République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude de rectification de la ligne BEJAIABENI MENSOUR DU PK 20+000 au PK 35+000 Avec conception de la gare d'AKBOU

Présenté par :
AHMANE Nihad
MEDOUNI Ikram

Encadré par :
Mr DERRADJI Ayachi
Mme MAHIAOUI Mahdia Yasmina

Promotion 2021/2022

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciement

En premier lieu, nous remercions mon encadreur Mr Derradji Ayachi qui a été d'une forte contribution dans l'achèvement de ce travail, ainsi que Mme Mehiaoui Hadjebar M.Y pour sa disponibilité permanente, pour son aide et ses orientations précieuses, sans oublier Mr MORSLI qui a partagé ses connaissances et expériences dans ce milieu, tout en accordant sa confiance et une large indépendance dans l'exécution du travail.

Nous tenons également à remercier les honorables membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant d'évaluer mon travail.

Nous remercions aussi toute l'équipe pédagogique de l'école et les intervenants professionnels responsables de notre formation, ainsi d'une manière générale toute personne de près ou de loin qui a permis de réaliser ce mémoire, contribué a son achèvement, qui nous a appris des choses pendant son déroulement, et qui nous a aidé lors de la rédaction de sa rédaction.

Enfin, nous nous devons de nous remercier nous même pour tout le courage et la détermination qu'on a eus pendant cette période, ainsi que nos très chers parents qui nous ont été d'une aide précieuse, ainsi que toutes les personnes proches à nos cœurs.

AHMANE-MEDOUNI

Dédicace

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

Au plus adorable des frères, à toi qui illumine mes journées, a la confiance que t'as placé en moi, a tes encouragements, au grand frère que t'es, qui seras a jamais fière de moi.

A cet homme qui m'as accompagné durant toute cette période et bien plus, a cet homme qui a su me contenir, s'est donné a fond a moi, aucun mot ne pèse assez lourd pour balancer tt ce que j'exprime pour toi, a toi mon SIMBA à moi.

A mes grands pères ALLAH YARHEMHOUM qui auraient été émerveillés de me voir arriver a ce stade, à ma grand-mère, mes tantes maternelles et paternelles, a YACINE, à vos prières sans cesses qui m'ont toujours tirée vers le haut.

A ma binôme MEDOUNI IKRAM avec qui j'ai apprit énormément en partageant avec elle cette petite aventure, a cette âme pure que j'ai découvert et que j'ai tant aimé.

A moi.

AHMANE NIHAD

تلخيص

يتكون هذا المشروع من دراسة التصميم الأولي التفصيلي (APD) لمضاعفة المسار و تصحيح المحاذاة لزيادة السرعة إلى 160 كم/ساعة على المقطع من PK 20+000إلىPK 35+000 من خط بني منصور / بجاية مع تصميم محطة أقبو ومحطة عزيب بن شريف.
سيعتمد تحديد الخصائص التقنية الأكثر ملائمة لخط السكك الحديدية المفتوح على التوصيات بالإضافة إلى الممارسات التي يتبعها SNTF و أنظمة السكك الحديدية الأخرى الأكثر تطورًا (معايير UIC)، وتم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع و الحسابات باستخدام : CIVIL 3D 2022 , AUTOCAD 202, SLIDE 6.0, GLOBAL MAPPER et GOOGLE EARTH PRO

Résumé

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude d'avant-projet détaillé (A.P.D) d'un dédoublement de la voie et rectification de tracé pour augmenter la vitesse à 160 km/h sur le tronçon du Pk 20+000 au Pk 35+000 de la ligne Béni Mansour / Bejaïa et la conception de la gare d'AKBOU et la halte d'AZIB BEN CHERIF.

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 et les calculs ont été exécutés à l'aide des logiciels : CIVIL 3D 2022, AUTOCAD 202, SLIDE 6.0, GLOBAL MAPPER et GOOGLE EARTH PRO.

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 Pk 20+000 to Pk 35+ 000 of the Béni Mansour / Bejaïa line and the design of the AKBOU station and the AZIB BEN CHERIF 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 & calculations were carried out at using CIVIL 3D 2022 software, AUTOCAD 202, SLIDE 6.0, GLOBAL MAPPER et GOOGLE EARTH PRO.

Liste des Symboles et des abréviations

- TGV: Train à Grande Vitesse
- UIC: Union Internationale des chemins de fer.
- LRS : Long Rail Soudé
- dV : devers théorique.
- dp : devers pratique.
- C : coefficient de devers.
- Vv : vitesse des trains voyageurs.
- Vm : vitesse des trains marchandises.
- I : insuffisance de devers.
- E : exces de devers.
- R : Rayon de raccordement circulaire
- Rmin : Rayon minimal
- Lmin : Longueur minimale de l'alignement droit
- Dmax : Dévers maximum
- I : Insuffisance de dévers
- Imax : Insuffisance de dévers maximal
- Emax : Excès de dévers maximal
- L : Longueur de la courbe de transition
- L_{RP} : Longueur du clotoïde
- A : Paramètre de clotoïde
- R_{vmin} : Rayon verticale minimal
- dd/dl : Variation de dévers en fonction de la longueur
- dI/dt : Variation d'insuffisance de dévers
- dd/dt : Variation de dévers en fonction du temps
- Rp : Résistance de pointe
- WP : Limite de plasticité
- WL : Limite de liquidité
- IP : Indice de plasticité
- Ic : Indice de consistance
- γ_h : Poids volumique humide
- γ_d : Poids volumique sec
- Sr : Degré de saturation
- W : Teneur en eau naturel
- Rc : Résistance à la compression
- C' : Cohésion fictive du sol
- $\dot{\phi}$: Angle de frottement fictif
- g : accélération de la pesanteur.
- Qmax : débit de pointe.
- Qa : débit d'apport.
- TC : temps de concentration.
- Dth: diametre theorique de la buse.
- J : pente.
- Pm : Périmetre Mouillé
- Sm : Surface Mouillé.
- Cr : Coefficient de ruissèlement
- FS : Facteur de sécurité
- ADV : Appareils de voie
- BV : Bassin versant.

Liste des Symboles et des abréviations

- PU : Puits de reconnaissance.
- S : Sondage carotté.
- PD : Essai de pénétration dynamique.
- QSi : Classe du sol (UIC).
- Pi : Classe de la plateforme
- BAEL : Béton Armé Etat Limit
- RPOA : Règlement parasismique des ouvrages d'art
- PS : Passage Supérieure
- PI : Passage Inferieur
- GF : Gare Franc
- EIE : étude d'impact sur l'environnement
- BAL : Block Automatique Lumineux.
- BM : Block Manuel.
- H. T : Hors Taxes.
- T.V.A : Taxe sur la Valeur Ajoutée.
- T.T.C : Toutes Taxes Comprises

Sommaire

CHAPITRE I : *Généralités sur la voie ferrée*

I. Introduction..... 2
II. Avantage des chemins de fer..... 2
III. Réseau ferroviaire en Algérie..... 3
III.1. Développement du réseau ferroviaire en Algérie.....3
III.1.1. Premier plan de développement.....3
III.1.2. Deuxième plan de développement.....3
III.1.3. Troisième programme de développement.....4
III.2. Réseau actuel en Algérie.....4
III.3. Programme de développement national.....5
IV. Conclusion.....6

CHAPITRE II : *Présentation du Projet*

I. Introduction.....7
II. Présentation de la zone.....7
II.1. Description de la ville de Bejaia.....7
II.2. Géologie de la zone.....8
II.3. Relief.....9
II.4. Réseau Hydrographique.....10
II.5.1. Clima.....10
II.5.2. Température.....10
II.5.3. Précipitation..... 11
II.5. Sismicité.....13
I. Description générale du projet.....14
III.1. Objectif du projet.....14
III.2. Caractéristiques du Projet.....15
II. Description du projet d'étude.....16
IV.1. Localisation du projet d'étude.....16
IV.2. Aperçu sur la voie existante.....17
IV.2.1. Caractéristiques géométriques du tracé existant.....17
IV.2.2. Les passages à niveaux.....17
IV.2.3. Les ouvrages.....18
IV.2.4. Gares et haltes.....23
IV.3. Caractéristiques de la nouvelle voie de modernisation.....24
III. Conclusion.....25

CHAPITRE III : ***Superstructure de la voie***

I. Introduction.....26

II. La voie.....26
II.1. Catégorie de la voie 26
II.2. Caractéristiques de la voie.....26
III.3. Composantes de la voie.....27
II.3.1. Les rails.....27
II.3.2. Les Traverses.....30
II.3.3. Les Attaches.....35
II.3.4. Le ballast.....39
II.3.5. ADV.....39
III. Pose de la voie.....44
III.1. Fixation provisoire.....44
III.2. Relevage.....44
III.3. Le bourrage.....44
III.4. Dressage définitif de la voie.....44
III.5. Eclissage 45
III.6. Réglage du ballast.....45
III.7. Procédé de soudure du rail.....45
III.7.1 Procédé de soudure aluminothermique 45
III.7.2 Procédé de soudure électrique 45
III.8. Travaux réparation, maintenance, modernisation.....45
IV. Les longs rails soudés (LRS) 46
V. Conclusion.....46

CHAPITRE IV : *Tracé en Plan*

I. Introduction.....47
II. Conditions et règles générales à respecter dans le tracé en plan.....47
III. Eléments du tracé en plan……..48
III.1. L'alignement ……...48
III.2. Arcs de cercles (R=constante) ……..48
III.3. Courbes de raccordement (R=variable)……...48
IV. Conditions de raccordement. ……...49
IV.1. Paramètres relevant de confort et de cout de maintenance…….49
IV.2. Paramètres relevant de la sécurité ……..……..49
IV.3. Condition de gauchissement ……..……..49
IV.4. Condition du confort optique……..……..49
IV.5. Condition du confort dynamique ……..……..49
V. Critères de limitation des paramètres géométriques…….……..49
VI. Paramètres de conception du tracé de la voie……..50
VI.1. Longueur minimum des éléments de tracé……..……..50
VI.2. Devers……..……..50
VI.2.1. Devers théorique……..……..50

VI.2.2. Devers pratique……..…….……..51

VI.3. Insuffisance du devers…….……..51
VI.4. Excès de devers……...……..52
VI.5. Variation du devers ……..52
V.5.1. Variation de devers dans les courbes de transition ……....52
V.5.2. Variation du devers dans le temps …….……..52

V.5.3. Variation de l'insuffisance du devers ……..53
VI.6. Rayon minimale……...……..53
VI.7. Les longueurs minimales des clothoïdes ……..53
VI.8. Récapitulatif des paramètres du tracé en plan ……..54

VII. Application au projet……...……..54

VIII. Contraintes rencontrées dans le tracé……...56

IX. Description du tracé……..……..57

X. Conclusion……....57

CHAPITRE V : *Profil en Long*

I. Introduction……...…..58

II. Conditions et règles à respecter dans le profil en long …….……..58

III. Eléments géométriques du profil en long ……..59

III.1. Déclivité maximale…….……..59
III.2. Longueur minimale des déclivités ……..……..59
III.3. Rayon de raccordement vertical minimal du profil en long..……..…..60

IV. Coordination tracé en plan profil en long …….……..60

V. Description du profil en long ……..……..61

VI. Conclusion ……..……..……..61

CHAPITRE VI : *Etude géologique et géotechnique*

I. Introduction……..……..62

II. Etude géologique……...……..62

II.1. Topographie du tracé……...……..62

II.2. Géologie de la zone…….……..62
II.3. d'étude…….……..63
II.4. Risques géologiques……..64
III. Etude géotechnique……...……..64

III.1. Essais en phase d'APD ……...……..64

III.1.1. Les essais in-situ……...……..64
III.1.2. Reconnaissance au laboratoire……..……70
III.2. Essais en phase D'Exécution…….……...75
III.2.1 Essais in-situ…….……..75

III.2.2 Reconnaissance au laboratoire……..……..77

IV. Conclusion……..……..79

CHAPITRE VII : *étude hydraulique et assainissement.*

I. Introduction…….……..80
II. Etude hydraulique……..…...80
II.1. Contexte hydrologique de la zone……...…..80
II.1.1. Climatologie…….……...……..80
II.2.1. Pluviométrie……..……..……..84
II.2. Les bassins versants ……..……..……...87
II.1.2. Délimitation des bassins versants…….……..87
II.2.2. Caractéristiques des bassins versants…..……..88
II.3. Calcul hydraulique…….……..……..90
II.1.3. Temps de concentration……..……..90
II.2.3. Intensité de pluie ……..95
II.3.3. Exemple de calcul des débits……..……..96
III. Etude d'assainissement…….……..……..98
III.1. Drainage transversale……..……..…..99
III.1.1. Types d'ouvrages transversaux…….....……..99
III.2.1. Dimensionnement des ouvrages transversaux……...99
III.3.1. Conditions de dimensionnement à respecter……...…100
III.4.1. Application dimensionnement d'un dalot……..……101
III.5.1. Application dimensionnement d'une buse……..…102
III.2. Drainage longitudinale…….……107
III.1.2. Dimensionnement des fossés……..……108
III.2.2. Application sur le projet……..…..……109
III.3. Calcul hydraulique pour les ouvrages singuliers……....…111
III.1.3. Application au projet…….……...……..……112
III.2.3. Calcul de débit pour oued illoula …….....113
IV. Conclusion…….……114

Chapitre VIII : *La structure d'assise*

I. Introduction……..……115
II. Constituants de la structure d'assise……..……..……115
II.1. Couche de Ballast……..……..……...115
II.2. Sous-couche…….……116
II.2.1. Une couche sous-ballast……...116
II.2.2. Une couche de fondation ……117
II.2.3. Une couche anti-contaminant…….....117
II.3. Plateforme…….……117
III. Données de trafic ferroviaire…….…...……118
IV.1. Calcul du trafic fictif ……..……...…119
IV. Classification des lignes en groupe UIC selon les caractéristiques du trafic...……119
IV.2. Classification des lignes……..119
V. Dimensionnement des couches d'assise……...……...120

V.1. Classification des sols pour la plateforme……..……..……....120
V.1.1. Classe de qualité de la plateforme…….…....121
V.1.2. Classe de portance de la plateforme……...…123
V.2. Dimensionnement de la couche de forme……124
V.3. Dimensionnement de la couche de ballast et la sous couche……...124
VI. Conclusion……..……..……...…124

Chapitre IX : *Profil en travers*

I. Introduction……..……..……125
I.1 Profil en travers type…… ……..…...……125
II.1 Profil en travers courant……..……..……...…125
II. les éléments du profil en travers……...……..……...125
II.1 La plateforme…… …… ……..…125
II.2 L'Emprise……..……..……...125
II.3 Assiette……..……..……...125
II.4 La voie ……126
II.5 La berme ……..……..……...…126
II.6 Le fossé……..……..……...…126
III. Les éléments de profil type ……..……..……...…127
III.1. Eléments de l'infrastructure ……..……...…127
III.2. Eléments de la superstructure ……..……..……...…127
III.3. Eléments du talus …… …...……..…... 127
III.4. Eléments d'assainissements …… ……...……..……128
IV. Les profils en travers affectés au projet…… ……..……...128

Chapitre X : *Aménagement de la gare d'AKBOU*

I. Introduction…… ……...…..…...129
II. Types de gares…… ……...……...129
III. Conditions de conception des gares…… ……..……129
IV. Installation d'une gare pour voyageurs…… ……...……130
V. Installation d'une gare marchandises…… ……...…130
VI. Matériels roulant …… ……..……130
VII. La gare d'AKBOU…… ……..……131
VII.1. Emplacement……..… ……..…132
VII.2. Tracé en plan profil en long……...…… ……...…134
VII.3. Caractéristiques de la gare …… ……...134
VIII.3.1. La marge de glissement à l'aval des signaux……...…… ……...…140
VIII.3.2. Garage Franc…… ……...…141
VIII.3.3. La longueur utile d'une voie de stationnement …….. ……..……141
VIII.3.4. Les quais …… ……..…….....141
VIII.3.5. Les heurtoirs…… ……...…...141
VIII.3.6. Appareils de voies de la gare …… ……..…..141
VIII.3.7. Le profil en travers de la gare…… ……..…..142
VIII. Halte d'AZIB BEN CHERIF…… ……..…142
VIII.1. Emplacement…… ……...…142
VIII.2. Tracé en plan profil en long……... ……..……143
VIII.3. Caractéristique de la halte……..…… ……..……143

VIII.3.1. La longueur utile…… .144
VIII.3.2. Les Quais ……144
IX. Assainissement de la gare et halte …… ……..144
IX.1. Assainissement transversale…….……144
IX.2. Assainissement Longitudinale…….……144
X. Conclusion…… ……145

Chapitre XI : *Ouvrages d'art & terrassement*

I. Introduction ……..…146
II. Critères et hypothèses de conception choisies (méthodologie) ……..……147
II.1. Topographiques ……..……147
II.2. Hydrauliques……..……147
II.3. Routières ……..……151
II.4. Géologiques et sismiques……..……152
II.5. Géotechniques ……..…154
II.6. Constructives……..……154
III. Les viaducs de projet d'étude ……..…154
IV. Terrassement……155
IV.1. Analyse de la stabilité ……..……155
IV.2. Géométrie des talus ……..…155
IV.3. Application au projet ……..……156
IV.3.1. DEBLAIS……..…157
IV.3.2. Remblais ……..…157
IV.3.3. Décapage de terre végétale ……157
V. CALCUL DES VOLUMES DE TERRASSEMENT ……..…158
V.1. Les Cubatures ……..……158
V.1.1. Méthodes de calcul des cubatures ……..…158
V.1.2. Gisement granulaires ……..…159
V.1.3. Les passages supérieurs ……..…159
V.1.4. Les passages inférieurs……160
V.1.5. Chemins et routes parallèles…..……166
VI. Conclusion……..……157

Chapitre XII : *Signalisation Electrification*

I. Introduction……158
II. Signalisation……..……158
II.1. But de la signalisation……..…158
II.2. Description du système de signalisation……..…159
II.2.1. Système d'enclenchement……159
II.2.2. Type de signalisation……..…160
II.2.3. Système de détection de présence des trains…...166
II.2.4 Les aiguillages……168
II.2.5 Câbles……..……168
III. Electrification……169
III.1. Le système d'électrification ……..…169

III.2. Les caténaires……170
IV. Conclusion……171

Chapitre XIII : *Etude d'impacte d'environnement*

I. Introduction……172
II. Objectifs de cette étude……172
III. Description du milieu……172
III.1. L'air d'étude……172
III.2. Etude du milieu physique……172
III.2.1. Géomorphologie……173
III.2.2. Géologie et Lithologie……173
III.2.3. Climatologie……173
III.2.4. Hydrologie et hydrogéologie……174
III.2.5. Sismologie……174
III.3. Etude biologique……174
III.3.1. Végétation……174
III.3.2. Faune……174
III.4. Description du milieu humain……174
III.4.1. Dynamique Démographique……175
III.4.2. Activités économiques……176
III.4.3. Infrastructures de base……176
IV. Analyse d'impacte……177
IV.1. Milieu Physique……177
IV.1.1. Géologie et géomorphologie……177
IV.1.2. Climatologie……177
IV.1.3. Hydrologie……178
IV.1. Milieu Biologique……178
IV.2.1. Végétation……178
IV.2.2. Faune ……178
IV.2. Altérations causées par du bruit et des vibrations……179
IV.3. Altération paysagère des éléments du projet……179
IV.4. Milieu humain……180
IV.5. Les réseaux divers……181
IV.6. Impactes Positifs……181
V. MESURES TECHNIQUES D'INTÉGRATION ENVIRONNEMENTALE……181
V.1. Jalonnement (délimitation et signalisation) ……182
V.2. Lutte contre l'érosion ……182
V.3. Plan de routes, de chemins et de pistes du chantier……182
V.4. protction des zones de dépot et de stockage……182
V.5. Mesures préconisées pour la protection de la faune……182
V.6. Mesures contre le bruit……182
V.7. Végétalisation……183

V.8. Reconstruction d'habitation……..……..…..…183
VI. MESURES D'INSERTION ET D'ATTÉNUATION PROPOSÉES:_…….…183
VI.1. Milieu Physique…….……..…...183
VI.2. Milieu Biologique…….…….....…183
VI.3. Milieu Humain…….…….…..…184
VI.4. Milieu sonore…….…..……...…184
VI.5. Milieu visuel……...…..……..…184

VII. CONCLUSION…….……..184

Liste des figures

- Figure I.1.Carte des principales lignes de chemin de fer construites au 19ème siècle en Algérie 4
- Figure.I.2.Réseau ferroviaire actuel en Algérie 5
- Figure.II.1.situation géographique de la ville de Bejaia (Google Earth) 7
- Figure.II.2.communes de la wilaya de Bejaia 8
- Figure.II.3.Relief de la wilaya de Bejaia 9
- Figure.II.4.Carte en relief ombragé de Bejaia, recadrée à l'extérieur 9
- Figure.II.5.Réseau hydrographique de Bejaia 10
- Figure.II.6.Graphique Climatique de la ville de Bejaïa 12
- Figure.II.7.Carte de zonage sismique 13
- Figure.II.8.plan de situation de projet 15
- Figure.II.9.Situation géographique du tronçon d'étude 16
- Figure.II.10.situation de la gare et la halte conservées. 24
- Figure.III.1.Les constituants de la voie ferrée 27
- Figure.III.2.Section du rail Vignole UIC-54 28
- Figure.III.3.traverse bi bloc 30
- Figure.III.4.traverse mono bloc 30
- Figure.III.5.la fixation doub1ement élastique sur traverse en béton 31
- Figure.III.6.Schéma d'attache élastique 32
- Figure.III.7.Ballast utilisée pour la construction de chemins de fer 32
- Figure.III.8.schéma de branchement 33
- Figure.III.9.Branchement double 34
- Figure.III.10.Branchement jonction double 35
- Figure.III.11.traversée simple perpendiculaire 36
- Figure.III.12.traversée double 36
- Figure.III.13.Modèle descriptif des appareils de voie 37
- Figure.III.14 : Assemblage des rails par soudure 39
- Figure. IV.1.Les éléments du tracé en plan 41
- Figure.VI.1.Carte géologique du tracé de la vois 56
- Fig.VII.1.Moyenne mensuelle de l'isolation 74
- Fig.VII.2.Moyenne mensuelle d'évaporation 75
- Fig.VII.3.Moyennes mensuelles de la vitesse des vents 76
- Fig.VII.4.Moyenne des Humidités relatives mensuelles 77
- Fig.VII.5.Répartition mensuelle des pluies de la station de Bejaia 78
- Fig.VII.6.Répartition mensuelle des pluies de la station de Tazmalt 79

- Fig.VII.7.Franchissement de l'axe de la voie avec les différents oueds et les cours ---- d'eaux illustré avec le logiciel GLOBAL MAPPER 80
- Fig.VII.8.Délimitation des bassins versants par le logiciel GLOBAL MAPPER……81
- Fig.VII.9.Relation entre le coefficient de Gravelius et le débit de à l'exutoire 82
- Fig.VII.10.Dimensions du dalot 94
- Fig.VII.11. Fossé de forme trapézoïdale 101
- Fig.VII.12.Les dimensions du fossé adopté pour le long du tracé.....104
- Figure.VIII.1.les couche de la structure d'assise 107
- Fig.XI.1.L'emplacement de la gare d'AKBOU.....122
- Fig.XI.2.Le garage franc..... 123
- Fig.XI.3.Le schéma fonctionnel de la gare d'Akbou. 125
- Fig.XI.4.Les heurtoirs 127
- Fig.XI.5.Choix des appareils de voies 128
- Fig.XI.6.Implantation des ADV en tracé en plan 128
- Fig.XI.7.L'appareil de voie UIC54 1\12 : 500. 130
- Fig.XI.8.Schéma de l'appareil de voie.....131
- Fig.XI.9.Le profil en travers de la gare d'AKBOU 133
- Fig.XI.10.L'emplacement de la Halte d'AZIB BEN CHERIF 134
- Fig.XI.11.Le schéma fonctionnel de la halte d'AZIB BEN CHERIF 135
- Figure XII.1.Sens de comptage croissant des compteurs d'essieux.....160
- Figure XII.2.Exemple de système d'électrification ferroviaire (25 kV/50Hz)..... 162
- Figure XII.3.Schéma simplifié d'une électrification en 25 kV 50 Hz 163
- Figure XII.4.Un caténaire.....163
- Figure XIII.1.La répartition de la population sur la ville de Bejaia.....168
- Figure XIII.2.L'intersection de la ligne avec des propriétés.....172
- Figure XIII.3.L'intersection de la ligne avec des conduites de gaz.....173

Liste des tableaux

- Tab.II.1. les Températures moyennes de la wilaya de Bejaia (1991-2020)..... 11
- Tab.II.2. la moyenne des précipitations au niveau d la wilaya de bejaia..... 12
- Tab.II.3.classification des ouvrages selon le groupe d'usage..... 13
- Tab.II.4. Caractéristique technique du projet..... 15
- Tab.II.5. Caractéristiques géométriques du tracé existant..... 17
- Tab.II.6. Caractéristiques géométriques du tracé existant..... 17
- Tab.II.7. Caractéristiques des ouvrages singuliers qui traverse notre tronçon..... 18
- Tab.II.8.Caractéristiques d'emplacement de la gare..... 23
- Tab.II.9.caractéristiques d'emplacement de l'haltes..... 23
- Tabl.II.10.Les données du projet..... 24
- Tab.III.1. les principaux valeurs d'écrasements suivant différents pays..... 29
- Tab.III.2.Les différentes partie du cœur..... 34
- Tab.III.3.Caractéristiques géométriques des différents types de branchement..... 35
- Tab.IV.1.Valeurs limites des longueurs minimales des éléments du tracé (SNTF)..... 43
- Tab.IV.2.Valeurs limites du devers (SNTF)..... 44
- Tab.IV.3.Valeurs limites de l'Insuffisance du devers (SNTF)..... 44
- Tab.IV.4.Valeurs limites de l'excès du devers (SNTF)..... 45
- Tab.IV.5.Valeurs limites de la variation du devers (SNTF)..... 45
- Tab.IV.6.Valeurs limites de la variation de l'insuffisance du devers (SNTF)..... 46
- Tab.IV.7. Paramètres du tracé en plan..... 47
- Tab.IV.8. Valeurs d'application au projet..... 47
- Tab.IV.9. Valeurs des dévers correspondant à chaque rayon..... 48
- Tab.IV.10. Contrainte rencontré dans le tracé..... 49
- Tab.V.1. La variation Déclivité maximale..... 52
- Tab.V.2. paramètres de longeur de declivités..... 52
- Tab.V.3.variation des raccords de declivité selon la S.N.T.F..... 53
- Tab.VI.1.Les lectures des coupes des sondages carottés..... 58
- Tab.VI.2. Coupe des puits de reconnaissance..... 60
- Tab.VI.3. Coupe des puits de reconnaissance..... 62
- Tab.VI.4. paramètres des essais pénétrométriques..... 62
- Tab.VI.5. Résultats physique des Essais sur les Échantillons provenant de puits de reconnaissance..... 64
- Tab.VI.6. Résultats physique des Essais sur les Échantillons provenant de sondages carottés..... 66
- Tab.VI.7. Résultats des Essais chimiques..... 67
- Tab.VI.8.Coordonnées des points du sondages carottée..... 68
- Tab.VI.9. La lithologie des sondages carottés réalisé..... 68
- Tab.VI.10.coupes géologiques détaillées..... 69
- Tab.VI.11. résultats des essais SPT..... 69
- Tab.VI.12. Paramètres des essais pénétrométriques..... 70
- Tab.VI.13. Échantillons provenant de puits de reconnaissance..... 71
- Tab.VI.14. Échantillons provenant de sondages carottés..... 72

- Tab.VII.1.Durées moyennes mensuelles d'ensoleillement (heures / jour) 73
- Tab.VII.2.Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation 74
- Tab.VII.3. Fréquence des directions des vents dominants au sol..... 75
- Tab.VII.4. Vitesses des vents mensuels en m/s..... 76
- Tab.VII.5.moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité..... 76
- Tab.VII.6. Ajustement à une loi normale des pluies annuelles (fréquences humide) 77
- Tab.VII.7.Répartition des pluies mensuelles de la station de Bejaia 78
- Tab.VII.8.Répartition des pluies mensuelles de la station de Tazmalt..... 79
- Tab.VII.9.Pluies Max. journalières (en mm) 80
- Tab.VII.10. Les caractéristiques des bassins versants..... 83
- Tab.VII.11.Les pluies journalières maximales pour différentes périodes de retour 87
- Tab.VII.12. Les valeurs des intensités des pluies pour différentes périodes de retour..... 88
- Tab.VII.13.Calcul des temps de concentration pour le BV12. 90
- Tab.VII.14.les P_{jmax} pour différentes périodes de retour du BV 12. 91
- Tab.VII.15.Valeurs de Ks selon SETRA 94
- Tab.VII.16.Caractéristiques du BV12 94
- Tab.VII.17.Les dimensions du dalot instauré 95
- Tab.VII.18. Vérification des conditions d'autocurage pour le dalot 95
- Tab.VII.19. Caractéristiques du BV08. 96
- Tab.VII.20. Les dimensions de la buse instaurée..... 96
- Tab.VII.21. Vérification des conditions d'autocurage pour le dalot 96
- Tab.VII.22. Dimensions du système de drainage transversal le long du tracé 97
- Tab.VII.23. Les rétablissement des écoulements 98
- Tab.VII.24.Calcul des débits d'apport de la plateforme, les bermes et les talus 103
- Tab.VII.25.Calcul hydraulique pour les ouvrages singuliers..... 105
- Tab.VII.26.Calcul hydraulique pour le viaduc de oued Illoula..... 106
- Tab.VIII.1.Paramètres de calcule du trafic fictif..... 110
- Tab.VIII.2.classification des vois selon le trafic fictif..... 111
- Tab.VIII.3. Classification de la de qualité de la plateforme 113
- Tab.VIII.4.classification de portance de la plateforme..... 113
- Tab.VII.5.Paramètres de dimensionnement 114
- Tab.VIII.6. Paramètres de dimensionnement appliqués au projet 115
- Tab.VIII.7.Structure d'assise 116
- Tab.IX.1. Caractéristiques géométriques des différents profils en travers type du tracé .119

Tab.X.1.La longer de glissement en fonction de la vitesse 123

- Tab.X.2.Les longueurs utile des voies……..124
- Tab.X.3.Les caractéristiques des quais adoptés pour la Gare d'AKBOU 126
- Tab.X.4.L'emplacement des quais de la gare d'AKBOU 126
- Tab.X.5.L'emplacement des heurtoirs..... 127
- Tab.X.6.Caractéristiques des appareils de voie..... 130
- Tab.X.7.Coordonnées des appareils de voie 131
- Tab.X.8.Drainage longitudinal des gares..... 136
- Tab.XI.1. les caractéristiques des viaducs projetés 138
- Tab.XI.2. Les caractéristiques de chaque déblai 140
- Tab.XI.3 Les paramètres géotechniques des terrains affectés par le déblai 141
- Tab.XI.4. Les paramètres géotechniques des matériaux touchés par les excavations du--- tracé..... 141

- Tab.XI.5. Résultats de vérification de stabilité des talus en déblais..... 142
- Tab.XI.6.Réutilisation des matériaux 143
- Tab.XII.7. Les caractéristiques de chaque remblais……..144
- Tab.XI.8. Les paramètres géotechniques des matériaux adoptés pour chaque remblai ..144
- Tab.XI.9. Résultats de vérification de stabilité des talus en remblais 145
- Tab.XI.10. Les épaisseurs de terre végétale sur le tronçon de 15km 146
- Tab.XI.11. Récapitulatif des volumes de terrassement..... 147
- Tab.XI.12. Récapitulatif des volumes des couches d'assise 148
- Tab.XI.13. Les gisements 148
- Tab.XI.14. les passages supérieurs projetés..... 149
- Tab.XI.15. Les passages inférieurs projetés.....150
- Tab.XI.16. Les passages parallèles projetés.....150
- TabXII.1.signal de voie libre 154
- TabXII.2.Signalisation d'arrêt 154
- TabXII.3.Signalisation d'arrêt(2)..... 156
- TabXII.4.Signalisation de limitation de vitesse 157
- TabXII.5.Signalisation de direction..... 158
- Tab.XIV.1.le devis estimatif du projet.....178

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie possède un système de transport très étendu utilisant l'ensemble des modes : routier, ferroviaire, maritime, aérien, le cabotage national et enfin le transport par canalisation des produits d'hydrocarbures.
Le transport ferroviaire joue un rôle important pour la desserte des ports et des grands centres urbains de la bande côtière. Il a évolué en rapport avec les activités agricoles, minières et industrielles, la croissance et le déploiement des populations et en réponse également à des exigences de défense nationale.

Les lignes principales sont proches de la côte et pratiquement parallèles à elle, mais le réseau comporte aussi des ramifications reliant des zones moins développées ainsi que des pénétrantes desservant les gisements miniers. Il existe également un trafic important de banlieue au niveau des principales villes du Nord, Alger, Annaba et Oran.

La mise en œuvre d'une stratégie de développement du réseau ferré au regard des transformations socio-économiques et de l'accroissement de la demande de transport de marchandises et de voyageurs a conduit a se projeter pour effectuer des travaux de modernisation et rectification de plusieurs lignes éventuellement la ligne ferroviaire de Bejaia-Beni Mansour.

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.

La réhabilitation et la modernisation de cette voie contribueraient à donner un autre souffle pour les activités socio-économiques de la région; il tend à fournir aux utilisateurs un moyen de transport plus rapide et moderne, a augmenter la part du transport ferroviaire dans cette région, réduire les coûts d'aménagements de nouvelles infrastructures en maintenant le même couloir, et augmenter et optimiser l'utilisation de cette voie par les dirigeants du secteur ferroviaire au niveau de cette région.

Notre projet de fin d'étude, objet de cette thèse consiste a faire une rectification dans le but de moderniser la ligne sur un tronçon de 15 km de la ligne Beni Mansour / Bejaïa.
Notre travail s'articule sur les aspects suivants :

- ➢ Présentation du projet;
- ➢ Etude géométrique, géologique et géotechnique;
- ➢ Etude hydrologique et hydraulique ;
- ➢ Dimensionnement de la structure d'assise;
- ➢ Profils en travers de la ligne projetée;
- ➢ Terrassements et ouvrages;
- ➢ Aménagement de la Gare d'AKBOU et la Halte d'AZIBE BENCHERIF ;
- ➢ Signalisation, électrification et Impact sur l'environnement :
- ➢ Enfin on terminera sur un devis estimatif de notre projet.

CHAPITRE I

Recherche Bibliographique

Chapitre I : Recherche Bibliographique : La voie ferrée en Algérie.

I. Introduction

Le chemin de fer est l'avatar né au 19éme siècle du transport terrestre guidé. Il est actuellement un moyen de déplacement sur et fréquemment utilisé, aussi bien pour les voyageurs que pour le transport des marchandises.

Longtemps considéré comme une curiosité dans l'évolution de l'activité socio-économique, l'infrastructure ferroviaire devient un secteur qui accrédite une stratégie rationnelle (rigoureuse) d'amélioration et d'aménagement de territoire afin d'aboutir à une induction économique fiable d'une part et satisfaire aux besoins de la population d'autre part.

II. Avantage des chemins de fer

Le transport ferroviaire possède un impact indéniable sur la croissance. Il est le complément essentiel aux autres modes. Peu polluant, plus sûr, plus économique en termes d'énergie, il s'intègre parfaitement dans l'environnement ; il joue un rôle indiscutable dans l'aménagement du territoire et le désenclavement des zones déshéritées.

Aussi, doit-il mériter un intérêt prioritaire pour sa sauvegarde, son extension, et l'amélioration de ses performances.

Dans la compétition des divers moyens de transport, le chemin de fer garde des atouts nombreux et importants et notamment ceux relatifs à :

- la régularité et la ponctualité
- la rapidité et le confort
- la sécurité, etc.…

Il est également reconnu que pour le transport de masse et le transport des pondéreux, le chemin de fer est un moyen de transport économique et quasi idéal ; à titre illustratif un train céréalier complet équivaut à 55 semi-remorques **(A)** cela vient s'ajouter la préoccupation de la protection de l'environnement liée :

- à la congestion (routière/autoroutière)
- à la pollution (émission de CO2 à effet de serre),
- aux dommages corporels et matériels (coûts économiques élevés des accidents de la route).

La congestion des routes accroît la consommation d'énergie, amplifie les nuisances sur l'environnement et affecte l'efficacité économique des systèmes de transport. A titre d'exemple, la proportion d'émissions totales de CO2, en Europe, en 1994, se décompose par sous secteur de transport, comme suit :

- Route : 79 %
- Avion : 11 %
- Chemin de Fer : 4 %
- Autres moyens : 6 %.

III. Réseau ferroviaire en Algérie

Le transport ferroviaire en Algérie joue un rôle important pour la desserte des ports et des grands centres urbains de la bande côtière. Il a évolué en rapport avec les activités agricoles, minières et industrielles, la croissance et le déploiement des populations et en réponse également à des exigences de défense nationale. Le réseau ferroviaire comporte aussi des ramifications reliant des zones moins développées ainsi que des pénétrantes desservant les gisements miniers. Il existe également un trafic important de banlieue au niveau des principales villes du Nord, Alger, Annaba et Oran.

III.1. Développement du réseau ferroviaire en Algérie

A l'époque coloniale, les occupants Français ont décidé de créer un réseau de chemin de fer en Algérie visant à mailler tous le nord du pays avec le double objectif de l'utiliser comme un outil logistique de pacification des territoires et un moyen de transfert des richesses algériennes vers la métropole. Ce réseau ferroviaire algérien a été créé en trois étapes principales :

III.1.1. Premier plan de développement :

Sous les auspices de Napoléon III et du Duc de Morny, le décret impérial du 8 avril 1857 établit le premier plan de développement qui porte sur la ligne principale Oran-Alger-Constantine (881 km) et 6 lignes de raccordement aux principaux ports (Philippeville, Bougie, Bône, Ténès, Arzew). Trois tronçons prioritaires ont été confiés à la Compagnie des chemins de fer de l'Algérie coloniale : Alger-Blida en 1862 (L'armée avait d'abord construit la section Alger-Boufarik en 1858), Oran-Saint Denis du Sig (1868), Philippeville-Constantine (1870), la construction de ces deux dernières ayant été transférée à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. Au titre de ce premier plan seront également construits les tronçons Constantine-Sétif (1879- 1881), par la Compagnie de l'Est Algérien, et Blida Saint Denis du Sig (1868-1871) par le PLM, ainsi que des lignes à l'ouest de l'Algérie par la Compagnie de l'Ouest Algérien. Par ailleurs, la Compagnie Franco-Algérienne réalisera les lignes à voie étroite Arzew-Saïda-Aïn Sefra **(1879-1887)** et Mostaganem- Tiaret. Ce sont 1.365 km qui ont alors été réalisés.

III.1.2. Deuxième plan de développement :

Sous la Présidence de Jules Grévy (Troisième République) un deuxième plan de développement sera adopté le 18 juillet 1879. Il comporte de nombreuses extensions au réseau du premier plan de développement, prévoyant 1.747 km de nouvelles lignes. La Compagnie de l'Ouest Algérien effectuera les travaux à l'ouest (Sidi-Bel-Abbès et Crampel), la Compagnie Franco Algérienne réalisera la voie étroite de Mostaganem-Tiaret. La Compagnie de l'Est Algérien assurera, de Sétif à Ménerville, le bouclage de la ligne Constantine-Alger. La Compagnie de l'Est Algérien complétera le réseau principal à l'est, ainsi que la desserte du sud à voie étroite, Biskra (1882) et Kenchela (1905). De 1879 à 1906 des lignes d'une longueur de 2.035 km seront construites.

III.1.3. Troisième programme de développement :

Élaboré en 1907, portant sur 1.256 km de nouvelles lignes sera engagé. En 1946, le réseau algérien atteindra une longueur de 5.014 km.



Figure I.1. Carte des principales lignes de chemin de fer construites au 19ème siècle en Algérie.

Depuis l'indépendance du pays, et après que la Société nationale des chemins de fer français en Algérie devienne la Société nationale des chemins de fer algériens (en gardant le même sigle SNCFA) le 16 mai 1963, ce réseau a beaucoup évolué : déclassement de tronçons, construction de nouvelles lignes, doublement de voies, électrification de certains tronçons. À la fin des années 1990, la SNTF exploite un réseau de 3 500 km.

III.2. Réseau actuel en Algérie

Avec l'ambition de connecter toutes les villes, le réseau ferroviaire algérien est classé à la 45e place sur 138 pays au monde et occupe la 6e place au niveau Africain, il est aussi le premier par rapport aux pays maghrébins, comptant plus de 4 500 km dont :

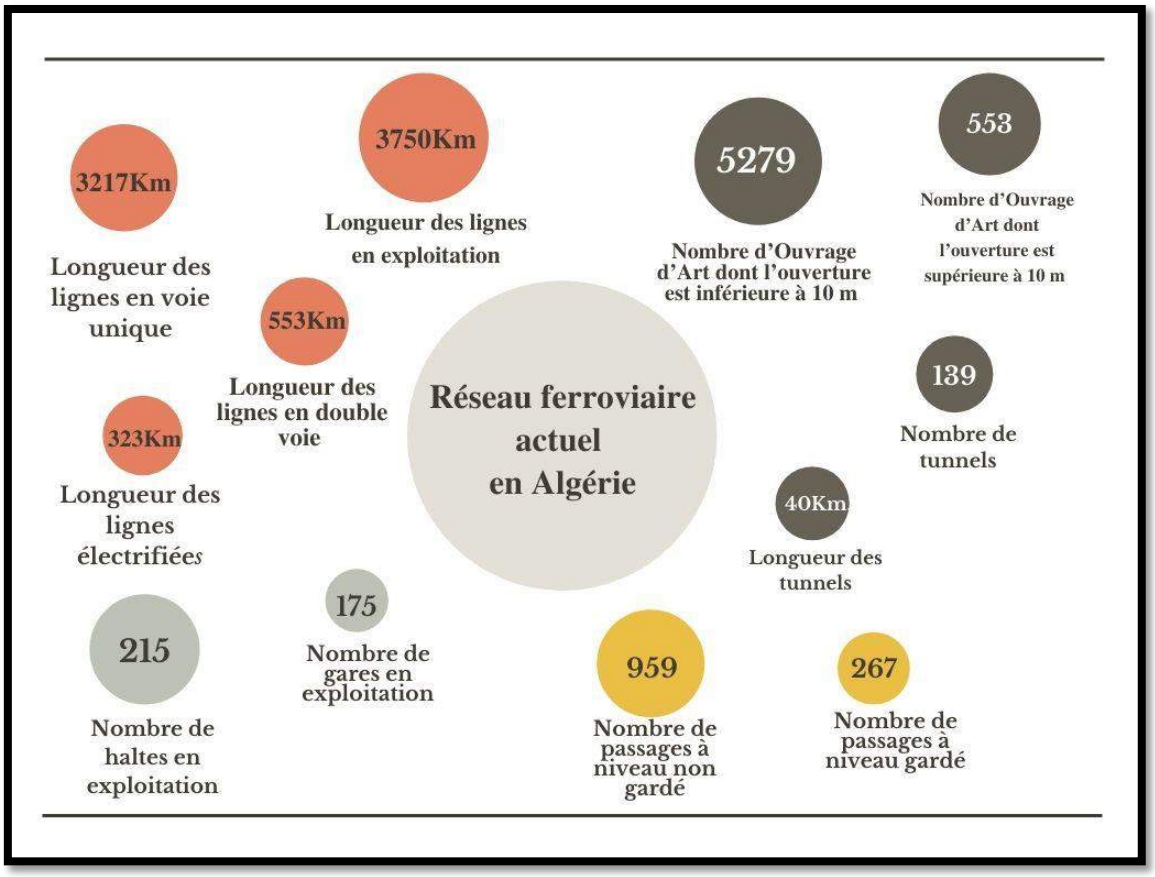


Figure.I.2.Réseau ferroviaire actuel en Algérie.

III.3. Programme de développement national

Le secteur ferroviaire en Algérie connaît aujourd'hui une véritable relance, une importante enveloppe servira à la modernisation de l'infrastructure ferroviaire, devenue une nécessité absolue compte tenu de la vétusté de l'infrastructure existante, mentionnant le schéma directeur du plan de développement des transports ferroviaires à l'horizon 2025.

Le programme du secteur ferroviaire a donné la priorité à la modernisation de la rocade Est/Ouest (Annaba-Oran), l'achèvement des lignes pénétrantes vers l'intérieur du pays et au lancement des études nécessaires aux travaux de réalisation de la rocade des Hauts-Plateaux et de la boucle du Sud. La mise en service d'un réseau moderne aura pour effet de réduire les temps de parcours des trains et de relier villes et villages d'Algérie. Le programme de développement des infrastructures ferroviaires comprend la densification et le renforcement de la rocade nord qui permettra la desserte ferroviaire de nouveaux pôles d'activité industrielle ou portuaire et une meilleure organisation des acheminements.

Le contenu de la feuille de route du plan d'orientation des voies ferrées issu du Schéma national de l'aménagement du territoire (SDAT) prévoit l'introduction des systèmes modernes de communication et de signalisation, le doublement de plusieurs voies ferroviaires, la rénovation du parc roulant ainsi que la formation et le recrutement du personnel.

Le réseau ferroviaire algérien est passé de 1 800 km en 2000 à environ 4 200 km

Les projets ferroviaires revêtent « un caractère stratégique » et visent à faciliter l'acheminement des marchandises des ports algériens vers les pays africaines Nigéria etc. voisins et de la région, notamment le Mali, le Niger, la Mauritanie, le Tchad, le Nigéria etc…

IV. Conclusion

Le transport ferroviaire possède un impact indéniable sur la croissance d'un pays, ceci est aussi vrai qu'il joue un rôle indiscutable dans l'aménagement du territoire et le désenclavement des zones déshéritées.

C'est ainsi que l'Algérie doit certifier que le rail soit au cœur de son développement national, de ce fait elle est sujette d'intensifier ses travaux dans ce secteur afin d'obtenir un réseau ferroviaire assez dense touchant presque tous les différents régions de pays. Le projet ferroviaire objet de notre travail s'inscrit dans cette optique.

CHAPITRE II

Présentation du projet

Chapitre II : Présentation du Projet.

I. Introduction

Le projet de dédoublements et de modernisation de voie sur la ligne existante à voie unique reliant Béni Mansour à Bejaia, a pour objectif d'augmenter les capacités de transport sur des lignes à voie unique saturées ; il conduit également à améliorer la qualité de l'offre de service, particulièrement pour ce qui concerne le trafic des voyageurs en s'inscrivant dans le programme de soulagement du trafic de la RN26 mais également du développement économique local et national, et ce en augmentant la vitesse à 160 km/h ainsi que le gabarit du train pour améliorer leurs ponctualité et permettre un échange de marchandise bien plus efficace.

Ce projet initié par l'état Algérien s'inscrit dans le programme complémentaire du soutien à la croissance.

II. Présentation de la zone

Notre tronçon d'étude se situe dans la wilaya de Bejaia, une brève présentation de la zone s'impose comme suite.

II.1. Description de la ville de Bejaia

Bejaïa est une commune d'Algérie, aussi le chef-lieu de la wilaya **(département)** et de la daïra du même nom. Bejaïa est située à **220 km** à l'est de la capitale Alger, à **93 km** à l'est de **Tizi Ouzou**, à **81,5 km** au nord-est de **Bordj Bou Arréridj**, à **70 km** au nord-ouest de **Sétif** et à **61 km** à l'ouest de **Jijel**.



Figure.II.1.situation géographique de la ville de Bejaia (Google Earth)

Grâce à sa situation géographique, le plus important pôle industriel de la région, notamment par la concentration de nombreuses industries, et la présence d'un des plus grands ports pétroliers et commerciaux de Méditerranée. **Bejaïa** est également dotée d'un aéroport international, c'est ainsi qu'elle représente un pôle économique important local et national.

La ville de **Bejaïa** s'étend sur **120,22 km²** et compte **177 988** habitants (recensement de **2008**) pour une densité de **1 480,52** habitants par **km²**. L'altitude minimum est de **1 m**, l'altitude maximum est de **660 m**, l'altitude moyenne est de **949 m**. Elle bénéficie du climat méditerranéen continentale avec un hiver froid et assez humide et un été chaud et sec.



Figure.II.2.communes de la wilaya de Bejaia

II.2. Géologie de la zone

La région de Bejaia est formée d'unités structurales comprenant, un socle cristallophyllien affleurant dans la région de Bouhatem (Schistes à séricite, Quartzites, Cipolins et pegmatites) et des formations sédimentaires composées du Jurassique, de flyschs crétacés et tertiaires respectivement massylliens, mauritaniens et numidiens, du Miocène et du Plio-Quaternaire. Plusieurs contacts anormaux soulignent les grandes structures plissées et sont en majorité à regard Nord, chevauchants, avec une composante latérale dextre, délimitant des lanières (ou pop- up) d'échelle cartographique. Des failles normales à regard Nord se développent parfois à l'arrière des chevauchements induisant l'affaissement de la partie Nord. Des décrochements senestres à composante normale affectent tardivement l'ensemble des structures.

II.3. Relief

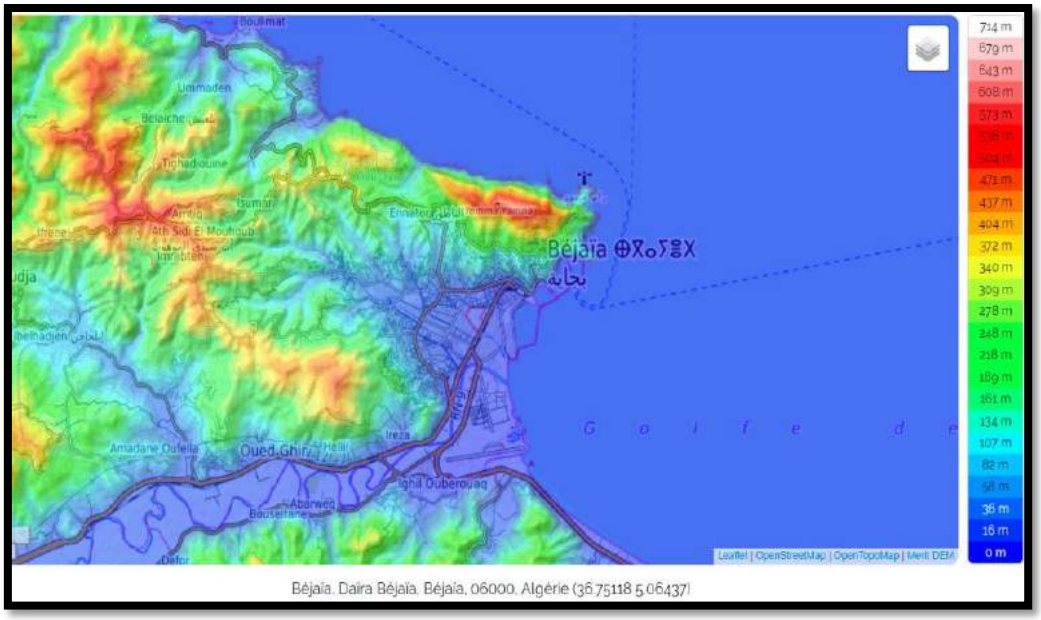


Figure.II.3.Relief de la wilaya de Bejaia

La région de Bejaia est caractérisée par sa topographie relativement vallonnés et accidentés (un relief irrégulier) avec une altitude maximale d'environ 1571 m et une altitude minimale de l'ordre de 113 m, avec des marches qui interrompent la continuité des pentes.



Figure.II.4.Carte en relief ombragé de Bejaia, recadrée à l'extérieur

II.4. Réseau Hydrographique

La ville de Bejaia se situe a proximité de la mer. Cette région connait un réseau hydrographique assez dense dont les principaux cours sont l'Oued Soummam et Oued Seghir. Son réseau hydraulique est constitué de cours d'eau temporaires alimentés par de nombreux torrents le long des pentes de montagnes. Ces cours d'eau débouchent en majorité dans l'Oued Seghir mis à part ceux situés au sud. Ceux la sont pratiquement tous des affluent de l'Oued Soummam qui est le principal collecteur des eaux superficielles de la région présentant un écoulement régulier et se jette dans la baie de Bejaia, celui-ci répond suffisamment aux besoins agricoles dans les environs de la ville.



Figure.II.5.Réseau hydrographique de Bejaia.

II.5. Climat

Béjaïa bénéficie d'un **climat méditerranéen**, qui est un type de climat tempéré. Il s'agit, plus précisément, d'après la classification de Köppen-Geiger, d'un climat méditerranéen à été chaud (Csa) Sur l'année.

II.5.1. Température :

À Bejaia, la température moyenne du mois le plus froid (janvier) est de 12.0 °C, celle du mois le plus chaud (août) est de 26.1 °C. La température moyenne annuelle est de 18.3 °C.

Voici les températures (°C) moyennes :

Tab.II.1. les Températures moyennes de la wilaya de Bejaia (1991-2020)

Bejaia - Températures moyennes (1991-2020)			
Mois	**Min (°C)**	**Max (°C)**	**Moyenne (°C)**
Janvier	7	17	12
Février	7	17	12.1
Mars	9	19	14
Avril	11	21	15.8
Mai	14	23	18.6
Juin	18	27	22.2
Juillet	21	30	25.1
Août	21	31	26.1
Septembre	19	28	23.7
Octobre	16	26	20.9
Novembre	12	21	16.3
Décembre	9	18	13.2
An	13.7	23	18.3

Note : Le record de chaleur est de **47°C** enregistré le **mercredi 3 août 1988** et le record de froid de **-4°C** enregistré le **dimanche 2 février 2003**.

II.5.2. Précipitation :

À Bejaia, les précipitations totalisent 750 millimètres par an : elles sont donc à un niveau intermédiaire. Au mois le moins pluvieux (juillet) elles s'élèvent à 6 mm, dans le mois le plus pluvieux (janvier) elles s'élèvent à 115 mm.

