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

Étude d'un dédoublement de la voie et rectification des paramètres du tracé pour augmenter la vitesse à 160 km/h sur le tronçon du Pk1+500 au Pk 13+500 de la ligne Béni Mansour/Bejaïa avec conception de la gare de Tazmalt et la halte d'Allaghene.

Présenté par :

SARAOUI Yousra
SEDDIK Salma

Encadré par :

Mr. GOUMETTRE Ahmed

Promotion 2020 / 2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciement

Avant de commencer la présentation de ce travail, nous Profitons de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études.

Nous tenons à exprimer nos remerciements pour, Mr. Goumettre, d'avoir accepté de nous encadrer pour notre projet de fin d'études, et pour ces conseils et son aide.

Nos remerciements vont aussi pour tout le personnel de SETIRAIL pour leurs soutiens et leurs remarques pendant toute la période du stage.

Nos remerciements s'adressent, également, aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

Nous tenons à remercier aussi toute l'équipe de la bibliothèque pour leurs soutiens et pour les nombreux ouvrages qu'ils ont mis à notre disposition.

Nos remerciements vont aussi à tous nos professeurs, enseignants en particulier Mr.Morsli pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement , et toutes les personnes qui nous ont soutenus jusqu'au bout. Sans oublier les merveilleuses assistantes de département infrastructure de base Mme Makoudi et Mme Bourebia.

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

Saraoui-Seddik

Dédicace

Je dédie ce travail

À l'être le plus cher de ma vie, celle qui s'est sacrifiée pour nous voir grandir et réussir, à celle qui me soutient et me permet de réaliser mes rêves, à celle qu'aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que je lui éprouve,

À toi chère Maman

Saraoui Yousra

Je dédie ce travail

A mes chers parents

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de vos sacrifices, de l'amour et de soutien dont vous ne m'avez jamais cessé de donner tout le long de mes années d'études. J'espère que vous trouvez dans ce travail un vrai témoignage de mon profond amour et éternelle reconnaissance. A toute ma famille

A mon binôme et chère amie ''Yousra''

A tous mes chers amis

Pour tous les instants inoubliables que j'ai passés avec vous

A tout ceux que j'aime.

Salma Seddik

RESUME

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude d'avant-projet détaillé (A.P.D) d'un d'un dédoublement de la voie et rectification de tracé pour augmenter la vitesse à 160 km/h sur le tronçon du Pk1+500 au Pk 13+500 de la ligne Béni Mansour / Bejaïa et la conception de la gare de TAZMALT et la halte d'ALLAGHENE.

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées de la ligne ferroviaire projetée sera basée sur les recommandations ainsi que les pratiques qui sont suivies par la SNTF et les autres systèmes ferroviaires plus développés (normes UIC), la modélisation géométrique du projet a été exécutée à l'aide du logiciel CIVIL 3D 2018.

ملخص

يتكون هذا المشروع بشكل أساسي من دراسة التصميم الأولية التفصيلية (APD) لمضاعفة المسار وتصحيح المحاذاة لزيادة السرعة إلى 160 كم / ساعة على المقطع من Pk1 + 500 إلى Pk 13 + 500 من بني منصور / خط بجاية وتصميم محطة TAZMALT ومحطة ALLAGHENE.

سيعتمد تحديد الخصائص التقنية الأكثر ملاءمة لخط السكك الحديدية المقترح على التوصيات بالإضافة إلى الممارسات التي يتبعها SNTF وأنظمة السكك الحديدية الأخرى الأكثر تطوراً (معايير UIC)، وتم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع في استخدام برنامج CIVIL 3D 2018.

SUMMARY

The present project consists essentially of the detailed preliminary design study (APD) of a doubling of the track and rectification of the alignment to increase the speed to 160 km / h on the section from Pk1 + 500 to Pk 13 + 500 of the Béni Mansour / Bejaïa line and the design of the TAZMALT station and the ALLAGHENE stop.

The identification of the most appropriate technical characteristics of the proposed railway line will be based on the recommendations as well as the practices which are followed by the SNTF and other more developed railway systems (UIC standards), the geometric modeling of the project was carried out at using CIVIL 3D 2018 software.

SOMMAIRE

I. CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET 2

I.1 INTRODUCTION 2

I.2 APERÇU SUR LA VOIE EXISTANTE 2

I.2.1 Les éléments du tracé existant 2

I.2.1.1 Les caractéristiques géométriques du tracé 2

I.2.1.2 Les passages à niveau 3

I.2.1.3 Les ouvrages 4

I.2.1.4 Gare et halte 7

I.2.1.5 L'embranchement 9

I.3 DESCRIPTION GENERALE DU PROJET 9

I.4 OBJECTIF DU PROJET 10

I.5 PRESENTATION DU PROJET D'ETUDE 11

I.5.1 Caractéristiques de la voie 11

I.6 CONCLUSION 12

II. CHAPITRE II : ETUDE GEOMETRIQUE 13

II.1 INTRODUCTION 13

II.2 PARAMETRES DE CONCEPTION DE LA VOIE 13

II.2.1 Paramètres de conception 13

II.2.2 Paramètres géométriques 13

II.2.3 Paramètres fonctionnels 14

II.2.4 Contraintes à prendre en considération dans le tracé 14

II.2.5 Les paramètres du nouveau tracé : 15

II.3 DESCRIPTION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG 17

II.4 CONCLUSION 17

III. CHAPITRE III : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE 18

III.1 INTRODUCTION 18

III.2 ETUDE GEOLOGIQUE 18

III.2.1 Compagne géologique 18

III.2.2 La géologie régionale 18

III.2.3 La géologie de la zone d'étude 19

III.2.3.1 Lithostratigraphie 19

- Crétacé inférieur 19

III.2.3.2 Géomorphologie 20

III.2.3.3 Hydrogéologie 20

III.2.4 La sismicité de la zone d'étude 21

III.2.5 Les risques géologiques 21

III.3 ETUDE GEOTECHNIQUE 22

III.3.1 Programme géotechnique 22

III.3.1.1 Lot voie 22

III.3.1.2 Lot ouvrage d'art 25

III.4 INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA COMPAGNE GEOLOGIQUE 26

III.4.1 Les essais in situ 26

III.4.1.1 Les sondages mécaniques 26
III.4.1.2 Pénétromètre dynamique 29
III.4.1.3 Puit de reconnaissance 29
III.4.2 Les essais en laboratoire 31

III.5 LES CARACTERISTIQUES DES GROUPES GEOLOGIQUES AFFECTES PAR LE COULOIR 35
III.5.1 Groupe géologique A 35
III.5.2 Groupe géologique Qc 36
III.5.3 Groupe géologique Qt (Qt1, Qt2, Qt3) 36
III.5.4 Groupe géologique Qcd 36
III.5.5 groupe géologique Mi 37
III.5.6 groupe géologique ci 37

III.6 CONCLUSION 37

IV. CHAPITRE IV : ETUDE DU TRAFIC 38

IV.1 INTRODUCTION 38

IV.2 DONNEES DE BASE DU TRAFIC 38
IV.2.1 DONNEES DE BASE DU RESEAU DES TRANSPORTS ALGERIENS 38
IV.2.2 DONNEES DE BASE DE LA LIGNE ACTUELLE BENI MANSOUR – BEJAIA 38
IV.2.3 Données de base du trafic routièr 39
IV.2.4 Résumé des trafics actuels 40

IV.3 ETUDE DE LA CAPACITE DE LA LIGNE 40
IV.3.1 Application sur la ligne Beni Mansour – Bejaia 41
IV.3.1.1 Capacité maximale par heure 42
IV.3.1.2 Capacité maximale des heures de pointes 42

IV.4 TRAFIC DE CONCEPTION DE LA LIGNE 43
IV.4.1 Trafic de conception en période de pointe 43
IV.4.2 trafic de conception en période creuse 43
IV.4.3 Trafic de conception en période de maintenance 44
IV.4.4 TRAFIC DE CONCEPTION JOURNALIER 44

V. CHAPITRE V : LA STRUCTURE D'ASSISE 45

V.1 INTRODUCTION 45

V.2 LES CONSTITUANTS DE LA STRUCTURE D'ASSISE 45

V.3 L'ARMEMENT DE LA VOIE 45
V.3.1 Rail 45
V.3.2 Traverse 46
V.3.3 Attache 46

V.4 DIMESENNEMENT DE BALLAST ET DE SOUS-BALLAST 47

V.5 DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME 49

V.6 LA STRUCTURE DE LA VOIE 49

V.7 CONCLUSION 50

VI. CHAPITRE VI : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSINISSEMENT 51

VI.1 INTRODUCTION 51

VI.2 ETUDE HYDRAULOGIQUE 51

VI.2.1 climatologie 51
VI.2.2 pluviométrié 52
VI.2.2.1 Pluie moyenne dans la région 52
VI.2.2.2 Pluies annuelles 52
VI.2.2.3 Précipitations mensuelles 52
VI.2.2.4 Précipitations journalières 53
VI.2.3 bassins versants 53
VI.2.3.1 La délimitation des bassins versants 53
VI.2.3.2 Les caractéristiques des bassins versants 54
VI.2.4 calcul hydraulique 56
VI.2.4.1 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) 56
VI.2.4.2 Intensité de pluie 57
VI.2.4.3 Pluie correspondante à un pas de temps t 57
VI.2.4.4 Temps de concentration Tc 57

VI.3 RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS 60
VI.3.1 Dispositif de rétablissement d'écoulement projeté 62
VI.3.2 JUSTIFICATION DES OUVRAGES DE DRAINAGE TRANSVERSAL EMPLOYÉS pour chaque ecoulement 62
VI.3.3 Vérification des conditions d'auto curage pour chaque ouvrage 67

VI.4 CALCUL DU DRAINAGE LONGITUDINAL 68
VI.4.1 application sur le projet 68
VI.4.1.1 Calcul des débits d'apport 68
VI.4.1.2 Dimensionnement des fossés 69

VI.5 LE CALCUL HYDRAULIQUE POUR LES OUVRAGES SINGULIERS 70

VI.6 LE SYSTEME DE DRAINAGE DE LA GARE ET LA HALTE : 70

VI.7 CONCLUSION 71

VII. CHAPITRE VII : PROFIL EN TRAVES 72

VII.1 INTRODUCTION 72

VII.2 TYPE DE PROFIL EN LONG 72
VII.2.1 profil en travers type 72
VII.2.2 profil en traves courant 72

VII.3 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS : 72
VII.3.1 La plateforme 72
VII.3.2 L'Emprise 72
VII.3.3 Assiette 72
VII.3.4 La voie 72
VII.3.5 La berme 72
VII.3.6 Le fossé 72

VII.4 LES PROFILS EN TRAVERS TYPE ADOPTES POUR NOTRE TRACES 73
VII.4.1 Voie double 73
VII.4.2 Viaducs 73
VII.4.3 Gare et halte 73

VIII. CHAPITRE VIII : LES TERRASSEMENTS ET OUVRAGES 74

VIII.1 INTRODUCTION 74

VIII.2 LES TERRASSEMENTS 74

VIII.2.1 Calcul de stabilité 74
VIII.2.2 Les pentes des talus 74
VIII.2.3 cas Déblais 75
VIII.2.3.1 Les dispositifs de sécurité 75
VIII.2.3.2 Les paramètres géotechniques des terrains affectés par le déblai 75
VIII.2.3.3 Vérification de la stabilité des déblais 76
VIII.2.3.4 Réutilisation des matériaux des déblais 77
VIII.2.4 Cas remblais 77
VIII.2.4.1 Les dispositifs de sécurité 77
VIII.2.4.2 Les paramètres géotechniques des terrains affectés par le remblai 78
VIII.2.4.3 Vérification de la stabilité des remblais 78

VIII.3 CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENT 79

VIII.4 EMPRUNT ET DEPOT 80

VIII.5 OUVRAGES 80
VIII.5.1 Viaducs 80
VIII.5.2 Les rétablissements routiers 80
VIII.5.2.1 Passages supérieurs 81
VIII.5.2.2 Passages inférieurs 81
VIII.5.2.3 Chemins ou routes parallèle 82

VIII.6 CONCLUSION 82

IX. CHAPITRE IX : AMENAGEMENT DE LA GARE DE TAZMALT ET LA HALTE D'ALLAGHENE 83

IX.1 INTRODUCTION 83

IX.2 CONCEPTION DE LA LIGNE 83

IX.3 MATERIEL ROULANT 83

IX.4 LA GARE DE TAZMALT 84
IX.4.1 Emplacement 84

IX.5 TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG 84

IX.6 LES CARACTERISTIQUES DE LA GARE DE TAZMALT 84
IX.6.1 Nombre de voies 84
IX.6.2 Appareils de voies 85
IX.6.3 Marge de glissement à l'aval des signaux 85
IX.6.4 Garage franc 85
IX.6.5 Longueur utile des voies 86
IX.6.6 Les quais 87
IX.6.7 Heurtoir 87
IX.6.8 Schéma fonctionnel de la gare de Tazmalt 87

IX.7 HALTE D'ALLAGHANE 87
IX.7.1 Emplacement 87
IX.7.2 Tracé en plan et profil en long 88

IX.8 LES CARACTERISTIQUE DE LA HALTE 88
IX.8.1 Nombre de voies 88
IX.8.2 Longueur utile 88
IX.8.3 Appareils de voies 88
IX.8.4 quais 88

IX.8.5 Schéma de la halte 89
IX.9 CONCLUSION 89
X. ETUDE DES CONTRAINTES 90
X.1 INTRODUCTION 90
X.2 LES CONTRAINTESI 90
X.2.1 Canaux d'irrigation et caniveaux 90
X.2.2 Gazoducs 91
X.2.3 Lignes électriques 92
X.2.4 Routes et chemins 92
X.3 CONCLUSION 93
XI. CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION 94
XI.1 SIGNALISATION 94
XI.1.1 Introduction 94
XI.1.2 OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION 94
XI.1.3 Implantation des signaux 94
XI.1.4 Signaux 94
XI.1.4.1 Signaux principaux 94
XI.1.4.2 Signaux d'avertissement 95
XI.1.4.3 Signaux de manœuvre 95
XI.1.4.4 Cibles 95
XI.1.4.5 Pancartes fixes 95
XI.1.5 Système de signalisation adopté pour notre projet 95
XI.1.5.1 Description du système de signalisation 95
XI.1.6 Système de protection du train employer 97
XI.2 ELECTRIFICATION 98
XI.2.1 Introduction 98
XI.2.2 Caténaire 99
XI.2.3 LE GABARIT DE LA CATENAIRE 99
XI.2.4 le système 25 kV /50Hz 99
XI.2.5 Les avantages de l'électrification ferroviaire 100
XII. CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 101
XII.1 INTRODUCTION 101
XII.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 101
XII.3 DESCRIPTION DU MILIEU 101
XII.3.1 Milieu physique 101
XII.3.1.1 Géomorphologique 101
XII.3.1.2 Géologique et lithologie 102
XII.3.1.3 Climatologie 102
XII.3.1.4 Hydrologie et hydrogéologie 102
XII.3.1.5 Sismologie 102
XII.3.2 milieu biologique 102
XII.3.2.1 Végétation 102
XII.3.2.2 Faune 102
XII.3.3 Milieu humain 103
XII.3.3.1 Démographie 103
XII.3.3.2 Activités économiques 103

XII.3.3.3 L'Agriculture 103
XII.3.3.4 L'industrie 103
XII.3.3.5 Le Commerce 103
XII.3.3.6 Les infrastructures de base 103

XII.4 ANALYSE DES IMPACTS 104
XII.4.1 Identification des impacts 104
XII.4.2 Activités génératrices des impacts appréhendes 104
XII.4.2.1 Géologie et géomorphologie 104
XII.4.2.2 Hydrologie 104
XII.4.2.3 Végétation 104
XII.4.2.4 Faune 105
XII.4.2.5 La qualité de l'air 105
XII.4.2.6 Bruit et des vibrations 105
XII.4.2.7 Paysage 105
XII.4.2.8 Gisements archéologiques 106
XII.4.2.9 Milieu social 106
XII.4.3 IMPACTS POSITIFS 107

XII.5 MESURES TECHNIQUES D'INTEGRATION ENVIRONNEMENTALE 107
XII.5.1 JALONNEMENT (DELIMITATION ET SIGNALISATION) 107
XII.5.2 INSTALLATION ET EMPLACEMENT DES CHANTIERS 107
XII.5.2.1 Emplacement des chantiers 107
XII.5.2.2 Déversement des Eaux Usées 108
XII.5.2.3 Déversements Accidentels et Fuites 108
XII.5.2.4 Déchets Solides 108
XII.5.2.5 Accès 108
XII.5.3 LUTTE CONTRE L'EROSION 109
XII.5.4 PLAN DE ROUTES, DE CHEMINS ET DE PISTES DU CHANTIER 109
XII.5.5 PROTECTION DE ZONES DE DEPOT ET DE STOCKAGE 109
XII.5.6 Installations auxiliaires 109
XII.5.7 MESURES PRECONISEES POUR LA PROTECTION DE LA FAUNE 109
XII.5.8 MESURES CONTRE LE BRUIT 109
XII.5.9 VEGETALISATION 110
XII.5.10 RECONSTRUCTION D'HABITATION 110

XII.6 MESURES D'INSERTION ET D'ATTÉNUATION PROPOSÉES : 110
XII.6.1 Milieu physique 110
XII.6.2 Milieu biologique 110
XII.6.3 Milieu humain 111
XII.6.4 Milieu sonore 111
XII.6.5 Milieu visuel 111

XII.7 CONCLUSION 112

XIII. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF 113

XIV. CONCLUSION GENERALE 115

Liste de tableaux

Tableau I.1 Tableau récapitulatif des rayons de courbe existant 3
Tableau I.2 L'emplacement des passages à niveau sur le tracé existant 3
Tableau I.3 L'inventaire des ouvrages existants sur le tracé actuel 4
Tableau I.4 Les Pk de gare et de halte 7
Tableau II.1 Paramètres de conception 13
Tableau II.2 Paramètres géométriques de trace en plan (SNTF) 13
Tableau II.3 Paramètres géométriques de profil en long (SNTF) 14
Tableau II.4 Paramètres fonctionnels de trace en plan (SNTF) 14
Tableau II.5 Tableau récapitulatif des paramètres du la trace 16
Tableau III.1 Le programme d'investigation en section déblai 23
Tableau III.2 Le programme d'investigation en section remblai 24
Tableau III.3 Le programme d'investigation pour les ouvrages d'art 25
Tableau III.4 Les résultats des sondages effectués 27
Tableau III.5 Les résultats des puits effectués 30
Tableau III.6 Classification UIC 719R 31
Tableau III.7 Les résultats des essais physiques effectués sur les échantillons des puits 32
Tableau III.8 Les résultats des essais mécaniques effectués sur les échantillons des puits 32
Tableau III.9 Les résultats des essais physiques effectués sur les échantillons des sondages 33
Tableau III.10 Les résultats des essais mécaniques effectués sur les échantillons des sondages 33
Tableau III.11 Les résultats des essais chimiques effectués sur les échantillons des sondages 34
Tableau III.12 Les groupes géologiques affectés par le tracé d'étude 35
Tableau III.13 Groupe géologique A 35
Tableau III.14 Groupe géologique Qc 36
Tableau III.15 Groupe géologique Qt 36
Tableau III.16 Groupe géologique Qcd 36
Tableau III.17 Groupe géologique Mi 37
Tableau III.18 Groupe géologique Ci 37
Tableau IV.1 La norme UIC 406R 40
Tableau IV.2 Tableau d'évaluation de t_{fm} 42
Tableau V.1 La norme UIC 718R pour d'épaisseur de la couche de forme 49
Tableau V.2 Les épaisseurs de différentes couches d'assise 49
Tableau VI.1 Les moyennes mensuelles et annuelle des températures 51
Tableau VI.2 Les moyennes mensuelles de la vitesse des vents 52
Tableau VI.3Les pluies annuelles 52
Tableau VI.4Répartition mensuelle des précipitations 52
Tableau VI.5 Pluies journalières maximales 53
Tableau VI.6Tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins versants de Pk 1+500 au Pk 13+500 55
Tableau VI.7 Tableau récapitulatif des paramètres hydrauliques des bassins versants pour des périodes de retour de 10 ans, 50ans ,100 ans 58
Tableau VI.8 Tableau récapitulatif des débits max des écoulements qui traverent le tracé pour des périodes de retour 10ans, 50ans, 100ans 59

Tableau VI.9L'état des ouvrages de drainages existants sur la section où le tracé suit la voie actuelle 60
Tableau VI.10Tableau récapitulatif de dimensionnement du système de drainage transversal le long du tracé 65
Tableau VI.11Listing des ouvrages de drainages le long du tracé 66
Tableau VI.12Tableau récapitulatif des ouvrages de rétablissement d'écoulement existants . 67
Tableau VI.13Tableau récapitulatif des conditions d'auto curage des ouvrages utilisés 67
Tableau VI.14 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai. 69
Tableau VI.15Caractéristiques des ouvrages singuliers 70
Tableau VI.16Calcul hydraulique des ouvrages singuliers du tracé étudié 70
Tableau VI.17Le drainage de la gare 71
Tableau VIII.1Les caractéristiques des déblais 75
Tableau VIII.2Les paramètres géotechniques des déblais 75
Tableau VIII.3 Résultats du calcul de stabilité (déblai) 77
Tableau VIII.4 Réutilisation des matériaux des déblais 77
Tableau VIII.5 Les caractéristiques des zones de remblais 77
Tableau VIII.6 Les paramètres géotechniques employés dans de calcul de stabilité des remblais 78
Tableau VIII.7Résultats du calcul de stabilité (remblai) 79
Tableau VIII.8 Récapitulatif des volumes de terrassement 79
Tableau VIII.9 Récapitulatif des volumes des couches d'assise 80
Tableau VIII.10 Viaducs 80
Tableau VIII.11 Passages supérieurs 81
Tableau VIII.12Passages inférieurs 82
Tableau VIII.13Routes et chemins parallèles 82
Tableau IX.1Paramètres de l'appareil de voie UIC54-500-1/12 85
Tableau IX.2 Les longueurs utiles de voies de la Gare de Tazmalt 86
Tableau X.1Tableau récapitulatif des lignes électriques affectées par le tracé 92
Tableau X.2 Tableau récapitulatif de rétablissements des passages à niveaux 93
Tableau XII.1 Population des communes concernées par le projet 103
Tableau XII.2Gravité des dommages (éventuels) causés aux réseaux 106

Liste de figures

Figure I.1 La Gare de Tazmalt 8
Figure I.2 Halte d'Allaghene 8
Figure I.3 Situation géographique de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia 10
Figure I.4 Situation géographique du tronçon d'étude 11
Figure III.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. 18
Figure III.2 Situation du projet sur la carte géologique de l'Algérie (2éme édition) 19
Figure III.3 Situation de la zone d'étude sur la carte sismique d'Algérie 21
Figure III.4 Sondage S-V-2.0 26
Figure III.5 Coupe de puit en Pk 9+700 29
Figure IV.1 Le trafic actuel de la ligne Beni Mansour/Bejaia 39
Figure IV.2 Le trafic routier de la région d'étude 40
Figure V.1 La structure d'assise 45
Figure V.2 Le système d'attache 46
Figure V.3 Les épaisseurs des couches d'assise 47
Figure V.4 Un profil type des couches d'assise 50
Figure VI.1 La délimitation des bassins versants 53
Figure VI.2 Dimensions d'une buse 63
Figure VI.3 Dimensions d'un dalot 64
Figure VI.4Un fossé de forme trapézoïdale 68
Figure VI.5Les dimensions du fossé adopté pour le long du tracé 70
Figure VIII.1Calcul de stabilité à long terme (déblai) 76
Figure VIII.2 Calcul de stabilité cas de séisme (déblai) 76
Figure VIII.3Calcul de stabilité du remblai effectué sur la formation Qc (long terme) 78
Figure VIII.4 Calcul de stabilité du remblai effectué sur la formation Qc (séisme) 79
Figure IX.1 Emplacement actuel et futur de la Gare de Tazmalt 84
Figure IX.2 Schéma de l'appareil de voie 85
Figure IX.3 Garage franc 86
Figure IX.4 Les longueurs utiles minimales trains voyageurs (SNTF) 86
Figure IX.5Le schéma fonctionnel de la Gare de Tazmalt 87
Figure IX.6Emplacement actuel et futur de la Halte d'Allaghene 88
Figure IX.7Schéma fonctionnel de la Halte d'Allaghen 89
Figure X.1 Rétablissement des deux canaux 90
Figure X.2 Croisement gazoduc au Pk 11+500 91
Figure X.3Croisement gazoduc au Pk 13+020 91
Figure XI.1 Organigramme de systèmes d'aide à la maintenance (SAM) 96
Figure XI.2 Illustration du système ERTMS/ETCS niveau 2 98
Figure XI.3 Schéma d'une caténaire 99
Figure XI.4 Schéma simplifié d'une électrification en 25 kV 50 Hz. 100

INTRODUCTION GENERALE

Si au lendemain de l'indépendance l'héritage du réseau colonial, hétéroclite mais relativement ample pour un pays sous-développé, a pu paraître suffisant, la montée de l'économie a fait apparaître des goulots d'étranglement représentés par l'insuffisance des réseaux et des moyens de transport et l'exigence d'investissement importants dans ce domaine.

Les infrastructures de transport représentent la base sur laquelle repose le développement économique d'un pays. D'ailleurs la densification de ces infrastructures de transport est considérée comme le phénomène le plus observé dans l'analyse de développement des pays.

Parmi les transports qui jouent un rôle déterminant dans le développement économique des sociétés, nous citerons le transport ferroviaire, un système guidé qui se compose d'une infrastructure spécialisée. Le transport ferroviaire de voyageurs permet aux citoyens de se déplacer et de participer à une multitude d'activités économiques et sociales ainsi qu'au transport des marchandises.

L'Algérie a réussi à développer son réseau des chemins de fer en agissant d'une manière optimiste suivant des programmes de développement bien étudiés. Le réseau des chemins de fer algérien est aujourd'hui parmi les plus modernes d'Afrique ; avec un linéaire de plus 4500 km qui couvre aussi bien le sud, le nord que les hauts plateaux.

L'histoire du transport ferroviaire algérien commence en 1857 durant la colonisation française de l'Algérie, et se poursuit depuis l'indépendance du pays à nos jours. Aujourd'hui de nombreux programme d'investissement ont été inscrits et lancés par la SNTF : un programme de réhabilitation de plusieurs lignes à travers le territoire national, telle que la ligne Beni Mansour /Bejaïa qui a pour but de répondre à la demande de transport dans les meilleurs conditions coût, rapidité, sécurité et qualité.

Le projet de réhabilitation et modernisation de la voie ferrée Bejaia / Beni Mansour s'inscrit dans le programme complémentaire du soutien à la croissance initié par le gouvernement algérien Le projet concerne la ligne ferroviaire qui traverse du nord au sud : les villes de Bejaia, Oued Ghir, Sidi Aich, Akbou, Il-Mathen, El K'Seur, et se termine à Beni Mansour.

La ligne ferroviaire Beni- Mansour / Bejaia est une ligne qui assure le raccordement à la ligne Alger – Constantine. Cette liaison permettra l'acheminement des marchandises et voyageurs sans rupture de charge dans le confort et la sécurité.

Notre projet fin d'étude fait objet d'une étude APD sur un tronçon de 12 km de la ligne Beni Mansour / Bejaïa. Notre travail s'articule sur les aspects suivants :

- Présentation du projet ;
- Etude géométrique, géologique et géotechnique ;
- Etude du trafic et dimensionnement de la structure d'assise ;
- Etude hydrologique et hydraulique ;
- Profils en travers de la ligne projetée ;
- Terrassements et ouvrages ;
- Aménagement de la Gare de Tazmalt et la Halte d'Allaghene ;
- Etude de contraintes ;
- Signalisation et Impact sur l'environnement :
- Enfin on terminera sur un devis estimatif de notre projet.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I. CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.1 INTRODUCTION

Les projets de dédoublements de voie sur des lignes existantes à voie unique, en générale avec rectification local de tracé, ont pour objectif principal d'augmenter les capacités de transport sur des lignes à voie unique saturées ; ils conduisent également à améliorer la qualité de l'offre de service, particulièrement pour ce qui concerne le trafic des voyageurs (amélioration de la ponctualité des trains, augmentation des vitesses).

Dans ce cadre le projet de dédoublement de la ligne ferroviaire Béni Mansour / Bejaia s'inscrit dans le programme complémentaire du soutien à la croissance initié par le gouvernement algérien.

I.2 APERÇU 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. Elle a été inaugurée en 1889 ; exploiter en voie unique, non électrifié avec une vitesse de 70 km/h à 80 km/h. elle présente les caractéristiques techniques suivantes :

- Longueur de la ligne : ..... 88.8 km

- 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

- Passages à niveau : 98

- Vitesse : ..... 70 km/h

- 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 / Bejaïa 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.

I.2.1 LES ELEMENTS DU TRACE EXISTANT

Sur cette ligne on s'intéresse à étudier les éléments du tronçon de Pk 1+500 au Pk 13+500 :

I.2.1.1 Les caractéristiques géométriques du tracé

D'après le profil en long de la voie existante établi par la société nationale des chemins de fer français en Algérie, le tracé est constitué d'alignement droit qui varie de 100 m à 2500 m et des courbes de rayons très serrées qui épousent le relief.

Le tableau ci-dessous illustre les différents rayons de courbe dont se compose notre tronçon :

Tableau I.1 Tableau récapitulatif des rayons de courbe existant

Courbe	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Rayon	400	290	290	1000	320	480	470	470	480	683	390	400	400	475	460

L'objectif de cette modernisation c'est d'atteindre une vitesse maximale de 160 km/h, le rayon minimal correspondant à cette vitesse est de 980 m (calcul de R_{min} dans le chapitre II).

D'après le tableau précédent on constate que presque la totalité des rayons sont inférieurs à 980m. Finalement 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.

I.2.1.2 Les passages à niveau

Une des prescriptions du maitre d'ouvrage est la suppression des passages à niveau sur toute la ligne actuelle. Ces passages sont considérés comme un danger très élevé en raison des conséquences telles que les accidents graves parfois mortels ainsi que le retard engendré sur le réseau et les pertes économique et financière. Le tableau ci-dessous illustre les différents passages à niveau de notre tracé avec leurs emplacements sur la ligne actuelle :

Tableau I.2 L'emplacement des passages à niveau sur le tracé existant

Passage à niveau	**Pk**	**Type**	**Photo**
01	4+265	Chemin	
02	5+400	Chemin	
03	6+455	Chemin	
04	7+700	Chemin	

05	8+375	Chemin	
06	8+960	Chemin	
07	12+782	Chemin	

Il est donc nécessaire de rétablir les communications routières par-dessus ou par-dessous la ligne.

I.2.1.3 Les ouvrages

Après la visite du site du tracé actuel, on a dressé un inventaire des ouvrages existants sur la plateforme actuelle. Les données sont relatives à leurs emplacements, leurs états et leurs dimensions. Tous les ouvrages existant sur le tronçon étudié sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.3 L'inventaire des ouvrages existants sur le tracé actuel

N°	Pk	Ouvrage	Photo
01	1+740	Ponceau 1x1 m	
02	2+040	Ponceau 0.70x0.70 m	
03	2+517	Dalot 2x2 m	

04	2+823	Inaccessible	
05	3+060	Viaduc Oued Sahel L=169m	
06	3+344	Inaccessible	
07	3+441	Pont dalle L=4 m	
08	4+026	Buse Ø 800 mm	
09	4+696	Inaccessible	
10	4+998	Inaccessible	
11	5+477	Pont en béton Oued Chakroun L=9.5 m	
12	5+906	Dalot 1.50x1.50 m	
13	6+422	Ponceau 1x1 m	

14	6+610	Pont en béton L=9.50 m	
15	7+432	Inaccessible	
16	8+401	Buse Ø 800 mm	
17	8+629	Buse Ø 800 mm	
18	9+216	Viaduc Oued Melikech L=16 m	
19	8+890	Ponceau 0.70x0.70 m	
20	9+094	Inaccessible	
21	9+568	Ponceau 0.60x0.60 m	
22	9+816	Buse Ø 800 mm	
23	10+066	Buse Ø 1000 mm	

24	10+311	Buse Ø 800 m	
25	10+842	Dalot 2x1.80 m	
26	11+124	Dalot 1x1.50 m	
27	11+539	Ponceau 1x1 m	
28	11+649	Pont en béton L=9.50 m	
29	12.311	Pont en béton L=8 m	

L'inspection des ouvrages répertoriés permettra de conclure sur leur état général pour une conservation future et par la même occasion statuer sur la substitution ou prolongement en rapport avec la nouvelle ligne. L'étude détaillé se fera dans le chapitre VI (étude hydraulique).

I.2.1.4 Gare et halte

Sur notre tronçon d'étude du Pk1+500 au Pk13+500 on trouve une gare et une halte qui se situent comme il est indiqué ci-dessous :

Tableau I.4 Les Pk de gare et de halte

	Pk Axe bâtiment	Pk Axe quais	Pk Début de quais	Pk Fin de quais
Gare de Tazmalat	8+025.04	8+045.37	7+932.87	8+157.87
Halte d'Allaghene	12+950.00	12+950.00	12+837.50	13+062.50

Le but c'est de maintenir l'emplacement de la Gare de Tazmalt pour garder les mêmes arrêts, et elle doit être placée sur un alignement droit entre ses appareils de voie et en palier sur le profil en long.

Quelques modifications seront apportées sur la disposition de la gare, car il faut augmenter la longueur des voies d'évitements pour accueillir les trains marchandises. L'aménagement de nouveaux quais sera apporté pour la gare et la halte.



Figure I.1 La Gare de Tazmalt



Figure I.2 Halte d'Allaghene

I.2.1.5 L'embranchement

Un embranchement vers Alger au Pk 2+432.41 est relié avec la voie actuelle et qui permet la liaison direct Alger-Bejaïa.

I.3 DESCRIPTION GENERALE DU PROJET

Le projet consiste à la réalisation de dédoublement de la voie et rectification du tracé de la ligne Béni Mansour / Bejaïa dans le cadre de développement de 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 à 80km/h actuellement.

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

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 ; des importants viaducs ont été projetés afin de permettre la traversée de ces dernières.

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 Béni Mansour et Bejaïa.

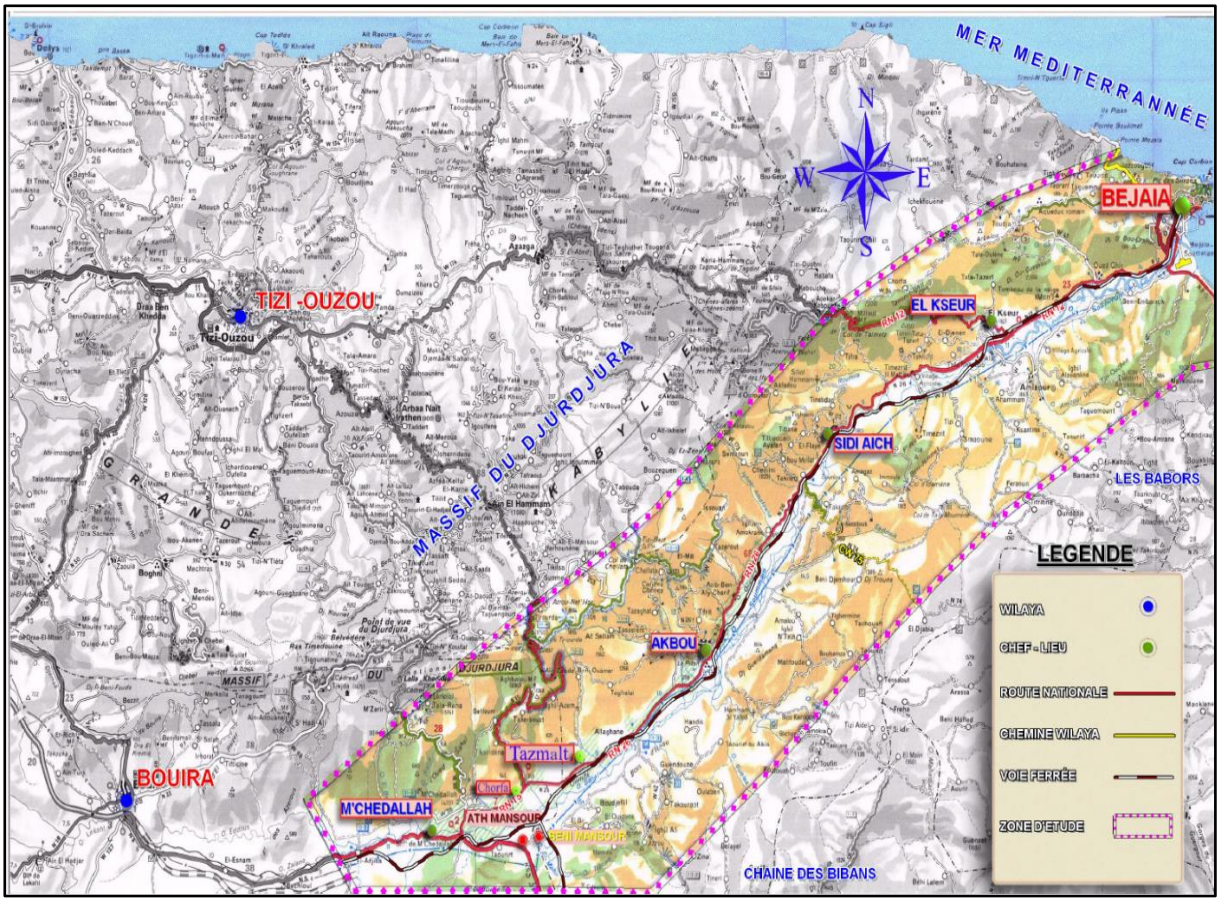


Figure I.3 Situation géographique de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia

I.4 OBJECTIF DU PROJET

- Développement des activités socio-économiques et des zones industrielles de la région. A savoir en dehors des deux zones industrielles connu dans la région, celle d'Iheddaden sise chef-lieu de la wilaya et Taharacht implantée dans la commune d'Akbou où d'importantes entreprises se sont installées. Il y a deux importantes zones industrielles ont été lancées en aménagement, la première sur le territoire des communes d'Amizour et d'El-kseur et la deuxième dans la commune de Béni Mansour.
- Amélioration du confort et de sécurité.
- Fournir aux utilisateurs un moyen de transport plus rapide et moderne.
- Augmenter la part du transport ferroviaire dans cette région.
- Soulager le trafic marchandise sur la route nationale RN26 et sur la nouvelle pénétrante autoroutière, des camions très chargés qui contribue à la dangerosité du transport et à la pollution de la vallée. En l'occurrence le transport ferroviaire permettra de déplacer un plus grand volume de marchandise en moins de temps, pour offrir un moyen de transport routier et autoroutier plus sûr.
- Réduire les coûts d'aménagements des 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.

I.5 PRESENTATION DU PROJET D'ETUDE

En particulier, notre projet consiste à faire l'étude d'un dédoublement de la voie et rectification de tracé pour augmenter la vitesse à 160 km/h sur le tronçon du Pk1+500 au Pk 13+500 de la ligne Béni Mansour / Bejaïa avec conception de la gare de Tazmalt et la halte d'Allaghene.

Le tronçon de 12km qui fait objet d'étude, traverse les communes de Béni Mansour, Chorfa, Tazmalt et franchie ainsi l'Oued de Sahel.

Le relief traversé présente des terrains vallonnés à pentes moyennes, parfois rocheux parfois meubles.

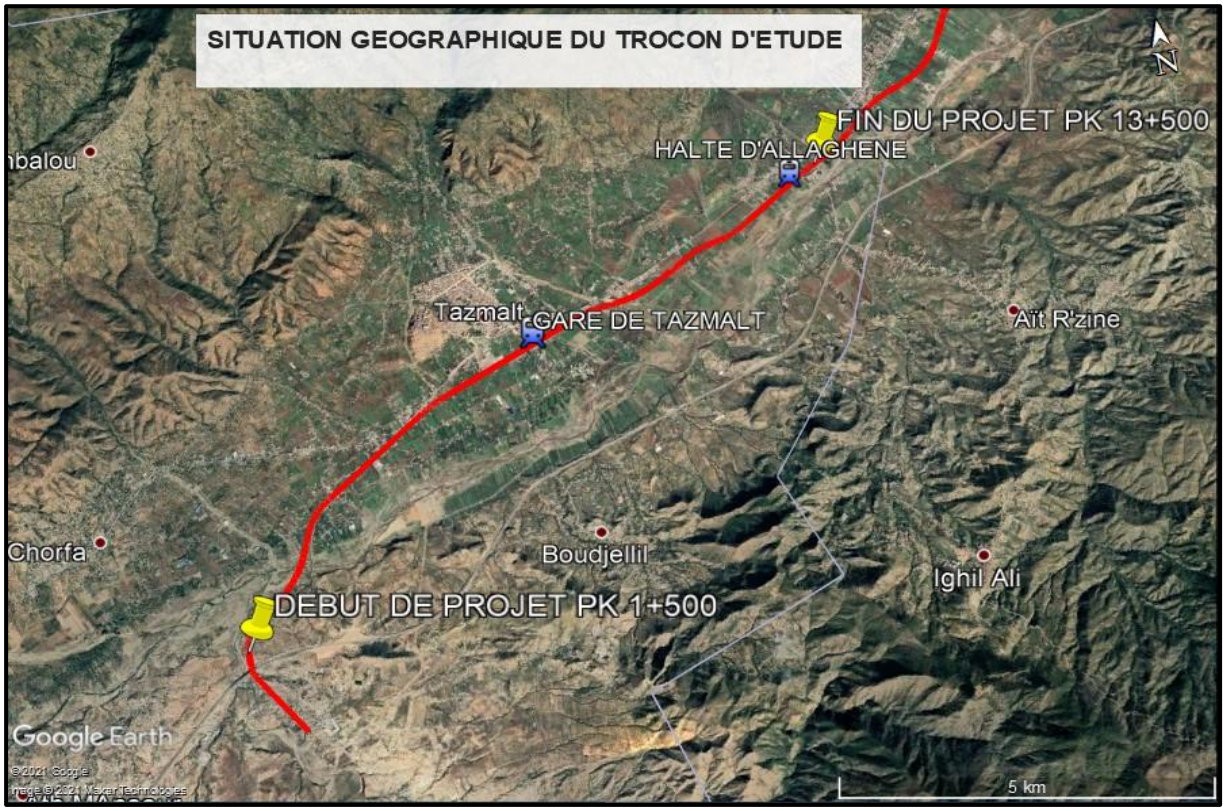


Figure I.4 Situation géographique du tronçon d'étude

I.5.1 CARACTERISTIQUES DE LA VOIE

La nouvelle ligne élaborée du projet de réhabilitation et modernisation des installations ferroviaires de la ligne Beni Mansour / Bejaia, présentera les caractéristiques suivantes :

- Nouvelle ligne à double voie, écartement standard 1435 mm avec rails UIC 54 posés sur des traverses bibloc ;
- Vitesse voyageur 160 km/h, vitesse marchandise 100 km/h ;
- Charges à l'essieu pour la superstructure de 20 tonnes ;
- Charges à l'essieu pour les ouvrages d'art de 25 tonnes ;
- Mode de traction : électrique et diesel ;
- Type de trafic : mixte (trains voyageurs et trains marchandises) ;
- Gabarit : UIC 54 (y compris caténaire en 25 kV) ;

- Entraxe : 4,20 m ;
- Largeur de la plateforme : 13,60 m (plateforme pour voie double) ;
- Distance axe voie - axe caténaire : 3,25 m ;
- Ligne sans passages à niveaux.

