.584	248.968	136857	210614
P485	84100.000	25.00	3.66	3.42	91.557	85.536	136949	210700
P486	84125.000	25.00	2.74	2.15	68.431	53.847	137017	210754
P487	84150.000	25.00	2.98	3.96	74.423	98.969	137092	210853
P488	84175.000	25.00	3.35	3.30	83.760	82.560	137175	210935
P489	84200.000	25.00	2.58	2.93	64.386	73.292	137240	211009
P490	84225.000	25.00	1.25	13.05	31.374	326.280	137271	211335
P491	84250.000	25.00	2.78	1.55	69.566	38.666	137341	211374
P492	84275.000	25.00	4.16	2.78	104.119	69.538	137445	211443
P493	84300.000	25.00	4.06	3.23	101.570	80.793	137546	211524
P494	84325.000	25.00	4.88	2.25	122.030	56.283	137668	211580
P495	84350.000	25.00	4.84	1.17	120.944	29.274	137789	211610
P496	84375.000	25.00	5.10	0.99	127.446	24.802	137917	211634
P497	84400.000	25.00	6.02	2.07	150.623	51.656	138067	211686
P498	84425.000	25.00	3.98	7.23	99.380	180.738	138167	211867
P499	84450.000	25.00	3.95	0.80	98.712	19.986	138266	211887
P500	84475.000	25.00	7.02	8.54	175.402	213.597	138441	212100

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P501	84500.000	25.00	0.79	10.91	19.687	272.814	138461	212373
P502	84525.000	25.00	2.28	4.44	57.095	111.115	138518	212484
P503	84550.000	25.00	2.89	8.36	72.226	208.989	138590	212693
P504	84575.000	25.00	2.28	6.93	56.938	173.296	138647	212867
P505	84600.000	25.00	5.55	7.59	138.851	189.663	138786	213056

P506	84625.000	25.00	0.00	11.54	0.000	288.544	138786	213345
P507	84650.000	25.00	0.00	14.84	0.000	371.027	138786	213716
P508	84675.000	25.00	1.80	11.05	45.089	276.248	138831	213992
P509	84700.000	25.00	3.89	8.36	97.088	209.042	138928	214201
P510	84725.000	25.00	3.78	6.78	94.275	169.800	139022	214371
P511	84750.000	25.00	4.02	7.40	100.172	185.374	139122	214556
P512	84775.000	25.00	7.81	4.06	194.294	101.823	139317	214658
P513	84800.000	25.00	5.82	3.51	144.722	88.034	139461	214746
P514	84825.000	25.00	6.68	1.45	166.515	36.491	139628	214783
P515	84850.000	25.00	6.64	4.82	165.388	121.452	139793	214904
P516	84875.000	25.00	8.95	0.95	223.313	23.865	140017	214928
P517	84900.000	25.00	11.77	0.29	294.051	7.343	140311	214935
P518	84925.000	25.00	14.12	0.27	352.484	6.733	140663	214942
P519	84950.000	25.00	24.43	0.20	610.045	4.879	141273	214947
P520	84975.000	25.00	26.65	0.18	666.272	4.530	141939	214951
P521	85000.000	25.00	14.69	3.41	367.118	85.236	142307	215037
P522	85025.000	25.00	9.84	4.98	246.005	124.410	142553	215161
P523	85050.000	25.00	7.53	6.73	188.246	168.177	142741	215329
P524	85075.000	25.00	6.50	7.86	162.435	196.588	142903	215526
P525	85100.000	25.00	6.83	7.24	170.809	181.121	143074	215707
P526	85125.000	25.00	5.31	8.25	132.727	206.308	143207	215913
P527	85150.000	25.00	6.25	6.98	156.274	174.525	143363	216088
P528	85175.000	25.00	9.51	6.14	237.632	153.576	143601	216241
P529	85200.000	25.00	6.41	7.60	160.231	190.040	143761	216431
P530	85225.000	25.00	4.80	7.34	120.090	183.437	143881	216615
P531	85250.000	25.00	0.01	11.92	0.369	298.095	143881	216913
P532	85275.000	25.00	0.00	14.07	0.000	351.771	143881	217265
P533	85300.000	25.00	6.72	10.37	168.094	259.172	144049	217524
P534	85325.000	25.00	5.77	10.86	144.225	271.422	144194	217795
P535	85350.000	25.00	8.04	9.50	201.009	237.617	144395	218033
P536	85375.000	25.00	3.73	9.63	93.304	240.803	144488	218274
P537	85400.000	25.00	10.20	8.03	255.031	200.803	144743	218474
P538	85425.000	25.00	12.00	9.91	300.089	247.683	145043	218722
P539	85450.000	25.00	10.86	7.64	271.441	190.885	145315	218913
P540	85475.000	25.00	9.72	1.71	243.038	42.710	145558	218956
P541	85500.000	25.00	20.38	0.16	509.511	4.098	146067	218960
P542	85525.000	25.00	10.09	5.39	252.291	134.861	146319	219095
P543	85550.000	25.00	5.94	2.08	148.388	51.882	146468	219147
P544	85575.000	25.00	8.74	10.65	218.609	266.133	146686	219413
P545	85600.000	25.00	8.04	12.63	200.883	315.815	146887	219729
P546	85625.000	25.00	5.47	13.77	136.753	344.339	147024	220073
P547	85650.000	25.00	6.25	10.48	156.239	261.897	147180	220335
P548	85675.000	25.00	11.73	8.33	293.356	208.250	147474	220543
P549	85700.000	25.00	10.85	7.38	271.227	184.562	147745	220728
P550	85725.000	25.00	2.16	7.22	53.932	180.454	147799	220908
P551	85750.000	25.00	11.20	0.90	280.061	22.609	148079	220931
P552	85775.000	25.00	22.29	0.18	557.155	4.471	148636	220935
P553	85800.000	25.00	19.14	0.17	478.484	4.208	149115	220939
P554	85825.000	25.00	8.49	8.72	212.195	218.073	149327	221157
P555	85850.000	25.00	8.74	3.87	218.555	96.846	149545	221254
P556	85875.000	25.00	11.26	2.72	281.625	68.001	149827	221322
P557	85900.000	25.00	15.74	0.34	393.597	8.405	150220	221331
P558	85925.000	25.00	16.82	0.26	420.409	6.484	150641	221337
P559	85950.000	25.00	15.98	0.17	400.220	4.342	151041	221341
P560	85975.000	25.00	19.94	0.23	501.488	5.769	151543	221347
P561	86000.000	25.00	31.82	0.17	798.213	4.359	152341	221352
P562	86025.000	25.00	31.76	0.18	799.259	4.546	153140	221356
P563	86050.000	25.00	43.67	0.18	1097.130	4.552	154237	221361