Voici la moyenne des précipitations :

Tab.II.2. la moyenne des précipitations au niveau d la wilaya de bejaia

Bejaia - Précipitations moyennes		
Mois	**Quantité (mm)**	**Jours**
Janvier	115	11
Février	95	8
Mars	80	8
Avril	55	11
Mai	40	6
Juin	15	2
Juillet	6	1
Août	10	2
Septembre	60	6
Octobre	70	8
Novembre	100	10
Décembre	100	10
An	750	84

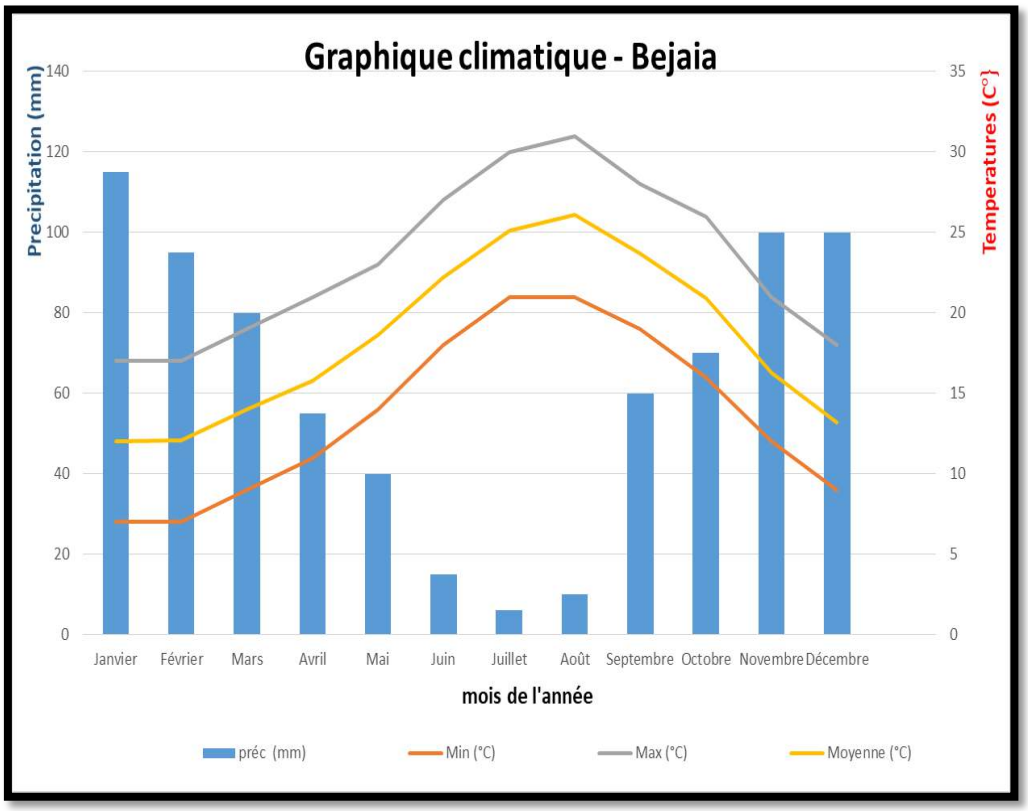


Figure.II.6.Graphique Climatique de la ville de Bejaïa

II.6. Sismicité

D'après le Règlement Parasismique Algérien (RPOA 2008), publié par le Centre de Génie Parasismique C.G.S, le territoire national a été subdivisé en cinq (05) zones de sismicité croissante, définies ci-dessous :

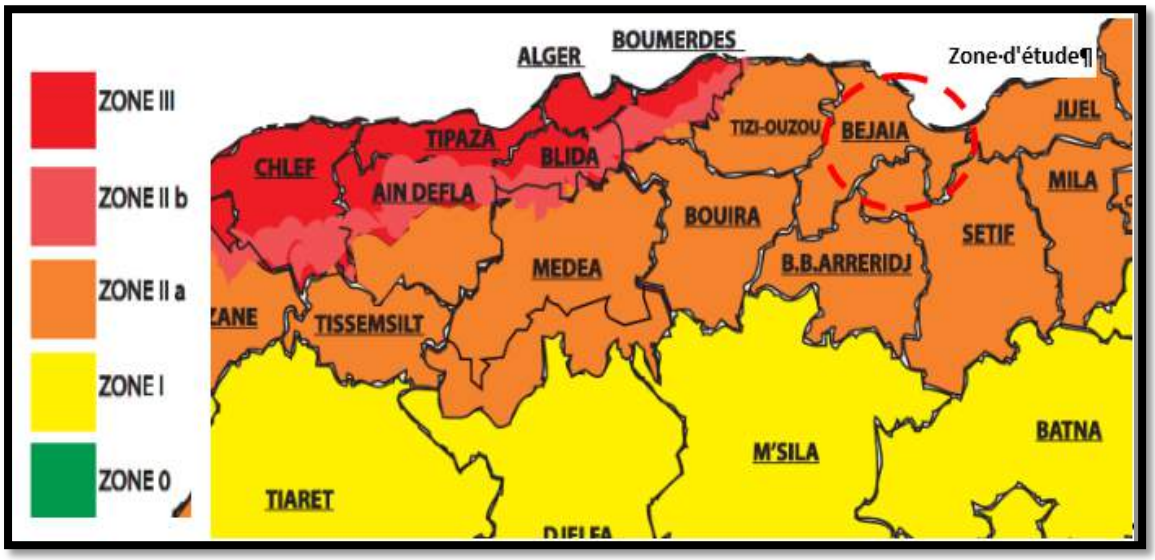


Figure.II.7.Carte de zonage sismique, après le séisme de BOUMERDES (CGS, 2003).

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

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés. Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes RPOA 2008 doit être classé dans l'un des trois groupes définis ci-après :

Tab.II.3.classification des ouvrages selon le groupe d'usage.

Groupe d'usage	Importance
Groupe 01	stratégique
Groupe 02	important
Groupe 03	d'importance moyenne

Les données de séisme sont conformes au projet de règlement parasismique des ouvrages d'art RPOA2008:

- Zone Sismique: **zone IIa : Sismicité moyenne.**
- Classification de l'Ouvrage : **Groupe 2**

III. Description générale du projet

Le projet s'inscrit dans le cadre des objectifs du plan national de modernisation du secteur ferroviaire, il fut confié à un groupe d'entreprises nationales, parrainées par le groupe Cosider. Ce projet porte sur la réhabilitation et certes la modernisation des installations ferroviaires de la ligne reliant **Béjaïa** à **Beni Mansour**. En effet, ce projet est conçu de manière à rectifier les lignes ferroviaires ce qui permettra d'atteindre la vitesse maximale de **160 km/h** au lieu de 70 à 80km/h actuellement et améliorer le niveau de sécurité sur ce tronçon en supprimant, notamment, une centaine de passages à niveaux.

Cette ligne ferroviaire, longue de **87km**, accompagnera en parallèle celui de la pénétrante autoroutière reliant **Bejaïa** à l'autoroute est-ouest, soit longera le lit de l'oued Soummam ou, à défaut, se limitera à la servitude de l'actuel chemin de fer. La trace concerné traversera un relief où les terrains sont relativement vallonnés et accidentés, logera la vallée de **l'Oued Sahel** suivie de la vallée de **l'Oued Soummam** d' importants viaducs ont été projetés afin de permettre la traversée de ces dernières

Il y est prévu, en effet, outre la réhabilitation, voire la rénovation de neuf (9) gares (**Tazmalt**, **Akbou, Sidi-Aich, Takerietz, Ilmatene, El-kseur, Oued-Ghir** et **Bejaia**), muni aussi de quatre haltes à **Allaghane**, **Azib Ben Chrif**, **Oued Ghir** et une autre à hauteur de la gare routière de **Béjaia**, la réalisation de **55** ouvrages d'arts, dont trois **(3)** tunnels au niveau de **Sidi Aich**, **Ilmathen** et **Takeritz**, la suppression de tous les passages à niveau, jonchant le parcours, soit **98** unités, et la mise en place, pour des raisons de sécurité, de plusieurs passages souterrains et supérieurs.

III.1. Objectif du projet :

Ce projet a des objectifs sociaux-économiques, d'une part l'augmentation de la vitesse à **160 km/h** et le dédoublement de la voie fournit aux utilisateurs un moyen de transport plus rapide et moderne avec un haut degré de performance, améliore leurs niveau de confort et de sécurité, mais aussi augmente la part du transport ferroviaire dans cette région pour ainsi soulager la **RN2**6 et la pénétrante. Son impact en fait est d'un enjeu capital. En réduisant les temps de desserte, Alger, à titre d'exemple, sera joignable en **2h30** mn, il facilitera donc les déplacements entre Bejaïa et la capitale et le développement de la cadence d'activités entre les deux villes. D'une autre part, sa particularité tient dans les jonctions qu'il autorise avec le port de Bejaia, celui-ci étant un port commercial stratégique représentant un poumon économique qui va pouvoir ainsi dégager ou accueillir directement ses frets, d'un coté, et d'un autre, avec les zones industrielles de **Taharacht (Akbou**) et **El-kseur**, auxquelles il sera offert l'opportunité d'améliorer leur trafic vu l'augmentation de la vitesse à **160 km/h** ainsi que le gabarit du train ce qui permettra un échange de marchandise bien plus efficace et donc les bénéfices financiers de ce projet seront assurés. De plus, opter pour un dédoublement dans ce projet de modernisation permet de réduire les coûts d'aménagements des nouvelles infrastructures en maintenant le même couloir.



Figure.II.8.plan de situation de projet

III.2. Caractéristiques du Projet :

Tab.II.4. Caractéristique technique du projet.

Caractéristique technique	Description	Remarque
Longueur de la ligne	88.8 km	/
Écartement des rails	1.435 m	Une voie normale
Type de rails	Rails UIC 54	
Type d'Attache	Attache élastique	
Type de Traverses	La traverse est en bibloc type B440	
Ballast	GC (grave concassée) 25/50 mm	
Vitesse marchandises	70km/h	
Vitesse voyageurs	80 km/h	
Charge à l'essieu pour la superstructure	20 tonnes	
Charges à l'essieu pour les ouvrages d'art	25 tonnes	
Rayon Minimum de courbe	200 m	Sur les tronçons difficiles
Déclivité Maximale	13 ‰	
Mode de traction	Non électrique	
Type de trafic	Mixte : trains voyageurs et trains marchandises	
Largeur de la plateforme	8m	

Gares principales	09	02 sont hors service.
Haltes	04	03 sont hors service.
Passages à niveau	98	
Ouvrages d'art	21 ponts métalliques 05 ponts en béton	ouverture >10 m
Tunnels	03	

IV. Description du projet d'étude

IV.1. Localisation du projet d'étude

Notre projet de fin d'étude se caractérise par l'élaboration d'une étude de dédoublement de la voie ferroviaire et rectification du tracé afin d'augmenter la vitesse à **160 km\h**.

Notre itinéraire, de **15 km**, va épouser, voire chevaucher la ligne existante du tracé qui démarre au niveau du pk **20+000 km** au pk **35+000 km** de la ligne Béni **Mansour** / **Bejaïa** avec conception de la gare d'**Akbou** au niveau de pk **25+000 km**.

Notre couloir choisi, passera par les communes **d'Akbou** jusqu'à la commune d'**Ouzellaguen**, il traverse un terrain vallonnés à pentes moyennes.

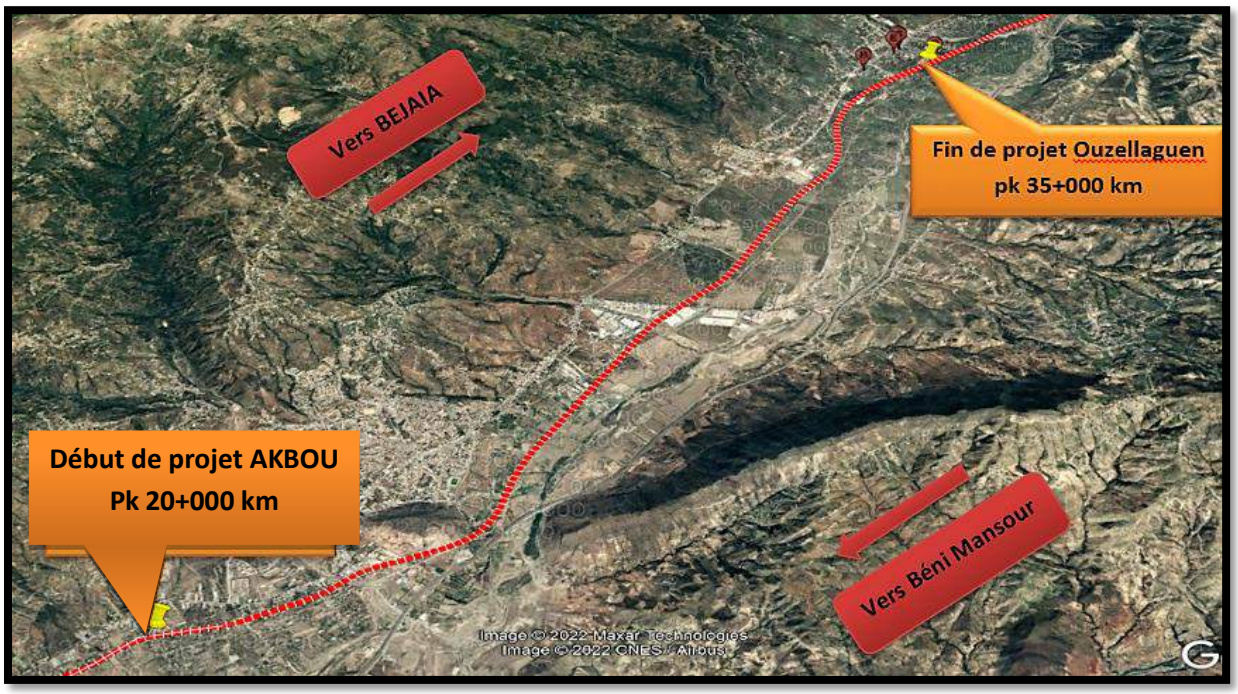


Figure.II.9.Situation géographique du tronçon d'étude (GOOGLE EARTH).

IV.2. Aperçu sur la voie existante

Dans la démarche de la modernisation et rectification de trace ferroviaire reliant Bejaïa a **Béni Mansour**, il est primordiale de prendre en considération les caractéristiques et les éléments de tracé de la voie existante, en effet on s'est contenter à faire une analyse multicritères du projet d'étude. On aura une vue sur les éléments existants sur la ligne de notre tronçon qui s'étends sur **15km** soit du : **PK 20+000** au **PK 35+000**.

IV.2.1. Caractéristiques géométriques du tracé existant

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

Tab.II.5. Caractéristiques géométriques du tracé existant

Courbe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Rayon	600	550	480	380	460	720	246	1600	480	653	420

IV.2.2. Les passages à niveaux

L'énumération des passages a niveaux rencontrés dans la conception ainsi que leurs localisations et leurs caractéristiques est un point très important établie après une visite sur site et cela dans le but de réaliser les rétablissements de la communication routière par-dessus ou par-dessous la ligne. Ci présent les listes de tous les passages a niveau en fonction de leurs classification selon le type d'interférence avec la voie ferrée :

Tab.II.6. Caractéristiques géométriques du tracé existant

Nb°	PK	le type
1	20+920	Passage a niveau
2	21+220	Chemin
3	22+575	Passage a niveau
4	22+950	Passage a niveau
5	23+125	Chemin
6	24+990	Chemin
7	25+225	Passage a niveau
8	25+500	Chemin
9	25+465	Chemin
10	26+330	Passage a niveau
11	26+400	Chemin
12	26+560	Chemin
13	27+680	CW141
14	32+300	Passage a niveau
15	33+375	Passage a niveau
16	33+400	Passage a niveau
17	34+100	Passage a niveau
18	34+660	Chemin

19	34+700	Chemin

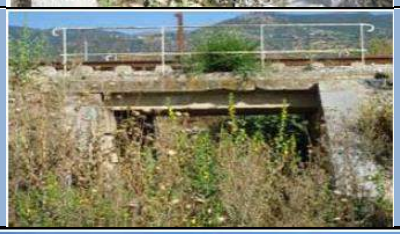
IV.2.3. Les ouvrages

Une visite sur chantier a été réalisée dans le but d'énumérer tous les ouvrages existants sur la ligne étudiée ainsi que leurs emplacements et leurs caractéristiques. Ici bas les listings des ouvrages singuliers qui traverse notre tronçon :

Tab.II.7. Caractéristiques des ouvrages singuliers qui traverse notre tronçon

Nb°	PK Ancien	Ouvrage	Aperçu
1	20+160	Dalot Ø 800 mm	/
2	20+393	Pont en béton L =4 m	
3	20+825	Dalot Ø 800 mm	
4	21+012	Viaduc Oued Illoula L=50m	
5	21+367	Dalot Ø 800 mm	/
6	21+513	Pont dalle L= 4 m	
7	21+761	Dalot Ø1000	/

8	21+838	Dalot Ø 600 mm	
9	22+312	Dalot Ø1000	
10	22+850	Dalot métallique L= 4x1 m	
11	23+426	Dalot Ø 2000 mm	
12	23+920	Dalot Ø 1000 mm	
13	24+508	Dalot 0.50 x 1 m	
14	24+793	Dalot Ø 1000 mm	

15	25+438	Pont en béton L = 5m	
16	25+800	Dalot 1.50 x 1 m	
17	26+180	Dalot Ø 3000 mm	
18	26+838	Dalot 1.50 x1.50 m	
19	27+100	Dalot	
20	27+222	Pont Métallique Oued Tifrit L=20m	
21	27+993	Dalot Ø 2000 mm	
22	28+243	Dalot Ø 600 mm	

23	28+507	Dalot 2.50 x 2 m	
24	28+886	Dalot Ø 600 mm	
25	28+981	Pont métallique Oued Mechaab L= 20 m	
26	29+212	Dalot Ø 800 mm	
27	29+342	Dalot Ø 800 mm	
28	29+518	Pont en beton L= 12 m	
29	29+793	Dalot métallique Ø1500	
30	29+860	Pont poutre béton L=10 m	

31	30+553	Dalot Ø 800 mm	
32	31+015	Dalot 2.50 x 1 m	
33	31+322	Dalot Ø 800 mm	
34	31+425	Dalot 2.50 x 1 m	
35	31+487	Dalot Ø 600 mm	
36	31+697	Dalot Ø 1000 mm	
37	31+780	Dalot Ø 800 mm	
38	31+878	Dalot Ø 1500 mm	

39	31+951	Pont métallique L= 25 m	
40	33+358	Dalot 0.50 x 1.50 m	
41	33+448	Dalot Ø 800 mm	
42	33+787	Dalot Ø 800 mm	/
43	33+811	Dalot Ø 800 mm	/

IV.2.4. Gares et haltes

a. les Gares :

Sur notre tronçon d'étude de 15 km, on trouve une seule gare conservée et qui est implantée en alignement droit sur le tracé en plan :

Tab.II.8.Caractéristiques d'emplacement de la gare.

Nom de la gare	Pk Axe bâtiment	Pk Axe quais	Pk Début de quais	Pk Fin de quais
GARE D'IGHZER AMOKRANE	34+744,89	34+744,89	34+632,39	34+857,39

b. les Haltes :

Sur notre tronçon d'étude de 15 km, on trouve une seule halte conservée et qui est implantée en alignement droit sur le trace en plan, ses coordonnées sont les suivant :

Tab.II.9.caractéristiques d'emplacement de l'halte

Nom de la halte	Pk Axe bâtiment	Pk Axe quais	Pk Début de quais	Pk Fin de quais
HALTE AZIB BEN CHERIF	30+200,00	30+200,00	30+087,50	30+312,50



Figure.II.10.situation de la gare et la halte conservées.

IV.3. Caractéristiques de la nouvelle voie de modernisation

La réalisation du dédoublement dans le cadre du projet de réhabilitation et modernisation des installations ferroviaires de la ligne Beni Mansour / Bejaia doit répondre aux objectifs économiques et aux besoins de la région tout en respectant les normes exigées pour les chemins de fer. Elle présentera les caractéristiques suivantes :

Tableau.II.10. : Les données du projet.

Type de plate-forme	**Double voie**
Écartement	standard 1435 mm
Type de rails	Rails UIC 54
Type d'Attache	Attache élastique
Type de Traverses	La traverse est en bibloc type B440
Ballast	GC (grave concassée) 25/50 mm
Vitesse voyageur	160 km/h
Vitesse marchandise	100 km/h
Charge à l'essieu pour la superstructure	20 tonnes
Charges à l'essieu pour les ouvrages d'art	25 tonnes
Rayon Minimum	980m
Déclivité Maximale	80m
Mode de traction	électrique et diesel
Type de trafic	Mixte : trains voyageurs et trains marchandises
Entraxe	4.2
Largeur de la plateforme	13.6m
Distance axe voie - axe caténaire	3.25
Ligne avec passages à niveaux	13 passages à niveaux
Télétransmissions de type	système à courant alternatif 25kV/50Hz avec mode d'alimentation caténaire.

V. Conclusion

Notre projet consiste à faire l'étude d'un dédoublement de la ligne à voie unique reliant Béni Mansour à Bejaïa qui concerne le tronçon allant de Pk 20+000 au Pk 35+000 avec la conception de la gare d'AKBOU, en tenant compte de la rectification du tracé existant, puisqu´il faut adapter la voie actuelle aux exigences de modernisation pour permettre d´atteindre une vitesse de 160 km/h.

CHAPITRE III

Superstructure de la voie

Chapitre III : Superstructure de la voie.

I. Introduction

Une voie ferrée est constituée par un assemblage d'éléments de caractéristique physiques et mécaniques différentes qui permettent la transmission à la plat forme (infrastructure), les charges statiques et dynamiques à travers les roues .pour pouvoir supporter les efforts verticaux, transversaux et longitudinaux.

La voie est constituée essentiellement par deux rails dont l'inclinaison et l'écartement sont maintenus et fixées sur des traverses qui reposent sur du ballast, lui-même posé sur la plateforme.

II. La voie

La voie se compose actuellement de deux files de barres en acier appelées rails posées parallèlement. Sous l'appellation voie, on distingue d'une part, l'armement, constitue des rails, des semelles, des attaches et des traverses et d'autre part le ballast. L'ensemble repose sur la structure d'assise.

II.1. Catégorie de la voie :

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune sous-entendant une vitesse maximale et une charge à l'essieu. On distingue ainsi :

- Les voies principales, qui sont affectées à la circulation des trains.
- Les voies de circulation, qui sont affectées à une desserte interne dans des grands complexes ferroviaires.
- Les voies de service, qui sont affectées aux manœuvres, qui peuvent être quelque fois d'anciennes voies principales déclassées.
- Les voies de croisement, permettent à deux trains circulant en sens contraires sur une voie unique, de se croiser (voir l'exemple des funiculaires).
- Les voies de garage, qui sont des voies de service affectées au stationnement du matériel roulant.

La distinction entre les voies de service et de garage n'est pas toujours évidente. Ces voies peuvent faire partie de réseaux plus globaux incluant le ferroutage dans le cadre de l'inter-modalité des transports.

II.2. Caractéristiques de la voie :

Pour construire une voie moderne qui répond aux normes internationales et grâce au développement technologique, on adopte (d'après la SNTF) les éléments constitutifs suivants :

- Les longs rails soudés (LRS)
- Les traverses en béton bi-bloc type SL
- Les attaches élastiques.
- L'écartement de la voie est de 1,435m (écartement normal).

II.3. Composantes de la voie

Dans le domaine du transport ferroviaire, la voie désigne l'ensemble des constituants assurant la circulation des trains. La superstructure de la voie est constituée par un assemblage d'éléments fixes qui distribueet transmet les charges des roues au sol sans déformations sensibles. Pour cet effet, la voie comporte deux longs rails soudés en barres continues, posés avec des attaches élastiques, assemblés entre eux par des traverses qui diffusent les charges à la plate-forme par l'intermédiaire d'une couche de matériaux rocailleux : le ballast.

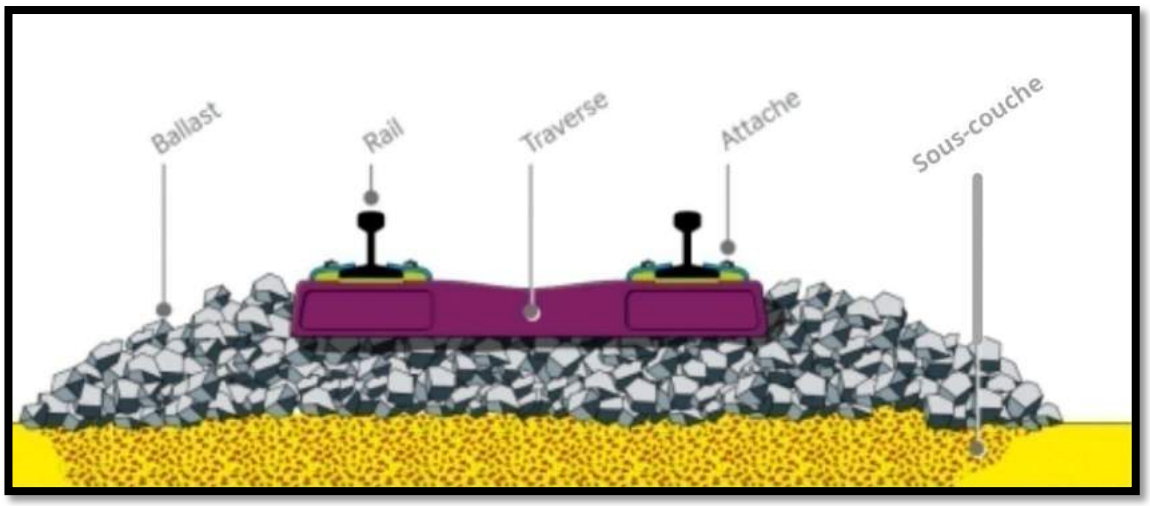


Figure.III.1.Les constituants de la voie ferrée

II.3.1. Les rails

Un rail est une barre d'acier profilée mis bout à bout. Deux files de rail posées en parallèle constitue une voie ferrée. C'est le premier élément de contact entre le véhicule et la voie qui constitue le chemin de roulement des trains. Les deux files de rails maintiennent leur écartement à l'aide des traverses sur lesquelles elles sont fixées et qui reçoivent les charges exercée sur le rail.

Ils servent principalement à la transmission et la redistribution des charges verticales et permettent le roulement et le guidage des véhicules afin d'éviter un déraillement. Étant conducteurs électriques, ils peuvent aussi être utilisés pour la transmission de signaux (circuits de voie) et pour le retour des courants de traction et des auxiliaires du train (ligne train pour le chauffage et la climatisation sur les rames tractées).

a. Le type de rail utilisé dans le projet

Le type de rail retenu pour la ligne est l'UIC-54. Il se définie par les caractéristiques géométriques suivantes :

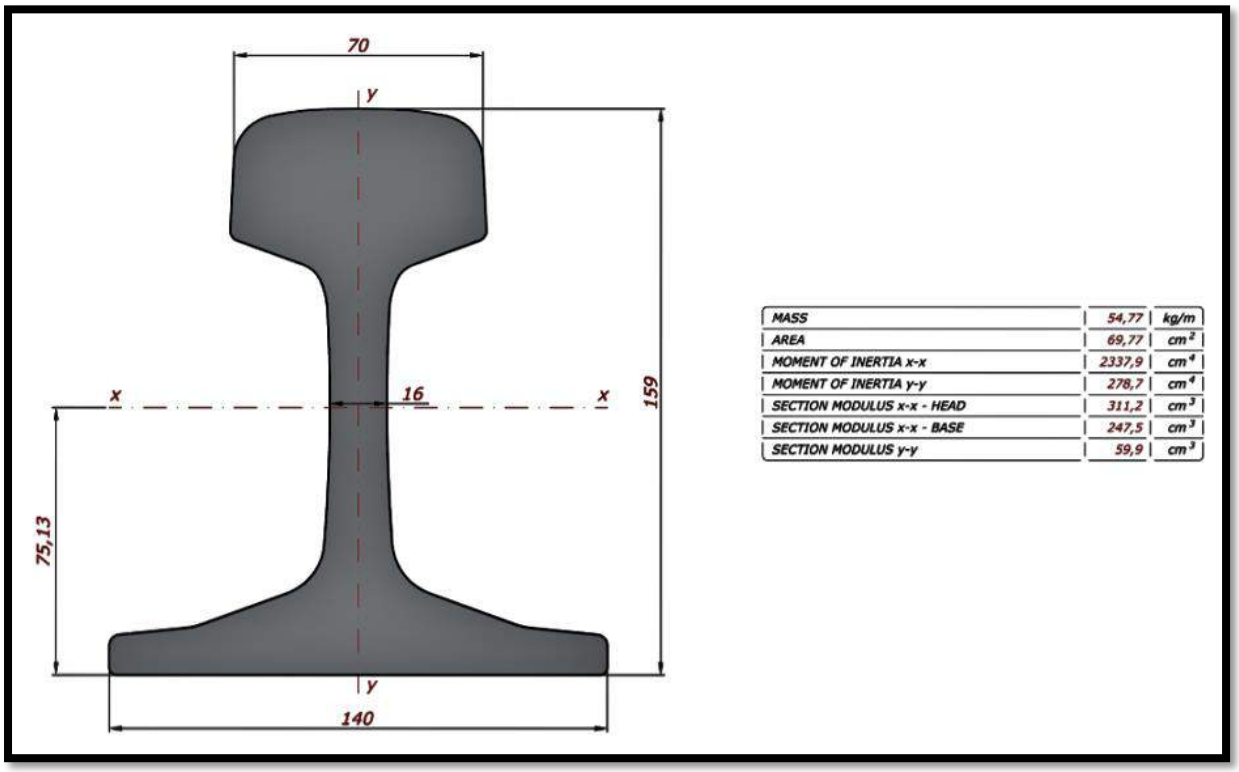


Figure.III.2.Section du rail Vignole UIC-54

II.3.2. Les Traverses

La transmission des efforts entre rail et ballast se fait par des traverses qui sont pièce de forme générale parallélépipédique posée suivant un axe perpendiculaire à celui de la voie.

Les traverses jouent un triple rôle :

- Transmission des charges du rail au ballast
- Maintien de l'écartement des deux files de rails,
- Maintien de l'inclinaison au 1/20 du rail Vignole.

Et d'autres fonctions comme :

- Répartir la charge que rails reçoivent des essieux suivant l'axe Z.
- Assurer la stabilité de la voie suivant les axes X et Y.
- Diminution de l'effet de déformation locale du sol d'infrastructure.

L'écartement est variable selon les réseaux. Sa valeur est liée à l'histoire du chemin de fer. En 1825, Stephenson choisit l'écartement de 4 pieds, 8 pouces 1/2, soit 1 435 mm, correspondant à l'écartement normal des véhicules routiers de l'époque. Cette valeur a progressivement été adoptée par les principaux réseaux occidentaux, cet écartement est appelé

voie normale. Pour des raisons stratégiques, d'autres réseaux ont adopté un écartement différent, les principaux sont donnés par le tableau suivant :

Tab.III.1. les principales valeurs d'écrasement suivant différent pays.

Type de voie	L'écartement	Pays
Large	1.676	Espagne/Portugal/Inde/Sri Lanka.
	1.6	Australie/Brésil/Eire/Irlande du nord.
	1.524	Russie, Finlande
Normale	1.435	Europe/Amériquedu nord/Chine/Maroc/Algérie/Métrique /Japon (lignes à grandes vitesses).
Métrique	1.607	Afrique/anglophone/Japon/Indonésie
	1	Afrique francophone/Suisse
Etroite	0.75	Indonésie (en partie)/Autriche (en partie).
	0.8	Réseaux locaux
	0.6	

Pour notre projet on a une voie normale d'où un écartement de 1.435 m.

a. Traverses en béton armé

Avantages :

- ✓ Conservation de la nature
- ✓ Peuvent supporter des grandes charges
- ✓ Peuvent résister aux grands efforts et déplacement à cause de leur poids
- ✓ Avoir une longe durée de service (de l'ordre de 40 à 50 ans)

Inconvénients :

- ✓ Moins élastique que le bois
- ✓ Plus fragile
- ✓ Conducteur de courant électrique
- ✓ Plus lourd à manipuler
- ✓ Plus chère.

- **La traverse bi bloc :**

Formée de deux blocs en béton armé appelés Blochet reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse.



Figure.III.3.traverse bi bloc

- **La traverse mono bloc :**

Formée en un seul bloc En béton précontraint, amincie dans sa partie centrale, armée de fils à haute résistance.



Figure.III.4.traverse mono bloc

b. Les traverses utilisées dans notre projet

La traverse est une traverse 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.

II.3.3. Les Attaches :

L'attache est un dispositif de fixation, constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse,sert à fixer le rail sur les traverses pour l'empêcher de tout déplacement, transmettre les charges entre le rail et les traverses et maintient l'écartement. Plusieurs types et techniques d'attache sont disponibles sur le marché.

a. **Type d'attache** :

- **Attaches élastiques :**

Les attaches élastiques forment un intermédiaire doublement élastique entre rail et traverse ; elles opposent donc une résistance élastique aux mouvements relatifs dans le sens vertical,aussi bien vers le haut que vers le bas.

Dans la fixation doub1ement élastique par crapaud utilisée par 1a S.N.C.F jusqu'en1977 sur traverses enbéton, le rail est maintenu entre 1a semelle en caoutchouc cannelée vers le bas, et deux crapauds en acier à ressort, vers le haut.

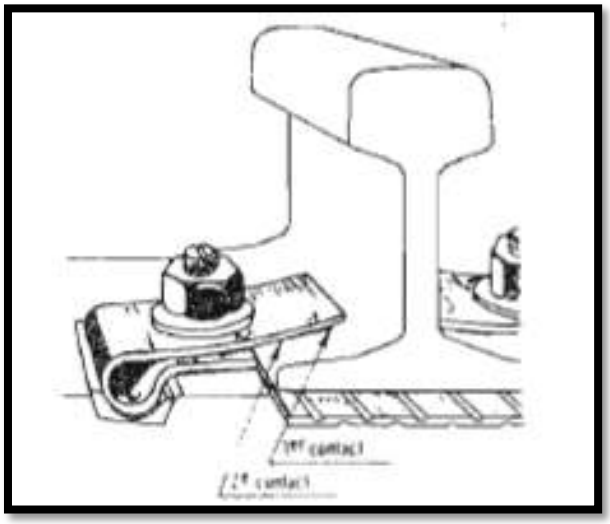


Figure.III.5.la fixation doub1ement élastique sur traverse en béton.

b. **Les attaches utilisées dans le projet :**

Les attaches utilisées dans le projet pour la fixation rail-traverse est une attache élastique pour la traverse B440.Le système de fixation est composé par plusieurs éléments démontrés selon le schéma suivant :

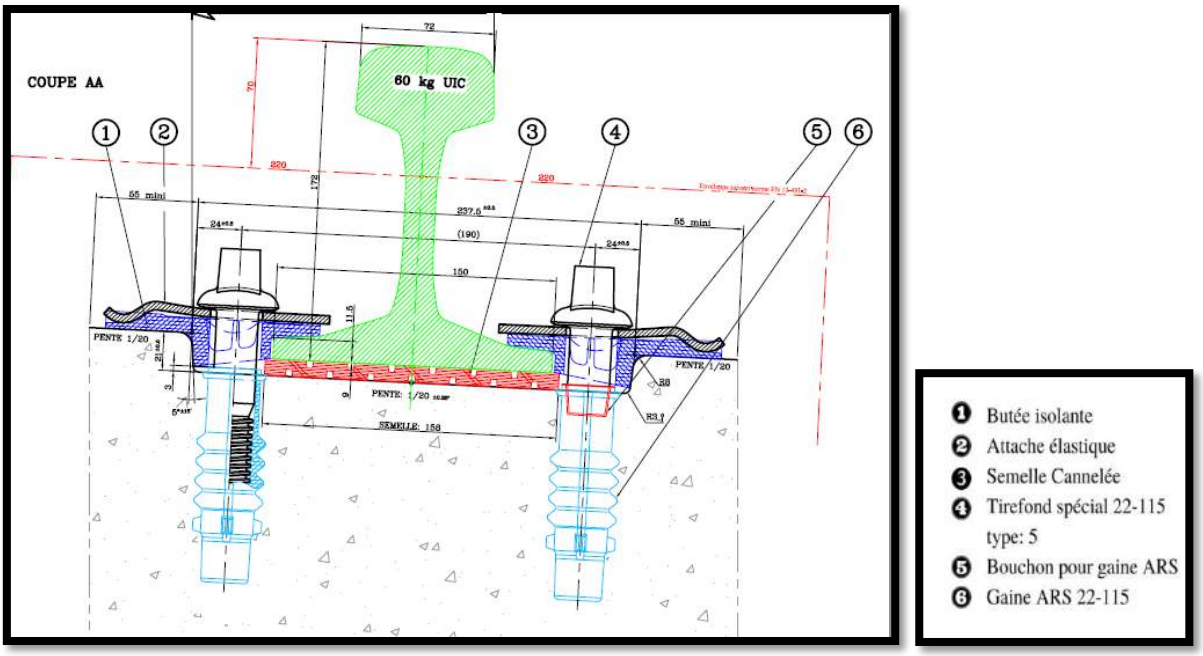


Figure.III.6.Schéma d'attache élastique.

II.3.4. Le ballast :

Le lit de pierres concassées sur lesquelles sont posées les traverses constituent le ballast Le Ballast est un élément support majeur de la voie ferrée ballastée. C'est un matériau granulaire (d/D = 25/50 mm) provenant du concassage de roches extraites dans des carrières de pierres dures (granit, diorite, quartzite…..), de forme polyédrique à arêtes vives.Son rôle est de maintenir la voie ferrée en place en résistant aux efforts gigantesques générés par les rails et traverses lors des variations de température c'est-à-dire quand l'acier cherche à se dilater ou à se contracter. Il permet également de transmettre au sol la force exercée par le poids du train.Le ballast doit transmettre la charge supportée par les traverses à la plateforme, l'y répartir aussi uniformément que possible et s'opposer par sa masse aux déplacements longitudinaux et transversaux de la voie sous les efforts auxquels elle est soumise. En outre, par sa perméabilité, il permet aux eaux superficielles de s'infiltrer sous la voie et de parvenir jusqu'à la plate-forme, d'où elles s'écoulent par ruissellement hors de la superstructure.



Figure.III.7.Ballast utilisée pour la construction de chemins de fer

II.3.5. Appareil de voie :

L'exploitation des voies ferrées exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires, que l'on désigne sous le terme général Des appareils de voie.Ces éléments assurent le support et le guidage du matériel roulant ferroviaire sur un itinéraire donné, lorsque d'autres itinéraires en divergent ou le traversent. En règle générale le terme « appareil de voie » couvre à la fois les aiguillages, les croisements et les traversées-jonctions. Actuellement, la durée de vie des appareils de voie est d'environ 20 (avec traverses en bois) à 30 ans (avec traverse en béton).

a. Types des appareils de voie :

- **le branchement :**

Permet de créer une voie déviée à partir d'une voie directe ou d'assurer la communication entre deux voies.

1. Branchement simple (Aiguillage simple) :

Dans le cas de l'aiguillage simple, une autre voie (voie déviée) pat de la voie en alignement.
Si on regarde de la pointe de l'aiguille en direction de la pointe du cœur de croisement, on peut faire la distinction entre le branchement simple à gauche et le branchement simple à droite.
Le branchement simple se décompose de trois parties générales :

- L'aiguillage
- Les voies intermédiaires,
- Le croisement

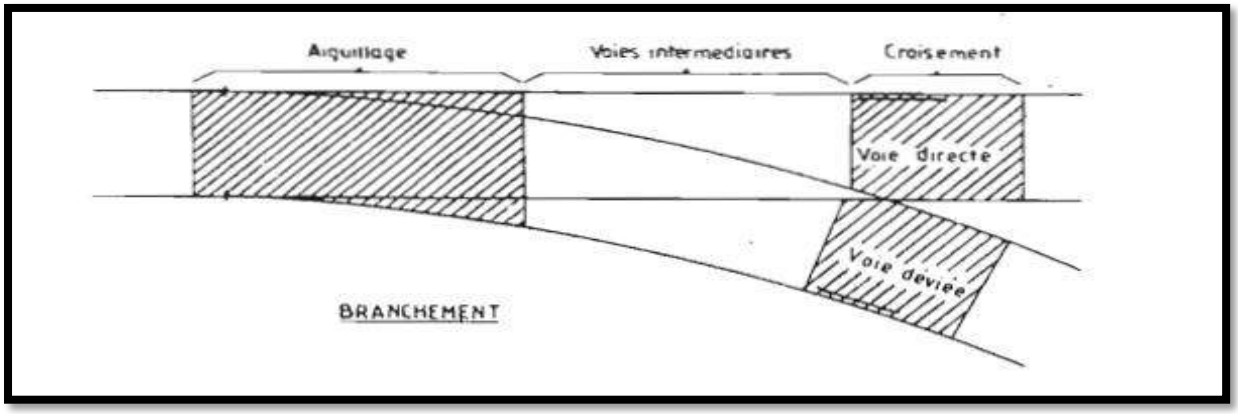


Figure.III.8.schéma de branchement

- **Partie de l'aiguillage** :

Partie constituée de rails et de lames usinées et articulées qui assurent la continuité d'un des 2 ou 3 itinéraires divergents à l'origine de la divergence.on trouve dans cette partie :

- **Les tringles**

Les deux aiguilles sont reliées entre elles au moyen de tringles d'écartement qui permettent de connecter les deux aiguilles : lorsque l'une est ouverte, l'autre est en appui sur sa contre-aiguille.

- **Les verrous ou griffes d'aiguille**

Les aiguillages, sans mécanisme de verrouillage des aiguilles, sont franchissables, le plus souvent à 30 km/h maximum. Ce sont les aiguilles des voies de service et de certaines gares de croisement de voie unique.

- **Le cœur**

Les deux voies vers lesquelles le train peut se diriger sont sécantes entre elles au niveau de ce qu'on appelle le « cœur ».

Tab.III.2.Les différentes partie du cœur

Partie intermédiaire	Partie de croisement
Assimilable à de la voie courante.	Partie de l'appareil assurant la continuité de deux itinéraires sécants au droit de l'intersection entre files opposées et comprenant un cœur de croisement en acier monobloc ou assemblés, 2 rails extérieurs équipés de 2 contrerails avec entretoises de liaison

2. Branchement double :

Dans le cas du branchement double, deux autres voies (voir la figure.) partent de la voie en alignement (voie directe). Le premier sens de bifurcation est déterminant pour la désignation « à gauche » ou « à droite».

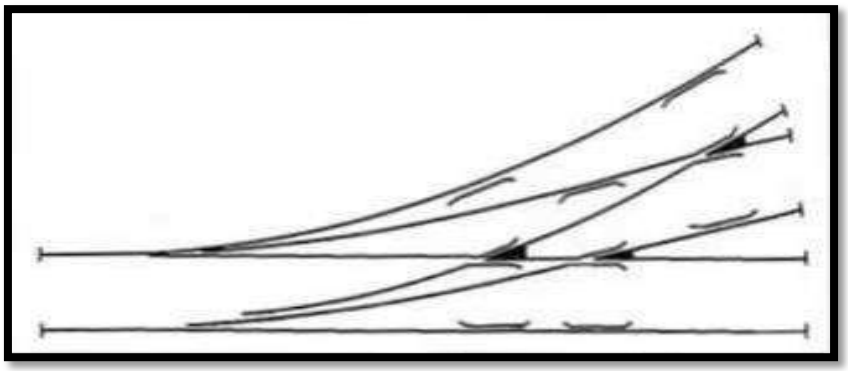


Figure.III.9.Branchement double.

- **Branchement Junction double :**

Qui permet la traverse d'une voie par une autre voie la sécurité du guidage des roués et assure par les contre rails, places à l'intérieur et oppose au droit de chacune des lacunes créées des ornières au passage des bougies des roués.



Figure.III.10.Branchement junction double.

Le choix de la géométrie du branchement et son type dépend de son domaine d'emploi et la vitesse de franchissement de cet appareil comme indique le tableau suivant :

Tab.III.3.Caractéristiques géométriques des différents types de branchement

Type de branchement	Vitesse de branchement	Cas d'application
190-1 :7 (tg=0,143) **190-1 :9 (tg=0,111)**	**40**	Faisceaux, drainage, nettoyage, entretien
300-1 :9 (tg=0,111)	**50**	Entrée et sortie de voies de quai utilisées pour les trains voyageurs et marchandises.
500-1 :12 (tg=0,083)	**70**	Entrée et de sortie des voies de quai par les trains de banlieue ou de voyageurs.
1200-1 :7 (tg=0,054)	**100**	Bifurcation d'une voie de ligne

3. La traversée :

Les traversées simples permettent le croisement à niveau d'une voie par une autre, sans qu'il ne soit possible d'agir sur l'orientation des trains. Les traversées jonction simples (TJS) permettant la jonction des voies uniquement dans un sens de circulation.



Figure.III.11.traversée simple perpendiculaire.

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

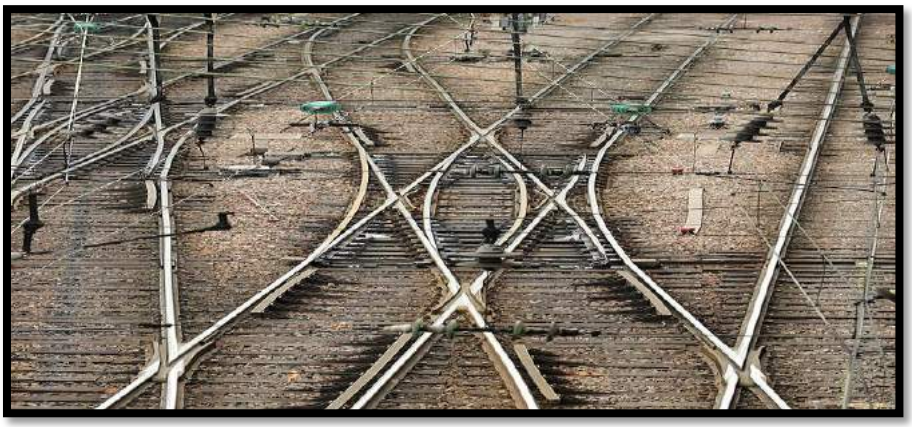


Figure.III.12.traversée double.

4. Les communications :

Combinaison de deux branchements en déviation permettant de relier entre eux deux itinéraires principaux non convergents.

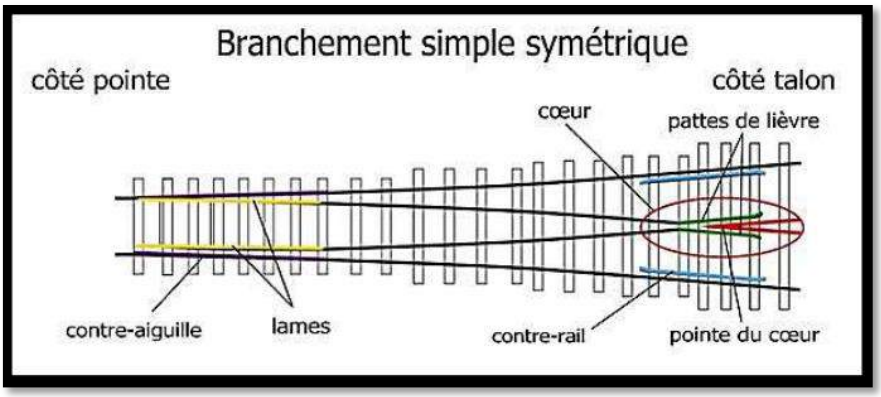


Figure.III.13.Modèle descriptif des appareils de voie.

III. Pose de la voie

III.1. Fixation provisoire :

Toute la voie est placée sur la plate-forme. La voie est fixée provisoirement avec des petites pointes. Cette première pose est indispensable pour repérer l'emplacement des trous à effectuer dans la plateforme pour :

- le passage des tiges des moteurs d'aiguillage.
- le passage des fils d'alimentation électrique.

III.2. Relevage :

Le dressement de la voie dans le sens de la hauteur au niveau donné par les piquets de hauteur et au moyen de mires ou d'un jeu de nivelettes.

III.3. Le bourrage :

Il a pour but de donner une bonne assiette aux traverses c'est-à-dire de consolider leur position pour qu'elles n'aient aucune tendance à s'affaisser ou s'incliner de quelque côté que ce soit.

III.4. Dressage définitif de la voie :

Sous l'effet du bourrage, des altérations légères dans la position de la voie peuvent se produire. On les corrige par le dressage définitif qui se fait avec les mêmes outils et les mêmes méthodes que le dressage provisoire mais avec plus de soins encore.

III.5. Eclissage :

La voie étant bourrée et dressée définitivement, on complète l'éclissage des rails et l'on place éventuellement les dispositifs anti-cheminant.

III.6. Réglage du ballast :

Pour achever la pose de la voie, il ne reste plus qu'à régaler le ballast et les banquettes d'après les profils imposés et à faire la toilette de la voie, des accotements et des fossés.

III.7. Procédé de soudure du rail :

III.7.1 Procédé de soudure aluminothermique :

Il consiste à apporter du métal en fusion, identique à celui du rail, dans un moule entourant le joint, afin de reconstituer le profil. Ce procédé est généralisé sur les chantiers de pose ou de maintenance de la voie.

III.7.2 Procédé de soudure électrique :

Le soudage par étincelage-forgeage (électrique) est réalisé à poste fixe ou à l'aide de machines mobiles. Le matériau à rails est chauffé et soudé par le courant électrique, aussi le cordon de soudure est-il réalisé dans le même matériau que les rails.

IV. Les longs rails soudés (LRS) :

Supprimer les joints éclissés nécessitait de raccorder les rails par soudure. Les premiers longs rails soudés sont posés en Egypte en 1938.Appelée aussi « barres longues », constituent une méthode moderne de pose des voies ferréesqui présente l'intérêt de supprimer la plupart des joints de rails sur des longueurs importantes.

Ces barres longues sont posées et soudées entre elles sur place par soudure aluminothermiqueou soudure électrique. Les LRS (longs rails soudés) sont largement utilisés sur les réseaux ferroviaires dans le monde parce qu'ils présentent des avantages importants, elle permet une réduction des dépenses d'entretien de a voie, des défauts de rails ainsi que l'usure de la superstructure. Elle offre aussi une meilleure qualité de roulement et plus de confort pour les voyageurs. Cette méthode constitue une méthode moderne de pose des voies ferréesqui présente l'intérêt de supprimer la plupart des joints de rails sur des longueurs importantes, les joints de rail sont utilisés seulement dans les gares ou dans les rayons de courbe horizontale qui ne sont pas compatibles avec l'exigence d'installation de LRS.

Cependant, elle peut présenter quelque inconvénient car il provoque des efforts longitudinaux importants, des risques de glissement latéral et flambage de la voie lors de la température élevée, et quelques défauts de soudure.



Figure.III.14.Assemblage des rails par soudure

V. Conclusion

La voie ferrée est donc l'infrastructure qui permet la circulation des trains, mais celle-ci est composée de nombreux éléments qui ont chacun un rôle précis suivant des normes bien précises assurant son fonctionnement et aussi soumis aux conditions climatiques et à une usure naturelle inhérente à l'utilisation intensive qui est faite sur de nombreux réseaux.

En effet, ces infrastructures nécessitent donc un entretien constant et de fréquents travaux de rénovations et de rectification, ce qui est l'objectif de notre travail dans ce qui suit comme chapitres.

CHAPITRE IV

Tracé en plan

Chapitre IV : Tracé en Plan

I. Introduction.

Lors de l'élaboration de tout projet de voie ferrée l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir dans le site concerné. L'étude géométrique du tracé de la voie a pour but d'obtenir un bon roulement des véhicules, il est donc indispensable de rechercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement. Le tracé en plan est un des trois éléments qui permettent de caractériser la géométrie de la voie ferrée, il est constitué par la projection horizontale sur un repère cartésien topographique l'ensemble des points définissant le tracé de la voie, il doit présenter les alignements les plus droits et les courbes les plus douces possibles, avec des choix économiques pour assurer de bonnes conditions de sécurité, de stabilité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.
Dans le cadre de l'élaboration d'une rectification pour une modernisation de la ligne Béni Mansour/Bejaïa, et d'après les données topographiques et les visites faites sur le site, nous allons donc procéder à une correction du tracé existant en respectant les contraintes imposées par la nouvelle vitesse (160km/h) en termes de rayon et de Clothoide.

II. Conditions et règles générales à respecter dans le tracé en plan

Un tracé en plan doit se soumettre à des exigences et des règles pour répondre à ses objectifs techniques et économiques, les considération a respecter sont les suivantes :

- Eviter de passer sur des terrains agricoles, des zones forestières et des propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds dans la mesure du possible afin d'éviter le maximum la réalisation des ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Eviter le passage sur les zones de grande importance tel-que les centrales a` gaz, des transformateurs électriques.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les volumes des terrassements.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement droit et respecter la longueur minimale recommandée par la SNTF.
- Comme c'est une étude d'amélioration de la ligne, on doit se raccorder au réseau existant et ne pas sortir du couloir choisi tout en respecter les territoires traversés en s'adaptant au relief (topographie) existant.
- Eviter les problèmes de talus :

    - ✓ En déblai : Présence de nappe, Terrains plastiques, Présence de roches fissurées.
    - ✓ En remblai : Présence de terrain instable, sol très compressible.

III. Eléments du tracé en plan.

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la voie. Il se composera de la succession judicieuse des éléments suivants : alignement droit, pleine courbe et courbe de transition. La clothoïde sera utilisée comme courbe de transition.
On cite les trois éléments comme suite :

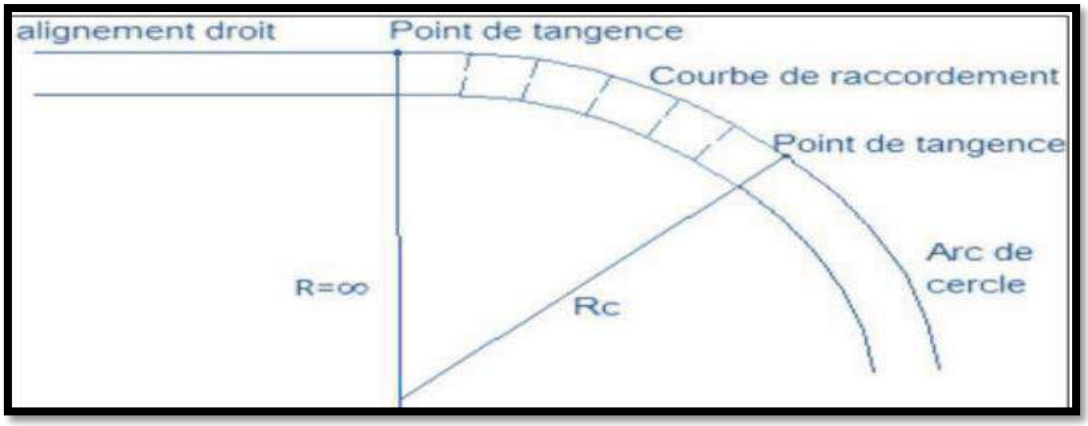


Figure.IV.1.Les élements du tracé en plan.

III.1. L'alignement :

La conception d'une voie ferrée avec un maximum des tracés droits offrir un meilleur confort aux usagers ainsi qu'à leur sécurité, donc il est recommandé d'utiliser plus d'alignement dans le tracé en plan quand la topographie de la zone nous le permet.
Des longueurs minimales ont été fixées pour les alignements droits et des pleines courbes, entre milieu de doucines afin d'amortir suffisamment le roulis de la caisse des véhicules,

III.2. Arcs de cercles (R=constante) :

Dans les endroits où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on a recourt aux raccordements circulaires entre deux alignements. Vu le poids important des convois la valeur du rayon de la courbe circulaire est en fonction de la vitesse des trains, ce dernier avec le devers doivent assurer un passage sécurisé et confortable des véhicules roulants afin de limiter l'application des efforts transversaux sur la voie pour éviter l'usure du rail et le déraillement du train.