I.6 CONCLUSION

Notre travail consiste à faire une étude APD d'un dédoublement d'un tronçon sur la ligne Béni Mansour /Bejaïa allons de Pk 1+500 au Pk 13+500, en tenant compte de la rectification de tracé existant, puisqu´il faut adapter la voie actuelle aux exigences de modernisation pour permettre d´atteindre une vitesse de 160 km/h, en essayant d´utiliser au maximum la plateforme de la voie actuelle. Tout en considérant que la future ligne doit être électrifiée.

CHAPITRE II : ETUDE GEOMETRIQUE

II. CHAPITRE II : ETUDE GEOMETRIQUE

II.1 INTRODUCTION

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 Béni Mansour/Bejaïa ; en tenant compte des descriptions suivantes :

- Ligne à double voie ;
- Trafic mixte voyageur-marchandise ;
- Suppression de tous les passages à niveau ;
- Maintenance de la voie actuelle en service lors des travaux de construction ;
- Réduction des expropriations des propriétés privé.

II.2 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.

II.2.1 PARAMETRES DE CONCEPTION

Tableau II.1 Paramètres de conception

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

II.2.2 PARAMETRES GEOMETRIQUES

Tableau II.2 Paramètres géométriques de trace en plan (SNTF)

	Normal	**Exceptionnel**
Vmax (km/h)	160	-
Vmin (km/h)	100	-
Dévers maximal d (mm)	160	180
Rmin= $\frac{11.8xVmax^2}{d_{max}+I_{max}}$ **(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

Tableau II.3 Paramètres géométriques de profil en long (SNTF)

			Normal	Exceptionnel
Déclivité maximale	**Voies générales**	L<3000 m	16 ‰	18 ‰
		3000<L<15000 m	16 ‰ à 13 ‰	18 ‰ à 15 ‰
		L>15000 m	13 ‰	15 ‰
	Gares	-	0	0
Rayon minimal en raccordements verticaux (m)		V=160 km/h	$0.35V^2$= 8960	$0.25V^2$= 6400
La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil en long (m)		V=160 km/h	V/2= 80	V/2.5= 2.5

II.2.3 PARAMETRES FONCTIONNELS

Tableau II.4 Paramètres fonctionnels de trace 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/Vmax = 1.125	216/Vmax = 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

II.2.4 CONTRAINTES A PRENDRE EN CONSIDERATION DANS LE TRACE

Pour faire un tracé conforme aux paramètres géométriques et fonctionnels du référentiel technique de l'SNTF, il doit être pris en considération certaines contraintes supplémentaires suivantes :

- En profil en long, sauf cas exceptionnel, il ne doit pas y avoir d'interférences entre courbes de raccordement progressif en plan (clothoïde) et courbe de raccordement en profil en long.
- Au point de changement de pente longitudinales, lorsque la déférence algébrique des deux déclivités est inférieure à 2‰ (peut être porté à 4‰), il est possible de ne pas raccorder les segments.
- 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 : $\frac{d}{L} \leq \frac{dd}{dl}$
- La longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30 m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

II.2.5 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=1500 m comme exemple pour calculer les dévers et les différents paramètres correspondant à ce dernier.

- Dévers théorique : $d_{th} = \frac{11.8*V^2max}{R} = \frac{11.8*160^2}{1500} = 201.39\ mm.$
- Le coefficient de devers : $C = 0.006 * V^2{}_{max} = 153.6$

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

$0.5 < \frac{C}{0.0118*V^2max} \leq 0.7$, alors dans ce cas on prend C= 165.

- Le dévers pratique : $d_p = 1000 * \frac{C}{R} = 1000 * \frac{165}{1500} = 110\ mm.$ On prend dp=150 mm.
- Insuffisance de dévers : $I = d_{th} - d_p = 201.39 - 150 = 51.39\ mm.$
- Excès de dévers : $E = d_p - \frac{11.8*V^2m}{R} = 150 - \frac{11.8*100^2}{1500} = 71.33\ mm.$
- La longueur de clothoïde : $L_{rp} = \frac{d_p}{\frac{dd}{dl}} = \frac{d_p}{\frac{180}{V_{max}}} = \frac{150}{1.125} = 133.33\ m.$

  On prend L_{rp}= 150 m.
- Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur : $\frac{dd}{dl} = \frac{150}{150} = 1\ mm.$
- La variation d'insuffisance de dévers : $\frac{dI}{dt} = \frac{dI}{dl} * \frac{V_{max}}{3.6} = \frac{51.39*160}{100*3.6} = 22.84\ mm/s.$

Ci-dessous le listing des paramètres et des dévers correspondant à chaque rayon qui se trouve sur le tracé du tronçon d'étude :

Tableau II.5 Tableau récapitulatif des paramètres du la trace

Rayon (m)	Vitesses (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)
	Voy	Mar										
400	60	60	144.55	30	75.00	100	6.20	0	88.88	100	1	2.75
1500	160	100	201.39	165	110.00	150	51.39	71.33	133.33	150	1	15.23
1050	160	100	287.70	165	157.14	160	127.70	47.62	142.22	150	1.06	37.84
2000	160	100	151.04	165	82.50	100	51.04	41.00	88.88	100	1	22.68
1380	160	100	218.90	165	119.57	150	68.90	64.49	133.33	150	1	20.41
2000	160	100	151.04	165	82.50	100	51.04	41.00	88.88	100	1	22.68
1380	160	100	218.90	165	119.57	150	68.90	64.49	133.33	150	1	22.41
1380	160	100	218.90	165	119.57	150	68.90	64.49	133.33	150	1	22.41
5000	160	100	60.42	165	33.00	50	10.42	26.40	44.44	80	0.625	5.78

Remarque :

Le rayon de la première courbe du tracé est inférieur au rayon minimal ($400m<R_{min}$), en raison d'emplacement de la courbe à la sortie de la gare de Béni Mansour avec un branchement de type UIC 50-500-1/12 (tg=0.083) où la vitesse d'embranchement est fixée à 60 km/h, cette dernière ne nécessite pas d'augmenter son rayon.

NB : le tracé est réalisé à l'aide de logiciel CIVIL 3D, et les plans de tracé en plan et le profil en long sont joint en format A3.

II.3 DESCRIPTION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG

Le tracé défini par l'axe pour double voie avec un écartement standard UIC, qui a pour origine la sortie de la gare de Beni Mansour au Pk 1+500 ; il est décrit comme suite par rapport au tracé en plan et au profil longitudinale :

Du Pk 1+500 au Pk 1+830

A la sortie de la gare avec une pente longitudinale de 0‰, le tracé débute par une courbe qui tourne à droite avec un rayon de 400 m sur une pente de 12.26‰.

Du Pk 1+830 au Pk 2+475

A partir de ce point, on dispose d'un alignement droit de 554 m, nécessaire pour raccorder la déviation qui donne la connexion à l'embranchement de voie unique en direction d'Alger au Pk 2+432. En profil longitudinal, il descend avec une pente de 12.26‰ pour atteindre la cote sur laquelle sera placée la déviation avec une pente de 8.59‰. Cet embranchement de 2141,620 m, est relié avec la voie actuelle et permet le mouvement direct Alger-Bejaïa.

Du Pk 2+475 au Pk 4+075

Ensuite on dispose d'une courbe qui tourne à gauche avec un rayon 1500 m, fixée sur une pente de 8.59‰. Elle traverse l'Oued Sahel au moyen d'un viaduc de 660 m au Pk 2+920, pour tourner à droite avec une courbe de rayon 1050 m.

Du Pk 4+075 au Pk 8+427

Le raccordement précédent permet de revenir au tracé de la voie actuelle à partir de Pk 4+075 où le tracé est parallèle à la voie existante jusqu'au Pk 8+427.

Sur le profil longitudinal, le tracé longe sur une succession de faible pente qui permet de rester sur les mêmes côtes du tracé existant pour atteindre le palier sur laquelle se situe la gare de Taz1malt.

Du Pk 8+427 au Pk 13+500

Après avoir traversé l'Oued Beni Mellikech au moyen d'un viaduc de 50 m au Pk 9+216.5 avec une courbe qui tourne à gauche de rayon 1380 m, le tracé décrit une succession de courbes de rayons 2.000 m et 1380 m, qui ont pour but d'éviter le plus possible un gazoduc.

Sur le profil en long, le tracé est conditionné par la présence du gazoduc, pour cette raison les croisements avec ce dernier aux PK 11+500 et Pk 13+020 sont réalisés en remblai pour pouvoir adopter les protections nécessaires aux points d'intersection.

Au Pk 12+950 se trouve une halte avec une pente longitudinale de 1.19‰. Puis le tracé prend l'allure d'une courbe qui tourne à droite avec un rayon de 5000 m, avant d'atteindre le Pk 13+500 où notre tronçon prend fin.

II.4 CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette étude sont conformes au référentiel de l'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.

CHAPITRE III : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

III. CHAPITRE III : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

III.1 INTRODUCTION

L'objet de ce présent chapitre est de décrire d'une manière la plus détaillé 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 1+500 jusqu'au Pk 13+500.

III.2 ETUDE GEOLOGIQUE

III.2.1 COMPAGNE GEOLOGIQUE

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 SETIRAIL.
- 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).

III.2.2 LA GEOLOGIE REGIONALE

La présente aire d'étude définit un couloir de direction approximative Sud-ouest / Nord-est, avec une longueur de près de 90 kilomètres, entre les villes de Beni 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 ci-dessous montre le secteur géologique où se situe la zone d'étude.

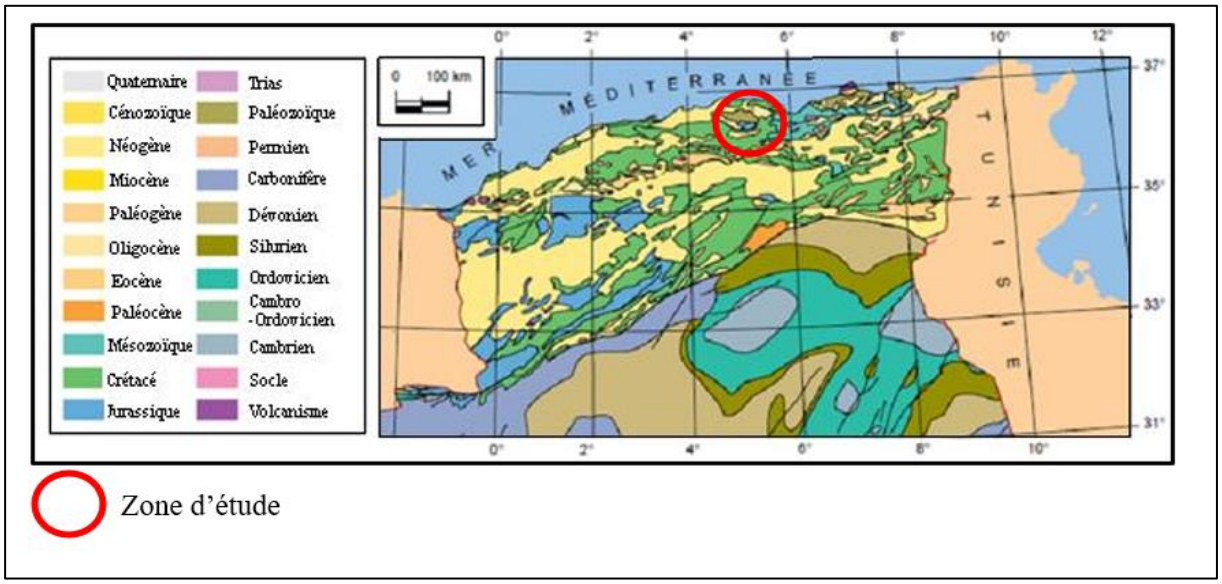


Figure III.1 Situation de la zone d'étude sur la carte géologique internationale de l'Afrique (feuille n°2), GCMW/UNESCO 1990 pour le nord de l'Algérie et document SONATRACH.

III.2.3 LA GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE

III.2.3.1 Lithostratigraphie

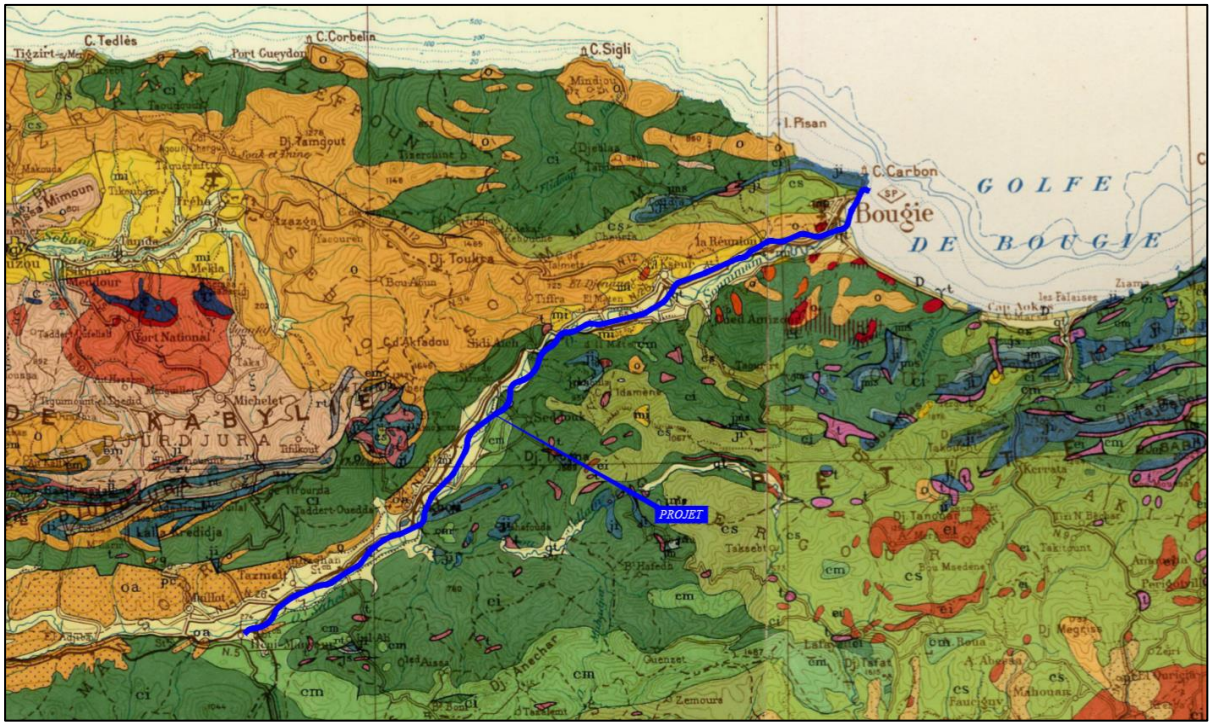


Figure III.2 Situation du projet sur la carte géologique de l'Algérie (2éme édition)

D'après la carte géologique de l'Algérie (2éme édition), on distingue sur le couloir de passage de notre tronçon d'étude 3 ères chronologiques de formation des dépôts, ils sont cités ci-dessous de plus ancien au plus récent :

- **Crétacé inférieur (ci) :** Grès, marne-calcaires noirs, conglomérats et argiles avec épisodes carbonatés

C'est une alternance irrégulière de grès calcaires et calcaires sablonneux, d'épaisseur décimétrique, des conglomérats karstiques avec matrice arkosique, des boues argilo-limoneuses ou des lutites avec sable dispersé et de tons brun-rougeâtres. Dans la base de la série peuvent apparaître des niveaux de granulométrie grossière (conglomérats). Les sables sont gros à moyens et occasionnellement très gros, anguleux, avec une matrice limon-argileuse et partiellement cimentées par carbonate. La disposition des matériaux est effectuée en couches (0.3 - 1 m) et en strates (1 - 3 m).

- **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. Ils se sont déposés dans une atmosphère marine dans le Miocène inferieur. Il forme la partie la plus moderne de noyau d'une structure synclinale. Il s'agit de roches de résistance faible altérables en sols résiduels argileux mous, et déposent d'une basse perméabilité, qui peuvent être érodés et excavés avec des moyens conventionnels mécaniques. Les matériaux de l'excavation de ces derniers pourront être réutilisés dans les remplissages des remblais, pourvu que sa plasticité soit adéquate.

- **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. Ils sont disposés en différentes granulométries avec une structure massive. Ce sont des terrains non consolidés, facilement érodés et totalement excavables avec des moyens mécaniques conventionnels. Ils disposent d'une haute perméabilité. En relation à leur utilisation, ils pourront être employés pour l'obtention de matériaux pour les remplissages des remblais et pour l'obtention de sables artificiels au moyen de concassage.

III.2.3.2 Géomorphologie

Le tracé étudié traverse une partie de l'Atlas tellien au milieu de la vallée de l'Oued Sahel, avec une direction approximative NE – SO. Au long de ce tronçon on peut différencier trois types de reliefs avec des caractéristiques distinctes :

D'abord on peut définir des plaines fluviales formées par les terrasses et les alluvions aux marges de l'Oued Sahel qui confèrent un relief plan, ou faiblement en escalier, avec une pente faible et uniforme vers le lit de l'Oued en perdant légèrement de l'altitude, vers Oued Soummam qui se jette à son tour au littorale méditerranéen. Sur cette plaine alluviale coulent l'Oued Sahel avec un tracé méandriforme.

Les sédiments tertiaires de l'Oligocène et du Miocène produisent un relief un peu abrupt, avec des pentes fortes, motivées par l'encaissement que l'érosion de l'Oued Sahel a exercé sur les sédiments marne-calcaires qui caractérisent ces périodes chronostratigraphiques. Pour ce motif se sont produits des versants en sillons, avec des élévations de formes généralement arrondies, lesquelles se trouvent séparées entre elles par un réseau de thalwegs un peu tortueux et de faible longueur, qui parcourent ces versants dans le sens longitudinal et que beaucoup d'entre elles perdent leur consistance à la rencontre avec les matériaux quaternaires alluviaux de la dépression fluviale.

Les roches crétacées sont celles qui offrent une orographie la plus accidentée, leur donnant les plus hautes altitudes et les pentes les plus escarpées. Ce sont des reliefs qui ont leur orientation générale de Sud-ouest à Nord-est. En général, les élévations sont de sommets arrondis ou tabulaires, suivant la structure tectonique des formations sur lesquelles elles reposent. Néanmoins, la présence occasionnelle d'affleurements de roches calcaires et dolomitiques avec de forts plissements provoque en ces zones l'apparition d'une morphologie en falaise.

III.2.3.3 Hydrogéologie

Les caractéristiques hydrogéologiques dans cette zone varient en fonction des matériaux : les marnes, calcaires et dolomies du Miocène, Oligocène, Crétacé seront plus ou moins perméables suivant le degré de fracturation, et/ou de karstification dans le cas des calcaires, pouvant contenir des aquifères importants. Le drainage superficiel est favorisé par la pente forte du terrain.

Néanmoins, les sédiments moins compacts du Quaternaire, présentent un comportement hydrogéologique très variable qui dépend du degré de cimentation et du pourcentage d'argiles

présentes. Dans les zones où les sédiments sont plus cimentés ou présentent une plus grande quantité de matrice argileuse la perméabilité sera basse avec un écoulement superficiel important. Cependant, dans les zones moins cimentées et avec moins d'argiles la perméabilité sera meilleure avec un drainage acceptable à bon.

III.2.4 LA SISMICITE DE LA ZONE D'ETUDE

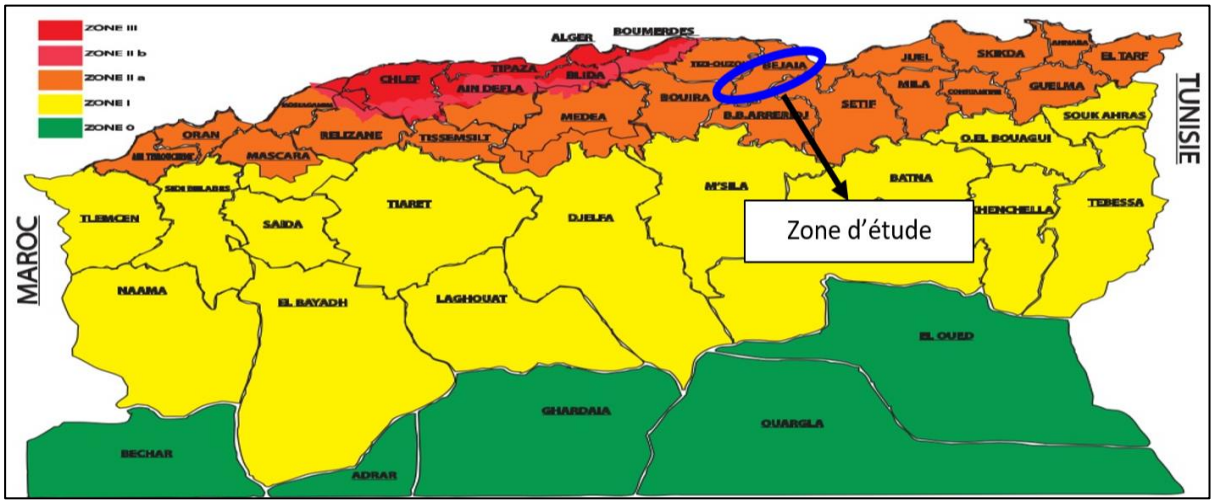


Figure III.3 Situation de la zone d'étude sur la carte sismique d'Algérie

D'après la carte sismique d'Algérie et les analyses tectoniques qui ont été faites, montrent la distribution des déférentes 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 « IIa » caractérisé par une sismicité moyenne.

III.2.5 LES RISQUES GEOLOGIQUES

De manière très général, on distingue quatre 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 ;
- Inondations et flux de boues dus au fait que les pluies sont généralement sporadiques à caractère torrentiel dans la région ;
- Glissements de pente, motivés par la présence de terrains marneux, potentiellement altérables, dans des fortes pentes ;
- Karstifications développées dans les roches calcaires et dolomitiques, peuvent entraîner les effondrements ou les tassements dans le terrain.

III.3 ETUDE GEOTECHNIQUE

III.3.1 PROGRAMME GEOTECHNIQUE

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

- Reconnaissance sur site ;
- 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, profil en travers 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 en deux lots :

Lot voie : vu que le tracé traverse un terrain vallonné, des sondages 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 capacité du sol en place à supporter des grands remblais ;
- La stabilité des talus des grands déblais ;
- La possibilité de réutilisation des matériaux en remblai ;
- La capacité portante du sol pour le dimensionnement des couches d'assise.

Lot ouvrage d'art : 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.

III.3.1.1 Lot voie

- **Section déblai**

Selon le profil en long et les profils en travers particulièrement dans les zones de déblais de hauteurs importantes, il y'a lieu de prévoir l'exécution de puits de reconnaissance de 03 à 05 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. 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 feront l'objet des essais suivants :

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

Ainsi que des pénétromètres dynamiques sont prévus pour avoir une estimation continue de la résistance du terrain.

Tableau III.1 Le programme d'investigation en section déblai

Hauteur max de déblai	Longueur	Essais géotechniques			
		Pk	Essai in situ	Profondeur	Essai au laboratoire
6 m	184 m	2+250	Puit	5 m	-Essais d'identification -CBR -Proctor modifié -Résistance à la compression simple -Analyses chimiques -Cisaillement rectiligne
		2+380	Puit	5 m	
		2+300	Pénétromètre	Au refus	-
1.11 m	4000 m	5+000	Puit	3 m	-Essais d'identification -CBR -Proctor modifié -Résistance à la compression simple -Analyses chimiques
			Pénétromètre		-
		5+950	Puit	3 m	-Essais d'identification -CBR -Proctor modifié -Résistance à la compression simple -Analyses chimiques
			Pénétromètre		-
		7+150	Puit	3 m	-Essais d'identification -CBR -Proctor modifié -Résistance à la compression simple -Analyses chimiques
			Pénétromètre		-

- **Section remblai**

Pour répondre aux normes géométriques du tracé certaines zones sont surélevées par des remblais de différentes hauteurs. 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 06 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 (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité apparente),

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

Aussi, le passage en grands remblais concerne essentiellement les zones à proximité des ouvrages. 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 III.2 Le programme d'investigation en section remblai

Hauteur max de remblai	Longueur	Essais géotechniques			
		Pk	Essai in situ	Profondeur	Essai au laboratoire
11.75 m	734 m	1+750	Puit	6 m	-Essais d'identification -CBR -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
		1+750	Sondage	18 m	
		2+000	Puit	6 m	
		2+000	Pénétromètre	Au refus	-
8.23 m	700 m	3+800	Puit	6 m	-Essais d'identification -CBR -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
		3+800	Pénétromètre	Au refus	-
2 m	800 m	9+150	Puit	3 m	-Essais d'identification -CBR -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
		9+150	Pénétromètre	Au refus	-
8,5 m	1500 m	9+900	Puit	6 m	-Essais d'identification -CBR -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
		9+900	Pénétromètre	Au refus	-
		10+780	Puit	6 m	-Essais d'identification -CBR -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
		10+780	Pénétromètre	Au refus	-
12 m	2575 m	11+900	Puit	6 m	-Essais d'identification -CBR -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
		11+900	Pénétromètre	Au refus	-
		12+400	Puit	6 m	-Essais d'identification -CBR -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
		12+400	Pénétromètre	Au refus	-
		12+950	Puit	6 m	-Essais d'identification -CBR -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
		12+950	Pénétromètre	Au refus	-

III.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 inférieurs.

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 (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité apparente),

- 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 III.3 Le programme d'investigation pour les ouvrages d'art

Ouvrages	Essais géotechniques			
	Pk	Essai in situ	Profondeur	Essai au laboratoire
Viaduc Oued Sahel Pk 2+920 , L= 660 m	2+700	Puit	6 m	-Essais d'identification -CBR -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
		Pénétromètre	Au refus	-
	2+820	Sondage	18 m	-Essais d'identification -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
	3+000	Sondage	20 m	-Essais d'identification -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
Passage supérieur Pk 4+250	4+265	Sondage	15 m	-Essais d'identification -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
Passage supérieur Pk 5+400	5+380	Sondage	15 m	-Essais d'identification -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
Passage supérieur Pk 6+500	6+600	Sondage	15 m	-Essais d'identification -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
Passage supérieur Pk 7+670	7+688	Sondage	15 m	-Essais d'identification -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
Passage supérieur Pk 8+430	8+ 400	Sondage	15 m	-Essais d'identification -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre
Viaduc Oued Beni-Mellikeche	9+290	Sondage	18 m	-Essais d'identification -Cisaillement rectiligne - l'œdomètre

Commentaire

Dans tout projet, il y a obligation d'établir un programme d'investigation géotechnique. A cet égard nous avons réalisé notre propre programme juger suffisant pour déterminer les caractéristiques physico-mécaniques du sol devant accueillir le projet étudié.

Notre programme d'investigation géotechnique ne présente pas une grande dissemblance par rapport à celui qui a été déjà établi en 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. Notamment le sondage carotté réaliser au Pk 13+175 qu'on estime facultatif pour la compagne, on se justifiant par la continuité d'une seule et même formation « Qcd » comme illustrer dans le profil géologique.

Dans le cadre d'un projet de fin d'études (PFE), on ne dispose pas les données exactes appropriés aux PK qu'on a choisi, donc on se réfère aux données des essais qui ont été déjà faites dans l'APD et le programme de prospection géotechnique fais par Cosider pour l'étude d'exécution, où on a constaté que les résultats des essais supplémentaires ne compromettent pas les hypothèses de la phase APD.

III.4 INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA COMPAGNE GEOLOGIQUE

III.4.1 LES ESSAIS IN SITU

III.4.1.1 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 11 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.

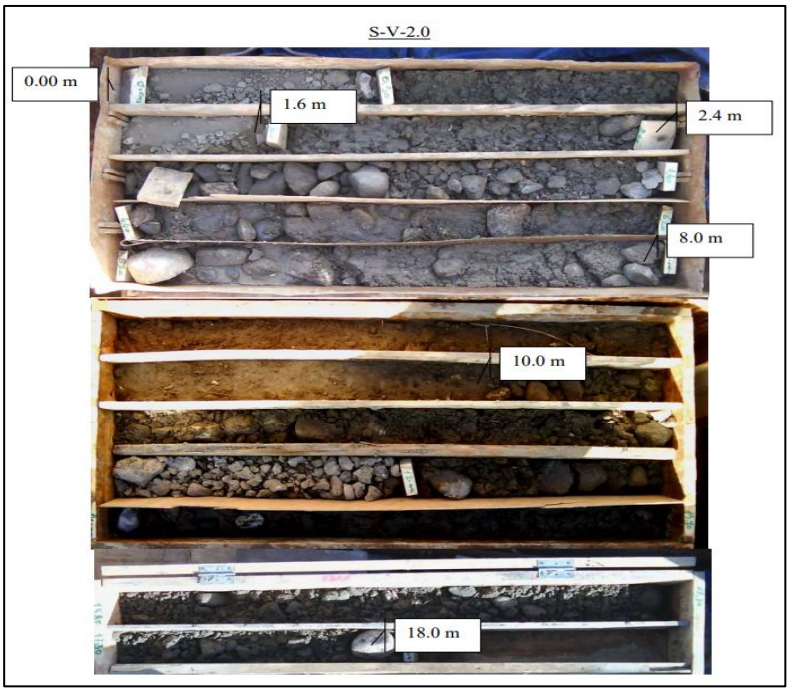


Figure III.4 Sondage S-V-2.0

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

Tableau III.4 Les résultats des sondages effectués

Sondage	Pk	Objectif	Profondeur (m)	Description lithologique
S-2	1+750	Remblai	0.00 – 18.00	-Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers et sable moyen à grossier.
S-V-2.0	2+000	Remblai	0.00 – 0.20 0.20 – 1.60 1.60 – 2.40 2.40 – 8.00 8.00 – 10.50 10.50 – 8.00	-Terre végétale. -Limons argileux et sableux gris. -Limons argileux, sableux et graveleux gris. -Cailloux, blocs, graves, argiles et sables. -Sables argileux et graveleux de couleur grise. -Sables graveleux et argileux avec présence de cailloux.
S-V-3.4	2+870	Viaduc Oued Sahel	0.00 – 18.00	-Alluvions grossières : Argiles, sables, cailloux et blocs de natures gréseuses ou calcaires roulés. A partir de 9.2 m une nette prédominance de graves et de sables est remarquée.
S-V-3.6	3+085	Viaduc Oued Sahel	0.00 – 18.00	-Alluvions grossières : Argiles, sables, cailloux et blocs de natures gréseuses ou calcaires roulés.
S-3	4+265	Passage sup	0.00 – 0.70 0.70 – 4.00 4.00 – 15.00	-Cailloux et graves dans une matrice probable d'argile. -Argile graveleuse brune avec quelques passages caillouteux. -Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers et sable moyen à grossier. On signale un passage de sable grossier entre 5.00 à 7.00 m et passage de sable fin entre 12.50 à 13.10 m

S-4	5+380	Passage sup	0.0 – 4.70 4.70 – 6.40 6.40 – 9.80 9.80 – 10.50 10.50 – 4.50 14.50 – 16.4 16.40 – 0.00 20.00 – 1.00 21.00 – 2.65 22.65 – 5.00	-Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers et trace de sable. -Argile limoneuse brune rougeâtre, peu sableuse, graveleuse à caillouteuse par endroit. -Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers et trace de sable. -Argile limoneuse brune rougeâtre, altérée. -Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers et trace de sable. -Argile limoneuse brune rougeâtre, peu sableuse, graveleuse à caillouteuse par endroit. -Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers et trace de sable. -Argile limoneuse brune rougeâtre. -Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers et trace de sable. -Argile limoneuse brune rougeâtre, peu sableuse, graveleuse à caillouteuse par endroit.
S-5	7+160	Passage sup	0.00 – 15.00	-Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers.
S-6	7+688	Passage sup	0.00 – 15.00	-Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers.
S-7	8+360	Passage sup	0.0 – 4.50 4.50 – 15.00	-Argile limoneuse, graveleuse et caillouteuse, brune rougeâtre. -Alluvions, essentiellement grossières, formées de galets subanguleux à subarrondis, graviers.
S-V-9.8	9+290	Viaduc de Beni-Mellikeche	0.00 – 0.80 0.80 – 4.50 4.50 – 5.20 5.20 – 5.90 5.90 – 6.40 6.40 – 8.00 8.00 – 11.20 11.20 – 4.80 14.80 – 8.00	-Terre végétale -Graves, cailloux et blocs enveloppés dans une matrice argileuse brune -Graves, cailloux et blocs enveloppés dans une matrice argilo-sableuse -Argiles graveleuses brunes -Graves, cailloux et blocs dans une matrice argilo-sableuse -Argiles graveleuses brunes et jaunâtres compactes -Galets enveloppés dans une matrice argileuse rougeâtre -Graves, cailloux et blocs enveloppés dans une matrice limono-sableuse brune -Graves, cailloux et blocs enveloppés dans une matrice argilo-limoneuse jaunâtre
S-V-13.7	13+175	Remblai	0.00 – 0.60 0.60 – 2.50 2.50 – 18.00	-Terre végétale. -Limons sableux et argileux et légèrement graveleux de couleur grise. -Alluvions : graves, sables, cailloux avec parfois la présence de blocs.

III.4.1.2 Pénétromètre dynamique

Une campagne de 18 essais de pénétration dynamique 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 massue.

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.

Les courbes de pénétration mettent en relation le nombre de coups avec la profondeur dans chacun des essais.

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.

III.4.1.3 Puit de reconnaissance

Une campagne de 17 puits de reconnaissance pour l'étude géotechnique du couloir et des structures projetées a été réalisée.

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.

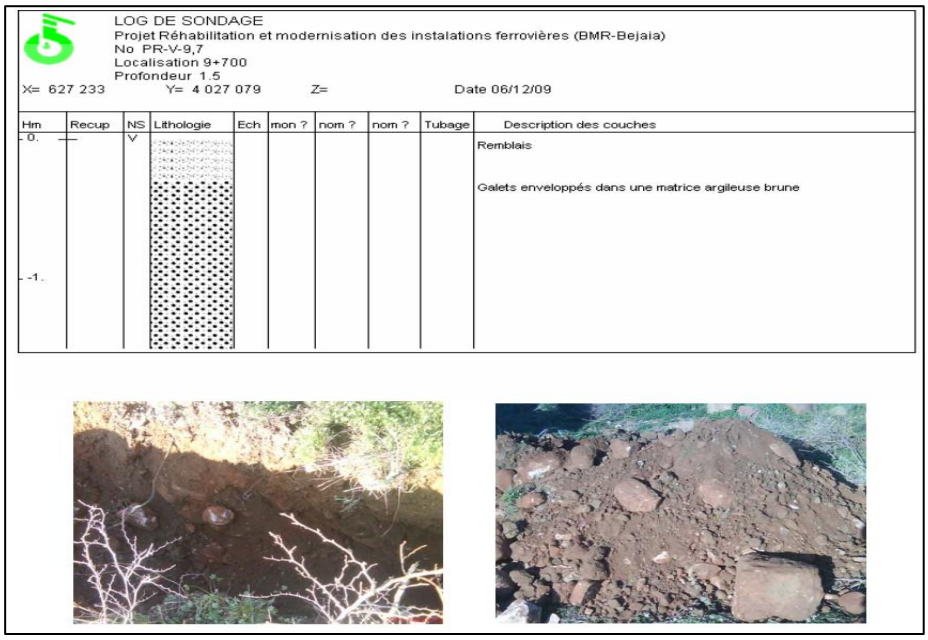


Figure III.5 Coupe de puit en Pk 9+700

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

Tableau III.5 Les résultats des puits effectués

Puit	PK	Objectif	Profondeur	Description lithologique
PR-2.0	2+000	Remblai	0.00 – 2.00	-Alluvions : galets à matrice sableuse
PR-2.1	2+100	Remblai	0.00 – 2.00	-Alluvions : galets à matrice sableuse
PR-2.9	2+380	Déblai	0.00 – 0.50 0.50 – 3.00	-Terre végétale. -Argiles graveleuses jaunâtres compactes
PR-3.4	2+940	Viaduc Oued Sahel	0.00 – 2.50	-Alluvions : sables et graves avec présence de niveaux caillouteux.
PR-3.5	3+030	Viaduc Oued Sahel	0.00 – 2.50	-Alluvions : sables et graves avec présence de niveaux caillouteux
PR-4.5	4+000	Remblai	0.00 – 0.50 0.50 – 2.00	-Remblais. -Cailloux et blocs enveloppés dans une matrice argilo-sableuse jaunâtre.
PR-5.5	4+990	Remblai	0.00 – 0.80 0.00 – 2.50	-Terre végétale. -Cailloux et blocs enveloppés dans une matrice argilo-sableuse jaunâtre.
PR-6.5	5+995	Remblai	0.00 – 0.50 0.50 – 2.50	-Terre végétale. -Cailloux et blocs enveloppés dans une matrice argilo-sableuse jaunâtre compacte.
PR-7.5	6+980	Déblai	0.00 – 0.70 0.70 – 2.50	-Terre végétale. -Cailloux et blocs enveloppés dans une matrice argilo-sableuse jaunâtre.
PR-8.5	7+990	Déblai	0.00 – 0.90 0.90 – 1.50	-Remblais. -Galets enveloppés dans une matrice argileuse rougeâtre.
PR-9.7	9+180	Remblai	0.00 – 0.30 0.30 – 1.50	-Remblais. -Galets enveloppés dans une matrice argileuse brune.
PR-10.5	9+980	Remblai	0.00 – 0.30 0.30 – 1.00	-Terre végétale. -Cailloux et blocs enveloppés dans une matrice argileuse brune.
PR-1	10+790	Remblai	0.00 – 0.50 0.50 – 2.00 2.00 – 3.00	-Terre végétale -Argiles graveleuses jaunâtres tendres - Argiles graveleuses jaunâtres compactes
PR-11.5	10+955	Remblai	0.00 – 1.00 1.00 – 3.00	-Terre végétale. -Argiles graveleuses brune compactes avec des passages caillouteux.
PR-12.5	11+980	Remblai	0.00 – 0.90 0.90 – 3.00	-Terre végétale -Argiles graveleuses brune compactes avec des passages caillouteux
PR-2	13+115	Remblai	0.00 – 0.20	Alluvions : galets à matrice sableuse
PR-PI-13.8	13+255	Remblai	0.00 – 1.20 1.20 – 3.00	-Terre végétale. -Argiles sableuses et graveleuses avec des passages caillouteux.

III.4.2 LES ESSAIS EN LABORATOIRE

Les essais de laboratoire ont été réalisé sur des échantillons prélever 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'identifié les caractéristiques physico-chimiques et mécanique du terrain du long de tronçon.

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

Tableau III.6 Classification UIC 719R

Classification des sols (identification géotechnique)	Classe de qualité des sols
0.1 Sols organiques 0.2 QS0 0.2. Sols fins (comportant plus de 15% de fines **(1)**) foisonnés, humides et donc non compactables. 0.3 Sols thixotropes **(2)** (quick –clay par exemple) 0.4 Sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse) 0.5 Sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels, par exemple) 0.6 Sols mixtes « minéraux organiques » **(2)**	QS0
1.1 Sols comportant plus 40% de fines **(1)** (sauf sols 0.2) 1.2 Roches très évolutives Par exemple : - craies de ρd < 1,7 t/m3 et de friabilité forte - marnes - schistes altéré	QS1
1.3 Sols comportant de 15 à 40% de fines **(1)** (sauf sols 0.2) 1.4 Roches évolutives par exemple : - craies de ρd < 1,7 t/m3 - marnes - schistes altérés 1.5 Roches meubles Par exemple : - Si microdeval en présence d'eau (MDE) > 40 et Los Angeles (LA) > 40	QS1 (3)
2.1 Sols comportant de 5 à 15 % de fines **(1)** 2.2 Sols comportant moins de 5 % de fines **(1)** mais uniformes (CU ≤ 6) 2.3 Roches moyennement dures Par exemple : Si 25 < MDE ≤ 40 et 30 < LA ≤ 40	QS2 (2)
3.1 Sols comportant moins de 5 % de fines (1) 3.2 Roches dures Par exemple : Si MDE ≤ 25 et LA ≤ 30	QS3

(1) Les analyses granulométriques permettant d'évaluer ces pourcentages sont effectués sur les passants à 60 mm. Les pourcentages indiqués ici sont des ordres de grandeur (les règles en usage diffèrent quelque peu suivant les Réseaux) ; ils peuvent être majorés d'une quantité pouvant atteindre 5% sous réserve que les analyses portent sur un nombre d'échantillons suffisamment représentatif.

(2) Certains Réseaux placent ces sols dans certains cas en classe de qualité QS1.

(3) Ces sols peuvent être de qualité QS2 si l'on sait avec certitude que les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont bonnes.