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P564	86075.000	25.00	46.11	0.17	1157.339	4.211	155395	221365
P565	86100.000	25.00	49.66	0.17	1240.123	4.195	156635	221369
P566	86125.000	25.00	41.87	0.13	1046.631	3.328	157681	221372
P567	86150.000	25.00	39.16	0.22	980.087	5.352	158661	221378
P568	86175.000	25.00	39.06	0.20	981.141	4.967	159643	221383
P569	86200.000	25.00	49.48	0.17	1235.005	4.300	160878	221387
P570	86225.000	25.00	42.28	0.70	1053.285	17.448	161931	221404
P571	86250.000	25.00	44.79	0.34	1114.361	8.497	163045	221413

P572	86275.000	25.00	40.90	0.19	1019.877	4.749	164065	221418
P573	86300.000	25.00	44.60	0.19	1114.338	4.689	165179	221422
P574	86325.000	25.00	37.13	0.10	931.354	2.526	166111	221425
P575	86350.000	25.00	45.00	0.18	1127.686	4.602	167238	221430
P576	86375.000	25.00	43.18	0.18	1076.896	4.488	168315	221434
P577	86400.000	25.00	32.41	0.18	808.574	4.431	169124	221438
P578	86425.000	25.00	34.66	0.17	860.605	4.316	169985	221443
P579	86450.000	25.00	23.91	0.29	595.929	7.400	170580	221450
P580	86475.000	25.00	25.15	0.24	629.092	5.938	171210	221456
P581	86500.000	25.00	25.74	0.17	643.292	4.395	171853	221461
P582	86525.000	25.00	27.53	0.19	687.584	4.805	172540	221465
P583	86550.000	25.00	18.51	0.18	462.196	4.430	173003	221470
P584	86575.000	25.00	23.06	0.17	577.457	4.295	173580	221474
P585	86600.000	25.00	26.76	0.18	671.646	4.431	174252	221478
P586	86625.000	25.00	30.44	0.16	766.588	3.943	175018	221482
P587	86650.000	25.00	19.95	0.18	501.815	4.385	175520	221487
P588	86675.000	25.00	22.38	0.17	560.320	4.301	176080	221491
P589	86700.000	25.00	27.43	0.19	686.379	4.853	176767	221496
P590	86725.000	25.00	26.60	0.17	664.993	4.150	177432	221500
P591	86750.000	25.00	28.11	0.19	702.773	4.874	178135	221505
P592	86775.000	25.00	32.05	0.17	801.212	4.292	178936	221509
P593	86800.000	25.00	30.73	0.18	768.144	4.502	179704	221514
P594	86825.000	25.00	30.49	0.18	762.370	4.471	180466	221518
P595	86850.000	25.00	30.16	0.17	753.898	4.374	181220	221523
P596	86875.000	25.00	18.80	0.17	469.989	4.194	181690	221527
P597	86900.000	25.00	13.10	0.18	327.550	4.562	182018	221531
P598	86925.000	25.00	10.59	2.99	264.700	74.736	182282	221606
P599	86950.000	25.00	13.31	2.65	332.781	66.326	182615	221672
P600	86975.000	25.00	13.12	1.64	327.945	40.979	182943	221713
P601	87000.000	12.98	8.34	0.81	108.208	10.499	183051	221724
P602	87000.962	0.48	0.00	0.00	0.000	0.000	183051	221724