III.3. Courbes de raccordement (R=variable) :

C'est un élément géométrique qui raccorde l'alignement à un arc de cercle qui présentant des accélérations transversales différentes, cette transition se fait par une courbure variant progressivement (sans chocs) d'un rayon R=∞ à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur R constante au début de l'arc de cercle.
Il y a plusieurs types de courbes de raccordement mais la plus utilisable est la Clothoïde qui a pour objet, grâce à sa variation linéaire de courbure qui est proportionnelle à l'abscisse curviligne :

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

IV. Conditions de raccordement.

On doit respecter les valeurs suivantes suivants les normes correspondante et les référentiels.

IV.1. Paramètres relevant de confort et de cout de maintenance

• Excès de dévers.
• Variation de l'insuffisance de dévers.
• Longueur des éléments du tracé.

IV.2. Paramètres relevant de la sécurité

• Le rayon de la courbe.
• La variation de courbure.
• L'insuffisance de dévers.

IV.3. Condition de gauchissement

On doit limiter, dans les zones de variation du dévers la pente relative au profil en long du rail déversé par rapport à l'axe de la voie.

IV.4. Condition du confort optique

C'est pour assurer une vue satisfaisante au conducteur de la voie en limitant le changement de direction.

IV.5. Condition du confort dynamique :

C'est pour que la progression du dévers et de la courbure assure la stabilité et le confort dynamique.

IV.6. Recommandations prise en comptes par rapport au dédoublement de la voie existante :

- Suivre le même couloir (si c'est possible).
- Respecter un entraxe de 4.2 m (choisi selon SNTF).
- Eviter les anciens ouvrages hydrauliques qui seront redimensionnées dans le calcul hydraulique et concus pour double voies.

V. Critères de limitation des paramètres géométriques

D'après le référentiel de SNTF :
Parmi les paramètres définissant la géométrie du tracé, certains ont été limités afin de respecter les exigences de sécurité, de confort pour les voyageurs et de tenue de la voie.
Les valeurs limites suivantes ont été définies :

- Valeur limite normale : valeur à ne pas dépasser pour les circulations roulant aux vitesses maximales ou minimales admissibles.
- Valeur limite exceptionnelle : c'est une valeur plus défavorable que la valeur limite normale qui peut être utilisée dans des circonstances exceptionnelles.

La marge exceptionnelle d'un paramètre : est la différence qui existe entre les valeurs limites exceptionnelles et normales.
Si la valeur d'un quelconque paramètre dépasse la valeur limite normale, il faudra tenir compte des considérations suivantes :

- Si un seul paramètre dépasse la valeur limite normale, sa valeur pourra atteindre la valeur limite exceptionnelle.
- Si plusieurs paramètres dépassent la valeur limite normale, il sera admis un dépassement maximum de 80 % de la marge exceptionnelle pour le paramètre le plus défavorable alors que les autres paramètres ne devront dépasser cette marge que de 20 %.
- Un paramètre ne devra pas dépasser plus d'une fois la valeur limite normale sur un tronçon de 20 km de long.

VI. Paramètres de conception du tracé de la voie

[Dans les chemins de fer on trouve deux vitesses caractéristiques, à partir desquelles on pourra définir et déterminer toutes Les caractéristiques géométriques de la voie qui doivent être homogènes pour assurer les conditions de confort et de sécurité :
Vr : vitesse des trains rapides des voyageurs.
Vm : vitesse des trains lents des marchandises.]

VI.1. Longueur minimum des éléments de tracé

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

Tab.IV.1.Valeurs limites des longueurs minimales des éléments du tracé (SNTF).

Valeur limite normale	V/2 = 80m
Valeur limite exceptionnelle	V/3 = 53.33 m

VI.2. Devers

Le dévers est la différence d'altitude entre les deux files de rails en un point de la voie. Une courbe est posée en **dévers** lorsque la file de grand rayon (rail extérieur à la courbe) est surélevée par rapport à la file petit rayon (rail intérieur à la courbe) et en **contre – dévers** lorsque la file de petit rayon est surélevée par rapport à l'autre.

VI.2.1. Devers théorique

Lorsque le véhicule emprunte une courbe, il est soumis à la force centrifuge horizontale et dans un plan normal à la trajectoire du véhicule qui agit sur le corps du véhicule et peut le déplacer ou en compromettre son équilibre et crée une sensation d'inconfort désagréable.

Pour équilibrer cette force centrifuge, il est nécessaire de surélever la file du rail de grand rayon par rapport au niveau de l'autre, d'une valeur appropriée. C'est-à-dire de déverser la voie. Ce devers qui supprime les efforts transversaux dus à la courbure (force centrifuge) pour une vitesse V et un rayon R est dit devers théorique ou en d'autre termes dévers d'équilibre et désigné par ($\boldsymbol{d_v}$).

Cette valeur est appelée Il est exprimé en mm. Sa valeur, pour une ligne à voie d'écartement normal, est :

$$d_v = \frac{11.8 \times V^2}{R}$$

VI.2.2. Devers pratique

Le choix du dévers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation, dans des conditions normales de sécurité et de confort, aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lents de fret.

Au vue de la circulation variée, on est conduit à rechercher une valeur moyenne qui évite, pour les trains les plus lents, une surcharge trop grande sur le rail bas. Il en résulte que pour les vitesses les plus élevées, Il subsiste un excès de force centrifuge et qu'au contraire pour les vitesses les plus faibles le devers introduit une composante de force centripète du poids; il y a alors insuffisance de force centrifuge.

Ce dévers donné à la voie est appelé **dévers prescrit**.il se calcule par :

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

Avec **C** : étant le coefficient de dévers exprimant la proportionnalité entre le dévers prescrit et la courbure, il faut qu'il soit un multiplicateur de 15.

La valeur optimale du coefficient de dévers étant de l'ordre de : $\mathbf{C = 0{,}006 \times V^2}$

Toutefois, il pourra être ponctuellement adapté en raison de circonstances locales.

Tab.IV.2.Valeurs limites du devers (SNTF).

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

VI.3. Insuffisance du devers

Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est plus élevée que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit, ce véhicule est soumis à une force centrifuge non compensée. Le dévers de la voie est donc insuffisant et la résultante des forces se déplace vers l'extérieur de la courbe.

On appelle insuffisance de dévers (exprimée en **mm**) la différence entre l'accélération centrifuge et la fraction de cette accélération équilibrée par le devers, c'est à dire la différence entre le dévers d'équilibre et le dévers prescrit. Elle est calculée avec la formule :

$$\mathbf{I = d_v - d_p}$$

Tab.IV.3.Valeurs limites de l'Insuffisance du devers (SNTF).

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

VI.4. Excès de devers

Lorsque la vitesse d'un véhicule en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit, ce véhicule est soumis à une force centripète non compensée. Le dévers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieur de la courbe.

La valeur de E influence la sollicitation de la file de rail intérieure par les trains lents en particulier les trains marchandises qui possèdent des masses par essieu les plus élevées. On appelle **excès de dévers** (exprimé en mm) la différence entre le dévers prescrit et le dévers d'équilibre.

Il est calculé avec la formule :

$$\mathbf{E = d_p - d_l}$$

Tab.IV.4.Valeurs limites de l'excès du devers (SNTF).

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

VI.5. Variation du devers :

VI.5.1. Variation de devers dans les courbes de transition :

Pour passer de la partie de voie droite sans devers, à la partie circulaire avec devers constant ou inversement, on ménage un raccordement de devers.

Sur la longueur de ce raccordement, le rail extérieur est progressivement surélevé par rapport au rail intérieur jusqu'à ce que la différence de niveau entre ces deux rails soit égale au devers à obtenir. Taux exprimé en (**mm/m)** suivant lequel le dévers augmente ou diminue par unité de longueur.

Tab.IV.5.Valeurs limites de la variation du devers (SNTF).

Valeur maximale normale (mm/m)	180/160 =1.125 mm/m
Valeur limite exceptionnelle (mm/m)	216/160 =1.35 mm/m

VI.5.2. Variation du devers dans le temps :

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

$$\frac{\Delta \mathbf{d}}{\Delta \mathbf{t}} = \frac{\mathbf{d_p} * \mathbf{V}}{\mathbf{3.6} * \mathbf{L_{Rp}}}$$

VI.6. Variation de l'insuffisance du devers :

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

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

$$\frac{\Delta \mathbf{I}}{\Delta \mathbf{t}} = \frac{\mathbf{I} * \mathbf{V}}{\mathbf{3.6} * \mathbf{L_{Rp}}}$$

Tab.IV.6.Valeurs limites de la variation de l'insuffisance du devers (SNTF).

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

VI.7. Rayon minimale :

La valeur du rayon minimum admissible est limitée pour assurer, en fonction des vitesses de circulation, le confort des voyageurs et éviter que les efforts transversaux sur la voie ne soient trop importants.

Le rayon minimale sera défini fonction de l'insuffisance du devers et du devers. Il est calculé avec la formule suivante :

$$\boldsymbol{R_{min}} = \frac{\mathbf{11.8} * \boldsymbol{V^2}}{\boldsymbol{I} + \boldsymbol{d_P}} = \frac{\mathbf{11.8} * \mathbf{160^2}}{\mathbf{150} + \mathbf{160}} \approx \mathbf{980}\ \boldsymbol{m}.$$

Donc le rayon minimal est de : $\mathbf{R_{min}} = \mathbf{980m}$.

VI.8. Les longueurs minimales des clothoïdes :

La longueur de clothoïde doit être déterminée à partir de cette formule :

$$\boldsymbol{L_{Rp}} = \frac{\boldsymbol{d_p}}{\frac{\Delta \boldsymbol{d}}{\Delta \boldsymbol{l}}} = \frac{\mathbf{160}}{\mathbf{1.125}} = \mathbf{142.222}$$

On prend : $\boldsymbol{L_{Rp}} = \mathbf{150}\boldsymbol{m}$.

VI.9. Récapitulatif des paramètres du tracé en plan :

Tab.IV.7. Paramètres du tracé en plan .

Paramètres du tracé en plan	Valeurs limites admissibles Normales	Valeurs limites admissibles Exceptionnelles
Devers maximum d_p	160	180
Variation de devers en fonction du temps $\Delta d/\Delta t$	47.4	60
Variation de devers en fonction de la longueur $\Delta d/\Delta l$	1.125	1.35
Variation de l'insuffisance de devers $\Delta I/\Delta t$	75	90
Longueur minimale des éléments Lmin	80	53.33
Excès de devers	110	130
Insuffisance de devers	150	160

VII. Application au projet :

Tab.IV.8. Valeurs d'application au projet.

Paramètre	Application Numérique	Valeur
Vv	/	160km/h
Vm	/	100km/h
$R_{min} = \frac{11.8 * V^2}{I + d_P}$	$\frac{11.8 * 160^2}{150 + 160}$	980m
$C = 0.006 \times V_v^2$	$0.006*160^2$	155
$d_p = \frac{1000 \times C}{R}$	$\frac{1000 \times 155}{980}$	$158.16 \approx 160mm$
$I = d_v - d_p$	$\frac{11.8 \times 160^2}{980} - 160$	$148.24 \approx 150mm$
$E = d_p - d_l$	$160\text{-}\frac{11.8\times100^2}{980}$	$39.59 \approx 40mm$
$L_{Rp} = \frac{d_p}{\frac{\Delta d}{\Delta l}}$	$\frac{160}{1.125}$	$142.22 \approx 150m$
$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I * V}{3.6 * L_{Rp}}$	$\frac{150 * 160}{3.6 * 150}$	$44.44mm/s \approx 45mm/s$
$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_p * V}{3.6 * L_{Rp}}$	$\frac{160 * 160}{3.6 * 150}$	$47.40\ mm/s \approx 50mm/s$
$\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{d_p}{L_{Rp}}$	$\frac{160}{150}$	1.06mm/m

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

Tab.IV.9. Valeurs des dévers correspondant à chaque rayon

Coefficient de devers C	$C = 0.006 \times V^2$	153.6	153.6	153.6	153.6	153.6	VERF SNTF
Rayon R (m)	/	985	990	1200	1550	4000	≥980
Devers pratique dp (mm)	$d_p = \frac{1000 \times C}{R}$	155.93	155.15	128	99.09	38.40	≤160
Valeur prise (mm)	/	160	160	130	100	40	≤160
Devers théorique d_v (mm) voyageurs	$d_v = \frac{11.8 \times V^2}{R}$	306.68	305.13	251 .73	194.9	76	
Devers théorique d_l (mm) marchandises	$d_l = \frac{11.8 \times V^2}{R}$	119.79	119.19	98.33	76.13	30	
Longueur de clothoïde L_{Rp} (m)	$L_{Rp} = \frac{d_p}{\frac{\Delta d}{\Delta l}}$	142.22	142.22	115.55	88.88	35.55	
Valeur prise L_{Rp} (m)		150	150	120	90	80	≤150
Insuffisance de devers I (mm)	$I = d_v - d_p$	146.68	145.13	121.73	94.9	36	≤150
Excès de devers E (mm)	$E = dp - dl$	40.21	40.81	31.67	23.87	10	≤110
Variation de devers en fonction de la longueur (mm/m)	$\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{d_p}{L_{Rp}}$	1.066	1.066	1.08	1.11	0.5	≤1.125
Variation de devers en fonction du temps (mm/s)	$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_p * V}{3.6 * L_{Rp}}$	47.4	47.4	48.148	49.38	22.22	
Variation de l'insuffisance de devers (mm/s)	$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I * V}{3.6 * L_{Rp}}$	43.46	43	45.08	46.86	20	

NB : le tracé est réalisé à l'aide de logiciel CIVIL 3D, le plan du tracé en plan est joints en format A3.
NB : Le listing de la géométrie du tracé en plan est ci-joint dans les ANNEXES.

VIII. Contraintes rencontrées dans le tracé

Tab.IV.10. Contrainte rencontré dans le tracé

PK	Contraintes
PK 20+000 Début du projet	
20+187	Passage a niveau
20+393	Oued
20+915	Passage a niveau
20+982	Oued Illoula traversé par un Viaduc metallique
21+209	Passage a niveau
22+600	Propriété privé
22+957	Passage a niveau
23+150	Gazoduc
23+164	Passage a niveau
24+987	Passage a niveau
26+375	Gazoduc
26+450	Passage a niveau
26+560	Passage a niveau
27+204	Oued Tifrit traversé par un Pont Métallique
27+685	CW141
28+972	Oued Mechaab traversé par un Pont Métallique
29+550	Oued traversé par un Pont en béton
29+890	Oued traversé par un Pont en béton
31+955	Passage a niveau
33+252	Propriété privée
33+438	Passage a niveau
34+179	Passage a niveau
34+775	Passage a niveau
PK 35+000 Fin du projet	

Chapitre IV : Tracé en Plan

IX. Description du tracé :

Le tracé, défini par l'axe pour double voie de largeur UIC, prend son origine a partir du PK 20+000. Le tracé se situ en parallèle avec la voie actuelle à gauche de celle-ci, en permettant le dédoublement de la voie actuelle jusqu'au PK 21+900 ou il y a croisement de la voie actuelle avec la nouvelle ligne projetée. Donc le dédoublement est réalisé par la droite de la voie actuelle jusqu'au PK 22+550 où il se sépare de la voie actuelle en évitant l'affection sur une carrière. Sur cette longueur, se réalisent des rectifications de courbes existantes, dans le but d'adapter la plateforme actuelle aux paramètres du tracé, exigés au projet. Dans ce tronçon, entre le PK 21+002 et le PK 21+800, on évite l'Oued Illoula grâce à un viaduc.

A partir du PK 22+550 jusqu'au PK 26+800 le tracé représente une modernisation c'est à dire une nouvelle ligne a travers 3 courbes et 2 alignements droits.
Au P.K. 23+150 on évite avec un remblai le croisement avec un gazoduc.
On dispose un alignement droit de 1251 m sur lequel se situ la gare de Akbou.

Une fois la gare dépassée, a partir du PK 26+800 la nouvelle ligne retrouve l ancienne pour la dédoubler par la droite. Le tracé évite à nouveau le gazoduc au P.K. 26+375.
Entre le P.K. 27+222 et le P.K. 27+275, le tracé évite avec un pont l'Oued Tifrit, et entre le P.K. 28+997 et le P.K. 29+012, la voie évite l'Oued Mechaab au moyen d'un pont.
Tout au long de ce tracé le dédoublement continue a droite jusqu'au PK 28+225 ou y a croisement avec la ligne actuelle, et un autre croisement au PK 29+300 ou la nouvelle ligne retourne en dédoublement a droite.

Ensuite le tracé décrit une courbe en "S" de rayons 1200 et 990 qui continu sur un alignement droit de 1260 m qui suit la voie actuelle en parallèle avec celle-ci. Sur l'alignement droit se situ la gare d'Ighzer Amokrane, très proche à son emplacement actuel.

X. Conclusion

La première étape dans le tracé géométrique est le tracé en plan présenté dans ce chapitre. 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 V

Profil en long

Chapitre V : Profil en long

I. Introduction :

Le profil longitudinal est défini par la projection horizontale de la cote de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé. Il compose des plans constituants les paliers afin de faciliter la traction du train, les pentes et les rampes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires.
L'élaboration du profil en long est la tâche la plus importante, par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique ou apparaitra l'importance des terrassements, soit sur le plan technique en voyant les déclivités, la coordination entre tracé en plan et profil en long et l'emplacement des gares.

On a deux types de profils en longs :

- **Profil en long du terrain naturel** : c'est la coupe longitudinale du terrain le long du tracé en plan. Ce profil va être le support pour le profil en long.
- **Profil en long** : Est l'ensemble d'alignements (paliers) et de courbes (pentes ou rampes) qui représentent la ligne rouge.

II. Conditions et règles à respecter dans le profil en long :

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

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles.
- Adapter la ligne rouge au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement.
- Eviter les hauteurs excessives des remblais et respecter les hauteurs maximales en déblai notamment pour les tronçons dédoublées.
- Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long et les rayons en tracé en plan.
- Ne pas dépasser les pentes ou rampes des déclivités maximales.
- Respecter la longueur minimale des déclivités et le rayon minimal préconisés par les règlements.
- Lorsque la différence de déclivité entre deux plans successifs est appréciable, on intercale un raccordement cylindrique pour éviter que la voie ne présente une cassure.
- Adapter la ligne rouge au-dessus de la hauteur minimale des ouvrages hydrauliques.

III. Eléments géométriques du profil en long :

III.1. Déclivité maximale :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Une déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale, appelée pente pour les descentes et rampe pour les montées..

Les déclivités limites sont en fonction de :

- L'adhérence.
- Mode de traction et des caractéristiques des véhicules.
- Caractéristiques de la ligne et la topographie.
- La longueur des déclivités.

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur :

Tab.V.1. La variation Déclivité maximale

La longueur des déclivités	Déclivité normale	Déclivité exceptionnelle
L < 3000m	16‰	18‰
3000 m < L < 15000 m	13‰	15‰
L > 15000 m	13‰	15‰

III.2. Longueur minimale des déclivités :

Entre deux accélérations verticales brutales, un temps assez long doit s'écouler afin de permettre à la suspension d'amortir le choc et d'éviter les effets conjugués de plusieurs accélérations rapprochées, sources d'oscillations importantes du véhicule.

Afin d'éviter les sollicitations des véhicules dues aux variations successives des déclivités, une longueur minimale de déclivité est à prévoir.

La valeur de la longueur minimale des déclivités constantes est donc limitée à :

Tab.V.2. paramètres de longeur de declivités

Valeur minimale normale	V /2 = 80m.
Valeur minimale exceptionnelle	V / 2,5 = 64m.

Dans le cas de notre projet on a une longueur minimale de déclivité de 80m ce qui corresponds a une déclivité normale de 16 ‰.

III.3. Rayon de raccordement vertical minimal du profil en long :

La succession de deux déclivités en profil en long nécessite un raccordement circulaire. Dans la pose de voies neuves ou renouvelées on doit s'attacher à réaliser des raccordements de déclivités aux points de changement de pente lorsque la différence algébrique des déclivités est supérieure à 2‰.

Contrairement au cas de la route, les raccordements de déclivité ne sont pas soumis à des conditions de visibilité, ceux-ci doivent permettant d'assurer le confort et la sécurité des usagers.

Lorsqu'un véhicule franchit un raccordement de profil en long de rayon Rv à une vitesse V, il est soumis à une accélération centrifuge, celle-ci doit être limitée afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.

Ces raccordements circulaires, sans courbes de transition entre les pentes et le raccordement entraînent une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs. Pour restreindre la variation brutale d'accélération verticale pour les circulations à vitesse maximale, on doit limiter le rayon minimum de ces courbes.

Selon le référentiel technique de la SNTF, les raccords de déclivité du profil en long doivent respecter les valeurs de rayon du tableau suivant :

Tab.V.3.variation des raccords des déclivités selon la S.N.T.F

Valeur normale	**0,35 V^2 = 8960m**
Valeur exceptionnelle	**0,25 V^2 = 6400m**

IV. Coordination tracé en plan profil en long :

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

- Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long avec les rayons en tracé en plan, c'est à dire (Positionner les points de changement de déclivité dans des éléments de tracé constants (alignements ou pleine courbe)
- Ne pas placer une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan.
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe à moins de 100m ou bien en déclivité.
- Assurer un palier de 800 à 1200m pour l'implantation de la gare.
- Assurer une pente nulle au niveau de la gare.
- Les points singuliers du tracé en plan ne doivent pas être précédés d'un point élevé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (changement de voie appareil de voie) qui sont placées en palier.

Chapitre V : Profil en long

NB : le tracé est réalisé à l'aide de logiciel CIVIL 3D, et les plans du profil en long sont joints en format A3.
Le listing de la géométrie du profil en long est ci-joint dans les ANNEXES.

V. Description du profil en long :

Le tracé commence au PK 20+000 avec une pente de 4.5‰ sur un tronçon de 1753m. Par la suite le tracé suit encore une fois une pente descendante avec une pente de 13.5‰ sur a peu près 2325m ou aura lieu le nouveau viaduc d'Akbou, par la suite a partir du PK 24+425 on instaurera la gare d'Akbou jusqu'au PK 25+675 et cela requiert une déclivité de 0‰.

A la fin de la gare, au PK25+825 le tracé suit une rampe de 11.6 ‰ jusqu'au PK 26+742.

Par la suite, le profil suit une succession de pente entre 1.8‰ et 8.9 ‰ jusqu'au PK 29+687 où on aura la halte d'Azib Ben Cherif qui nécessitera une déclivité nulle de 0 ‰.

Apres cela, on connaitra également une succession de pente de 7.4‰, 3.6 ‰ et 5.3‰ jusqu'à la fin du tracé où on retrouvera la gare d'Ighzer Amokrane avec une déclivité nulle.

VI. 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 VI

Etude géologique et géotechnique

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

I. Introduction :

Une étude géotechnique est une étude des sols du terrain. Elle sert à déterminer les caractéristiques mécaniques des terrains qui vont être amenés à supporter la voie, ainsi que d'évaluer les risques naturels recensés dans l'environnement autour du terrain et les impacts que cela pourrait avoir sur la future construction. On décrit dans ce chapitre d'une manière détaillé les caractéristiques géologiques et les conditions géotechniques de la région où se trouve notre tronçon du PK 20+000 au 35+000.

II. Etude géologique :

La géologie est d'une importance capitale dans l'évaluation des risques liés au domaine du génie civil, du fait qu'elle donne toutes les informations nécessaires sur l'environnement de la construction, à savoir l'âge géologique, la stratigraphie du site, la nature des strates et les structures géologiques actives. Dans ce chapitre, nous présenterons, tout d'abord, la géologie du secteur d'étude, le tronçon se trouve dans la ville de Bejaia, on entamera après les risques géologiques de la région.

II.1. Topographie du tracé :

Le tracé présente une topographie accidentée (un relief irrégulier).Le projet débute à l'altitude E 590m (Béni Mansour) et se termine à l'altitude 0.00 (Bejaia).Il suit généralement la vallée de la Soummam.

II.2. Géologie de la zone d'étude :

D'après la carte géologique de la Région de Bejaia, le terrain s'inscrit dans les formations géologiques suivantes:

- « Q-5 » : SOLTANIEN : alluvions fluvio torrentielle, cône de déjection cailloutis, sable,
- limon.« A » : EBOULIS.
- « a1 » : alluvions anciennes.
- « a2 » : alluvions récentes.
- « m1 » : burdigalien (marne grises et conglomérats).
- « mII » : oligocene gris (marne rouge et vert, facies kabyle et conglomérats.
- « a3 » : alluvions marécageuses.
- « Ar » : alluvions récents de la vales du soummam.
- « Q5-6 » : quaternaire soltanien –rharbien : alluvions, pierres, cailloux ,sables ,limon.
- « Q1 » : alluvions anciennes des vallées et cône de déjection.
- « A » : alluvions actuelles.

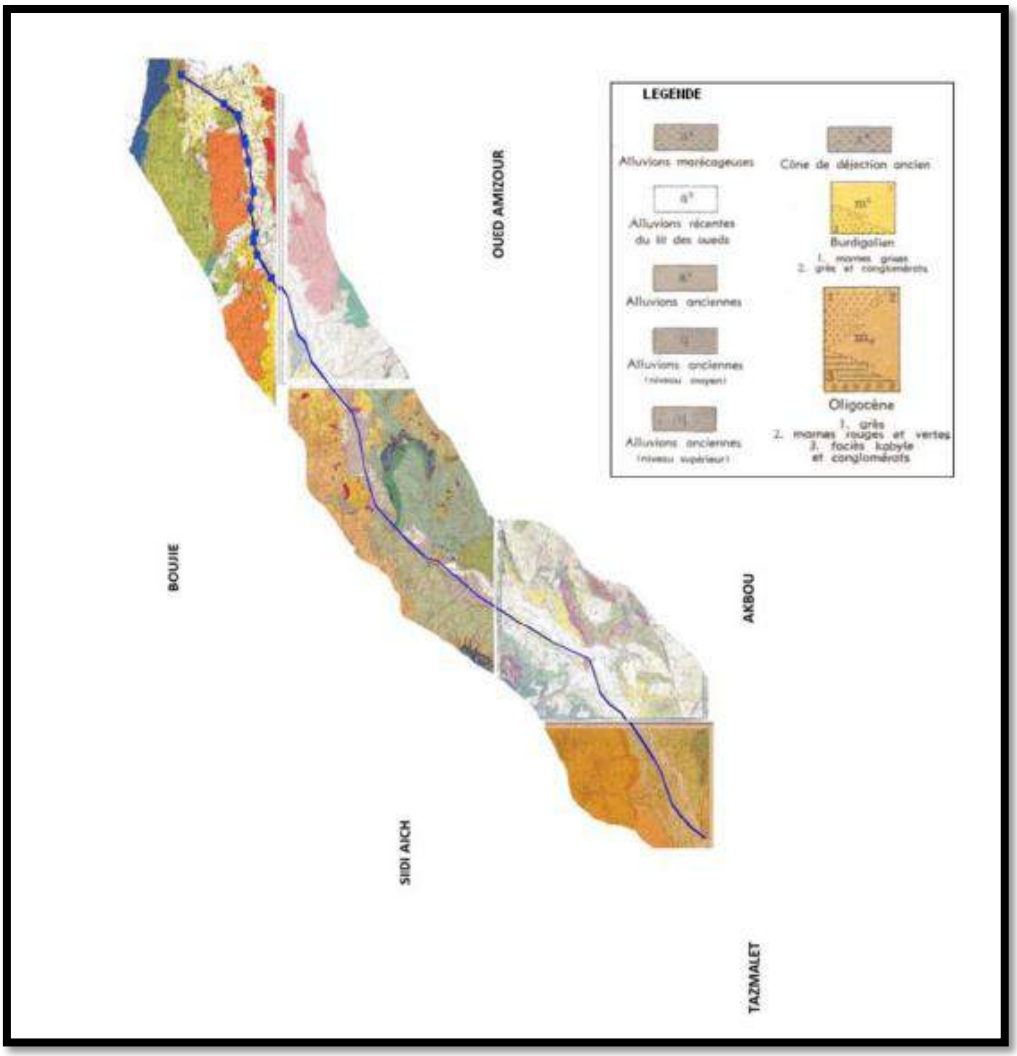


Figure.VI.1.Care géologique du tracé de la vois.

II.3. Risques géologiques

Implantée sur des terrains constitués de flancs de collines et de plaines marécageuses, la ville côtière de Bejaia est sujette à des glissements. Dans la majorité des sinistres, le relief du sol a connu de profondes modifications. Les observations montrent que ces événements sont dus à la surcharge excessive des terrains, à la présence d'eau et à la mauvaise qualité des sols.

La zone est caractérisée par une morphologie irrégulière. On distingue une partie très accidentée et une autre plate, les pentes varient de 0 à 45%. La construction des infrastructures sur des terrains meubles et en pente peut conduire à des désordres de grande ampleur.

Le risque que des séismes se produisent est modéré, avec des accélérations sismiques comprises entre 0.8 m/s² et 2.4 m/s².

III. Etude géotechnique :

L'étude géotechnique se rapporte aux sols et aux eaux souterraines en tant qu'éléments intervenant dans la stabilité et le bon comportement des constructions provisoires ou définitives. Elle est destinée à fournir au maître d'œuvre les données relatives au comportement du sol qui lui sont nécessaires pour la conception et la construction de la ligne ferroviaire et celles relatives à leur incidence sur l'environnement. Selon le programme de l'étude géotechnique, la reconnaissance des sols peut comporter plusieurs étapes et être modifiée en cours d'exécution après accord entre les parties.

III.1. Essais en phase d'APD :

III.1.1. Les essais in-situ :

Les essais in-situ sont des mesures physiques directement sur le terrain. Ils permettent d'approfondir l'étude des sols et des roches avant toute construction en surface ou en profondeur. Parfois discrédités au profit des essais de laboratoire, ils évitent pourtant toute contrainte de transport et de conservation susceptible d'altérer les prélèvements et leurs résultats, La campagne de reconnaissance géotechnique a été effectué par le laboratoire **LTP-EST** sur site a comporté l'exécution des essais suivants :

- Douze(11) sondages, carotté d'une profondeur de 18 à 25 m, avec prélèvements d'échantillons intacts et remaniés pour des essais au laboratoire.
- Des essais au Standard Pénétration Test dans le trou de forage du sondage.
- Vingt (17) puits de reconnaissance de 3.0 m de profondeur à l'aide d'une pelle mécanique.
- Vingt (16) essais de pénétration réalisés à l'aide du pénétromètre dynamique lourd type Borro poussées jusqu'au refus.

a. Sondages carottés :

En règle générale pour effectuer un sondage**,** on va réaliser un forage, Le sondage carotté est un outil descendant dans le trou qu'il fore au fur et à mesure de l'avancement, cet outil est suspendu à un organe moteur qui reste à la surface du sol, ce qui permettra ensuite de remonter des échantillons du terrain prélevé en profondeur. Les sondages carottés fournissent la meilleure qualité d'échantillon permettant de caractériser à la fois la nature et l'état des sols. Les sondages carottés permettent de visualiser les terrains traversés, de préciser avec certitude leur disposition géométrique, d'effectuer un certain nombre d'essais de laboratoire et in situ.

Les lectures des coupes des sondages carottés réalisé dans le cadre de la présente campagne fait ressortir la lithologie suivante :

Tab.VI.1.Les lectures des coupes des sondages carottés

Sondage	PK du Sondage	Coordonnées	Profondeur	Lithologie
S-V- 21.6	(21+550)	X=637042 Y=4033195	0.00 - 4.60	Alluvions à matrice argilo sableuse brune.
			4.60 - 5.80	Alluvions à matrice argileuse rougeâtre.
			5.80 - 8.00	Alluvions : graves, sables, cailloux avec des passages de blocs.
S10	(21+180)	X=637121 Y=4033578	0.00-25.00	alluvions essentiellement grossières, formée de galets subanguleux à subarrondis, graviers
S11	(22+680)	X=638342 Y=4034364	0.00-1.50	argile limoneuse brune rougeâtre peu graveleuse et contenant peu des carbonates
			1.50-7.00	alluvions essentiellement grossières, formée de galets subanguleux à subarrondis, graviers
			7.00 -17.50	alternance d'argile limoneuse brune et des blocs de grés grisâtre
			17.50-25.00	grés grisâtre
S- 24.1	(24+125)	X=638536 Y=4034983	0.0 - 18.00	Alluvions : Cailloux et blocs enveloppés dans une matrice sableuse plus ou moins argileuse.
S-V-28.2	(28+250)	X=640936 Y=4038285	*0.00 - 0.70*	Terre végétale.
			0.70 - 6.00	Argiles graveleuses brunes à niveaux caillouteux.
			6.00 - 18.00	Alluvions : graves, cailloux et blocs à matrice sableuse.
			0.00 - 3.60	Argiles graveleuses e caillouteuses grises.

S-V- 27.8	(27+800)	X= 640607 Y=4037949	3.60 - 5.60	Argiles sableuses brunes, graveleuses et légèrement caillouteuses.
			5.60 - 8.30	Graves, cailloux et blocs à matrice argileuse grisâtre.
			8.30 - 10.60	Graves, cailloux et blocs à matrice argileuse rougeâtre.
			10.60 - 18.00	Graves, cailloux et blocs à matrice argilo sableuse.
S-V-29.5	(29+550)	X=641750 Y=4039286	0.00 - 0.70	Terre végétale.
			0.70 - 10.3	Argiles caillouteuses brunes.
			10.3 - 18.00	Alluvions : graves, cailloux à matrice argilo-sableuse.
S-V- 30.1	(30+125)	X=642007 Y=4039748	0.00 - 0.50	Terre végétale
			0.50 - 1.30	Argiles graveleuses brunes.
			1.30 - 2.30	Argiles sableuses et graveleuses.
			2.30 - 3.20	Cailloux à matrice sablo-argileuse.
			3.20 - 4.50	Cailloux et graves à matrice argileuse.
			4.50 - 6.50	Argiles graveleuses brunes avec un passage caillouteux entre 5.6 et 6 m.
			4.50 - 6.50	Cailloux roulés à matrice sablo-argileuse.
S-V-32.3	(32+275)	X=643085 Y=4041626	*0.00 - 0.90*	Terre végétale.
			0.90 - 5.50	Alluvions à matrice sableuse.
			5.50 - 9.90	Argiles caillouteuses et graveleuses brunes.
			9.90 - 18.00	Alluvions : graves, cailloux et blocs à matrice sableuse.
S14	(34+660)	X=6444473 Y=4044418	*0.00-25.00*	alluvions essentiellement grossières, formée de galets subanguleux à subarrondis, graviers

b. Coupe des puits de reconnaissance :

C'est une méthode d'observation du terrain considérée comme le prolongement en profondeur de la géologie de surface. Elle a pour but d'obtenir un Levé d'une coupe géologique détaillée et prélever des échantillons pour identification et essais mécaniques.

Tab.VI.2. Coupe des puits de reconnaissance

Puits de reconnaissance	PK du PR	coordonnées	Profondeur	Lithologie
PR 20.0	(20+00)	X=635667 Y=4032462	0.00 - 0.50	Remblais.
			0.50 - 2.50	Alluvions (sables, graves et cailloux).
			2.50 - 3.00	Passage limono-sableux.
PR 21.6	(21+650)	X=637085 Y=4033228	0.00 - 0.50	Remblais.
			0.50 - 2.50	Alluvions (sables, graves et cailloux).
			2.50 - 3.00	Passage limono-sableux.
PR 22.0	(22+000)	X=637406 Y=4033410	0.00 - 0.50	Terre végétale.
			0.50 - 1.00	Alluvions à matrice argileuse rougeâtre compacte.
PR 23.0	(23+000)	X=638268 Y=4033909	/	Description de la roche : Calcaires massifs de couleur grise, de patine grise à blanchâtre, avec des éléments fins. La fracturation est fréquente.
PR 24.2	(24+175)	X=638548 Y=4035025	0.00 - 1.00	Remblais.
			1.00 - 2.00	Argiles graveleuses brunes compactes.
PR 25.0	(25+000)	X=638890 Y=4035775	0.00 - 0.60	Remblais.
			0.60 - 1.00	Galets à matrice argileuse rougeâtre
PR 26.0	(26+000)	X=639349 Y=4036662	0.00 - 1.00	Terre végétale.
			1.00 - 2.00	Argiles brunes graveleuses.
PR 27.0	(27+000)	X=640046 Y=4037377	0.00 - 1.50	Remblais.
			1.50 - 2.50	Galets à matrice sableuse légèrement argileuse.

PR 27.9	**(27+850)**	**X=640637 Y=4037982**	**0.00 - 0.20**	**Terre végétale.**
			0.20 - 2.00	**Alluvions et galets à matrice argileuse.**
PR 28.3	**(28+350)**	**X=640967 Y=4038318**	**0.00 - 1.00**	**Terre végétale.**
			1.00 - 2.80	**Argiles graveleuses légèrement caillouteuses.**
			2.80 - 3.00	**Argiles graveleuses et caillouteuses.**
PR 28.9	**(28+900)**	**X=641376 Y=4038735**	**0.00 - 0.50**	**Terre végétale.**
			0.50 - 2.00	**Alluvions (cailloux, graves et sable).**
PR 29.6	**(29+650)**	**X=641781 Y=4039319**	***0.00 - 0.50***	**Terre végétale.**
			0.50 - 1.50	**Argiles rougeâtres graveleuses et caillouteuses compactes.**
PR 30.2	**(30+175)**	**X=642036 Y=4039800**	***0.00 - 1.00***	**Terre végétale.**
			1.00 - 2.00	**Argiles brunes graveleuses et caillouteuses compactes.**
PR 31.0	**(31+000)**	**X=642434 Y=4040540**	***0.00 - 0.80***	**Terre végétale.**
			0.80 - 2.50	**Argiles brunes graveleuses et caillouteuses compactes.**
PR 32.3	**(32+350)**	**X=643120 Y=4041693**	***0.00 - 1.00***	**Terre végétale.**
			1.00 - 2.00	**Argiles brunes graveleuses et caillouteuses compactes.**
PR 33.0	**(33+000)**	**X=643240 Y=4042334**	***0.00 - 0.50***	**Terre végétale.**
			0.50 - 1.50	**Cailloux et blocs à matrice argileuse rougeâtre.**
PR 34.0	**(34+000)**	**X=643615 Y=4043255**	***0.00 - 1.00***	**Remblais.**
			1.00 - 2.00	**Cailloux et blocs à matrice argileuse rougeâtre.**

c. Essais SPT (Standard Pénétration Test)

Le «Standard Pénétration Test» (SPT) est un essai de pénétration dynamique qui permet de tester la résistance du sol, tout en prélevant des échantillons remaniés du terrain. Les résultats des essais SPT sont synthétisés dans le Tableau ci-dessous :

Tab.VI.3. Coupe des puits de reconnaissance

Sondage Carotte	Profondeur de sondage(m)	Profondeur d'essai (m)	Nombre de coups N1+ N2	Compacité selon XP P 94-011
S-(11)	25	7,7-8,10	39	sole dense a très dense
		17.5 à17.4m	REFUS	

d. Essais de pénétration dynamique :

L'essai de pénétration dynamique est sans doute le plus ancien des essais géotechniques in situ, son principe demeurant très simple, à l'instar du clou que l'on enfonce dans une planche grâce à un marteau. L'essai de pénétration dynamique permet de simuler le battage d'un pieu et de déterminer la résistance dynamique que le terrain oppose à l'enfoncement de celui-ci.

Les résultats des essais pénétrométriques dont les principaux paramètres figurent dans le tableau ci-dessous :

Tab.VI.4. paramètres des essais pénétrométriques

N° Essais PDL	PK	Profondeur de refus (m)	Résistance minimale à la pointe Rpmin (bar)	Profondeur de Rpmin(m)	Interprétation et observation
PD-21.6	21+650	-3.4	60	1.4	Les résultats pénétrométriques sont enregistré des résistances de pointe moyenne à élavés (40bars <Rp<670bars) avec un refus superficiel de 0.60 et 5.0 m de profondeur
PD-22	22+000	-1.4	160	0.4	
PD-24.2	24+175	-1.8	190	0.6	
PD-25	25+000	-0.8	670	0.8	
PD-26	26+000	-1.0	220	0.6	
PD-27	27+000	-5.0	50	2.8	
PD-V-27.9	27+850	-1.6	160	0.6	
PD-V-28.3	28+350	-5.0	90	1	
PD-V-28.9	28+900	-0.6	650	0.4	
PD-29.6	29+650	-2.6	70	60	
PD-V-30.2	30+175	-1.6	460	0.6	
PD-31	31+000	-3.8	50	2.4	
PD-V-32.3	32+350	-0.8	360	0.8	
PD-33	33+000	-1.0	240	0.8	
PD-34	34+000	-1.4	180	0.8	
PD-35	35+000	-0.6	400	0.4	

III.1.2.Reconnaissance au laboratoire :

Les échantillons intacts et remaniés, prélevés dans le puits reconnaissance et les sondages carottés à différentes profondeurs ont fait l'objet d'analyse en laboratoire, elles ont consisté à l'exécution des essais suivants :

a. Essais Physiques :

- Analyses granulométrie
- Teneur en eau et saturation.
- Valeur au bleu méthylène (VBS).
- Densité.

b. Essais Mécaniques :

- **Détermination des caractéristiques mécaniques de résistance au cisaillement à la boite de Casagrande**

- Cohésion interne apparente du sol (Cu bars)
- Angle de frottement apparent du sol φ

- **Détermination des caractéristiques mécaniques de compressibilité à l'odomètre**

- Pression de consolidation (Pc bars)
- Indice de compression (Cc)
- Indice de gonflement (Cg)

- **Essai de Proctor modifie et CBR**

i. Échantillons provenant de puits de reconnaissance :

Puits N°	PK	Prof (m)	Wn %	Granulométrie			Limite d'Atterberg			ES	Proctor modifie		CBR		Classifications	
				Dmax mm	<2 mm	< 0.08 mm	WL	WP	IP		W_{opm} (%)	γd_{opm} T/m3	100%	95%	GTR	UIC 719R
PR-20	20+00	3.0	5,2	80	19	7				31			12.2	*8.4*	D31	QS1
PR-22	21+445	0.5-1.0	10	80	26	15	35	18.2	16.7	10	8.5	2.1		*4.99*	B6	QS1
PR-24,2	23+730	1-2	12	10	84	63	35	18.2	16.8		11	1.95	9.9	*4.6*	A2	QS1
PR-25	24+430	0,6-1,0	8.6	80	40	22				26					C1B 6	QS1
PR-26	25+430	1,0-3,0	12.1	10	75	37	34	18.3	15.7		8.7	2.05	10.1	*6.3*	A2	QS1
PR-27	26+430	1.0-3.0	8.9	50	55	21	25.1	13.6	11.5	40					B5	QS1
PR-28,3	27+715	1,0-3,0	5	10	73	40	30.1	15.1	15		8.7	2.09		*4.3*	A2	QS1
PR-28,9	28+300	0,5-3,0	4.2	80	46	18				44					C1A	QS1
PR-29,6	29+015	0,5-1,5	11.2	10	93	73	33.3	18.2	15.1		10.9	1.92	10.9	*5.8*	A2	QS1
PR-30,2	29+500	1,0-2,0	14.7	32	58	30	10.4	16	4.4		9.3	2.14	2.1	*1.61*	B5	QS1
PR-31	30+400	0,8-2,5	12.1	80	58	24	2.5	16	4.5		7.0	2.21	4.6	*4.2*	B5	QS1
PR-6	37+530	1.5-3.0	7.4		18	5	21.7	11.5	10.2							QS1

Tab.VI.5. Résultats physique des Essais sur les Échantillons provenant de puits de reconnaissance

Interprétation des résultats :

- **Pour le PR-20 les résultats obtenus nous montrent que :**

-Les analyses granulométriques indiquent un sol grenu, car moins de 50% (7%) des éléments passent au tamis 80µ.
-Cette formation présente des teneurs en eau naturelle faibles de 5.2%.
-L'équivalent de sable mesuré 31% ; ce qui indique une propreté moyenne.
En se basant sur la classification des sols selon le guide GTR (Guide des terrassements routiers-1992), il s'agit d'un sol de classe **D31** (graves alluvionnaires), ce qui indique un matériau insensible à l'eau.

- **Pour le PR-25 les résultats obtenus nous montrent que :**

-Les analyses granulométriques indiquent un sol grenu, car moins de 50% (22 %) des éléments passent au tamis 80µ.

-Cette formation présente des teneurs en eau naturelles faibles, elle est de l'ordre 8,6 %.

-La limite de liquidité déterminée au niveau du puit PR 14.5 est de 34.8, ainsi, l'indice de plasticité est de 16.7.

-En se basant sur la classification des sols selon le guide GTR, il s'agit d'un sol de classe C1B6 (Alluvions grossières à sables et graves argileux).

- **Pour (PR-24.2/PR-26/ PR-28,3/PR-29,6) les résultats montrent ce qui suit :**

-Les analyses granulométriques indiquent un sol fin, car plus de 50% des éléments passent au tamis 80µ. Le diamètre maximal de ces éléments est en général, inférieur à 10 mm.

- Cette formation présente des teneurs en eau naturelles moyennes à faible elles varient de 5 à 12.1 %. Les valeurs des teneurs en eau naturelles sont supérieures aux teneurs en eau de l'optimum Proctor.

- l'indice de plasticité varie entre 19 et 21. Les limites de liquidité varient nettement entre les différents échantillons, elles sont de l'ordre de 37 à 42 %, le diagramme de Casagrande inséré en annexe, indique un matériau argileux peu plastique.

-En se basant sur la classification LCPC, les limites d'**Atterberg** permettent de classer cette tranche de sol parmi les sols faiblement argileux et peu plastiques.

-**Essais de Proctor :** Les essais Proctor ont été réalisés dans le but de déterminer les caractéristiques obtenues de compactage. La densité Proctor obtenus entre1.92 à 2.09 avec des teneurs en eau Wopm variant entre 8.8et 11 %.

-**Essais de CBR :** Les essais de CBR ont été réalisés dont le but de vérifier la portance du sol. CBR à **95%** OPM variant entre 4,3 à 6,3 %. (la portance du sol est Faible) selon **P94 078**.

En se basant sur la classification des sols selon le guide GTR, le sol est classé en fonction de la nature en majeure partie, dans la sous-classe A2 (argiles et limons peu plastiques S-2) Seuls les puits PR 30.2 et 31.0 sont classés en B5 (sables et graves très silteux).

ii. Échantillons provenant de sondages carottés :

Tab.VI.6. Résultats physique des Essais sur les Échantillons provenant de sondages carottés

Sondage	PK	Prof (m)	Wn	Granulométrie		Limite d'Atterberg			oedomètre			cisaillement		Classification selon LCPC	
				<2 mm	< 0.08 mm	WL	WP	IP	Pc (bars)	Cc %	Cg %	C (bars)	φ°	LCPC	UIC 719R
S-11	22+680	7.8-8.1	16	88	77	37	18	19				0.42 CD	20	Argile peu plastique	QS1
		17.1-17.4	18	45	38	39	18	21						Grave argileuse	QS1
S-24.1	23+680	9.5	18.2	100	96	54.5	26.8	27.7						Argile très plastique	QS1
S-29,5	28+980	4	13	88	70	46.5	20	26.5						Argiles peu plastique	QS1
S-V-30,1	29+500	2	13.1	99	72	41.3	18.7	22.2	1,43	0,21	0,03			Argiles peu plastique	QS1
		4,5-4,9							0,78	0,19	0 ,03				QS1
S-32.3	31+665	7.7	12.5	80	54	42.6	18.1	23.5	1.15	0.16	0.03	0.58 UU	23	Argiles peu plastique	QS1

c. Essais Chimiques :

Dans une optique d'avoir une idée générale sur le degré d'agressivité du sol, il été procédé aux analyses chimiques sommaires réalisées suivant la norme NFP 18.011 comprenant les tests suivants :

- analyse chimique sommaire % des Sulfates (SO4-2)
- % des chlorures (Cl-)
- % en carbonates (CaCO3)
- % en matières organiques (MO)

- **Analyse chimique du sol :** D'après les résultats des analyses chimiques au niveau des sondages, on ne constate que le sol présente une **agressivité** vis-à-vis des bétons.

Tab.VI.7. Résultats des Essais chimiques

Sondage	Profil	Profondeur (m)	% Carbonates CaCO3	% MO	% Sulfate SO4	Degré d'agressivité	UIC 719R
S-21.6	21+015	2,00	9,02	-	0,00	Faible d'agressivité	QS1
		4,8	5,26	-	0,00		QS1
S-10	21+180	5,00	5,80	0	0,00		QS1
S-11	22+680	7,8-8,10	26,09	-	0,00		QS1
		17,10/17,40	75,71	-	0,00		QS1
		>18,8	80,00	-	0,00		QS1
S-24.1	23+680	3,00	12,03	-	0,00		QS1
		5,00	12,78	-	0,00		QS1
		9,50	36,52	-	0,00		QS1
S-27.8	27+200	2,00	21,05	-	0,00		QS1
		4,00	12,03	-	0,00		QS1
S-28.2	27+680	5,00	9,77	-	0,00		QS1
		7,00	28,57	-	0,00		QS1
S-29.5	28+980	4,00	7,52	-	0,00		QS1
		6,00	14,28	-	0,00		QS1
S-30.1	29+500	2,00	7,58	0.56	0,00		QS1
S-32.3	31+665	4,00	11,28	-	0,00		QS1
		7,70	3,76	-	0,00		QS1
S-14	34+660	5,00	5.07	0.38	0,00		QS2

III.2. Essais en phase D'exécution :

III.2.1 Essais in-situ :

La campagne de reconnaissance géotechnique a été effectue par le laboratoire **L.T.P.Est** sur site a comporté l'exécution des essais suivants :

- Deux (02) sondages, carotté d'une profondeur entre10 et 15 m, avec prélèvements d'échantillons intacts et remaniés pour des essais au laboratoire.
- Des essais au Standard Pénétration Test dans le trou de forage du sondage.
- Sept (07) puits de reconnaissance de 3.00 m de profondeur à l'aide d'une pelle mécanique.
- Six (06) essais de pénétration réalisés à l'aide du pénétromètre dynamique lourd type Borro poussées jusqu'au refus.

a. Sondages carottés :

Tab.VI.8.Coordonnées des points du sondages carottée

Sondages Carotté	coordonnées	
	X	Y
105	638012,737	4033675,245
106	639477,329	4036066,29

Les lectures des coupes des sondages carottés réalisé dans le cadre de la présente campagne fait ressortir la lithologie suivante :

Tab.VI.9. La lithologie des sondages carottés réalisé

Sondage	PK du sondage	Coordonnées	Profondeur	Lithologie
105	PK 22+100	X = 638012,737 Y = 4033675,245	0.00-0.40m	Limon sableux graveleux rougeâtre.
			0.40-1.30m	Limon argileux graveleux rougeâtre.
			1.30-10.0m	Calcaire marneux gris a blanchâtre induré (très dur) avec présence de Calcite.
106	PK 25+00	X = 639477,329 Y = 4036066,29	0.00-2.00m	Remblais
			2.00-15.0m	Alluvions moyennes a grossières (grave , cailloux , blocs avec la présence de sable) .

b. Coupe des puits de reconnaissance :

Les coupes géologiques détaillées se présentent comme suit :

Tab.VI.10.coupes géologiques détaillées

Puits de reconnaissance	Pk des PR	Coordonnées	Profondeur	lithologie
Puits 116	20+725	X= 636831,245 Y=4033003,55	0.00-0.70m	Remblais
			0.70-2.50m	Alluvions grossières
Puits 117	22+375	X=638260,407 Y=4033794,12	0.00-0.40m	Terre végétale
			0.40-3.00m	Argile limoneuse rougeâtres graveleuse avec présence de blocs
Puits 118	23+800	X=638915,645 Y=4035008,42	0.00-0.60m	Remblai
			0.60-1.80m	Alluvions fines
			1.80-3.00m	Limons argileux brun légèrement graveleux
Puits 119	24+550	X=639248,17 Y= 4035679,01	0.00-3.00m	Alluvions moyennes à grossières (sable gris graveleux caillouteux)
Puits 120	25+470	X=639716,674 Y=4036470,78	0.00-0.30m	Terre végétale
			0.30-1.80m	Sable fin légèrement graveleux
			1.80-3.00m	Alluvions grossières
Puits 121	26+050	X=640012,036 Y= 4036969,94	0.00-0.40m	Terre végétale
			0.40-1.40m	Argile limoneuse noire légèrement graveleuse
			1.40-3.00m	Argile limoneuse légèrement graveleuse
Puits 122	26+590	X= 640287,027 Y=4037434,68	0.00-0.50m	Terre végétale
			0.50-2.00m	Alluvions fines à moyennes (sables limoneux graveleux)
			2.00-3.00m	Alluvions grossières (sable graveleux caillouteux et blocs)

c. Essais SPT (Standard Pénétration Test) :

Les résultats des essais SPT sont synthétisés dans le Tableau suivant :

Tab.VI.11. résultats des essais SPT

Sondage Carotte	Profondeur de sondage(m)	Profondeur d'essai (m)	Nombre de coups N1+ N2	Compacité selon XP P 94-011
S-(106)	15	1,5.0 à 1.95m	49	sole très dense
		4,0.0 à 4.15m	REFUS	sole très dense

d. Essais de pénétration dynamique :

Les résultats des essais pénétrométriques dont les principaux paramètres figurent dans le tableau ci dessous :

Tab.VI.12. Paramètres des essais pénétrométriques

N° Essais PDL	Profondeur de refus (m)	Résistance minimale à la pointe Rpmin (bar)	Profondeur de Rpmin (m)	Interprétation et observation
DPSH-116	**1.2**	**68.8**	**0.6**	**Les résultats pénétrométriques sont enregistré des résistances de pointe moyennes à élevées, (39.5 bars <Rp< 301bars) avec un refus superficiel de 0.20 et 1.0m de profondeur, causé probablement par la rencontre un horizon alluvionnaire (présence des graves et des cailloux).**
DPSH-118	0.8	301	0.2	
DPSH-119	1.0	129	0.2	
DPSH-120	1.6	86	0.2	
DPSH-121	4.8	39.5	1.8	
DPSH-122	1.2	129	0.2	

III.2.2 Reconnaissance au laboratoire :

Les échantillons intacts et remaniés, prélevés dans le puits reconnaissance et les sondages carottés à différentes profondeurs ont fait l'objet d'analyse en laboratoire, elles ont consisté à l'exécution des essais suivants :

a. **Essais Physiques :**

- Analyses granulométrie
- Teneur en eau et saturation.
- Valeur au bleu méthylène (VBS).
- Densité.

b. **Essais Mécaniques** :

- **Détermination des caractéristiques mécaniques de résistance au cisaillement à la boite de Casagrande.**
  - Cohésion interne apparente du sol (Cu bars)
  - Angle de frottement apparent du sol φ
- **Détermination des caractéristiques mécaniques de compressibilité à l'oedomètre**
  - Pression de consolidation (Pc bars)
  - Indice de compression (Cc)

- Indice de gonflement (Cg)

- **Essai de Proctor modifie et CBR**

Tab.VI.13. Échantillons provenant de puits de reconnaissance

Puits N°	PK	Prof (m)	Wn	Granulométrie				Limite d'Atterberg			VB	VBS	Proctor modifie		Classification	
				Dmax mm	<5 mm	<2 mm	< 0.08 mm	WL	WP	IP			W_{opm} (%)	γd_{opm} T/m3	GTR	UIC 719R
P116	20+725	2à3m	3.15	<50	69	55	12	31.14	14.88	16.26	0.66	0.45	6.8	2.161	B4th	QS1
P117	22+375	2à3m	9.47	<50	90	87	81	49.93	24.42	25.51	4.73	4.26			A2	QS1
P118	23+800	2à3m	8.04	<50	99	98	60	24.08	14.63	9.46	2	1.98			A1	QS1
P119	24+550	2à3m	3.09	<50	61	46	5	Essai inadapté à cause de la nature sableuse de l'échantillon étudié			0.56	0.34	4.6	2.255	B4S	QS1
P120	25+470	2à3m	4.36	<50	91	89	27	25.57	12.27	13.30	1.66	1.51	5.5	2.55	B6S	QS1
P121	26+050	2à3m	7.63	<50	100	98	73	32.55	16.02	16.52	2.66	2.66	-		A2	QS1
P122	26+590	2à3m	3.85	<50	56	41	23	31.13	18.61	12.52	1.16	0.65	7.3	2.131	B5th	QS1

Interprétation des résultats :

- **Les sols fins (argile, limon, sable) caractérisés par :**

✓ Dmax : <50mm.
✓ <0.08 : est comprise entre 60 et 81%.
✓ Une limite de liquidité est comprise entre 24.08et 49.93%.
✓ L'indice de plasticité entre 9.46 et 25,51 %.