- **Puits de reconnaissances (PR)**

Tableau III.7 Les résultats des essais physiques effectués sur les échantillons des puits

Essais physiques												
Désignation	Pk	Formation géologique	Granulométrie						Limite d'Atterberg (%)			Equivalent de sable (cm)	Classification
			#63	#20	#5	#2	#0.4	#0.08	LL	LP	IP		UIC 719R
PR-2.0	2+000	Qcd	82	57	34	19	10	7	-	-	-	31	QS2
PR-4.5	4+000	QT1	74	36	31	29	25	21	-	-	-	8.3	QS1
PR-8.5	7+990	Qcd	87	57	40	35	26	22	-	-	-	23	QS1e
PR-10.5	9+980	Qcd	83	67	45	33	22	14	-	-	-	32	QS2
PR-1	10+790	Qcd	100	82	63	56	47	39	31.8	16	15.8	-	QS1e
PR-12.5	11+980	Qcd	100	100	-	91	-	80	42.7	21.7	21	-	QS1
PR-2	13+115	Qcd	100	62	42	32	20	13	22.2	11.7	10.5	-	QS2
PR-PI-13.8	13+255	Qcd	100	100	-	90	-	55	33.1	17.6	15.5	-	QS1

Tableau III.8 Les résultats des essais mécaniques effectués sur les échantillons des puits

Essais mécaniques											
Désignation	Pk	Profondeur d'échantillon (m)		Formation géologique	Essai LOS ANGELES	Compactage			CBR		Classification
		Zi	Zf			Type	Wopt	γmax	100 %	95 %	UIC 719R
PR-2.0	2+000	0.90	1.50	Qcd	27.0	PM	-	-	-	-	QS2
PR-8.5	7+990	0.30	1.00	Qcd	-	PM	-	-	-	-	QS1e
PR-10.5	9+980	0.10	3.00	Qcd	27.0	PM	-	-	-	-	QS2
PR-1	10+790	0.00	1.60	Qcd	-	PM	10.0	1.98	-	11.5	QS1e
PR-12.5	11+980	1.00	3.00	Qcd	-	PM	13.7	1.91	11.1	8.0	QS1
PR-2	13+115	0.00	3.60	Qcd	28.8	PM	8.4	2.12	-	14.8	QS2
PR-PI-13.8	13+255	1.00	3.00	Qcd	-	PM	11.5	1.96	8.0	7.2	QS1

- **Sondages mécaniques**

Tableau III.9 Les résultats des essais physiques effectués sur les échantillons des sondages

Essais physiques															
Désignation	Pk	Profondeur d'échantillon		Formation géologique	Granulométrie						Limite d'Atterberg (%)			ES (cm)	Classification
		zi	zf		#63	#20	#5	#2	#0.4	#0.08	W_L	W_p	I_p		UIC 719R
S-3	4+265	1.0	1.25	Qcd	-	-	-	95	-	78	45	20	25	-	QS1
S-4	5+380	4.7	5.1	Qcd	-	-	-	91	-	63	30	14	16	-	QS1
S-4	5+380	14.5	14.85	Qcd	-	-	-	68	-	46	34	17	17	-	QS1
S-4	5+380	15		Qcd	-	-	-	92	-	66	38	16	22	-	QS1
S-4	5+380	22.65	22.85	Qcd	-	-	-	93	-	76	27	13	14	-	QS1
SV-9.8	9+290	6.5		Qcd	-	100	-	93	-	50	31.3	14.8	16.5	-	QS1

Tableau III.10 Les résultats des essais mécaniques effectués sur les échantillons des sondages

Essais mécaniques											
Désignation	Pk	Profondeur d'échantillon (m)		Rc (kpa)	W (%)	Sr (%)	γ_d (t/m^3)	γ_{ap} (t/m^3)	Cisaillement direct		Classification
		Zi	Zf						C'(kpa)	Ø'(°)	UIC 719R
S-3	4+265	1.0	1.25	109	15	83	1.82	2.09	-		QS1
S-4	5+380	4.7	5.10	4	14	92	1.91	2.18	-		QS1
S-4	5+380	14.5	14.85	19	16	99	1.85	2.15	CD		QS1
									78	22	
S-4	5+380	22.65	22.8	85	12	93	1.98	2.22	-		QS1
SV-9.8	9+290	6.5	-	-	12.2	64	1.79	2.01	UU		QS1
									20	33	

Tableau III.11 Les résultats des essais chimiques effectués sur les échantillons des sondages

Essais chimiques										
Désignation	Pk	Zi	Zf	$SO4^{2-}$ (%)	CO_3Ca (%)	MO (%)	Insolubles (%)	Chlorure (%)	Sels solubles (%)	Gypse (%)
S-V- 2.0	2+000	2.00		1.47	52.27					2.64
S-V- 2.0	2+000	4.00		1.59	34.85					2.73
S-V- 3.4	2+870	2.50		0	39.53					0
S-V-3.4	2+870	4.00		0	50.38					0
S-V-3.6	3+085	1.50		0	24.30					0
S-V-3.6	3+085	3.00		0	24.03					0
S-3	4+265	1.00	1.25	0	10.14	1.24	80.91	0.06	4.17	0
S-4	5+380	4.70	5.10	0	10.87		83.09			0
S-4	5+380	14.50	14.85	0	7.14		85.02			0
S-4	5+380	15.00								
S-4	5+380	22.65	22.85	0	14.86		77.90			0
S-5	7+160	10.00		0	47.10		47.25			0
S-6	7+688	10.00			87.68		8.33			0
S-7	8+360	5.00		0	43.57	0.19	44.37	0.06	1.28	0
S-V-9.8	9+290	6.50		0	7.57					0
S-PI-13.7	13+175	2.00		0	15.15					0
S-PI-13.7	13+175	4.00		0	14.39					0

III.5 LES CARACTERISTIQUES DES GROUPES GEOLOGIQUES 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, comme suite :

Tableau III.12 Les groupes géologiques affectés par le tracé d'étude

Groupe géologique	Description	Lithologie
Holocène alluvial (A)	Dépôts alluviaux actuels	Sols meubles
Pléistocène/Holocène colluvial (Qc)	Dépôts colluviaux	Sols moyens
Pléistocène terrasse (Qt0, Qt1 et Qt2)	Terrasses alluviales	Sols moyens
Pléistocène cônes de déjection (Qcd)	Cônes de déjection	Roche meuble ou sol très dur
Miocène (Mi)	Marnes et calcaires	Roche meuble à moyenne
Crétacé (Ci)	Grès et marnes et calcaires	Roche dure avec fracturation moyenne à dure

Sur la base de l'information disponible suite aux essais en laboratoire réalisés sur les échantillons des sondage et puits, on peut considérer les caractéristiques moyennes suivantes en ce qui concerne les matériaux de cheque formation :

III.5.1 GROUPE GEOLOGIQUE A

Tableau III.13 Groupe géologique A

Lithologie	Sols meubles
Groupe géologique	A
Mode d'excavation	100% avec machines mécaniques conventionnels
Capacité de drainage	En fonction de son contenu en fines
Agressivité	En fonction de son contenu en sulfates et chlorures.
Capacité portante pour remplissage	Basse
Réemploi	90% QS1(remblais) 10% QS0(impropres)
Caractéristiques géomécaniques	c'=0,2 – 0,6 kp/cm2 ; ϕ'=25 - 35º ; E=250 - 500 kp/cm²

III.5.2 GROUPE GEOLOGIQUE QC

Tableau III.14 Groupe géologique Qc

Lithologie	Sols moyens
Groupe géologique	Qc
Mode d'excavation	Avec machines mécaniques conventionnels. Dans sa majorité, rippable occasionne
Capacité de drainage	Semiperméables
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 géomécaniques	c'=0,2 – 0,5 kp/cm2 ; ϕ=27 - 31º ; E=250 – 500 kp/cm²

III.5.3 GROUPE GEOLOGIQUE QT (QT1, QT2, QT3)

Tableau III.15 Groupe géologique Qt

Lithologie	Sols moyens
Groupe géologique	Qt
Mode d'excavation	Excavation avec machines mécaniques conventionnels. Dans sa majorité, occasionnellement excavation avec ripper
Capacité de drainage	Semiperméables
Agressivité	En fonction de son contenu en sulfates et chlorures.
Capacité portante pour remplissage	Basse à moyenne
Réemploi	80% QS1(remblais) 20% QS0(impropres)
Caractéristiques géomécaniques	c'=0,3 – 0,9 kp/cm2 ; ϕ=24 - 30º ; E=250 – 500 kp/cm²

III.5.4 GROUPE GEOLOGIQUE QCD

Tableau III.16 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 semiperméable
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 géomécaniques	c'=0,25 – 0,80 kp/cm2 ; ϕ=27 - 30º ; 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

III.5.5 GROUPE GEOLOGIQUE MI

Tableau III.17 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 géomécaniques	c'=0,2 – 1,1 kp/cm2 ; ϕ=27 - 30º ; E=400 – 1000 kp/cm2.

III.5.6 GROUPE GEOLOGIQUE CI

Tableau III.18 Groupe géologique Ci

Lithologie	Roche dure avec fracturation moyenne à basse
Groupe géologique	Ci
Mode d'excavation	20% avec ripper 80% explosifs
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	Haute
Réemploi	80% QS1(remblais) 20% QS0 (impropres)
Caractéristiques géomécaniques	(Sols d'altération) c'=0,4 – 0,5 kp/cm2 ; ϕ'=27 - 30º (roches) c'>1 kp/cm2 ; ϕ'>30º ; E=400 a >1000 kp/cm2.
Autre	Pour les déblais il pourrait être nécessaire l'emploi de grillages, de boulonnage et de caniveau Ritchie.

III.6 CONCLUSION

La réalisation des essais d'identifications et les essais mécaniques aux laboratoires sur plusieurs échantillons du sol prélevés de nombreuses profondeurs, nous ont permis de faire une classification du sol selon l'UIC 719R :

- La classe de qualité du sol support le plus souvent rencontré le long du tracé est en majorité QS1 (Sols médiocres)

CHAPITRE IV : ETUDE DU TRAFIC

IV. CHAPITRE IV : ETUDE DU TRAFIC

IV.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 termes 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 situés d'une part et d'autre de cet axe routier. Puis en 2017 l'ouverture de la pénétrante de Bejaia sur deux tronçons distincts d'Ahnif à Akbou ensuite jusqu'à Akhnak (Seddouk), a permis de désengorger sensiblement une partie de la RN 26 qui a été saturée par un trafic automobile et camion très dense qui contribue à la dangerosité et la pollution de la vallée de la Soummam.

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, la diminution de l'impact sur l'environnement et le déplacement de quantités plus importante de marchandises par moyen de transport ferroviaire.

IV.2 DONNEES DE BASE DU TRAFIC

IV.2.1 DONNEES DE BASE DU RESEAU DES TRANSPORTS ALGERIENS

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 (trafic local et régional ou trafic grandes lignes de dimension nationale) et de marchandises (minéraux provenant des exploitations de l'État et marchandises générales). C´est ce dernier trafic qui constitue l'activité commerciale sur laquelle la SNTF subit la forte concurrence du transport routier.

IV.2.2 DONNEES DE BASE DE LA LIGNE ACTUELLE BENI MANSOUR – BEJAIA

Ces données font partie du volume total qui transite par la ligne Beni Mansour – Bejaia 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 dimensionner en prenant en compte les paramètres suivants :

- Le trafic voyageur de la ligne Beni Mansour-Bejaia ;
- Le trafic voyageur 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.

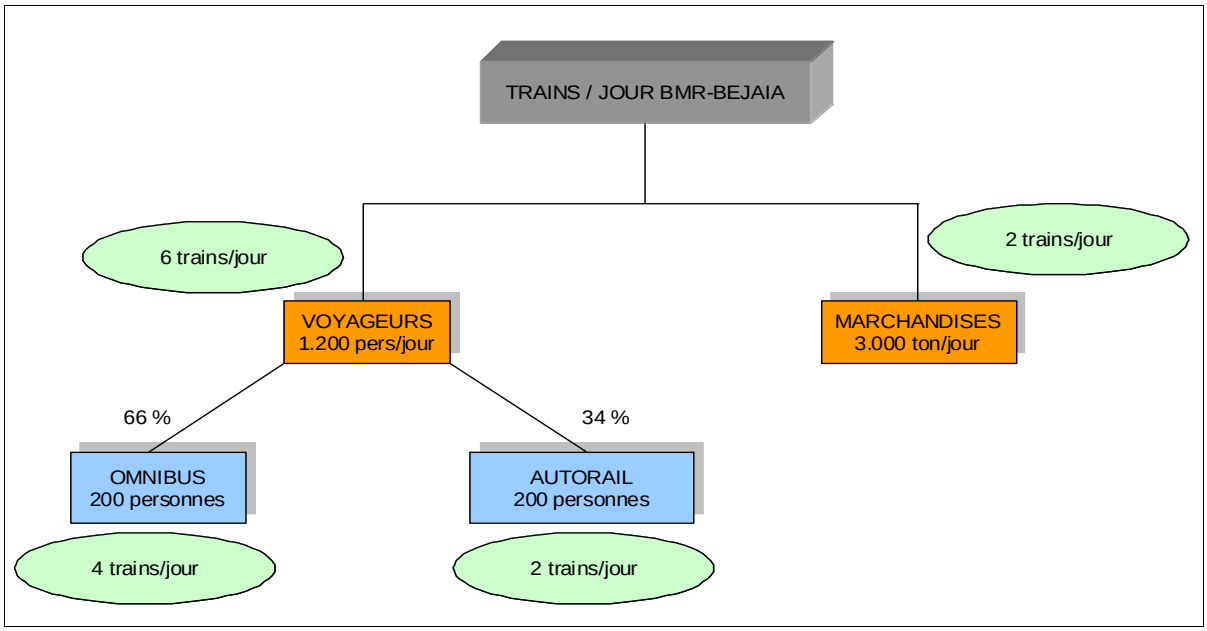


Figure IV.1 Le trafic actuel de la ligne Beni Mansour/Bejaia

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 de 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.

IV.2.3 DONNEES DE BASE DU TRAFIC ROUTIER

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 la nouvelle pénétrante autoroutière.

Le graphe ci-dessous résume le trafic actuel de la voie routière, en tenant compte des données de base sur le trafic voyageur et les informations fournies par le port de Bejaia concernant le trafic marchandise.

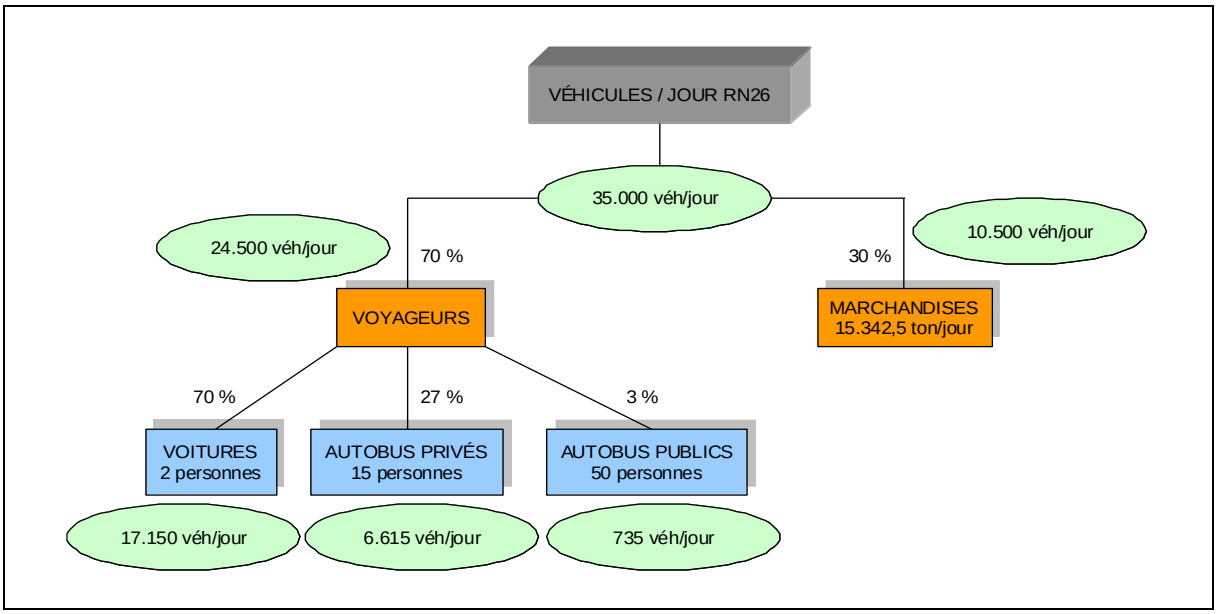


Figure IV.2 Le trafic routier de la région d'étude

IV.2.4 RESUME 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 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 annuelles (2.400.000 par la ligne actuelle et 5.600.000 par la route nationale RN26 et la pénétrante autoroutière).

IV.3 ETUDE DE LA CAPACITE DE LA LIGNE

La capacité est définie comme le nombre maximum de trains qui peuvent circuler dans 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, également spacieuses en circulant toujours avec un temps minimum de succession entre eux.

Néanmoins, on peut convertir la capacité théorique à la capacité pratique selon la norme UIC 406R :

Tableau IV.1 La norme UIC 406R

Type de ligne	Heure point	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. Il y a quelques-uns qui vont dépendre du type d'infrastructure (voie unique ou double, type de signalisation, longueur des cantons, cantons fixes ou mobiles, présence de post de banalisation et PCVE…)

et d´autres qui vont dépendre du type d'opération. La capacité d'un tronçon, et en général d'une ligne ferroviaire, est un concept dynamique qui va dépendre d'une série de facteurs variables avec le temps. Pour cette raison il faut maintenir un suivi et control périodique très strict. Les facteurs statiques sont les suivants :

- Installations (dotation des voies, distances entre gares et haltes pour faire les croisements entre trains).
- Type de blocage existant.
- Friction.

Les facteurs dynamiques seront :

- La diversité des trains existants.
- Etat de la voie ferroviaire, étant donné qu'elle souffre d'une dégradation constante jusqu'à sa rénovation.

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

$$c = \frac{T}{t_{fm}+t_s+t_z}$$, 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).

$$t_{fm} = \frac{\sum n_i.n_j.t_{ij}}{\sum n_i.n_j}$$, Où

t_{fij} est l'intervalle minimal de succession des trains, et nij le nombre de cas de succession de trains possibles.

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

t_z = Temps supplémentaire qui permettra tenir en compte la ligne en sa totalité afin de garantir la qualité de service souhaitée, étant donné que le reste des temps sont 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).

IV.3.1 APPLICATION SUR LA LIGNE BENI MANSOUR – BEJAIA

- On calcule la capacité pour un canton (un tronçon entre gares), donc b=1
- 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.

- Calcul de l'intervalle minimal de succession entre trains. Actuellement le nombre de trains qui circule par la ligne est de 2 trains marchandises et 6 trains voyageurs. Quand le dédoublement sera achevé il y aura d'autre trains marchandises et trains voyageurs.
- Le temps minimal de succession entre trains (t_{ij}) est montré ci-dessous :
  - t_{ij} entre deux trains consécutifs de voyageurs : 6 minutes.
  - t_{ij} entre un train voyageur et un train marchandises consécutifs : 28 minutes.
  - t_{ij} entre un train marchandises et un train voyageurs consécutifs : 4 minutes.
  - t_{ij} entre deux trains consécutifs de marchandises : 8 minutes.
- Evaluation de t_{fm} :

Tableau IV.2 Tableau d'évaluation de t_{fm}

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

- En appliquant la formule de la capacité

$$c = \frac{1440}{9.88 + 0.67 * 9.88 + 0.25} = 86.02\ circulations\ journalières\ par\ sens.$$

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 creuse, 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 creuse, on suppose un train marchandises par sens de circulation, le reste sont des trains voyageurs.

IV.3.1.1 Capacité maximale par heure

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

$$c = \frac{86.02\ circulations\ journalières\ par\ sens}{13\ heures\ d'opération/jour} = 6.26\ circulations\ par\ heure\ et\ sens.$$

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 60 % de la capacité théorique, en appliquant ce pourcentage sur la capacité maximal par heure, il arrive à 4 circulation optimale par heure et sens.

IV.3.1.2 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.

Dans 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 :

$$c = \frac{T}{t_{fm}+t_s+t_z}\text{ , où}$$

- T = 60 minutes
- n_i=6 ; n_j=6 ; t_{ij}=6 ➔ t_{fm} = 6
- $t_s = 0{,}33 * t_{fm}$
- t_z = 0,25 *b, où b = 1

$$c = \frac{60}{6 + 0.33 * 6 + 0.25} = 7.29\ circulations\ par\ heure\ de\ pointe\ et\ sens.$$

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

IV.4 TRAFIC DE CONCEPTION DE LA LIGNE

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

IV.4.1 TRAFIC DE CONCEPTION EN PERIODE DE POINTE

La période pointe s'étend de 7h à 9 h, 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 16,30 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 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 debout.

IV.4.2 TRAFIC DE CONCEPTION EN PERIODE CREUSE

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

La capacité maximale proposée pour la période creuse est montrée précédemment. Pour chaque heure de creux il y aura 3 trains voyageurs, avec les horaires tels qu'au départ de Beni Mansour à 9,00 h, 9,15 h et 9,45 h, et 1 train de marchandises en sortant de la Gare de Beni Mansour à 9,34 h. Cette description est identique pour les départs de Bejaia.

Le dernier train sortira à 20,15 h 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 de creuse. Si on ajoute les voyageurs des derniers trains directs la capacité des voyageurs totale en heures creuse 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.

IV.4.3 TRAFIC DE CONCEPTION EN PERIODE 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 dont l'usage est courant 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.

IV.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 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 francs horaires compris 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 compris entre 23 h et 5 h.

CHAPITRE V : LA STRUCTURE D'ASSISE

V. CHAPITRE V : LA STRUCTURE D'ASSISE

V.1 INTRODUCTION

Dès la construction d'une ligne ferroviaire, il convient de mettre en place une structure d'assise de caractéristiques appropriées et d'épaisseurs suffisantes qui dépend de la classe de portance de la plate-forme, du type et d'espacement des traverses ainsi que les caractéristiques du trafic (tonnage supporté, charge d'essieu, vitesse). Ainsi qu'une voie comportant deux rails dont l'inclinaison et l'écartement sont maintenus par des traverses qui sont, elles-mêmes, disposées le long de la voie et reposées sur une couche de ballast. L'ensemble ″ rail + ballast ‶ est fixé avec des attaches le long de la voie.

La structure d'assise du tronçon d'étude est dimensionnée suivant les normes UIC 719 R et UIC 714 R 3éme édition.

V.2 LES CONSTITUANTS DE LA STRUCTURE D'ASSISE

La structure d'assise d'une voie ferrée est constituée de :

- L'infrastructure qui représente la plateforme et la sous-couche (sous-ballast, éventuellement la couche de fondation et la couche anticontamination).
- La superstructure qui englobe le ballaste et l'armement de la voie.

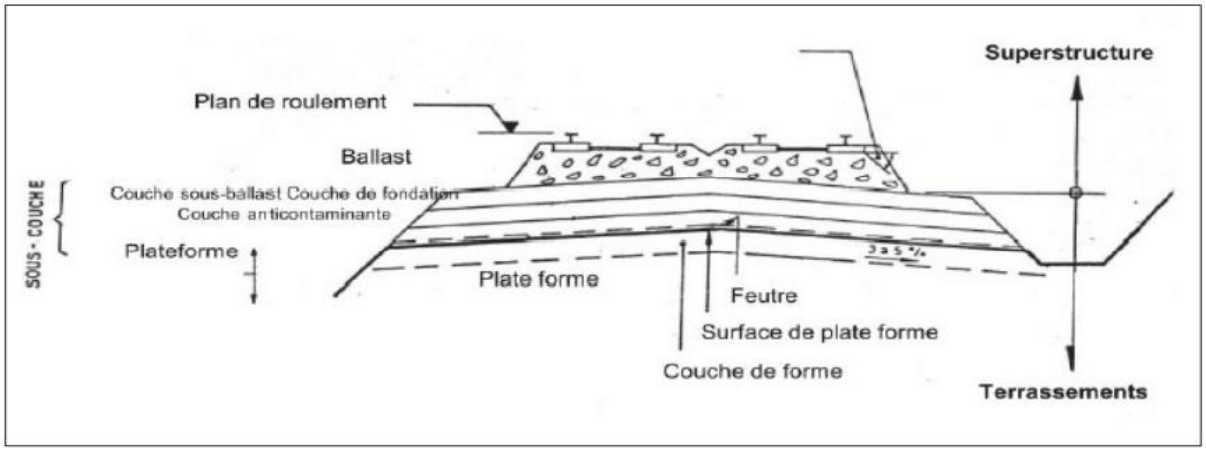


Figure V.1 La structure d'assise

V.3 L'ARMEMENT DE LA VOIE

V.3.1 RAIL

Le type de rail retenu est l'UIC-54 pour la ligne. Pour sa mise en œuvre, ces rails seront fournis en barres de 36 m de longueur et soudés sur place avec une soudure aluminothermique. Les caractéristiques du rail UIC 54 sont les suivantes :

- Degré de l'acier : 260 (Carbone-manganèse)
- Section : 6.934 mm2
- Poids : 54,43 kg/m
- Résistance à la traction : R ≥ 880 N/mm2
- Dureté : 260/300 HBW
- Allongement : A ≥ 10%
- Moment d'inertie axe horizontal : 2.346 cm4

- Moment d'inertie axe vertical : 417,5 cm4

V.3.2 TRAVERSE

La traverse est en bibloc 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. 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. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Vitesse théorique : 160 km/h
- Longueur Total : 2.245 mm
- Longueur des blochets : 680 mm
- Largeur : 290 mm
- Hauteur : 220 mm
- Classe du béton : C45/55

V.3.3 ATTACHE

L'attache utilisée pour la fixation rail-traverse est une attache élastique pour la traverse B440. Le système de fixation est composé par les éléments suivants :

- Butée isolante **(1)**
- Attache élastique **(2)**
- Semelle Cannelée **(3)**
- Tirefond spécial 22-115 type : 5 **(4)**
- Bouchon pour gaine ARS **(5)**
- Gaine ARS 22-115 **(6)**

Selon le schéma suivant :

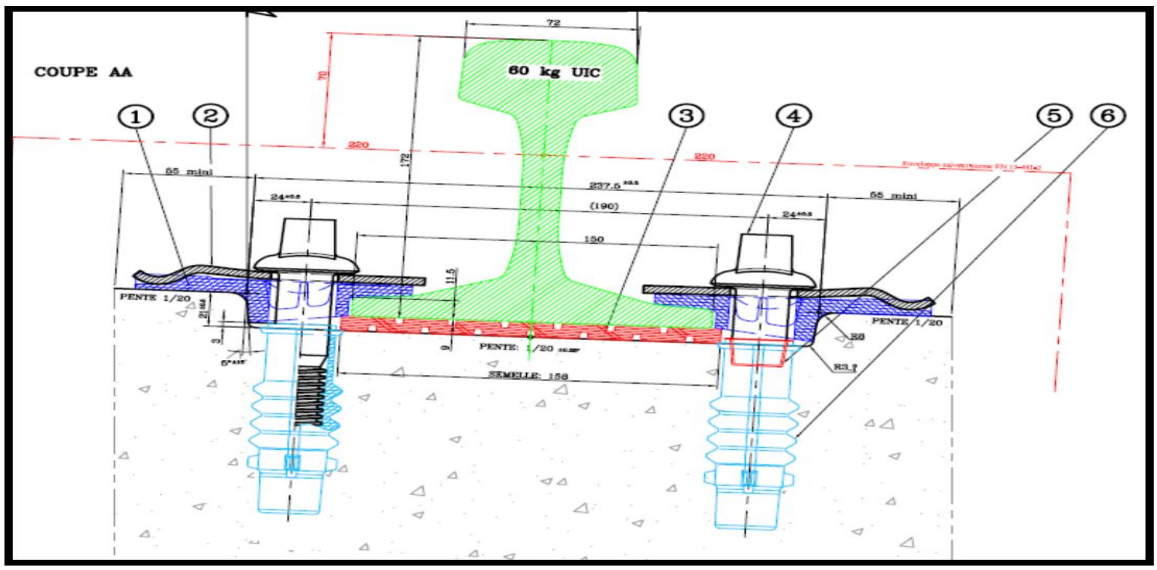


Figure V.2 Le système d'attache

V.4 DIMESENNEMENT DE BALLAST ET DE SOUS-BALLAST

Le dimensionnement des épaisseurs des couches de ballast et sous-ballast a été fait suivant la norme UIC 719 R, qui montre l'épaisseur de ballast et sous-ballast requise par une ligne ferroviaire.

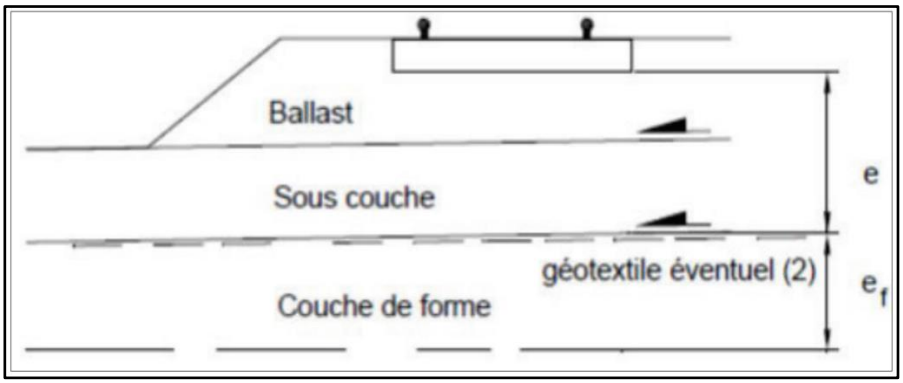


Figure V.3 Les épaisseurs des couches d'assise

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

- **E**, dépend de la capacité portant de la plate-forme selon les types P1, P2 et P3.

La plateforme projetée pour la ligne Beni Mansour – Bejaia a une bonne capacité portante, du groupe P3, ainsi le coefficient E aura une valeur de 0,45 m.

- **a**, dépend des groupes de classification du trafic selon la norme UIC 714 R 3éme édition.

Selon cette norme la classification des voies des lignes est établie sur la base d'un trafic fictif Tf calculé d'après la formule :

Tf = Sv x (Tv + Kt x Ttv) + Sm x (Km x Tm + Kt x Ttm), où :

Tv désigne le tonnage moyen journalier voyageurs exprimé en tonnes brutes remorquées, en ayant une valeur de :

Tv = 160 t/train x 61 trains/jour = 9760 t/jour

Note : le nombre de trains par jour est justifié dans le chapitre Trafic.

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

Tm = 1500 t/train x 6 trains/jour = 9000 t/jour

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

Ttv = 240 t/train x 61 trains/jour = 14640 t/jour

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

$$Ttm = 90\ t/train \times 6\ trains/jour = 540\ t/jour$$

Km est un coefficient, tenant compte à la fois de l'influence de la charge et de l'agressivité des essieux marchandises, qui vaut 1,45 dû à que le pourcentage du trafic de la ligne sera >75%, avec des essieux chargés à 20 t ou plus.

Kt est un coefficient tenant compte de l'influence de l'agressivité des essieux des engins de traction et qui vaut 1,40.

Sv et **Sm** sont des coefficients qui prennent en compte de la vitesse de circulation des trains (Sv pour les trains voyageurs et Sm pour les trains marchandises). Donc Sv vaudra 1,35 et Sm 1,15.

$$\mathbf{Tf = 1,35 \times (9760 + 1,40 \times 14640) + 1,15 \times (1,45 \times 9000 + 1,40 \times 540) = 56722,5\ t/jour}$$

De cette façon le groupe de trafic fictif selon la classification de la norme UIC 714 R sera le Groupe 3 (40000 t/jour < Tf < 80000 t/jour). Ainsi le paramètre **a** aura une valeur de -0.05.

- **b**, dépend du type de traverse et de sa longueur.

Le type de traverse sera bibloc et le model à utiliser sera le B440 (ancienne Vax U31), avec une longueur de 2,245 m. Ainsi la valeur b sera :

$$b = (2,50 - L)/2 = 0,1275\ m$$

- **c**, dépend du cas de dimensionnement.

Pour la valeur c, il a été considéré un cas de dimensions usuels, donc la valeur de c est nulle.

- **d**, dépend. De la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués.

La charge maximale d'essieu des véhicules remorqués est fixée par le cahier de charges à 200 KN, donc la valeur d est nulle.

- **f**, dépend de la vitesse et de la portance de la plateforme.

Pour toutes les lignes parcourues à V≤160 Km/h et pour les plateformes de portance P3 des lignes parcourues à grande vitesse, la valeur de f est nulle.

- **g**, dépend de besoin d'utilisation d'un géotextile pour la couche de forme

La qualité du sol support est QS1, alors de facteur g prend la valeur de 0.01.

Application :

e = 0,45 – 0.05 + 0,1275 + 0 + 0 + 0 + 0.01 = 0,5375 m, soit approximativement 0,55 m.

Une épaisseur de 0,30 m pour le ballast et 0,25 m pour la couche de sous-ballast est retenue.

Remarque :

Une couche de fondation de 15 cm est prévue pour permettre la circulation des engins de chantier avant la mise en œuvre de la couche de sous-ballast.

V.5 DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME

La capacité portante des plateformes dépend de la qualité du sol constituant le corps du remblai ou du sol en place en fond de déblai, ainsi que de la qualité et l'épaisseur de la couche de forme.

En conséquent, l'épaisseur de la couche de forme dépendra du type du sol et de la catégorie de la plateforme :

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

Si on considère que la qualité du sol est QS1, d´après les caractéristiques géologiques et géotechniques (justifiées dans le chapitre 03, étude géologique et géotechnique), et que la capacité portante requise pour la plateforme est P3 (bonnes conditions), il en résulte 0,5 m d´épaisseur pour la couche de forme en utilisant la norme UIC 719 R.

Tableau V.1 La norme UIC 718R pour d'épaisseur de la couche de forme

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

V.6 LA STRUCTURE DE LA VOIE

Alors la structure de la voie et comme suite :

Tableau V.2 Les épaisseurs de différentes couches d'assise

Couche	Épaisseur	Matériau
Ballast	30 cm	GC (grave concassée) 25/50 mm
Sous-ballast	25 cm	Grave bien gradué 0/31.5 mm
Couche de fondation	15 cm	GC (grave concassée) 0/50 mm
Couche de forme	50 cm	GNT

V.7 CONCLUSION

La figure ci-après présente un profil type des couches d'assise avec leurs épaisseurs :

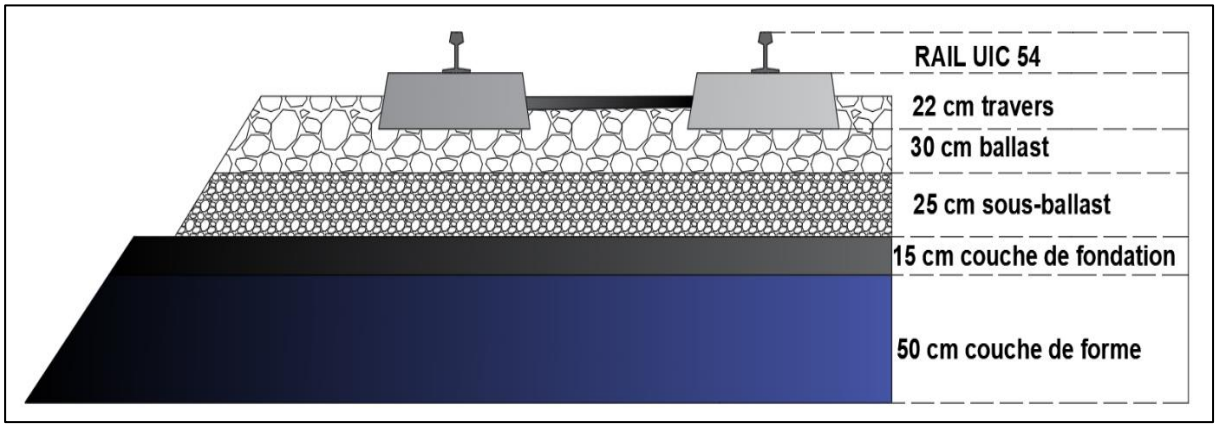


Figure V.4 Un profil type des couches d'assise

CHAPITRE VI : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

VI. CHAPITRE VI : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSINISSEMENT

VI.1 INTRODUCTION

Les études hydrologiques pour la ligne projetée dans le cadre de cette étude APD poursuivent les objectifs suivants :

-Identification des bassins traversés par le tracé et leur délimitation, calcul du débit maximal de crue pour différentes périodes de retour.

-Diagnostic des ouvrages existants de point vue structurelle et fonctionnelle et d'étudier les possibilités de les conserver pour le nouveau tracé dans les zones où celui-ci suit l'alignement actuel. L'inventaire des ouvrages de drainage existants est présenté dans le chapitre 01.

-Dimensionnement et localisation des ouvrages de drainage transversal nécessaires pour les débits calculés. On établira un nombre déterminé d'ouvrages de drainage type qui seront utilisés le long de tout le tracé selon le débit de crue calculé.

-Localisation de structures singulières : viaducs et ponts ferroviaires. Calcul hydraulique au niveau des structures et vérification des gabarits entre la lame d'eau et la partie inférieure du tablier de la structure.

-Dimensionnement du drainage longitudinal : caniveaux, regards de visite, conduites…

VI.2 ETUDE HYDRAULOGIQUE

VI.2.1 CLIMATOLOGIE

La région de Bejaia est caractérisée par un climat méditerranéen, avec hivers humides et doux et étés chauds. Pour une période qui s'étale de 1993 à 2003 les principaux paramètres météorologiques se présentent comme suit :

- **Température**

Les moyennes mensuelles et annuelle des températures sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau VI.1 Les moyennes mensuelles et annuelle des températures

Mois	Jan	fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	annuel
T_{max}(°C)	16.7	17.1	19.3	20.4	32.3	27.2	29.2	30.2	28.1	25.4	21.1	18.0	23.0
T_{min}(°C)	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
T_{moy}(°C)	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

On remarque que la température moyenne 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.

- **Les vents**

Les moyennes mensuelles de la vitesse des vents sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau VI.2 Les moyennes mensuelles de la vitesse des vents

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
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

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

VI.2.2 PLUVIOMETRIE

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) et de l'Office National de la Météorologie (ONM).

Nous avons travaillé sur la station de Tazmalt qui est la plus proche et la plus représentative du tronçon étudié.

VI.2.2.1 Pluie 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 de Bejaia on prend en considération la valeur de 700 mm.

VI.2.2.2 Pluies annuelles

Les pluies annuelles de la station de Tazmalt pour différentes fréquences sont résumées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau VI.3Les pluies annuelles

Période de retour	10	50	100
Fréquence	0.9	0.98	0.99
P (mm)	531.3	618.4	649.1

VI.2.2.3 Précipitations mensuelles

Répartition mensuelle des précipitations donnée par la station de Tazmalt :

Tableau VI.4Répartition mensuelle des précipitations

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P (mm)	25.6	29.3	42.4	59.6	51.2	42.7	45.5	39.3	28.2	9.8	5.5	7.9
P (%)	6.6	7.6	11.0	15.4	13.2	11.0	11.8	10.2	7.3	2.5	1.4	2.0

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

La répartition des pluies mensuelles en % nous montre de façon distincte que les mois les plus arrosés correspondent à Novembre, Décembre, Janvier, Février et Mars, ces cinq mois accaparent à eux seuls plus de 60% des précipitations annuelles. Par contre, les mois d'été sont largement déficitaires, avec moins de 5 % du total annuel pour chaque mois.

VI.2.2.4 Précipitations journalières

La protection contre les dégâts des eaux nécessite de s'intéresser aux pluies journalières maximales pour des périodes de retour.

Dans le tableau suivant nous présentons les pluies maximales journalières de la station de Tazmalt, représentative de la région d'étude :

Tableau VI.5 Pluies journalières maximales

Période de retour	10	50	100
Fréquence	0.9	0.98	0.99
P_{jmax} (mm)	53.2	69.1	75.7

VI.2.3 BASSINS VERSANTS

VI.2.3.1 La délimitation des bassins versants

A partir des données existantes dans la cartographie 1/200.000 et 1/50.000 des cartes de la zone du projet et de la topographie 1/1.000 du couloir de tracé. On a effectué l'identification de toutes les rivières qui croisent la ligne et on a ensuite délimité l'extension de chacun des bassins.

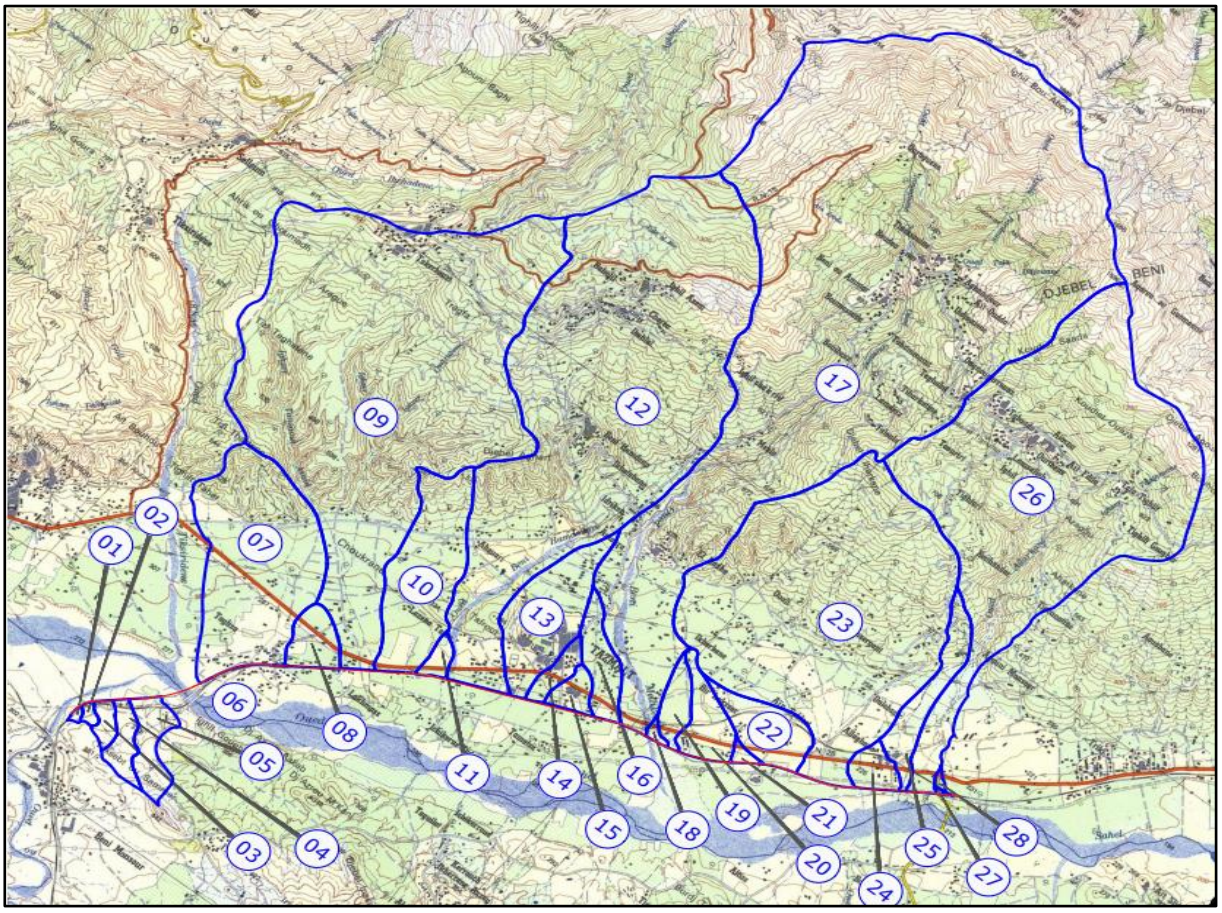


Figure VI.1 La délimitation des bassins versants

VI.2.3.2 Les caractéristiques des bassins versants

Une fois que les bassins sont identifiés, on calcule le débit apporté par chacun d'eux. Les principaux paramètres qu'on doit identifier pour la modélisation des bassins sont :

- A [m²] : surface
- P [m] : périmètre
- L [m] : longueur de l'oued
- H_{max} [m] : altitude max
- H_{min} [m] : altitude min

À partir de ces données, on calcule d'autres paramètres importants qui définissent le bassin :

- H_{moy} [m] : altitude moyenne

$$H_{moy} = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

- ΔH [m] : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin

$$\Delta H = H_{max} - H_{min}$$

- J [m/m] : pente du bassin

$$J = \frac{\Delta H}{L}$$

Les caractéristiques des bassins versants des écoulements qui traversent la nouvelle ligne ferroviaire « Beni Mansour-Bejaïa » entre PK1+500 et PK13+500 sont données par le tableau récapitulatif suivant :

Tableau VI.6Tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins versants de Pk 1+500 au Pk 13+500

N°BV	PK	A(km²)	P(km)	L(m)	H_{max}(m)	H_{min}(m)	H_{moy}(m)	ΔH(m)	J(m/m)	C	P_{jmax10}(mm)	P_{jmax50}(mm)	$P_{jmax100}$(mm)
01		0,02835542	0,74274	204	293	284	288,5	9	0,04412	0.4	53,2	69,1	75,7
02	1+740	0,05855197	1,03779	346	302	279	290,5	23	0,06647	0,4	53,2	69,1	75,7
03	2+040	0,17034544	1,94304	782	328	273	300,5	55	0,07033	0,4	53,2	69,1	75,7
04	2+121	0,35841439	3,35726	1400	362	276	319	86	0,06143	0,4	53,2	69,1	75,7
05	2+720	0,58464949	4,16914	1675	420	266	343	154	0,09194	0,4	53,2	69,1	75,7
06	3+000	Oued Sahel											
07	3+627	4,28941421	9,11519	3361	544	264	404	280	0,08331	0,4	53,2	69,1	75,7
08	4+696	0,51777028	2,87532	966	292	271	281,5	21	0,02174	0,4	53,2	69,1	75,7
09	5+477	16,29010501	20,91333	8408	1220	268	744	952	0,11323	0,4	53,2	69,1	75,7
10	5+906	2,37003267	7,85692	3774	575	266	420,5	309	0,08188	0,4	53,2	69,1	75,7
11	6+422	0,17455034	1,92326	713	293	269	281	24	0,03366	0,4	53,2	69,1	75,7
12	6+610	15,35771178	20,56007	9565	1540	270	905	1270	0,13278	0,4	53,2	69,1	75,7
13	7+432	1,70526467	6,36274	2945	405	271	338	134	0,0455	0,4	53,2	69,1	75,7
14	7+708	0,27915212	2,70733	1195	310	272	291	38	0,0318	0,4	53,2	69,1	75,7
15	8+401	0,27100982	2,30805	792	302	271	286,5	31	0,03914	0,4	53,2	69,1	75,7
16	8+629	0,64406654	4,51411	2105	345	268	306,5	77	0,03658	0,4	53,2	69,1	75,7
17	9+220	28,81402475	29,11747	13088	1866	261	1063,5	1605	0,12263	0,4	53,2	69,1	75,7
18	9+560	0,05524807	1,3774	551	270	255	262,5	15	0,02722	0,4	53,2	69,1	75,7
19	9+722	0,39447498	3,43017	1567	300	251	275,5	49	0,03127	0,4	53,2	69,1	75,7
20	10+428	0,66974043	4,24164	1925	300	240	270	60	0,03117	0,4	53,2	69,1	75,7
21	10+797	0,07461741	1,47723	511	268	236	252	32	0,06262	0,4	53,2	69,1	75,7
22	11+153	0,88785059	4,50746	1832	290	230	260	60	0,03275	0,4	53,2	69,1	75,7
23	12+078	10,91760247	14,05868	5907	915	227	571	688	0,11647	0,4	53,2	69,1	75,7
24	12+457	0,35270506	2,36483	699	250	219	234,5	31	0,04435	0,4	53,2	69,1	75,7
25	12+720	0,86880828	6,84355	3399	610	221	415,5	389	0,11445	0,4	53,2	69,1	75,7
26	12+756	12,61608572	20,0136	7974	1596	221	908,5	1375	0,17244	0,4	53,2	69,1	75,7
27	13+196	0,00750117	0,37873	117	230	223	226,5	7	0,05983	0,4	53,2	69,1	75,7
28	13+247	0,0335374	1,21096	470	240	220	230	20	0,04255	0,4	53,2	69,1	75,7

VI.2.4 CALCUL HYDRAULIQUE

VI.2.4.1 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.

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

- **Formule rationnelle (A<10 Km²)**

$$\boldsymbol{Q_{max} = \frac{C * I * A}{3.6}}$$

Tel que :

- Q_{max} : débit de crue de période de retour voulue (en m3 /s).
- C : coefficient de ruissellement (nous adoptons le coefficient généralement admis en Algérie C=0,4, en supposant que l'averse est généralisée sur l'ensemble du bassin versant et que l'intensité est constante).
- I [mm/h] : intensité de la pluie (exprimée en mm/h) pour le temps de concentration.
- A : surface du bassin versant (Km²).

- **Formule de transition : (10 Km² < A < 50 Km²)**

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

Tel que :

- Q_T : débit de projet de période de retour T.
- Q_{RT} : débit fourni par la formule rationnelle, période de retour T.
- Q_{CT} : débit fourni par la formule Crupédix, période de retour T.
- α, β : coefficients de pondération, α= (50-A) /40, β= 1 - D.

- **Formule Crupedix :(A >50 Km²)**

$$\boldsymbol{Q_{100} = b' * Q_{10}}$$

$$\boldsymbol{Q_{10} = A^{0.8} * (\frac{P_J}{80})^2 * R}$$

$$\boldsymbol{Q_{(T)} = Q_{10} + \Delta Q(\frac{y}{2.3} - 1)}$$

Tel que :

- A [km²] : surface du bassin versant.
- PJ [mm / j] : Précipitation journalière maximale décennal.
- R : coefficient régional :
  - R = 0,2 pour des terrains perméables.
  - R = 1,5 à 1,8 pour des terrains imperméables.
  - R = 1 pour des terrains intermédiaires.
- Avec $1.4 \leq b' \leq 4$

Le paramètre « b' » dépend de la superficie du bassin versant :

- Jusqu'à 20 km², b' est déterminé en appliquant la formule rationnelle (calcul de Q10 et Q100 comme si la formule rationnelle était applicable) : b'=Q_{R100}/Q_{R10}.

- Au-delà de 20 km², b' est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet. A défaut, b'= 2 au minimum.

- $\Delta Q= Q_{100}-Q_{10}$
- y coefficient de Gumbel, pour T=50 ans, y= 3.902.

VI.2.4.2 Intensité de pluie

$$\boldsymbol{I = \frac{P(t)}{T_c}}$$

Tel que :

- I [mm/h] : intensité de la pluie (exprimée en mm/h) pour le temps de concentration.
- Tc [h] : temps de concentration.
- Pt [mm] : pluie correspondante à un pas de temps t.

VI.2.4.3 Pluie correspondante à un pas de temps t

$$\boldsymbol{P(t) = Pj_{max} * (\frac{T_c}{24})^b}$$

Tel que :

- Pt [mm] : pluie correspondante à un pas de temps t.
- Pj_{max} [mm] : pluie journalière maximale.
- Tc [h] : temps de concentration.
- b : Exposant climatique, pour notre projet b=0.29.

VI.2.4.4 Temps de concentration Tc

Le temps de concentration est le temps que mettent des gouttes d'eau non évaporées et non infiltrées dans le sol en descendant du sommet du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

Pour le calcul des temps de concentration des bassins versants on utilise les deux formules suivantes :

- Formule de Ventura (A< 5Km²) : $\boldsymbol{T_c = 0.1272\sqrt{\frac{A}{J}}}$
- Formule de Passini (5 Km² < A < 25 Km²) : $\boldsymbol{T_c = \frac{0.108(A*L)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{J}}}$
- Formule de Giandotti (A >25 km2) : $\boldsymbol{T_c = \frac{4\sqrt{A}+1.5L}{0.8\sqrt{H}}}$

Tel que :

- Tc [h] : temps de concentration.
- A [km2] : surface du bassin versant.
- J [m/m] : pente brute du bassin.
- L [km] : longueur de l'oued principal.
- H [m] : différence entre l'altitude moyenne et l'altitude de l'exutoire du bassin (Hmoy – Hmin).

Tableau VI.7 Tableau récapitulatif des paramètres hydrauliques des bassins versants pour des périodes de retour de 10 ans, 50ans ,100 ans

BV	A (Km²)	C	T_c (h)			Pt (mm)			I (mm/h)		
			Ventura	Passini	Giandotti	10	50	100	10	50	100
01	0,02835542	0.4	0,101976237			12,3365	16,0236	17,5541	120,97	157,131	172,13881
02	0,05855197	0.4	0,119380117			12,9134	16,7728	18,3748	108,17	140,499	153,91868
03	0,17034544	0.4	0,197958612			14,9532	19,4224	21,2775	75,537	98,1132	107,48435
04	0,35841439	0.4	0,307251932			16,9864	22,0632	24,1705	55,285	71,8082	78,666872
05	0,58464949	0.4	0,320761285			17,1997	22,3402	24,474	53,622	69,6476	76,299885
06	Oued Sahel										
07	4,28941421	0.4	0,91272794			23,2931	30,2548	33,1445	25,52	33,1477	36,313717
08	0,51777028	0.4	0,620775526			20,8295	27,0549	29,639	33,554	43,5825	47,745177
09	16,29010501	0.4	-	1,654463391		27,6783	35,9506	39,3843	16,729	21,7294	23,804906
10	2,37003267	0.4	0,684362156			21,427	27,831	30,4892	31,309	40,667	44,551262
11	0,17455034	0.4	0,289658718			16,6984	21,6891	23,7608	57,649	74,8783	82,030163
12	15,35771178	0.4	-	1,563873227		27,23	35,3683	38,7464	17,412	22,6158	24,77593
13	1,70526467	0.4	0,77870553			22,2447	28,8931	31,6527	28,566	37,104	40,647894
14	0,27915212	0.4	0,376877084			18,023	23,4096	25,6455	47,822	62,1146	68,047356
15	0,27100982	0.4	0,33470436			17,4133	22,6176	24,7779	52,026	67,5749	74,029274
16	0,64406654	0.4	0,533744199			19,9368	25,8954	28,3687	37,353	48,5164	53,150397
17	28,81402475	0.4	-		1,282481394	25,7077	33,391	36,5804	20,045	26,0363	28,523105
18	0,05524807	0.4	0,181207362			14,5747	18,9307	20,7388	80,431	104,47	114,448
19	0,39447498	0.4	0,451786554			18,9959	24,6732	27,0299	42,046	54,6126	59,828817
20	0,66974043	0.4	0,589630732			20,5209	26,6541	29,1999	34,803	45,2047	49,522343
21	0,07461741	0.4	0,138848968			13,4917	17,524	19,1978	97,168	126,209	138,26357
22	0,88785059	0.4	0,66228385			21,2242	27,5675	30,2006	32,047	41,625	45,600721
23	10,91760247	0.4	-	1,269047188		25,6293	33,2892	36,4688	20,196	26,2317	28,73716
24	0,35270506	0.4	0,358715958			17,7667	23,0767	25,2808	49,529	64,3313	70,475809
25	0,86880828	0.4	0,350469209			17,6473	22,9215	25,1109	50,353	65,4024	71,649251
26	12,61608572	0.4	-	1,209606586		25,2753	32,8293	35,965	20,895	27,1405	29,732794
27	0,00750117	0.4	0,045039704			9,73356	12,6426	13,8502	216,11	280,7	307,51071
28	0,0335374	0.4	0,112923866			12,7068	16,5045	18,0809	112,53	146,156	160,11617

Tableau VI.8 Tableau récapitulatif des débits max des écoulements qui traverent le tracé pour des périodes de retour 10ans, 50ans, 100ans

BV	Pk	Rationnelle			Crupedix			Transition			Débit retenu		
		Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}
01		0,38144806	0,49545	0,54277	0,02557	0,01659	0,03639	0,47016	0,61483	0,66901	0,38144806	0,49545	0,54277
02	1+740	0,70429304	0,91479	1,00216	0,04567	0,02963	0,06499	0,86798	1,13478	1,23508	0,70429304	0,91479	1,00216
03	2+040	1,4308572	1,8585	2,03601	0,10733	0,06964	0,15272	1,7561	2,2981	2,49882	1,4308572	1,8585	2,03601
04	2+121	2,2034229	2,86196	3,13532	0,1946	0,12626	0,27691	2,68763	3,52138	3,82431	2,2034229	2,86196	3,13532
05	2+720	3,48610126	4,528	4,96049	0,28785	0,18676	0,40958	4,23892	5,54986	6,03169	3,48610126	4,528	4,96049
06	3+000	Oued Sahel											
07	3+627	12,1727649	15,8109	17,321	1,41763	0,91978	2,01719	13,7082	17,9368	19,5059	12,1727649	15,8109	17,321
08	4+696	1,93191122	2,50931	2,74898	0,26119	0,16946	0,37165	2,32797	3,06398	3,31254	1,93191122	2,50931	2,74898
09	5+477	30,3047637	39,362	43,1216	4,12271	2,67489	5,86633	26,1876	33,5929	37,2631	26,1876	33,5929	37,2631
10	5+906	8,25153765	10,7177	11,7414	0,88196	0,57223	1,25496	9,65728	12,6529	13,7417	8,25153765	10,7177	11,7414
11	6+422	1,11896065	1,45339	1,59221	0,10944	0,07101	0,15573	1,36694	1,79295	1,94506	1,11896065	1,45339	1,59221
12	6+610	29,7356214	38,6228	42,3118	3,93282	2,55169	5,59614	26,2795	33,7913	37,394	26,2795	33,7913	37,394
13	7+432	5,41689458	7,03585	7,70787	0,67776	0,43974	0,96441	6,39964	8,40368	9,10626	5,41689458	7,03585	7,70787
14	7+708	1,48447444	1,92814	2,11231	0,15934	0,10338	0,22673	1,80651	2,3716	2,57054	1,48447444	1,92814	2,11231
15	8+401	1,56786642	2,03646	2,23097	0,15561	0,10096	0,22142	1,91136	2,50722	2,71974	1,56786642	2,03646	2,23097
16	8+629	2,67520946	3,47476	3,80664	0,31102	0,2018	0,44256	3,22819	4,24029	4,5935	2,67520946	3,47476	3,80664
17	9+220	64,2275367	83,4234	91,3914	6,50619	1,10379	13,0124	37,0783	44,7043	54,5258	37,0783	44,7043	54,5258
18	9+560	0,49413529	0,64182	0,70312	0,0436	0,02829	0,06204	0,60615	0,79435	0,86251	0,49413529	0,64182	0,70312
19	9+722	1,84438008	2,39561	2,62443	0,21012	0,13633	0,29898	2,23683	2,93815	3,18286	1,84438008	2,39561	2,62443
20	10+428	2,59195967	3,36662	3,68818	0,3209	0,20821	0,45662	3,1217	4,10335	4,44197	2,59195967	3,36662	3,68818
21	10+797	0,8062477	1,04721	1,14724	0,05545	0,03598	0,0789	0,99255	1,29813	1,41233	0,8062477	1,04721	1,14724
22	11+153	3,16396837	4,10959	4,50211	0,40208	0,26088	0,57214	3,79314	4,98634	5,39738	3,16396837	4,10959	4,50211
23	12+078	24,5183738	31,8462	34,888	2,99326	1,94209	4,25921	24,0246	31,1602	34,1854	24,0246	31,1602	34,1854
24	12+457	1,94255041	2,52312	2,76412	0,19212	0,12465	0,27337	2,36472	3,10159	3,36484	1,94255041	2,52312	2,76412
25	12+720	4,86470095	6,31862	6,92214	0,39517	0,25639	0,5623	5,885	7,70251	8,37396	4,86470095	6,31862	6,92214
26	12+756	29,3143921	38,0756	41,7124	3,36034	2,18025	4,78153	27,6169	35,728	39,297	27,6169	35,728	39,297
27	13+196	0,18026433	0,23414	0,2565	0,00883	0,00573	0,01256	0,22309	0,2912	0,31744	0,18026433	0,23414	0,2565
28	13+247	0,41964796	0,54507	0,59713	0,02925	0,01898	0,04162	0,51692	0,67615	0,73554	0,41964796	0,54507	0,59713

VI.3 RETABLISSEMENT DES ECOULEMENTS

Le dispositif de rétablissement d'écoulements existant sur la section où le tracé suit la voie actuelle est constitué d'ouvrages comme il est décrits ci-après :

Tableau VI.9L'état des ouvrages de drainages existants sur la section où le tracé suit la voie actuelle

Pk	Type d'ouvrage/dimension	Etat	Photo
1+740	Ponceau 1x1 m	Bon état structurel	
2+040	Ponceau 0.70x0.70 m	Bon état structurel	
2+517	Dalot 2x2 m	Bon état structurel	
2+823	Ponceau	Inaccessible	
3+060	Pont métallique Oued Sahel L=169m	Etat dégradé	
3+344	Dalot	Inaccessible	
4+026	Buse Ø 800 mm	Enseveli	
4+696	Ponceau	Inaccessible	

4+998	Ponceau	Inaccessible	
5+477	Pont en béton Oued Chakroun L=9.5 m	Bon Etat structurel	
5+906	Dalot 1.50x1.50 m	Bon état structurel	
6+422	Ponceau 1x1 m	Bon état structurel	
6+610	Pont en béton L=9.50 m	Etat dégradé	
7+432	Ponceau	Inaccessible	
8+401	Buse Ø 800 mm	Enseveli	
8+629	Buse Ø 800 mm	Enseveli	
9+216	Pont métallique Oued Beni Melikech L=16 m	Etat dégradé	

Commentaires :

L'état structurel de certains ouvrages busés et de dalots est bon. Par contre, il y'a lieu de signaler que les ponts sont très anciens et en état dégradé.

Sur le plan fonctionnel, les éléments du constat fait à travers les différentes visites et de l'enquête du terrain, qui ne font signe d'aucun débordement. Néanmoins, il a été relevé que beaucoup d'ouvrages sont inaccessibles et ensevelis.

L'analyse de l'état structurel et fonctionnel des ouvrages fait ressortir l'intérêt de remplacer les ouvrages existants par des ouvrages neufs, et plus grand pour les buses et les dalots en raison d'entretien.

VI.3.1 DISPOSITIF DE RETABLISSEMENT D'ECOULEMENT PROJETE

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 de Sétra.

Pour la nouvelle ligne, le maitre d'ouvrage préconise de mettre en place pour les ouvrages dont la section hydraulique est inférieure à 1.76 m², des buses de Ø1500 mm au minimum et ce pour des conditions d'entretien.

La vitesse d'écoulement lors de dimensionnement des ouvrages doit être inférieure à 4 m/2.

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) :

- 1ere condition : pour Qa /Qps=0.1 il faut V écoulement >0.6 m/s.
- 2ème condition : pour Qa /Qps=0.01 il faut V écoulement >0.3 m/s.

Par ailleurs, pour l'emplacement de nouveaux ouvrages on a utilisé quatre (4) ouvrages type :

- Buse Ø1500 mm ;
- Dalot 3x2 m ;
- Dalot 4x2 m.

VI.3.2 JUSTIFICATION DES OUVRAGES DE DRAINAGE TRANSVERSAL EMPLOYÉS POUR CHAQUE ECOULEMENT

Le dimensionnement des ouvrages est fait par la méthode de MANNING-STRICKLER :

$$\boldsymbol{Q = k * S_m * R_h^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}}$$

Tel que :

- Q : Débit calculer par la formule de MANNING-STRICKLER.
- K : coefficient de MANNING-STRICKLER.
- S_m[m²] : section moullée.
- R_h[m] : rayon hydraulique, $R_h = \frac{S_m}{P_m}$, avec P_m : le périmètre mouillé.
- I[m/m] : pente.

➢ **Exemple de calcul pour la buse Ø1500**

On prend l'écoulement au Pk 1+740, où on trouve un dalot de 1x1 m dont la section hydraulique est de 1m² < 1.76 m², donc il doit être remplacer par une buse Ø1500.

- Le débit de transit déduit pour cet écoulement par la délimitation des bassins versant est de Q_{50}=0,91479 $m^{3/s}$.
- Ks=80.
- I=0.002 m/m.
- D=1500 mm.

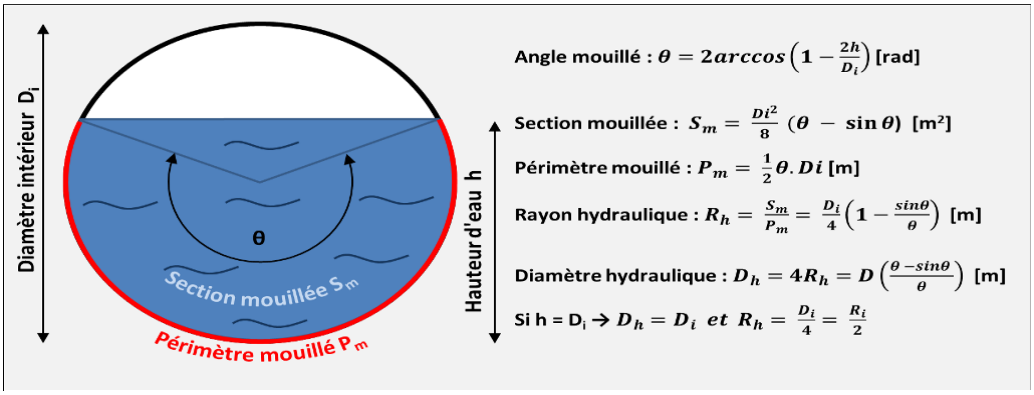


Figure VI.2 Dimensions d'une buse

$$Q_{50} = 80 * 0.002^{\frac{1}{2}} * \frac{\left[\frac{D^2}{8}(\theta - sin\theta)\right]^{\frac{5}{3}}}{\left[\frac{1}{2}\theta * D\right]^{\frac{2}{3}}} = 0.91479\ m^3/s$$

Avec : $\theta = 2\arccos\left(1-\frac{2h}{D}\right)$, h : la hauteur de remplissage.

Par la méthode des itérations on doit trouver la hauteur de remplissage h, qui nous donne l'égalité entre le débit calculé par la formule de MANNING-STRICKLER et le débit de transit. Dans le cas précédent on a trouvé h=0,3607*D= 0,54105 m qui satisfait l'égalité.

De la même manière, on vérifie si la buse Ø1500 assure l'évacuation d'un débit exceptionnel de Q= 1.5*Q_{50}= 1,372185 m^3/s. par des itérations on trouve que pour une hauteur de remplissage de h= 0,451*D= 0,6765 m, l'écoulement est assuré.

➢ **Exemple de calcul pour un dalot**

Pour l'écoulement au Pk 5+477 on a :

- Un débit de transit de Q_{50}=33,5929 m^3/s.
- Ks=70.
- I=0.002 m/m.

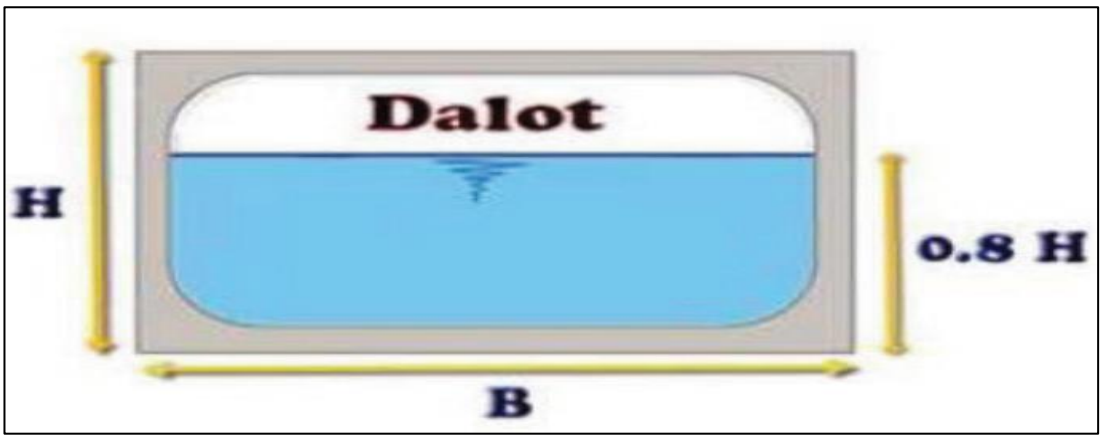


Figure VI.3 Dimensions d'un dalot

$$Q_{50} = 70 * 0.002^{\frac{1}{2}} * \frac{(B*h)^{\frac{5}{3}}}{(B+2h)^{\frac{2}{3}}} = 33{,}5929 \text{ m3/s}$$

Pour le dalot on suppose la hauteur totale du dalot et la base B, et par ma méthode des itérations on cherche la hauteur de remplissage h qui satisfait l'égalité entre le débit calculer par la formule de MANNING-STRICKLER et le débit de transit.

Dans le cas suivant on a dimensionné un dalot de trois cellules 3x4x2 m, avec une hauteur de remplissage h= 0.5585*H= 1.117 m.

Le dalot dimensionné assure l'évacuation du débit exceptionnel Q=1.5*Q_{50}=50.38935 m^3/s, pour un h=0.745*H=1,49 m.

Dans le tableau ci-dessous on trouve le dimensionnement du système de drainage transversal le long du tracé étudié :

Tableau VI.10Tableau récapitulatif de dimensionnement du système de drainage transversal le long du tracé

BV	Pk	Q_{50} (m^3/s)	Ks	I	Ouvrage calculé	h (m)	1.5*Q_{50} (m^3/s)	h'(m)	Section (h) m²	V (m/s)	Section (h') m²	V' (m/s)	V<4 m/s
01		0,49545	80	0.002	Ø1500	0.2624xD	0,743175	0.3232xD	0,37	1,34	0,49	1.50	Vérifié
02	1+740	0,91479	80	0.002	Ø1500	0.3607xD	1,372185	0.451xD	0,57	1,59	0,77	1.77	Vérifié
03	2+040	1,8585	80	0.002	Ø1500	0.5382xD	2,78775	0.707xD	0,97	1,92	1,34	2.09	Vérifié
04	2+121	2,86196	80	0.003	Ø1500	0.623xD	4,29294	0.901xD	1,157	2,47	1,68	2.56	Vérifié
05	2+720	4,528	80	0.002	2xØ1500	0.61xD	6,792	0.853xD	1,13	2,00	1,61	2.11	Vérifié
06	3+000	Viaduc Oued Sahel											
07	3+627	15,8109	70	0.002	4x2	0.71325xH	23,71635	0.96xH	5,71	2.77	7.68	3.09	Vérifié
08	4+696	2,50931	80	0.003	Ø1500	0.572xD	3,763965	0.767xD	1,045	2,40	1.45	2,59	Vérifié
09	5+477	33,5929	70	0.002	3x4x2	0.5585xH	50,38935	0.745xH	4,47	2.51	5.96	2.88	Vérifié
10	5+906	10,7177	70	0.002	3x2	0.706xH	16,07655	0.96xH	4.24	2.53	5.76	2.79	Vérifié
11	6+422	1,45339	80	0.002	Ø1500	0.4655xD	2,180085	0.595xD	0,81	1,80	1,096	1,99	Vérifié
12	6+610	33,7913	70	0.002	3x4x2	0.5605xH	50,68695	0.746xH	4.48	2.51	5.984	2.82	Vérifié
13	7+432	7,03585	70	0.005	2xØ1500	0.603xD	10,553775	0.834xD	1,114	3,16	1,57	3,35	Vérifié
14	7+708	1,92814	80	0.002	Ø1500	0.5505xD	2,89221	0.728xD	0,997	1,93	1,38	2,098	Vérifié
15	8+401	2,03646	80	0.002	Ø1500	0.57xD	3,05469	0.763xD	1,04	1,96	1,45	2,11	Vérifié
16	8+629	3,47476	80	0.005	Ø1500	0.598xD	5,21214	0.823xD	1,103	3,15	1,56	3,35	Vérifié
17	9+220	Viaduc Oued Beni Mellikech											
18	9+560	0,64182	80	0.002	Ø1500	0.3xD	0,96273	0.371xD	0,45	1,44	0,59	1,61	Vérifié
19	9+722	2,39561	80	0.003	Ø1500	0.5554xD	3,593415	0.7365xD	1,008	2,37	1,39	2,57	Vérifié
20	10+428	3,36662	80	0.005	Ø1500	0.586xD	5,04993	0.795xD	1,076	3,13	1,51	3,35	Vérifié
21	10+797	1,04721	80	0.002	Ø1500	0.388xD	1,570815	0.487xD	0,634	1,65	0,85	1,84	Vérifié
22	11+153	4,10959	80	0.002	2xØ1500	0.573xD	6,164385	0.769xD	1,047	1,96	1,46	2,11	Vérifié
23	12+078	31,1602	70	0.002	3x4x2	0.5265xH	46,7403	0.70575xH	4.24	2.45	5.646	2.76	Vérifié
24	12+457	2,52312	80	0.003	Ø1500	0.574xD	3,78468	0.771xD	1,049	2,40	1,46	2,59	Vérifié
25	12+720	6,31862	80	0.005	2xØ1500	0.563xD	9,47793	0.75xD	1,025	3,08	1,42	3,33	Vérifié
26	12+756	35,728	70	0.002	3x4x2	0.583xH	53,592	0.779xH	4.66	2.55	6.232	2.87	Vérifié
27	13+196	0,23414	80	0.002	Ø1500	0.181xD	0,35121	0.221xD	0,218	1,07	0,29	1.21	Vérifié
28	13+247	0,54507	80	0.002	Ø1500	0.276xD	0,817605	0.34xD	0,397	1,37	0,53	1.54	Vérifié

Commentaire :

A titre de comparaison, le débits Q_{50} retenu pour le dimensionnement des ouvrages parait cohérent, l'enquête mené sur les ouvrages existants révèle que ces derniers correspondent aux nouveaux ouvrages calculer (par l'utilisation de la formule de Manning Strickler avec le Q_{50}), a par que le Ø1500 c'est un choix imposé par le maître d'ouvrage. Ce qui rend notre résultat de calcul acceptable.

L'évaluation du débit exceptionnel $1.5*Q_{50}$ permet d'apprécier les mesures à prendre pour assurer la sécurité des usagers, la pérennité de l'infrastructure et pour l'environnement. Par ailleurs, dans notre cas le débit $1.5*Q_{50}$ est supérieure au débit Q_{100} ce qui montre que l'évacuation de ce dernier est assurée par le système de drainage adopté.

Tableau VI.11Listing des ouvrages de drainages le long du tracé

BV	PK	Ouvrage calculer	Ouvrage final
01		Buse Ø1500	Vers BV 02
02	1+740	Buse Ø1500	1xØ1500
03	2+040	Buse Ø1500	1xØ1500
04	2+121	Buse Ø1500	1xØ1500
05	2+720	Buse 2xØ1500	Viaduc de Oued Sahel
06	3+000	Viaduc Oued Sahel L=660m	
07	3+627	Dalot 4x2	4x2
08	4+696	Buse Ø1500	1xØ1500
09	5+477	Dalot 3x4x2	3x4x2
10	5+906	Dalot 3x2	3x2
11	6+422	Buse Ø1500	1xØ1500
12	6+610	Dalot 3x4x2	3x4x2
13	7+432	Buse 2xØ1500	2xØ1500
14	7+708	Buse Ø1500	1xØ1500
15	8+401	Buse Ø1500	1xØ1500
16	8+629	Buse Ø1500	1xØ1500
17	9+220	Pont	Viaduc Oued Beni Mellikech L=50 m
18	9+560	Buse Ø1500	Passage inferieur
19	9+722	Buse Ø1500	1xØ1500
20	10+428	Buse Ø1500	1xØ1500
21	10+797	Buse Ø1500	Passage inferieur
22	11+153	Buse 2xØ1500	2xØ1500
23	12+078	Dalot 3x4x2	3x4x2
24	12+457	Buse Ø1500	1xØ1500
25	12+720	Buse 2xØ1500	2xØ1500
26	12+756	3x4x2	3x4x2
27	13+196	Buse Ø1500	1xØ1500
28	13+247	Buse Ø1500	Passage inferieur

Tableau VI.12Tableau récapitulatif des ouvrages de rétablissement d'écoulement existants

Pk	Ouvrage existant	Photo
1+740	Ponceau 1x1 m	1xØ1500
2+040	Ponceau 0.70x0.70 m	1xØ1500
2+517	Dalot 2x2 m	Viaduc Oued Sahel
2+823	Ponceau	Viaduc Oued Sahel
3+060	Pont métallique d'Oued Sahel L=169m	Viaduc Oued Sahel
3+344	Dalot	Viaduc Oued Sahel
4+026	Buse Ø 800 mm	-
4+696	Ponceau	1xØ1500
4+998	Ponceau	
5+477	Pont en béton Oued Chakroun L=9.5 m	3x4x2
5+906	Dalot 1.50x1.50 m	3x2
6+422	Ponceau 1x1 m	1xØ1500
6+610	Pont en béton L=9.50 m	3x4x2
7+432	Ponceau	2xØ1500
8+401	Buse Ø 800 mm	1xØ1500
8+629	Buse Ø 800 mm	1xØ1500
9+216	Pont métallique Oued Beni Melikech L=16 m	Viaduc Oued Beni Melikech L=50 m

VI.3.3 VERIFICATION DES CONDITIONS D'AUTO CURAGE POUR CHAQUE OUVRAGE

- **Exemple de calcul pour le dalot 3x2**

- $V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_{ps}} = \frac{13.36}{6} = 2.23\ m/s < 4\ m/s.$
- Pour Qa/Qps = 0.1, V/Vps= 0.64, V= Vps × 0.638 = 1.43 m/s > 0.6 m/s.
- Pour Qa/Qps = 0.01, V/Vps= 0.32, V= Vps × 0.094 = 0.71 m/s > 0.3 m/s.

Le tableau si dessous résume les conditions d'auto curage de chaque ouvrage employer.

Tableau VI.13Tableau récapitulatif des conditions d'auto curage des ouvrages utilisés

Ouvrage	S_{ps} (m^2)	P_{ps} (m)	Rh (m)	Ks	I	Q_{ps} (m^3/s)	V_{ps}<4 (m/s)	V<0.6 (m/s) ($Q=0.1Q_{ps}$)	V<0.3 (m/s) ($Q=0.01Q_{ps}$)
Buse Ø1500	1.77	4.71	0.38	80	0.002	3.29	1.86	1.19	0.595
Buse Ø1500	1.77	4.71	0.38	80	0.003	4.03	2.28	1.46	0.73
Buse Ø1500	1.77	4.71	0.38	80	0.005	5.20	2.94	1.88	0.94
Dalot 3x2	6	10	0.60	70	0.002	13.36	2.23	1.43	0.71
Dalot 4x2	8	12	0.67	70	0.002	19.11	2.39	1.53	0.76

VI.4 CALCUL DU DRAINAGE LONGITUDINAL

Ce réseau s'appuie sur des ouvrages techniques permettant la collecte ainsi que la circulation et l'évacuation des eaux de ruissellement d'une part et d'autre de la plateforme ferroviaire. Ainsi, il est prévu d'adopter des fossés trapézoïdaux :

- Au pied des talus de la plateforme ferroviaire en déblai,
- En tête des talus de déblais ainsi qu'en remblais si l'eau peut éroder le talus,
- En tête des murs de soutènement en déblai.

Un fossé de forme trapézoïdale tel qu'il est illustré dans la figure ci-dessous :

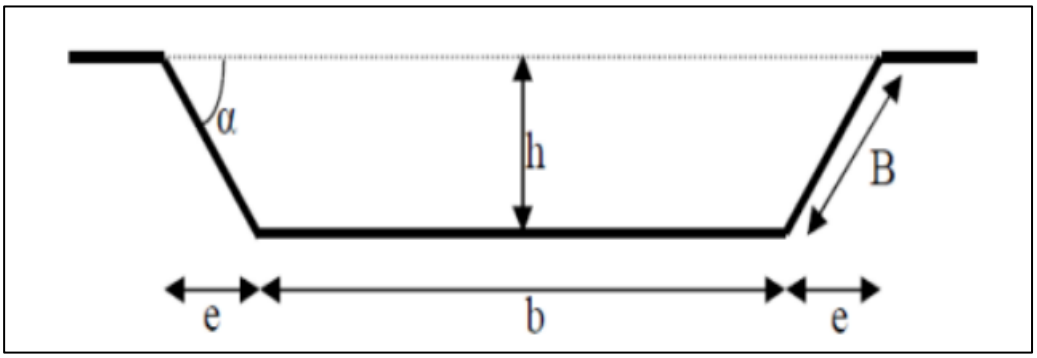


Figure VI.4Un fossé de forme trapézoïdale

Pour leur dimensionnement on utilise la formule de MANNING-STRICKLER :

$$Q_s = k_s * S_m * {R_h}^{2/3} * I^{1/2}$$

Avec :

- La surface mouillée : $S_m = (b + m.h)h$, (avec m = e/h = 1/tanα).
- Le périmètre mouillé : $P_m = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$.
- La hauteur maximale admissible de remplissage pour l'écoulement dans les fossés est la hauteur totale.
- Les dimensions du fossé sont obtenues, en écrivant l'égalité du débit d'apport et le débit de saturation Qs=Qapport

$$Q_s = k_s * I^{\frac{1}{2}} * [(b + m.h)h] * \left[\frac{(b + m.h)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}\right]^{\frac{2}{3}} = Q_{ap}$$

On fixe la base (b) et la pente des berges (z), ensuite par le calcul itératif on déduit la hauteur (h).

VI.4.1 APPLICATION SUR LE PROJET

VI.4.1.1 Calcul des débits d'apport

Le choix de type de fossé est en fonction débit à évacuer qui est rapporté par la plate-forme, les bermes et les talus : Qa= Qpf + Qb + Qt.

Le calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un remblai ou un déblai qui s'étend sur une grande longueur avec une hauteur importante, chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle.

Le débit utilisé correspond à celui calculé pour une période de retour de 50 ans.

Tableau VI.14 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai.

		Cas remblai -Longueur : 700 m -Hauteur max : 10.95 m	Cas déblai -Longueur : 235 m -Hauteur max : 8.50 m
Plateforme	C	01	01
	P(m/m)	0.04	0.04
	S_m(km²)	0.0136*0.7 = 0.00952	0.0136*0.235 = 0.0032
	T_c(h)	0.062	0.036
	I(mm/h)	223.6	329.4
	Q(m^3/s)	0.59	0.29
Talus	C	0.7	0.7
	P(m/m)	0.67	0.67
	S_m(km²)	0.01095*0.7 = 0.007665	0.0085*0.235 = 0.002
	T_c(h)	0.014	0.00695
	I(mm/h)	656.7	1159.04
	Q(m^3/s)	0.98	0.41
Berme	C	0.7	0.7
	P(m/m)	0.04	0.04
	S_m(km²)	0.002*0.7 = 0.0014	0.002*0.235 = 0.00047
	T_c(h)	0.024	0.014
	I(mm/h)	441.5	650.5
	Q(m^3/s)	0.12	0.059
Q_a (m^3/s)		0.59+0.98+0.12=1.69	0.29+0.41+0.059=0.759

VI.4.1.2 Dimensionnement des fossés

- **Cas de remblai**

Il est envisagé de détourner l'écoulement de BV 01 vers le BV 02, dans ce cas on prévoie un fossé qui assure l'évacuation du débit rapporter par la plateforme, les talus et les bermes, ainsi que le débit de BV 01 : Qa = 1.69 + 0.49545 = 2.18545 m^3/s.

On prend :

- Ks = 70.
- P = 0.0087 m/m, représente la pente moyenne du terrain naturel.
- b = 50 cm.

Avec le calcul itératif on trouve les dimensions suivantes : h = 60 cm avec tanα = 2/3.

- **Cas de déblai**

On prend :

- Ks = 70.
- P =0.0086 m/m, représente la pente de la ligne rouge sur le profil en long.
- b = 50 cm.

Avec le calcul itératif on trouve les dimensions suivantes : h = 40 cm avec tanα = 1/1.