D'une manière générale les matériaux sont classés selon GTR dans la classe A, sous classe A1, A2.

- **Les sols comportant des fines et des gros éléments (sol limoneux sableux et graveleux avec des fines) sont caractérisés par :**

✓ Dmax : <50 mm
✓ <0.08 : est comprise entre 5 et 27%
✓ Une limite de liquidité entre 25.57et 31.13 %.
✓ L'indice de plasticité est entre 12.52 et 16.26 %

D'une manière générale les matériaux sont classés selon GTR dans la classe B.

- **Essais de Proctor :**

✓ Les essais Proctor ont été réalisés dans le but de déterminer les caractéristiques obtenues de compactage.
✓ La densité Proctor obtenus varie entre 2.13 et 2.55 avec des teneurs en eau Wopm entre 4.6et 7.3 %.

Tab.VI.14. Échantillons provenant de sondages carottés

Échantillons	Profondeur (m)	Granulométrie				Densité yd t/m3	Densité yh t/m3	Teneur en eau naturelle wn%	Degré de saturation Sr	Etat du sol d'après LCPC
		%Graves 2mm< d <60mm	%Sable 0.06mm<d <2mm	0.063<%limon d< 0.002mm	<%Argile d< 0.002n					
106	10.1-10.5	30	62	8	_	_	_	0 .49	_	_

N° Sondage	Prof (m)	résistance à la compression simple RC (Mpa)	Résistance a l'usure (micro deval)	Essai los Angeles
105	3,1-10,0	50	23,86	26,19

NB : Les fiches des essaies géotechniques seront joint dans l'ANNEXE3.

IV. Conclusion :

Les différentes compagnes d'investigation dont les essais de laboratoire ainsi que les essais in situ réalisés sur plusieurs échantillons du sol prélevés de nombreuses profondeurs, ont mené à plusieurs conclusions. Notre sol est globalement qualité médiocre de classe de qualité (QS1) selon la classification de l'UIC 719R, composé d'énormément d'argile et de limon et cela tout au long du tracé.

CHAPITRE VII

Etude hydraulique et assainissement

Chapitre VII : Etude hydraulique et assainissement.

I. Introduction :

L'étude hydraulique et celle de l'assainissement sont nécessaires et indispensable dans tout projet ferroviaire pour bien comprendre les mécanismes de circulation des eaux superficielles, du fait que les projets de voie ferrés perturbent les écoulements d'eau naturels avec les modifications qu'ils apportent.

Cette étude décrits les éléments hydrologiques nécessaires au Projet d'Exécution de la ligne ferroviaire **Beni Mansour** / **Bejaia**, ainsi que le dimensionnement et les caractéristiques des éléments de drainage et d'assainissement projetés.

II. Etude hydraulique :

Les études hydrologiques pour la ligne projetée dans le cadre de cette étude APD poursuivent des objectifs bien définis, ils visent une étude climatologique et pluviométrique, qui servira de base pour le calcul hydrologique postérieur et l'analyse des données obtenues des stations météorologiques situées dans la zone du projet, ainsi que l'Identification des bassins traversés par le tracé et leur délimitation, calcul du débit maximal de crue pour différentes périodes de retour.

Le tronçon de voie ferrée traverse un certain nombre de bassins versants hydrologiques à étudier. Les précipitations, avec possibilité de fortes intensités, peuvent provoquer des inondations désastreuses sur certains endroits de la voie ferrée présentant une topographie favorable à ces catastrophes.

II.1. Contexte hydrologique de la zone.

II.1.1. Climatologie :

La région de Bejaia est caractérisée par un climat méditerranéen, avec hivers humides et doux et étés chauds. Les températures sont relativement douces, la moyenne annuelle est de 19,48°C et les températures moyennes mensuelles varient entre 12,5°C en Janvier et 27,46ºC en Août.

a. Température :

Selon des études statistique sur la région d'étude ou se trouve notre tronçon, On remarque que la température diminue pendant les trois mois d'Hiver (Décembre, Janvier, Février) et atteint le minimum de 12,5°C en Janvier. Elle augmente pendant les trois mois d'été (Juin, Juillet, Août) et atteint le maximum de 27,46°C en Août.

b. Ensoleillement :

Les Moyennes mensuelles et annuelle d'ensoleillement dans la région :

Tab.VII.1.Durées moyennes mensuelles d'ensoleillement (heures / jour)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	moy
Ensoleillement(h)	5.33	5.9	7.41	8.136	9.06	10.13	11.05	9.59	6.98	6.81	5.39	4.59	7.56

Les valeurs les plus importantes sont enregistrées dans la période allant du mois de Mars au mois d'Octobre ; la valeur la plus élevée est celle du mois de juillet (11,05 heures/jour).

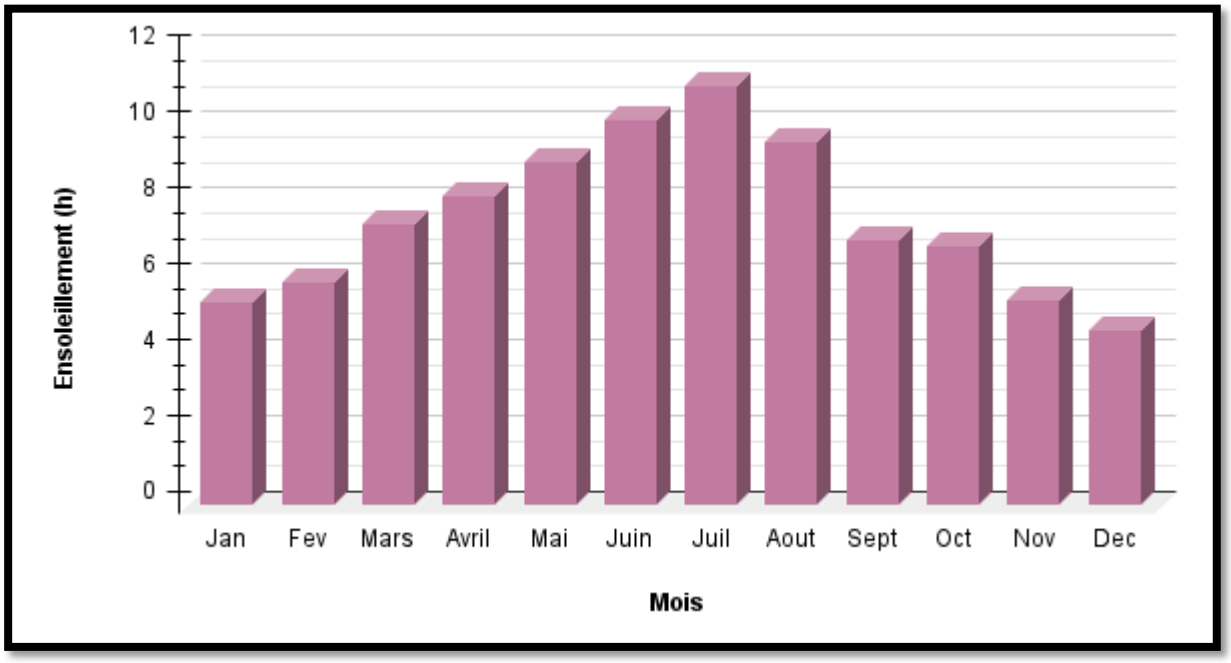


Fig.VII.1.Moyenne mensuelle de l'isolation

c. Evaporation :

Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation :

Tab.VII.2.Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	moy
Evaporation (mm)	68,1	57,5	52,4	76,0	76,3	90,6	97,0	96,7	85,7	80,4	78,4	66,6	930,5

Observation :

Le tableau ci-dessus montre que l'évaporation est importante en été. Elle atteint son maximum au mois de Juillet avec une valeur de 97 mm. Le minimum est enregistré au mois de Mars avec une valeur de 52,4 mm. La moyenne annuelle de l'évaporation est de 930,5 mm.

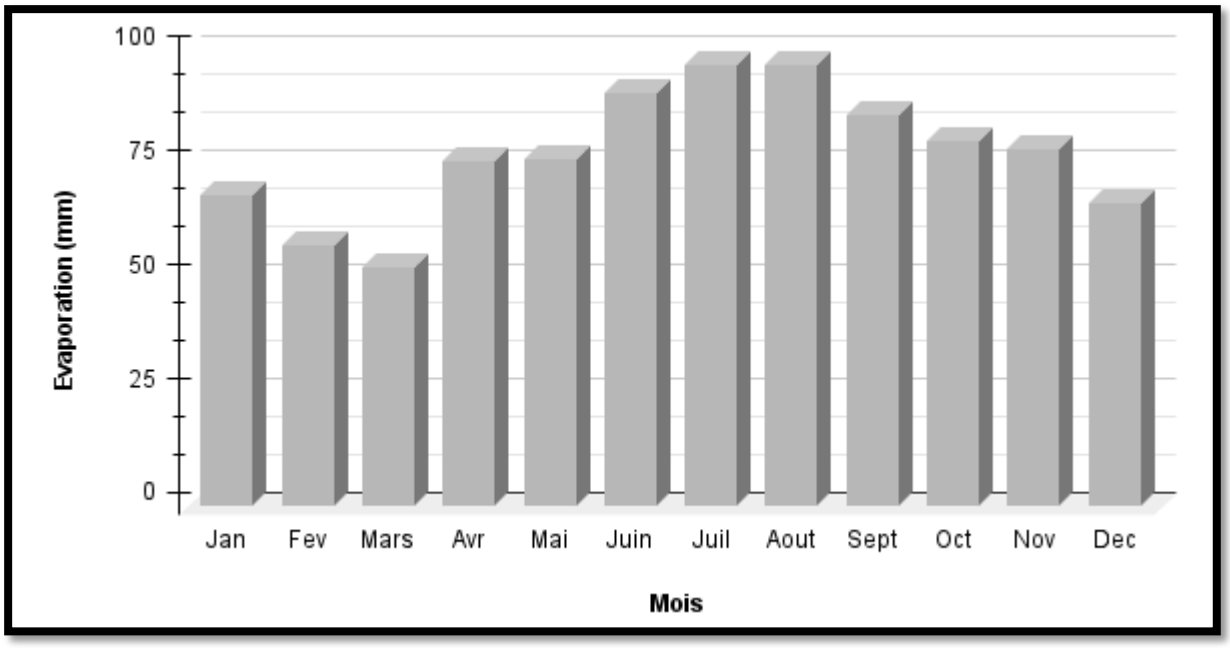


Fig.VII.2.Moyenne mensuelle d'évaporation

d. Les vents :

Direction des vents :

Fréquence des directions des vents dominants au sol :

Tab.VII.3. Fréquence des directions des vents dominants au sol.

Mois / Dir	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
N	3	2	3	4	3	3	2	2	4	3	3	1	3
NE	1	1	4	3	5	7	8	7	5	4	2	1	4
E	3	6	10	12	18	25	30	26	19	10	5	2	14
SE	4	6	5	8	10	10	8	9	8	6	4	3	7
S	4	2	1	2	2	3	3	4	5	5	5	5	4
SO	18	15	14	15	11	9	10	11	17	22	24	25	16
O	40	28	26	25	18	11	10	14	18	27	38	45	26
NO	2	2	1	3	1	1	1	1	1	2	3	3	2

Observation :
Ces valeurs représentent les fréquences des vents observées pendant une période de 10 ans mesurées pour des directions différentes.
D'après la répartition fréquentielle des vents, on constate que les vents les plus fréquents durant la période estivale (Juin, Juillet, Août, Septembre) sont de direction dominante Est ; la direction dominante est Ouest durant les autres périodes de l'année.

Vitesse des vents :

Moyennes mensuelles de vitesse des vents :

Tab.VII.4. Vitesses du vent mensuelles en m/s.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
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

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

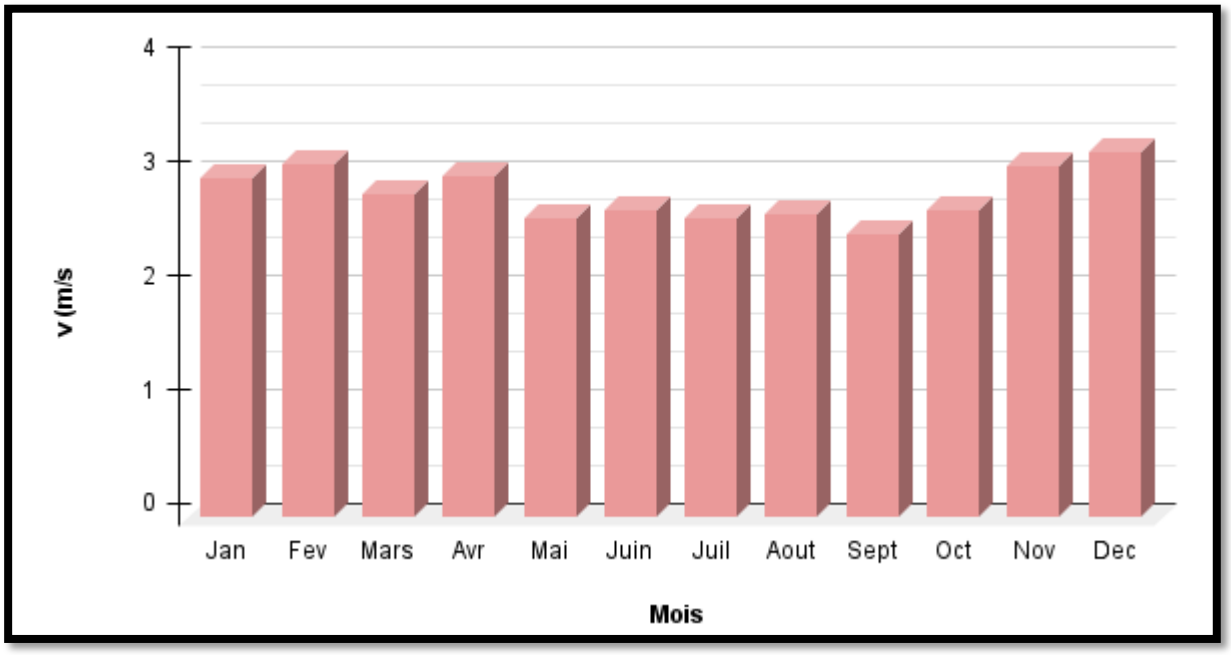


Fig.VII.3.Moyennes mensuelles de la vitesse des vents

e. L'humidité relative :

Le tableau suivant illustre les données relatives aux humidités moyennes mensuelles :

Tab.VII.5.moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Humidité (%)	74,9	77	76,8	78,2	78,5	77	72,7	75,5	75,4	74,2	76,3	75,5

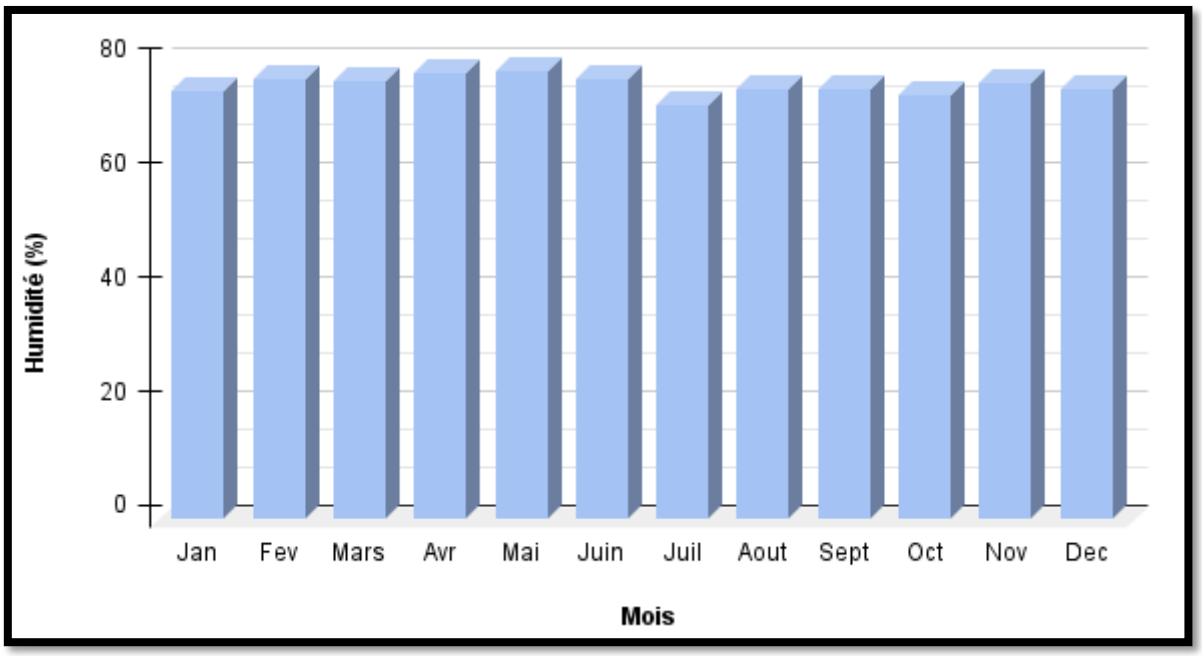


Fig.VII.4.Moyenne des Humidités relatives mensuelles

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

II.2.1. Pluviométrie :

a. Pluie annuelles :

Apres l'analyse détaillée des observations (ajustement à une loi normale des pluies annuelles de la région), nous avons constaté que les distributions statistiques dans la région présentent un caractère nettement symétrique.
L'ajustement à une loi normale des pluies annuelles pour des fréquences humides et sèches de la région, dont les quantiles sont présentés sur les tableaux suivants, montre leur variation en fonction de l'altitude et en allant du Sud vers le Nord, relativement plus pluvieux.

Tab.VII.6. Ajustement à une loi normale des pluies annuelles (fréquences humide)

Pluies Annuelles (mm)						
Périodes de Retour	5	10	20	50	100	200
Fréquence	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	0.995
Bejaïa	1123.8	1213.5	1287.5	1370.8	1426.4	1477.2
Sidi aich	615	673.7	722.2	776.8	813.2	846.5
M'Chedallah	470.3	527.7	575.1	628.5	664.1	696.7
Tazmalt	481.7	531.3	572.3	618.4	649.1	677.2
Ighil Ali	540.8	591.3	633	679.9	711.2	739.8
Seddouk	618.4	677.1	725.6	780.2	816.6	849.9

b. 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.

c. Précipitations mensuelles :

Les pluies moyennes mensuelles représentées par les tableaux suivants traduisent clairement les variations saisonnières et leur distribution à l'échelle annuelle. La station prise en considération dans la région de Beni Mansour est celle de Tazmalt, et pour la région de Bejaia on prend en considération la station de Bejaia. Les stations prises en considération dans la région d'étude font ressortir deux périodes distinctes, une saison sèche et une autre humide.

Répartition mensuelle des précipitations, station de Bejaia :

Tab.VII.7.Répartition des pluies mensuelles de la station de Bejaia

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
P en mm	153	112.2	91.2	76.3	51.9	26.6	5.5	7.9	42.6	97.6	134.5	135.5
P en %	16.1	11.8	9.6	8	5.4	2.8	0.2	1.2	4.5	10.3	14.1	16.1

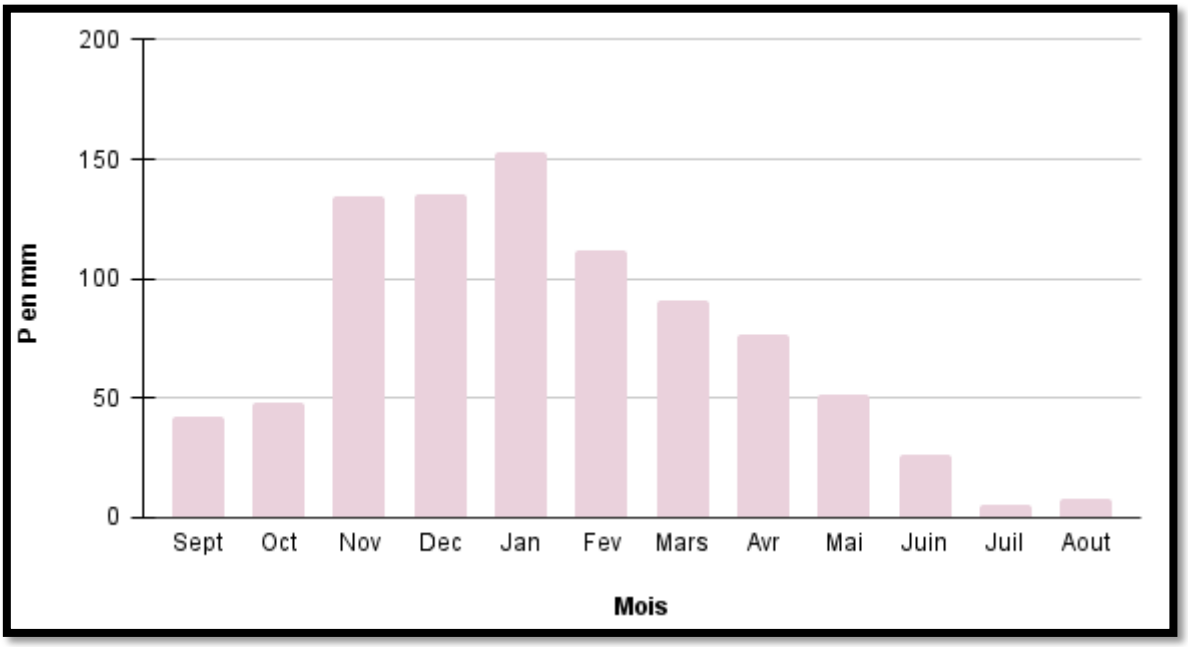


Fig.VII.5.Répartition mensuelle des pluies de la station de Bejaia

Tab.VII.8.Répartition des pluies mensuelles de la station de Tazmalt

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
P en mm	51.2	42.7	45.5	39.3	28.2	9.8	5.5	7.9	25.6	29.3	42.4	59.6
P en %	13.2	11	11.8	10.2	7.3	2.5	1.4	2	6.6	7.6	11	15.4

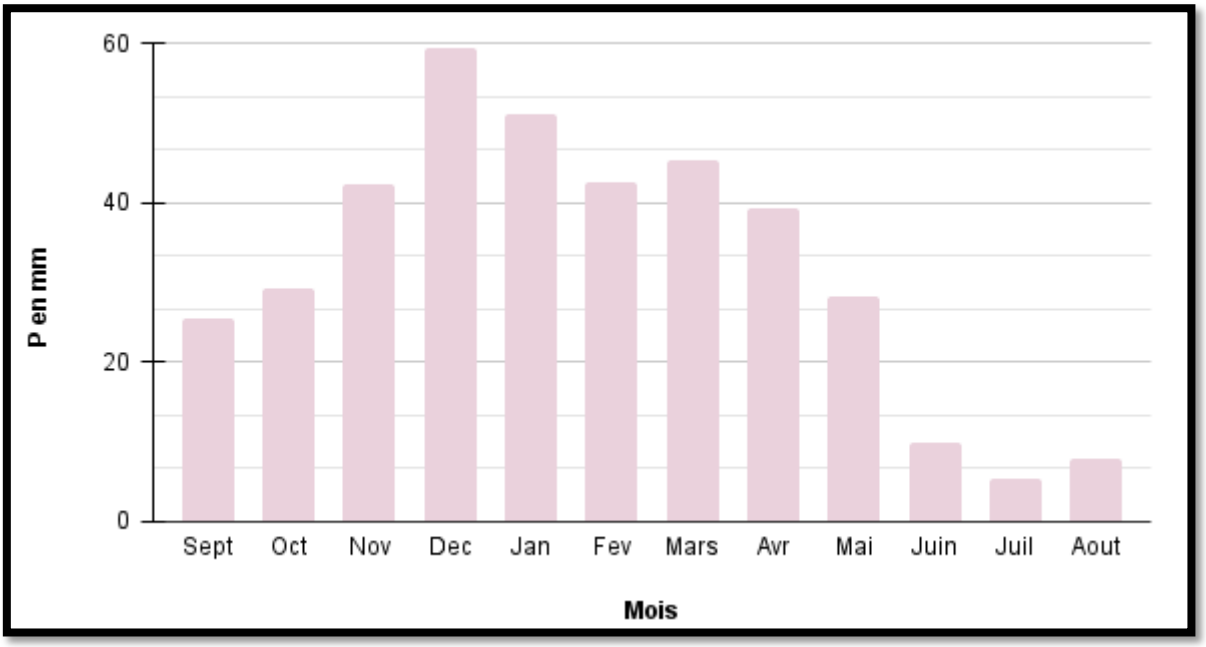


Fig.VII.6.Répartition mensuelle des pluies de la station de Tazmalt

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.

d. Précipitations journalières :

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

Théoriquement les valeurs extrêmes s'ajustent à une loi de valeurs extrêmes. En Algérie il est vérifie que les pluies journalières maximales annuelles s'ajustent à une loi de Gumbel. Dans le tableau suivant nous présentons les pluies maximales journalières des stations de Tazmalt, représentative de la région de Beni Mansour, et de Bejaia, représentative de la région de Bejaia, pour différentes fréquences.

Tab.VII.9.Pluies Max. journalières (en mm)

Pluies journalière (mm)						
Périodes de Retour	5	10	20	50	100	200
Fréquence	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	0.995
Bejaïa	96.1	112	127.3	147.1	162	176.7
Sidi Aich	55.5	64.8	73.6	85.1	93.6	102.1
M'Chedallah	42.4	50.8	58.6	68.8	76.4	84.1
Tazmalt	46	53.2	60.1	69.1	75.7	82.4
Ighil Ali	48.8	56.9	64.5	74.5	81.9	89.3
Seddouk	55.8	65.1	74	85.5	94	102.5

II.2. Les bassins versants :

II.1.2. Délimitation des bassins versants :

Une fois le tracé en plan de la ligne ferroviaire est élaboré, on peut procéder à l'étude hydraulique de la région d'étude. En prenant comme outils informatique le logiciel GLOBAL MAPPER afin de déterminer les point de franchissement de l'axe de la voie avec les différents oueds et les cours d'eaux, puis procéder a la délimitation des bassins versants et extraire leurs caractéristiques données par le logiciel de calcul .



Fig.VII.7.Franchissement de l'axe de la voie avec les différents oueds et les cours d'eaux illustré avec le logiciel GLOBAL MAPPER.

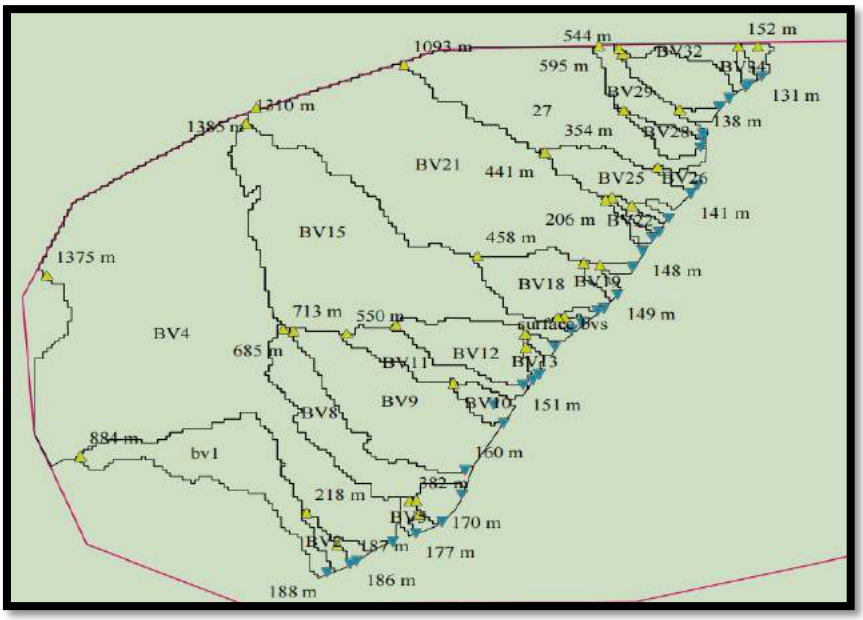


Fig.VII.8.Délimitation des bassins versants par le logiciel GLOBAL MAPPER.

II.2.2. Caractéristiques des bassins versants :

Apres l'identification des bassins versants, on évalue leurs paramètres explicatifs qui sont indispensables à l'estimation des débits de crues apportés par chaque bassin versant des 29 qui sont au droit de l'axe de la voie étudiée.
Les principaux paramètres extraies après modélisation des bassins avec GLOBAL MAPPER sont :

- A [m²] : La superficie du bassin versant est la portion du plan délimitée par la ligne de crête, ou contour du bassin. Les débits vont être en partie reliés à sa surface
- P [m] : périmètre du bassin versant définit par la longueur de la ligne de contour du bassin.
- Hmax [m] : altitude maximale.
- Hmin [m] : altitude minimale.
- J [m\m] : la pente moyenne du thalweg (cours d'eau principal).

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

- $H_{moy}[m]$: L'altitude moyenne :

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

- $\Delta H\ [m]$: différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin.

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

- L [m] : longueur de thalweg.

On sait que : $J = \frac{L}{\Delta H}$

Donc : $L = J \times \Delta H$

- Kc : L'indice de compacité de GRAVELIUS admis par les hydrologues pour caractériser la forme d'un bassin versant, c'est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface

$$Kc = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Tel que :

- P : Périmètre du bassin en km.
- A : Surface du bassin en km2.

Le coefficient est supérieur à 1 et d'autant plus voisin de cette valeur que le bassin est compact.

Plus le bassin est compact, plus sa forme est ramassée, plus l'indice de Gravelius est faible et plus le temps de circulation des eaux jusqu'à l'exutoire est court avec comme conséquence une augmentation du risque des crues.

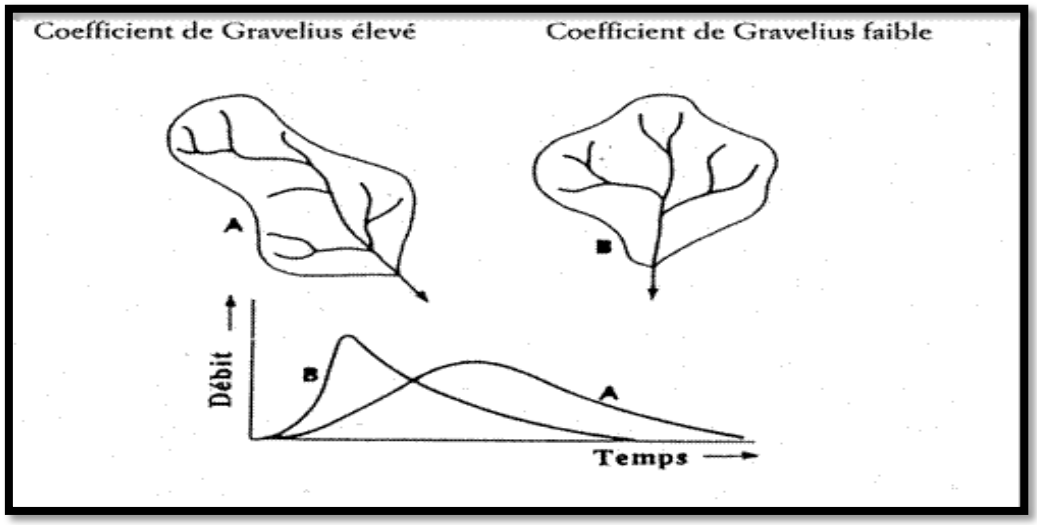


Fig.VII.9.Relation entre le coefficient de Gravelius et le débit de à l'exutoire.

- Cr : Coefficient de ruissèlement :

Pour caractériser la capacité d'un bassin versant à ruisseler, en d'autre terme il exprime la fonction de ruissellement d'eau sur un sol saturé d'eau par rapport aux précipitations totales tombées sur le bassin. Il dépend de la nature du sol, la végétation, de la pente Etc…

Dans la méthode Kenessey le coefficient Cr est la somme des trois composantes (C1 ; C2 et C3), détaillé comme suit :

$$C = C1 + C2 + C3$$

Tel que :

C1 : Dépend de la pente I du talweg principal considéré être égal au rapport de différentes d'altitude (point haut et le point bas) par la longueur du talweg.

C2 : Dépend de la perméabilité du sol obtenue en fonction de sa nature lithologique.

C3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant.

Pour notre projet 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).

Les caractéristiques des bassins versants des écoulements qui traversent la nouvelle ligne ferroviaire « Beni Mansour-Bejaïa » entre PK20+000 et PK35+000 sont données par le tableau récapitulatif suivant :

Tab.VII.10. Les caractéristiques des bassins versants.

BVS	PK	A	P	Longueur	HMAX	HMIN	Hmoy (m)	I
		A (km²)	P (Km)	L(m)	Hmax(m)	Hmin(m)	Hmoy (m)	P (moy) %
BV1	20+096	0,1703	2,228	51,48	199	186	192,5	3,96
BV2	20+397	3,268	15,669	5901,3	580	185	382,5	14,94
BV3	20+850	0,2704	3,339	65,17	207	188	197,5	3,43
BV4	21+002	Oued Illoula						
BV5	21+751	0,801	4,829	3776	412	176	294	16
BV6	22+213	0,1838	2,826	5144,64	404	171	287,5	22,08
BV7	22+629	0,711	3,955	5087,16	394	160	277	21,74
BV8	22+831	0,1097	1,628	9,4	160	156	158	2,35
BV9	23+547	8,294	20,587	8641,1	730	152	441	14,95
BV10	23+825	2,222	11,416	6743,99	558	151	354,5	16,57
BV11	24+579	1,521	10,903	6763,68	546	150	348	17,08
BV12	25+784	2,521	9,613	4174,98	446	148	297	14,01
BV13	26+775	0,134	2,438	119,28	187	159	173	4,26
BV14	26+948	0,1757	2,777	131,6	189	161	175	4,7
BV15	27+222	Oued Tifrit						
BV16	28+067	9,663	21,347	21250,5	1064	150	607	23,25
BV17	28+524	0,4807	6,215	113,4	178	150	164	4,05
BV18	28+672	1,007	8,182	2620,8	372	148	260	11,7
BV19	28+825	0,798	6,781	1460,3	316	146	231	8,59
BV20	28+897	0,4762	4,144	261,8	202	147	174,5	4,76
BV21	28+997	Oued Mechaab						
BV22	29+072	0,1236	2,1	113,52	170	146	158	4,73
BV23	32+003	1,448	8,057	2964,5	416	141	278,5	10,78
BV24	32+581	5,462	16,14	24060,59	996	137	566,5	28,01
BV25	32+958	0,1145	2,183	98,7	163	142	152,5	4,7
BV26	33+496	0,75	6,199	3408,44	398	139	268,5	13,16
BV27	33+698	1,353	8,284	8846,76	568	140	354	20,67
BV28	33+813	0,701	6,961	8576,16	538	130	334	21,02
BV29	34+464	1,271	7,727	7330,26	562	128	345	16,89

II.3. Calcul hydraulique :

Une fois les bassins identifiés avec tous leurs caractéristiques, on calcul le débit apporté par chacun d'eux.

II.1.3. Temps de concentration

Le temps de concentration est le temps que mettent des gouttes d'eau non évaporées et non infiltrées dans le Sol de descendre du sommet du bassin versant jusqu'à l'exutoire. Quand ce temps de concentration est atteint, ceci signifie que toutes les régions du bassin versant

participent au débit. Plus la topographie est accentuée, moins le temps de concentration est long.

Des méthodes simplifiées peuvent être utilisées pour estimer le temps de concentration sur des bassins Versants :

- Formule de Kirpich :

Cette méthode est adaptée aux bassins versants dont la superficie varie entre 0,4 ha et 81 ha, dont les sols sont argileux et dont la pente moyenne est comprise entre 3% et 10%. Le temps de concentration est alors calculé à partir de l'équation suivante :

$$Tc = \frac{0.066 \times L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

Tc : Temps de concentration (en h)
L : Longueur maximale du parcours de l'eau dans le bassin versant (en km).
i : Pente longitudinale moyenne du bassin versant, en suivant l'écoulement de l'eau. Cette pente est calculée entre les points qui se trouvent à 10 % et à 85 % de la distance totale.

- Formule des petits bassins :

Pour les bassins versant inférieurs à 5 Km2 le temps de concentration est estimé par la formule suivante :

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

Tc en heures
A: surface du basin versant en Km²
P la pente moyenne (en m/m)

- Formule de Passini

$$Tc = 0.108 \frac{(SL)^{1/3}}{Im^{1/2}}$$

Tc en heures
S : Surface du bassin versant en km²
L : Longueur de thalweg principal en km
Im : pente moyenne en m/m

- Formule de GIANDOTTI

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

TC en heures
S : Surface du bassin versant en km²
L : Longueur de thalweg principal en km

h = Hmoy - Hmin (m)

- Formule du SCS« Soil Conservation Service » :

$$Tc = 0.059 \times \frac{L^{0.8}}{\sqrt{I}}$$

Tc est en heures
L est la longueur du cours d'eau (km)
I : pente moyenne en m/m

- Formule de L'ANRH : (SOGREAH 1986/1989)
  Développée par Sogreah sur demande de l'ANRH et recommandée les petits bassins versants de l'Algérie

$$Tc=3[\frac{S_{BV}\times L_{CP}}{(10I_{BV})^{\frac{3}{2}}}]^{1/4}$$

Avec :
Tc est en heures
I_{BV}: La pente du basin versant en (%) ;
L_{CP} : Longueur du cours d'eau principal en (Km);
S_{BV}: Surface du bassin versant en (Km2)

- Formule Espagnole

$$Tc= 0.3 \times L^{0.77} \times I^{-0.1925}$$

Tc : temps de concentration en heures
I = pente moyenne du cours d'eau principal en m /m
L= longueur du cours d'eau principal en km.

- Formule de Van Te Chow

$$Tc=0.123 \times (\frac{L}{\sqrt{I}})^{0.64}$$

Tc en heures
I = pente moyenne du cours d'eau principal en m /m
L= longueur du cours d'eau principal en km.

- Formule de l'US corps of Engineers

$$Tc= (16.682/60)\times (L \times I^{-0.25})^{0.77}$$

Tc en heures
I = pente moyenne du cours d'eau principal en m /m
L= longueur du cours d'eau principal en km

- Formule Californienne :

$$Tc=0.1452 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.77}$$

Tc en heures
I = pente moyenne du cours d'eau principal en m /m
L= longueur du cours d'eau principal en km

- Formule de Bransby Williams (USSCS)

$$Tc= (14.557/60) \times L \times S^{-0.1} \times I^{-0.2}$$

Tc en heures
I = pente moyenne du cours d'eau principal en m /m
L= longueur du cours d'eau principal en km
S= superficie du bassin en km²

II.2.3. Intensité de pluie

L'intensité de la pluie (exprimée en mm/h) pour le temps de concentration:

$$\frac{P_t}{P_{jmax}} = 0.30t^{0.29}$$

Donc :

$$I_{Tc} = \frac{P_t}{Tc}0.30t^{0.29}= 0.30 \times \frac{P_{jmax}}{Tc^{0.71}}$$

Avec :
Tc [h] temps de concentration
Pt [mm] pluie correspondante à un pas de temps t

Pjmax [mm] pluie journalière maximale.

Pour les P_{jmax}de notre projet sont présentées comme suite :

Tab.VII.11.Les pluies journalières maximales pour différentes périodes de retour .

BVS	PK	Pjmax		
		10	50	100
BV1	20+096	53,83	69,97	76,68
BV2	20+397	53,83	74,47	76,68
BV3	20+850	53,83	74,47	76,68
BV4	21+002	Oued Illoula		
BV5	21+751	56,89	74,47	81,86
BV6	22+213	56,89	75,34	81,86
BV7	22+629	54,57	75,34	77,98
BV8	22+831	53,83	81,2	76,75
BV9	23+547	60,44	81,45	87,07
BV10	23+825	62,04	81,45	89,23
BV11	24+579	65,15	81,45	93,99
BV12	25+784	65,15	81,45	93,99
BV13	26+775	65,15	81,45	93,99
BV14	26+948	65,15	81,45	93,99
BV15	27+222	Oued Tifrit		
BV16	28+067	65,15	81,45	93,99
BV17	28+524	65,15	81,45	93,99
BV18	28+672	65,15	81,45	93,99
BV19	28+825	65,15	81,45	93,99
BV20	28+897	65,15	81,45	93,99
BV21	28+997	Oued Mechaab		
BV22	29+072	65,15	81,45	93,99
BV23	32+003	65,15	81,45	93,99
BV24	32+581	65,15	81,45	93,99
BV25	32+958	65,15	81,45	93,99
BV26	33+496	65,15	81,45	93,99
BV27	33+698	65,15	81,45	93,99
BV28	33+813	65,15	81,45	93,99
BV29	34+464	65,15	81,45	93,99

On aura les valeurs des intensités des pluies comme suite :

Tab.VII.12. Les valeurs des intensités des pluies pour différentes périodes de retour .

BVS	PK	I		
		10	50	100
BV1	20+096	130,1924857	169,2284642	185,4571764
BV2	20+397	12,3976853	17,1513213	17,6603104
BV3	20+850	111,5040733	154,2580037	158,8358228
BV4	21+002	Oued Illoula		
BV5	21+751	15,2132944	19,9144671	21,8906711
BV6	22+213	13,0756021	17,3161516	18,8147089
BV7	22+629	13,3957602	18,4943481	19,1424112
BV8	22+831	156,8868969	236,6564375	223,6869652
BV9	23+547	11,8454987	15,9632010	17,0646521
BV10	23+825	12,8919406	16,9253475	18,5420351
BV11	24+579	13,5581893	16,9503379	19,5600032
BV12	25+784	16,9204433	21,1538005	24,4106288
BV13	26+775	94,6877100	118,3778047	136,6031905
BV14	26+948	90,8733046	113,6090661	131,1002594
BV15	27+222	Oued Tifrit		
BV16	28+067	15,4082907	19,2633197	22,2290904
BV17	28+524	104,1428250	130,1985126	150,2438084
BV18	28+672	20,4658100	25,5861892	29,5254257
BV19	28+825	29,1696378	36,4676439	42,0821836
BV20	28+897	71,7212980	89,6653833	103,4702194
BV21	28+997	Oued Mechaab		
BV22	29+072	102,6322008	128,3099426	148,0644752
BV23	32+003	19,1443709	23,9341368	27,6190242
BV24	32+581	16,4482856	20,5635129	23,7294607
BV25	32+958	95,8941956	119,8861432	138,3437520
BV26	33+496	18,2233899	22,7827338	26,2903518
BV27	33+698	11,9408283	14,9283264	17,2266838
BV28	33+813	12,0928731	15,1184116	17,4460345
BV29	34+464	12,9763888	16,2229757	18,7206567

II.3.3. Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue)

Les crues sont considérées comme des risques naturels contre lesquels il faut se protéger par le calcul de certains ouvrages de protection dont les dimensions sont essentiellement déterminées par le maximum probable de la crue, auquel ces ouvrages doivent faire face.

Pour estimer le débit des crues des différents bassins versant obtenus par délimitation, nous avons le choix entre une multitude de formules pour le calcul du débit de projet.

C'est ainsi que nous optant pour les trois méthodes qui s'adaptent le mieux à la région d'étude et les données caractéristiques notamment les surfaces des bassins versants.

a. Formule Rationnelle (A<10 Km²) :

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

Tel que :

- Qmax : débit de crue de période de retour voulue (en m3 /s).
- C : coefficient de ruissellement
- I [mm/h] : intensité de la pluie (exprimée en mm/h) pour le temps de concentration.
- A : surface du bassin versant (Km²).

b. Formule de transition (10 Km² < A < 50 Km²)

$$\boldsymbol{QT} = \boldsymbol{\alpha QRT} + \boldsymbol{\beta QCT}$$

Tel que

- QT : débit de projet de période de retour T.
- QRT : débit fourni par la formule rationnelle, période de retour T.
- QCT : débit fourni par la formule Crupédix, période de retour T.
- α, β : coefficients de pondération,

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

c. Formule Crupedix (A >50 Km²)

$$\boldsymbol{Q_{100}} = \boldsymbol{b'} * \boldsymbol{Q10}$$

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

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

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.

On prend R = 0.2 car on dispose de terrains perméables.

- 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 Q_{100} etQ_{100} 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.

II.4.3. Exemple de calcul des débits :

On prend comme exemple d'application le bassin versant 12 :

A = 2.521 km², P = 9.613 Km, L = 4174,98 m, Hmin = 148m, Hmax = 446m, Hmoy = 297m

P = 14.01%.

Pour le calcul du temps de concentration, on le calcul avec plusieurs formules, on procède par élimination des résultats qui ne converge pas, ensuite on prend comme valeur final la moyenne des valeurs convergentes :

Tab.VII.13.Calcul des temps de concentration pour le BV12.

Formule	Expression	Résultat (h)
Méthode de Kirpich (adaptée aux bassins versants dont la superficie varie entre 0,4 ha et 81 ha)	$Tc = \frac{0.066 \times L^{0.77}}{i^{0.385}}$	0
Formule des petits bassins	$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{2.521}{(\frac{14.01}{100})}}$	0,5387299
Formule de Passini	$Tc = 0.108 \frac{(SL)^{1/3}}{Im^{1/2}} = 0.108 \frac{(2.521*4.174)^{1/3}}{(14.01/100)^{1/2}}$	0,63233483
Formule de GIANDOTTI	$Tc = \frac{4\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{h}} = \frac{4\sqrt{2.521}+1.5*4.174}{0.8\sqrt{279-148}}$	1,2916761
Formule du SCS« Soil Conservation Service »	$Tc = 0.059 \times \frac{L^{0.8}}{\sqrt{I}} = 0.059 \times \frac{4.174^{0.8}}{\sqrt{(14.01/100)}}$	0,4944888
Formule de L'ANRH	$Tc=3[\frac{S_{BV} \times L_{CP}}{(10 I_{BV})^{\frac{3}{2}}}]^{1/4}=3[\frac{2.521 \times 4.174}{(10*14.01)^{\frac{3}{2}}}]^{1/4}$	0,84676669
Formule Espagnole	$Tc= 0.3 \times L^{0.77} \times I^{-0.1925} = 0.3 \times 4.174 \times (\frac{14.01}{100})^{-0.1925}$	1,3162422
Formule de Van Te Chow	$Tc=0.123 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.64} = 0.123 \times (\frac{4.174}{\sqrt{(\frac{14.01}{100})}})^{0.64}$	0,57578948

Formule de l'US corps of Engineers	Tc= (16.682/60)× $(L \times I^{-0.25})^{0.77}$ =(16.682/60)× $(4.174 \times (\frac{11.214.02}{100})^{-0.25})^{0.77}$	1,2198640
Formule Californienne	Tc=$0.1452 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0.77}$ $= 0.1452 \times \left(\frac{4.174}{\sqrt{(\frac{14.01}{100})}}\right)^{0.77}$	0,93001900
Formule de Bransby Williams (USSCS)	Tc= $(14.557/60) \times L \times S^{-0.1} \times I^{-0.2}$ $= (14.557/60) \times 4.174 \times 2.521^{-0.1} \times (\frac{14.01}{100})^{-0.2}$	1,3681387

On élimine les valeurs qui ne convergent pas ver le 1, c'est-à-dire les valeurs obtenus par Formule des petits bassins, Méthode de Kirpich, Formule de Passini, Formule du SCS« Soil Conservation Service », Formule de L'ANRH, Formule de Van Te Chow, et la Formule Californienne. Le temps de concentration retenu sera la moyenne des valeurs obtenues par le reste des méthodes :

Tc = (1,2916761+1,3162422+1,2198640+1,3681387)/4 = 1,22518799h

Pour le calcul de l'intensité de pluie (exprimée en mm/h) pour le temps de concentration:

$$I_{Tc} = \frac{P_t}{Tc} 0.30 t^{0.29} = 0.30 \times \frac{P_{jmax}}{Tc^{0.71}}$$

Pour les P_{jmax} pour différentes périodes de retour :

Tab.VII.14.les P_{jmax} pour différentes périodes de retour du BV 12.

BV12 : Période de retour	10	50	100
P_{jmax}	65,15	81,45	93,99

Le calcul des intensités :

Pour T = 10 ans :

$$I_{Tc} = 0.30 \times \frac{P_t}{T_c^{0.71}} = 0.30 \times \frac{65.15}{1,22518799^{0.71}} = 16,9204433 \text{ mm/h}$$

Pour T = 50 ans :

$$I_{Tc} = 0.30 \times \frac{P_t}{T_c^{0.71}} = 0.30 \times \frac{81.45}{1,22518799^{0.71}} = 21,1538005 \text{ mm/h}$$

Pour T = 100 ans :

$$I_{Tc} = 0.30 \times \frac{P_t}{T_c^{0.71}} = 0.30 \times \frac{93.99}{1,22518799^{0.71}} = 24,4106288 \text{ mm/h}$$

Pour le calcul du débit, comme on a un bassin versant de superficie inférieure a 10km², le calcul se fait grâce a la méthode rationnelle :

Pour T = 10 ans

$$Q_{10}= \frac{C * I * A}{3.6} = \frac{0.4 * 16{,}9204433 * 2.521}{3.6} = 4{,}73960417 \text{ m3 /s}$$

Pour T = 50 ans :

$$Q_{50}= \frac{C * I * A}{3.6} = \frac{0.4 * 24{,}4106288 * 2.521}{3.6} = 5{,}92541457 \text{ m3 /s}$$

Pour T = 100 ans :

$$Q_{100}= \frac{C * I * A}{3.6} = \frac{0.4 * 24{,}4106288 * 2.521}{3.6} = 6{,}83768834 \text{ m3 /s}$$

II.4.4. Calcul de débit pour oued illoula : S>50Km^2

On utilise la formule de Crupidex en prenant toujours un R=1 étant donné que notre sol est intermédiaire Et b'=2 :

$$Q_{10} = A^{0.8} \times (\frac{P_{jmax}}{80})^2 \times R$$

$$Q_{100} = Q_{10} \times b'$$

$$Q_{10} = 55.33 \times \left(\frac{56.89}{80}\right)^2 \times 1 = 27.98 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{100} = 27.98 \times 2 = 55.96\ m^3/s$$

III. Etude d'assainissement :

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.

III.1. Drainage transversale

Aux intersections de la voie ferrée et des cours d'eau naturels, on construit des ouvrages hydrauliques qui devront assurer l'écoulement des eaux pluviales.
Ces ouvrages traversent l'emprise de la voie dans le sens de l'écoulement des eaux et sont implantés le long du tracé. Généralement Sont des buses ou des dalots en béton armé.

III.1.1. Types d'ouvrages transversaux

Les dalots et les buses, désignent des petits canaux recouverts d'une dalle, des éléments de caniveau ou des ouvrages hydrauliques semi-enterrés, sorte de petits aqueducs en maçonnerie placés sous les remblais des voies ferrées. Les travaux de terrassements ferroviaires ont généralisé ces équipements permettant l'écoulement des eaux, conçus de façon

parfois temporaire, au long des voies. Le dalot est rectangulaire alors que la buse d'écoulement est circulaire. Les dalots et buses sont des ponceaux.

a. Les buses

Les buses sont des ouvrages transversaux de section circulaire qui peuvent être en béton ou métalliques. Pour notre projet on utilise des buses en béton. En raison des difficultés liées aux manutentions, les buses en béton dépassent rarement les diamètres ø=1.20m, elles nécessitent une fondation rigide(en béton)
les buses sont utilisées exclusivement dans des sections où l'on dispose d'une hauteur suffisante de remblai pour avoir au-dessus de l'ouvrage : H > ø/2 et H ≥ 0.80m
Dans le cas des faibles hauteurs de remblai, on peut utiliser les buses arches qui ont des sections aplaties par le bas.
Pour des raisons de nettoyage, la buse doit avoir une section minimale de D ≥ 0.80m.

b. Les dalots

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

III.2.1. Dimensionnement des ouvrages transversaux

Connaissant en chaque point, les débits à évacuer et la pente des ouvrages, le choix des sections sera déduit de la formule d'écoulement adoptée. Les dimensions des ouvrages hydrauliques transversaux (dalots, buses) varient compte tenu des diamètres et de dimensions courantes de fabrication, ce qui apporte de ce fait, une capacité supplémentaire d'écoulement. Ces ouvrages seront dimensionnés par la méthode de MANNING-STRICKLER :

$$Q = K_s * S_m * R_m^{2/3} * I^{1/2}$$

Tel que :

Q : Débit en m^3/s
S_m : Surface mouillée m^2
R_m : Rayon hydraulique en m, qui est égale a : $R_m = \frac{S_m}{P_m}$, avec P_m : périmètre mouillé.
I : Pente longitudinale de l'ouvrage en m/m.
K_s : Coefficient de Manning – Strickler, il convient de tenir compte que des dépôts sont susceptibles de se former, ce qui conduit à admettre un écoulement sur des parois semi-rugueuses, ce coefficient tient en compte la rugosité de l'ouvrage :

Tab.VII.15.Valeurs de Ks selon SETRA.

Nature de la surface	Valeur de Ks
Terre	30
Buses Métalliques	40
Dalots en Béton	70
Buses préfabriquées en béton	80

III.3.1. Conditions de dimensionnement à respecter :

Le choix du dimensionnement des ouvertures est vérifié sur la base des calculs hydrauliques, en s'appuyant sur un évènement pluvieux d'occurrence centennale.
Les ouvrages hydrauliques doivent faire transiter des débits donnés dans des conditions satisfaisantes :

- Pente minimale : *0,003 m/m* pour éviter des vitesses trop élevées, on utilisera des ouvrages d'une pente de 1%.

- vitesse maximum : *4 m/s* pour les ouvrages en béton, afin d'éviter l'abrasion respecter les critères vis-à-vis de la durabilité des ouvrages. Il est donc important de vérifier la vitesse de l'eau dans les ouvrages pour le débit de pointe à évacuer.

- Les conditions d'auto curage :

  Pour 1/10 du debit a pleine section : $V > 0,60\ m/s$
  Pour 1/100 du debit a pleine section : $V > 0,30\ m/s$

Il est précisé que ces limites sont respectées toutes les deux avec des Vps de l'ordre de 1 m/s dans des canalisations circulaires.