Pour l'intégralité du tracé on opte pour un seul type de fossé suivant :

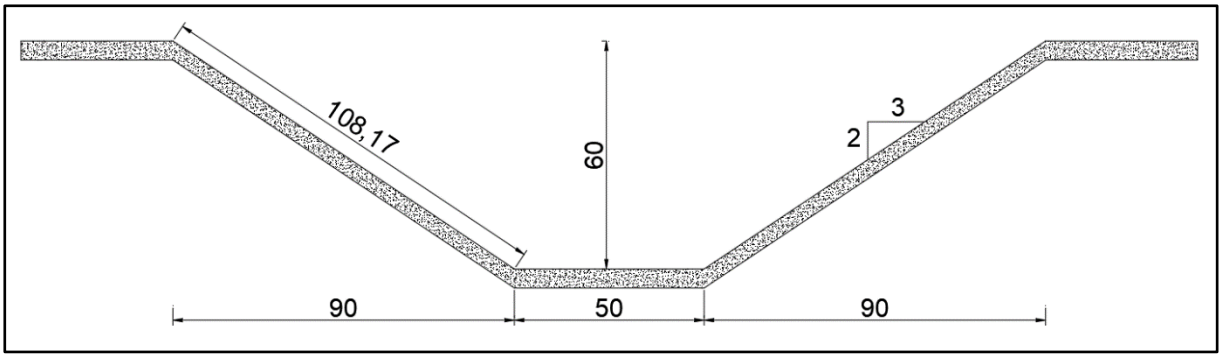


Figure VI.5Les dimensions du fossé adopté pour le long du tracé

VI.5 LE CALCUL HYDRAULIQUE POUR LES OUVRAGES SINGULIERS

Le calcule hydraulique des viaducs consiste à déterminer la hauteur minimale à respecter pour contenir le débit de crue de chaque écoulement. Le débit utilisé correspond à celui calculé pour une période de retour de 100 ans, et ensuite on vérifie pour un débit exceptionnel de 1.5*Q_{100} (guide SETRA).

Tableau VI.15Caractéristiques des ouvrages singuliers

BV	Pk	S (Km²)	Q_{100} (m^3/s)	Ouvrage
06	3+000	3755.00	1042,21	Viaduc Oued Sahel
17	9+220	28.80	54,5258	Viaduc Oued Beni Melikech

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 1,50 m : H= hauteur d'eau + 1.5.

Le calcul se fait avec la formule de MANNING-STRICKLER : $Q_s = k_s * S_m * {R_h}^{2/3} * I^{1/2}$, pour une section rectangulaire dont la largeur est celle d'oued traverser. Avec la méthode des itérations en déduit la hauteur de remplissage h : $Q_s = k_s * \frac{(B.h)^{5/3}}{(B+2.h)^{2/3}} * I^{1/2}$

Tableau VI.16Calcul hydraulique des ouvrages singuliers du tracé étudié

Pk	I (m/m)	Ks	B(m) largeur d'oued	1.5*Q_{100} (m^3/s)	Hauteur d'eau (m)	V (m/s)	Hauteur min du viaduc (m)
3+000	0,00487	30	211	1563,315	2,152	3.44	3.228
9+220	0,02564	30	41	81,7887	0.6	3.32	2.1

VI.6 LE SYSTEME DE DRAINAGE DE LA GARE ET LA HALTE :

Le drainage des eaux au niveau de la gares et la halte 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.

Lee couches de sous-ballast ainsi que la couche de forme sont réalisées de manière à être dotées d'une pente transversale 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.

La pente longitudinale du drain est de 0,5%. Les collecteurs transversaux ont un diamètre Ø600 et une pente longitudinale de 0,3%, ils récupèrent l'eau des drains.

Des regards de visite sont placés tous les 50 m, permettant l'intervention pour la réalisation de travaux sur les collecteurs.

Les schémas du drainage de la gares et de la halte sont représentés dans le plan du profil en travers type de la gare.

Tableau VI.17Le drainage de la gare

Ouvrage	Débit (m^3/s)	Ks	I (m/m)	Ø (mm)	Hauteur d'eau (m)	θ (rad)	S_m (m^2)	P_m (m)	Rh (m)	V (m/s)
Drain	0.038	62.5	0.005	300	0.1807	3.5538	0.0445	0.5331	0.0835	0.84
Collecteur	0.188	62.5	0.003	600	0.3654	3.5811	0.1803	1.0743	0.1678	1.04

VI.7 CONCLUSION

Dans un projet linaire tel qu'une ligne ferroviaire, l'étude hydrologique et hydraulique est primordiale et obligatoire, elle permet d'assurer la pérennité de la voie. D'après notre étude précédente, on déduit son importance dans ce projet par le volume conséquent des travaux de drainages longitudinaux et transversaux à réaliser le long de la ligne :

- 02 viaducs.
- 03 passages inferieurs.
- 18 buses.
- 5 dalots.
- Un fossé de forme trapézoïdal (b=0.5m, h=0.6 m, pente=2/3) le long de la ligne.

CHAPITRE VII :
PROFIL EN TRAVERS

VII. CHAPITRE VII : PROFIL EN TRAVES

VII.1 INTRODUCTION

Une fois le tracé en plan et le profil en long sont établis, la structure d'assise et le réseau d'assainissement sont dimensionnés. On procède au développement du profil en travers qui est une étape très importante dans un projet. Il permet de déterminer la section type projetée pour le couloir ainsi que les volumes des déblais et des remblais.

Le profil en travers est le levé perpendiculaire à l'axe de la voie sur un plan vertical, il contient tous les éléments de la superstructure, de l'infrastructure et d'assainissement ferroviaire.

VII.2 TYPE DE PROFIL EN LONG

On distingue deux types de profil :

VII.2.1 PROFIL EN TRAVERS TYPE

Contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs de voie, pentes des surfaces et talus, dimensions de l'infrastructure et de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc.…).

VII.2.2 PROFIL EN TRAVES COURANT

Il s'applique au PK indiqué, il reprend et mentionne toutes les données caractérisant la section transversale de la voie au PK considéré, notamment cote terrain naturel (TN), cote de projet, devers de la plate-forme.

VII.3 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

VII.3.1 LA PLATEFORME

La plateforme est une succession des couches de matériaux compactées, sur laquelle se reposera la voie. Elle reçoit les charges transmises par l'intermédiaire du ballast, elle joue un rôle primordial dans la tenue de la voie. En outre, elle draine les eaux de surface pour les écouler à l'extérieur.

VII.3.2 L'EMPRISE

C'est la surface du terrain naturel affecté à la voie limitée par le domaine public.

VII.3.3 ASSIETTE

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

VII.3.4 LA VOIE

C'est la partie de la voie ferrée affectée à la circulation des matériels roulants.

VII.3.5 LA BERME

Supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations…). Sa largeur dépend de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

VII.3.6 LE FOSSE

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la voie et talus et les eaux de pluie.

VII.4 LES PROFILS EN TRAVERS TYPE ADOPTES POUR NOTRE TRACES

On a adopté trois différents profils en travers type pour notre tracé

VII.4.1 VOIE DOUBLE

Les caractéristiques géométriques de la sections type à adopter pour les voies double prennent en compte les gabarits nécessaires pour la future électrification :

- Type de ligne : Voie double électrifiée.
- Écartement de la voie : 1,435 m.
- Entraxe : 4,20 m.
- Largeur de la plateforme : 13,60 m (plateforme pour voie double).
- Pente latérale de la plateforme : 4%.
- Epaisseur de ballast : 30 cm.
- Epaisseur de sous-ballast : 25 cm.
- Epaisseur de la couche de fondation : 15 cm.
- Epaisseur de couche de forme : 50 cm.
- Distance axe voie - axe caténaire : 3,25 m.

VII.4.2 VIADUCS

Les caractéristiques pour le profil en travers type de la voie double sont les suivantes :

- Type de ligne : Voie double électrifiée.
- Ecartement de la voie : 1,435 m.
- Entraxe : 4,20 m.
- Largeur du tablier : 13,60 m (plateforme pour voie double).
- Pente latérale de la plateforme : 2%.
- Epaisseur de ballast : 35 cm.
- Distance axe voie - axe caténaire : 3,25 m.

VII.4.3 GARE ET HALTE

Les caractéristiques géométriques de la gare et de la halte sont les suivantes :

- Type de ligne : Voie double électrifiée.
- Ecartement de la voie : 1,435 m.
- Entraxe : 4,20 m.
- Pente latérale de la plateforme : 5%.
- Epaisseur de ballast : 30 cm.
- Epaisseur de sous-ballast : 25 cm.
- Epaisseur de la couche de forme : 15 cm
- Epaisseur de couche de forme : 50 cm.
- Distance axe de voie – bord de quai : 1,65 m.

NB : Les profils en travers types sont joints en plans format A3.

CHAPITRE VIII : LES TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

VIII. CHAPITRE VIII : LES TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

VIII.1 INTRODUCTION

Les travaux de terrassement consistent à préparer un terrain à accueillir une infrastructure, de sorte à ce que celle-ci soit stable, sans aucun risque de tassement, glissement ou effondrement du sol. Avant d'effectuer les terrassements, il faut commencer par une inspection préliminaire du terrain afin d'identifier les contraintes essentiellement liées au réseaux divers. Par la suite une étude de la stabilité ainsi que de l'équilibre du sol s'impose.

Les terrassements rapportent des modifications au relief du terrain, les travaux sont réalisés par l'exécution de déblais et de remblais :

- Les déblais consistent à abaisser le niveau du train par enlèvement des terres appelés aussi fouilles ou extraction.
- Les remblais consistent à rapporter des terres afin de relever le niveau appelés aussi remblaiement

VIII.2 LES TERRASSEMENTS

VIII.2.1 CALCUL DE STABILITE

Pour la vérification de stabilité des talus en déblais et remblais on a utilisé le logiciel « GeoStructural Analysis v19 », et on a choisi la méthode de Bishop pour les ruptures circulaires.

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

- Poids spécifique γ.
- Cohésion c'.
- Angle de frottement interne φ'.

D'après programme de reconnaissance géotechnique établi sur la base du profil longitudinal, ces précédent paramètres (γ,c', φ') sont déterminés pour chaque lithologie affecter.

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

- $Fs \geq 1.3$ à court terme.
- $Fs \geq 1.5$ à long terme.
- $Fs \geq 1.1$ situation accidentel (séisme).

D'après la classification des zones séismiques de l'Algérie, le tronçon d'étude se situe dans la zone IIa (sismicité moyenne). Dans ce cas selon l'RPOA l'accélération sismique prévu pour le calcul est : A=0.15g.

VIII.2.2 LES PENTES DES TALUS

Les pentes de talus principalement utilisées selon le référentiel technique de SNTF chapitre 07, et exprimées en fraction base (H) sur hauteur (V), sont :

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

Elles doivent être déterminées de façon à assurer la stabilité et la pérennité générale de l'ouvrage, en fonction :

- Caractéristiques géotechniques des terrains recoupés en déblais, ou du sol support et des matériaux mis en œuvre pour les remblais.
- La hauteur de l'ouvrage
- La topographie de site et des risques naturelles.

VIII.2.3 CAS DEBLAIS

Le long de notre tracé on distingue deux principales zones de déblais avec les caractéristiques suivantes :

Tableau VIII.1Les caractéristiques des déblais

Pk début	Pk fin	Hauteur max de déblai	Lithologie	Classe du sol
2+215	2+485	8.5 m	Mi	QS1
4+000	8+375	2 m	Qcd	QS1
13+390	13+500	0.6 m	Qcd	QS1

En général, la section type projetée pour le couloir adopte un talus de pente 3H/2V en déblais, avec des bermes de 2m de large tous les 4 m de hauteur.

VIII.2.3.1 Les dispositifs de sécurité

Des mesures de sécurité sont à prévoir à l'égare les instabilités qui peuvent surgir Lors de l'excavation des déblais notamment pour le soutènement des talus, comme critère général :

- Lorsque les déblais sont effectués dans des terrains rocheux, il peut être nécessaire de disposer des caniveaux au pied des talus pour récupérer les possibles blocs qui pourraient se détacher.
- Dans le cas où peuvent apparaitre des instabilités locales avec détachement des blocs, il est à envisager le rabotage localisé de blocs, la projection de béton, le boulonnage local, la disposition de grillage antichute...
- Pour éviter l'érosion des talus, Il est recommandé de disposer des fossés revêtus dans la berme pour contrôler l'écoulement d'eau et éviter son infiltration dans les déblais, et utiliser des drains longitudinaux là où des affleurements d'eau soient observées.

VIII.2.3.2 Les paramètres géotechniques des terrains affectés par le déblai

Les paramètres géotechniques pour chacun des matériaux touchés par les excavations du tracé sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VIII.2Les paramètres géotechniques des déblais

Lithologie	γ (t/m^3)	c' (kg/cm^2)	φ' (°)
Mi	2.1	0.30	28
Qcd	2.1	0.50	28

VIII.2.3.3 Vérification de la stabilité des déblais

Ce calcul de stabilité concerne les grands déblais avec des hauteurs importantes (h ≥ 8 m), dans notre cas en prend en considération que le de déblai de Pk 2+215 au Pk 2+485.

Dans les graphiques suivants on peut observer les résultats de calcul de stabilité effectué :

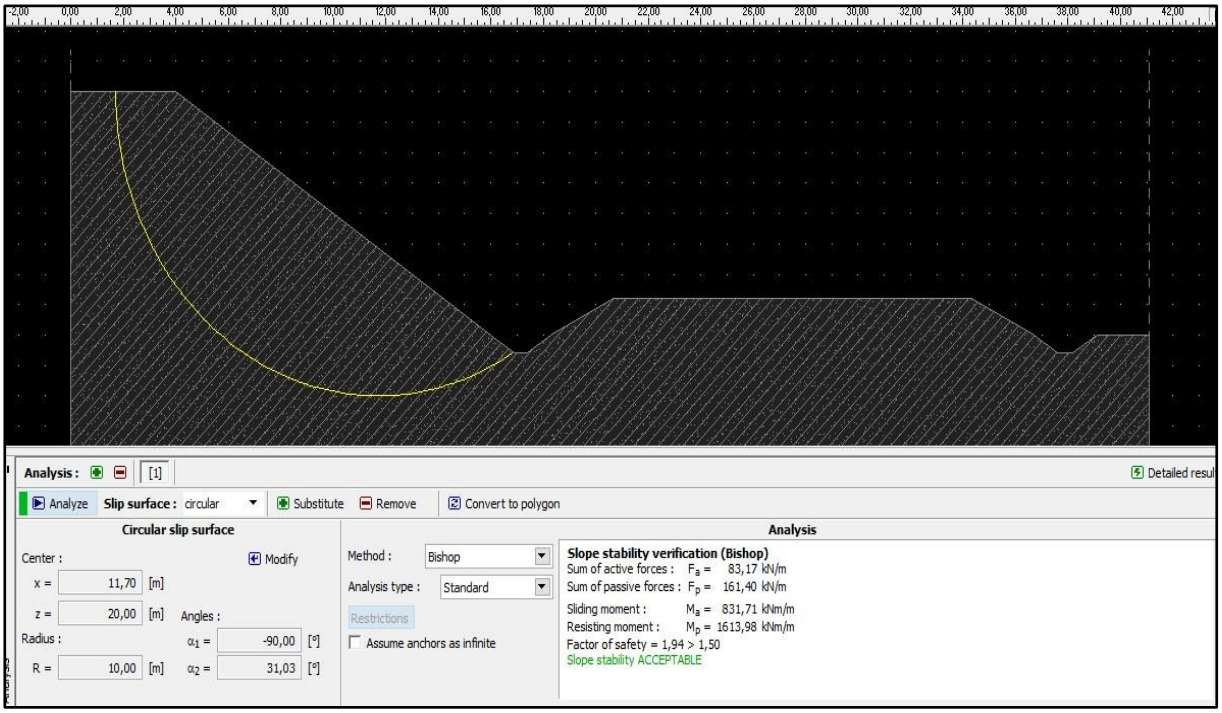


Figure VIII.1Calcul de stabilité à long terme (déblai)

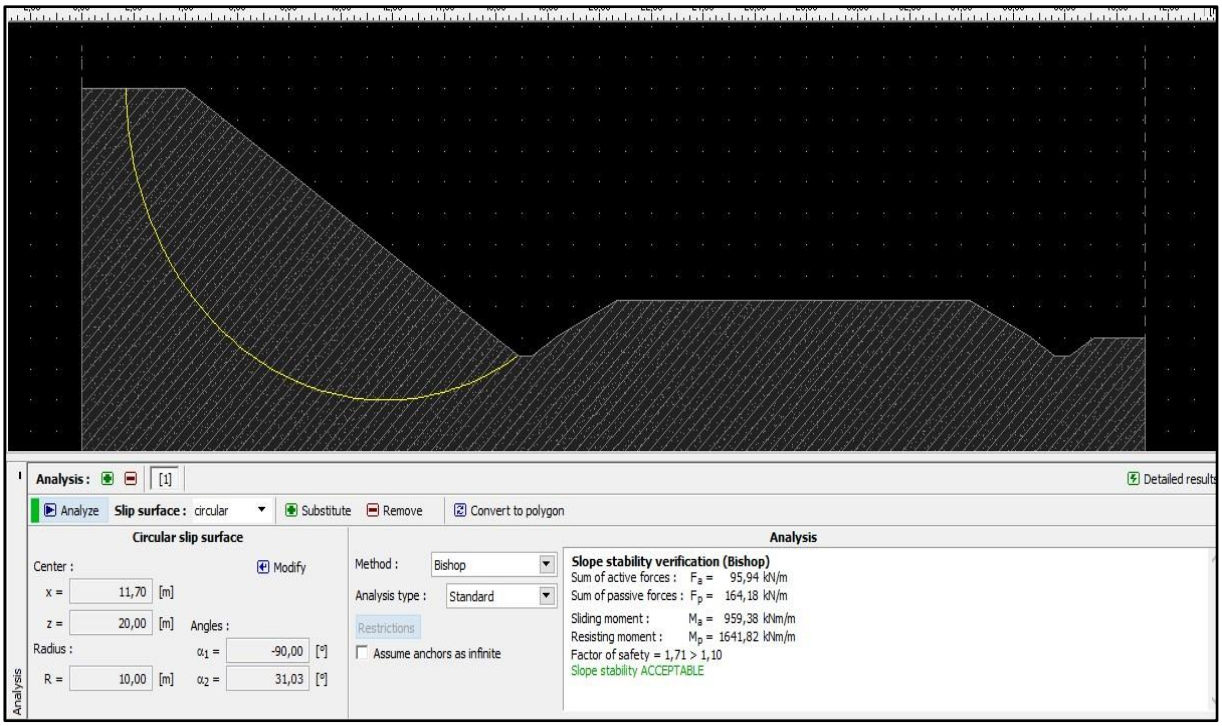


Figure VIII.2 Calcul de stabilité cas de séisme (déblai)

Le tableau suivant résume le résultat du calcul de stabilité effectué :

Tableau VIII.3 Résultats du calcul de stabilité (déblai)

Pk	Hauteur	Pente du talus	Fs long terme	Fs cas séisme
2+215 à 2+485	8.5 m	3H/2V	1.94	1.71

VIII.2.3.4 Réutilisation des matériaux des déblais

A partir de l'étude des caractéristiques des lithologies traversés par notre tracé (chapitre 03 : Etude Géologique et Géotechnique, partie 5), les matériaux des déblais peuvent être réutiliser comme suite :

Tableau VIII.4 Réutilisation des matériaux des déblais

Lithologie	Réutilisation
Mi	90% QS1(remblais) 10% QS0 (impropres)
Qcd	70% QS1(remblais) 30% QS0 (impropres)

VIII.2.4 CAS REMBLAIS

Un aperçu de profil en long nous a permis de localiser les zones de remblais qui existe le long de notre tracé, ces zones sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau VIII.5 Les caractéristiques des zones de remblais

Pk début	Pk fin	Hauteur max de remblai	Lithologie traversé
1+500	2+215	10.95 m	Qc
3+250	3+995	8.88 m	Qt
9+240	9+750	7.86 m	A
9+750	13+390	11.49 m	Qcd

Les remblais sont projetés avec un talus 2H/1V le long de la section type projetée pour le couloir.

VIII.2.4.1 Les dispositifs de sécurité

Certaines mesures sont à prendre pour favoriser la stabilité et la pérennité des remblais :

- Avant la construction des remblais, il faudra retirer la couche de terre végétale, de sol meubles ou le matériel originaire des anciens remblais, effectuer un scarifiage et compactage du terrain de siège du remblai, pour réduire de possibles effondrements.
- Pour éviter l'érosion des talus, il faudra disposer des fossés de crête de talus, et des descentes en béton. Ainsi que le traitement de la surface avec des plantations.
- Les remblais qui se trouvent à proximité de cours d'eau, ou pouvant être affectés par une nappe d'eau en cas de crue, devront être protégés face au creusement au moyen de la mise en place de manteau d'enrochement.

VIII.2.4.2 Les paramètres géotechniques des terrains affectés par le remblai

Dans la table suivante sont résumés les paramètres géotechniques employés dans ce calcul :

Tableau VIII.6 Les paramètres géotechniques employés dans de calcul de stabilité des remblais

Lithologie	γ (t/m^3)	c' (kg/cm^2)	φ' (°)	Profondeur de niveau phréatique (m)
Qc	1.9	0.20	27	1.0
Qt	1.9	0.30	24	1.0
A	1.9	0.20	25	1.0
Qcd	2.1	0.50	28	1.0
Remblai	2.0	0.10	30	-

VIII.2.4.3 Vérification de la stabilité des remblais

Les hauteurs de tous les remblais détecter le long du tracé sont considérables, pour cela tous les remblais sont soumis aux calculs et la vérification de stabilité.

Dans les graphiques suivants on peut observer les résultats de calcul de stabilité de remblais effectué sur la formation Qc :

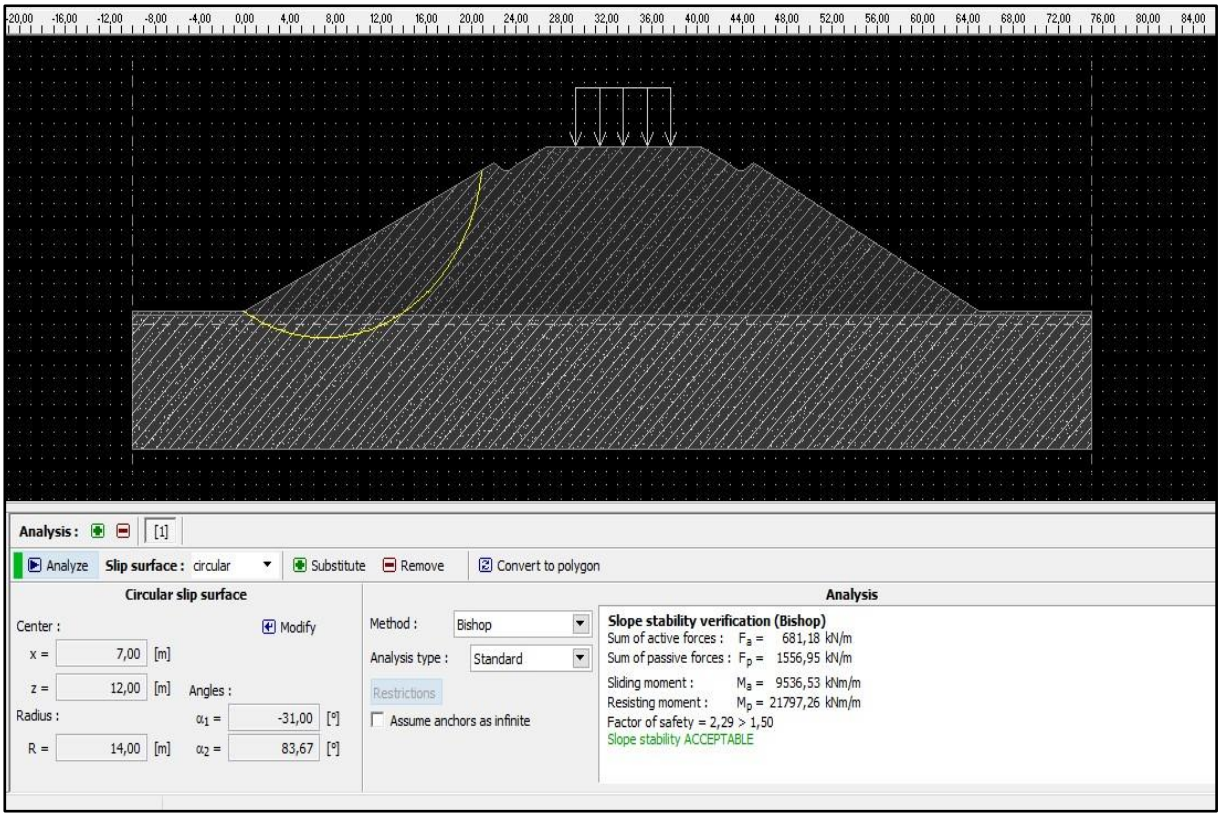


Figure VIII.3Calcul de stabilité du remblai effectué sur la formation Qc (long terme)

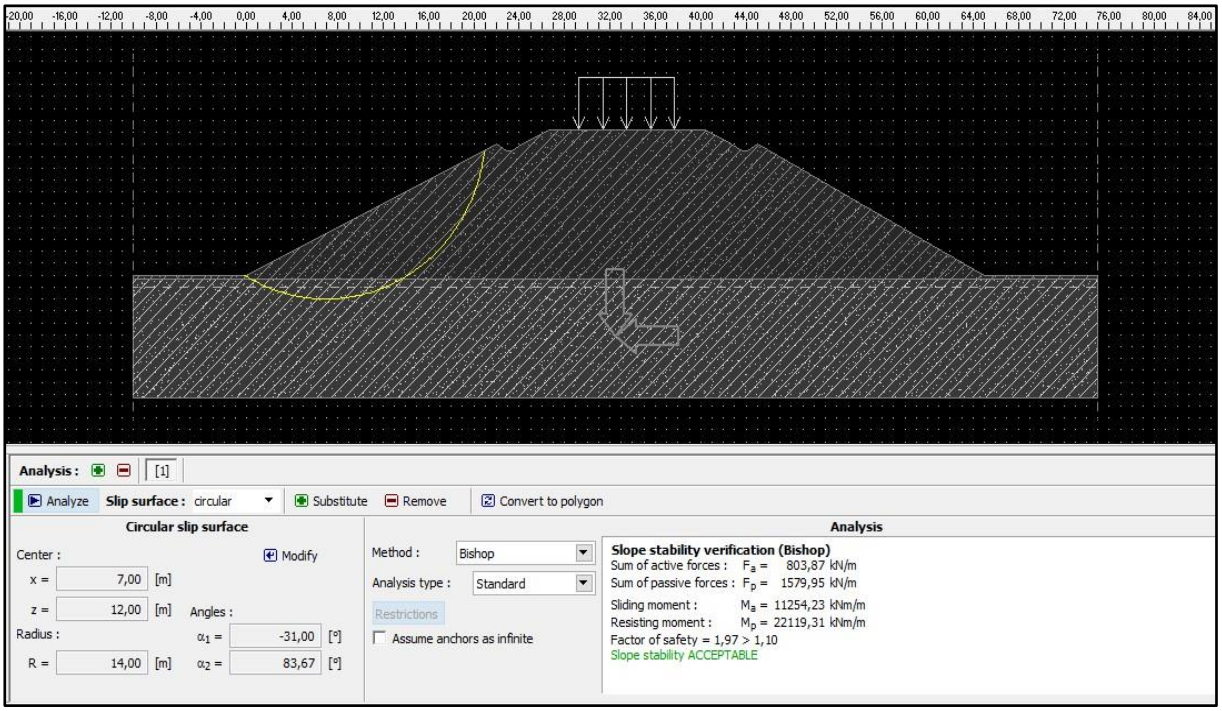


Figure VIII.4 Calcul de stabilité du remblai effectué sur la formation Qc (séisme)

NB : les autres figures de la vérification de stabilité (cercles de rupture) sans représenter dans annexe de ce chapitre.

Le tableau suivant résume le résultat de calcul de stabilité effectué :

Tableau VIII.7Résultats du calcul de stabilité (remblai)

Lithologie	Hauteur de remblai	Pente du talus	Fs long terme	Fs cas séisme
Qc	10.95 m	2H/1V	2.29	1.97
Qt	8.88 m	2H/1V		
A	7.86 m	2H/1V		
Qcd	11.49 m	2H/1V		

VIII.3 CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENT

Les volumes des terrassements sont calculés après avoir défini la ligne rouge du projet et les différentes côtes du terrain naturel à partir du tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

Le calcul des cubatures des terrassements a été fait à l'aide du logiciel « CIVIL 3D », les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :

Tableau VIII.8 Récapitulatif des volumes de terrassement

Terrassement	Volume (m^3)
Déblais	188840.52
Remblais	731888.07

Tableau VIII.9 Récapitulatif des volumes des couches d'assise

Couche	Volume (m^3)
Ballast	42481
Sous-ballast	42430
Couche de fondation	27023
Couche de forme	98557

Nb : les résultats détaillés sont joints dans l'annexe.

VIII.4 EMPRUNT ET DEPOT

A partir des études Géologiques et Géotechniques, la plus grande partie de l'excavation peut être utilisable comme noyau de remblai. Cependant les besoins de ce matériel sont supérieurs à la quantité disponible, il faudra ramener des emprunts les matériaux nécessaires pour équilibrer le rapport remblai/déblai.

Le matériau granulaire concassé et traité avec cément nécessaire pour les remblais techniques, la couche de forme, le ballast et sous-ballast, le sol adéquat et sélectionné seront ramenés de carrières proches à l'emplacement du projet.

Le matériau inadéquat et le matériau non apte seront déplacés pour remplir les emprunts qui ont été utilisés pour l'obtention du matériau pour le noyau de remblai.

VIII.5 OUVRAGES

VIII.5.1 VIADUCS

D'après l'étude hydraulique et le profil en long de notre tracé, deux viaducs sont à projetés dans la nouvelle ligne afin de répondre aux exigences techniques et économiques tout en assurant le franchissement des obstacles.

Ci-dessous, un tableau avec les deux viaducs projetés :

Tableau VIII.10 Viaducs

Pk initial	Pk final	Viaduc	Longueur (m)
2+575	3+235	Viaduc Oued Sahel	660
9+192	9+242	Viaduc Oued Beni Mellikech	50

VIII.5.2 LES RETABLISSEMENTS ROUTIERS

Une des prescriptions du projet est la suppression des passages à niveau que la ligne actuelle présente. Il est donc nécessaire de rétablir les communications routières par-dessus ou par-dessous la ligne.

Les ouvrages de franchissements identifiés en fonction du profil en long de la ligne de chemin de fer sont rétablis soit en passage supérieurs (PS) ou en passages inférieurs (PI). Le tout, avec des pistes et routes latérales assurent les rétablissements de toutes les communications routières le long de la ligne ferroviaire entre Beni Mansour et Bejaia.

Le choix de l´emplacement des points de passages le long de la ligne a pris en considération les facteurs suivants :

- L´importance de la route.
- Les conditions morphologiques.
- Les conditions d´accès le plus adéquat pour permettre la continuité des activités agricoles et industrielles.
- La situation des passages pour les piétons ainsi que les animaux actuels de façon à éviter toute tendance de coupure des clôtures de l´emprise et de risques de dangers.

Deux façons différentes de classer les rétablissements ont été considérés :

- Selon le type d'interférence avec la voie ferrée :
  - Passage supérieur : si le chemin ou la route traverse la voie ferrée dessus,
  - Passage inférieur : si le chemin ou la route traverse la voie ferrée dessous,
  - Route/Chemin parallèle : si le chemin ne requit pas un ouvrage spécifique pour traverser la voie ferrée.
- Selon leur importance :
  - Route type 0 : pour les Routes Nationales ou similaire, et composées de deux chaussées séparées avec une barrière rigide,
  - Route type 1 : pour les routes d'une importance comparable à une Route National, et composées d'une seule chaussée,
  - Route type 2 : pour les routes d'une importance mineure,
  - Chemin type 3 : pour les chemins plus importants,
  - Chemin type 4 : pour les chemins et pistes moins importants,
  - Route type 5 : pour les ronds-points,
  - Route type 6 : pour les voies urbaines plus importants,
  - Route type 7 : pour les voies urbaines moins importants.

VIII.5.2.1 Passages supérieurs

Les passages supérieurs ont été conçus respectant une hauteur libre à partir de la cote plus haute du rail de 7,02 m. Le tableau suivant recueille tous les passages supérieurs projetés sr notre tronçon :

Tableau VIII.11 Passages supérieurs

Pk	Type
5+400	PS chemin
6+500	PS chemin
7+670	PS chemin
8+430	PS chemin

VIII.5.2.2 Passages inférieurs

Les passages inférieurs doivent respecter une hauteur libre entre le dessus de la chaussée rétablie et le dessous de la structure ferroviaire de 5,25 m, augmenté de 0,10 m comme marge d'entretien de la chaussée, ayant une hauteur totale de 5,35 m.

Ci-dessous, un tableau avec les 3 passages inférieurs projetés :

Tableau VIII.12Passages inférieurs

Pk	Type
9+560	PI chemin
10+800	PI chemin
13+250	PI route

VIII.5.2.3 Chemins ou routes parallèle

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.

Les 18 chemins latéraux qui longent la ligne sont les suivants :

Tableau VIII.13Routes et chemins parallèles

Pk initial	Pk final	Marge	Type
1+500	2+625	Les deux	Chemin parallèle
3+200	4+025	Les deux	Chemin parallèle
4+150	4+250	Droite	Chemin parallèle
4+250	5+000	Droite	Chemin parallèle
4+800	5+350	Gauche	Chemin parallèle
5+000	5+400	Droite	Chemin parallèle
5+500	6+450	Droite	Chemin parallèle
6+450	6+910	Droite	Chemin parallèle
7+300	7+600	Droite	Chemin parallèle
7+650	8+430	Droite	Chemin parallèle
8+430	9+075	Droite	Chemin parallèle
10+420	10+800	Les deux	Chemin parallèle
10+820	11+750	Gauche	Chemin parallèle
11+300	11+700	Droite	Chemin parallèle
12+700	12+925	Gauche	Chemin parallèle
12+780	13+240	Droite	Chemin parallèle
12+970	13+150	Gauche	Chemin parallèle
13+250	13+320	Droite	Chemin parallèle

VIII.6 CONCLUSION

Souvent sur les chantiers le rapport déblais/remblais n'est pas équilibré, ce qui impose d'exporter ou d'importer des terres. Dans notre tracé les volumes des matériaux nécessaires pour les remblais sont plus conséquents que les volumes des matériaux excavés.

Notre tronçon d'étude Comprend 9 obstacles à franchir qui nécessite une implantation des ouvrages d'art, dont quatre (4) passages supérieurs (PS), trois (3) passages inférieurs (PI) et deux (2) viaducs.

CHAPITRE IX : AMENAGEMENT DE LA GARE DE TAZMALT ET LA HALTE D'ALLAGHENE

IX. CHAPITRE IX : AMENAGEMENT DE LA GARE DE TAZMALT ET LA HALTE D'ALLAGHENE

IX.1 INTRODUCTION

La conception des gares c'est une obligation dans tout projet du transport ferroviaire. C'est le lieu d'arrêt des trains qui comprend diverses installations qui ont une double fonction :

- Permettre la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises ;
- Pour certaines d'entre elles assure des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.

Généralement à 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.

Les haltes ferroviaires sont des points d'arrêt dépourvus de bâtiment voyageurs ou de présence permanente de personnel, les infrastructures ferroviaires y sont généralement très réduites, parfois un simple quai.

Le but de ce chapitre est de fournir une description de la fonctionnalité de Gare de Tazmalt et la halte d'Allaghene projetées dans la nouvelle ligne.

IX.2 CONCEPTION DE LA LIGNE

L'actuelle ligne ferroviaire Beni Mansour – Bejaia est une ligne mixte avec trafic des passagers et trafic marchandises. Cette conception de trafic mixte continuera dans la future ligne ferroviaire dû à la grande activité économique développée tout le long de la vallée de l'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 tout le long du corridor du projet.

Notre tronçon de 12 km comprend une gare au niveau de Tazmalt de Pk 8+025 et une halte à Allaghene au Pk 12+400, avec une distance entre elles de 4375 m.

IX.3 MATERIEL ROULANT

Les compositions ferroviaires considérées pour la conception de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour - Bejaia (Voir le Plan de Transport) sont les suivantes :

- Trains voyageurs : Stadler Flirt en composition double avec une capacité de 288 places assises en 2ème classe et de 786 places debout. La vitesse maximale de ces trains sera de 160 km/h avec un poids total de 400 t et une longueur 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 ces trains est de 100 km/h avec une longueur variable, qui peut attendre les 800 mètres en fonction du nombre de wagons à transporter.

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.

IX.4 LA GARE DE TAZMALT

La Gare de Tazmalt est une gare optimisée destinée au stationnement des trains voyageurs et trains marchandises en cas de panne. 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.

IX.4.1 EMPLACEMENT

L'emplacement de l'actuelle Gare de Tazmalt est conservé dans la future ligne ferroviaire. Ci-dessous se trouve une figure de la gare future et le périmètre de la gare actuelle :

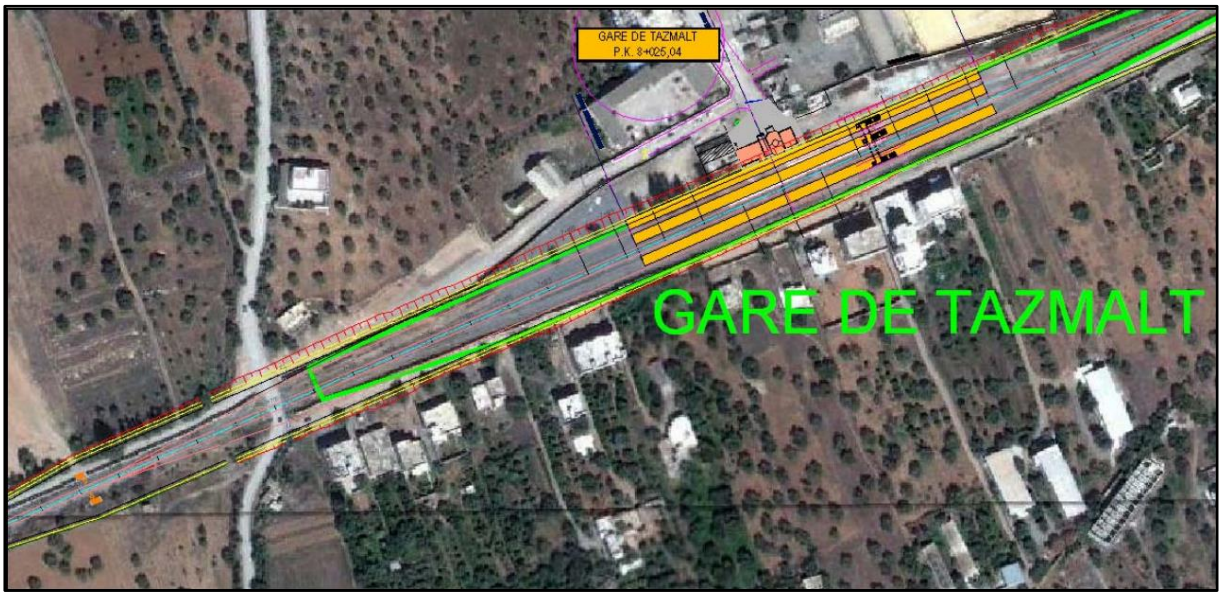


Figure IX.1 Emplacement actuel et futur de la Gare de Tazmalt

IX.5 TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

Le tracé de la Gare de Tazmalt se situe sur un alignement droit de 1170 m avec une pente nulle dès le Pk 7+500 jusqu'au Pk 8+517.69 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 et de marchandises en cas de panne.

La cote de roulement de la ligne future est de 272,9 m, tout comme la ligne actuelle.

IX.6 LES CARACTERISTIQUES DE LA GARE DE TAZMALT

IX.6.1 NOMBRE DE VOIES

Le nombre de voies requises pour la Gare de Tazmalt est de 4 voies, 2 voies principales (voies 1 et 2) et 2 voies d'évitement destinées au stationnement des trains (voies 3 et 4).

IX.6.2 APPAREILS DE VOIES

Tous les appareils de voie de la Gare de Tazmalt sont du type UIC54-500-1/12.

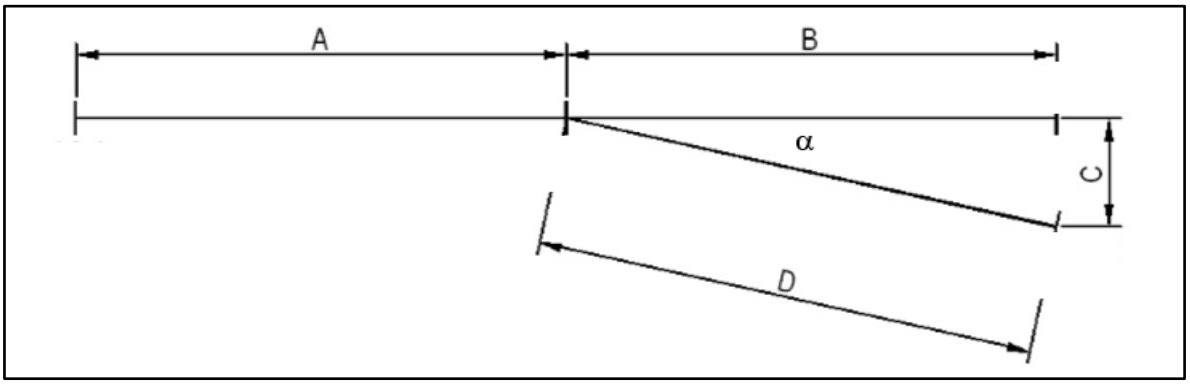


Figure IX.2 Schéma de l'appareil de voie

Tableau IX.1Paramètres de l'appareil de voie UIC54-500-1/12

Type	A	B	C	D	tan α
UIC54-500-1/12	20.797	20.797	1.729	20.797	0.0833

La Gare de Tazmalt a deux communications à l'entrée et à la sortie dans les deux sens de circulation pour permettre de changer de voie quel que soit le sens de circulation des trains. De plus les voies 1 et 2 ont deux appareils de voie par sens pour permettre l'accès aux voies d'évitement.

IX.6.3 MARGE DE GLISSEMENT A L'AVAL DES SIGNAUX

La marge de glissement est la section de voie située dans le prolongement d'un parcours train à l'aval d'un signal fermé, sur laquelle aucune autre circulation n'est autorisée.

La marge de glissement a pour but de minimiser les conséquences d'un accident et même en cas d'interdiction d'occupation, d'éviter une collision lorsqu'un train n'a pas pu être arrêté avant cette marge.

Selon UIC 741, pour la gare de Tazmalt la longueur de la marge de glissement correspondante à une vitesse V ≥ 60 Km/h est de 200 m.

IX.6.4 GARAGE FRANC

Le garage franc (GF) marque la limite de la partie de la voie à occuper par les véhicules garés. La valeur théorique du garage franc est de 3.57 m entre l'entraxe de la voie directe et la voie déviée (voie de stationnement).

En raison de sécurité, le garage franc sera installé à 1.0 m de distance di garage franc théorique **: GF = 3.57*tan(α) + 1.0**

- Pour l'appareil de voie type 1/12 : GF = 44 m.

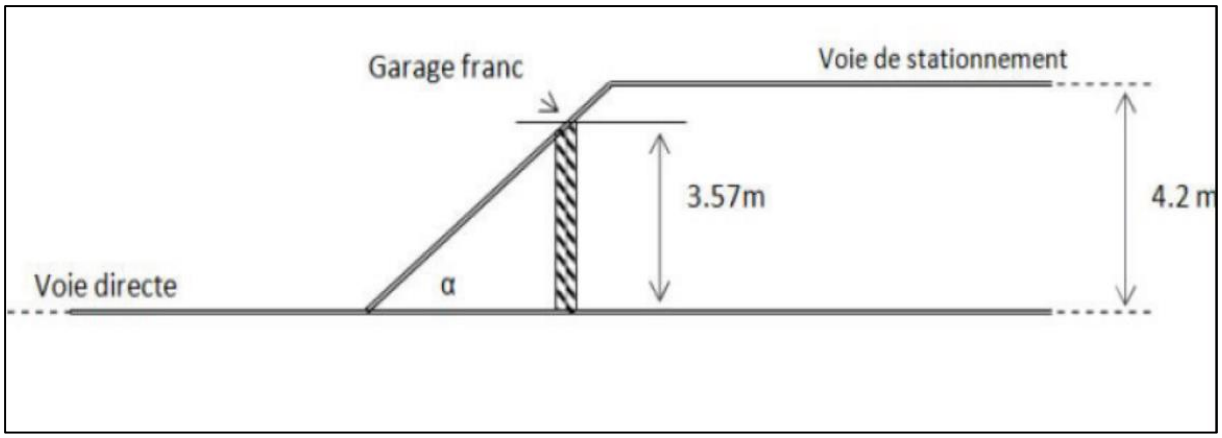


Figure IX.3 Garage franc

IX.6.5 LONGUEUR UTILE DES VOIES

Les voies destinées au stationnement des trains voyageurs ont une longueur minimale utile de 225 mètres. Une longueur inférieure n'est pas requise pour ce type de trains si l'on tient en compte la longueur des trains.

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 : la banlieue (3)

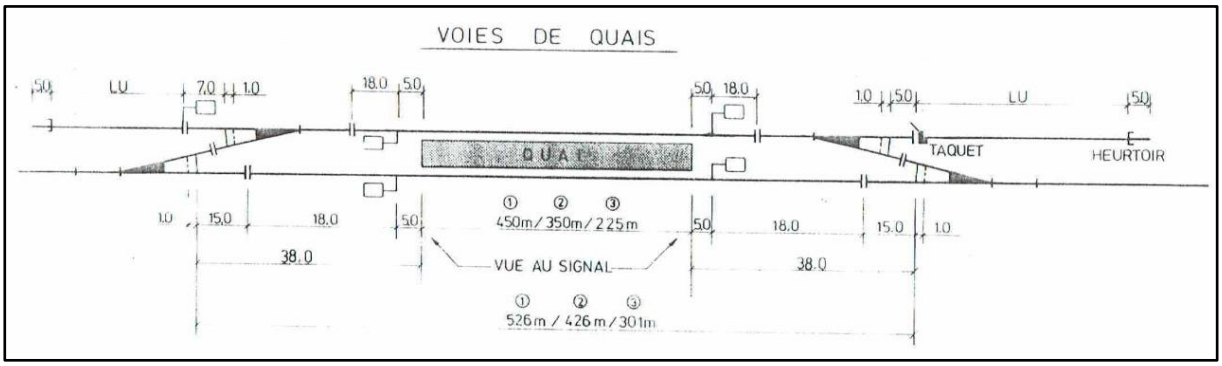


Figure IX.4 Les longueurs utiles minimales trains voyageurs (SNTF)

Dans le cas de la Gare de Tazmalt les longueurs utiles de voies sont les suivantes :

Tableau IX.2 Les longueurs utiles de voies de la Gare de Tazmalt

Voie	Longueur utile
3	587
1	586
2	586
4	587

IX.6.6 LES QUAIS

La Gare de Tazmalt a 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 Voyageur. Les quais sont Communiquées par des passages inférieur au bâtiment voyageurs.

Selon la SNTF les caractéristiques des quais adoptés pour la Gare de Tazmalt sont les suivantes :

- **Longueur des quais :** L = 225 m ce qui correspond à 3 fois un wagon de 75 m.
- **Largeur des quais :** B = 6 m.
- **Hauteur des quais :** quai mi-haut H= 55 cm.
- **Entraxe des quais :** pour la gare de Tazmalt e = 11.6
- **Distance par rapport à l'axe de la voie :** L(mm) = 1650+S, avec $S = \frac{3750}{R} + \frac{(I+1435)}{2}$

- R : le rayon de la voie (m).
- I : l'écartement de la voie (mm)

$$S = \frac{3750}{\infty} + \frac{1435-1435}{2} = 0 \rightarrow L = 1650 \text{ mm.}$$

IX.6.7 HEURTOIR

Matérialise la fin d'une voie de garage ou de sécurité. Les heurtoirs sont placés aux extrémités des voies pour éviter que les véhicules en mouvement continuent leur chemin en dehors de la voie, conçue pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent par l'intermédiaire des tampons.

IX.6.8 SCHEMA FONCTIONNEL DE LA GARE DE TAZMALT

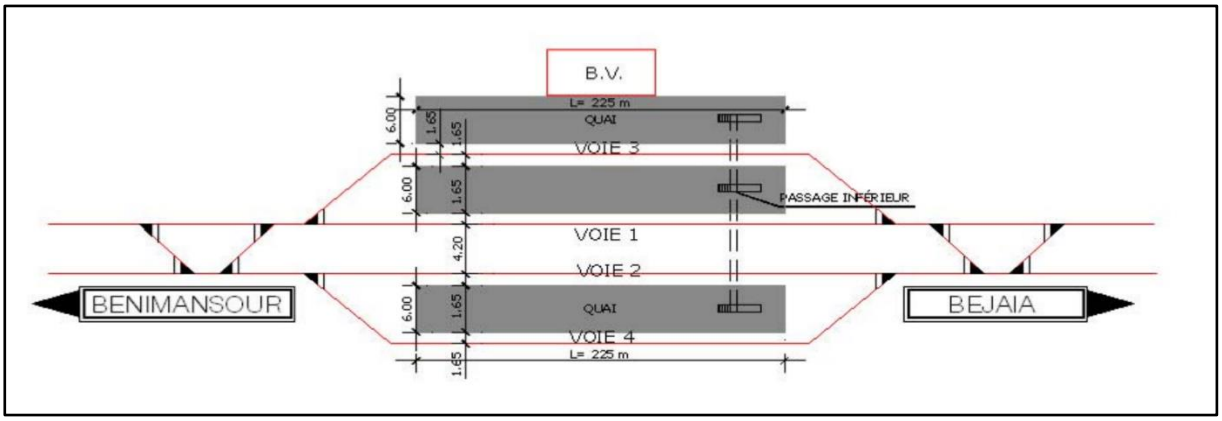


Figure IX.5Le schéma fonctionnel de la Gare de Tazmalt

IX.7 HALTE D'ALLAGHANE

IX.7.1 EMPLACEMENT

La Halte d'Allaghene actuelle se trouve pas loin du P.K. 12+400 de la ligne existante. Ce point du tracé correspond avec un tronçon en variante de la ligne projeté. Par conséquence la Halte d'Allaghene aura un nouvel emplacement, mais toujours en gardant la position de la halte actuelle.

Ci-dessous se trouve une figure de la halte future et le périmètre de l'actuelle :



Figure IX.6Emplacement actuel et futur de la Halte d'Allaghene

IX.7.2 TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

Le tracé de la Halte d'Allaghene se situe de Pk 12+837 au 13+062 sur un alignement droit avec une pente -1.19‰ sur laquelle se situent les voies.

Les haltes peuvent se placer en pente car il n'y a pas de voies qui soient destinées au stationnement des trains.

La cote de roulement de la ligne future varie entre 228.724 est 228.486.

IX.8 LES CARACTERISTIQUE DE LA HALTE

IX.8.1 NOMBRE DE VOIES

Le nombre de voies requises pour la Halte d'Allaghene est de 2 voies qui sont les voies principales (voies 1 et 2) sans besoins de voies secondaires destinées au stationnement des trains voyageurs.

IX.8.2 LONGUEUR UTILE

Dans la halte utilise les 2 voies principales pour la montée et la descente des voyageurs sans disposer d'appareils de voie qui limitent la longueur utile.

IX.8.3 APPAREILS DE VOIES

Il n'y a pas appareils de voie dans la halte projetée.

IX.8.4 QUAIS

La Halte d'Allaghene a 2 quais à l'extérieur des voies 1 et 2, qui sont communiquées par un passage inférieur au bâtiment voyageurs.

Les quais ont 6 mètres de largeur et 225 mètres de longueur comme il a été déjà justifié.

IX.8.5 SCHEMA DE LA HALTE

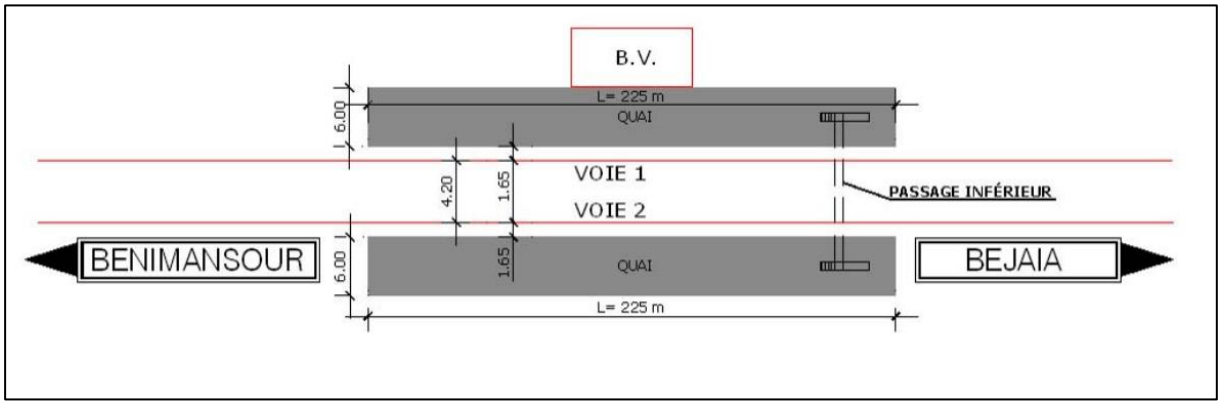


Figure IX.7Schéma fonctionnel de la Halte d'Allaghen

IX.9 CONCLUSION

L'aménagement de la Gare de Tazmalt et la Halte d'Allaghen a été fait d'une manière à satisfaire les besoins de la région que ça soit le transport des voyageurs ou bien de la marchandise et aussi les besoins commerciaux et économiques de cette région.

CHAPITRE X : ETUDE DES CONTRAINTES

X. ETUDE DES CONTRAINTES

X.1 INTRODUCTION

Il convient qu'avant l'installation du chantier et le commencement de tout travaux de terrassement d'effectuer une inspection du site et afin de déterminer les containers liés aux voirie et réseaux divers, qui sont considérés comme des obstacles à éviter ou bien à contourner dans les cas inéluctables, pour assurer le bon déroulement des travaux.

Sur notre tracé de Pk 1+500 au Pk 13+500, plusieurs contraintes ont été enregistrées. Elles sont liées principalement aux :

- Canaux d'irrigation et caniveaux
- Gazoducs et oléoducs
- Lignes électriques
- Routes et chemins

X.2 LES CONTRAINTES

X.2.1 CANAUX D'IRRIGATION ET CANIVEAUX

Les canaux d'irrigation sont des canaux qui traversent la ligne du tracé ferroviaire bien perpendiculairement avec un angle de croisement.

On trouve sur notre tracé le passage de deux canaux au Pk 8+535 et au Pk 8+740, ces derniers seront rétablis grâce aux ouvrages de drainage transversal.

D'après l'étude hydraulique du nouveau tracé, l'écoulement des deux canaux sera relié au Pk 8+626 et le rétablissement se fera au moyen d'une buse Ø1500.

Les caniveaux parallèles sont des canalisations trouvées dans un milieu urbain qui seront rétablis avec le système de drainage longitudinal, soit avec des fossés trapézoïdaux, soit avec des canalisations.

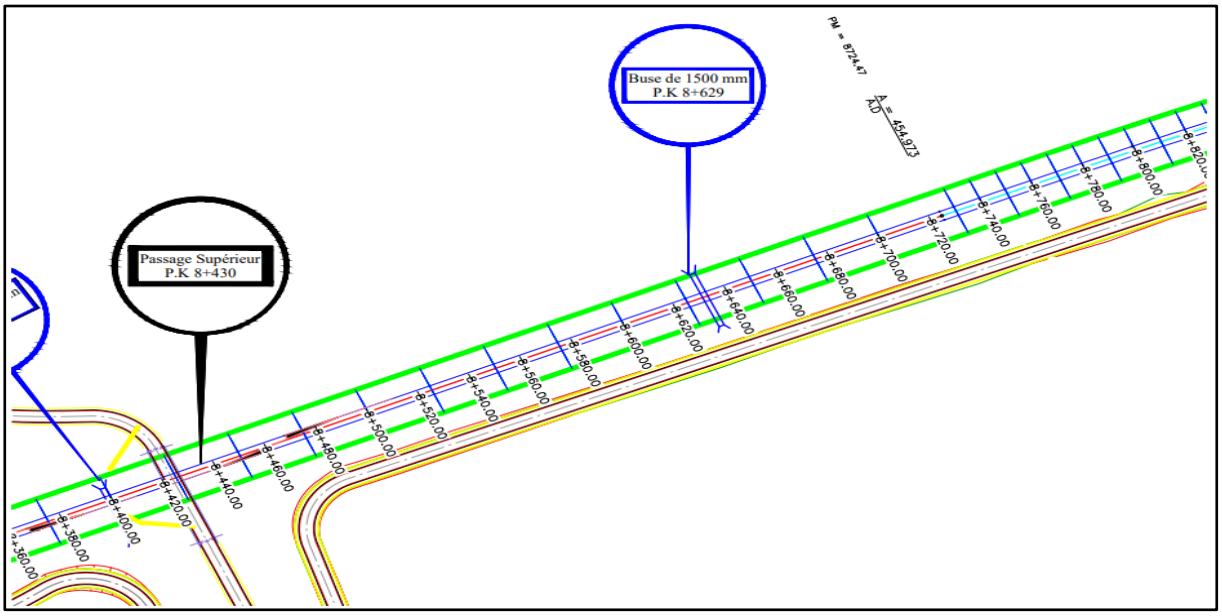


Figure X.1 Rétablissement des deux canaux

X.2.2 GAZODUCS

Le gazoduc traverse l'axe principal à deux reprises :

- Au Pk 11+500 avec un angle de 18º et les deux réaménagements des chemins qu'il suivait avant.
- Au Pk 13+020 avec un angle de 7º, le réaménagement des chemins qu'il suivait et le réaménagement de la Route au Pk 13+250.

Le réaménagement du gazoduc sera réalisé en protégeant le tube avec une gaine dans la zone de l'axe ferroviaire et de la Route, et avec une dalle en béton dans la zone des chemins, et d'une manière à éviter la zone de la Halte d'Allaghene.

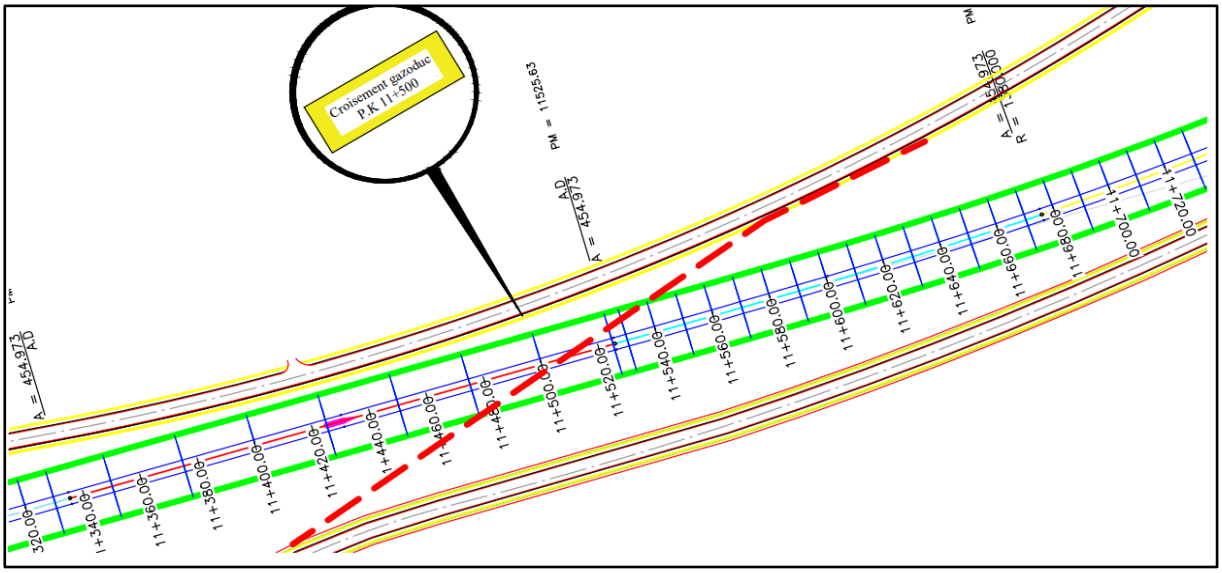


Figure X.2 Croisement gazoduc au Pk 11+500

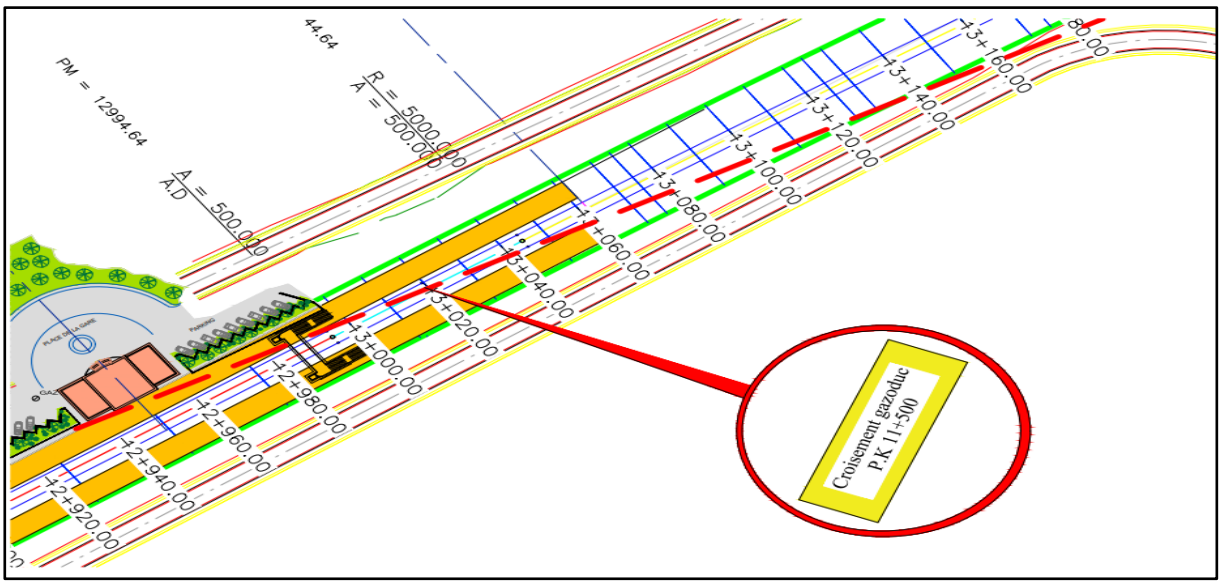


Figure X.3Croisement gazoduc au Pk 13+020

X.2.3 LIGNES ELECTRIQUES

Dans le tableau suite, on trouve toutes les lignes électriques touchées par tracé et qui nécessites d'être rétablis :

Tableau X.1Tableau récapitulatif des lignes électriques affectées par le tracé

Ligne	PK	Description
1	3+650	Croisement en biais d´une ligne électrique aérienne haute tension (environ 60.000 Volt). La voie se situe en remblai.
2	4+525	Croisement en biais d´une ligne électrique aérienne haute tension (environ 60.000 Volt). La voie se situe en remblai.
3	5+610	Croisement avec une ligne électrique à haute tension. La voie se situe au niveau du terrain.
4	6+460	Croisement en biais d´une ligne électrique à haute tension avec un chemin et avec le chemin de fer. La voie ainsi que le chemin se situent au niveau du terrain.
5	7+200	Croisement en biais avec une ligne électrique basse tension. La voie se situe au niveau du terrain.
6	7+915	Croisement en biais avec une ligne électrique basse tension. Sur ce PK se situe la gare de Tazmalt. La voie se situe au niveau du terrain et la plateforme s'élargie à cause de la présence de la gare.
7	8+015	Croisement en biais avec une ligne électrique à haute tension. Sur ce PK se situe la gare de Tazmalt. La voie se situe au niveau du terrain et la plateforme s'élargie à cause de la présence de la gare.
8	9+300	Croisement en biais avec une ligne électrique à haute tension. La voie se situe en remblai.

Les lignes électriques aériennes qui croisent la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour – Bejaia devront accomplir les suivantes contraintes :

- 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 cote 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 contraintes 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.

De plus la ligne électrique sera rétablie avec un angle de traversée perpendiculaire, et il faut supprimer les poteaux et prévoir d'autre dans le cas au le gabarit n'est pas respecté.

X.2.4 ROUTES ET CHEMINS

La suppression des passages à niveau que la ligne actuelle présente est obligatoire. Il est donc nécessaire de rétablir les communications routières par-dessus ou par-dessous la ligne, ainsi que les routes et chemins parallèles.

Le tableau suivant illustre les déférents chemins et routes qui traversent notre tracé :

Tableau X.2 Tableau récapitulatif de rétablissements des passages à niveaux

Pk actuel	Pk d'étude	Type	Solution
5+400	5+400	Chemin	Passage supérieur
6+450	6+500	Chemin	Passage supérieur
7+700	7+670	Chemin	Passage supérieur
8+375	8+430	Chemin	Passage supérieur
8+960	9+560	Chemin	Passage inférieur
-	10+800	Chemin	Passage inférieur
782	13+250	Route	Passage inférieur

Les chemins et routes parallèles sont rétabli comme il a été déjà indiqué dans le chapitre VII partie Ouvrages.

X.3 CONCLUSION

Toutes les contraintes citées dans ce présent chapitre ont été prises en considération, de façon à chercher les solutions qui seront adaptable à notre tracé.

CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION

XI. CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION

XI.1 SIGNALISATION

XI.1.1 INTRODUCTION

Le plan d'implantation des signaux sera établi en fonction des spécifications contenues dans les règles SNTF et mentionné dans les plans de signalisation. Les signaux présenteront les aspects prévus au Règlement Général de Sécurité – titre 1 et à l'avis Général de Sécurité de la SNTF.

XI.1.2 OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION

Les installations de signalisation permettent de résoudre les cinq grands problèmes suivants :

- L'espacement des circulations pour éviter les rattrapages (cantonnement ou block).
- La protection des circulations dans les établissements (convergence, cisaillement...).
- La circulation, dans les deux sens, sur une même voie (nez à nez).
- Les risques de déraillement par excès de vitesse.
- Le franchissement des voies ferrées par des routes sur un même niveau (passages à niveau).

XI.1.3 IMPLANTATION DES SIGNAUX

L'implantation des signaux commandés tiendra compte également des points dangereux à protéger (zone aiguillage, points singuliers liés aux systèmes auxiliaires ou conditions spécifiques d'exploitation…)

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

Les unités lumineuses du signal seront équipées de LED (signaux à diodes électroluminescentes). L'extinction d'un des feux sera détectée par le système de contrôle de courant.

En principe les trains respecteront les informations reçues à bord du train si elle existe. Cependant l'aspect de la signalisation latérale et celle reçue à bord doit impérativement être identique. Si exceptionnellement, des engins non équipés de l'équipement de bord approprié doivent être mis en circulation, ils respecteront la signalisation latérale.

XI.1.4 SIGNAUX

XI.1.4.1 Signaux principaux

Tous les signaux d'entrée et de sortie des gares sont des signaux principaux. 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 ».

Ces signaux principaux doivent pouvoir montrer les aspects conformes au Règlement Général de Sécurité, titre 1, et à l'Avis Général de Sécurité S1a de la SNTF.

XI.1.4.2 Signaux d'avertissement

Dans la mesure 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. Comme, en règle générale, 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. Ceci s'applique particulièrement à l'entrée de câble, à l'armoire de signaux et aux optiques. La construction et l'apparence des signaux ainsi que les aspects de signaux nécessaires ressortent respectivement du symbole de signaux dans le schéma de signalisation.

XI.1.4.3 Signaux de manœuvre

Les signaux de manœuvre sont, s'ils ne sont pas intégrés dans l'écran du signal principal, des signaux isolés de construction haute sur les voies secondaires et de construction basse sur les voies principales. La construction et l'apparence des signaux ainsi que les aspects de signaux nécessaires sont respectivement représentés dans le symbole de signaux dans le schéma de signalisation.

XI.1.4.4 Cibles

Les cibles utilisées sont les suivantes :

- Cible type 1 où type C pour les signaux principaux.
- Cibles type 3 ou type H pour les signaux principaux.
- Cible type 4 ou type R pour les signaux d'avertissement.
- Cible type K pour les carrés « violet » de type bas positionnés sur voies principales et à l'origine d'itinéraires de refoulement

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.

XI.1.4.5 Pancartes fixes

En supplément, il faudra installer des pancartes fixes 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. Elles porteront les symboles représentés dans le Règlement Général de Sécurité et seront conçues conformément au plan. S'il s'agit de pancartes noires et blanches, les parties blanches seront réfléchissantes.

XI.1.5 SYSTEME DE SIGNALISATION ADOPTE POUR NOTRE PROJET

XI.1.5.1 Description du système de signalisation

De plus que les signaux cités précédemment. Voici les principaux éléments considérés au sein du système de signalisation :

- Enclenchements électroniques.
- Postes de commande locaux.
- Cantonnement.

- Compteurs d'essieux
- Câbles
- Systèmes d'aide à la maintenance des enclenchements (SAM).

Toutes les installations devront être convenablement protégées face aux éventuelles agressions du milieu où elles se trouvent.

L'intervalle de température que l'équipement de signalisation devra supporter sera le suivant :

- À l'intérieur : 0º C jusqu'à 50 º.
- À l'extérieur : -10 ºC jusqu'à 60ºC.

- **Système d'enclenchement**

Le module Enclenchement a pour objectif principal de 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, en gérant les enclenchements, l'espacement des circulations sur les parties de voie avec signalisation latérale et en commandant l'ouverture des signaux qui leur sont associés.

Dans le projet de rénovation et modernisation de la zone de signalisation de la ligne Beni Mansour Bejaia, il est prévu d'installer en tant qu'élément de sécurité essentiel un enclenchement électronique dans chaque gare.

Dans ce cas la Gare de Tazmalt qui se situe sur notre tronçon, sera doté d'un système d'enclenchement.

- **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. Il contiendra tous les éléments de commande et les indications nécessaires pour contrôler la zone qui est du ressort de l'enclenchement, ainsi que les commandes et indications de cantonnement associés.

- **Système d'aide à la maintenance (SAM)**

Pour la ligne Beni Mansour – Bejaia, la structure suivante de systèmes d'aide à la,nmaintenance est prévue :

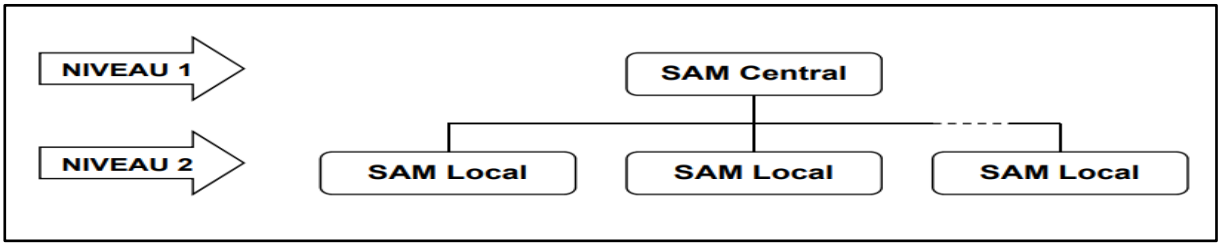


Figure XI.1 Organigramme de systèmes d'aide à la maintenance (SAM)

- NIVEAU 1 : Systèmes centraux d'aide à la maintenance des enclenchements existant sur toute la ligne (SAM central) ; ils permettront de surveiller à distance les événements et les incidents se produisant au niveau de chaque enclenchement.
- NIVEAU 2 : Systèmes locaux d'aide à la maintenance de l'enclenchement (SAM local) ; ils permettront de surveiller localement les événements et les incidents se produisant au niveau de chaque enclenchement.

- **Compteurs d'essieux**

Les compteurs d'essieux, à la technologie électronique, seront employés pour détecter la présence des véhicules ferroviaires sur les sections de la voie.

Les informations sur les états des compteurs d'essieux seront fournies au moyen d'un câble en cuivre relié à l'équipement d'évaluation situé dans le box ou la salle technique dans chaque gare. Cet équipement sera branché à l'équipement de sécurité de contrôle des éléments ou enclenchement.

- **Câbles**

En ce qui concerne les câbles de signalisation, il faudra distinguer les câbles principaux des secondaires, les câbles principaux étant ceux qui sont tendus tout le long du trajet et dans les gares, liaisons entre bâtiments/loges et armoires de distribution ; et les secondaires étant ceux qui sont tendus, liaisons entre armoires de distribution et boîtes de distribution installées à proximité des voies.

Le système d'électrification choisi pour la ligne est du type 25 KV/50HZ. Les câbles utilisés devront posséder le facteur de réduction nécessaire pour garantir que les tensions longitudinales induites, tant en situation normale qu'en cas de court-circuit, soient maintenues dans la limite des valeurs admissibles pour les personnes et les équipements.

XI.1.6 SYSTEME DE PROTECTION DU TRAIN EMPLOYER

L'ERTMS/ETCS de niveau 2 servira de système principal pour exercer les fonctions de contrôle et protection du train dans le champ d'action du projet, sur la ligne Beni Mansour-Bejaia.

La solution ERTMS/ETCS de niveau 2 prévue fournit une supervision continue du mouvement des trains, au moyen des RBC et du réseau GSM-R, et utilise les eurobalises comme référence de positionnement.

Le niveau 2 d'ERTMS/ETCS est un système de contrôle de la marche des trains fondé sur une communication bidirectionnelle par radio entre l'équipement embarqué et celui de voie.

Dans ce niveau d'application, les autorisations de mouvement sont générées dans les équipements fixes de voie et sont transmises au train à travers l'Euroradio. Le niveau 2 d'ERTMS/ETCS fournit une surveillance continue de la vitesse qui prémunit également contre les dépassements indus de l'autorisation de mouvement, tandis que la détection des trains et la surveillance de l'intégrité de leur composition sont effectuées par l'équipement de voie fixe (enclenchements, compteurs d'essieux, etc.).

Le niveau 2 d'ERTMS/ETCS repose sur l'Euroradio pour assurer la communication entre la voie et le train. Les eurobalises servent de dispositifs de transmission ponctuelle,

essentiellement à titre de référence et de localisation du train, mais aussi pour réaliser la transition entre les niveaux 0 et 2 d'ERTMS.

Dans la figure suivante, on peut voir une représentation schématique des différents sous-systèmes qui composent la solution prévue de ERTMS / ETCS niveau 2.

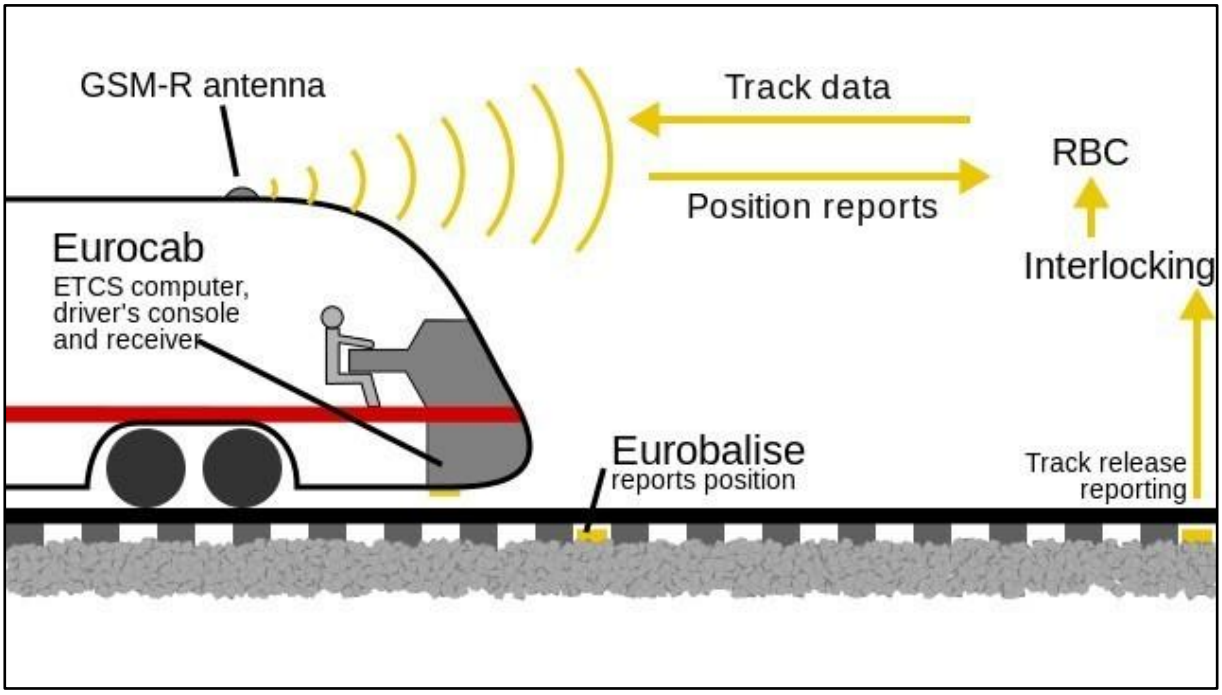


Figure XI.2 Illustration du système ERTMS/ETCS niveau 2

XI.2 ELECTRIFICATION

XI.2.1 INTRODUCTION

Un système d'électrification ferroviaire est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour alimenter en énergie électriques les trains. Il existe plusieurs systèmes d'électrification ferroviaire qui peuvent être classés selon différents critères :

Type d'alimentation :

- Sous station,
- Caténaire
- SCADA.

Type de courant :

- Courant continu 1.5/3 KV CC
- Courant alternatif triphasé 50Hz
- Courant alternatif triphasé kV 16 2/3 Hz
- Courant alternatif 25 kV / 50 Hz

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

XI.2.2 CATENAIRE

Une caténaire est un ensemble de câbles porteurs et de fils conducteurs destinés à l'alimentation des moyens de transports électriques à captage du courant par dispositif aérien. Les câbles porteurs sont en bronze ou en aluminium-acier, quant aux fils conducteurs, ils sont en cuivre pur à 98 %, ou en cuivre allié à l'étain ou au magnésium.

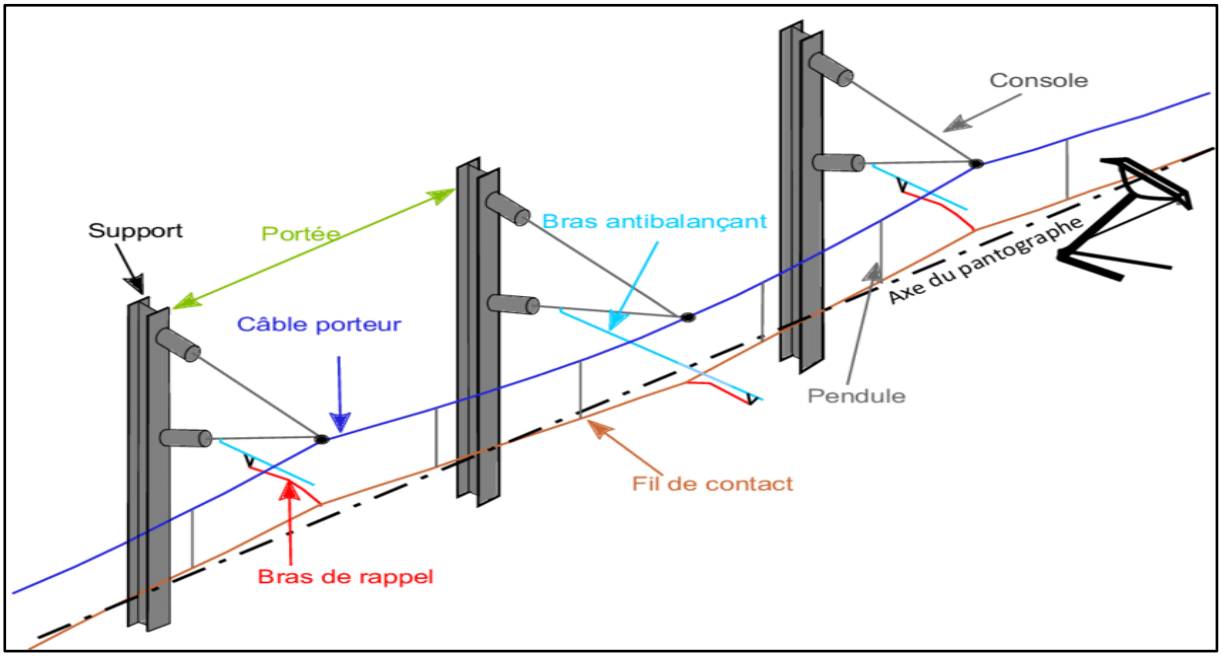


Figure XI.3 Schéma d'une caténaire

XI.2.3 LE GABARIT 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, tunnels) ou de points singuliers comme les passages à niveaux. Elle est normalement de 5,75 m, peut descendre à 4,64 m sous tunnel et monter à 6,20 m aux passages à niveaux (pour permettre le passage des véhicules routiers à grand gabarit). Dans le cas des passages sous obstacle, la hauteur du fil de contact s'abaisse progressivement pour dégager le gabarit électrique de l'ouvrage (de même pour le franchissement des passages à niveaux avec une élévation de cette hauteur).

XI.2.4 LE SYSTEME 25 KV /50HZ

Dans le système 1X25Kv, l'alimentation est faite par l'intermédiaire de transformateurs monophasés (ou plusieurs), le courant industrielle HT (Haute Tension) est reçu coté primaire, donnant coté secondaire une tension de 25 KV-50Hz.

L'énergie est donc transportée par les caténaires jusqu'à son point d'utilisation pour être captée par le pantographe ensuite transformée sur la machine pour alimenter les moteurs de traction.

Il rejoint les rails par l'intermédiaire des essieux et des roues et retourne à la sous-station, à la fois par le sol et par les rails qui eux même est reliés à la sous station par des câbles constituant l'arrière de retour.

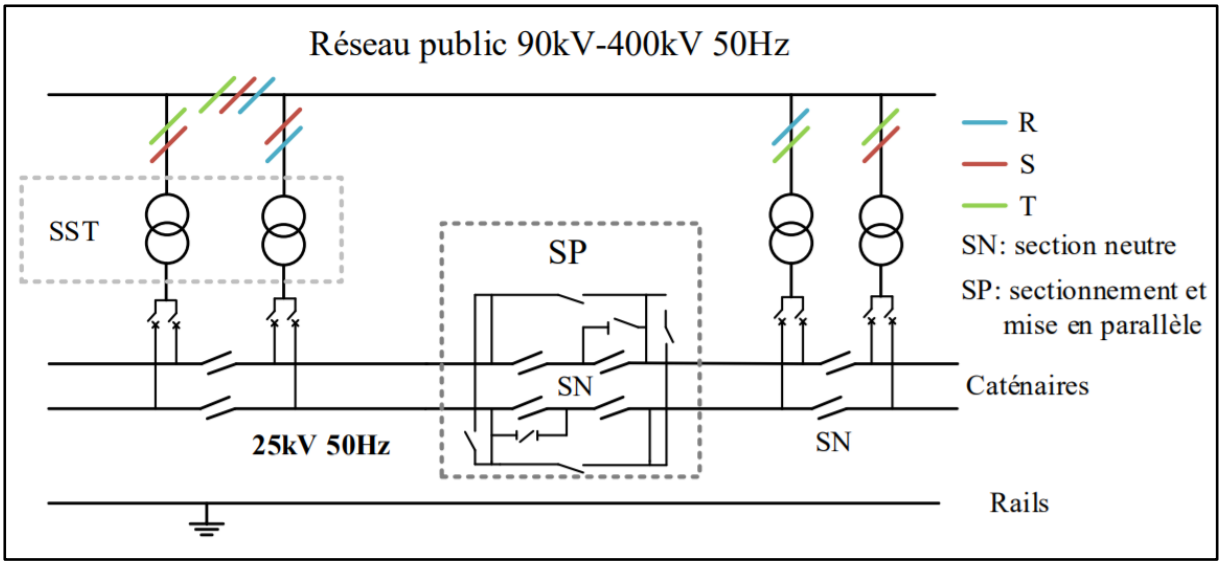


Figure XI.4 Schéma simplifié d'une électrification en 25 kV 50 Hz.