- L'hauteur libre du dalot, entendu comme la distance minimale entre la surface de la lame d'eau et l'intrados du dalot, est au minimum le 20% de la hauteur interne du dalot (c'est-à-dire 80% max de remplissage).

III.4.1. Application dimensionnement d'un dalot

On prend le dalot instauré à l'intersection de notre ligne ferroviaire avec le Bassin versant n°12, c'est-à-dire au 25+784, on a les données suivantes :

Tab.VII.16.Caractéristiques du BV12

BV	PK	Q	ks	I
bv12	25+784	6,83768834	70	0,005

Les calculs hydrauliques des ouvertures rectangulaires doivent être vérifiés pour un taux de remplissage h = 0.8H :

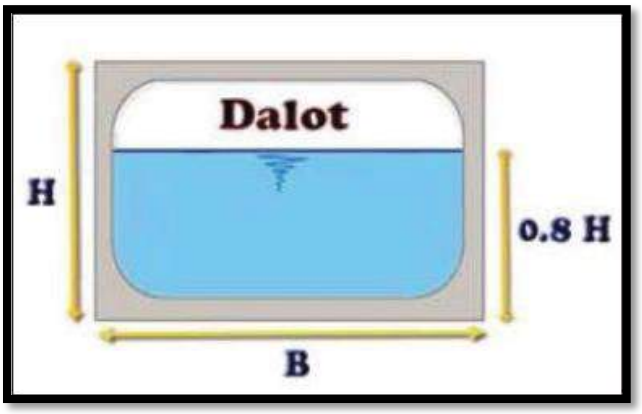


Fig.VII.10.Dimensions du dalot.

Pour ce dalot, on suppose la hauteur totale du dalot et la base B, on pose préalablement que B=2m et h=2m, et par la méthode des itérations on cherche la hauteur de remplissage h qui satisfait l'égalité entre le débit calculé par la formule de MANNING-STRICKLER et le débit de transit :

$$Q_{t100} = Q = K_s * S_m * R_m^{2/3} * I^{1/2}$$

Sachant que :

$$S_m = B * 0.8H$$

$$R_m = \frac{B * 0.8 * H}{B + 1.6 * H}$$

On aura :

$$H_{n+1} = \left(\frac{Q_t}{K * \sqrt{I}}\right)^{3/5} * \frac{(B + 1.6 * H)^{2/5}}{0.8 * B}$$

A travers le H trouvé, on pourra donner les dimensions exactes de notre dalots :

Tab.VII.17.Les dimensions du dalot instauré.

BV	PK	B	h0	hcalculé	Qc	dalot
BV12	25+784	2	1,34	1,3398114	6,8392925	2*2

Les vérifications des conditions sur la vitesse maximale d'écoulement qui doit être inférieur a 4m/s ainsi que les conditions d'autocurage se fait ainsi :

Tab.VII.18. Vérification des conditions d'autocurage pour le dalot.

BV	PK	Qc	Qps	V<4	Vps	Rq	Rv	v>1
BV12	25+784	6,8392925	15,109457	3,1899685	3,7773643	4,82178182	0,98	3,70181701

BV	PK	Rq/10	Rv	V>0,6	Rq/100	Rv	v>0,1
BV12	25+784	0,04526498	0,51	1,92645579	0,0045265	0,25	0,94434108

III.5.1. Application dimensionnement d'une buse :

On prend la buse instaurée à l'intersection de notre ligne ferroviaire avec le Bassin versant n°08, c'est-à-dire au 22+831, on a les données suivantes :

Tab.VII.19. Caractéristiques du BV08.

BV	PK	Q	ks	I
BV11	24+579	3,30564055	80	1%

Par la méthode des itérations on doit trouver le diamètre de la buse qui nous donne l'égalité entre le débit calculé par la formule de MANNING-STRICKLER et le débit de transit :

$$Q_{t100} = Q = K_s * S_m * R_m^{2/3} * I^{1/2}$$

Sachant que :

$$S_m = \pi(\frac{D}{2})^2$$

$$P_m = D\pi$$

$$R_m = \frac{D}{4}$$

On aura :

$$D = (\frac{Q_{t100} * 4^{\frac{5}{3}}}{ks * \pi * \sqrt{I}})^{\frac{3}{8}}$$

A travers le D trouvé, on pourra donner le diamètre de notre buse :

Tab.VII.20. Les dimensions de la buse instaurée.

BVS	PK	Q	D(mm)	buse
BV11	24+579	3,30564055	1,1127403	1500

Les vérifications des conditions sur la vitesse maximale d'écoulement qui doit être inférieur a 4m/s ainsi que les conditions d'autocurage se fait ainsi :

Tab.VII.21. Vérification des conditions d'autocurage pour le dalot.

BVS	PK	Q	Qps	Q/Qps	V<4	Vps	Rv	V>1
BV11	24+579	3,30564055	7,35162306	0,449648	3.399211	4.1601676	0.97	4.0353626

BVS	PK	Rq/10	Rv	V>0,6	Rq/100	Rv	v>0,3
BV11	24+579	0,0449648	0,51	2.1216855	0,00449648	0,257	1.0691631

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

Tab.VII.22. Dimensions du système de drainage transversal le long du tracé.

BVS	PK	Q	k	i	D	B	H	Ouvrage Projeté	Dimensions
bv1	20+096	3,5092619	80	0,01	1,13796491	/	/	Buse	Ø 1500mm
bv2	20+397	6,41265495	70	0,005	/	4	0,70168056	Dalot	4×2
bv3	20+850	4,77213405	80	0,01	1,27699792	/	/	Buse	Ø 1500mm
bv4	21+002	Oued Illoula							
bv5	21+751	1,94826973	80	0,01	0,91262289	/	/	Buse	Ø 1500mm
bv6	22+213	0,38423817	80	0,01	0,49647586	/	/	Buse	Ø 1500mm
bv7	22+629	1,51225049	80	0,01	0,82991163	/	/	Buse	Ø 1500mm
bv8	22+831	2,72649557	70	0,005	/	4	0,40393335	Dalot	4×1
bv9	23+547	15,7260249	70	0,005	/	4	1,28580541	Dalot	4×2
bv10	23+825	4,57782244	80	0,01	1,25724541	/	/	Buse	Ø 1500mm
bv11	24+579	3,30564055	80	0,01	1,11274029	/	/	Buse	Ø 1500mm
bv12	25+784	6,83768834	70	0,005	/	2	1,33981141	Dalot	2×2
bv13	26+775	2,03386973	70	0,005	/	1,5	0,72366428	Dalot	1,5×1,5
bv14	26+948	2,5593684	80	0,005	/	2,5	0,54764862	Dalot	2,5×1,5
BV15	27+222	Oued Tifrit							
bv16	28+067	23,8666334	70	0,005	/	4	1,72567511	Dalot	4×2
BV17	28+524	8,02468875	70	0,005	/	2,5	1,21317698	Dalot	2,5×2
BV18	28+672	3,30356707	80	0,01	1,1124785	/	/	Buse	Ø 1500mm
BV19	28+825	3,73128695	80	0,01	1,16444759	/	/	Buse	Ø 1500mm
BV20	28+897	5,47472428	70	0,005	/	2	1,13541518	Dalot	2×2
BV21	28+997	Oued Mechaab							
BV22	29+072	2,03341879	80	0,01	0,92738062	/	/	Buse	Ø 1500mm
BV23	32+003	4,44359411	80	0,01	1,24329259	/	/	Buse	1500
BV24	32+581	14,4011461	70	0,005	/	4	1,21060816	Dalot	4×2
BV25	32+958	1,76003996	80	0,01	0,87850432	/	/	Buse	Ø 1500mm
BV26	33+496	2,19086265	80	0,01	0,95368211	/	/	Buse	Ø 1500mm
BV27	33+698	2,5897448	80	0,01	1,01541674	/	/	Buse	Ø 1500mm
BV28	33+813	1,35885224	80	0,01	0,79728307	/	/	Buse	Ø 1500mm
BV29	34+464	2,64377273	80	0,01	1,02330948	/	/	Buse	Ø 1500mm

NB : Le calcul du temps de concentration et des débits des 29 bassins versants identifiés selon toutes les méthodes ainsi que les vérifications des conditions d'autocurage des ouvrages d'assainissement transversales se trouvent dans ANNEXE4.

Ci-dessus la liste des rétablissements des écoulements :

Tab.VII.23. Les rétablissement des écoulements.

Nb°	PK Ancien	Pk nouveau	Ouvrage Déjà existant	Aperçu	Nouvel ouvrage
1	20+160	20+096	Dalot Ø 800 mm	/	Ø1500mm
2	20+393	20+397	Pont en béton L =4 m		Dalot 4×2
3	20+825	20+850	Dalot Ø 800 mm		Ø 1500mm
4	21+012	21+002	Viaduc Oued Illoula L=50m		Viaduc Oued Illoula 67m
5	21+367	21+250	Dalot Ø 800 mm	/	/
5	21+761	21+751	Dalot Ø1000	/	Ø 1500mm
6	21+838	22+213	Dalot Ø 600 mm		Ø 1500mm
9	22+312	22+330	Dalot Ø1000		/
7	26+838	26+775	Dalot 1.50 x1.50 m		Dalot 1.50 x1.50 m

8	27+100	26+948	Dalot 2,5×1,5m		Dalot 2,5×1,5m
9	27+222	27+222	Pont Métallique Oued Tifrit L=20m		Pont Oued Tifrit
10	27+993	28+067	Dalot Ø 2000 mm		Dalot 4×2
11	28+507	28+524	Dalot 2.50 x 2 m	 	Dalot 2.50 x 2 m
12	28+886	28+897	Dalot Ø 600 mm		Dalot 2×2
13	28+981	28+997	Pont métallique Oued Mechaab L= 20 m		Pont Oued Mechaab
14	29+212	29+072	Dalot Ø 800 mm		Ø 1500

15	29+342	29+550	Dalot Ø 800 mm		/
16	29+518	29+650	Pont en beton L= 12 m		/
17	29+793	29+780	Dalot métallique Ø1500		/
18	29+860	29+830	Pont poutre béton L=10 m		/
35	31+487	31+500	Dalot Ø 600 mm		/
19	31+878	32+003	Dalot Ø 1500 mm		Ø 1500mm
20	31+951	32+102	Pont métallique L= 25 m		Pont métallique L= 25 m
21	33+448	33+496	Dalot Ø 800 mm		Ø 1500mm
22	33+787	33+698	Dalot Ø 800 mm	/	Ø 1500mm
23	33+811	33+813	Dalot Ø 800 mm	/	Ø 1500mm

III.2. Drainage longitudinale :

Les dispositifs de drainage longitudinaux ont pour objectif de récupérer ou de drainer les eaux de ruissellement venant de la plateforme et les talus ainsi que les eaux interne (eaux infiltrées dans les structures d'assise ou nappe phréatique) afin de garantir la durabilité de la structure. Au surplus, ils assurent la protection face aux pollutions chroniques, accidentelles et saisonnières potentielles.

Deux types de dispositifs sont mis en fonction, les premiers sont ceux dénommés courants qui sont peu profonds, assainissent les eaux de pluie qui s'écoulent sur la plate-forme dans les structures d'assise et aussi les eaux de ruissellement des talus et des bassins versants, les seconds sont ceux qui ont une certaine profondeur afin de rabattre une nappe phréatique et drainent la plate-forme sur une hauteur suffisante.

On peut classer les drainages :

- Par leur position :
  - drainages de déblai : superficiels ou profonds.
  - drainages de remblai : superficiels (sauf cas particulier pour des raisons géotechniques de stabilité)

(Pour le drainage, les remblais de hauteur inférieure à 1,50 m sont assimilables à des déblais)

- Par leur nature : drainages à ciel ouvert (tous types de fossés et cunettes) ou enterrés (collecteurs drainants ou non) ;
- Par leur destination : drainages superficiels qui ne collectent que les eaux de ruissellement et drainages profonds destinés également à rabattre la nappe phréatique.

Pour notre projet on a adopté un réseau de drainage longitudinal qui assure une continuité d'écoulement des eaux de ruissèlement et les eaux interne de tout point jusqu'à un exutoire.

La conception générale du système de drainage longitudinal, les principes suivants :

- ✓ Un fossé à section trapézoïdale sera mis en place dans :
  - les zones de déblai, au niveau des accotements de la plate-forme.
  - 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.
- ✓ L'écoulement des eaux du drainage longitudinal se fera toujours par gravité, sans avoir recours à des stations de pompage qui impliqueraient des coûts d'investissement initial et d'entretien du système plus chers
- ✓ Dans les zones de déblai de grande hauteur, en vertu de l'inclinaison du terrain adjacent, des fossés de crête permettant d'éviter l'érosion des talus et l'accès des eaux de surface à la plate-forme seront prévus;
- ✓ Des fossés de drainage, de taille différente selon la quantité d'eau reçue, ont été disposés dans les déblais, des deux côtés du palier de la voie.

III.1.2. Dimensionnement des fossés :

Les fossés sont des structures linéaires initialement creusées pour drainer, collecter ou faire circuler des eaux en fonction des leurs pentes et de la nature des matériaux du sol support. Le calcul hydraulique des fossés est basé sur le calcul de canaux ouverts avec lame d'eau libre, déterminé sur la base des conditions de continuité en combinaison avec la formule de Manning-Strickler :

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

Tel que :

- Q : Débit décennal (en m3/s)
- Ks : Coefficient de rugosité Strickler ($K_S = \frac{1}{n}$, n est le nombre de Strickler tel que n=0,013 pour fossé revêtu (en béton) et n=0,025 pour tranchée sans revêtement)
- La surface mouillée : Sm= (b+z × h) × h (avec z la pente des berges z = e/h = 1/tanα)
- Le périmètre mouillé : Pm = b + 2h $\sqrt{1+z^2}$
- Rh : Rayon hydraulique (où R = Sm / Pm).
- I : Pente (La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie).

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

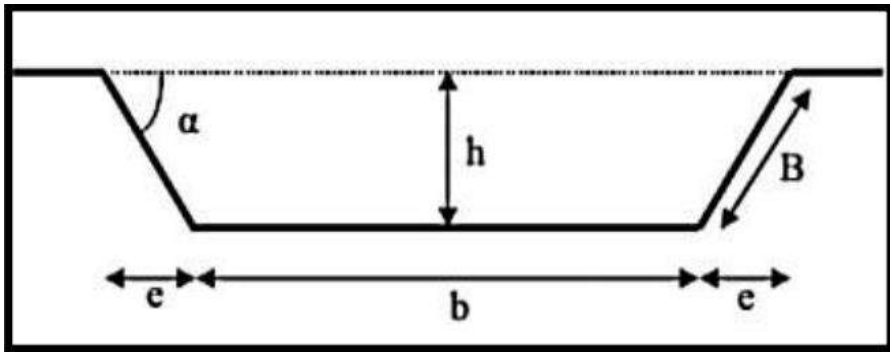


Fig.VII.11. Fossé de forme trapézoïdale.

- 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 : $Q_t = Q_{apport}$

$$Qt = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} = K_S \times ((b+z \times h) \times h) \times \left(\frac{(b+z \times h) \times h}{b+2h\sqrt{1^2+z^2}}\right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

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

III.2.2. Application sur le projet :

Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement des fosses :

- ✓ le nombre de Strickler est : n=0,013 50 (correspondant à des fossés revêtus (en béton)
- ✓ La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie.
- ✓ Forme trapézoïdal avec déclivité du talus 2:3

a. 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.

Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle pour une période de retour de 10 ans.

Tab.VII.24.Calcul des débits d'apport de la plateforme, les bermes et les talus.

		Cas remblai -Longueur : 688 m -Hauteur max : 6.6 m	Cas déblai -Longueur : 871 m -Hauteur max : 4.7 m
plateforme	C	01	01
	P(m/m)	0.04	0.04
	Sm(km²)	0.0136×0.688=0.00936	0.0136×0.871=0.0118
	Tc(h)	0.0614	0.0689
	I(mm/h)	131.47	130.59
	Q(m^3/s)	0.34	0.43
talus	C	0.7	0.7
	P(m/m)	0.67	0.67
	Sm(km²)	0.0066×0.688=0.00454	0.0047×0.871=0.00409
	Tc(h)	0.01	0.009
	I(mm/h)	476.92	554
	Q(m^3/s)	0.42	0.44

berme	C	0.7	0.7
	P(m/m)	0.04	0.04
	Sm(km²)	0.004×0.688=0.00275	0.004×0.871=0.00348
	Tc(h)	0.033	0.037
	I(mm/h)	204.31	203.05
	Q(m^3/s)	0.11	0.14
$Q_S(m^3/s)$		0.34+0.42+0.11=0.87	0.43+0.44+0.14=1.01

b. <u>Dimensionnement des fossés : Cas de remblai</u>

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.

c. <u>Dimensionnement des fossés : Cas de déblai</u>

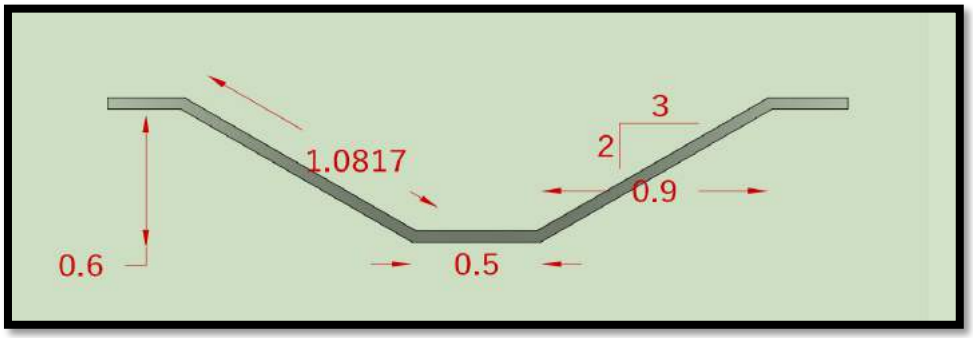
On prend :

- 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 :

Fosse d'une forme trapézoïdale avec des pentes de talus de 3/2 (trois dans le sens horizontal pour deux dans le sens vertical), d'une largeur au plafond de 0.50 m, d'une profondeur de 0.60 m.



<u>Fig.VII.12.Les dimensions du fossé adopté pour le long du tracé.</u>

III.3. Calcul hydraulique pour les ouvrages singuliers

Le calcul hydraulique des consiste à calculer approximativement la hauteur de gabarit nécessaire (section mouillé minimale à respecter) pour faire passer 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 (guide SETRA).

D'après le guide SETRA 2006, on doit vérifier pour un débit exceptionnel de 1.5*Q100. Une fois le calcul de la hauteur du pont par rapport au fond de l'oued est fait, on doit laisser une hauteur minimale entre la lame d'eau et la partie inférieure de la structure de 1,50 m : D= hauteur d'eau + 1.5.

Le calcul se fait avec la formule de MANNING-STRICKLER:

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

La vitesse de l'eau est calculé comme suite :

$$V = Ks \times {R_h}^{2/3} \times I^{1/2}$$

Pour une section rectangulaire dont la largeur est celle d'oued traverser. Avec la méthode des itérations en déduit la hauteur de remplissage h = 0.8 H d étant la hauteur

$$Q_S = K_S \times \frac{(B.0.8\,H)^{5/3}}{(B+1.6H)^{2/3}} \times I^{1/2}$$

II.4.4. Application au projet :

Tab.VII.25.Calcul hydraulique pour les ouvrages singuliers

BV	PK (Km)	A (Km^2)	Q100(m^3/s)	L'ouvrage hydraulique
BV4	21+002	55.33	55.96	Viaduc Oued Illoula
BV15	27+222	13.012	26.97	Pont Oued Tifrit
BV21	28+997	16.162	30.04	Pont Oued Mechaab

Pour présente comme exemple de calcul le viaduc de oued illoula :

On a :

- I = 0.0437.
- Ks = 30 (terre)
- Largeur d'oued est B = 42 m.
- Q_{100}= 28.9m^3/s

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

Sachant que : $R_h = \frac{S_m}{P_m}$

En remplaçant : h= 0.8 H

$$H = \frac{1}{0.8\,B}\left(\frac{Q}{Ks \times I^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}} (1.6\,H + B)^{\frac{2}{5}}$$

On résous l'équation suivante par la méthode itérative :

$$H = A \times \frac{(1.6\,H + B)^{\frac{2}{5}}}{0.8\,B}$$

Avec :

$$A = \left(\frac{Q}{Ks \times I^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}}$$

Tab.VII.26.Calcul hydraulique pour le viaduc des oueds.

PK (Km)	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)
21+002	0,01763	30	42	83.94	0.83	2.89	2.33
27+222	0,02758	30	24	40.45	0.67	5.06	2.17
28+997	0,02263	30	11	45.06	1.25	6.40	2.75

IV. Conclusion :

La pérennité des ouvrages linéaires tels qu'un projet de ligne ferroviaire n'est assuré que par une bonne étude hydrologique et hydraulique. En effet, la quantité très importante en termes de travaux de drainage longitudinal et transversal à réalisé tout au long de la ligne témoigne de la primordialité de ce volet.

CHAPITRE VIII

Structure d’assise

Chapitre VIII : La structure d'assise

I. Introduction :

L'infrastructure de la voie ferrée est le soubassement d'une voie, en d'autre terme, c'est la partie inferieure sur laquelle cette voie repose. Elle sert à répartir sur la plate-forme, les charges exercées par les traverses et amortir les vibrations de la superstructure, de plus elle contribue aux stabilisations longitudinales et latérales de la voie. Elle permet donc pour une large part d'assurer par sa nature et son épaisseur le bon comportement de la voie ferrée du point de vue rigidité, tenue et drainage.

II. Constituants de la structure d'assise :

L'assise se compose, du bas vers le haut, d'une couche anti-contaminante en sable, puis d'une couche de fondation également en grave si le sol n'est pas de très bonne qualité, d'une sous couche sous ballast en grave, et du ballast lui-même. La couche sous-ballast améliore la portance du sol et protège la plate-forme contre les effets du gel et l'érosion résultant du poinçonnement par les grains de ballast. Cette couche permet également de mieux répartir les charges transmises de façon que ces sollicitations soient en accord avec la portance du sol. Ces plusieurs couches de matériaux ont des rôles complémentaires car ils contribuent à assurer le bon comportement de la voie des points de vue rigidité, tenue de nivellement et drainage. Cette structure est composée des couches suivantes :

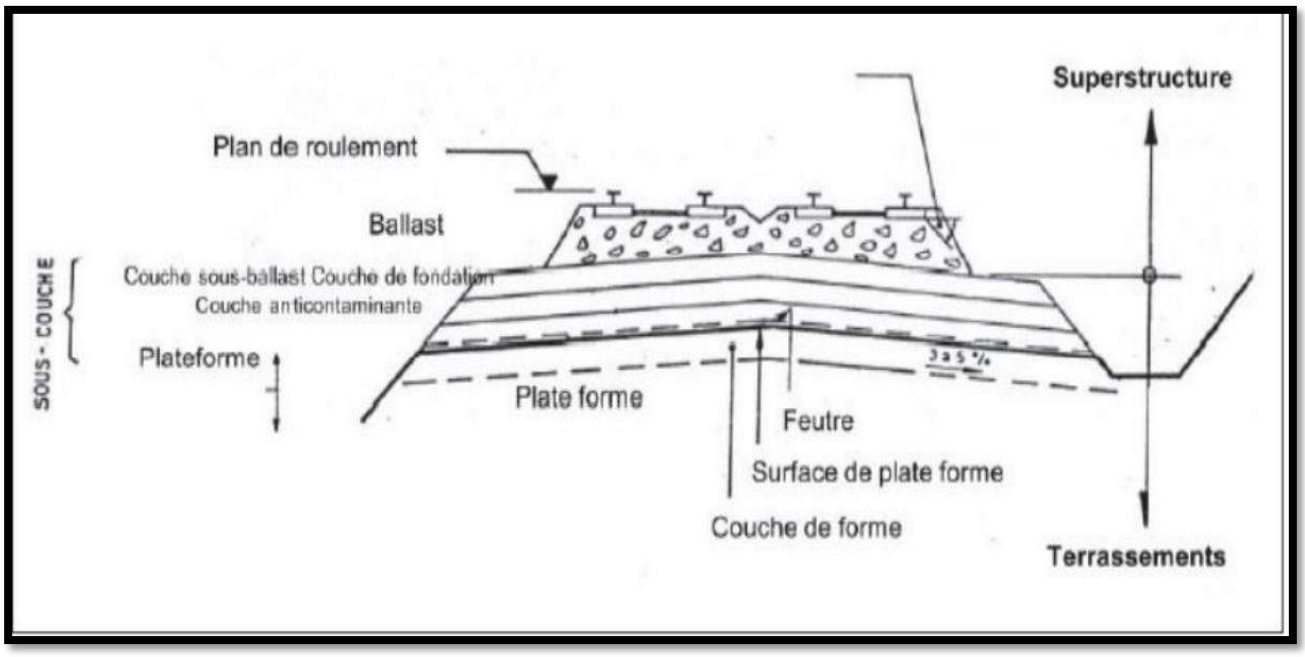


Figure.VIII .1.les couche de la structure d'assise

II.1. Couche de Ballast :

C'est un granulat concassé 25/50 mm provenant de roches dures, généralement, il s'agit de roches éruptives : granite, rhyolite, quartzite. Il assure, en raison de sa granulométrie particulière, le drainage l'évacuation rapide des eaux zénithales, il constitue un amortisseur de vibrations très efficace grâce à ses propriétés rhéologiques car il permet une dissipation de l'énergie vibratoire par attrition des éléments et la transmission des efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement.
D'après fiche UIC-719 R)

- 35 cm pour une vitesse > 200 km/h ;
- 30 cm pour une vitesse comprise entre 120 et 200 km/h.
- 25 cm pour une vitesse comprise entre 80 et 120 km/h.
- 20 cm pour une vitesse comprise entre 60 et 80 km/h.

II.2. Sous-couche :

La sous couche constitue la limite entre la superstructure ferroviaire et l'infrastructure, elle joue le rôle de support du ballaste, c'est une couche d'adaptation interposée entre la couche de ballast et la plateforme et peut être mono ou multicouche, elle diffuse les efforts transmis par le ballaste a la plateforme et contribue à l'écoulement des eaux de pluies. Elle a pour rôle aussi la protection de la partie supérieure de la plateforme contre l'érosion qui résulte d'une part du poinçonnement opéré par les éléments du ballast, d'autre part de l'action des eaux.

Les différentes couches ballaste + les sous couches doivent être posées en pente transversale afin d'assurer un bon écoulement des eaux :

- 3% dans les zones à très faible précipitation.
- 4% dans les zones à moyenne précipitation.
- 5% dans les zones à forte précipitation.

Elle se constitue de :

II.2.1. Une couche sous-ballast :

Elle est constituée de grave propre bien graduée 0/31.50 mm, comportant au moins 30% de concassée, et compactée à 100% de l'Optimum Proctor Modifié (OPM). La dureté exigée est que le coefficient de dureté globale DRG doit être au moins égal à 12(DGR>12). Cette couche existe dans tous les cas, même sur les plateformes rocheuses où elle sert de couche d'égalisation et où elle contribue à réduire la raideur de l'assise. Elle joue plusieurs rôles à savoir:

- Renforcer la plateforme en réduisant les charges au fond de la couche de ballast,
- Contribution à l'amélioration des propriétés vibratoires,
- Amélioration de la portance et meilleure répartition des charges transmises,

- Séparer le ballast de la fondation en prévenant la remontée des fines de la fondation dans le ballast et le cisaillement de la fondation par les particules pointues de ballast.
- Anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast,
- Garantir le drainage et évacuation des eaux de pluies.
- Protection contre l'érosion du gel et de la boue.

II.2.2. Une couche de fondation :

Est une couche en grave propre bien graduée, compactée a 100 % OPN, et d'une épaisseur de 15 cm minimum, La dureté exigée est que le coefficient DRG doit être au moins égal à 10(DRG≥ 10), Cette couche permet la circulation des engins de chantier (la couche « sous-ballast » étant mise en œuvre en fin de chantier, lorsque les travaux de terrassement proprement dit sont tous achevés), n'est généralement pas nécessaire pour des substrats rocheux ou les sols de bonne qualité.

II.2.3. Une couche anti-contaminant :

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

II.3. Plateforme :

La plate-forme est la partie supérieure de l'ouvrage en terre, c'est le terrain aménagé sur lequel repose la voie. C'est la partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche, elle est constituée de terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai, la qualité de la plateforme dépend des critères suivants :

- La nature géotechnique du sol : granularité, dureté, altérabilité et contenu organique ;
- Les conditions hydrologiques et hydrogéologiques.

La plate-forme est nécessaire, dans sa configuration définitive, avant pose de la voie, elle comprend différentes couches. Pour évaluer la qualité de la plateforme, il convient :

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

III. Données de trafic ferroviaire :

Le flux du trafic voyageurs et marchandises prévu est un élément central de l´exécution du projet dans son ensemble. 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 comme cité précédemment est de transférer des usagers de la route, soit particuliers ou trafic de marchandise, vers le rail afin de soulager encore plus le trafic routier.

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, ces données sont équivalentes à un trafic annuel de 1.600 trains de marchandises de 1.500 t, soit 6 trains par jour. Pour le trafic voyageur, 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, 34.055 voyageurs par jour de la route nationale RN26 et la pénétrante autoroutière, et 1.200 voyageurs par jour pour le rail, ce qui est équivalent à 160 tonnes, soit 61 trains par jour.

IV. Classification des lignes en groupe UIC selon les caractéristiques du trafic :

IV.1. Calcul du trafic fictif :

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

$$Tf=Sv\times(Tv+Kt\times Ttv)+Sm\times(Km\times Tm+Kt\times Ttm)$$

Avec :

Tab.VIII.1.Paramètres de calcule du trafic fictif

Tv	Désigne le tonnage moyen journalier voyageur exprimé en tonnes brutes
Tm	Désigne le tonnage moyen journalier marchandises exprimé en tonnes brutes remorquée
Ttv	Désigne le tonnage moyen journalier des engins de traction utilisés pour le trafic voyageurs exprimé en tonnes
Ttm	Désigne le tonnage moyen journalier des engins de traction utilisés pour le trafic marchandises exprimé en tonnes
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 du 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). Sv=1.35 et Sm=1.15

Application :

Calcul du tonnage moyen journalier voyageur :

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

Calcul du tonnage moyen journalier marchandises :

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

Calcul du tonnage moyen journalier le tonnage moyen journalier des engins de traction utilisés pour le trafic voyageurs :

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

Calcul du tonnage moyen journalier le tonnage moyen journalier des engins de traction utilisés pour le trafic marchandises :

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

Calcul du trafic fictif :

$$Tf = 1.35 \times (9760 + 1.4 \times 14640) + 1.15 \times (1.45 \times 9000 + 1.40 \times 540)$$

$$Tf = 56722.5\ tonnes/jour$$

IV.2. Classification des lignes :

Les voies des lignes sont classées selon la valeur du trafic fictif en neuf groupes comme suit :

Tab.VIII.2.classification des vois selon le trafic fictif

Groupe	Seuil de classification
Groupe 1	$120\ 000 < Tf$
Groupe 2	$85\ 000 < T \leq 120\ 000$
Groupe 3	$50\ 000 < T \leq 85\ 000$
Groupe 4	$28\ 000 < T \leq 50\ 000$
Groupe 5	$14\ 000 < T \leq 28\ 000$
Groupe 6	$7\ 000 < T \leq 14\ 000$
Groupe 7	$3\ 500 < T \leq 7\ 000$
Groupe 8	$1\ 500 < T \leq 3\ 500$
Groupe 9	$T \leq 1\ 500$

Le trafic fictif a une valeur qui est comprise entre :

$$50\ 000 < Tf = 56722.5 \leq 85\ 000$$

Donc selon la classification de la norme UIC, on aura une ligne du Groupe 3.

V. Dimensionnement des couches d'assise

Le dimensionnement de la superstructure de la voie ferrée dépend du trafic à supporter par la ligne ferroviaire, de la capacité portante du matériel de la plateforme et du type de traverse.
La superstructure de la ligne ferroviaire Beni Mansour – Bejaia a été dimensionnée suivant les normes UIC 719 R et UIC 714 R.
L'épaisseur et la nature des couches d'assise dépendent :

- Des caractéristiques intrinsèques des sols de plate-forme (nature, portance, sensibilité à l'eau et au gel).
- Des caractéristiques globales de la plateforme qui dépendent non seulement des caractéristiques des sols, mais aussi des conditions hydrogéologiques du site.
- Des conditions climatiques du site.
- Du trafic (tonnage, charges, vitesses).
- De l'armement (profil des rails, nature et espacement des traverses).

V.1. Classification des sols pour la plateforme :

V.1.1. Classe de qualité de la plateforme :

La qualité d'un sol dépend, comme cité précédemment, des deux paramètres suivants :

- La nature géotechnique du sol ; on utilise l'identification géotechnique.
- Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales ;

Ces conditions, sont réputées bonnes si :

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

Si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas remplie, les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont réputées mauvaises. On distingue, selon que les conditions ci-dessus soient bonnes ou mauvaises et selon les modalités de tableau, les quatre classes de qualité **Q.S.i** de sols ci-après:

Tab.VIII.3. Classification de la de qualité de la plateforme

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

D'après les résultats de l'étude géotechnique, on dispose d'un sol de classe de qualité QS1 qui est un sol médiocre pouvant être transformé en meilleure qualité avec un traitement approprié.

V.1.2. Classe de portance de la plateforme :

La portance d'une plateforme dépend de :

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

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

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

Puisqu'on dispose d'une couche de forme de qualité médiocre QS1, on se projette d'avoir une bonne portance de la plateforme donc elle sera de classe P3.

V.2. Dimensionnement de la couche de forme

Les méthodes pour effectuer ce classement sont diverses. Une de ces méthodes est donnée ci après:

Tab.VIII.4.classification de portance de la plateforme

Spécification pour le cœur du remblai ou esplanade naturelle de déblai		Classe de portance envisagée pour la plateforme	Spécification pour la couche de forme		
Qualité du matériau	CBR min		Qualité du matériau posé	Cbr min	Epaisseur min (m)
QS1	2-3	P1	QS1	2-3	--
		P2	QS2	5	0.5
		P2	QS3	10-17	0.35
		P3	QS3	10-17	0.5
QS2	5	P2	QS2	5	--
		P3	QS3	10-17	0.35
QS3	10-17	P3	QS3	10-17	--

On dispose d'une qualité de sol QS1 avec une classe de portance envisagée pour la plateforme P3, donc on aura une épaisseur minimale de la couche forme de 0.5m.

V.3. Dimensionnement de la couche de ballast et la sous couche :

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

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

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

Tab.VIII.5.Paramètres de dimensionnement

Paramètres de dimensionnement	définition	Epaisseur en (m)	Conditions
E	Facteur dépendant des classes de portance (P1, P2 ou P3).	0.70 m	pour les plates-formes de classe de portance P1
		0.55 m	pour les plates-formes de classe de portance P2
		0.45 m	pour les plates-formes de classe de portance P3
a	Facteur dépendant de l'UIC groupes ou la vitesse (V > 160km/h).	0	pour les groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V ≥ 160 km/h quel que soit le groupe UIC)
		-0.05	pour les groupes UIC 3 et 4
		-0.10	pour les groupes UIC 5, 6 et 7, 8, 9 avec voyageurs
		-0.15	pour les groupes UIC 7, 8, 9 sans voyageur'
b	facteur dépendant de type de traverse.	0	pour les traverses bois de longueur 2,60 rn
		(2.5-L)/2	pour les traverses béton de longueur L (b en m. L en m, b peut être négatif si L > 2,50 m)
c	facteur dépendant des conditions de travail.	0	pour un dimensionnement normal
		-0.10 m	à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que 7, 8, 9 sans voyageur
		-0.05 m	à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que"7, 8, 9 sans voyageur"
d	facteur dépendant de la charge maximale d'essieu des véhicules.	0	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 200 kN
		0.05 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 kN
		0.12 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 250 kN
		0	pour toutes les lignes à V ≤ 1 60 km/h et pour les plateformes de portance P3,

f	facteur dépendant de la vitesse.		des lignes à grande vitesse.
		0.05 m	pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes à grande vitesse.
		0.10 m	pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes à grande vitesse
g	facteur dépendant de l'installation de géotextiles.	+ géotextile	lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2
		pas de géotextile	lorsque la couche de forme est en sol QS3

Application :

Tab.VIII.6. Paramètres de dimensionnement appliqués au projet.

Paramètres de dimensionnement	Conditions	Epaisseur retenue en (m)
E	pour les plates-formes de classe de portance P3	0.45m
a	groupe UIC 3	-0.05
b	pour les traverses béton bibloc avec en model utilisé le B440 (ancienne Vax U31), avec une longueur de 2,245 m.	(2.5-L)/2 = 0.1275m
c	Pour un dimensionnement normal	0
d	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 200 kN	0
f	pour toutes les lignes à V ≤ 1 60 km/h et pour les plateformes de portance P3, des lignes à grande vitesse.	0
g	lorsque la couche de forme est en sol QS1	0.01

N.B : L'épaisseur de géotextile est négligeable, mais on prend 1cm en faveur de la sécurité g=+0.01m

A cet effet, l'épaisseur de la couche d'assise e = épaisseur du ballast+ épaisseur de la sous couche donnera :

$$e = E + a + b + c + d + f + g = 0.45 - 0.05 + 0.1275 + 0 + 0 + 0 + 0.01.$$
$$e = 0.5375m.$$

Donc on aura approximativement une épaisseur la couche d'assise de 0.55m, soit 0.3m de couche de ballast et 0.25m de sous-couche.

VI. Structure d'assise :

Tab.VIII.7.Structure d'assise.

Couche	épaisseur	Matériaux
Couche de ballast	0.3	GC (grave concassée) 25/50 mm
sous-couche	0.25	Sous ballast
Couche de forme	0.5	Matériaux QS3

VII. Conclusion :

Le dimensionnement de la structure d'assise de la voie ferrée dépend du trafic à supporter par la ligne ferroviaire, de la capacité portante du matériel de la plateforme et du type de traverse. La structure d'assise de la ligne ferroviaire Beni Mansour – Bejaia a été dimensionnée suivant les normes UIC 719 R et UIC 714 R.

CHAPITRE IX

Profil en travers

Chapitre IX: Profil en travers

I. Introduction

Le profil en travers est une coupe transversale perpendiculaire à l'axe du projet, contenant tous les éléments de la superstructure, de l'infrastructure et d'assainissement.

Ainsi il permet de calculer les paramètres suivants ;

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements
- L'assisses du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- Les cubatures volume déblais et remblais.

Un projet de voie ferrée comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, pour, on opte souvent pour 1/100 comme l'échelle des profils en travers, c'est à dire un centimètre pour un mètre.

On distingue deux types de profil en travers :

I.1 Profil en travers type :

Est un profil unique pour chaque zone contenant et détaillant d'une manière précise toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs de voie, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure et de l'infrastructure, système d'évacuation des eaux etc.…).

I.2 Profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets, 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 et qui servent à calculer les cubatures.

II. LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

Le profil en travers doit contenir tous les éléments suivants :

- **La plateforme :**

Il est conseillé de réaliser une plateforme à partir d'une succession des couches des matériaux parfaitement compactées, sur laquelle reposera la voie, à savoir : les rails, les traverses le ballast ainsi que le train lui-même.

La plate-forme 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.

- **L'Emprise :**

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

- **Assiette :**

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

- **La voie :**

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

- **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.

- **Le fossé :**

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

III. Les éléments de profil type

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles voies ou l'aménagement des voies existences.

Il contient et détaille d'une manière précise tous les éléments constituants la voie, dans toutes les situations (remblai, déblai, mixte), notamment les dimensions de la voie, ses dépendances, la structure de la couche d'assise, sa composante ainsi que les épaisseurs.

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

- **Eléments de l'infrastructure**

− Les épaisseurs et la nomination de chaque couche.

− Les pentes de chaque couche.

− La pente latérale de la plateforme.

- **Eléments de la superstructure**

− Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie.

− Le type des traverses utilisées.

− L'épaisseur de la couche de ballast.

− La longueur des butées du ballast.

− La valeur du devers maximal en courbe.

- Poteaux caténaires et caniveaux à câbles
- La pente latérale de la couche de ballast.

- **Eléments du talus**

− La pente de chaque talus.

− Les ouvrages de consolidation éventuels.

- **Eléments d'assainissements**

− Types et dimensions du fossé ou des drains.

IV. Les profils en travers affectés au projet :

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

Tab.IX.1. Caractéristiques géométriques des différents profils en travers type du tracé.

Profil en travers Pour : / Caractéristiques géométriques	**voie double**	**viaducs**	**Gare et halte**
Type de ligne	Voie double électrifiée.	Voie double électrifiée.	Voie double électrifiée.
Type de rails	UIC54	UIC54	UIC54
Écartement de la voie	1,435 m.	1.435m	1.435m
Entraxe	4,20 m.	4.2	4.2
Largeur de la plateforme	13,60 m (plateforme pour voie double)	13.6	Variable
Pente latérale de la plateforme	4%.	2%	4%
Pente latérale de la couche du ballast	3H/2V	3H/2V	3H/2V
Les talus de déblais	3H/2V	3H/2V	3H/2V
Les talus de remblais	2H/1V	2H/1V	2H/1V
Epaisseur de ballast	30 cm.	35 cm	35 cm
Epaisseur de sous-ballast	25 cm.	/	25 cm
Epaisseur de couche de forme	50 cm.	/	50 cm
Distance axe voie - axe caténaire	3.25	3.25	Varie
Distance axe de voie – bord de quai	/	/	1.65 m
Fossé trapézoïdal	b=0.5, h=0.6	/	/

NB : Les caractéristiques géométriques des sections type à adopter pour les voies doubles prennent en compte les gabarits nécessaires pour la future électrification.

- Les profils en travers types sont joints en plans format A3.

CHAPITRE X

Aménagement de la gare d'AKBOU

Chapitre X : Aménagement de la gare d'AKBOU.

I. Introduction

Une gare ferroviaire est le lieu d'arrêt des trains, c'est un organe de transfert d'un moyen de transport en commun qui comprends diverses installations qui assurent la «rupture de charge» c'est-à-dire qu'elle permet l'embarquement et le débarquement des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises. Elle se présente aussi comme un nœud de liaison entre la ville et son système de transport public. Dans certains cas, elle assure des fonctions de sécurité lors de la circulation.

II. Types de gares

On distingue plusieurs types des gares :

- Gare voyageurs.
- Gare marchandises Ferroviaire.
- Gare mixte.
- Gare de triage.
- Gare de croisements.

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 due à la grande activité économique développée tout le long de la vallée de l'Oued Soummam.

III. Conditions de conception des gares :

Les conditions qui sont nécessaires pour la conception des gares sont les suivantes :

• L'étude du bâtiment de voyageurs (B.V) doit respecter le plan d'urbanisme.
• Il faut veiller à la séparation des flux de voyageurs entrant et sortants.
• Une grande gare centrale est préférable à la solution de plusieurs gares.
• Aménager aux abords des gares des parcs de stationnement de voitures.
• Analyser avec précision tous mouvement et manœuvre qui comporte aussi l'exploitation de la gare aux heures de pointe

IV. Installation d'une gare pour voyageurs

La conception de notre Gare tient compte des infrastructures suivantes :

- **Le bâtiment de voyageurs :** c'est un espace réservé aux voyageurs dans lequel on peut trouver une salle d'attente, guichet de billet, poste de control, kiosque...etc.

- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D) :** c'est un espace de service réservé aux agents de chemins de fer.

- **Quais :** c'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.

- **Abris de quais :** c'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.

- **Les passages sous terrain et les passerelles :** ils sont construits dans les gares afin de permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer le quai en pleine sécurité.

V. Installation d'une gare marchandises

Une gare aux marchandises est une gare ferroviaire destinée uniquement au trafic des marchandises. Elle ne comporte aucun équipement pour les voyageurs qui n'y ont d'ailleurs pas accès. Dans la plupart des cas, ces gares comportent :

- **Un bâtiment de bureau** : qui comporte des vestiaires et réfectoire pour les agents ainsi que des bureaux pour accomplir les formalités de l'acte commercial.
- **Des halles à marchandises** : est un bâtiment utilisé pour le stockage des marchandises ainsi que le chargement et déchargement des wagons.
- **Quais de débord.**
- **Des hangars et entrepôts**
- **Des vastes cours :** ou s'opère
- le transbordement des chargements entre les wagons et les véhicules routiers assurant la livraison terminale vers les installations des clients (expéditeurs ou destinataires).

VI. Matériels roulant

Après avoir étudier le plan de transport de la ligne ferroviaire Bejaia-Beni Mansour , on cite brièvement les trains utilisées comme matériel roulant le long de la ligne représentant un élément principal qui définit la longueur utile nécessaire pour les voies d'évitement des gares. On a :

- 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. Cependant, en considérant une composition double on aura comme longueur minimale de 148,156m, pour une composition triple comme la SNTF compose le train de voyageurs avec trois (03) voitures de 74m chacune, soit 3×74m=222m, on arrête la longueur minimale utile de stationnement est à 225m.

VII. La gare d'AKBOU

La gare de chemin de fer de cette ville datant de la période coloniale est dans un état de dégradation avancé. N'ayant bénéficié d'aucun rafistolage, la bâtisse est dans un état nécessitant une rénovation. Sur la nouvelle ligne de modernisation une nouvelle gare d'AKBOU est instaurée en prenant un nouvel emplacement.

VII.1. Emplacement

L'emplacement de la gare ferroviaire d'AKBOU est instauré dans la nouvelle ligne projetée comme montré ci-dessous :



Fig.X.1.L'emplacement de la gare d'AKBOU.

VII.2. Tracé en plan profil en long

La nouvelle gare d'AKBOU est considérée comme une gare de passage conçue pour le trafic des voyageurs, elle se situe entre le PK 24+425 et le PK 25+675, elle s'étend sur un alignement de 1250m avec une pente nulle afin d'éviter tous déplacement possible des trains notamment pour les trains de marchandise lourds qui sont susceptibles a glisser en pente déférente de 0 pour mille.

On aura 7 voies au niveau de notre gare 2 voies principales soit la voie 1 et 2 et 5 voies de services soit les vois 3, 4 et 6 qui servent d'évitement destinées au stationnement des trains et les voies 8,10 pour le stationnement des locomotives sujets de maintenance ou de stationnement.

VII.3. Caractéristiques de la gare

VII.3.1. La marge de glissement à l'aval des signaux

C'est le tronçon de voie situé au prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal fermé, et aucune autre circulation de train n'est autorisée dans cette marge, qui, pour certains réseaux, doit être libre de toute occupation. Le but de cette installation est 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, à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie, la longer de glissement est comme suite :

Tab.X.1.La longer de glissement en fonction de la vitesse.

LG	V
200m	V ≥ 60 km/h
100m	40 km/h ≤ V ≤ 60 km/h
50m	V < 40 km/h.

Pour la gare d'AKBOU et une vitesse de V ≥ 60 km/h on aura une largeur de glissement de 200m.

VII.3.2. Garage Franc

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

En raison de sécurité, le garage franc sera installé à 1.0 m de distance di garage franc théorique :

$$GF = f+1 = (3,57/tg\alpha) +1$$

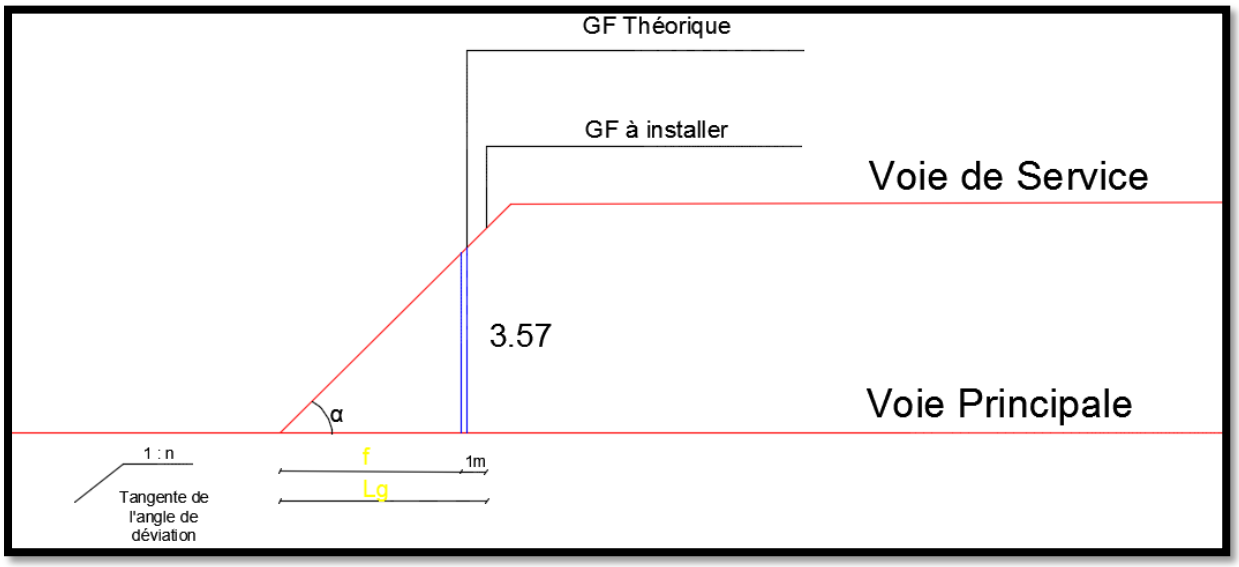


Fig.X.2.Le garage franc.

Pour notre projet : on prend

- Les appareils encadrant la gare avec une vitesse de franchissement de 60 km\h : 12 Appareils de voie UIC 54 : 500 : 1\12

$$GF = 3.57 \times (1\backslash tg(4.76)) + 1 = 44 \text{ m}$$

- Les appareils a la proche des quais ou la vitesse est de 40 km\h : 2 appareils de voie UIC54 : 300 : 1 / 9

$$GF = 3.57 \times (1\backslash tg(6.34)) + 1 = 33.13 \text{ m}$$

- Les appareils a la proche des quais ou la vitesse est de 30 km\h : 2 appareils de voie UIC54 : 190 : 1 / 7

$$GF = 3.57 \times \left(\frac{1}{\frac{1}{7}}\right) + 1 = 26 \text{ m}.$$

VII.3.3. La longueur utile d'une voie de stationnement

C'est la longueur nécessaire est suffisante qui permet au train de stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines

Selon la **SNTF**

- La longueur utile est la distance séparant deux garages francs. La longueur utile minimale est de : pour les trains voyageurs 426 m
- Pour les trains de marchandise 870 m (pour la voie principale et la voie de service)
- Pour les voies de gare voyageurs une longueur minimale de 1200 m (voie principale).

Pour notre projet les longueurs utile des voies sont les suivants :

Tab.X.2.Les longueurs utile des voies.

Voie	Numéro de voie	La longueur utile(m)
Principale	1	890
	2	809
Service	3	810
	4	484
	6	485
	8	16
	10	16

Le schéma fonctionnel de la gare est comme présenté ci-dessous :

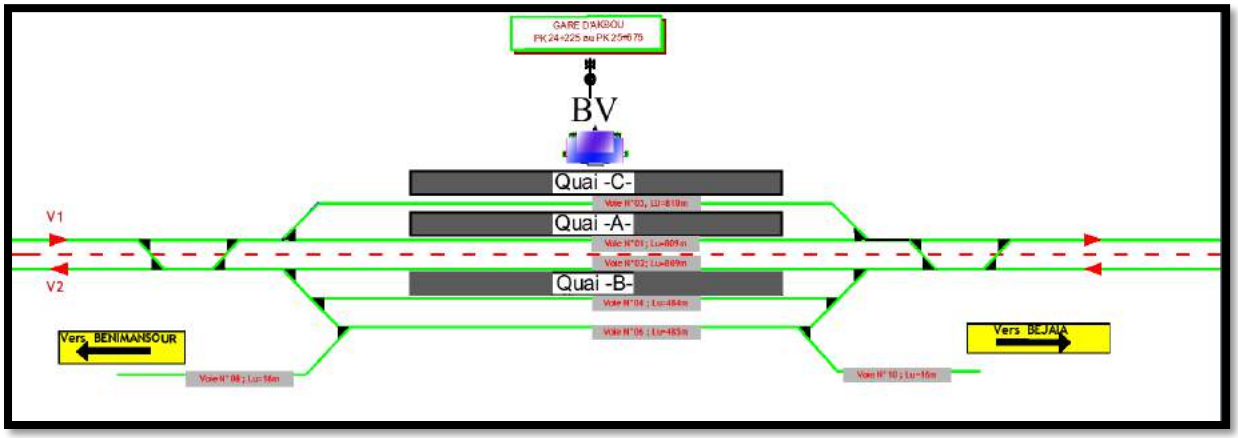


Fig.X.3.Le schéma fonctionnel de la gare d'Akbou.

VII.3.4. Les quais

Un quai est un aménagement dans la gare ferroviaire, parallèle à la voie ferrée et permettant aux passagers d'accéder aux wagons.

a. Dimensionnement des quais

- **Occupation des passagers**

Le dimensionnement des quais est fait en fonction des passagers qui vont utiliser le service ferroviaire tout en assurant la commodité des utilisateurs (bancs, panneaux informatives, passages inférieures, etc.).
Il faut considérer qu'un quai peut être utilisé par deux trains en même temps donc si la capacité maximale d'un train est de 288 passagers assis et 786 passagers debout, le nombre maximum de passagers qui peuvent attendre sur un quai deux trains est de 2148 personnes. Aussi il y aura des passagers qui vont descendre des trains qui arrivent à la gare, donc il faut doubler le nombre d´utilisateurs du quai en une même période de temps, soit 4296 personnes. Si on considère une occupation par mètre carré de 4 personnes, il est nécessaire 1074 m^2pour les passagers.

- **Occupation des autres éléments**

Il faut aussi ajouter les espaces requis sur un quai pour les passages inférieures, la disposition de sièges, la disposition de panneaux informatifs, etc. …
La surface occupée par les passages inférieurs est de 6×4m^2avec une surface totale de 24m^2, avec conception de l'escalier électrique pour la remontée et de l'escalier ordinaire pour la descente et un espace pour les personnes avec mobilité réduite (chaiseroulante).
La surface utilisée pour disposer les bancs (un de chaque côté) est de 2 mètres de longueur par 0,75 mètres de largueur. Comme Il est nécessaire de disposer 5 blocs de bancs sur chaque quai, la superficie totale destinée aux bancs est de 15 m^2
La superficie totale occupée par d´autres éléments est de 39m^2

- **Occupation totale et dimensionnement des quais**

L'occupation totale physique des quais correspond aux quantités mentionnées ci-dessus plus un pourcentage de confort du 10 %. Cette quantité sera de 1240.8 m^2.
Les dimensions des quais pour la ligne ferroviaire Beni Mansour – Bejaia sont 225 m x 8 m, avec une surface totale de 1800m^2.

Note : le choix de la largeur de 8m est pris en compte principalement pour l'espace spécialisé pour les personnes qui utilisent les chaises roulantes
Ainsi les quais sont dimensionnés avec les besoins requis par le plan de transport du projet.

b. Nombre de quais nécessaires

La nouvelle ligne Beni Mansour – Bejaia sera une ligne à double voie avec gares et haltes intermédiaires aux gares de Beni Mansour – Bejaia.
Les gares intermédiaires auront deux quais, un par sens de circulation, et une voie déviée pour le sens qui desservira ces gares. En plus il faudra tenir en compte un quai supplémentaire pour donner accès au Bâtiment Voyageur.

La gare d'AKBOU contient 3 quais. Les quais sont communiqués par des passages inférieurs au bâtiment voyageur. Selon la SNTF les caractéristiques des quais adoptés pour la Gare d'AKBOU sont les suivantes :

Tab.X.3.Les caractéristiques des quais adoptés pour la Gare d'AKBOU.

Paramètre	Règlement SNTF	Valeur
Longueur	- Grande ligne 450 m. - Service régional 350 m - Banlieue 225 m. (SNTF)	225m
Largeur	- Quai intermédiaire B ≥ 8 m. - Quai extérieur B ≥ 6m (SNTF)	8m
Hauteur	- 550 mm ou de 760 mm au-dessus de la table de roulement (UIC 741)	55cm
Distance par rapport à l'axe de la voie	- L (mm) = 1 650 + S Avec S = 3750 / R + (I-1435) / 2	R= ∞ , I = 1435 mm L (mm) = 1 650
Entraxe des quais	- e normal > 11.3 m. - e minimal > 9.3 m (SNTF)	11.3m Et 15.5m

c. L'emplacement des quais de la gare d'AKBOU

Tab.X.4.L'emplacement des quais de la gare d'AKBOU

Les quais	PK début	PK fin
QUAI A	24+774	24+999
QUAI B		
QUAI C		

VII.3.5. Les heurtoirs

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



Fig.X.4.Les heurtoirs.

Tab.X.5.L'emplacement des heurtoirs.

Heurtoir	la voie	Pk (km)
n°1	8	24+638
n°2	10	25+139

VII.3.6. Appareils de voies de la gare

a. Choix des appareils et justification

Notre choix est fait selon l'article B-2-4 Du référentiel SNTF partie Appareils de voie selon l'application en différents types de branchements :

ADV UIC 54 1/12 500 : Branchement d'entré et de sortie des gares voyageurs et des gares marchandises.

ADV UIC 54 1/9 300: Branchement d'entré et de sortie des gares voyageurs et des gares marchandises pour une vitesse réduite à 40 km/h

ADV UIC 54 1/7 190 : Branchement d'entré et de sortie des gares voyageurs et des gares marchandises pour une vitesse réduite à 30 km/h.

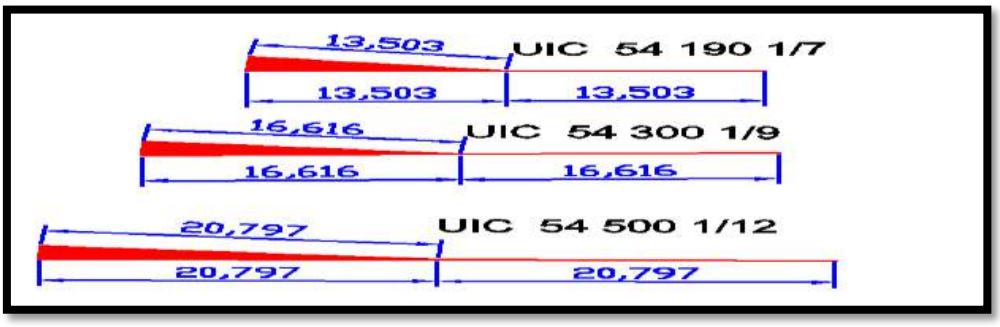


Fig.X.5.Choix des appareils de voies.

b. Implantation des ADV

- Conditions d'implantations : d'après le référentiel SNTF on a les conditions générales :
  - ✓ Les appareils de voie seront implantés en déclivité constante.
  - ✓ Les appareils de voie seront implantés en alignement mais pourront exceptionnellement être posés en courbe dans les zones particulièrement difficiles notamment dans les raccordements.
- Règles d'implantation :
  - En tracé en plan

L'implantation des appareils de voie s'effectuera conformément aux longueurs minimales du tracé retenues ci-dessous :

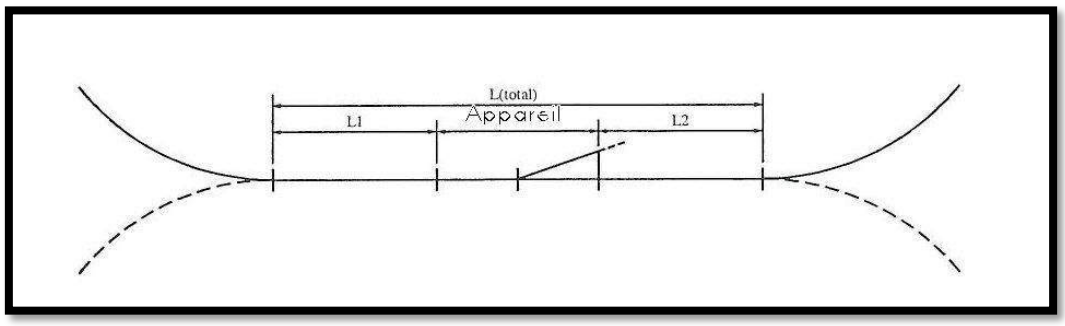


Fig.X.6.Implantation des ADV en tracé en plan.

- En pointe :

La longueur minimale d'alignement (L1) devra être égale à Vd/2, Vd étant la vitesse exprimée en km/h de franchissement en voie déviée.

- En talon de la branche déviée :

Si la sortie d'appareil est en alignement, la longueur minimale d'alignement à respecter devra être égale à Vd/2.

- En talon de la voie directe :

La longueur minimale d'alignement L2, à réserver, doit être supérieure à 50m.

Pour notre gare les longueurs respecte confirment les conditions cite ci-dessus (voir le schéma fonctionnel de la gare).

a. Justification des rayons :

- ADV UIC 54 1/12 500

$R_{min}=\frac{11.8\ Vmax\hat{}2}{(I+d)}$

Pour I = 100 mm (pour un meilleur confort pour les voyageurs), d=0 et V= 60 km\h

R_{min}= 424.8 m

Pour notre gare on retient un rayon de R= 500 m.

- ADV UIC 54 1/9 300

$R_{min}=\frac{11.8\ Vmax\hat{}2}{(I+d)}$

Pour I = 90 mm (pour un meilleur confort pour les voyageurs), d=0 et V= 40 km\h

R_{min}= 210 m

Pour notre gare on retient un rayon de R= 300 m

- ADV UIC 54 1/7 190

$R_{min}=\frac{11.8\ Vmax\hat{}2}{(I+d)}$

Pour I = 90 mm (pour un meilleur confort pour les voyageurs), d=0 et V= 30 km\h

R_{min}= 118 m

Pour notre gare on retient un rayon de R= 190 m.

b. Vérification de non chevauchement :

- pour l'appareil UIC54 1\12 : 500

On a GF=l= 44m

On prend K_0=6 (la distance nécessaire pour incorporer les deux ADV)

T=20.797+6+20.797=47.594 m

e=T × sin(α)= 47.594×sin (4.76)= 3.95 m

On prend e = 4.2 m, alors : T= 50.6 m donc : k= 9 m

b = e \ tg (α) = 50.4 m

Alors T > b il ne y a pas de chevauchement entre les talons des 2 ADV

Schéma explicatif :

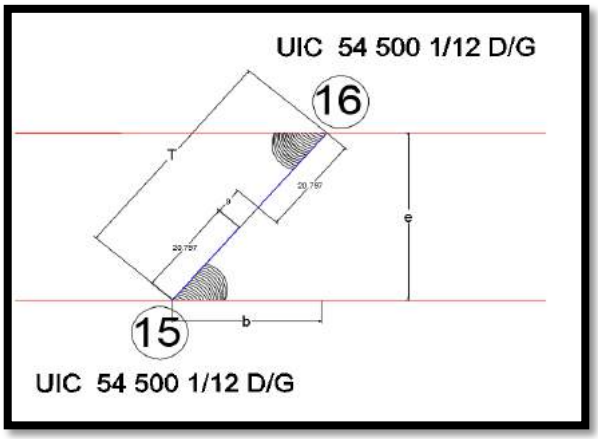


Fig.XI.7.L'appareil de voie UIC54 1\12 : 500.

- Pour les appareils UIC54 1\9 : 300 et UIC54 1\7 : 190 :

On prend K_0=6 (la distance nécessaire pour incorporer les deux ADV)

T=16.616+6+13.503=36.119 m

e=T × sin(α)= 36.119×sin (6.34)= 3.98 m

On prend e = 5 m, alors : T= 45.28 m donc : k= 6 m

b = e \ tg (α) = 45 m

Alors T > b il ne y a pas de chevauchement entre les talons des 2 ADV

c. Calcul des tangentes :

- Pour la voie de service : pour l'appareil UIC54 1 \12 : 500

On a GF= 44 m

Calcul de la tangente t :

t = R×tg(∝/2) avec R= 500 m

t = 500×tg(4.76/2)=20.781 m

T = e \ sin(α)= 9.3\sin(4.76)=112.07 m

K= T-20.797 -20.781= 70.492 m

- Pour la voie de service : pour l'appareil UIC54 1 \7 : 190

On a GF= 26 m

Calcul de la tangente t :

t = R×tg(∝/2) avec R= 190 m

t = 190×tg(8.13/2)=13.502 m

T = e \ sin(α)= 5\sin(8.13)=35.35 m

K= T-13.503 -13.502= 8.35 m on prend k=9 m donc T= 36 m.

Tab.X.6.Caractéristiques des appareils de voie.

Appareil de voie	Type d'appareil	Déviation	Vitesse de franchissement
1	UIC54 1 \12 : 500	A DROITE	60 Km/h
2	UIC54 1 \12 : 500	A GAUCHE	60 Km/h
3	UIC54 1 \12 : 500	A GAUCHE	60 Km/h
4	UIC54 1 \12 : 500	A GAUCHE	60 Km/h
5	UIC54 1 \12 : 500	A DROITE	60 Km/h
6	UIC54 1 \12 : 500	A GAUCHE	60 Km/h
7	UIC54 1 \9 : 300	A DROITE	40 Km/h
8	UIC54 1 \7 : 190	A GAUCHE	30 Km/h
9	UIC54 1 \7 : 190	A DROITE	30 Km/h
10	UIC54 1 \9 : 300	A GAUCHE	40 Km/h
11	UIC54 1 \12 : 500	A GAUCHE	60 Km/h
12	UIC54 1 \12 : 500	A DROITE	60 Km/h
13	UIC54 1 \12 : 500	A DROITE	60 Km/h
14	UIC54 1 \12 : 500	A DROITE	60 Km/h
15	UIC54 1 \12 : 500	A GAUCHE	60 Km/h
16	UIC54 1 \12 : 500	A GAUCHE	60 Km/h

Coordonnées des ADV : repérés suivant le schéma suivant :

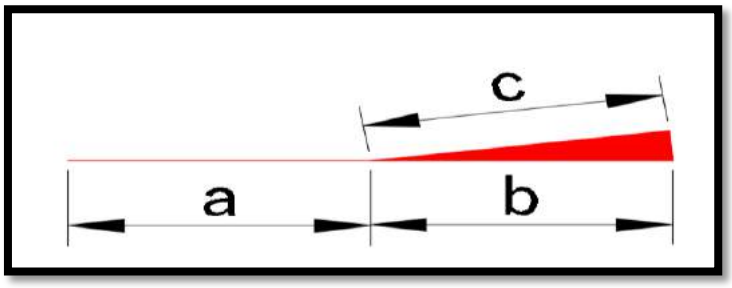


Fig.X.8.Schéma de l'appareil de voie.

Tab.X.7.Coordonnées des appareils de voie.

Appareil	partie	coordonnés début		Coordonnés fin	
		x	y	x	y
1	a	639083.4224	4035366.3360	639093.9760	4035366.3360
	b	639093.9760	4035366.3360	639104.3811	4035366.3360
	c	639093.9760	4035366.3360	639105.8369	4035401.3318
2					
	a	639133.4365	4035443.7149	639122.9572	4035443.7149
	b	639122.9572	4035443.7149	639112.5139	4035443.7149
	c	639122.9572	4035443.7149	639111.0179	4035408.7216
3					
	a	639137.9434	4035451.4407	639147.0342	4035451.4407
	b	639147.0342	4035451.4407	639157.4185	4035451.4407
	c	639147.0342	4035451.4407	639155.8880	4035485.6353
4					
	a	639181.0981	4035533.7529	639168.7203	4035533.7529
	b	639168.7203	4035533.7529	639158.2409	4035533.7529
	c	639168.7203	4035533.7529	639159.7688	4035493.7834
5					
	a	639181.7025	4035526.4539	639195.2051	4035526.4539
	b	639195.2051	4035526.4539	6392205.6846	4035526.4539
	c	639195.2051	4035526.4539	63920707.1403	4035566.6324

6					
	a	639181.0981	403533.7529	639191.5775	403533.7529
	b	639191.5775	403533.7529	639202.0567	403533.7529
	c	639191.5775	403533.7529	639200.5289	4035570.4893
7					
	a	639283.7719	4035678.9982	639292.0530	4035678.9982
	b	639292.0530	4035678.9982	639300.4737	4035678.9982
	c	639292.0530	4035678.9982	639302.1894	4035706.6916
8					
	a	639330.1464	4035749.9005	639323.2147	4035749.9005
	b	639323.2147	4035749.9005	639316.1466	4035749.9005
	c	639323.2147	4035749.9005	639317.9913	4035725.8608
9					
	a	639532.8507	4036097.6584	639539.6575	4036097.6584
	b	639539.6575	4036097.6584	639546.4644	4036097.6584
	c	639539.6575	4036097.6584	639548.0451	4036119.9021
10					
	a	639578.3390	4036155.1548	639569.9248	4036155.1548
	b	639569.9248	4036155.1548	639561.5103	4036155.1548
	c	639569.9248	4036155.1548	639563.1437	4036154.2197
11					
	a	639647.3005	4036324.5441	639647.3005	4036324.5441
	b	639647.3005	4036324.5441	639635.9748	4036324.5441
	c	639647.3005	4036324.5441	639637.5027	4036304.1265
12		639653.9670	4036344.3072	639643.6580	4036344.3072
	a	639643.6580	4036344.3072	639633.0083	4036344.3072
	b	639643.6580	4036344.3072	639631.5525	4036309.3113
	c				
13		639653.9670	4036344.3072	639667.6454	4036344.3072
	a	639667.6454	4036344.3072	639678.1249	4036344.3072

	b	639667.6454	4036344.3072	639679.5806	4036384.8085
	c				
14					
	a	639706.6407	4036426.3019	639696.1633	4036426.3019
	b	639696.1633	4036426.3019	639685.6820	4036426.3019
	c	639696.1633	4036426.3019	639684.2259	4036391.3062
15					
	a	639709.6638	4036431.4843	639720.1432	4036431.4843
	b	639720.1432	4036431.4843	639730.6246	4036431.4843
	c	639720.1432	4036431.4843	639729.1826	4036468.1741
16					
	a	639752.9432	4036513.9962	639742.4082	4036513.9962
	b	=639742.4082	4036513.9962	639731.9940	4036513.9962
	c	=639742.4082	4036513.9962	639733.5124	4036477.2598

NB : Le schéma fonctionnel de la gare avec la disposition réel des ADV est dans l'annexe-gare.

VII.4. Le profil en travers de la gare

Le profil en travers de la gare d'AKBOU avec quai et passage inferieure :

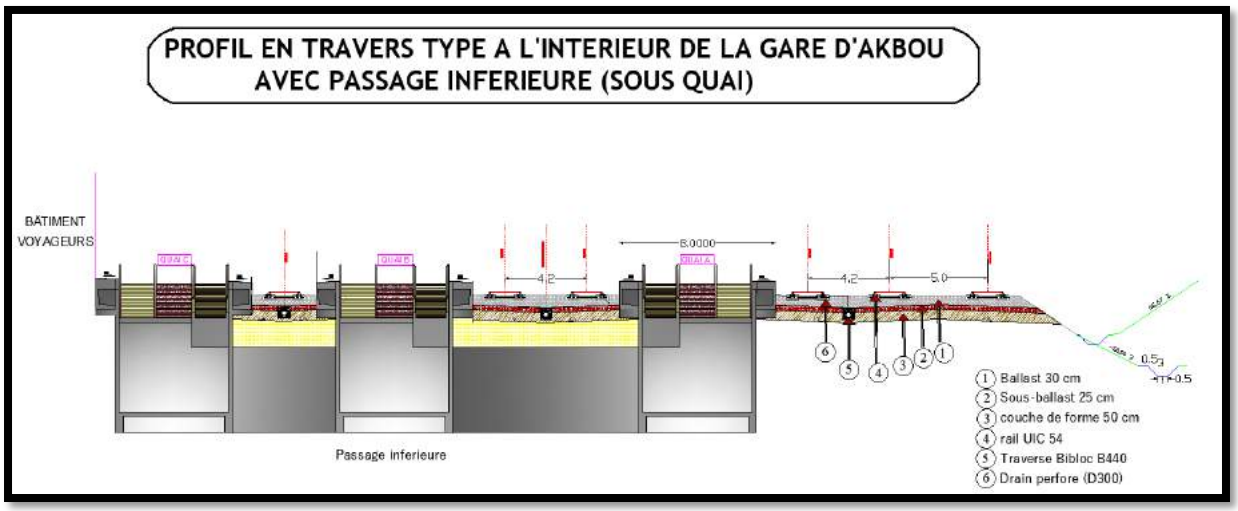


Fig.X.9.Le profil en travers de la gare d'AKBOU.

NB : Les tracé réalisés à l'aide du logiciel CIVIL 3D sont joints en format A3.

VIII. Halte d'AZIB BEN CHERIF

VII.1. Emplacement

La Halte d'AZIB BEN CHERIF actuelle se trouve au P.K. 30+200 de la ligne existante. Ce point du tracé correspond avec un tronçon en variante de la ligne projeté. Par conséquence la Halte d'AZIB BEN CHERIF aura un nouvel emplacement, mais toujours en gardant la position de la halte actuelle. Son emplacement est instauré dans la nouvelle ligne projetée comme montré ci-dessous :



Fig.X.10.L'emplacement de la Halte d'AZIB BEN CHERIF.

VII.2. Tracé en plan profil en long

La halte d'AZIB BEN CHERIF est considérée comme des points d'arrêt dépourvus de bâtiment voyageurs ou de présence permanente de personnel ; les infrastructures ferroviaires y sont généralement très réduites. Elle se situe entre le PK 29+700 et le PK 30+250, elle s'étend sur un alignement de 540m avec une pente nulle.

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

VII.3. Caractéristique de la halte

VII.3.1. La longueur utile

La halte d'AZIB BEN CHERIF dispose d'une voie de descente et une autre de monté, elle ne comporte pas d'appareil de voie ainsi on n'aura pas de limitation de la longueur utile.

VII.3.2. Les Quais

Notre halte disposera de deux quais avec les mêmes dimensions justifiées précédemment et une passerelle communiquant entre les deux quais de 6 m de largeur et 225 de longueur.

Pour la communication des deux quais on a conçu une passerelle piétonne

Notre halte prendra le schéma fonctionnel suivant :

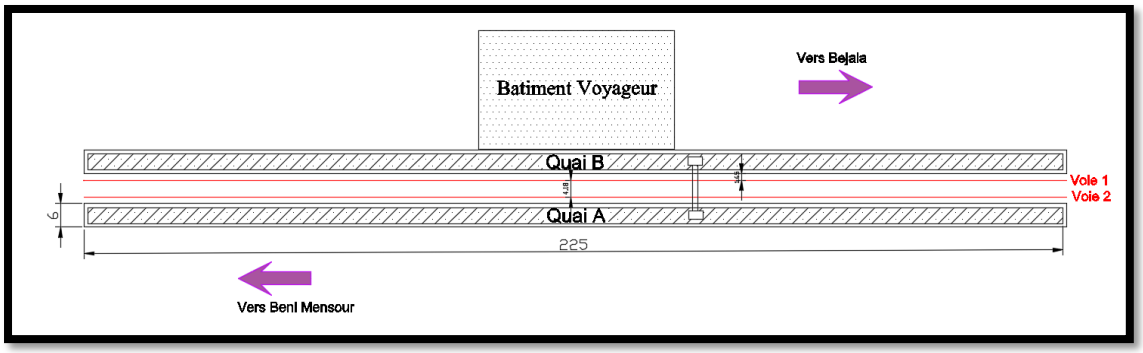


Fig.X.11.Le schéma fonctionnel de la halte d'AZIB BEN CHERIF.

IX. Assainissement de la gare et halte

Le réseau de drainage des gares et les haltes est défini en fonction des critères d'analyse suivants :

- Reconnaissance des caractéristiques de la pluviométrie des eaux superficielles et souterraines pour toute la région de Bejaïa.
- Analyse des données pluviométriques.
- Reconnaissance du dimensionnement du bassin versant.
- Estimation des quantités d'eau à canaliser en fonction du développement économique de la région.

Il est établi une division des installations de drainage de la plate-forme ferroviaire dans les gares : le drainage superficiel, le drainage souterrain et le drainage transversal de la ligne ferroviaire.

IX.1. Assainissement transversale :

Pour faciliter le ruissellement des eaux pluviales dans les gares, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit ou en V selon le cas de telle sorte à évacuer ces eaux vers les voies ensuite ces eaux sont évacuées grâce aux pentes transversales des plates-formes.
Les 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 perforé dans sa surface.
Les collecteurs transversaux ont un diamètre Ø600 et une pente longitudinale de 0,3%, ils récupèrent l'eau des drains.

IX.2. Assainissement Longitudinale

Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4%, permettent de recueillir les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans le ballast et la plate-forme et les évacuer vers le réseau d'assainissement à ciel ouvert (fossés de b= 0.5 m et h= 0.5 m) puis via les regards de visite qui sont placés tous les 50 m, permettant l'intervention pour la réalisation de travaux sur les collecteurs.

Le calcul de drainage des gares et des haltes été établi avec les données suivantes :

Tab.X.8.Drainage longitudinal des gares

C_{d0}	P_0	C	C_{quai}	Tc	I
112	8	0,33	0,80	0,0833	196,14

Ouvrage	Débit (m^2/s)	n Manning	Pente %	Tuyaux Φ (mm)	Hauteur d'eau (m)	Angle	Surface (m^2)	Périmètre Mouillé (m)	Rayon Hydraulique (m)	Vitesse (m/s)
Drain	0,038	0,016	0,50	300	0,1807	1,3645	0,0445	0,5331	0,0835	0,8440
Collecteur	0,188	0,016	0,30	600	0,3654	1,3510	0,1803	1,0743	0,1678	1,0415

X. Conclusion

L'aménagement de la Gare d'AKBOU et La halte d'AZIB BEN CHERIF a été instaurée d'une manière à répondre aux 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 XI

Ouvrages d’art & Terrassement

Chapitre XI : Ouvrages d'arts & Terrassement

I. Ouvrages d'arts :

La conception d'un bon tracé ferroviaire qui assure la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire et le franchissement des différents obstacles naturels ou artificiels : rivière, vallée, route, voie ferrée, canal, etc. et ainsi les infrastructures existantes en répondant aussi aux exigences techniques et économiques.

Les différentes catégories d'ouvrages qui doutent la nouvelle ligne ferroviaire sont :

- **Ponts rail (ouvrages ferroviaires) :**
- Pont rails
- Viaduc.
- **Ponts routiers :**
- Passage Supérieur.
- Passage inferieur.
- **Les ouvrages hydrauliques :**
- Dalot (détaillé dans le chapitre de l'assainissement et hydrologie).
- Piétonne (passerelle).

II. Critères et hypothèses de conception choisies (méthodologie) :

L'adoption d'ouvrages d'art pour notre projet est un moyen inévitable pour ce tronçon, notre objectif est de choisir l'ouvrage convenable qui s'adaptera aux conditions, à savoir :

- **Topographiques**

Choisir le type d'ouvrages (tablier et piles) qui s'adapte pour les différentes hauteurs de brèches (courtes moyennes ou importantes).

- **Hydrauliques**

Connaissances des données hydrauliques (débits, sens d'écoulement, hauteurs des plus hautes eaux, largeur lit mineur, largeur lit majeur etc.) choisir les types d'appuis convenables et les disposer d'une manière à ne pas gêner l'écoulement de l'eau et les protéger contre toute agression (affouillement etc.) avec une mise en place du système d'assainissement de l'ouvrage.

- **Routières**

Définir les types d'ouvrages (pont à poutres précontraintes ou béton armé, pont dalle, pont cadre fermé ou en portique etc.) en fonction du type de franchissement : route nationale, chemin de wilaya, piste agricole, voie ferrée d'autres obstacles : oléoducs, gazoducs etc.

Respecter tous les profils en travers, les données en plan et en long ainsi que toutes les composantes de la route et de l'autoroute, à savoir les accotements, les bandes d'arrêt d'urgence, le terre-plein central, les voies d'insertion, les rampes etc.

Toutes ces données devront être reconduites sur l'ouvrage en intégrant les différents paramètres de l'optimisation.

- **Géologiques et sismiques**

La conception des ouvrages seront conçus en respectant la géologie (failles etc.) et la sismicité de la région

- **Géotechniques**

les fondations seront traitées selon l'étude géotechnique,les talus seront protégés contre tout risque de glissement ou autres, installer tous les équipements de sécurité (garde-corps, glissières de sécurité etc.) et prévoir l'étanchéité des différents éléments de l'ouvrage (étanchéité, badigeonnage).

- **Constructives**

Choisir la méthode de construction qui s'adaptera au choix du type d'ouvrages et aux contraintes qui seront rencontrées..

III. Les viaducs de projet d'étude

Selon l'étude hydraulique et la et la topographie de trace étudié, 4 viaducs sont équipés a ce dernier afin d'assurer le franchissement de la voie ferroviaire en toute sécurité aux respectant les exigences technique et économiques.

Ci-dessous, on présente les caractéristiques des viaducs projetés :

Tab.XI.1. les caractéristiques des viaducs projetés.

PK début	PK fin	Viaduc	Type d'ouvrage	Longueur	Proposition dans la conception des ouvrages	largeur
21+002	21+066	Viaduc oued Illoula	Pont à poutres en béton précontraint	67 m	3 travées en béton précontraint avec des poutres 33m	12.9
22+450	23+913	Viaduc nouveau AKBOU	Pont poutres en béton précontraint	1100 m	Environ de 10 travées principales de 98 m et 2 de rives de 60 m.	12.9
27+222	27+257	Viaduc oued Tifrit	Pont à poutres en béton précontraint	50 m	2 travées en béton précontraint avec des 25 m	12.9
28+997	29+017	Pont oued Macheabe	Pont en béton armée	20m	Une dalle avec une épaisseur de 25 cm	12.9

IV. Terrassement

Les travaux de terrassement représentent l'étape préalable à l'édification ou au renforcement d'un ouvrage de sorte que celui-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 aux réseaux divers. Par la suite une étude de la stabilité ainsi que de l'équilibre du sol s'impose.

Les terrassements modifient provisoirement ou définitivement les formes d'un terrain. Ils sont réalisés par l'exécution de déblais et de remblais.

Les déblais consistent à abaisser le niveau du terrain par enlèvement des terres appelés aussi fouilles ou extraction.

Les remblais consistent à rapporter des terres afin de relever le niveau appelés aussi remblaiement.

Le calage du profil en long est essentiellement lié à l'optimisation du mouvement de terres, compte tenu des diverses contraintes imposées, c'est à partir des éléments apportés par la géologie et la géotechnique qu'il faut déterminer un profil projet tel que le coût global des terrassements soit minimal.

IV.1. Analyse de la stabilité

Les conditions de stabilité ont été évaluées par l'analyse des surfaces de glissement. L'analyse selon la méthode simplifiée de Bishop a été effectuée en utilisant le **Logiciel SLIDE 6.0.** La surface de glissement la plus critique a été obtenue en déterminant la surface dotée du coefficient de sécurité minimal parmi une série de surfaces de glissement probables.

Aucune présence d'eau n'a été signalée dans le rapport du sol au niveau de projet en étude**.**

Pour l'établissement des valeurs d'accélération de calcul considéré dans les évaluations de stabilité avec sismicité, il faut remarquer que, en cas d'instabilité des déblais et remblais, bien que cela puisse supposer l'interruption du trafic ferroviaire, celui-ci pourrait être rétabli en toute vitesse, à différence des ouvrages d'art. Dans ces conditions, pour le cas de déblais et remblais, il a été envisagé l'utilisation des accélérations de calcul prévues pour les ouvrages d'art du groupe **d'usage 1** (**ouvrage Stratégique),** étant **A=0,25 g.** Comme prévu en **(RPOA, 2008)** , Les composantes horizontale et verticale de la sollicitation sismique prise en compte dans ce cas sont :

(Kh) $=\frac{0.5\,A}{g}$=0.125et (Kv) = ± 0.3 Kh=0.0375.

Coefficient de sécurité :

Les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération selon le référentiel technique sont les suivants :

- Fs ≥ 1,5 pour la stabilité à long terme.
- Fs ≥ 1,3 pour la stabilité à court terme.

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.

IV.2. Géométrie des talus

La géométrie proposée doit être justifiée par des calculs de stabilité

Les pentes des talus principalement utilisées et exprimées en fraction base (H) sur hauteur (V), selon **SNTF CHAPITRE 07**, sont :

Pour les déblais : 1/2, 2/3, 1/1, 3/2, 2/1, 2.5/1, 3/1.

En remblai : 3/2, 2/1.

La géométrie proposée doit être justifiée par des calculs de stabilité

Les pentes sont conçues de façon à assurer la stabilité de l'ouvrage. Les talus peuvent être réalisés par palier, en étant interrompus par des banquettes d'au moins 1m de large (risberme), pour briser le ruissellement de l'eau et permettre la circulation à des étages intermédiaires.

IV.3. Application au projet

IV.3.1. DEBLAIS

Suivant notre tracé, on distingue des excavations prévues qui présentent des hauteurs assez petites, mais pour quelques tronçons on a des déblais importants qui ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique établi sur la base de profil en long.

On présente le tableau des caractéristiques de chaque déblai :

Tab.XI.2. Les caractéristiques de chaque déblai.

Pk début	Pk fin	Hauteur max de déblai	Longueur	Lithologie	Classe du sol
25+321	25+507	10.5	186	R4	QS1

a. La Sécurité dans les zones de déblais

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

Comme critère général :

- Lorsque les déblais sont effectués dans des terrains rocheux, il peut être possible de disposer au pied des talus de bermes pour récupérer les possibles blocs qui pourraient se détacher.
- Pour la stabilisation des talus, il faudra disposer des fossés de crête de talus, ainsi que des tuyaux en descente en béton. De la même façon, la surface des talus sera traitée avec des plantations.

- Dans le cas où peuvent apparaitre des instabilités locales avec détachement des blocs, il est à envisager le rabotage localisé de blocs, la projection de béton, le boulonnage local, la disposition de grillage antichute...
- Il est recommandé de disposer des fossés revêtus dans les bermes pour contrôler l'eau d'écoulement et éviter son infiltration dans les déblais.

b. 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 :

Tab.XI.3 Les paramètres géotechniques des terrains affectés par le déblai

Groupe géologique	descriptions	Lithologie	$\gamma_d(t/m$	c' (kg/cm²)	φ' (°)
R4	Ballastière	Sol moyen	1.7	0.6	27

Tab.XII.4. Les paramètres géotechniques des matériaux touchés par les excavations du tracé.

Groupe géologique	Description	Lithologie	c_u [kp/cm²]	c' [kp/cm²]	Ø' [°]	E [kp/cm²]	γ_d (t/m³)
Holocène deltaïque (Qd)	Dépôts deltaïques	Sols très meuble	0.4 – 0.6	0.1	25	100 – 250	1.5
Holocène alluvial (A)	Dépôts alluviaux actuels	Sols meuble	-	0.2 – 0.6	25 - 35	250 – 500	1.6
Pléistocène/Holocène colluvial (Qc)	Dépôts colluviaux	Sols moyens	-	0.2 – 0.5	27 - 31	250 – 500	1.6
Pléistocène terrasse (Qt0, Qt1 et Qt2)	Terrasses alluviales	Sols moyens	-	0.3 – 0.9	24 - 30	250 – 500	1.7
Pléistocène cônes de déjection (Qcd)	Cônes de déjection	Roche meuble ou sol très dur	-	0.25 – 0.8	27 - 30	400 – 500	1.8
Miocène (Mi)	Marnes et calcaires	Roche meuble à moyenne	-	0.2 – 1.1	27 - 30	400 – 1000	1.9
Crétacé (Ci)	Grès et marnes et calcaires	Roche dure avec fracturation moyenne à dure	-	0.4-0.5 (sols) >1 (roches)	27-30(sols) >30 (roches)	400 - >1000	1.7
Jurassique (Ji)	Calcaires et dolomies	Roche dure avec fracturation moyenne à haute	-	0.2-1.0 (sols) >1 (roches)	20-30(sols) >30 (roches)	400 - >1000	2.1

a. Géométries des talus de déblai

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

Dans ces tronçons y'a des terrains avec comportement essentiellement de sols ou de roches.

Résultats de vérification de stabilité des talus en déblais :

Tab.XII.5. Résultats de vérification de stabilité des talus en déblais.

PK Début- fin	Géométrie des talus				Facteur sécurité		Observations
	Longueur (m)	Hauteur Max (m)	Pente proposé	Berme/ Talus (m)	Condition statique	Condition sismique	Le calcul de stabilité de ce déblai est vérifié.
25+321-25+507	10.5	186	3H/2V	4	3.955	1.358	

Pour les déblais avec une hauteur maximale (H<5m) on affecte une pente de 3H/2V.

Face à ce qui est dit on l´étude Géologique et Géotechnique, ayant en considération que la majorité des talus d'excavation intéresseront des terrains avec comportement essentiellement de sols ou de roche très modifiée et fracturée, a été considéré que l'adoption d'une géométrie générale de 2/3 (V/H) avec l'exécution d'une banquette de 3m de largeur afin de permettre l'accès d'équipements d'entretien et cela chaque 6.5m, celle-ci est équipée d'un fossé trapézoïdale de b=0.5m et h = 0.5m et une pente de 1/1 (H/V).

b. Revêtement, renforcement et drainage des talus de déblais

Comme méthodologie générale a été prévu que dans tous les talus avec inclinaisons prévues de 2/3 (V/H), outre la mesure d'arrondissement de la crête, soit fait le revêtement avec au moins 0,15m d'épaisseur de "terre végétale" et espèces végétales adéquates immédiatement après l'ouverture des excavations avec l'objectif d'éviter l'effet érosif du ruissellement superficiel.

En ce qui concerne le drainage interne de talus ayant en attention les résultats des travaux de prospection et les observations de champs, à était prévu le exécution de quelques masques drainants de protection de les dernières talus au haute de la excavation, tel que représenté dans le plan 49137-EE-0-1-2-DTT-008.

En ce qui concerne le drainage superficiel des talus d'excavation est prévu comme méthodologie générale l'installation de fossés de drainage dans la crête des taluset dans les banquettes,, pour réduire le ruissellement sur les talus.

c. Matériaux de déblais (déblais mise en remblais)

Àfin de minimiser l'impact sur l'environnement qui pourrait être générée, il serait recommandable de réaliser le rétablissement du talus d'excavation, avec la bonne adéquation de l'orographie des environs et le remplie total ou partiel du creux généré avec la reconstitution de l'ancien terrain végétal pour ensuite pouvoir le revégétaliser ou l'utiliser en tant que terrain agricole.

Ayant pour base l'analyse des résultats obtenus des essais de laboratoire pour les matériaux qui seront excavés au long de notre tracé (présenté dans l'étude Géologique e Géotechnique), la plupart des sols qui seront excavés présentent de l'aptitude géotechnique adéquate pour leur colocation dans les différentes parties qui constituent les remblais (Noyau, Partie inférieure du remblai (généralement les premières couches sur le terrain) et partie supérieure du remblai (couronnement)).

Nous vérifions que, dans notre couloire seront excavés quelques matériaux avec ces caractéristiques dans les formations de Terrasses (Qt1) et fondamentalement dans les formations de cônes de déjection (Qcd), correspondant à des sols essentiellement limon-argileux, argile-sableux ou simplement argileux, avec plasticité élevée et/ou avec état hydrique de humide. Il est estimé que ces sols correspondent à un pourcentage qui varie entre 98% du matériel excavé.

Dans le cas où on a des matériaux qui ne présentent pas la qualité nécessaire pour être utilisés dans la base ou couronnement du remblai, on peut les réutiliser dans le corps du remblai, uniquement si ce remblai présente hauteur supérieure à 1.5 m.

Il est prévu d'une façon générale que les autres matériaux qui seront excavés présentent des caractéristiques minimales qui permettent leur réutilisation dans la construction des remblais. C'est le cas des sols QS1 qui présentent plasticité de baisse à moyenne, peu expansifs, avec limite de liquidité (LL) inférieure à 50% et IP (indice de plasticité) inférieur à 20%.

Dans les excavations au long du tracé n'est pas prévue l'obtention de sols ou roches du type QS3, et donc les matériaux pour la couche de forme, couche de fondation, bétons et sous ballast devront être obtenus aussi dans les carrières.

Tab.XII.6.Réutilisation des matériaux.

Lithologie	Réutilisation
Qcd	90 % se classifie comme matériau type QS1 et 10% comme QS0. Du 90% de QS1, le 54% pourrait être utilisé comme noyau et béton de remplissage, alors que le 46% restant, pourrait être utilisé pour le couronnement des remblais.
Qt2	on classifie le matériau comme QS1 pour le 90% et QS0 pour le 10%. De ce fait, ces emprunts sont proposés pour leur utilisation dans le noyau et la base des remblais.
JI	un gisement rocheux (gravière), utilisé pour les matériaux pour la couche de forme, couche de fondation, bétons et sous ballast.

NB : La lithologie le long de trace est présentée dans l'ANNEXE.

IV.3.2. Remblais

Suivant l'analyse de notre profil en long, on a pu situer les zones de remblais de différente hauteur qui sont sujets de notre étude, ces zones sont présentées dans le tableau suivant

Les remblais qu'il faut construire présentent des hauteurs peu significatives, avec une exception des remblais d'une hauteur considérable qui seront construits après le viaduc nouveau d'AKBOU au PK 23+550.

Tab.XII.7. Les caractéristiques de chaque remblais.

Pk début	Pk fin	Hauteur max de remblai	longueur	Lithologie	Classe du sol
23+550	24+238	7.25	688	Qt2	QS1

a. La Sécurité dans les zones de remblai

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.

b. Les paramètres géotechniques des terrains affectés par les remblais

Les paramètres géotechniques pour chacun des matériaux adoptés pour les calculs de chaque remblai sont comme suit :

Tab.XII.8. Les paramètres géotechniques des matériaux adoptés pour chaque remblai.

Groupe géologique	descriptions	Lithologie	$\gamma_d(\frac{t}{m^3})$	c' (kg/cm²)	φ' (°)
Qt2	Terrasse alluviales	Sol moyen	1.7	0.60	24

c. Résultats de vérification de stabilité des talus en remblais

Tab.XII.9. Résultats de vérification de stabilité des talus en remblais.

PK Début- fin	Géométrie des talus				Facteur sécurité		Observations
	Longueur (m)	Hauteur Max (m)	Pente proposé	Berme/ Talus (m)	Condition statique	Condition sismique	Le calcul de stabilité de ce remblai est vérifié.
23+550-24+238	688	7.25	2H/1V	4	1.522	1.327	

La vérification de la stabilité des hauteurs considérables des remblais localisées sur le long du trace est vérifiée avec la pente de 2/1 (H/V) déjà proposée.

d. Matériaux pour les remblais

Considérant le significatif déficit de sols pour la construction des remblais prévus dans cet ouvrage, on a considéré important d'utiliser des sols provenant des excavations ou simplement des sections qui ont besoin d'être assainies. De cette façon a été admise la réutilisation de matériaux de plus réduite qualité (QS1) dans la construction du corps des remblais de plus grande dimension, c'est-à-dire, dans les segments du remblai où la hauteur (H) est supérieure à 1.5 m.

e. Revêtement de talus de remblais

Pour le revêtement des talus de remblai on a opté pour créer un masque de protection formé par des matériaux de pierre pas phréatiques avec dimension entre 63-500 mm.

Cette procédure veut réduite les phénomènes d'érosion qui puissent avoir lieu au long des talus, soit par l'effet des pluies saisonnières, soit par l'effet de la présence de l'eau à l'époque des pluies qui provoque l'inondation de toute la zone alluvionnaire et qui accompagne la grande majorité du tracé en étude.

IV.3.3. Décapage de terre végétale

L'horizon superficiel de sols organiques devra être enlevé et les sols devront être placés de façon à être utilisés après pour le revêtement des talus de déblai et de remblai.

Face au développement significative de la végétation qui se observe plus ou moins au long de la ligne, il y a nécessité d'enlèvement de l'horizon superficiel de sol organique ou les zones de terrain naturel où seront construites les nouvelles sections de voie ferré et où

l'élargissement des déblais et remblais seront réalisés. Il sera également nécessaire d'effectuer le décapage sur les talus de remblais et déblais de la ligne ferroviaire existant.

Selon ce qui est établi dans l'étude géologique – géotechnique, dans notre trace ont été considérés pour l'effet de mesurage des épaisseurs moyennes de décapage entre 0,20m et 0,50m,

Nous mentionnons aussi, cependant, que dans quelques endroits pourront exister des épaisseurs supérieures aux indiquées, et donc en œuvre celles-ci devront être mesurées en fonction des conditions réelles trouvées.

Pour notre tronçon étudié les épaisseurs de terre végétale seront les suivantes :

Tab.XII.10. Les épaisseurs de terre végétale sur le tronçon de 15km.

PK (km)		Extension	Epaisseur	
début	fin	(m)	(m)	
20+000	21+002	1000	0.3	
21+002	21+069	67	/	viaduc oued ILLOULA
21+069	22+450	1380	0.3	
22+450	23+550	1100	/	viaduc AKBOU
23+550	23+850	300	0.3	
23+850	23+880	30	0.4	
23+880	27+222	3342	0.3	
27+222	27+272	50	/	viaduc MACHEABE
27+272	27+685	413	0.3	
27+685	27+699	14	/	passage inferieur
27+699	28+997	1328	0.4	
28+997	29+017	20	/	viaduc oued TIFRIT
29+017	33+432	4415	0.3	
33+432	34+025	593	0.5	
34+025	35+084	1059	0.2	
Volume total de la terre végétale décapée (plateforme + terrassement)			123903.945 m^3	

V. CALCUL DES VOLUMES DE TERRASSEMENT

V.1. Les Cubatures

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers. La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'excaver des terres (déblai).

On définit **les cubatures de terrassement** par l'évolution de nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

V.1.1. Méthodes de calcul des cubatures

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures, parmi eux, on peut citer :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut).
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

Aucune de ces méthodes donnent de résultats exacts, pour rapprocher de l'exactitude on doit majorer les résultats avec une certaine marge d'erreur (selon l'appréciation de l'ingénieur).

Pour notre projet en étude, le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel « CIVIL 3D », les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :(les résultats détaillés dans annexe…).

Tab.XII.11. Récapitulatif des volumes de terrassement.

Mouvement des terres	Volume (m^3)
déblais	1096600.45
remblais	384809.86

Tab.XII.12. Récapitulatif des volumes des couches d'assise.

Les couches d'assise	Volume (m^3)
Ballast	61123.64
Sous-ballast	56945.6535
Couche de forme (matériaux QS3)	122930.5173

V.2. Gisement granulaires

Tous les gisements se trouvent distribués au long du lit de l'Oued Soummam.

On a les gisements près de notre trace :

Tab.XII.13. Les gisements.

Gisement	Distance de tracé (km)
Piton d'Akbou	1
Bouzeroual	1.2
Graviere de SARL GUENDOUZA	<1
Taharacht	En tronçons

À partir de les résultats obtenus en laboratoire, on propose l'utilisation des granulats pour la fabrication de béton, couche de forme et sous-ballast.

V.3. Gisements rocheux - carrières

Pour la disponibilité de matériaux provenant de la fragmentation de roches des zones aux alentours du couloir, on a étudié et localisé un gisement rocheux (gravière) qui est voisin au tracé du projet au niveau du P.K. 21+300 approximativement.

Du point de vue lithostratographique, ce gisement fait partie des matériaux de l'âge Jurassique Inférieure.

VI. Les rétablissements 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:

o Passage supérieur, si le chemin ou la route traverse la voie ferrée dessus.
o Passage inférieur, si le chemin ou la route traverse la voie ferrée dessous.
o Route/Chemin parallèle, si le chemin ne requit pas d'un ouvrage spécifique pour traverser la voie ferrée.

- Selon leur importance:

o Route type 0, pour les Routes Nationales ou similaire, et composées de deux chaussées séparées avec une barrière rigide.
o Route type 1, pour les routes d'une importance comparable à une Route National, et composées d'une seule chaussée,
o Route type 2, pour les routes d'une importance mineure,
o Chemin type 3, pour les chemins plus importants,
o Chemin type 4, pour les chemins et pistes moins importants,
o Route type 5, pour les ronds-points,
o Route type 6, pour les voies urbaines plus importants,
o Route type 7, pour les voies urbaines moins importants.

VI.1. Les passages supérieurs

Les passages supérieurs ont été conçus respectant une hauteur libre dès la cote plus haute du rail de 7,02 m.

Le tableau suivant recueille tous les passages supérieurs projetés, un total de 3 :

Tab.XII.14. les passages supérieurs projetés.

PK	Type	Rétablissement
20+915	Chemin	Passage parallèle
21+209	Chemin	Passage supérieur
26+560	Chemin	Passage supérieur
33+438	Chemin	Passage supérieur

VI.2. Les 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 2 passages inférieurs projetés:

Tab.XII.15. Les passages inférieurs projetés.

PK	Type	Rétablissement
22+957	Chemin	Passage inférieur
27+685	Chemin de wilaya 141	Passage inférieur

NB : Le rapport sur les volumes des déblais et remblais et le calcul du volume du ballast manuellement ainsi que les résultats de la vérification de la stabilité des talus sont joint dans l'ANNEXE.

VI.3. Chemins et routes parallèles

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

Tab.XII.16. Les passages parallèles projetés.

PK	Type	Rétablissement
20+187	Chemin	Passage parallèle
22+580	Chemin	Passage parallèle
23+164	Chemin	Passage parallèle
26+450	Chemin	Passage parallèle
31+955	Chemin	Passage parallèle
34+179	Chemin	Passage parallèle
34+775	Chemin	Passage parallèle

VII. Conclusion :

Le terrain sujet d'étude est assez accidenté, si bien qu'il nécessite des travaux de terrassement en déblai et en remblai afin d'obtenir une planéité envisagée pour l'installation conforme de la voie ferrée selon les normes.

CHAPITRE XII

Signalisation Electrification

Chapitre XII : Signalisation et électrification

I. Introduction

La signalisation ferroviaire regroupe l'ensemble des équipements techniques conçus pour assurer la bonne marche des trains, en toute sécurité. Elle est gérée depuis les différents postes d'aiguillage répartis sur l'ensemble du réseau ferré.

L'électricité est utilisée comme source d'énergie pour la traction, mais aussi pour la commande des aiguillages, la signalisation et la gestion du trafic. L'énergie électrique s'est rapidement imposée pour la traction car elle est à la fois économique, non polluante et autorise des vitesses importantes. Elle s'est aussi imposée pour la commande des aiguillages et de la signalisation en raison de la sûreté des systèmes par rapport aux commandes mécaniques par câbles. Elle a permis l'automatisation de plus en plus poussée de la gestion et des commandes d'itinéraires.

II. Signalisation

La signalisation s'est avérée très vite comme une nécessité pour les chemins de fer. En effet, dès que plusieurs mobiles peuvent rouler au même instant sur un réseau, et que les conditions de vitesse, de freinage et de visibilité ne permettent pas, comme dans la majorité des cas pour les voitures automobiles, de circuler à vue, un système captant et éventuellement traitant des informations connues au sol et transmettant ces informations, ou le résultat du traitement, aux mobiles est indispensable. La signalisation ferroviaire regroupe l'ensemble des signaux conventionnels et des équipements techniques du réseau ferré conçus pour assurer la sécurité des usagers du rail et d'en diminuer les conséquences. Elle est gérée depuis différents postes d'aiguillage répartis sur l'ensemble du réseau ferré.

II.1. But de la signalisation

La circulation ferroviaire comporte des risques pour l'environnement (transport de marchandises dangereuses), les tiers (traversées d'agglomérations, passages à niveau, etc.), les voyageurs dans les gares et à bord des trains et le personnel. Les solutions correspondantes mettent en œuvre des dispositifs mécaniques et électriques complétés et régis par des prescriptions réglementaires, ces dispositifs sont représentés par la signalisation ferroviaire.

Les objectifs de la signalisation sont multiples, on peut cependant les résumer aux cinq principaux points suivants :

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

Certains ordres ou informations intéressant la sécurité de la circulation sont donnés aux agents concernés, en particulier aux conducteurs, à l'aide de signaux. Tout agent, quelle que soit sa fonction, doit obéissance passive et immédiate aux signaux le concernant.

II.2. Description du système de signalisation

II.2.1. 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.

Les enclenchements seront composés de divers modules aux fonctionnalités définies. Chaque module comprendra les câbles, prises et interfaces nécessaires à l'interconnexion au reste des modules, qui forment le système d'enclenchement et de cantonnement.

Les enclenchements électroniques prévus devront accomplir les spécifications techniques de l'instruction générale des Installations de Sécurité (IGIS) et de l'ANESRIF pour ce type d'enclenchement. Ainsi, le système qui sera installé devra respecter les caractéristiques en termes de sécurité, de fiabilité ou disponibilité, et en termes de fonctionnalité.

Le système d'enclenchement garantira au moins les fonctions suivantes:

- Détection de présence de trains par les circuits de voie ou compteurs d'essieux.
- Traitement des ordres en provenance du Poste de Commande Central (PCC) ou de Postes de Commandes Locaux à chaque gare d'une ligne donnée.
- Télécommande et contrôle des aiguilles.
- Traitement des informations en provenance des différents détecteurs.
- Traitement des informations de vitesse.
- Commande et contrôle des signaux.
- Interface avec les systèmes d'enclenchement des lignes adjacentes.

II.2.2. Type de signalisation

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.

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.

A l'exception de certains signaux amovibles par nature (signaux à main, par exemple), les signaux sont implantés à demeure, soit à titre permanent, soit à titre temporaire (signaux de chantier, par exemple). Utilisés isolement ou au contraire groupés, les signaux implantés à demeure peuvent être fixes ou mobiles, du type lumineux ou du type mécanique.

Un signal est dit « fixe » lorsqu'il présente en permanence un aspect normalement invariable ; il est dit « mobile » lorsqu'il peut présenter au moins deux aspects distincts correspondant respectivement à la position « signal ouvert » et à la position « signal fermé » du signal considéré. Toutefois, pour certains signaux mobiles (guidon d'arrêt, par exemple), l'aspect « signal ouvert » peut n'être constitué que par le seul effacement de l'aspect « signal fermé » du signal considéré.

En signalisation mécanique, il est fait usage de signaux réalisés au moyen d'une aile ou d'une cocarde de couleur ou bien d'un tableau mécanique. En signalisation lumineuse, les signaux donnent, de jour comme de nuit, les mêmes indications, il est fait usage soit de panneaux portant un ou plusieurs feux de couleur fixes ou clignotants, soit soit de tableaux lumineux ou réflectorisés, pouvant présenter une bande colorée, une inscription ou un signe conventionnel.

La signalisation lumineuse a notamment, sur la signalisation mécanique, les avantages d'une plus grande sûreté de fonctionnement et d'une meilleure visibilité. Qu'elle soit mécanique ou lumineuse, la signalisation peut comporter en outre:

• des tableaux lumineux,

• des tableaux mécaniques fixes ou effaçables,

• des tableaux ou pancartes réflectorisés,

• des guidons d'arrêt, ...

Chapitre XII : Signalisation et électrification

a. Fonctions de la signalisation

Les signaux sont essentiellement utilisés pour assurer les fonctions suivantes:

- Signal de voie libre (VL)

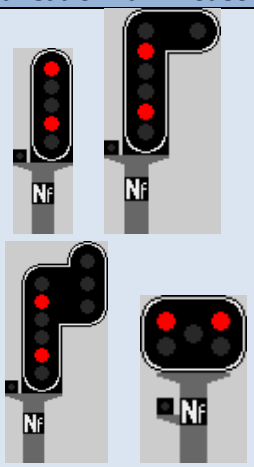
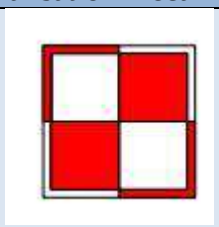
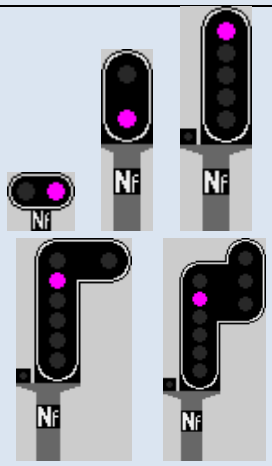
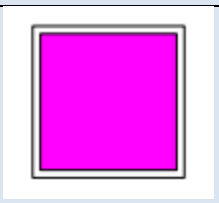
TabXII.1.Signal de voie libre

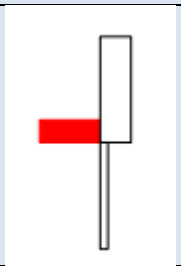
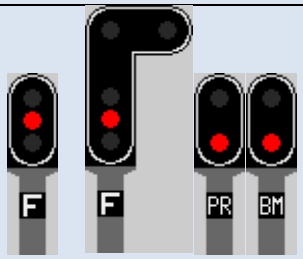
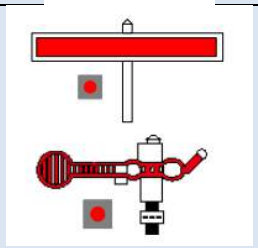
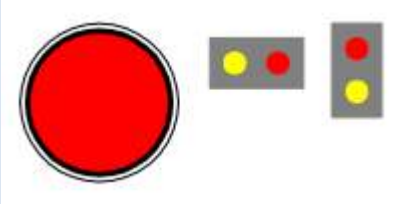
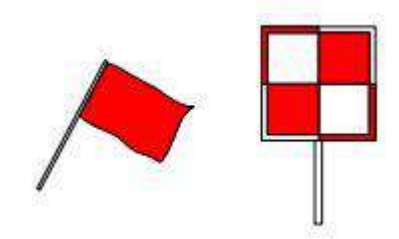
Signal	Indication	Signalisation lumineuse	Signalisation mécanique
Signal de voie libre (VL)	Le feu vert indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée, si rien ne s'y oppose.		