XI.2.5 LES AVANTAGES DE L'ELECTRIFICATION FERROVIAIRE

L'électrification des ligne ferroviaires constitue une avancée dans le système des transports ferroviaires :

- Elle prend en considération l'enjeu environnemental, une énergie non polluante.
- Performances supérieures du matériel électriques permettent des services ferroviaires plus rapides.
- Amélioration du système de freinage des trains.
- La réduction du bruit (nuisance sonores), à l'intérieur et à l'extérieur pour le confort des voyageurs et un environnement plus sain.
- Capable d'emmener plus de voyageurs et de tonnage pour les trains de fret.

CHAPITRE XII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII. CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.1 INTRODUCTION

L'étude d'impact sur l'environnement décrit le contexte d'insertion et de justification du projet, elle présente une description des différentes composantes du milieu récepteur. Cette étude est un instrument privilégié dans la planification du développement et d'utilisation des ressources et du territoire.

Dans le cadre des projets de tracé des voies ferrées, l'étude d'impact sur l'environnement suit les différentes phases de la conception du projet.

Dans le même ordre d'idées, l'étude d'impact sur l'environnement du projet de la nouvelle voie ferrée Béni Mansour – Bejaïa, particulièrement le tronçon du Pk 1+500 au Pk 13+500 a fait l'objet d'une démarche logique, articulée en trois phases distinctes :

- **Phase 01** : Recenser les documents et information concernant la voie ferrée existante, et définir le contexte économique, social et environnemental où la voie ferrée est inscrite. L'objectif étant de définir les conditions existantes de l'environnement avant la réalisation du projet.
- **Phase 02** : La détermination des effets directs ou indirects importants du projet sur l'environnement. Ces éléments identifiés devront servir pour le meilleur choix de la variante de manière à atténuer les éventuels risques pouvant surgir à l'issue de ce projet.
- **Phase 03** : il s'agit d'identifier un ensemble de mesures d'atténuation et de préciser la modalité de leur mise en œuvre pour permettre au projet une meilleure intégration dans le milieu récepteur.

XII.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Les objectifs du présent Étude d'impact sur l'environnement sont les suivants :

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

XII.3 DESCRIPTION DU MILIEU

XII.3.1 MILIEU PHYSIQUE

Une présentation des aspects physiques caractérisant cette région, permettra de situer cette zone dans son contexte climatique, géologie, géomorphologiques, hydrodynamique et sismologique.

XII.3.1.1 Géomorphologique

La zone d'influence du projet regroupe de la vallée du Sahel et la plaine d'EL ASENAM. On peut remarquer la présence de territoires ayant un relief variant, avec de vallonnements importants en prévalence orientés dans la direction Nord-est. Elle est Constituée

essentiellement de dépôts d'alluvions présentant un potentiel hydro-agricole très important (nappe alluviale et terres à très fortes potentialités agricoles) et une forte urbanisation.

XII.3.1.2 Géologique et lithologie

D'après la carte géologique de l'Algérie au 1/500.000, des feuilles de Bouira et Bejaia, les formations qui affleurent dans le périmètre d'étude appartiennent aux séries sédimentaires (datées du secondaire, du tertiaire et du quaternaire), aux séries métamorphiques et aux séries des roches ignées.

XII.3.1.3 Climatologie

Le périmètre d'étude est caractérisé par un climat de type méditerranéen, étage bioclimatique humide et subhumide.

Les températures qui le caractérisent sont très fluctuantes et les amplitudes thermiques annuelles sont très accentuées, elles atteignant 8°C en hiver et 37°C en été.

La pluviométrie au niveau de la wilaya de Bejaia enregistre en moyenne 670 à 1000 mm de pluie par an (soit 88 à 90 jours de pluies).

Les vents dominants sont les vents du Nord-ouest, les vents marins qui s'engouffrent facilement dans la vallée de la Soummam.

XII.3.1.4 Hydrologie et hydrogéologie

La zone d'influence du projet présente un réseau hydrographique important constitué par l'oued Sahel et l'oued Soummam ainsi qu'un important réservoir d'eaux souterraines et superficielles.

Le bassin versant de la Soummam est l'un des bassins les plus importants du nord algérien. Sa superficie est évaluée à 9.125 km² et se trouve à mi – chemin entre Alger et Constantine. Il s'étend de la ville de Tazmalt à l'Ouest jusqu'à la ville de Bejaia à l'Est sur une longueur d'environ 75 km, il a une forme irrégulière étirée dans la direction Est – ouest et accède à la méditerranéen par le golf de Bejaia.

XII.3.1.5 Sismologie

L'analyse de la carte révèle que tout le périmètre d'étude se trouve sur un axe d'activité sismique moyennement vulnérable (zone IIa).

XII.3.2 MILIEU BIOLOGIQUE

XII.3.2.1 Végétation

La zone d'étude est située dans un territoire avec rare surface forestière et de caractère principalement agricole, étant reléguée la végétation naturelle aux zones plus abruptes du promontoire montagneux.

XII.3.2.2 Faune

La faune terrestre présente dans la zone d'étude est, en général, pauvre et se limite à des espèces généralistes, dû fondamentalement à l'usage intensif d'agriculture sur le sol, avec des surfaces peu abondantes de végétation naturelle et avec une faible continuité.

XII.3.3 MILIEU HUMAIN

XII.3.3.1 Démographie

Selon, les résultats du recensement général de la population et de l'habitat (RGPH 1998), ont enregistré une population totale de 856.840 habitants à Bejaia. Pour 2004, la population totale de la région a été estimée à 958.189 habitants.

Le tableau suivant on trouve la répartition de la population des communes concernées par le tronçon étudié, dans les deux wilayas Bejaia et Bouira :

Tableau XII.1 Population des communes concernées par le projet

Daïra	Wilaya	Superficie (km²)	Nombre d'habitants (hab)
Tazmalt	Bejaia	176.29	48874
M'chedallah	Bouira	57	25563

XII.3.3.2 Activités économiques

XII.3.3.3 L'Agriculture

La zone d'influence du projet, la partie de la vallée de l'oued Sahel regroupant les communes de M'chedallah et Chorfa, présente une très large dépression qui est d'une grande fertilité agricole. Cette partie contient d'importants champs d'oliviers à forts rendements et de grande qualité. En prolongement, la vallée de la Soummam (délimitée par la commune de Tazmalt), offre de bonnes conditions pour l'épanouissement des activités agricoles et d'élevage.

Ce secteur constitue l'un des secteurs économiques les plus importants de la zone d'étude.

XII.3.3.4 L'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. Nous citons les zones industrielles de : Bejaia, Akbou, El Kseur, dont la superficie est évaluée à 15,92 Ha.

XII.3.3.5 Le 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.

XII.3.3.6 Les infrastructures de base

- **Les infrastructures ferroviaires**

La ligne ferroviaire qui relie, actuellement, la ville de Bejaia à Beni Mansour

- **Les infrastructures aéroportuaires**

L'aéroport de Bejaia ajoute à cette région un autre critère de valorisation économique.

- **Les infrastructures maritimes**

Le port de Bejaia appartient à la zone d'influence de notre projet où il constitue un facteur très important de développement local et régional du point de vue commercial et économique.

- **Les infrastructures routières**

Le réseau routier de la zone d'influence du projet est assez important, il est représenté par huit principales routes nationales qui desservent les grandes agglomérations de la wilaya de Bejaia en assurant au même temps un lien important avec les wilayas limitrophes. Il s'agit des routes nationales RN26, RN12, RN09, RN43, RN24, RN75, RN74 et RN15.

Du côté de Bouira, la zone d'influence du projet englobe à l'Est des tronçons de la RN 15 et de la RN 5 faisant partie du réseau routier de la wilaya de Bouira.

Notamment, la nouvelle pénétrante autoroutière de Bejaia.

XII.4 ANALYSE DES IMPACTS

XII.4.1 IDENTIFICATION DES IMPACTS

L'identification des impacts du projet est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à implanter. Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré-construction, de construction et d'exploitation voie ferrée et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

XII.4.2 ACTIVITES GENERATRICES DES IMPACTS APPREHENDES

De manière à bien identifier les impacts environnementaux engendrés par l'aménagement de la voie ferrée, il convient de déterminer les activités susceptibles de modifier le milieu. Ces activités sont issues de la description des aménagements proposés.

XII.4.2.1 Géologie et géomorphologie

Les principales causes des altérations géologiques et géomorphologiques locales sont les terrassements, l'exploitation de carrières et d'emprunts, la création de décharges et l'occupation de l'espace par l'infrastructure elle-même.

Voici les principales conséquences :

- Augmentation des risques d'instabilité de versants.
- Changements dans la géomorphologie locale.

XII.4.2.2 Hydrologie

Les cours d'eau localisés dans la zone d'influence des travaux peuvent souffrir de différentes altérations aussi bien pendant la construction que pendant l'exploitation de l'infrastructure. C'est le principal problème dans la zone d'étude qui présente un réseau hydrographique important.

Voici les principales conséquences :

- Interruption ou déviation dans le réseau de drainage.
- Pollution des eaux superficielles en raison du déversement de substances.

XII.4.2.3 Végétation

Les principales altérations sur la végétation sont dues aux interventions pendant la phase de construction, compte tenu du débroussaillage effectué sur les zones que le tracé occupera, sur les pistes d'accès, les emprunts, etc. L'ampleur de cette altération dépendra du type de

végétation affectée et de la largeur qu'occupera l'infrastructure. À la fin des travaux, cette occupation prévaudra de manière permanente sur la plus grande partie de la superficie. Il s'agira d'un impact sans possibilité de récupération, malgré le traitement végétal des talus.

XII.4.2.4 Faune

Les impacts que la construction et la mise en service de la voie ferrée exerceront sur la faune sont différents, et peuvent se diviser en quatre types principaux : destruction ou dégradation de biotopes propres à la faune, effet barrière, animaux renversés et contraints de s'enfuir.

Voici les principales causes :

- Altération de la perméabilité : effet barrière qui renvoie à l'interception des mouvements de la faune, est due spécialement aux talus et aux fermetures.
- Altération en raison de bruits, pollution, déchets : les gênes qui découlent de la circulation de véhicules causant des bruits, de la pollution, etc. Cet effet est plus important pendant les travaux.
- Altération due à des installations complémentaires : De plus, il convient de mentionner l'impact qui pourrait potentiellement se produire sur la faune en raison de l'alimentation électrique pendant les travaux.

XII.4.2.5 La qualité de l'air

La qualité de l'air est un facteur important vu les effets pernicieux que la pollution atmosphérique peut avoir principalement sur la végétation, la faune et la santé humaine.

Pendant la construction, les concentrations de particules dans l'air, de gaz d'hydrocarbures, de fumées et les odeurs augmenteront à la suite des travaux de débroussaillage, excavation, remblayage, circulation de machines, etc.

L'impact sur la qualité de l'air pendant les travaux est presque totalement réversible une fois ces derniers conclus, l'unique impact résiduel étant une certaine quantité de polluants déposés sur le sol et la végétation plus proches.

XII.4.2.6 Bruit et des vibrations

En ce qui concerne le niveau de bruit, pendant la construction, les niveaux acoustiques augmenteront à la suite des travaux de débroussaillage, excavation, remblayage, mouvement des machines, etc. dans les zones proches des travaux.

XII.4.2.7 Paysage

Les principaux impacts du projet sur le paysage découleront de la perte de sa qualité intrinsèque due à l'intrusion de défrichements, remblayages et structures.

Comme l'intervention consiste dans le doublement de la voie ferroviaire existante, aussi considérera-t-on que pendant la phase d'exploitation, le paysage existant pourra s'adapter à celle-ci, sans perdre ses caractéristiques.

Les autres éléments qui peuvent entraîner des variations du paysage sont les emprunts et les décharges qui apparaissent pendant les travaux.

XII.4.2.8 Gisements archéologiques

Le principal effet du projet sur des éléments culturels et sur le patrimoine est celui qui peut se produire sur le patrimoine archéologique à la suite de débroussaillage et de terrassements. Ce sont ces ressources fragiles, limitées, singulières et irremplaçables, qui peuvent être considérées comme des éléments « non renouvelables » du milieu dans lequel ils se trouvent.

XII.4.2.9 Milieu social

Pendant la phase des travaux, certaines répercussions se produiront sur les populations des alentours, ainsi que sur les usagers des routes et des chemins qui sont traversés par le chemin de fer.

Voici les principales conséquences :

- L'aire de travaux constituera un obstacle à la circulation locale, un effet appelé « barrière ».
- De plus, et pendant la phase des travaux, il existera une altération du mode de vie des habitants de la zone, qui seront affectés par des bruits, pollution d'air, présence d'ouvriers, mouvements de machines, occupation temporaire d'espaces, etc.
- Dans la globalité du projet près de 350 ha seront expropriés. Ils seront constitués de terrains essentiellement à vocation agricole. Les habitations et les constructions diverses, quelle que soit leur typologie, sont près de 16 ha.
- L'altération des structures d'irrigation et l'effet barrière induit par le tracé dans les mouvements des personnes et véhicules conventionnels ou agricoles associés à ces tâches.
- Enfin, il convient de mentionner l'altération des services et des installations à usage public.

Dans le tableau suivant, nous synthétisons les éventuelles altérations que l'amélioration de la voie peut occasionner dans les services et installations.

Tableau XII.2Gravité des dommages (éventuels) causés aux réseaux

Réseau	Impact des dommages	Gravité de l'impact
Électricité : moyenne et basse Tension	Coupures du courant, accidents de personnes, coûts des réparations et retards dans le travail	Pertes de production localisées mais l'importantes et préjudice porté au public décès ou accident de l'opérateur faibles
Canalisations moyennes de distribution d'eau	Coupures d'eau coûts des réparations et retards dans le travail	Aux exploitants risques sanitaires éventuels importants
Distribution d'eau locale	Coupures d'eau	Pertes de production localisées mais l'importantes et préjudices portés au public risques sanitaires éventuels
Câbles téléphoniques	Coupures	Communications nationales et internationales interrompues pertes de production et préjudice porté au public

XII.4.3 IMPACTS POSITIFS

La diversité des situations socio-économiques que l'on peut constater dans les régions et dans les villes peut faire varier considérablement l'impact d'une infrastructure nouvelle.

Concernant le projet de réhabilitation et de modernisation des installations ferroviaires ; Bejaia / Béni – Mansour, les effets à moyen terme se concrétiseront, notamment dans l'émergence de nouvelles activités tertiaires.

La mise en service de la nouvelle ligne participera à l'apparition de dynamiques nouvelles, qui nécessitent des actions concertées mobilisant un grand nombre de partenaires et d'actions économiques en faveur des entreprises, aménagement urbain à proximité des gares nouvelles, amélioration des transports de rabattement, etc.

Court terme, le projet tendra d'atteindre les objectifs suivants :

- Augmenter la part de desserte ferroviaire dans la région ;
- Réduire les gênes sonores par la modernisation de mode de transport ;
- Optimiser l'utilisation du transport ferroviaire et contribuer à réduire le trafic routier.

XII.5 MESURES TECHNIQUES D'INTEGRATION ENVIRONNEMENTALE

Aux impacts identifiés par rapport aux contraintes environnementales et sociales ainsi que la conception du projet et des ouvrages, les mesures techniques et préventives visent à réduire les différentes formes de pollution engendrée par les phases du projet. Elles concernent en particulier, la sécurité et le bien être des riverains, la protection de la biodiversité ainsi que la stabilité des sols.

XII.5.1 JALONNEMENT (DELIMITATION ET 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. Le public doit être informé par les délais de réalisation et itinéraires provisoires.

Afin d'assurer la sécurité des riverains, il est impératif d'entreprendre les actions suivantes :

- Une campagne de prévention auprès de riverains et des utilisations du couloir où est intégrée la voie ferrée.
- Signalisation des passages à niveaux.
- Pancartes indiquant le danger par rapport à l'équipement électrique.

XII.5.2 INSTALLATION ET EMPLACEMENT DES CHANTIERS

XII.5.2.1 Emplacement des chantiers

De manière générale, le site devra être situé de telle sorte qu'il permet l'accès aisé :

- Aux routes principales existantes,
- Aux sites de construction,
- Aux infrastructures existantes,
- À l'extérieur des zones connues de recharge des nappes phréatiques.

XII.5.2.2 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.

Lorsque le raccordement à un système existant ne peut être envisagé, il est nécessaire de mettre en place un système autonome de récupération et de décharge des eaux usées.

XII.5.2.3 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.

L'entrepreneur devra s'attendre à des directives qui comprennent des mesures telles que :

- L'identification des matériaux devant être séparés les uns des autres ;
- L'utilisation par les employés de vêtements et d'équipements de protection ;
- Les techniques de manipulation appropriées ;
- D'autres mesures de sécurité telles que les systèmes de ventilation et de lutte contre les incendies.

XII.5.2.4 Déchets Solides

Il est de pratique courante que le chantier de construction bénéficie des services municipaux de collecte des déchets solides.

S'il n'est pas considéré comme faisable ou souhaitable que le chantier soit relié au système municipal de récupération des déchets, l'entrepreneur devra assurer la récupération quotidienne et le transport des matériaux vers le terrain de décharge requis et autorisé.

XII.5.2.5 Accès

L'atténuation des impacts causés par le trafic de construction devrait comprendre :

- Le contrôle d'accès,
- Le nettoyage de la route,
- La définition des routes et pistes d'accès autorisé.

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.

Certaines mesures concernant la maintenance de la route d'accès seront nécessaires afin que sa chaussée soit gardée en bon état. Les flaques d'huile, la boue et autres matériaux devront être nettoyés régulièrement.

XII.5.3 LUTTE CONTRE L'EROSION

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'hydromorphie des sols et évacuer l'excès des eaux de ruissellement et réduire leur stagnation.

XII.5.4 PLAN DE ROUTES, DE CHEMINS ET DE PISTES DU CHANTIER

L'entrepreneur doit définir un plan de circulation lié à la phase chantier. Ce dernier doit comprendre toutes les déviations engendrées par les travaux du contournement à savoir les routes principales à grande circulation.

XII.5.5 PROTECTION DE ZONES DE DEPOT ET DE STOCKAGE

Le mode opératoire pour les extractions devra être établi de manière à être le moins perturbant pour la stabilité des sols, la modification des écoulements et la déformation du paysage.

L'optimum est de réserver, au fur et à mesure des extractions les emplacements pour le dépôt des terres non réutilisables dans le même site et à réserver les terres végétales initialement dégagées pour le recouvrement et la revégétalisation des sites.

XII.5.6 INSTALLATIONS AUXILIAIRES

Les critères de localisation pour les installations auxiliaires du point de vue de l'environnement sont de préserver dans la mesure du possible les zones définies comme exclues. Des localisations près de la plate-forme et loin des noyaux de population évitent des transits superflus, des problèmes de bruit et la génération de poussière, en minimisant l'affection de zones étrangères à la propre occupation de l'infrastructure.

L'adéquation de ces installations demandera l'adoption aussi bien de mesures de protection du système hydrologique (installation de bassins de rétention et décantation de sédiments ainsi que de zones imperméabilisées) comme de végétalisation et d'intégration paysagère. Les actions suivantes sont incluses :

- Retrait de terre végétale et des approvisionnements périphériques.
- À la fin de l'utilisation de la plate-forme, on procédera au démantèlement de structures, au nettoyage et au retrait des résidus.
- Les bassins de rétention seront aussi démantelés en enterrant les boues si les analyses ne démontrent pas le contraire.

XII.5.7 MESURES PRECONISEES 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 (cas du sanglier). 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.

XII.5.8 MESURES CONTRE LE BRUIT

L'impact sonore étant une réalité quotidienne pour les futurs résidants, les mesures d'atténuation des impacts sonores de la voie ferrée sont nécessaires.

Pour répondre à ces exigences, 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.

XII.5.9 VEGETALISATION

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.

Les travaux comprendront :

- Toutes les fournitures et le transport depuis la pépinière ;
- La préparation des sols ;
- L'installation des colliers, la pose des paillages, de géotextiles et de tuteurs ;
- La plantation des végétaux, assortie de sa garantie et de son entretien.

XII.5.10 RECONSTRUCTION D'HABITATION

Enormément de constructions sont susceptibles d'être affectées par le projet de la modernisation de la voie ferrée. Elles comprennent aussi bien des habitations que divers bâtiments agricoles.

XII.6 MESURES D'INSERTION ET D'ATTÉNUATION PROPOSÉES :

XII.6.1 MILIEU PHYSIQUE

- Limiter les interventions sur les sols sensibles à l'érosion, fragiles, en pente ou peu portants. Désigner les aires de circulation à privilégier ;
- Favoriser la reprise végétale avec des espèces couramment rencontrées dans la zone perturbée afin de prévenir les risques d'érosion du sol ;
- S'assurer, par un avis géotechnique préalable aux travaux, que le secteur ne risque pas de subir un glissement de terrain pendant et à la suite des travaux ;
- Inspecter régulièrement la stabilité du sol dans l'emprise et de part et d'autre, avant, pendant et à la fin des travaux ;
- N'obstruer en aucun temps le passage de l'eau et s'assurer de la présence d'un canal d'écoulement pour évacuer les crues subites.

XII.6.2 MILIEU BIOLOGIQUE

- Limiter les travaux de déboisement à l'emprise et favoriser la reprise végétale dans les aires affectées par le déboisement en dehors de l'emprise ;
- Éviter 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 tout autres substances en provenance de la chaussée ;
- Éviter de circuler dans la zone marécageuse, limiter la circulation à l'emprise seulement
- Stabiliser les berges et les talus en naturalisant les surfaces exposées ou en aménageant les structures de protection (murets, etc.) ;

- Si possible, réaliser les travaux de déboisement et autre intervention sur la végétation en automne lorsque les activités de nidification et d'élevage des couvées sont terminées, sinon éviter les mois de mai et juin ;
- Durant et après les travaux de construction, s'assurer que les abords de la ligne ferroviaire soient bien drainés afin d'éviter la formation de mares stagnantes favorisant la formation de plaques marécageuses ;
- Les arbres abattus devraient être destinées à l'unité de transformation du bois TRANSBOIS.

XII.6.3 MILIEU HUMAIN

- Baliser les infrastructures temporaires ou permanentes (par exemple les zones de déblais, les fossés, etc.) qui présentent un risque d'accident ;
- Limiter la circulation des véhicules aux chemins d'accès et/ou aux aires désignées aux travaux d'aménagement ;
- Restreindre les interventions à l'emprise de l'infrastructure à construire ;
- Utiliser une signalisation adéquate, s'assurer d'une vitesse maximale appropriée pour la circulation de la machinerie et des véhicules lourds ;
- Restaurer les lieux affectés lorsque les travaux seront terminés ; porter une attention particulière dans les secteurs avoisinants des résidences ou dans les espaces utilisés pour la pratique d'activités récréatives ou touristiques ;
- Réaliser les travaux en dehors de la période nocturne pour limiter la perturbation des résidents avoisinants les aires de 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 ;
- Prévenir et informer les propriétaires dont le terrain va être modifié lors des travaux ;
- Maintenir l'accès aux résidences et aux secteurs utilisés pour des activités récréotouristiques, de même qu'aux terres en culture durant les travaux ;
- Tout au long des travaux en milieu urbanisé et sur les routes fréquemment empruntées, nettoyer les infrastructures routières empruntées par les véhicules de transport ou la machinerie afin d'y enlever toute accumulation de matériaux meubles et autres débris et d'éviter les obstructions ;
- Baliser les infrastructures publiques (par exemple les lignes électriques, les réseaux d'AEP et d'assainissement) qui se situent à l'intérieur des aires de travaux ou à proximité.

XII.6.4 MILIEU SONORE

Une étude acoustique est obligatoire afin de déterminer les besoins d'écran acoustique.

XII.6.5 MILIEU VISUEL

- 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 ;
- Sélectionner un mélange à gazon favorisant la poussée du couvert florifère naturel afin d'harmoniser les travaux avec les secteurs champêtres et les secteurs boisés ;
- Effectuer des travaux de reboisement à l'aide d'espèces arborescentes et arbustives d'essences variées compatibles avec les usages et fonction de l'infrastructure

ferroviaire. Si possible, utiliser des espèces représentatives des espèces environnantes et adaptées à la nature et aux taux d'humidité des sols ;

- Effectuer une coupe à ras de terre, du haut du talus extérieur du fossé jusqu'à la végétation existante préservée, en y maintenant en place l'humus, les plantes herbacées, les arbustes et les jeunes plants d'arbres existants ;
- Effectuer la plantation des abords de la ligne ferroviaire et des talus de remblais en privilégiant des espèces arbustives représentatives des espèces environnantes mais dont la hauteur à maturité ne vient pas bloquer la vue des usagers de la voie ferrée.

XII.7 CONCLUSION

Afin de permettre la mise en œuvre les différentes résolutions prises pour l'intégration environnementale du projet et de contrôler leurs applications, il est nécessaire de réaliser un suivi et une surveillance des mesures de préservation et de récupération. Ce suivi doit être réalisé au moyen d'un programme de surveillance qui encadrera la phase de construction et d'exploitation de la future voie ferrée et des infrastructures prévues dans le cadre du présent projet.

CHAPITRE XIV : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

XIII. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Devis quantitatif et estimatif

	Désignations des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant HT (DA)
1-INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDES D'EXECUTION					
1.1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1.00	100 000 000.00	100 000 000.00
1.2	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1.00	30 000 000.00	30 000 000.00
1.3	Étude d'exécution	F	1.00	150 000 000.00	150 000 000.00
Coût total installation de chantier et études d'exécution (DA)					280 000 000.00
2-TERRASSEMENTS					
2.1	Déblai mis en remblai	M3	169420.12	900.00	152 478 108.00
2.2	Déblai mise en dépôt	M3	42289.2	800.00	33 831 360.00
2.3	Décapage de terre végétale	M2	3387	120.00	406 440.00
2.4	Remblais d'apport	M3	585352.67	1 200.00	702 423 204.00
2.5	Fourniture et mise en œuvre de la couche de Forme	M3	98557	1 700.00	167 546 900.00
2.6	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation	M3	27023	3 200.00	86 473 600. 00
2.7	Fourniture et mise en œuvre de la couche de sous ballast	M3	42430	3 200.00	135 776 000.00
Coût total des terrassements (DA) :					1 278 935 612.00
3-OUVRAGE D'ART					
3.1	Viaduc	M2	9656	150 000.00	1 448 400 000.00
3.2	Passage supérieur	M2	871.2	120 000.00	104 544 000.00
3.3	Passage inférieur	M2	544.5	120 000.00	65 340 000.00
Coût total des ouvrages d'art et gare (DA) :					1618 284 000.00
4-OUVRAGES HYDRAULIQUE					
4.1	Fossés trapézoïdaux en béton armé	ML	11208	6 500.00	72 852 000.00
4.2	Buses en Béton Armé Ø1500	ML	244.8	16 000.00	39 168 000.00
4.3	Dalot en béton armé 3x2	M3	54.4	50 000.00	27 200 000.00
4.4	Dalot en béton armé 3x4x2	M3	195.84	50 000.00	979 200 000.00
4.5	Dalot en béton armé 4x2	M3	65.28	50 000.00	326 400 000.00
Coût total des ouvrages hydraulique (DA) :					1 27 796 000.00
5-TRAVAUX DE VOIE					

5.1	Fourniture et pose de ballast sur épaisseur de 0,30 m	M3	42481	7 000.00	297 367 000.00
5.2	Fourniture des rails UIC54	T	2,592	120 000.00	311 040.00
5.3	Pose de voie UIC 54	ML	12	6 500.00	78 000.00
5.4	Fourniture d'appareil de voie UIC54-500-1/12	U	12	14 000 000.00	168 000 000.00
5.5	Pose d'un appareil de voie UIC 54-500-1/12	T	12	620 000.00	7 440 000.00
5.6	Fourniture des traverses en béton armé bibloc type B440	U	20000	5000	100 000 000.00
5.7	Fourniture d'attache élastique	U	80000	900.00	72 000 000.00
Coût totale des travaux de voie (DA) :					645 196 040.00
6-Gare et Halte					
6.2	Bâtiments de Voyageurs + aménagement	M2	480,58	30 000.00	14 417 400.00
6.3	Quais	M2	7500	5 000.00	3 750 000.00
Coût total de la Gare et Halte :					18 167 400.00
7-SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION					
7.1	Electrification 25 kV/50 Hz	Km	12	42 605 840	511 270 080.00
7.2	Signalisation				5 345 544.00
Coût total de la signalisation et d'électrification (DA) :					516 615 624.00

Récapitulation		
N° Lot	Désignations des lots	Montants (DA)
Lot N°01	Installation de chantier et études d'exécution	280 000 000.00
Lot N°02	Terrassements	1 278 935 612.00
Lot N°03	Ouvrage d'art	1618 284 000.00
Lot N°04	Ouvrages hydraulique	1 27 796 000.00
Lot N°05	Travaux de voie	645 196 040.00
Lot N°06	Gare et Halte	18 167 400.00
Lot N°07	Signalisation et télécommunication	516 615 624.00
Montant du projet HT		1 942 299 052.00
Montant du projet en TTC		2 136 528 957.00

Montant total en TTC :

Deux milliard cent trente-six millions Cinq cent vingt-huit mille neuf cent cinquante-sept Dinar Algérien.

CONCLUSION GENERALE

XIV. CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Notre projet fin d'étude porte sur une étude APD d'un dédoublement de la voie et rectification de tracé pour augmenter la vitesse à 160 km/h sur le tronçon du Pk1+500 au Pk 13+500 de la ligne Béni Mansour / Bejaïa et la conception de la gare de TAZMALT et la halte d'ALLAGHENE.

Ce projet s'inscrit dans le programme complémentaire du soutien à la croissance initié par le gouvernement algérien ; La réhabilitation et la modernisation de cette ligne contribueraient à donner un autre souffle pour les activités socio-économiques de la région.

En générale, dans ce projet nous avons suivi sur les normes et les réglementations SNTF et UIC, afin de cerner tous les problèmes techniques et les contraintes qu'on a pu rencontrer tels que :

- Le choix d'un tracé en plan parallèle à la voie existante afin d'éviter le maximum d'expropriations.
- Un choix rationnel de la ligne rouge pour rester sur des côtes proches à celles de la voie actuelle aussi que l'équilibre des volumes des cubatures.
- Une structure d'assise économique et efficace pour résoudre la faible portance du terrain.
- Stabilité des talus en remblai et en déblai
- Un réseau d'assainissement efficace afin de garantir la pérennité de la ligne ferroviaire.

Tout cela en tenant en considération le confort, la sécurité des usagers aussi bien que l'environnement et l'économie de la région.

Cette étude a été une occasion pour nous de profiter de l'expérience pratique des ingénieurs du terrain d'une part et d'autre part apprendre une méthodologie rationnelle, et le plus occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : Civil3D, Global mapper, GeoStructural Analysis et AUTOCAD…

La bibliographie

[1] Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) à l'adresse URL : https://www.sntf.dz/, consulté en ligne le 02 Avril 2017.
[2] Carnet de profil en long de la ligne Beni Mansour/Bejaia établi par la société nationale des chemins de fer français en Algérie
[3] RPOA 2008.
[4] les normes UIC (741). Quais des gares à voyageurs-Règles pour l'implantation des bordures des quais par rapport à la voie.
[5] UIC 719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 2e Edition.
[6] UIC 719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 3e Edition.
[7] UIC 406 R, calcule de la capacité d'une ligne ferroviaire.
[8] SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 6 : Géométrie de la voie, 2005.
[9] SETIRAIL, « Rapport de l'étude géologique ».
[10] SETIRAIL, « Rapport de synthèse géotechnique ».
[11] SETIRAIL, « Rapport de l'étude hydrologique et hydraulique ».
[12] SETIRAIL, « Rapport du trafic de la ligne Beni Mansour/Bejaia ».
[13] Sétra, Guide technique : Assainissement routier, Octobre 2006.
[14] SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 7.2.2 : Ouvrages en terre pour plateformes ferroviaires.
[15] SNTF, Fiche de normalisation : aménagement et gare, trace des voies, 3e édition, JUIN 1985.
[16] SNTP, chapitre 10, signalisation et télécommunication, version 2.

LISTE DES ANNEXE

Listing d'axe en plans

Client : ENSTP
Logiciel civil 3D 2018
Réaliser par : Saraoui-Seddik

Axe en plan : du Pk 1+500 au Pk13+500 de la ligne Beni Mansour/Bejaia.
Description :
Plage d'abscisse : Début : 1+500.00, Fin : 13+500.00

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			1+500.00	621,404.7755	4,022,552.4775
DR1	ANG=3.6441 (g)	28.4710			
			1+528.47	621,406.4043	4,022,580.9018
CLO2	A=200.000				
	R=400.000	100.000			
			1+628.47	621,416.2715	4,022,680.3441
ARC3	XC=621,809.6476				
	YC=4,022,607.8506				
	R=400.000	198.633			
			1+827.10	621,498.3227	4,022,859.0016
CLO4	A=200.000				
	R=400.000	100.000			
			1+927.10	621,567.3235	4,022,931.2859
DR5	ANG=51.1730 (g)	553.9510			
			2+481.06	621,966.1763	4,023,315.7051
CLO6	A=474.342				
	R=1,500.000	150.000			
			2+631.06	622,072.4169	4,023,421.5727
ARC7	XC=620,978.8008				
	YC=4,024,448.2195				
	R=1,500.000	545.128			
			3+176.18	622,365.9333	4,023,877.3751
CLO8	A=474.342				
	R=1,500.000	150.000			
			3+326.18	622,418.3573	4,024,017.8982
DR9	ANG=21.6709 (g)	149.9310			
			3+476.11	622,468.4145	4,024,159.2260
CLO10	A=396.863				
	R=1,050.000	150.000			
			3+626.11	622,521.8346	4,024,299.3549
ARC11	XC=623,484.0424				
	YC=4,023,879.0501				

	R=1,050.000	488.120			
			4+114.23	622,812.3747	4,024,686.1204
CLO12	A=396.863				
	R=1,050.000	150.000			
			4+264.23	622,932.0802	4,024,776.4554
DR13	ANG=60.3604 (g)	1,747.4967			
			6+011.73	624,351.6263	4,025,795.5890
CLO14	A=447.214				
	R=2,000.000	100.000			
			6+532.90	624,803.4657	4,026,052.7169
DR15	ANG=73.7666 (g)	2,191.5692			
			8+724.47	626,811.5836	4,026,930.4631
CLO16	A=454.973				
	R=1,380.000	150.000			
			9+257.19	627,322.1232	4,027,073.6323
DR17	ANG=91.4224 (g)	156.0156			
			9+413.21	627,476.7248	4,027,094.5896
CLO18	A=447.214				
	R=2,000.000	100.000			
			10+572.37	628,530.1239	4,027,539.3722
DR19	ANG=57.7082 (g)	89.0589			
			10+661.43	628,600.2434	4,027,594.2789
CLO20	A=454.973				
	R=1,380.000	150.000			
			11+335.26	629,194.6459	4,027,899.6069
DR21	ANG=81.8733 (g)	190.3671			
			11+525.63	629,377.3482	4,027,953.0812
CLO22	A=454.973				
	R=1,380.000	150.000			
			12+131.33	629,919.2797	4,028,214.7580
DR23	ANG=60.8511 (g)	863.3178			
			12+994.64	630,624.4396	4,028,712.8214
CLO24	A=500.000				
	R=5,000.000	50.000			
			13+472.05	631,025.6511	4,028,971.2379
DR25	ANG=66.2930 (g)	27.9510			
			13+500.00	631,049.7749	4,028,985.3553

Listing du profil en long

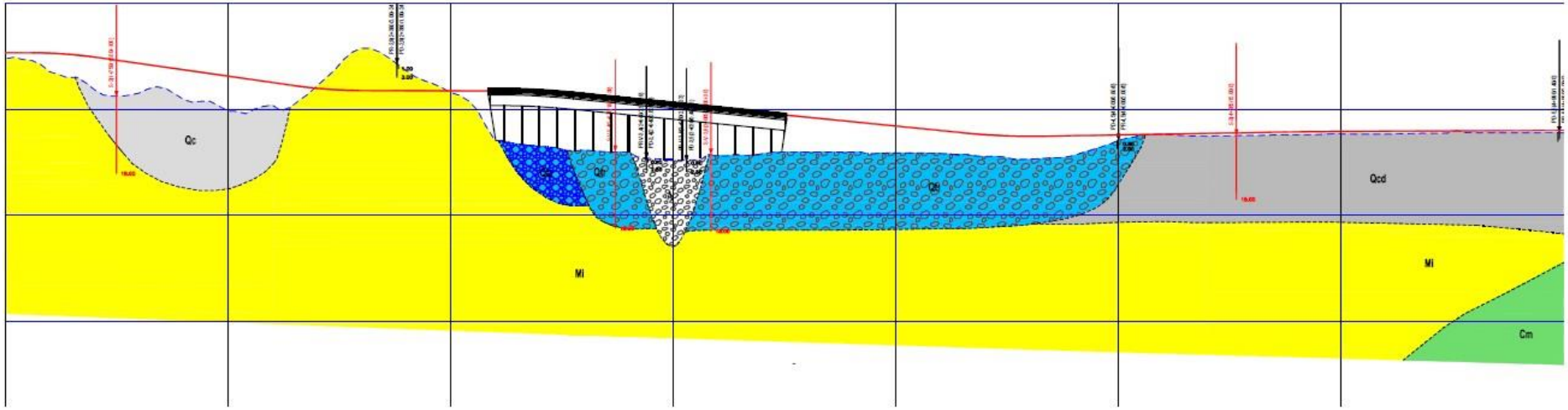
Client : ENSTP	**Réaliser par : Saraoui-Seddik**

Profil en long : ligne FSR
Description :
Plage d'abscisse : Début : 1+500.00, Fin : 13+500.00
LONGUEUR DE L'AXE : 12000.000m

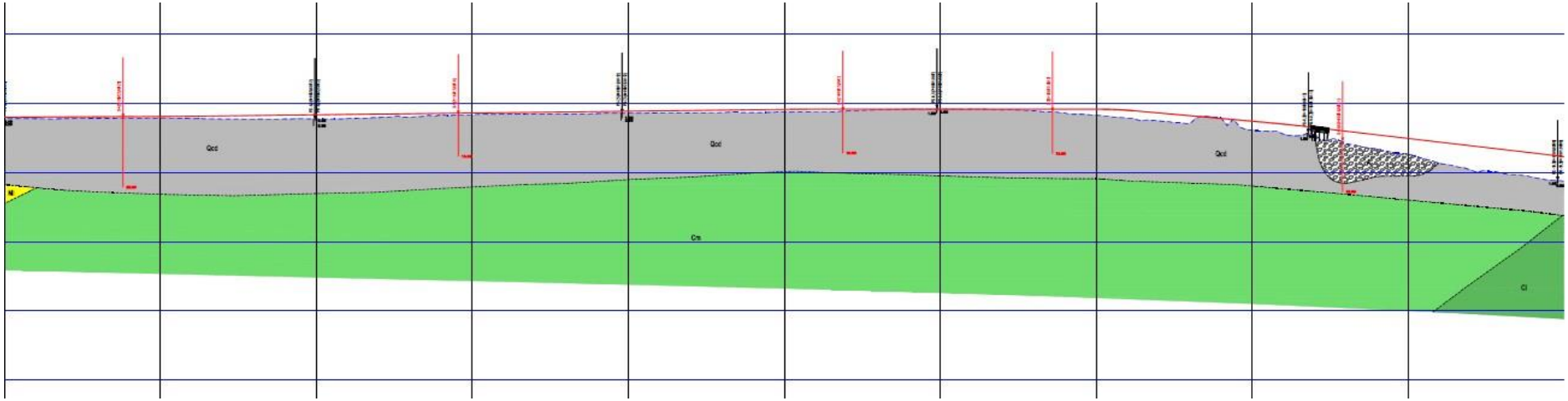
Elément	**Caractéristiques des éléments**	**Longueur**	**Abscisse**	**Z**
			1+500.00	288.920
D1	PENTE= -0.00%	133.515		
			1+633.52	288.920
ARC1	S= 1+725.43 Z=288.920			
	R= -15000.000	183.822		
			1+817.34	287.794
D2	PENTE= -1.23%	361.014		
			2+178.35	283.369
ARC2	S= 2+275.54 Z=282.178			
	R= -53000.000	194.381		
			2+372.73	281.343
D3	PENTE= -0.86%	1314.588		
			3+687.32	270.054
ARC3	S= 3+787.61 Z=269.193			
	R= -24000.000	200.582		
			3+887.90	269.170
D4	PENTE= -0.02%	187.097		
			4+075.00	269.127
D5	PENTE= 0.08%	1361.930		
			5+436.93	270.284
D6	PENTE= -0.11%	379.162		
			5+816.09	269.872
ARC6	S= 5+850.00 Z=269.835			
	R= -20000.000	67.815		
			5+883.91	269.913
D7	PENTE= 0.23%	594.193		
			6+478.10	271.282
D8	PENTE= 0.16%	521.900		
			7+000.00	272.107
D9	PENTE= 0.19%	500.000		
			7+500.00	273.057
D10	PENTE= 0.00%	1017.955		
			8+517.95	273.057
ARC10	S= 8+620.72 Z=273.057			
	R= -15000.000	205.521		
			8+723.48	271.649
D11	PENTE= -1.37%	1627.785		
			10+351.26	249.344
D12	PENTE= -1.32%	1382.918		
			11+734.18	231.128
ARC12	S= 11+824.04 Z=229.944			
	R= -15000.000	179.731		
			11+913.91	229.837

D13	PENTE= -0.12%	1150.725		
			13+064.63	228.469
ARC13	S= 13+152.74 Z=228.364			
	R= -20000.000	176.207		
			13+240.84	227.483
D14	PENTE= -1.00%	259.158		
			13+500.00	224.891