- Signalisation d'arrêt :

Pour assurer la protection dans les établissements, pour le cantonnement..., il peut être nécessaire d'arrêter, voire de retenir les circulations. A cet effet, les signaux d'arrêt suivants sont utilisés:

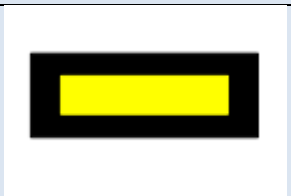
TabXII.2.Signalisation d'arrêt

Signal	Indication	Signalisation lumineuse	Signalisation mécanique
Le carré C	Le carré fermé présente deux feux rouges sur une ligne verticale ou horizontale. Le carré fermé commande au conducteur l'arrêt avant le signal.		
Le carré violet (Cv)	Le carré violet fermé commande au conducteur l'arrêt avant le signal. Il ne se rencontre que sur les voies de manœuvre, ou en protection à l'origine des itinéraires de refoulement.		

Le guidon d'arret	De même que le carré fermé, le guidon d'arrêt fermé commande au conducteur l'arrêt avant le signal.		
Le sémaphore (S)	Le sémaphore fermé commande au conducteur l'arrêt avant le signal.		
Le feu rouge clignotant ((S))	Lorsqu'un conducteur rencontre un panneau présentant un feu rouge clignotant, il peut, sans marquer l'arrêt, s'avancer en marche à vue, mais il ne doit pas dépasser au franchissement de ce signal la vitesse de 15 km/h.		
Le disque (D)	Le disque fermé commande au conducteur de se mettre aussitôt que possible en marche à vue, de marquer un arrêt ou de reprendre sa marche normale si rien ne s'y oppose.		
Le signal d'arrêt à main	Le signal d'arrêt à main commande l'arrêt		

Chacune de ces fonctions comprend habituellement une signalisation d'annonce et une signalisation d'exécution ou de rappel. L'usage veut que la signalisation d'arrêt (exécution et annonce) soit explicitée séparément. Afin que les mécaniciens soient en mesure de se conformer à leurs indications, certains signaux d'arrêt sont normalement annoncés. En outre, l'expression «la signalisation d'arrêt» est réservée à la signalisation d'exécution d'arrêt.

TabXII.3.Signalisation d'avertissement.

Signal	Indication	Signalisation lumineuse	Signalisation mécanique
L'avertissement (A)	L'avertissement fermé commande au conducteur d'être en mesure de s'arrêter avant le ou les signaux d'arrêt : carré ou sémaphore, annoncés ou d'observer un feu rouge clignotant.		
Le feu jaune clignotant ((A))	Le feu jaune clignotant commande au conducteur d'être en mesure de s'arrêter avant le signal d'arrêt annoncé à distance réduite par l'avertissement suivant, cette distance pouvant n'être que de 500 mètres.		
Bande lumineuse jaune horizontale	La bande lumineuse jaune horizontale commande au conducteur d'être en mesure de s'arrêter à quai sur une distance réduite.		
Feu vert clignotant	Équivalant au feu vert fixe pour les trains dont la vitesse limite ne dépasse pas 160 kilomètres à l'heure, le feu vert clignotant commande au conducteur d'un train dont la vitesse limite est plus élevée de réduire sa vitesse, s'il y a lieu, dès le franchissement de ce signal, de manière à ramener aussitôt que possible sa vitesse à 160 kilomètres à l'heure, et au plus tard au franchissement du panneau suivant.		

- Signalisation de limitation de vitesse :

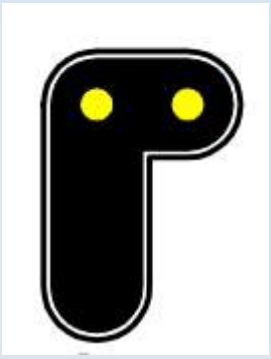
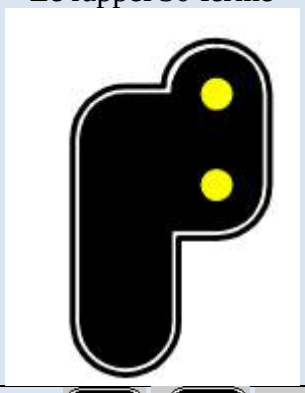
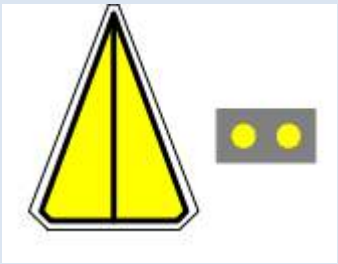
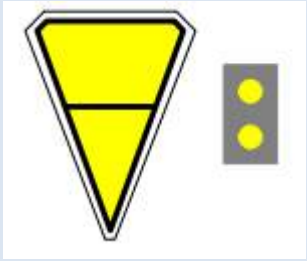
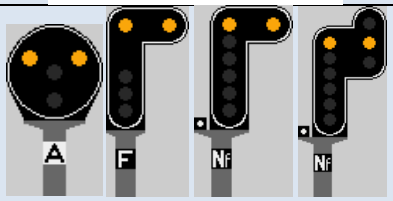
Au franchissement de certains points particuliers (aiguillages, courbes, ouvrages d'art, ...) ou sur certaines parties de voie de plus ou moins grande étendue, il peut être nécessaire de limiter la vitesse des circulations. Ces limitations de vitesse peuvent avoir un caractère permanent ou temporaire. Les limitations permanentes de vitesse sont:

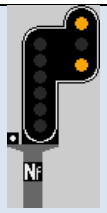
• ou bien simplement mentionnées au livret de la marche des trains (LMTr) (document connu des mécaniciens),

• ou bien signalisées sur le terrain.

Les limitations temporaires de vitesse sont signalisées sur le terrain.

TabXII.3.Signalisation de limitation de vitesse

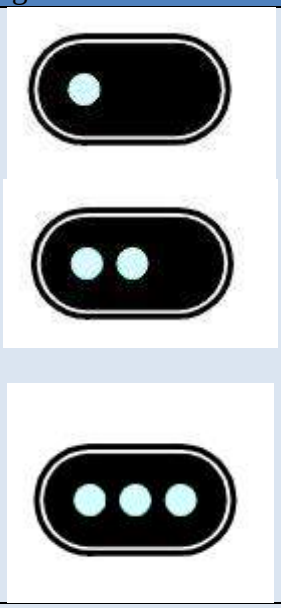
Signal	Indication	Signalisation lumineuse	Signalisation mécanique
Ralentissement 30 et rappel 30	Les aiguilles en pointe qui ne peuvent être franchies en déviation qu'à la vitesse maximale de 30 kilomètres à l'heure sont normalement précédées des deux signaux suivants : − un ralentissement 30, à distance ; − un rappel 30, toujours groupé et combiné avec le carré qui précède l'aiguille.	Le ralentissement 30 fermé  Le rappel 30 fermé 	Le ralentissement 30 fermé  Le rappel 30 fermé 
Ralentissement 60 et rappel 60	les signaux de ralentissement 60 et de rappel 60 sont caractérisés par le clignotement simultané des feux utilisés en signalisation lumineuse pour	 Le ralentissement 60 fermé	

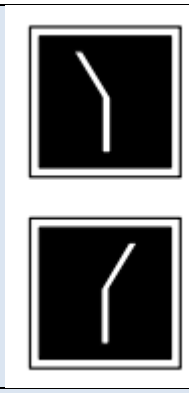
	constituer respectivement le ralentissement 30 et le rappel 30.	 Le rappel 60 fermé	
Tableau R fin de zone de ralentissement	Ce tableau désigne la fin du parcours à vitesse limitée.		
Chevron pointe en bas	Ce tableau indique la proximité d'aiguille(s) à franchir à vitesse limitée		

- Signalisation de direction :

En avant des aiguilles prises en pointe sur les voies principales (bifurcations géographiques, reports entre voies principales voisines de même sens, entrées directes sur un garage ou un évitement de circulation, ...), les conducteurs sont en général renseignés sur la direction qui leur est donnée par l'observation des indications présentées par la signalisation de limitation de vitesse complétée éventuellement par des tableaux à inscriptions.

TabXII.3.Signalisation de direction

Signal	Indication	Signalisation lumineuse	Signalisation mécanique
Indicateur de direction	Lorsqu'une limitation de vitesse ne suffit pas à renseigner le mécanicien sur la direction géographique, on installe un indicateur de direction comportant autant de feux que de directions géographiques possibles.		
Tableau indicateur	Soit la partie inférieure et la branche supérieure gauche de		

de direction à distance	la lettre « Y » lorsque la direction géographique donnée est la première à partir de la gauche; soit la partie inférieure et la branche supérieure droite de la lettre « Y » lorsque la direction géographique donnée est la deuxième à partir de la gauche.		
Tableau G (Garage)	Ce tableau indique que le train est dirigé vers une voie de garage.		

II.2.3 Système de détection de présence des trains

Les compteurs d'essieux sont des dispositifs qui servent à détecter des trains sur la voie ferroviaire. Pour être fonctionnels, ils contiennent des détecteurs de roues qui comptent le nombre d'essieux qui entrent et sortent de chaque canton. Le bilan doit être de zéro pour confirmer que le train a libéré tel canton. Ces systèmes, indépendants des rails, permettent des cantons de plus grande longueur et éliminent certains problèmes d'interférences. Le champ d'application de ces équipements est complémentaire à celui des circuits de voie et leur utilisation dépend en grande mesure du type d'application et des particularités des compagnies ferroviaires. Les circuits de voie sont des dispositifs électriques qui permettent de détecter la présence d'un train dans un canton. Sur le marché, nous pouvons trouver plusieurs types de circuits de voie qui fonctionnent de manière légèrement différente : conventionnels à 50 Hz, à impulsions ou à audiofréquence sans joints.

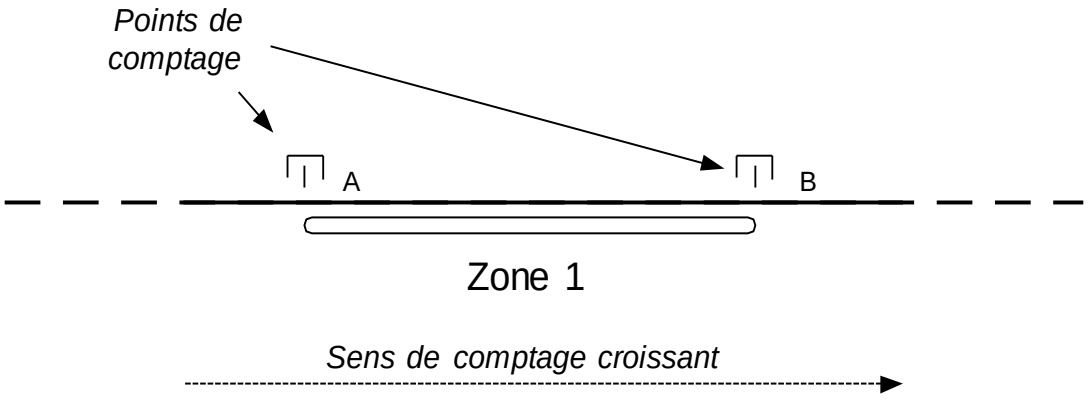
L'un des avantages présentés par les compteurs d'essieux par rapport aux circuits de voie est qu'ils demandent moins de câblage et de systèmes de branchement, aussi sont-ils moins coûteux à installer et à entretenir. Par ailleurs, les compteurs d'essieux ne subissent pas les dommages occasionnés par les résidus (pierres, sable...) qui peuvent s'agglomérer, traîner sur la voie, et détériorer les circuits de voie.

Le choix réalisé répond à une série de caractéristiques propres à la ligne Beni Mansour – Bejaia, pour un cantonnement unique et dans l'idée de placer le plus petit équipement possible entre les gares et/ou haltes pour éviter des actions de vandalisme, il est idéal de placer des compteurs de voies. On tient compte de la nécessité de doter ces dispositifs de fortes mesures de sécurité et d'isolation, donc les compteurs d'essieux possèdent une structure en acier plus robuste. Aussi, conformément aux approches relatives à l'exploitation de la circulation ferroviaire de la ligne Beni Mansour - Bejaia, la densité de circulation fait qu'il n'est pas nécessaire d'avoir un canton inférieur à la distance existant entre gare ou halte, et leur dépendance collatérale.

a. Les compteurs des 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. Tous les modules d'interface seront placés dans le poste.

Un compteur d'essieux comporte deux points de détection pour une section simple, trois points étant nécessaires pour les déviations simples et quatre points pour les croisements simples. Il est toujours recommandé de fixer un sens de comptage de référence et ce sens doit être choisi pour le tronçon qui est défini pour la ligne, indépendamment de la voie et de la direction du train, en suivant le sens d'augmentation du kilométrage de la ligne. Ce sens de comptage sera une base nécessaire à la création de données spécifiques sur la position, et il garantira le bon ordre des têtes de détection sur les rails. Chaque section est équipée d'un point de comptage à chacune de ses extrémités. Un seul point de comptage suffit au niveau de la transition d'une section à une autre.



FigureXII.1.Sens de comptage croissant des compteurs d'essieux

Les essieux sont comptés sur la zone 1 quand :

- le train passe le point de comptage A dans le sens de la flèche.
- Ou: le train passe le point de comptage B dans le sens opposé à la flèche.

Les essieux sont décomptés de la section quand :

- le train passe le point de comptage A dans le sens opposé à la flèche.
- Ou: le train passe le point de comptage B dans le sens de la flèche.

II.2.4 Les aiguillages

Tous les aiguillages se trouvant sur les itinéraires ou qui remplissent une protection contre les mouvements convergents de même que tous les aiguillages et taquets sur les itinéraires de manœuvre seront équipés de commandes électriques à distance.

La vitesse de passage par l'aiguille se fera en fonction du rayon de conception des appareils de voie, et en fonction de ce rayon il faudra doter l'aiguille d'un plus ou moins grand nombre de moteurs. Les appareils de voie qui doivent être installés au sein du lot « VOIE » et le nombre de moteurs dont ils disposeront sont ceux que nous indiquons ci-après :

- Appareil de voie type UIC54-500-1:12. Ces appareils de voie compteront trois moteurs, ce qui permettra des vitesses maximum de 65 km/h.

- Appareils de voie type UIC54-318-1:9 et UIC54-300-1:9. La vitesse maximum sera de 50 km/h, et ils seront dotés d'un moteur unique.

Les moteurs d'aiguillages doivent posséder dispositif de verrouillage additionnel des lames d'aiguille du type Verrou Carter Coussinet (VCC). Le VCC est un dispositif de verrouillage positif des appareils de voie et sa manœuvre est solidaire de celle de l'aiguillage.

Les moteurs d'aiguilles doivent posséder les caractéristiques suivantes:

- Commande perdue et alimentation du moteur coupée en fin de course des contacts.

- Le moteur doit posséder un dispositif manuel qui permette d'effectuer la manœuvre de l'aiguille en cas de coupure de l'alimentation par un levier ou une manivelle.

- Moteur talonnable avec verrouillage

- Course 220 mm

- Triphasé 380 V

- Adaptés à tout type de traverses standard.

II.2.5 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.

III. Electrification

Un système d'électrification ferroviaire est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour a limenter en énergie électrique les trains. Les trains sont alimentés en courant alternatif haute t ension ou en courant continu basse tension. L'alimentation passe par un troisième rail ou une c aténaire et le retour de courant se fait par les rails de la voie ou un quatrième rail dédié.

III.1. Le système d'électrification

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.

Dans son principe, le système de traction électrique ferroviaire est composé par des installations fixes (sous-stations, caténaires, rails) et par le matériel roulant (train de fret ou de voyageurs tracté par une locomotive). Dans la plupart des cas, l'alimentation en énergie électrique de la locomotive est assurée via une ligne aérienne appelée la caténaire. Un pantographe, équipé d'un frotteur, permet à l'engin de traction de capter le courant. Le système d'alimentation par troisième rail est généralement limité au métro et n'est que très rarement utilisé pour des liaisons intercités. Figure XI.2 présente un exemple de système d'électrification ferroviaire par ligne aérienne avec caténaire et pantographe.

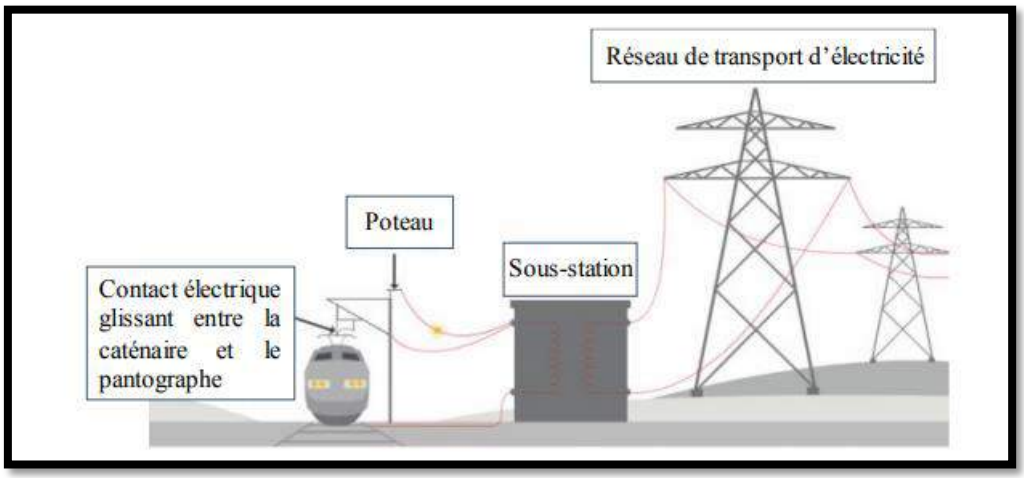


Figure XII.2.Exemple de système d'électrification ferroviaire (25 kV/50Hz).

La **Figure XI.3** présente un schéma simplifié d'un système d'électrification en 25 kV 50Hz. La caténaire est alimentée directement par le réseau public à travers des sous stations délivrant une tension de 25 kV 50 Hz. Les sous-stations sont très simples puisqu'elles ne comportent qu'un transformateur monophasé. Ce système d'électrification s'appuie sur le réseau public de production et de transport d'énergie électrique. Afin de limiter, globalement, la circulation de courants déséquilibrés dans le réseau de transport d'électricité, le circuit de traction électrique a été divisée en différents secteurs qui sont isolés par des sections neutres dont la longueur est généralement de 250 m. Chaque secteur est alimenté par des phases différentes du réseau triphasé. Par conséquent, les sous-stations ne sont jamais connectées en

parallèle. Les sous-stations sont connectées au réseau public. Les distances entre sous-station peuvent varier de 30 km à 90 km en fonction du trafic de la ligne. La ligne aérienne peut être réduite à la caténaire (fil de contact plus un porteur principal) avec une section équivalente d'environ 200 mm² . Pour les lignes les plus chargées, un feeder est ajouté. Le potentiel du rail est référencé à la terre.

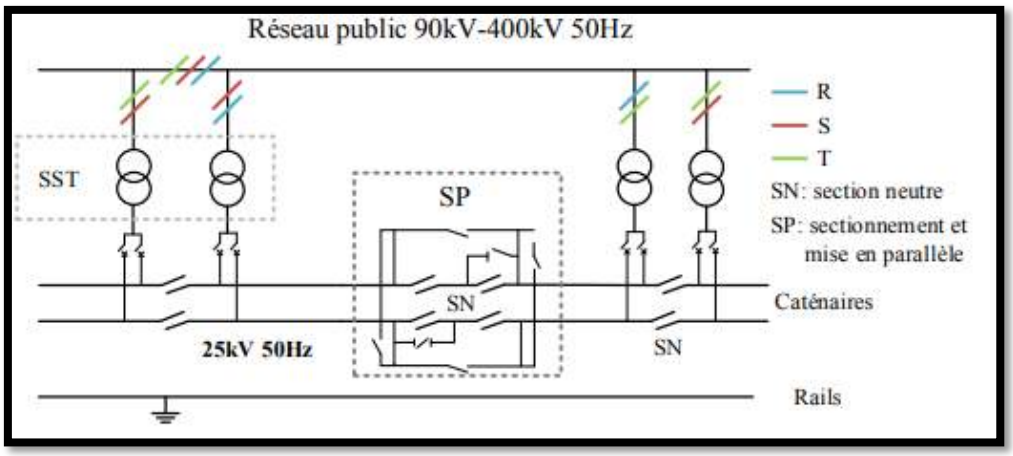


Figure XII.3.Schéma simplifié d'une électrification en 25 kV 50 Hz.

III.2. Les caténaires

Les systèmes caténaires est un ensemble de câbles soutenu par des supports et disposé parallèlement à la voie. Il permet de répartir le long de ces câbles le courant fourni par les sous stations et de l'acheminer jusqu'à la motrice, qui le capte à l'aide du pantographe, le transmet aux moteurs via une "chaîne de traction", puis le renvoie à la sous-station par les rails de roulement. 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.

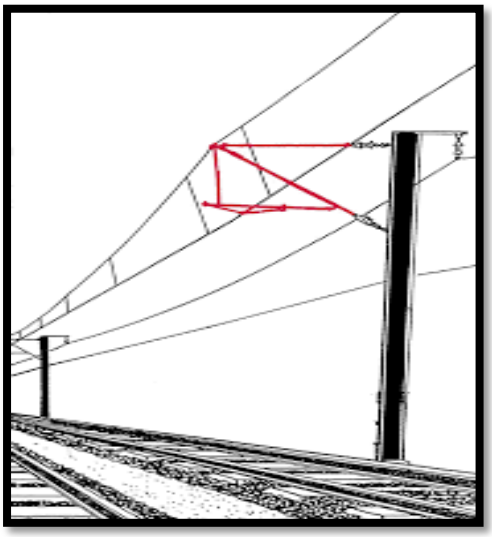


Figure XII.4.Un caténaire.

IV. Conclusion

Le système de signalisation devra garantir, à tout moment et en toute circonstance, la sécurité des installations et des usagers, sans affecter les caractéristiques opérationnelles de la ligne. Quant à l'électrification de la ligne ferroviaire, elle constitue une avancée dans le système des transports car non seulement Elle prend en considération l'enjeu environnemental mais elle est Capable d'emmener plus de voyageurs et de tonnage pour les trains de fret.

CHAPITRE XIII

Etude d’impacte d’environnement

Chapitre XIII : Etude d'impacte d'environnement.

I. Introduction

La réalisation d'un projet ferroviaire obéit à une réglementation et loi, notamment des principaux règlements et lois du domaine de l'environnement en Algérie.
L'étude d'impact sur l'environnement est un processus qui, au tout début de la planification, cerne et évalue les risques d'incidences environnementales découlant d'un projet de tracé d'une voie ferrée.

L'ampleur des travaux et la technologie qui sera appliquée à ce projet induiront des modifications et des perturbations pouvant avoir un sérieux impact sur l'équilibre des écosystèmes. L'identification des espèces qui présentent un intérêt particulier telles que les espèces protégées et menacées de disparition doit être pris en considération. L'analyse de la réglementation environnementale et sociale en vigueur en Algérie, permettra de placer le projet dans son contexte juridique et réglementaire.

II. Objectifs de cette étude

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

- Assurer l'intégration des contraintes et opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle voie ferrée.

- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.

- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

III. Description du milieu

III.1. L'air d'étude

La zone d'étude est définie par rapport à la phase d'étude du projet. L'étude s'intéresse à une grande partie de la Wilaya de Bejaia, le repère étant le couloir de la voie ferrée existante, qui s'étale sur 15 km depuis la commune d'Akbou jusqu'à la commune d'Ouzellaguen.

III.2. Etude du milieu physique

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

III.2.1.Géomorphologie

a. Les reliefs

Le périmètre d'étude est situé en Kabylie du Djurdjura, partie Bejaia. Débute sur la chaîne côtière à l'ouest de Bejaia et s'élève vers l'Est et le Sud-ouest jusqu'à la chaîne du Djurdjura, plus exactement dans le secteur des montagnes de Beni-Himmel qui constituent la bordure Sud-est de la vallée de la Soummam, d'Akbou à El Kseur. Le relief est très accidenté (les pentes excèdent 25% sur 81% de la superficie) et les altitudes sont réparties entre 200 et 800 mètres sur près de 70% de la superficie. La forêt des Beni-Himmel occupe le point culminant du secteur à 1 138 mètres.

III.2.2.Géologie 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. Les principales unités lithologiques qui caractérisent la région d'étude sont du Granites et granodiorites, Roches volcaniques, Calcaires et dolomies durs, Les grès en bancs épais et durs, Gneiss, Phyllades, Conglomérats, Calcaires friables, Schistes, Marnes, Argiles,et Alluvions et sables.

III.2.3.Climatologie

Le périmètre d'étude est caractérisé par un climat de type méditerranéen, étage bioclimatique humide et sub-humide. 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, cela est due aux perturbations climatiques qu'a connues la région.

III.2.4.Hydrologie et hydrogéologie

La région d'étude présente un réseau hydrographique important constitué par des oueds, des eaux souterraines et superficielles.

Le bassin de la Soummam comprend vers l'Ouest, l'oued Sahel et ses affluents, et vers l'Est l'oued Bou Sellam. Ces deux cours d'eau se rejoignent près d'Akbou pour former l'Oued Soummam qui coule en direction du Nord – Est vers la mer. La vallée de la Soummam dispose de richesses naturelles considérables.

Faisant partie d'une région assez arrosée, la wilaya de Bejaia est traversée par plusieurs oueds; dont le plus important est l'oued Soummam, les principaux affluents traversant le tronçon sont **en rive gauche** Oued Illoula, Oued Tifrit, Ighzer Tisyar, Ighzer Amokrane.

III.2.5. 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).

III.3. Etude biologique

De point de vue, biologique une liste exhaustive des espèces végétales et animales peuplant cette région sera dressée à partir des inventaires existants. L'inventaire des espèces faunistiques remarquables et les associations végétales de la région permettront de mettre en évidence l'intérêt écologique qu'elles représentent et traduiront ainsi la sensibilité marquée de ces sites.

III.3.1. Végétation :

A partir des travaux préliminaires sur le terrain, l'analyse de la photographie aérienne et l'information existante sur la page web de la Direction Générale de Forêts (DGF) ainsi que des plusieurs publications, on a russis a déduire que la zone d'étude est située dans un territoire avec des surfaces forestières et de caractère principalement agricole, il s'agit d'une zone de grande pression agricole et d'élevage. Les zones boisées sont rares et se trouvent uniquement dans les versants non cultivés des zones montagneuses.

La superficie forestière à la wilaya de Bejaia, est évaluée à 122.500 Ha, ce qui représente 38 % de la superficie totale de la wilaya, dont 58.700 Ha de forêts et 63.800 Ha de maquis. Les essences forestières dominantes sont le chêne liège, chêne zen, chêne Afarès et le pin d'Alep. On distingue assez bien des zones de cultures fruitières, céréalières et fourragères. La répartition de la végétation varie d'un endroit à un autre, elle est dense et variée et forme de vastes forêts de chêne vert, de chênes liège et de pin d'Alep sur les massifs de l'Akfadou, de Chellata, de Timezrit et des Babors.

III.3.2. 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. En général, les principales espèces faunistiques présentes dans la région sont : les mammifères: Singe magot, Renard roux, Porc épic , Hyène rayée ; les rapaces diurnes et nocturnes: vautour fauve , vautour percnoptère , aigle de Bonelli , Hibou grand duc , Chouette effraie , etc. De plus, les espèces communes: Lapin, Lièvre, Sanglier, Cigogne blanche, etc.

III.4. Description du milieu humain

III.4.1. Dynamique Démographique

La zone d'influence du projet connaît en matière d'habitat, une forte concentration de la population au niveau des agglomérations principales, ce qui explique le phénomène de l'exode rural de la population, dû au manque d'emploi et aux conditions difficiles de vie au niveau des zones rural. En dehors de la partie côtière, notre zone d'étude, qui regroupe les

communes de Bejaia, est connue pour être une zone montagneuse avec un relief accidenté. Plus on s'éloigne de la côte et de la vallée de la Soummam plus le nombre enregistré d'habitants diminue. Les communes les plus peuplées comptent entre 20.000 et 170.000 habitants, comme est le cas du chef lieu de wilaya de Bejaïa ainsi que (Akbou et Tazmalt).

La carte illustrant la répartition de la population :

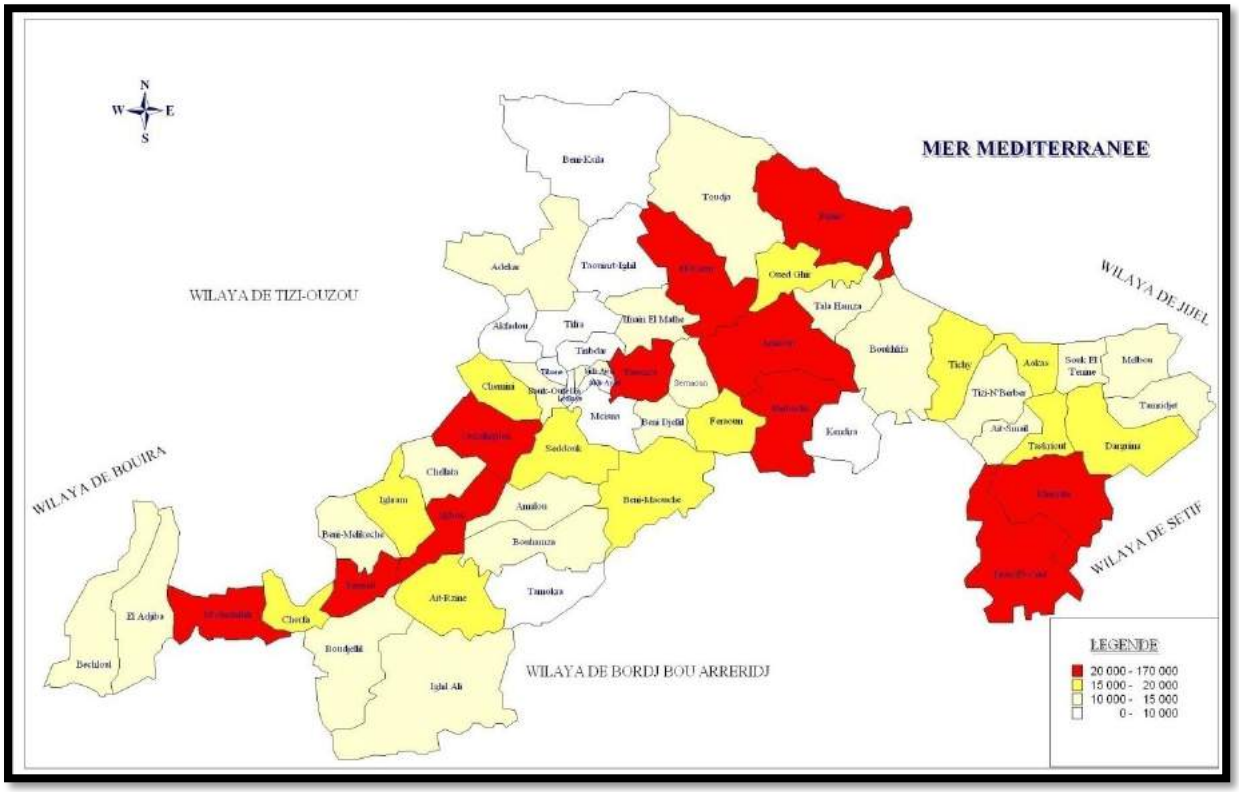


Figure XIII.1.La répartition de la population sur la ville de Bejaia.

III.4.2. Activités économiques

a. Le secteur de l'agriculture

La wilaya de Bejaia dispose d'une S.A.U (Surface agricole utile) évaluée à 130.306 Ha, dont 6.600 Ha irriguée soit 5.07 % de la surface totale.

A partir de Tazmalt jusqu'à Bejaia en passant par Akbou, Ighzer Amokrane, Sidi Aïch, El Kseur, Amizour, cette zone renferme des terres agricoles. Ces terres présentent une très bonne rentabilité, du fait du recours à l'irrigation. La vallée de la Soummam est caractérisée par l'implantation des exploitations privées le long des deux rives de l'oued Soummam. Dans les localités de Akbou, R'mila et au niveau de la zone située à l'entrée d'El Kseur vers Oued Ghir, on note la présence d'exploitations agricoles issues de la révolution agraire. Quant à la production, les terres de la vallée de la Soummam sont connues pour leur variété en céréales, maraîchage, fourrages, arboriculture en l'occurrence l'olivier, légumes secs et vignes.

b. Le secteur industriel

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 évalué à 15,92 Ha.

c. Le secteur du 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.

Le nombre de marchés hebdomadaires est de trente deux (32) dont dix huit (18) dans les communes de Bejaia. Deux communes (Bejaia et Akbou) abritent deux marchés de gros de fruits et légumes

III.4.3. Infrastructures de base

Les équipements sociaux sont concentrés autour de l'unique grande agglomération qui est la ville de Bejaia. Il y a ici aussi, comme dans les autres régions rurales d'Algérie, un sous équipement social voir l'adduction d'eau potable, l'électrification.

a. Les infrastructures ferroviaires

La ligne ferroviaire qui relie, actuellement, la ville de Bejaia à Beni Mansour etendue sur88km.

b. Les infrastructures routières

Le réseau routier de la zone d'influence du projet est assez important. Formé de routes nationales et chemins de wilaya, il est représenté par huit principales routes nationales qui desservent les grandes agglomérations de la wilaya de Bejaia en assurant au même temps un lien important avec les wilayas limitrophes. Il s'agit des routes nationales n° 26, n° 12, n° 09, n° 43, n° 24, n° 75, n° 74 et n° 15.

IV. Analyse d'impacte

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.

IV.1. Milieu Physique

IV.1.1. 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. Cela provoquera forcément une augmentation des risques d'instabilité de versants ainsi qu'un changement dans la géomorphologie locale c'est la création d'emprunts et de décharges qui impliquera de plus grandes variations géomorphologiques.

IV.1.2. Climatologie

Le climat est un facteur limitant dans une région donné, dans ce projet il sera pris en considération les précipitations sous leurs deux formes, les pluies régulières et les pluies exceptionnelles. Les orages pouvant être à l'origine de crues ou d'inondation, surtout en zone de plaine. Les pluies diluviennes peuvent déclencher, dans les zones marneuses en pente, des instabilités en particulier lors de la phase de l'exécution des travaux.

IV.1.3. 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 compte tenu que l'intervention se déroule dans la vallée de l'oued Soummam, cataloguée comme une zone humide importante au plan international.

Il pourrait y avoir une Interruption ou déviation dans le réseau de drainage. Les lignes de drainage secondaires, notamment les petits ruisseaux et flots des versants, peuvent être interceptées par la plate-forme et les talus de la voie ou par des déversements de matériaux et terres. Cependant, il ne s'agit pas d'un impact très significatif vu que les travaux considèrent comme une partie intégrante du projet, c'est-à-dire comme propre à leur conception, la construction d'éléments de drainage transversal et longitudinal. Les viaducs et ponts prévus assurent aussi largement la continuité des débits d'eau.

Aussi il y a la pollution des eaux superficielles en raison du déversement de substances. Les principales causes de pollution possible des eaux superficielles sont les déversements pendant les travaux, suite à d'éventuels accidents et/ou à une mauvaise gestion environnementale des travaux et des installations auxiliaires. De même, pendant l'exploitation de la ligne, des accidents ferroviaires peuvent survenir, fait assez improbable et qui arrive en de très rares occasions. Il convient de citer la probabilité d'entraînements de terres vers les cours d'eau dans les zones de travaux les plus proches. Les défrichements, remblayages, aplanissements et autres terrassements (fondations, chemins d'accès, etc.) laissent les superficies à nu (sans végétation), lesquelles peuvent être exposées à des ruissellements qui charrieront des terres jusqu'aux eaux fluviales, et provoqueront une pollution par turbidité.

IV.2. Milieu Biologique

IV.2.1. 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. La perturbation produite indirectement par la présence du personnel d'ouvrage et des machines (piétinement, élagage pour feux, etc.) se joint à cette destruction directe, quoique avec une moindre incidence. Un autre impact qui peut se produire sur la construction, est celui que d'éventuels incendies accidentels peuvent déclencher, suite à la réalisation de certains travaux des opérateurs (soudures), sans compter l'allumage de feux de chauffage, mégots, verres, soudures, etc.

IV.2.2. 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 : altération et occupation de biotopes, effet barrière, animaux renversés et contraints de s'enfuir. L'altération causée par la destruction de biotopes dans la zone directement transformée par les travaux et leur altération dans la zone de servitude entraînera le déplacement des vertébrés, à la recherche de niches écologiques équivalentes, vers des biotopes similaires situés dans l'environnement La destruction survenue au cours des travaux est partiellement récupérable dans les zones affectées. Cet effet, l'occupation de biotopes, se produit également lors de la phase d'exploitation et de manière irréversible. Aussi, la plate-forme de la voie occupera-t-elle les habitats actuels de la faune, même si les populations animales auront tendance à s'approprier de nouveaux espaces avec des conditions similaires. L'Altération de la perméabilité autrement appelée effet barrière, c'est une répercussion négative, qui renvoie à l'interception des mouvements de la faune ou effet barrière, est due spécialement aux talus et aux fermetures. De plus, il existe un autre impact sur la faune à considérer : les gênes pour les individus et les populations de faune qui découlent de la circulation de véhicules causant des bruits, de la pollution, etc.

IV.3. Altérations causées par le bruit et les 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. Quant à la phase d'exploitation, on considère que la mise en service de la voie ne sous-tendra pas de modifications significatives de la situation pré-opérationnelle, vu que l'intervention consiste dans l'amélioration d'un chemin de fer existant, et n'entraînera pas une augmentation significative du nombre de circulations. C'est pourquoi l'on ne prévoit pas d'augmentation des niveaux de nuisance sonore.

IV.4. Altération paysagère des éléments du projet

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 nous l'avons indiqué précédemment, 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. Pendant la phase de construction des travaux, des modifications peuvent survenir dans le paysage en raison de la construction de talus, le débroussaillage préalable de la végétation, bien que ces modifications ne soient pas importantes vu les dimensions réduites des travaux.

IV.5. Milieu humain

1. Démographie

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. Les travaux représenteront un obstacle à la circulation sur certains tronçons de routes ou zones ponctuelles, et pourront réclamer la déviation de la circulation de transit, quoique seulement à certains moments et selon les besoins des travaux. 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, émissions, présence d'ouvriers, mouvements de machines, occupation temporaire d'espaces, etc.

Autre impact négatif du projet sur la population en phase de travaux porte sur l'expropriation des biens (bâtis, équipements et terrains agricoles) a cause de l'intersection de la ligne avec des propriétés.



Figure XIII.2.L'intersection de la ligne avec des propriétés.

2. **Activité économique**

En règle générale et concernant le rapport de l'infrastructure avec l'emploi, pendant la construction de la nouvelle voie, des emplois seront créés dans le secteur de la construction tandis que d'autres secteurs se verront aussi favorisés suite à l'effet multiplicateur du secteur de la construction dans l'économie de la zone, à l'image des services, pièces de rechange des machines, fourniture de matériaux, sous-traitance de la branche, commerce, etc. Une fois construite, il est improbable que l'infrastructure ait des effets nuisibles sur l'emploi dans ces secteurs.

3. **Système territorial**

Enfin, il convient de mentionner l'altération des services et des installations à usage public. Il existera ainsi une altération certaine de différents types de services : canaux, tuyauterie, tuyauteries d'eau, câblages électriques, lignes téléphoniques, etc., récupérable avec la remise en place de ceux-ci, une intervention qui sera menée comme une partie intégrante du projet.

IV.6. Les réseaux divers

Les conduites de gaz doivent être protégées au moment des travaux pour éviter toute éventuelle perturbation de tout le réseau existant ou projeté. Il à signaler l'existence de deux croisements des gazoducs avec la nouvelle voie.



Figure XIII.3.L'intersection de la ligne avec des conduites de gaz.

La coupure des routes nationales et des pistes lors des travaux causera le changement des habitudes des usagers. De cette façon des rétablissements routiers ont été projetés à fin de donner une perméabilité transversale au tracé du chemin de fer.

IV.7. Impactes 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 notre projet, 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. il tendra aussi à 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.
- Après la mise en fonctionnement de la voie, les principales répercussions sur le système social seront celles qui découleront de l'amélioration du système de communications, laquelle sous-tendra une amélioration nette et positive de l'infrastructure.

V. MESURES TECHNIQUES D'INTÉGRATION ENVIRONNEMENTALE

Aux impacts identifiées par rapport aux contraintes environnementales et sociales ainsi que la conception du projet et des ouvrages y afférents, les mesures techniques et préventives visent à réduire les différentes formes de pollution engendrés 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.

V.1. JALONNEMENT (DÉLIMITATION 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.

V.2. LUTTE CONTRE L'ÉROSION

L'observation des emprises de la voie, l'état de détérioration des drains par endroits tout au long de la voie, appellent à une prise en charge pour atténuer l'effet de l'hydromorphie des sols et évacuer l'excès des eaux de ruissellement et réduire leur stagnation.

V.3. PLAN DE ROUTES, DE CHEMINS ET DE PISTES DU CHANTIER

Il s'agit de définir un plan de circulation lié à la phase chantier. Ce dernier doit comprendre toutes les déviations engendrées par les travaux du contournement.

V.4. PROTCTION DES ZONES DE DÉPOT 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.

V.5. MESURES PRÉCONISÉES POUR LA PROTECTION DE LA FAUNE

Des passages pour la faune, en particulier, les mammifères, doivent être préconisés et localisées, 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.

V.6. 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. 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.

V.7. VÉGÉTALISATION

La majorité des tâches de végétalisation doivent être réalisée en fin de chantier de terrassement et d'assainissement en ce qui concerne la ligne ferroviaire et la fermeture les carrières, les bancs d'emprunt et aires de dépôt des remblais. Toutes les précautions seront prises pour ne pas dégrader les ouvrages exécutés. Il y aura lieu de prévoir: les platelages, géotextiles, la vérification de surcharges ou de roulements sur ouvrages enfouis, etc.

Pour assurer la pérennité de la végétalisation, la terre végétale doit permettre un développement normal des végétaux et du gazon (teneur satisfaisante en éléments nutritifs assimilables, et absence de contamination).

V.8. RECONSTRUCTION D'HABITATION

Des constructions de toutes sortes identifiées lors de l'inventaire de terrain sont susceptibles d'être affectées par la construction de la modernisation de la voie ferrée. Elles comprennent aussi bien des habitations que divers bâtiments agricoles.

VI. MESURES D'INSERTION ET D'ATTÉNUATION PROPOSÉES:

VI.1. Milieu Physique

- Limiter les interventions sur les sols sensibles à l'érosion, fragiles, en pente ou peu portants.
- Favoriser la reprise végétale avec des espèces couramment rencontrées dans la zone.
- 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.
- 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.
- Utiliser des matériaux propres et exempts de particules fines pour la construction des batardeaux et des chemins d'accès.

VI.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.
- 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.

VI.3. Milieu Humain

- 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.
- Limiter la circulation des véhicules aux chemins d'accès et/ou aux aires désignées aux travaux
- Utiliser une signalisation adéquate, s'assurer d'une vitesse maximale appropriée pour la circulation de la machinerie et des véhicules lourds;

- Prévenir et informer les propriétaires dont le terrain va être modifié lors des travaux et 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.

VI.4. Milieu sonore

L'énumération des diverses mesures d'atténuation prévisible est faite par zone. Il est à noter que ces mesures seront précisées au fur et à mesure de l'avancement de la préparation des plans en phase d'Avant Projet Détaillé, où la connaissance des rapprochements par rapport aux résidences.

Réaliser les travaux en dehors de la période nocturne pour limiter la perturbation des résidants avoisinants les aires de travaux.

Dans des phases postérieures, une étude acoustique sera réalisée afin de déterminer les besoins d'écran acoustique.

VI.5. Milieu visuel

- Utiliser des techniques de stabilisation végétale compatible avec les empierrements protégeant les approches des ponts.
- 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.
- 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.
- Recouvrir les perrés avec des matériaux meubles et de la terre végétale jusqu'à la ligne naturelle des hautes eaux, ensemencer les talus à l'aide d'un mélange recommandé pour la stabilisation des rives et plantes.

VII. CONCLUSION

L'étude d'impact sur l'environnement décrit le contexte d'insertion, la justification du projet et présente une description des différentes composantes du milieu récepteur. Après présentation du projet et l'analyse des impacts environnementaux engendrés suite à sa réalisation, des mesures d'atténuation seront proposés. Elles visent à favoriser l'intégration de l'infrastructure projetée afin de minimiser les répercussions environnementales sur les milieux naturel et humain.

CHAPITRE XIV

Devis Estimatif

CHAPITRE XIV: Devis Estimatif.

Tab.XIV.1.le devis estimatif du projet

N°DES PRIX	DESIGNATIONS	UNITE	PRIX UNITAIRE	QUANTITÉ	MONTANT
1 - INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1-1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	244,543,997.57	1.00	244,543,997.57
1-2	Repli du matériel et des installations du chantier.	F	25,008,497.85	1.00	25,008,497.85
1-3	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier.	F	30,000,000.00	1.00	30,000,000.00
1-4	Encadrement de chantier	F	60,363,956.24	1.00	60,363,956.24
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					**359,916,451.66**
2 - ETUDES D'EXECUTION					
2-1	Études d'exécution des terrassements généraux	F	117,997,426.82	1.00	117,997,426.82
2-2	Études d'assainissement	F	6,443,928.00	1.00	6,443,928.00
2-3	Études d'exécution des Bâtiments voyageurs et aménagement extérieur	F	12,857,791.68	1.00	12,857,791.68
TOTAL ETUDES D'EXECTION					**137,299,146.50**
3 - TERRASSEMENT GENEREAUX					
3-1	Décapage de terre végétale	M3	455.95	123903.945	56,494,003.72
3-2	Déblais mise en remblai	M3	469.13	384,809.86	180,525,849.62
3-3	Déblais mise en dépôt	M3	486.18	711,790.59	346,058,349.05
3-4	Préparation des surfaces d'assise des remblais	M2	294.00	33451.45	9,834,726.30
3-5	Mise en remblai des matériaux issus des déblais	M3	309.19	384,809.86	118,979,360.61
3-6	Couche de forme	M3	778.32	122930.57	95,679,321.24
3-7	Sous ballast	M3	3,341.80	56945.6535	190,300,984.87
TOTAL TERRASSEMENT GENEREAUX					**997,872,595.41**
4 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					
3-1	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1500mm	ML	156,800.00	480.00	75,264,000.00
3-2	Fossé de plateforme en béton armé	ML	11,400.00	2,100.00	23,940,000.00
3-3	Fossé de crête en béton armé	ML	11,400.00	2,100.00	23,940,000.00
3-4	Dalot en béton armé type1; coupe transversale 2.00 X 2,00 m	M3	147,000.00	60.00	8,820,000.00
3-5	Dalot en béton armé type2; coupe transversale 4 X 2 m	M3	50,000.00	120.00	6,000,000.00
3-6	Dalots restants	M3	7,000.00	385.73	2,700,075.00
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					**140,664,075.00**
5 - TRAVAUX DE VOIE					
5-1	fourniture et pose de ballast sur épaisseur de 0.30 m	M3	42,481.00	61123.64	2,596,593,350.84
5-2	Fourniture des traverses bi-bloc type B440	U	20,000.00	53,019.00	1,060,380,000.00
5-3	Fourniture des rails UIC 54	ML	6,500.00	63,622.00	413,543,000.00
5-4	Fourniture des attachés pour rails UIC	U	523.80	106,038.00	55,542,704.40
5-5	Pose de la voie	ML	5,626.00	15,000.00	84,390,000.00
5-6	Fourniture d'un branchement simple UIC 54-500-1:12	U	15,899,976.16	12.00	190,799,713.92
5-7	Pose d'un appareil de voie simple UIC 54-500 1:12	U	620,000.00	12.00	7,440,000.00
5-8	fourniture et Pose d'un appareil de voie simple UIC 54-300 1:9	U	10,800,000.00	2.00	18,000.00

5-9	Fourniture et pose d'un branchement simple UIC 54-190-1 :7	U	9600000	2	19,200,000.00
5-10	Traverses de Garage Franc	U	40,891.56	8.00	327,132.48
5-11	Heurtoir	U	936,686.56	2.00	1,873,373.12
TOTAL TRAVAUX DE VOIE					**4,430,107,274.76**
6 - BATIMENTS GARES ET HALTE AMENAGEMENT EXTERIEUR					
6-1	Réalisation du bâtiment Voyageurs	M2	80,000.00	1,188.88	95,110,400.00
6-2	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur	M2	40,000.00	5,366.76	214,670,400.00
6-3	Quais	M2	7,500.00	13,500.00	101,250,000.00
TOTAL BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR					**411,030,800.00**
7- OUVRAGE D'ART					
7-1	VIADUCS	M2	9,656.00	15,957.30	154,083,688.80
7-2	PASSAGE SUPERIEUR	M2	871.20	64.00	55,756.80
7-3	PASSAGE INFERIEUR	M2	544.50	335.40	182,625.30
	TOTAL OUVRAGE D'ART				**154,322,070.90**
8- SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION					
8-1	Electrification 25 kV/50 Hz	Km	46,866,424.00	15.00	702,996,360.00
8-2	Signalisation				5,345,544.00
TOTAL SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION					**708,341,904.00**

RECAPITULATION					**MONTANT**
1-	**INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER**				**359,916,451.66**
2-	**ETUDES D'EXECUTION**				**137,299,146.50**
3-	**TERRASSEMENT GENEREAUX**				**997,872,595.41**
4-	**DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT**				**140,664,075.00**
5-	**TRAVAUX DE VOIE**				**4,430,107,274.76**
6-	**BATIMENTS GARES ET HALTE AMENAGEMENT EXTERIEUR**				**411,030,800.00**
7-	**OUVRAGE D'ART**				**154,322,070.90**
8-	**SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION**				**708,341,904.00**
TOTAL GENERAL (DA) HT					**7,339,554,318.23**

Le cout total hors taxes de projet est de :

Sept milliards trois cent trente-neuf millions cinq cent cinquante-quatre mille trois cent dix-huit virgule vingt-trois Dinar Algérien.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Ce projet nous a donné l'opportunité de cerner tous les problèmes théoriques qui peuvent se présenter dans un projet ferroviaire, de profiter de l'expérience des ingénieurs et des spécialistes expérimentés du domaine d'une part et d'apprendre à suivre une méthodologie rationnelle pour réaliser un projet dans le secteur des travaux publics d'autre part. Il a été une grande opportunité pour nous afin de mettre en application des connaissances acquises durant tout notre cursus pour résoudre des problèmes concrets.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maitriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : CIVIL 3D, AUTOCAD, GLOBAL MAPPER, GOOGLE EARTH et SLIDE.

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.

Dans ce mémoire, tous les paramètres nécessaires pour la rectification adoptés pour le tracé en plan et en long sont justifiés comme, ainsi que la définition des gares, des rétablissements routiers, des mouvements de terre, la clôture, et les phasages de travaux de la ligne. Le tracé a été développé à partir des données topographiques et des visites faites sur le site, sans oublier que la ligne actuelle doit être en service pendant les travaux de construction.

Bibliographie :

- Georges Pilot. Comité génie civil et bâtiment. IESF. Paris. Janvier 2012.
- Rapport Le Chemin de Fer en Algérie : Pour une dynamique nouvelle Publication du Conseil National Economique et Social Mars 1998.
- Site officielle de la société national des transports ferroviaires https://www.sntf.dz/index.php/a-propos-de-la-sntf
- Actualité article journal Liberté.
- Article : Méthodologie de cartographie des zones potentiellement instables. Application a la zone de Bejaia, Algérie.- H.BENDADOUCHE Y.HAMADI Algérie Equipement n°53 Janvier2014.
- DOUBLE VERGENCE DES STRUCTURES DE LA MARGE ALGERIENNE DANS LA REGION DE BEJAIA- MEDAOURI Mourad , AIDI Chafik , BRACENE Rabah YELLES CHAOUCHE Abdelkrim , OUABADI Aziouz , DEVERCHERE Jacques.
- La voie ferrée géométrie et tracé général LITEP Ecole nationale polytechnique de Lausanne octobre2004
- Réalisation d'assises de voie ferrée en grave bitume : Retour d'expérience de chantiers LGV, Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité.
- Rôle de la couche intermédiaire dans le potentiel de la voie ferrée, Nicolas Calon.

- REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF : CHAPITRE 6.GEOMETRIE DE LA VOIE.

- Référentiel infrastructure SNCF conception du tracé de la voie courante 13-09-2006

- REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF : CHAPITRE 9. Constituants de la voie.

- REFERENTIEL TECHNIQUE : Chapitre 7.2.3 – Hydraulique drainage.

- ÉTUDE PORTANT SUR LA RÉHABILITATION ET LA MODERNISATION DES INSTALLATIONS FERROVIAIRES DE LA LIGNE BENI MANSOUR / BEJAIA AVANT PROJET DÉTAILLÉ MISSION C2 – TRACÉ.

- ÉTUDE PORTANT SUR LA RÉHABILITATION ET LA MODERNISATION DES INSTALLATIONS FERROVIAIRES DE LA LIGNE BENI MANSOUR / BEJAIA AVANT PROJET DÉTAILLÉ MISSION C3 – HYDROLOGIE ET DRAINAGE
.
- DEDOUBLEMENT DE LA VOIE ET RECTIFICATION DE TRACE POUR AUGMENTATION DE LA VITESSE A 160KM/H DE LA LIGNE BENI MANSOUR BEJAIA ÉTUDE D'EXECUTION Lot 02 Pk 20+000 au Pk 40+000 synthèse géotechnique : Étude Géologique et Géotechnique.

- ÉTUDE PORTANT SUR LA RÉHABILITATION ET LA MODERNISATION DES INSTALLATIONS FERROVIAIRES DE LA LIGNE BENI MANSOUR / BEJAIA AVANT PROJET DÉTAILLÉ MISSION C6 – SIGNALISATION ET TELECOMC6.1 SIGNALISATION.

- ÉTUDE PORTANT SUR LA RÉHABILITATION ET LA MODERNISATION DES INSTALLATIONS FERROVIAIRES DE LA LIGNE BENI MANSOUR / BEJAIA AVANT PROJET DÉTAILLÉ MISSION CIE – ENVIRONNEMENT.