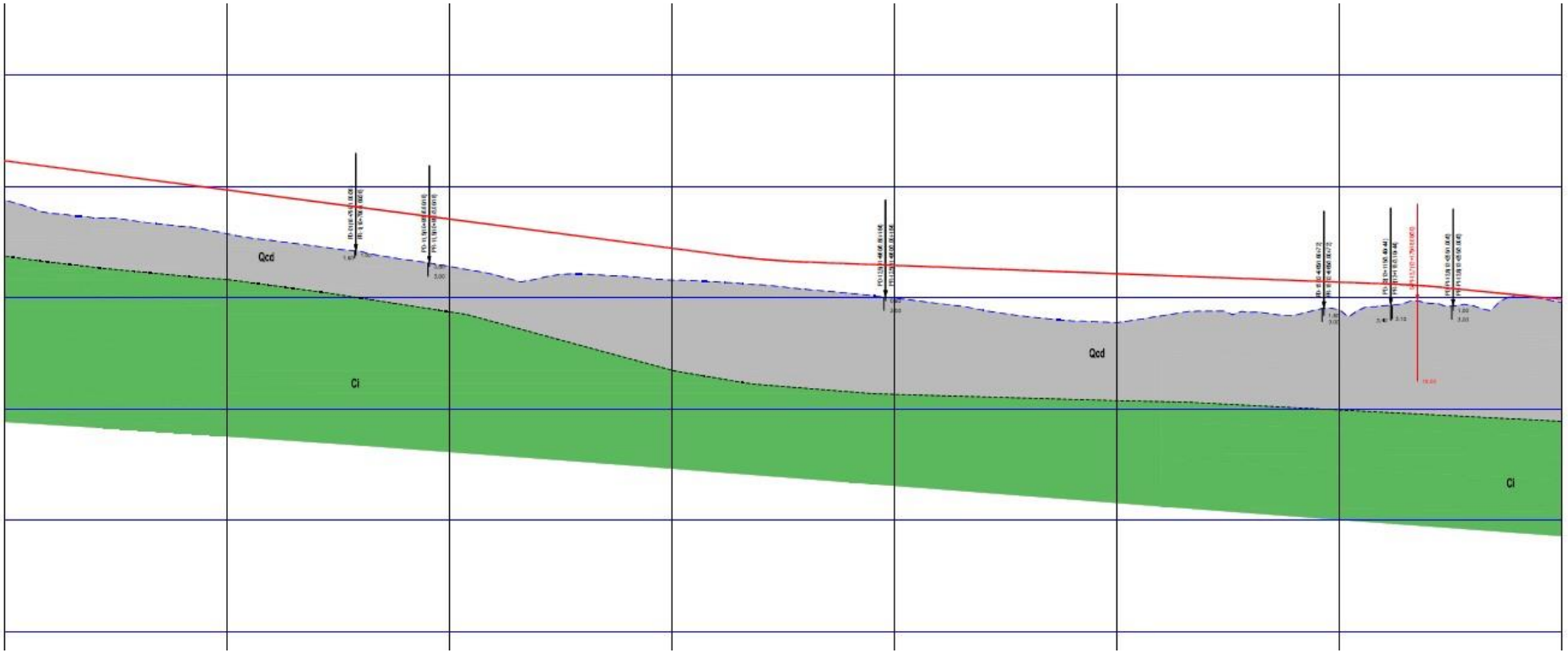
Profil géotechnique



Du Pk 1+500 au Pk 5+00



Du Pk 5+00 au Pk 10+000



Du Pk 10+000 au Pk 13+500

Les résultats des essais de pénétromètre dynamique

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre COMPAGNE GEOTECHNIQUE POUR LA REHABILITATION DE LA VOIE FERR...
Chantier B.MANSOUR - BEJAIA
Localisation PK 2+000 X=621 134 Y=4 022 747
No du sondage / date PD 2.0

Coupe géologique



TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	6.00	11.50	69.00
0.40	10.00	11.29	112.91
0.60	10.00	11.09	110.89
0.80	50.00	10.89	544.74
1.00	100.00	10.71	1070.71

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.MANSOUR - BEJAIA
Localisation PK 2+100 X=621 226 Y=4 022 783
No du sondage / date PD 2.1

Coupe géologique

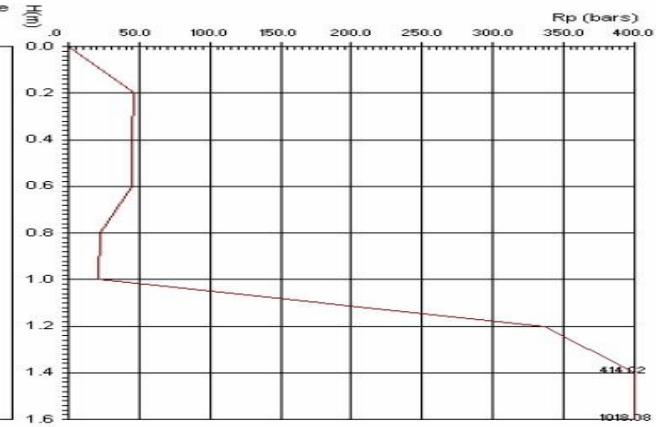


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	4.00	11.50	46.00
0.40	4.00	11.29	45.16
0.60	4.00	11.09	44.36
0.80	2.00	10.89	21.79
1.00	2.00	10.71	21.41
1.20	32.00	10.53	336.82
1.40	40.00	10.35	414.02
1.60	100.00	10.18	1018.08

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.MANSOUR - BEJAIA
Localisation PK 2+900 X=621 867 Y=4 023 254
No du sondage / date PD 2.9

Coupe géologique

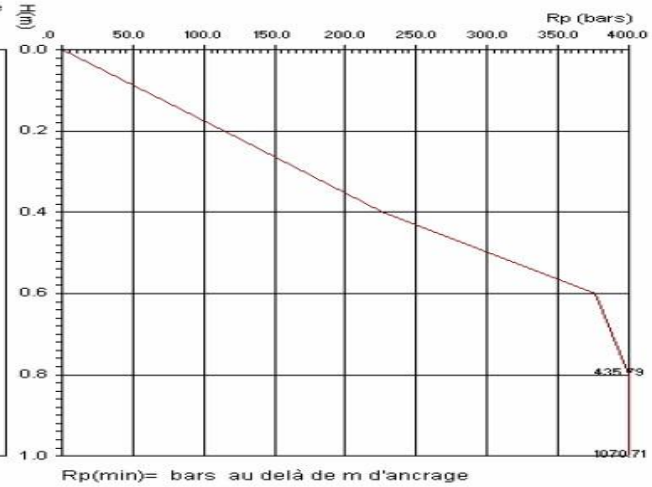


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	10.00	11.50	115.00
0.40	20.00	11.29	225.82
0.60	34.00	11.09	377.04
0.80	40.00	10.89	435.79
1.00	100.00	10.71	1070.71

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.MANSOUR - BEJAIA

Localisation PK 3+450 X=622 219 Y=4 023 685

No du sondage / date PD 3.4

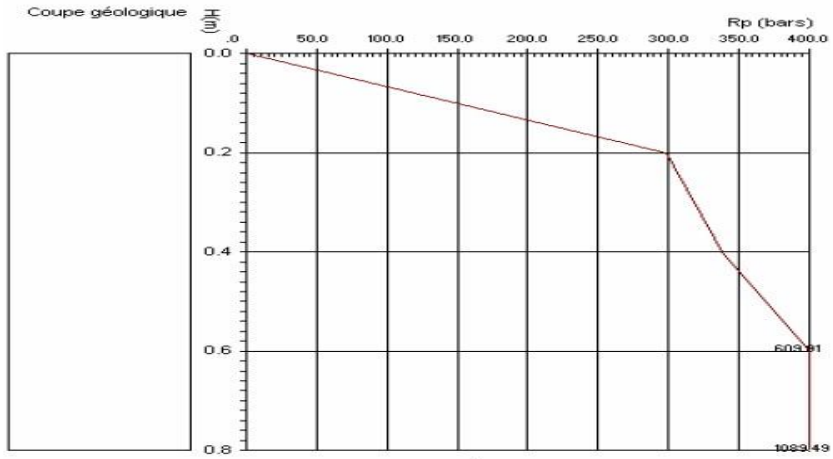


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	26.00	11.50	298.99
0.40	30.00	11.29	338.72
0.60	55.00	11.09	609.91
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.MANSOUR - BEJAIA

Localisation PK 3+550 X=622 264 Y=4 023 757

No du sondage / date PD 3.5

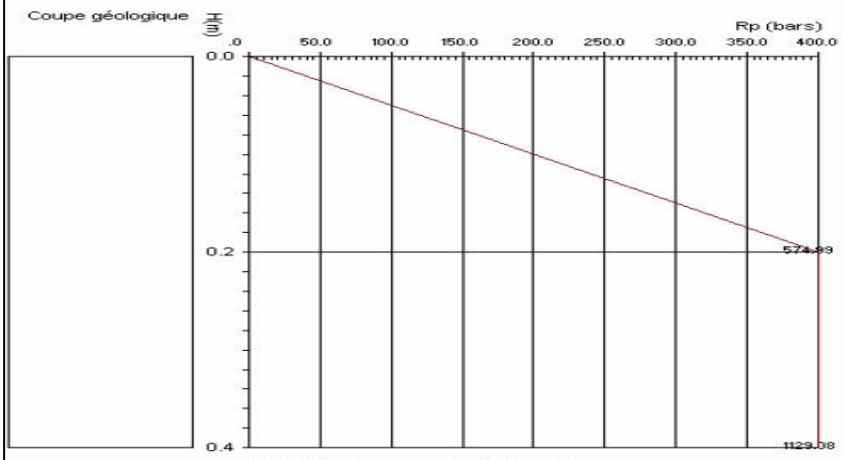


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	50.00	11.50	574.99
0.40	100.00	11.29	1129.08

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.MANSOUR - BEJAIA

Localisation PK 4+500 X=622 711 Y=4 024 607

No du sondage / date PD 4.5

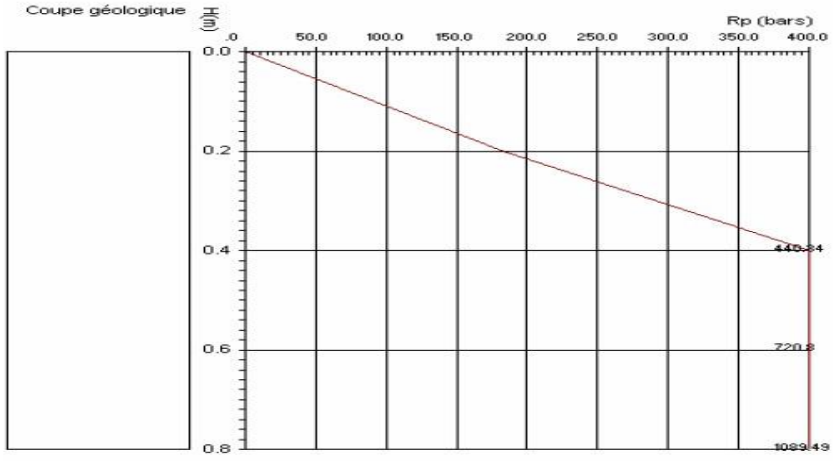


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	16.00	11.50	184.00
0.40	39.00	11.29	440.34
0.60	65.00	11.09	720.80
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.MANSOUR - BEJAIA
Localisation PK 5+500 X=623 520 Y=4 025 187
No du sondage / date PD 5.5

Coupe géologique

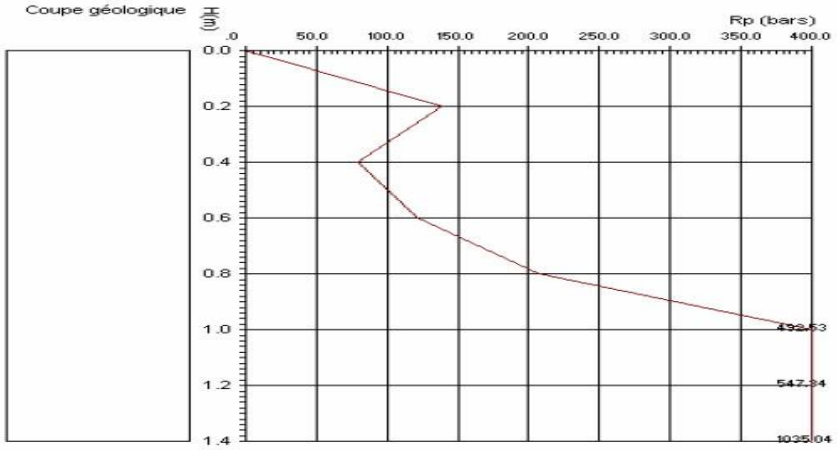


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	12.00	11.50	138.00
0.40	7.00	11.29	79.04
0.60	11.00	11.09	121.98
0.80	19.00	10.89	207.00
1.00	46.00	10.71	492.53
1.20	52.00	10.53	547.34
1.40	100.00	10.35	1035.04

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.MANSOUR - BEJAIA
Localisation PK 6+500 X=624 337 Y=4 025 768
No du sondage / date PD 6.5

Coupe géologique

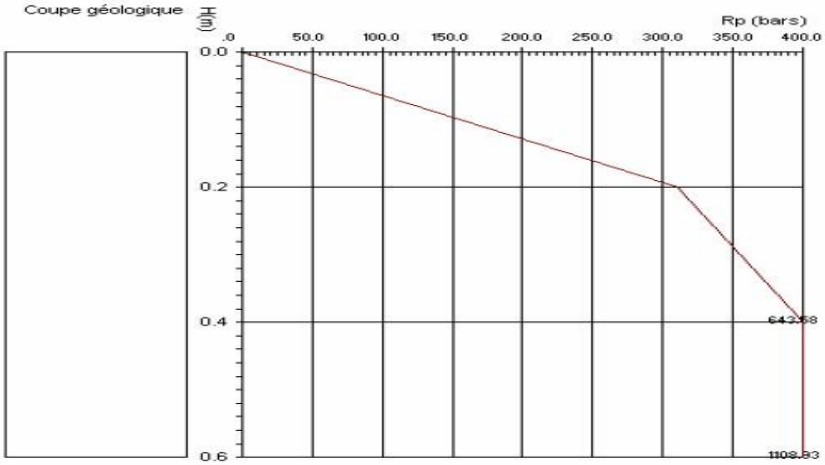


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	27.00	11.50	310.49
0.40	57.00	11.29	643.58
0.60	100.00	11.09	1108.93

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 PK7+500 x = 625 204 y = 4 026 238
No du sondage / date PD-7,5 06/12/09

Coupe géologique

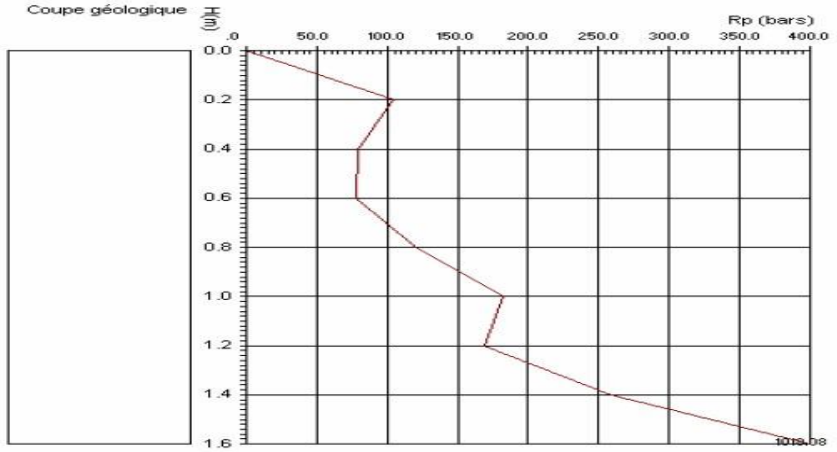


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	9.00	11.50	103.50
0.40	7.00	11.29	79.04
0.60	7.00	11.09	77.63
0.80	11.00	10.89	119.84
1.00	17.00	10.71	182.02
1.20	16.00	10.53	168.41
1.40	25.00	10.35	258.76
1.60	100.00	10.18	1018.08

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 PK8+500 x = 626 135 y = 4 026 618
No du sondage / date PD-8,5 06/12/09

Coupe géologique

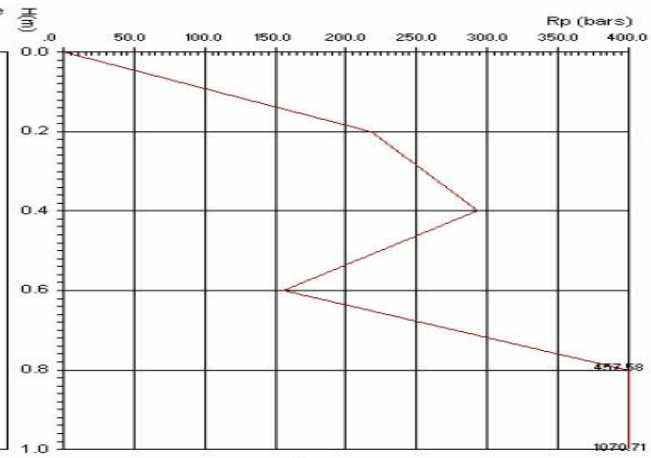


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	19.00	11.50	218.50
0.40	26.00	11.29	293.56
0.60	14.00	11.09	155.25
0.80	42.00	10.89	457.58
1.00	100.00	10.71	1070.71

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 PK9+700 x = 627 233 y = 4 027 079
No du sondage / date PD-V-9,7 06/12/09

Coupe géologique

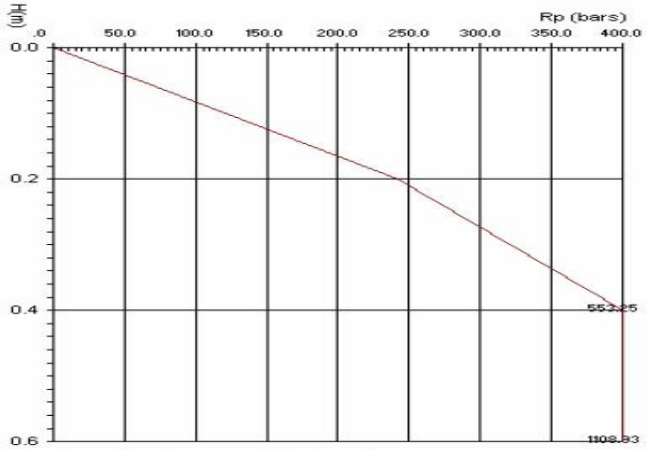


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	21.00	11.50	241.49
0.40	49.00	11.29	553.25
0.60	100.00	11.09	1108.93

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 PK10+500 x = 628 036 y = 4 027 148
No du sondage / date PD-10,5 06/12/09

Coupe géologique



TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	11.00	11.50	126.50
0.40	29.00	11.29	327.43
0.60	45.00	11.09	499.02
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 PK11+500 x = 628 843 y = 4 027 737

No du sondage / date PD-11,5 06/12/09

Coupe géologique

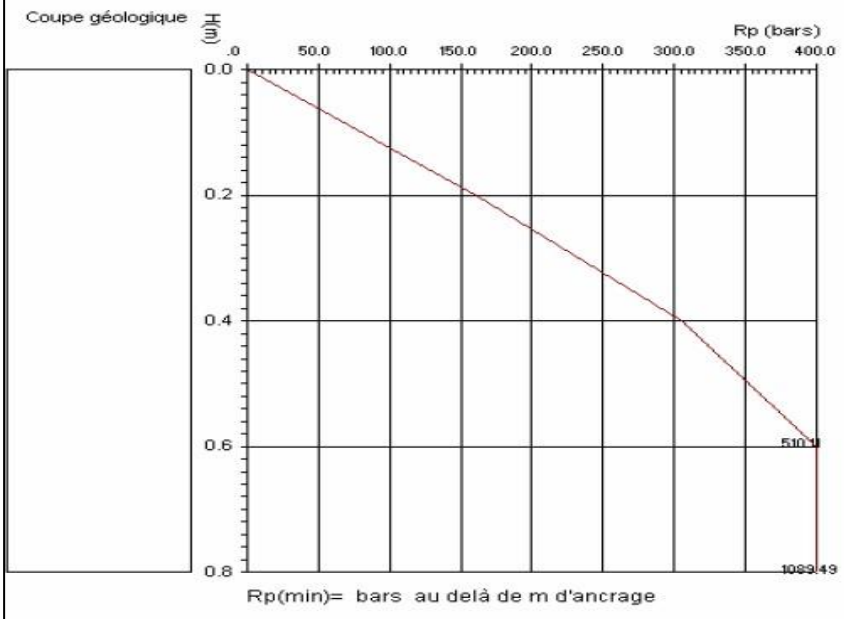


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	14.00	11.50	161.00
0.40	27.00	11.29	304.85
0.60	46.00	11.09	510.11
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 12+500 x = 629 677 y = 4 028 292

No du sondage / date PD-12,5 06/12/09

Coupe géologique

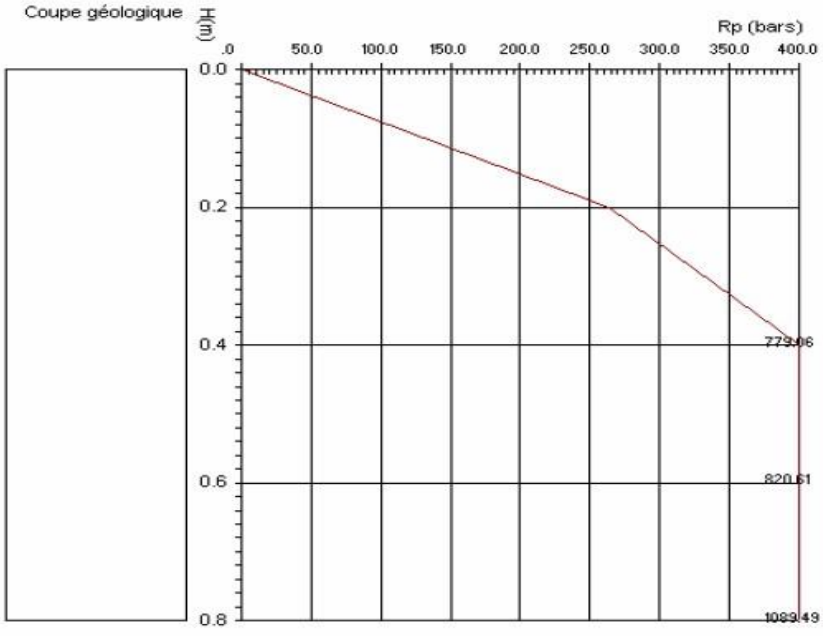


TABLEAU DE RESULTATS

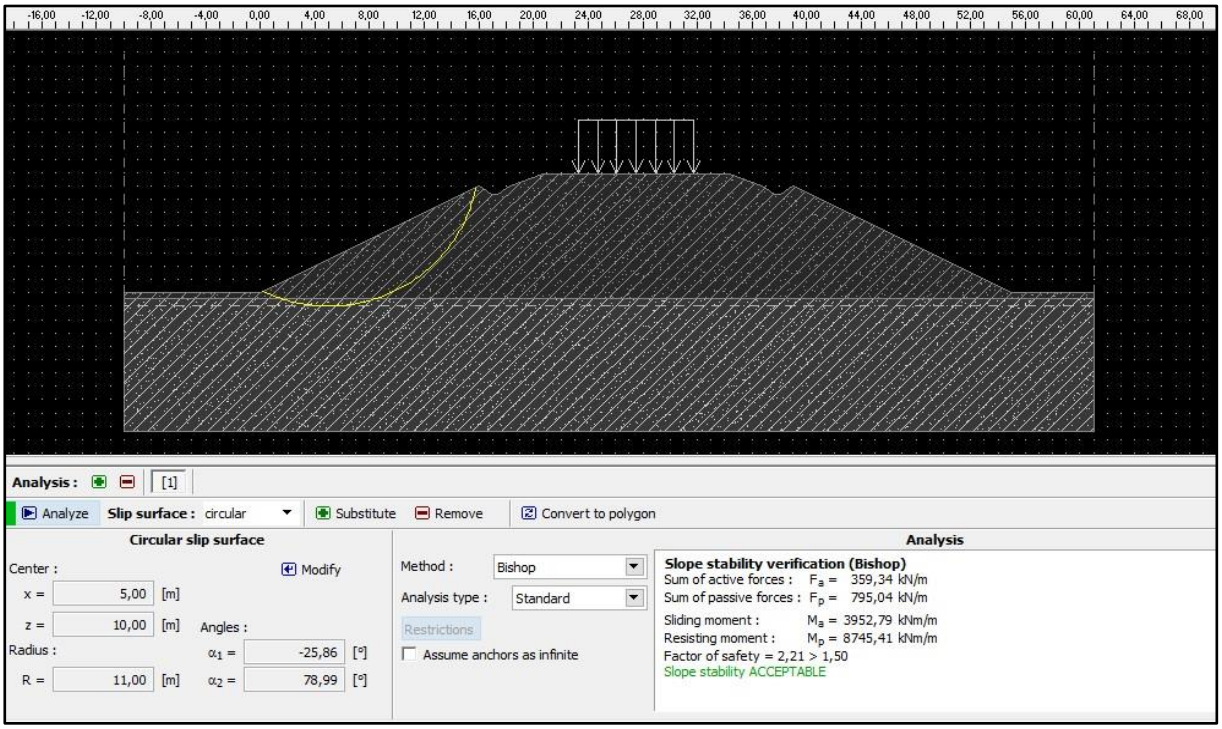
H	Cps	K	Rp
0.20	23.00	11.50	264.49
0.40	69.00	11.29	779.06
0.60	74.00	11.09	820.61
0.80	100.00	10.89	1089.49

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

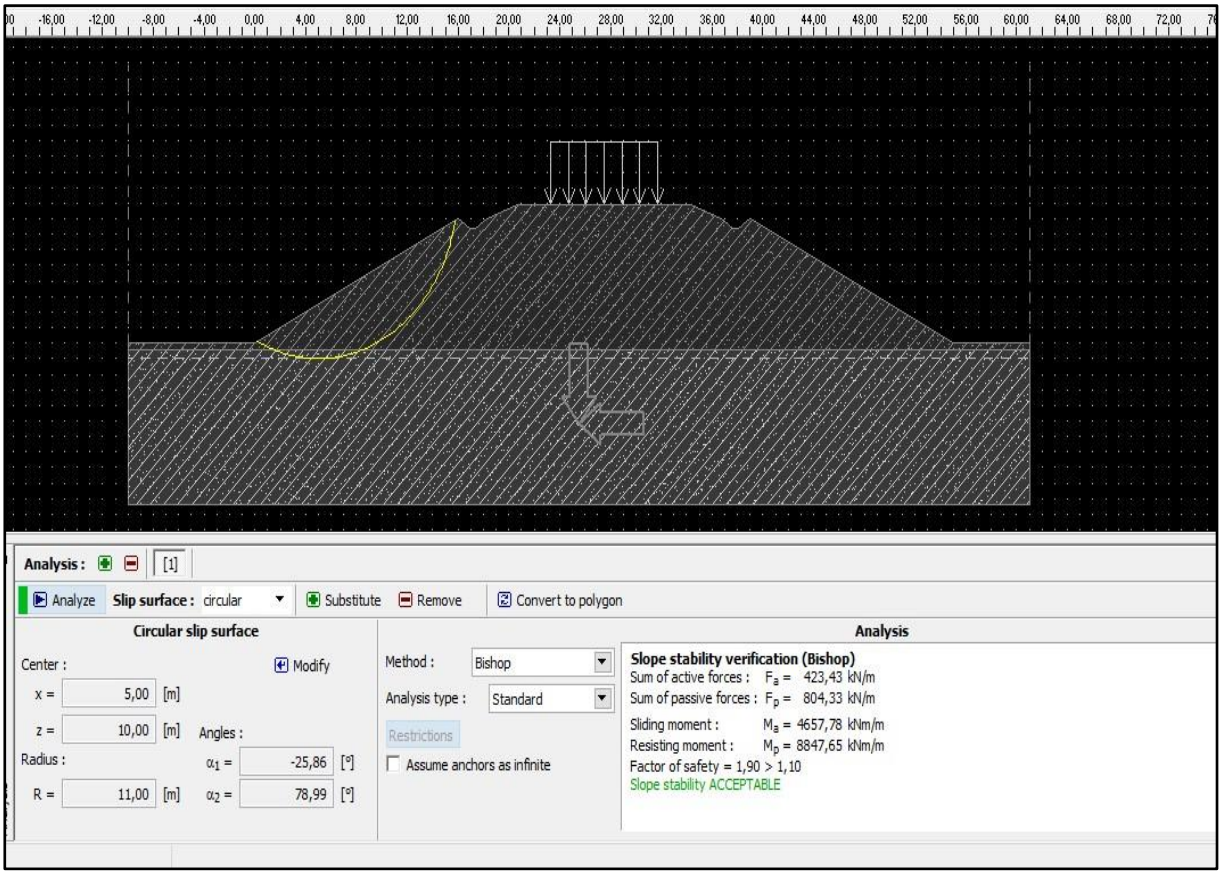
Résultats du calcul de stabilité des remblais

Formation A :

- **A long terme**

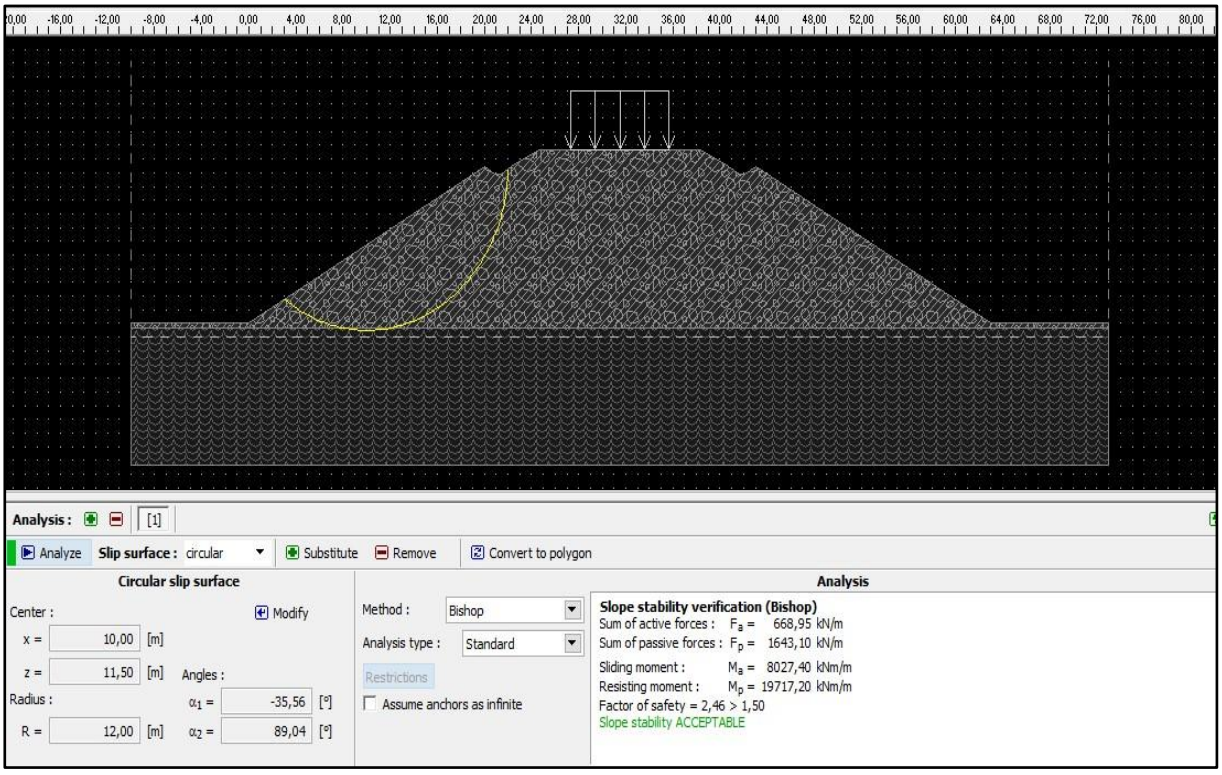


- **Cas de séisme**

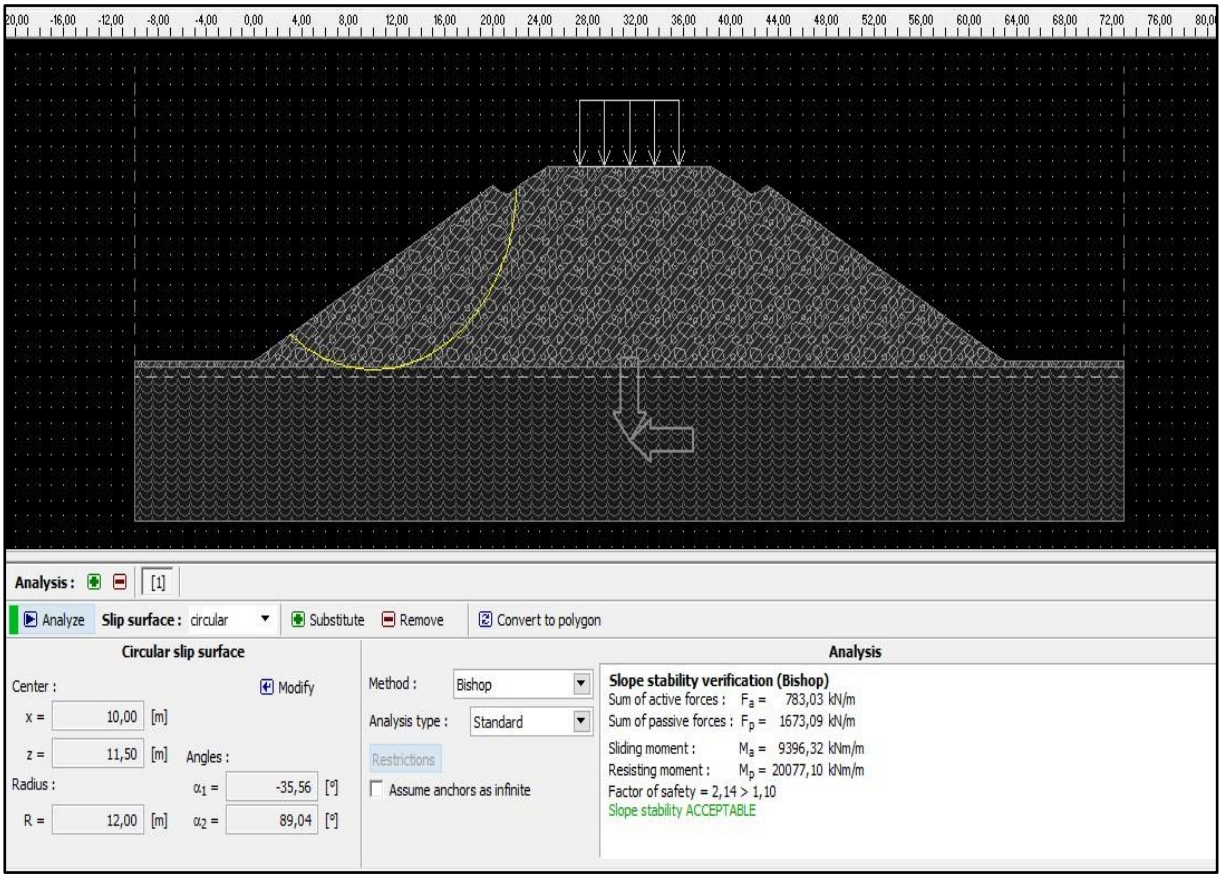


Formation Qcd :

- **A long terme**

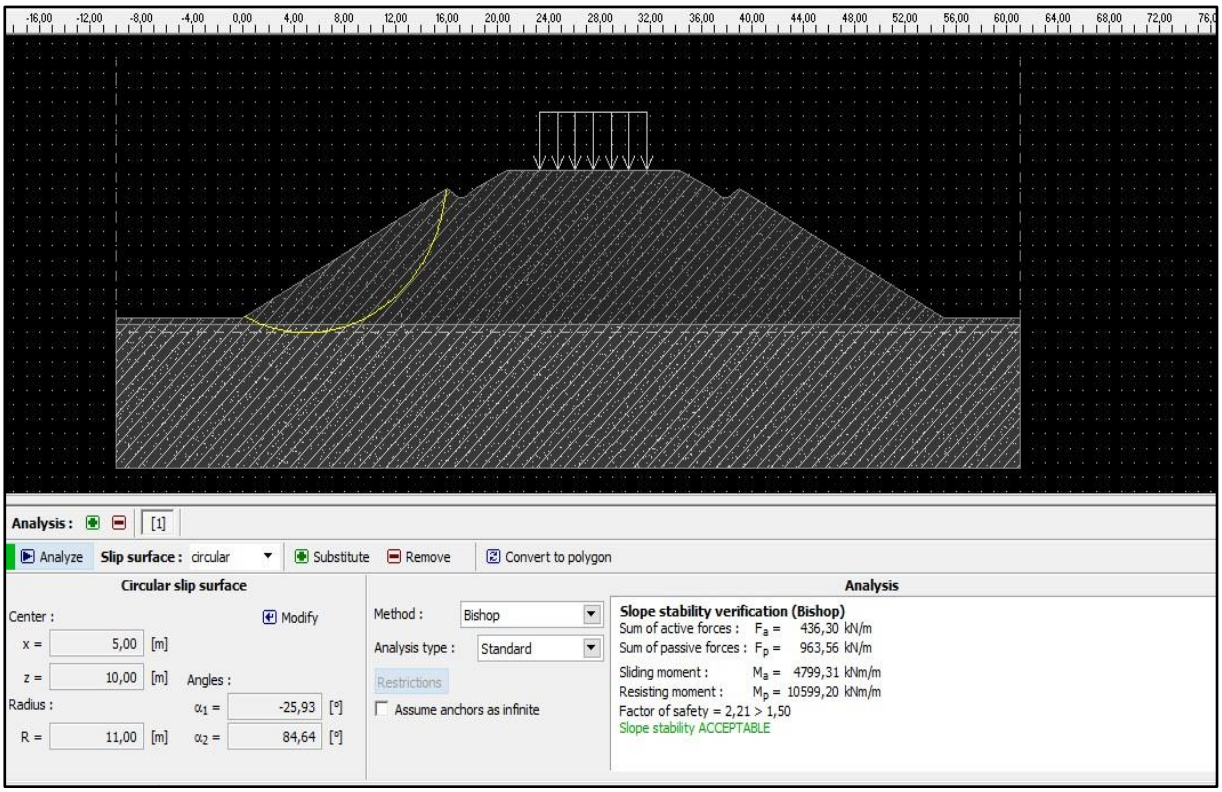


- **Cas de séisme**

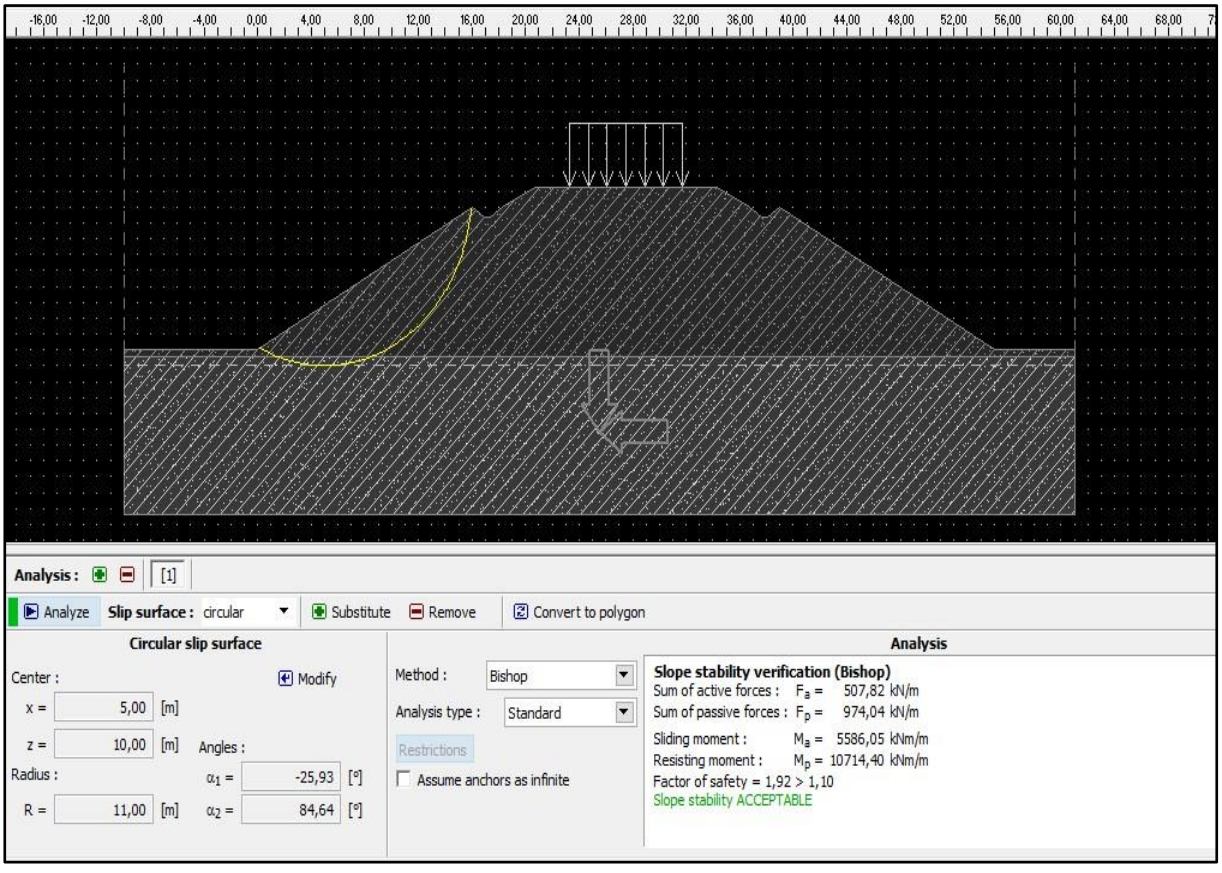


Formation Qt :

- **A long terme**



- **Cas de séisme**



Volumes des terrassements

Volume total au niveau de l'abscisse curviligne 135+00.00	
Surface de déblai	3.63
Surface de remblai	17.24
Vol déblai	128.04
Vol remblai	309.26
Vol déblai cumulé	188840.52
Vol remblai cumulé	731888.07
Vol net	−543047.56

Matériau(x) au niveau de l'abscisse curviligne 135+00.00			
Nom du matériau	Aire	Volume	Volume cumulé
Ballast	3.54	89	42481
Sous−ballast	3.54	88	42430

Matériau(x) au niveau de l'abscisse curviligne 135+00.00			
Nom du matériau	Aire	Volume	Volume cumulé
couche de fondation	8.21	205	98557

Matériau(x) au niveau de l'abscisse curviligne 135+00.00			
Nom du matériau	Aire	Volume	Volume cumulé
couche de forme	2.25	56	27023