ANNEXES

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client :ENSTP **Préparé par :**AHMANE et MEDOUNI
Logiciel civil 3d 2022 Date : 4/05/2022 3:30:34 AM

Axe en plan: axe final 2.1
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 15083.44

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	636166.2768	4032654.7118
DR1	ANG=71.1529 (g)	467.928			
			0467.93	636586.9819	4032859.5614
CLO2	A=384.383				
	R=985.000	150.000			
			0617.93	636720.1001	4032928.6119
ARC3	XC=636222.7696				
	YC=4033778.8398				
	R=985.000	129.945			
			0747.87	636827.6229	4033001.4226
CLO4	A=384.383				
	R=985.000	150.000			
			0897.87	636941.1559	4033099.3955
DR5	ANG=53.0594 (g)	123.005			
			1020.88	637032.2116	4033182.0948
CLO6	A=379.473				
	R=1200.000	120.000			
			1140.88	637122.3648	4033261.2731
ARC7	XC=637883.7468				
	YC=4032333.7508				
	R=1200.000	331.163			
			1472.04	637403.9128	4033433.6414
CLO8	A=379.473				
	R=1200.000	120.000			
			1592.04	637515.4275	4033477.9276
DR9	ANG=76.9947 (g)	500.621			
			2092.66	637983.7153	4033654.9231

CLO10	A=379.473				
	R=1200.000	120.000			
			2212.66	638095.2301	4033699.2093
ARC11	XC=637615.3961				
	YC=4034799.0999				
	R=1200.000	1023.785			
			3236.45	638759.5596	4034437.3130
CLO12	A=379.473				
	R=1200.000	120.000			
			3356.45	638791.9014	4034552.8587
DR13	ANG=16.3136 (g)	323.923			
			3680.37	638874.0025	4034866.2043
CLO14	A=373.497				
	R=1550.000	90.000			
			3770.37	638897.6543	4034953.0374
ARC15	XC=640385.0051				
	YC=4034516.8176				
	R=1550.000	331.339			
			4101.71	639024.0519	4035258.6440
CLO16	A=373.497				
	R=1550.000	90.000			
			4191.71	639068.6454	4035336.8158
DR17	ANG=33.6192 (g)	2721.809			
			6913.52	640440.1207	4037687.8365
CLO18	A=373.497				
	R=1550.000	90.000			
			7003.52	640486.2186	4037765.1306
ARC19	XC=641801.8286				
	YC=4036945.5756				
	R=1550.000	292.848			
			7296.37	640663.5553	4037997.6374
CLO20	A=373.497				
	R=1550.000	90.000			
			7386.37	640725.9082	4038062.5336
DR21	ANG=49.3438 (g)	968.111			
			8354.48	641403.3739	4038754.1111
CLO22	A=383.406				
	R=980.000	150.000			

			8504.48	641505.5472	4038863.8786
ARC23	XC=640755.0936				
	YC=4039494.1321				
	R=980.000	114.487			
			8618.96	641573.8955	4038955.6495
CLO24	A=383.406				
	R=980.000	150.000			
			8768.96	641649.7977	4039084.9830
DR25	ANG=32.1621 (g)	1612.600			
			10381.56	642430.2698	4040496.1318
CLO26	A=565.685				
	R=4000.000	80.000			
			10461.56	642469.2215	4040566.0082
ARC27	XC=645949.9953				
	YC=4038595.1674				
	R=4000.000	566.524			
			11028.09	642782.2748	4041037.6143
CLO28	A=565.685				
	R=4000.000	80.000			
			11108.09	642831.5448	4041100.6414
DR29	ANG=42.4519 (g)	268.643			
			11376.73	642997.7004	4041311.7366
CLO30	A=385.357				
	R=990.000	150.000			
			11526.73	643087.4470	4041431.8785
ARC31	XC=642265.4084				
	YC=4041983.5601				
	R=990.000	636.876			
			12163.61	643254.0569	4042035.2724
CLO32	A=385.357				
	R=990.000	150.000			
			12313.61	643238.6732	4042184.4430
DR33	ANG=391.8502 (g)	120.414			
			12434.02	643223.3004	4042303.8719
CLO34	A=379.473				
	R=1200.000	120.000			
			12554.02	643209.9675	4042423.1155
ARC35	XC=644406.3174				

	YC=4042516.6397				
	R=1200.000	1148.441			
			13702.46	643640.8516	4043440.7944
CLO36	A=379.473				
	R=1200.000	120.000			
			13822.46	643735.7563	4043514.2104
DR37	ANG=59.1447 (g)	1260.977			
			15083.44	644745.8586	4044269.0317

Listing de la géométrie de profil en long

Client :ENSTP **Préparé par :**AHMANE et MEDOUNI
Logiciel civil 3d 2022 Date : 5/04/2022 3:30:34 AM

Profil en long : LR 2.1 (PLATEFORME)
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 15083.44
LONGUEUR DE L'AXE : 15083.440m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	200.196
D1	PENTE= -0.45%	1753.567		
			1753.57	192.381
ARC1	S= 1851.67 Z=191.944			
	R= -21715.550	196.190		
			1949.76	190.621
D2	PENTE= -1.35%	2325.009		
			4274.77	159.251
ARC2	S= 4350.00 Z=158.236			
	R= -11153.794	150.476		
			4425.24	158.236
D3	PENTE= -0.00%	1249.755		
			5675.00	158.236
ARC3	S= 5750.00 Z=158.236			
	R= -12913.636	150.002		
			5825.00	159.107
D4	PENTE= 1.16%	916.853		
			6741.85	169.758
ARC4	S= 6798.49 Z=170.416			
	R= -7016.434	113.280		
			6855.13	170.159
D5	PENTE= -0.45%	635.333		
			7490.47	167.282
ARC5	S= 7545.23 Z=167.034			
	R= -24797.736	109.533		
			7600.00	166.544
D6	PENTE= -0.89%	526.044		

			8126.04	161.837
ARC6	S= 8197.61 Z=161.197			
	R= -20059.014	143.139		
			8269.18	161.067
D7	PENTE= -0.18%	605.817		
			8875.00	159.971
ARC7	S= 8950.00 Z=159.835			
	R= -33946.663	150.001		
			9025.00	159.368
D8	PENTE= -0.62%	562.962		
			9587.96	155.861
ARC8	S= 9637.37 Z=155.553			
	R= -15825.683	98.809		
			9686.77	155.554
D9	PENTE= 0.00%	564.520		
			10251.29	155.562
ARC9	S= 10298.23 Z=155.563			
	R= -12712.468	93.866		
			10345.16	155.217
D10	PENTE= -0.74%	834.744		
			11179.90	149.065
ARC10	S= 11250.00 Z=148.548			
	R= -37289.624	140.199		
			11320.10	148.295
D11	PENTE= -0.36%	2765.646		
			14085.75	138.312
ARC11	S= 14150.00 Z=138.080			
	R= -14433.437	128.507		
			14214.25	138.421
D12	PENTE= 0.53%	463.353		
			14677.61	140.874
ARC12	S= 14723.00 Z=141.114			
	R= -17150.688	90.792		
			14768.40	141.114
D13	PENTE= -0.00%	315.040		
			15083.44	141.114

Profil en long : FSR
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 15083.44
LONGUEUR DE L'AXE : 15083.440m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	200.884
D1	PENTE= -0.45%	1753.351		
			1753.35	193.075
ARC1	S= 1851.66 Z=192.637			
	R= -21715.278	196.617		
			1949.97	191.309
D2	PENTE= -1.35%	2324.941		
			4274.91	159.902
ARC2	S= 4350.00 Z=158.887			
	R= -11153.790	150.189		
			4425.10	158.884
D3	PENTE= -0.00%	1249.603		
			5674.70	158.831
ARC3	S= 5750.00 Z=158.828			
	R= -12913.640	150.593		
			5825.29	159.702
D4	PENTE= 1.16%	916.566		
			6741.86	170.353
ARC4	S= 6798.47 Z=171.010			
	R= -7016.430	113.224		
			6855.08	170.755
D5	PENTE= -0.45%	636.237		
			7491.32	167.880
ARC5	S= 7545.24 Z=167.636			
	R= -24797.740	107.842		
			7599.16	167.158
D6	PENTE= -0.89%	527.451		
			8126.61	162.481
ARC6	S= 8197.62 Z=161.852			
	R= -20059.010	142.023		
			8268.64	161.725
D7	PENTE= -0.18%	607.000		

			8875.64	160.640
ARC7	S= 8949.99 Z=160.507			
	R= -33946.660	148.705		
			9024.34	160.049
D8	PENTE= -0.62%	564.212		
			9588.56	156.569
ARC8	S= 9637.36 Z=156.268			
	R= -15825.680	97.601		
			9686.16	156.268
D9	PENTE= -0.00%	564.890		
			10251.05	156.268
ARC9	S= 10298.23 Z=156.268			
	R= -12712.470	94.358		
			10345.40	155.918
D10	PENTE= -0.74%	833.325		
			11178.73	149.732
ARC10	S= 11250.00 Z=149.203			
	R= -37289.620	142.542		
			11321.27	148.947
D11	PENTE= -0.36%	2764.219		
			14085.49	138.996
ARC11	S= 14150.00 Z=138.764			
	R= -14433.440	129.017		
			14214.51	139.108
D12	PENTE= 0.53%	462.723		
			14677.23	141.578
ARC12	S= 14723.01 Z=141.823			
	R= -17150.690	91.565		
			14768.80	141.823
D13	PENTE= 0.00%	314.641		
			15083.44	141.823

Profil en long : LR TERASSEMENT
Description :
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 15083.44
LONGUEUR DE L'AXE : 15083.440m

Elément	**Caractéristiques des éléments**	**Longueur**	**Abscisse**	**Z**

			0000.00	199.446
D1	PENTE= -0.45%	1753.820		
			1753.82	191.583
ARC1	S= 1851.66 Z=191.145			
	R= -21715.080	195.679		
			1949.50	189.824
D2	PENTE= -1.35%	2325.033		
			4274.53	158.446
ARC2	S= 4350.00 Z=157.428			
	R= -11153.373	150.941		
			4425.47	157.431
D3	PENTE= 0.00%	1249.771		
			5675.24	157.479
ARC3	S= 5750.00 Z=157.482			
	R= -12913.840	149.506		
			5824.75	158.351
D4	PENTE= 1.16%	917.096		
			6741.85	169.004
ARC4	S= 6798.49 Z=169.662			
	R= -7016.430	113.286		
			6855.13	169.406
D5	PENTE= -0.45%	635.430		
			7490.56	166.527
ARC5	S= 7545.26 Z=166.279			
	R= -24797.740	109.389		
			7599.95	165.790
D6	PENTE= -0.89%	526.125		
			8126.08	161.086
ARC6	S= 8197.60 Z=160.447			
	R= -20059.276	143.050		
			8269.13	160.317
D7	PENTE= -0.18%	605.938		
			8875.07	159.221
ARC7	S= 8950.00 Z=159.085			
	R= -33946.660	149.868		
			9024.93	158.618
D8	PENTE= -0.62%	563.031		
			9587.96	155.114

ARC8	S= 9637.36 Z=154.806			
	R= -15825.680	98.784		
			9686.75	154.807
D9	PENTE= 0.00%	564.464		
			10251.21	154.817
ARC9	S= 10298.23 Z=154.818			
	R= -12713.274	94.031		
			10345.24	154.471
D10	PENTE= -0.74%	834.557		
			11179.80	148.313
ARC10	S= 11250.00 Z=147.795			
	R= -37289.620	140.403		
			11320.20	147.541
D11	PENTE= -0.36%	2765.155		
			14085.36	137.549
ARC11	S= 14150.00 Z=137.315			
	R= -14433.440	129.285		
			14214.64	137.660
D12	PENTE= 0.53%	463.009		
			14677.65	140.135
ARC12	S= 14723.11 Z=140.377			
	R= -17150.690	90.921		
			14768.57	140.379
D13	PENTE= 0.00%	314.865		
			15083.44	140.393

ETUDE D'EXECUTION

LOGS DE SONDAGES

LTPEST
(D.R. Sétif)

RAPPORT DE FORAGE

Projet: **VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA**

Endroit: **BENI MANSOUR -BEJAIA-**

Sondage N°:105
X: 638012.737
Y:4033675.245
PK:22+100

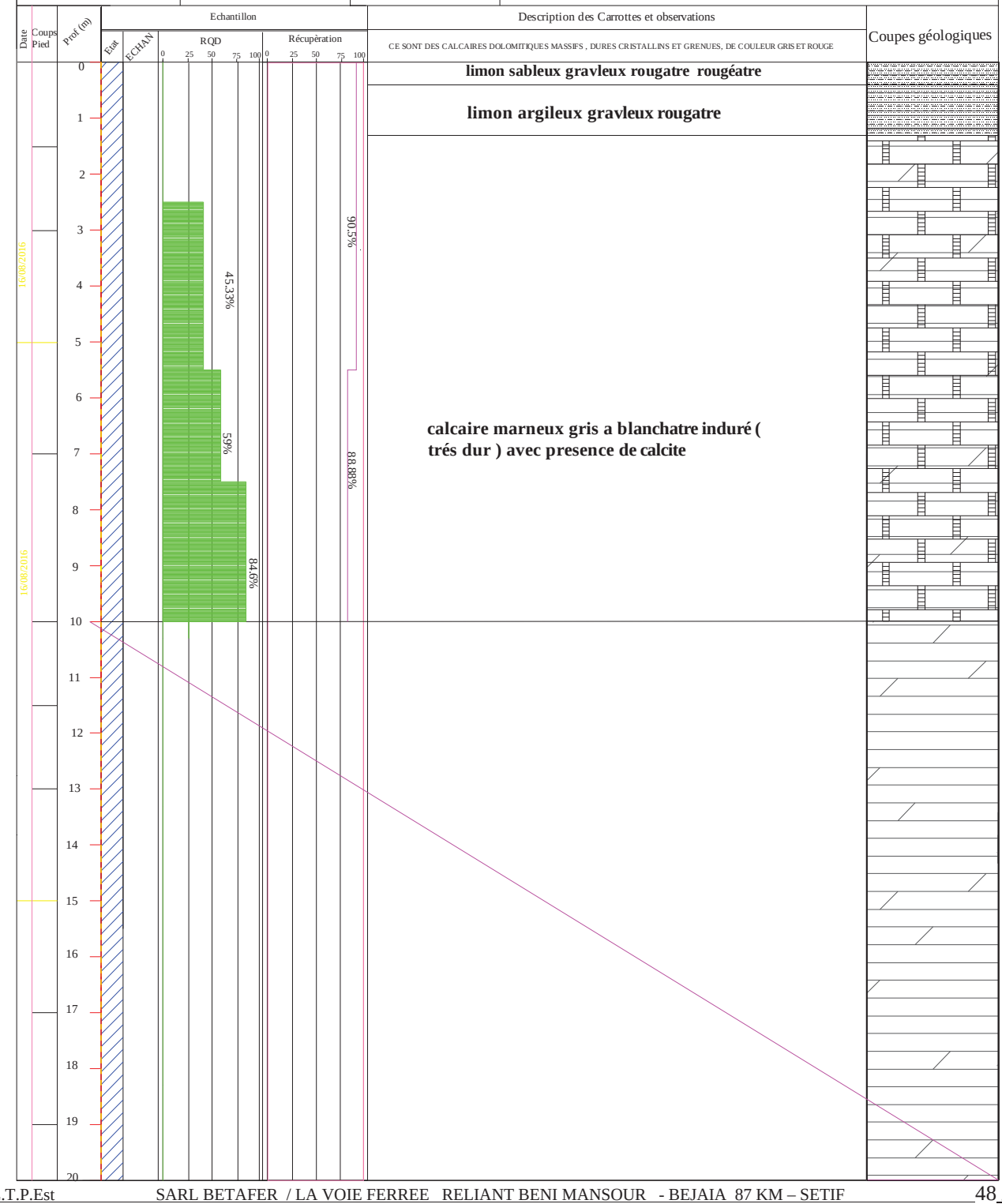
Date des travaux:
Début:
Fin:

Etats
- Remanié
- Intact
- Perdu
- CR

Type
- TM: Tube Plein 128
- T6 116: Carottier double
- COURONNE T6 116 PS

ECHANTILLONS PRELEVES

Calibre	Méthode	Profondeur	Date
116 mm	Rotation		
116 mm	Rotation		
116 mm	Rotation		
116 mm	Rotation		
116 mm	Rotation		





Les caisses de sondage n° 105

L.T.P.Est (L.T.P. Setif)

RAPPORT DE FORAGE

Projet : VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA

Endroit : BENI MANSOUR - BEJAIA

Sondage N°: 106
X: 639477.329
Y: 4036066.290
PK 25+000

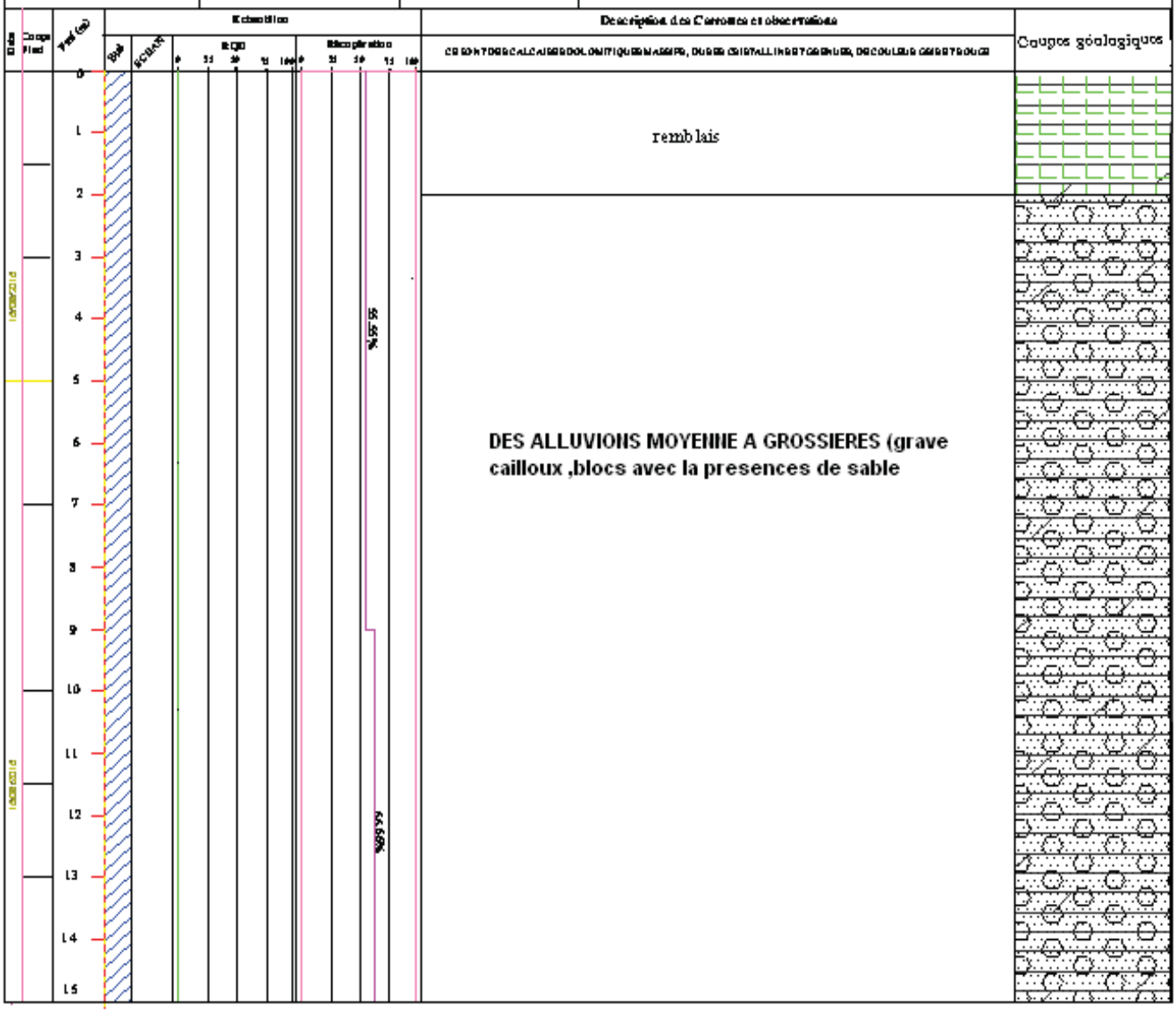
Date des travaux:
Début:
Fin:

Etats
- Remanié
- Intact
- Perdu
- C.R

Type
- Tbl: Tube Plein
- T6 116: Carottier double
- COURONNE T6 116 PS

ECHANTILLONS PRELEVES

Calibre	Méthode	Profondeur	Date
116 mm	Rotation		
116 mm	Rotation		
116 mm	Rotation		
116 mm	Rotation		
116 mm	Rotation		





Les caisses de carotte du sondage n° S106

PENETROMETRE DYNAMIQUE

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre LA VOIE FERREE BENI MANSOUR - BEJAIA

Chantier

Localisation BENI MANSOUR - BEJAIA

No du sondage / date DPSH 116

Coupe géologique

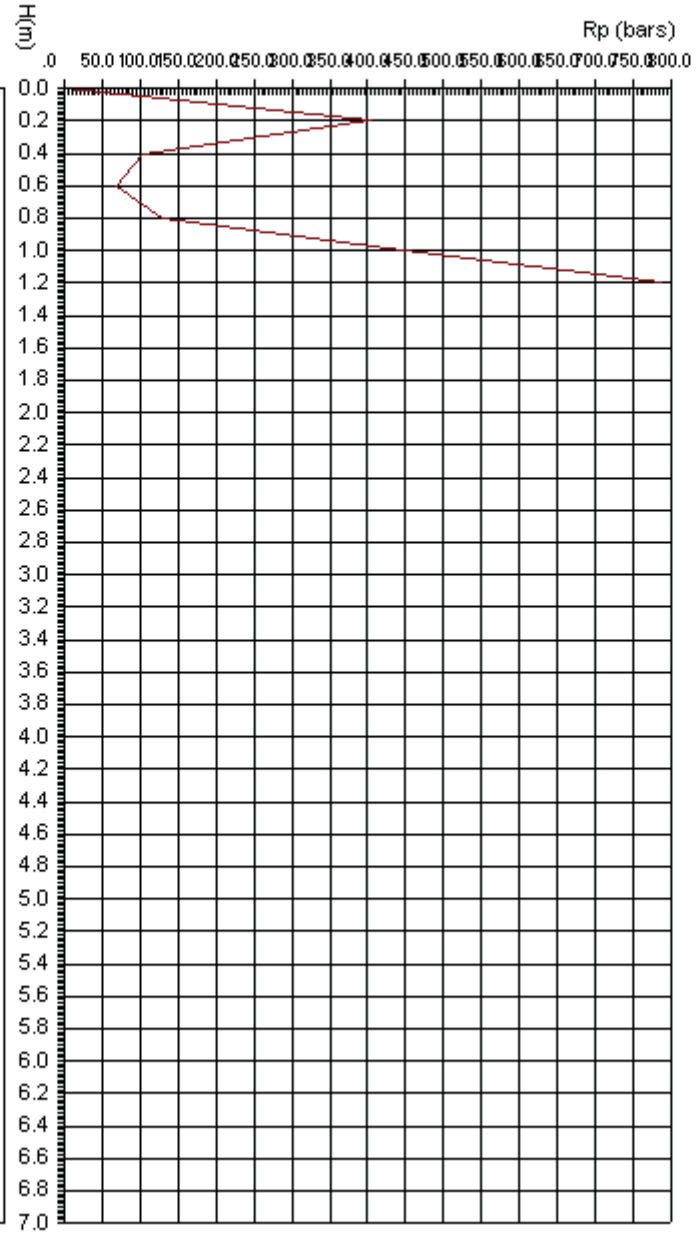


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	47.00	8.60	404.20
0.40	12.00	8.60	103.20
0.60	8.00	8.60	68.80
0.80	15.00	8.60	129.00
1.00	52.00	8.60	447.20
1.20	100.00	7.90	790.00

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre LA VOIE FERREE BENI MANSOUR - BEJAIA

Chantier

Localisation BENI MANSOUR - BEJAIA

No du sondage / date DPSH118

Coupe géologique

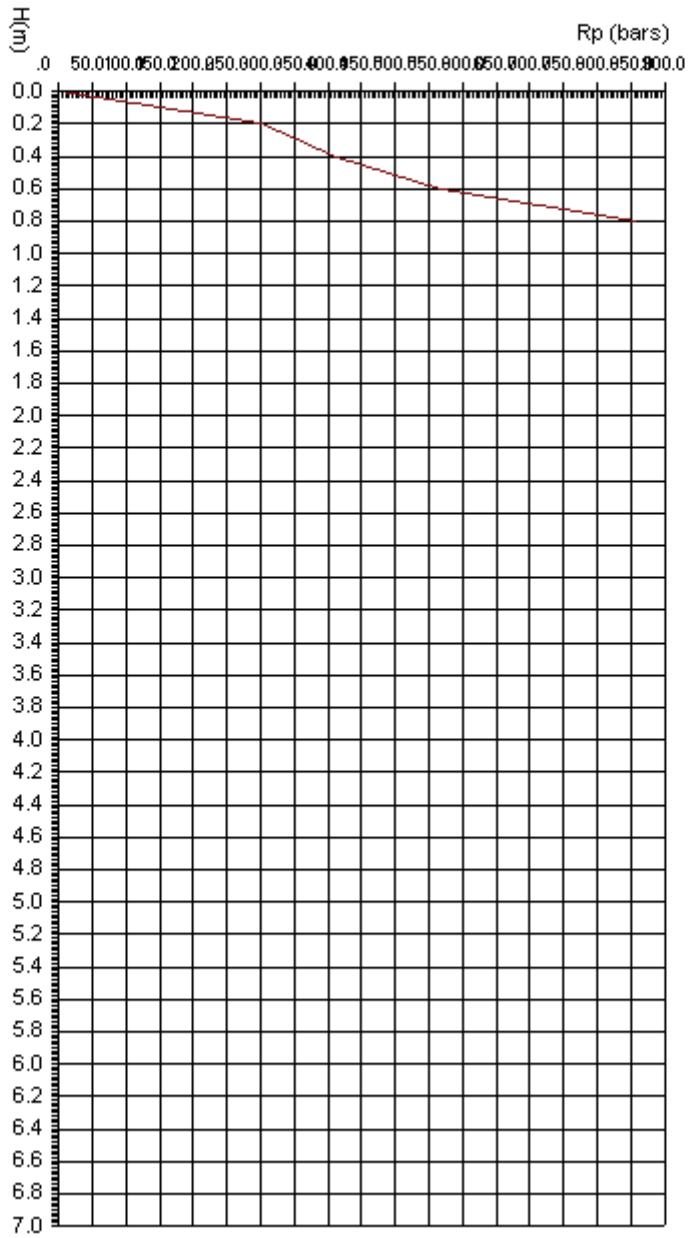


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	35.00	8.60	301.00
0.40	48.00	8.60	412.80
0.60	66.00	8.60	567.60
0.80	100.00	8.60	860.00

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre LA VOIE FERREE BENI MANSOUR - BEJAIA

Chantier

Localisation BENI MANSOUR - BEJAIA

No du sondage / date DPSH 119

Coupe géologique

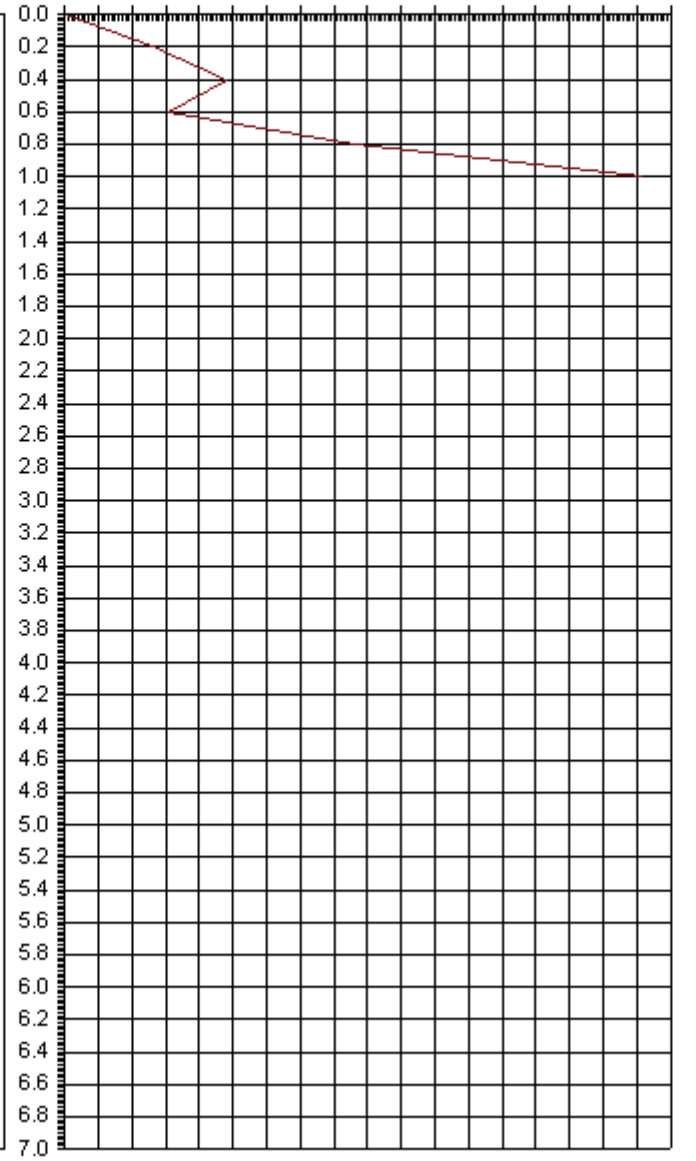


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	15.00	8.60	129.00
0.40	28.00	8.60	240.80
0.60	18.00	8.60	154.80
0.80	50.00	8.60	430.00
1.00	100.00	8.60	860.00

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre LA VOIE FERREE BENI MANSOUR - BEJAIA

Chantier

Localisation BENI MANSOUR - BEJAIA

No du sondage / date DPSH120

Coupe géologique

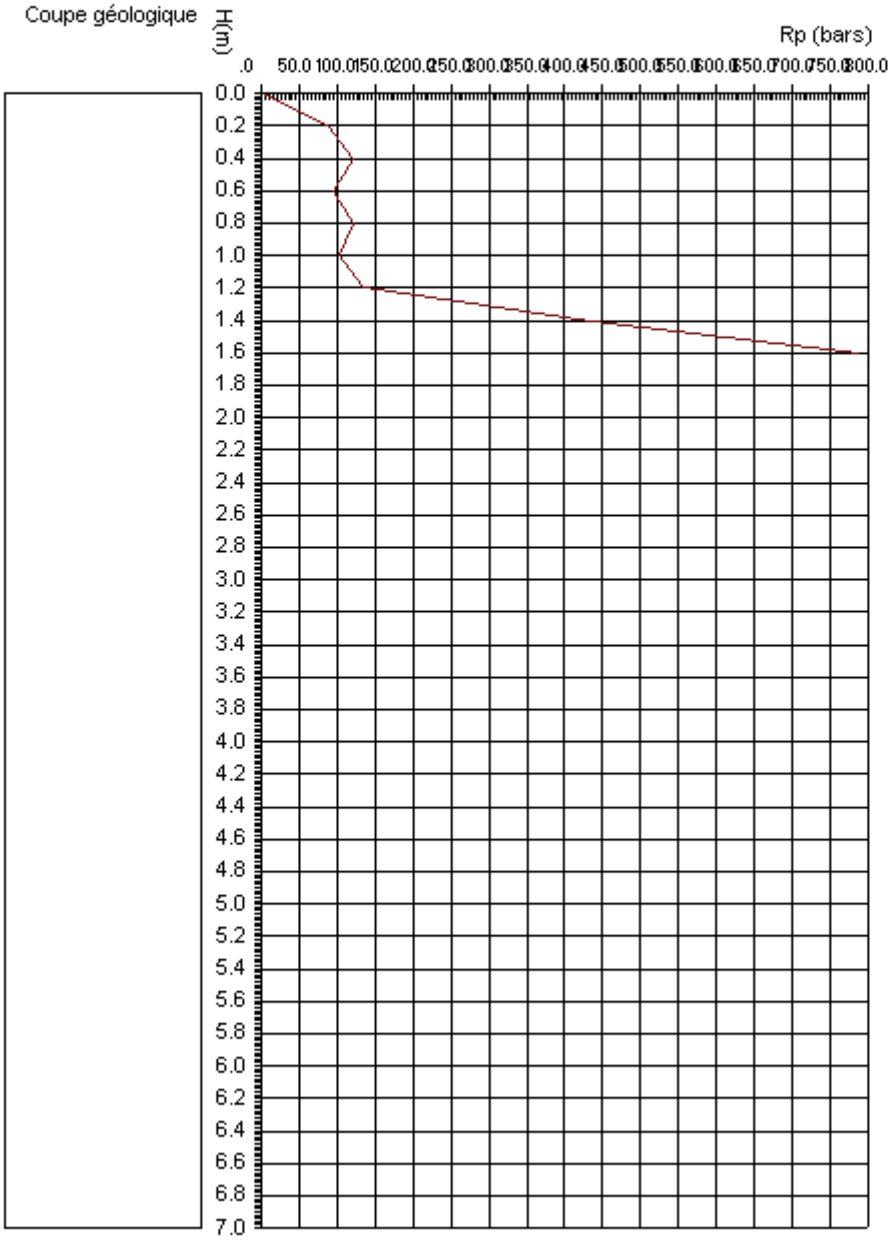


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	10.00	8.60	86.00
0.40	14.00	8.60	120.40
0.60	11.00	8.60	94.60
0.80	14.00	8.60	120.40
1.00	12.00	8.60	103.20
1.20	17.00	7.90	134.30
1.40	55.00	7.90	434.50
1.60	100.00	7.90	790.00

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

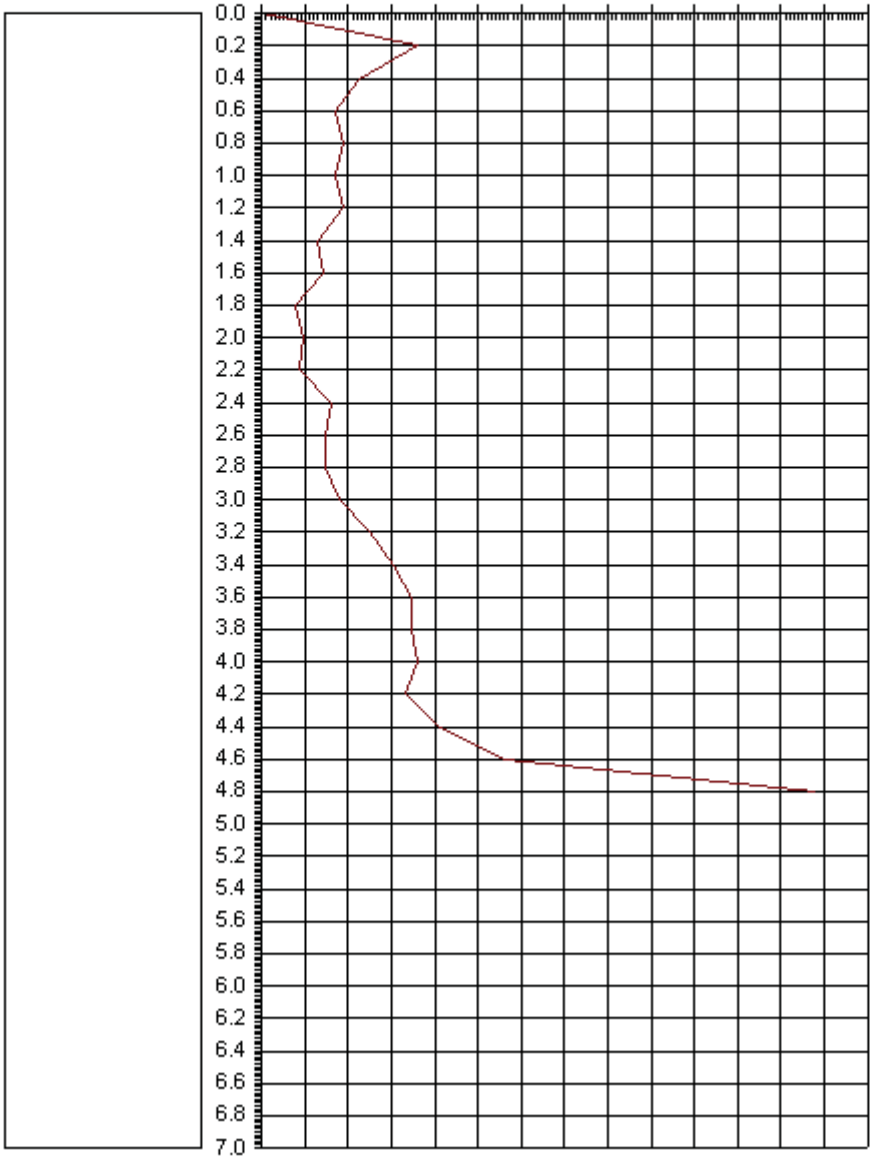
Titre LA VOIE FERREE BENI MANSOUR - BEJAIA

Chantier

Localisation BENI MANSOUR - BEJAIA

No du sondage / date DPSH 121

Coupe géologique



Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	21.00	8.60	180.60
0.40	13.00	8.60	111.80
0.60	10.00	8.60	86.00
0.80	11.00	8.60	94.60
1.00	10.00	8.60	86.00
1.20	12.00	7.90	94.80
1.40	8.00	7.90	63.20
1.60	9.00	7.90	71.10
1.80	5.00	7.90	39.50
2.00	6.00	7.90	47.40
2.20	6.00	7.40	44.40
2.40	11.00	7.40	81.40
2.60	10.00	7.40	74.00
2.80	10.00	7.40	74.00
3.00	12.00	7.40	88.80
3.20	18.00	6.90	124.20
3.40	22.00	6.90	151.80
3.60	25.00	6.90	172.50
3.80	25.00	6.90	172.50
4.00	26.00	6.90	179.40
4.20	26.00	6.40	166.40
4.40	32.00	6.40	204.80
4.60	44.00	6.40	281.60
4.80	100.00	6.40	640.00

PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD TYPE BORRO NFP 94-115

Titre LA VOIE FERREE BENI MANSOUR - BEJAIA

Chantier

Localisation BENI MANSOUR - BEJAIA

No du sondage / date DPSH122

Coupe géologique

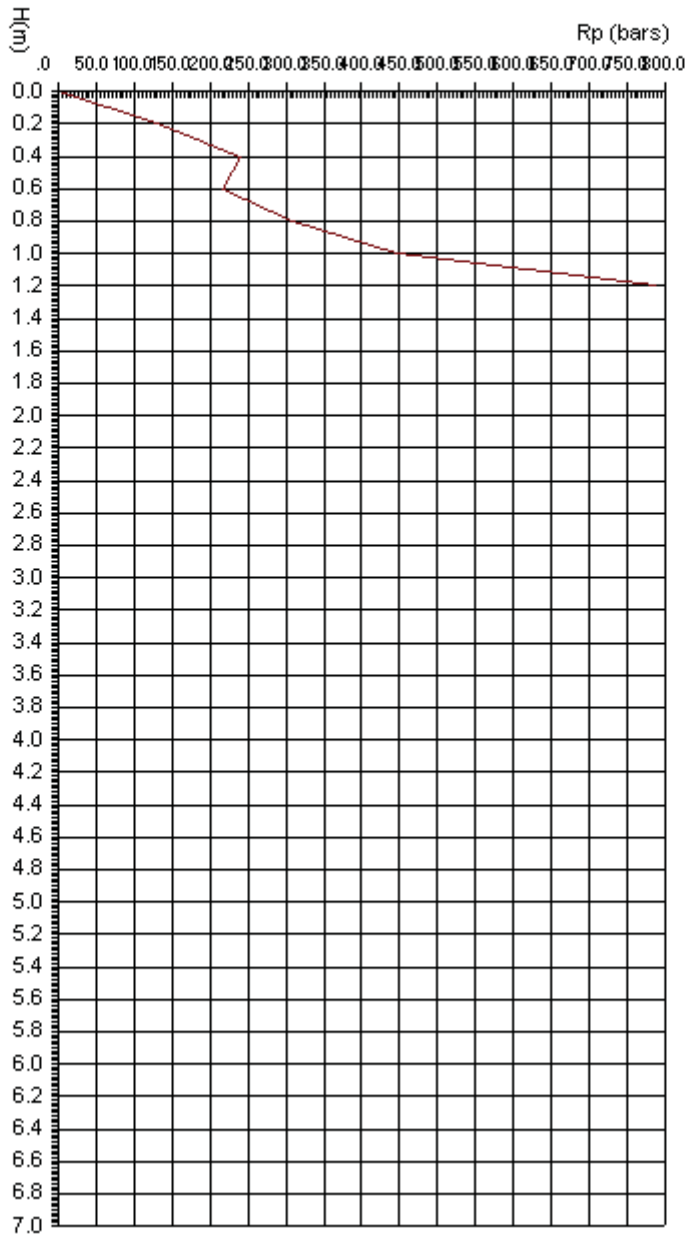


TABLEAU DE RESULTATS

H	Cps	K	Rp
0.20	15.00	8.60	129.00
0.40	28.00	8.60	240.80
0.60	25.00	8.60	215.00
0.80	36.00	8.60	309.60
1.00	52.00	8.60	447.20
1.20	100.00	7.90	790.00

Rp(min)= bars au delà de m d'ancrage

PUITS DE RECONNAISSANCE

L.T.P.Est	PROJECT	Étude de Execution des travaux de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia	**PUIT N° 116**
	COORDONNÉES	X = 636831.243 Y = 4033003.550	
CLIENT: ***SARL BETAFER***	LOCALISATION	LOT XXX - PK 20+725	

DONNÉES DE LE PUIT

Prof. (m)	STRATIGRAPHIE	COUPE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DU TERRAIN	Ep. (m)
0,00				
0,50	Q-5 SOLTANIEN : alluvion fluvio torentielle ,cone de dejection cailloutis ,sable, lim		*Remblais*	0 /
1,00				
1,50			*Alluvions grossieres*	2,3
2,00				
2,50				
3,00				
3,50				

ESSAIS DE LABORATOIRE

Échantillon n°	# 5 #2 #0,08	LL LP IP	VBS	γdmáx(kN/m³)/Wopt(%)	CBR 95 %	CLASSIFICATIONS AASTHO ASTM	CLASSIFICATIONS GTR (LCPC / SETRA)	CLASSIFICATIONS UIC 719R
P120- 1A échantillon prélevé	69% 55% 12%	31,14 4,88 6,26	0,66	21,61 8,8%				

PHOTOS





OBSERVATIONS :

Nom du Géologue: Khaouni Lyes

Date de la realisation de puit: 25/07/2016

L.T.P.Est	**PROJECT**	*Étude de Execution des travaux de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia*	**PUIT N° 117**
	COORDONNÉES	X = 638260.407 Y = 4033784.120	
CLIENT:	**LOCALISATION**	**LOT XXX** - PK 22+375	

DONNÉES DE LE PUIT

Prof. (m)	STRATIGRAPHIE	COUPE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DU TERRAIN	Ep. (m)
0,00			*Terre vegetale*	
0,50	Q-5 SOLTANIEN : alluvion fluvio torentielle ,cone de dejection cailloutis ,sable, lim		*Argile limoneuse rougeatres graveleuse avec presence de blocs*	
1,00				
1,50				
2,00				
2,50				
3,00				
3,50				

ESSAIS DE LABORATOIRE

Échantillon n°	#5 #2 #0,08	LL LP IP	VBS	γdmáx(kN/m³)Wopt(%)	CBR 95 %	CLASSIFICATIONS AASTHO ASTM	GTR (LCPC / SETRA)	UIC 719R
P117- 1 échantillon prélevé	90% 87% 81%	49,93 24,42 25,51	4,73					

PHOTOS





OBSERVATIONS :

Nom du Géologue: Khaouni Lyes

Date de la realisation de puit: 25/07/2016

L.T.P.Est	**PROJECT**	*Étude de Execution des travaux de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour /*
	COORDONNÉES	X = 638915.645 Y = 4035008.419
CLIENT:	**LOCALISATION**	**LOT XXX** - PK 23.800

PUIT N° 118

DONNÉES DE LE PUIT

Prof. (m)	STRATIGRAPHIE	COUPE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DU TERRAIN	Ep. (m)
0,00	a2 des alluvions recentes		*Remblais*	
0,50				
1,00			*Alluvions fines*	
1,50				
2,00			*Limons argileux brun legerement graveleux*	
2,50				
3,00				
3,50				

ESSAIS DE LABORATOIRE

Échantillon n°	#5 #2 #0,08	LL LP IP	VBS	γdmáx(kN/m³)/Wopt(%)	CBR 95 %	CLASSIFICATIONS AASTHO ASTM	CLASSIFICATIONS GTR (LCPC / SETRA)	CLASSIFICATIONS UIC 719R
P118- 1A échantillon prélevé	99% 98% 60%	24,08 4,63 9,46	2					

PHOTOS





OBSERVATIONS :

Nom du Géologue: Khaouni Lyes

Date de la realisation de puit: 25/07/2016

L.T.P.Est	**PROJECT**	*Étude de Execution des travaux de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia*
	COORDONNÉES	X = 639248.17(Y = 4035679.010
CLIENT:	**LOCALISATION**	**LOT XXX** - PK 24+550

PUIT N° 119

DONNÉES DE LE PUIT

Prof. (m)	STRATIGRAPHIE	COUPE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DU TERRAIN	Ep. (m)
0.00 – 3.00	a2 des alluvions recentes		*des Alluvionsmoyennes à grossières (sable gris graveleux caillouteux)*	

ESSAIS DE LABORATOIRE

Échantillon n°	# 5 #2 #0.08	LL LP IP	VBS	γdmáx(kN/m³)Wopt(%)	CBR 95 %	CLASSIFICATIONS AASTHO ASTM	CLASSIFICATIONS GTR (LCPC / SETRA)	CLASSIFICATIONS UIC 719R
P119 - 1A échantillon prélevé	61% 46% 5%		0.56					

PHOTOS





OBSERVATIONS :

Nom du Géologue: Khaouni Lyes

Date de la realisation de puit: 25/07/2016

	PROJECT	*Étude de Execution des travaux de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia*
	COORDONNÉES	X =639716.674 Y = 4036470.782
CLIENT: *SARL BETAFER*	**LOCALISATION**	**LOT XXX** - 25+470

PUIT N° 120

DONNÉES DE LE PUIT

Prof. (m)	STRATIGRAPHIE	COUPE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DU TERRAIN	Ep. (m)	Échantillon n°	#5 #2 #0,08	LL LP IP	VBS	γdmax(kN/m³) Wopt(%)	CBR 95 %	CLASSIFICATIONS AASTHO ASTM	CLASSIFICATIONS GTR (LCPC/ SETRA)	CLASSIFICATIONS UIC 719R
0,00	Q5-6 quaternaire soltanien –rharbien : alluvions pierres caillaux ,sables ,limon		*Terraine végétale*	0,3									
0,50			*sable fin legerement graveleux*	1,5									
1,00													
1,50													
2,00			*des alluvions grossieres*	1,2	P120- 1A échantillon prélevé	91% 89% 27%	25,57 12,27 13,30	1,66	22,55 4,6%				
2,50													
3,00													
3,50													

PHOTOS





OBSERVATIONS :

Nom du Géologue: khaouni lyes

Date de la realisation de puit: 25/07/2016

	PROJECT	*Étude de Execution des travaux de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour /*	**PUIT N° 121**
	COORDONNÉES	X = 640012.0.36 Y = 4036969.944	
CLIENT:	**LOCALISATION**	**LOT XXX** - PK 26+0.50	

DONNÉES DE LE PUIT					ESSAIS DE LABORATOIRE								PHOTOS
											CLASSIFICATIONS		
Prof. (m)	STRATIGRAPHIE	COUPE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DU TERRAIN	Ep. (m)	Échantillon n°	# 5 #2 #0,08	LL LP IP	VBS	γdmáx(kN/m³)Wopt(%)	CBR 95 %	AASTHO ASTM	GTR (LCPC / SETRA)	UIC 719R
0,00	a2 des alluvions recentes		*Terre vegetale*										
0,50			*Argile limoneuse noire légèrement graveleuse*										
1,00													
1,50			*Argile limoneuse legerement graveleuse*		P121 - 1A échantillon prélevé	100% 98% 73%	32,55 16,01 16,52	2,66					
2,00													
2,50													
3,00													
3,50													





OBSERVATIONS :

Nom du Géologue. khaouni lyes

NOTES: Degré de alteration du massif rocheux (W5 - Roche décomposé. W4 - Roche très alterée. W3 - Roche moyennement alterée. W2 - Roche peu alterée. W1 - Roche sain) / ES - Equivalent de Sable. VBS - Blue de méthyléne

Date de la realisation de puit: 25/07/2016

	PROJECT	*Étude de Execution des travaux de la nouvelle ligne ferroviaire Beni Mansour / Bejaia*
	COORDONNÉES	X = 6400287.027 Y = 4037434.680
CLIENT:	**LOCALISATION**	**LOT XXX** - PK 26+590

PUIT N° 122

DONNÉES DE LE PUIT

Prof. (m)	STRATIGRAPHIE	COUPE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DU TERRAIN	Ep. (m)
0,00			*Terre vegetale*	
0,50	a2 des alluvions recentes		*Alluvions fines à moyennes (sables limoneux graveleux)*	
1,00				
1,50				
2,00			*Alluvions grossieres (sable graveleux caillouteux avec présence des blocs)*	
2,50				
3,00				
3,50				

ESSAIS DE LABORATOIRE

Échantillon n°	#5 #2 #0.02	LL LP IP	VBS	γdmáx(kN/m³)Wopt(%)	CBR 95 %	CLASSIFICATIONS AASTHO ASTM	CLASSIFICATIONS GTR (LCPC / SETRA)	CLASSIFICATIONS UIC 719R
P122 - 1A échantillon prélevé	56% 41% 23%	31,13 18,61 12,52	1,16	21,31 7,3				

PHOTOS





OBSERVATIONS :

Nom du Géologue: khaouni lyes

Date de la realisation de puit: .../.../2016

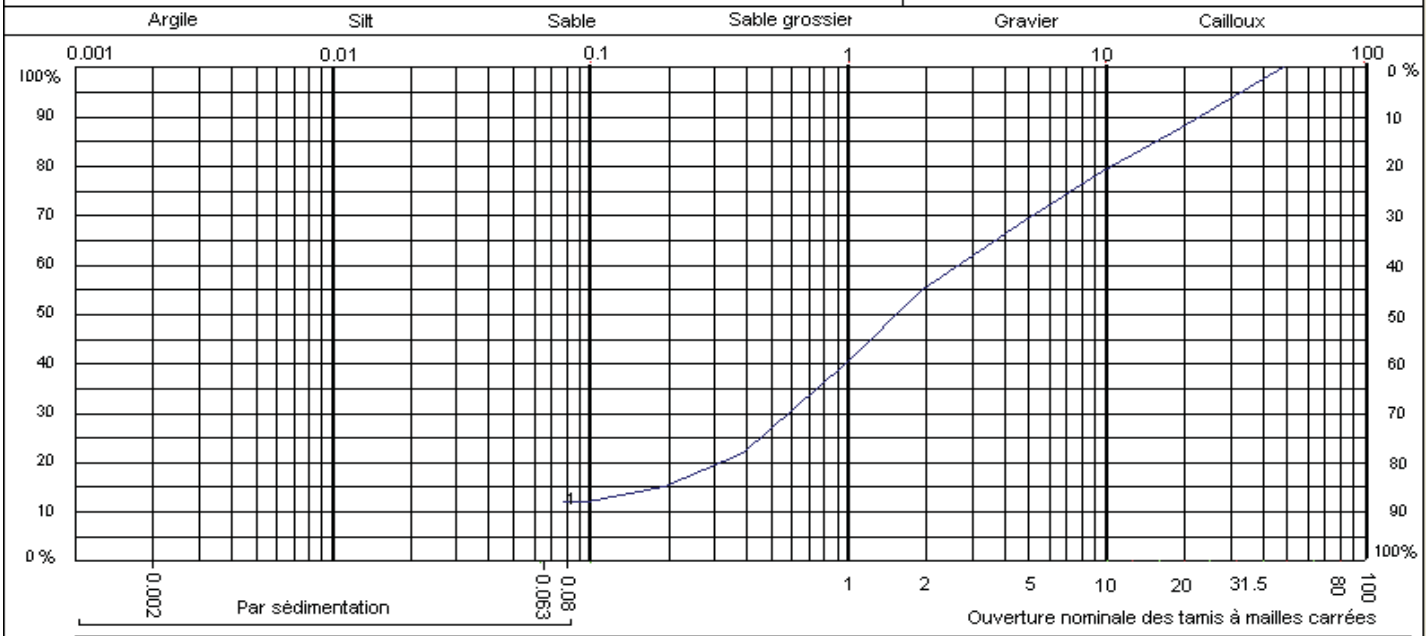
ESSAIS LABORATOIRE

LTP Est

PROCES VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Titre:LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier:BENI MANSOUR - BEJAIA
Echantillion N° *:
Date:15/09/2016
Dossier N° *:
Opérateur:
Norme:NF P94-056-057

Echantillon	Origine
x P 116 : P 116 (2 -3.0m)	



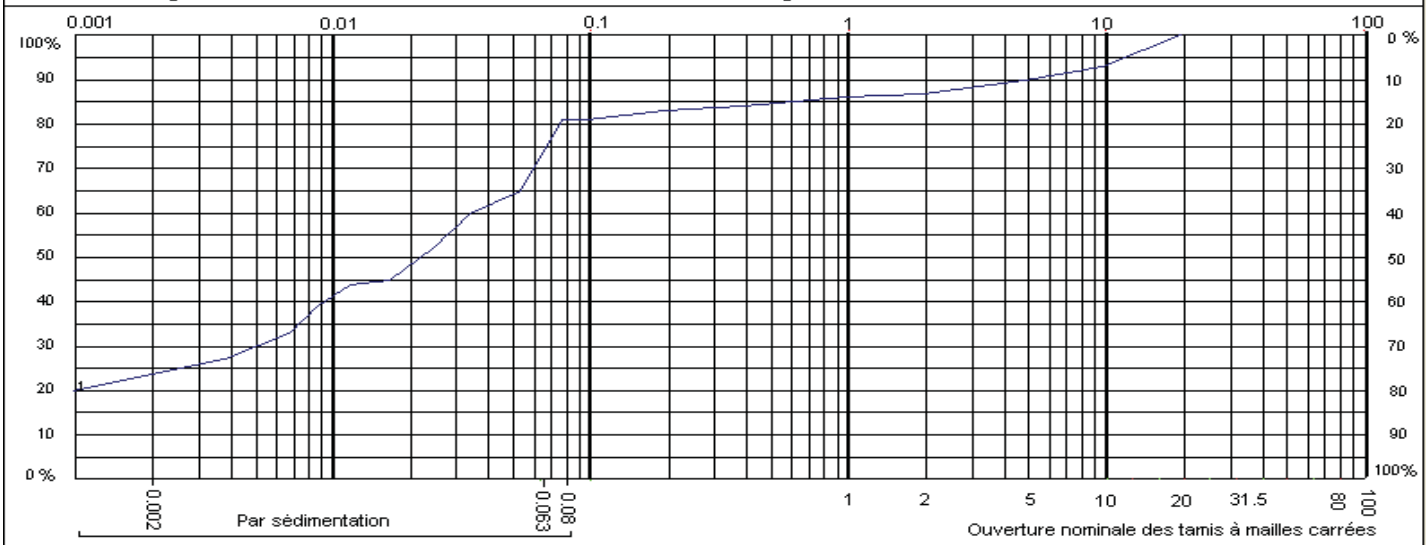
Tamis d mm	50.0	20.0	10.0	5.0	2.0	1.0	0.4	0.2	0.1	0.08			
passant %	100	88	79	69	55	40	22	15	12	12			
Tamis d mm													
passant %													

LTP Est

PROCES VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Titre:LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier:BENI MANSOUR - BEJAIA
Echantillion N° *:
Date:15/09/2016
Dossier N° *:
Opérateur:
Norme:NF P94-056-057

Echantillon	Origine
x P 117 : P117 (2 -3.0m)	



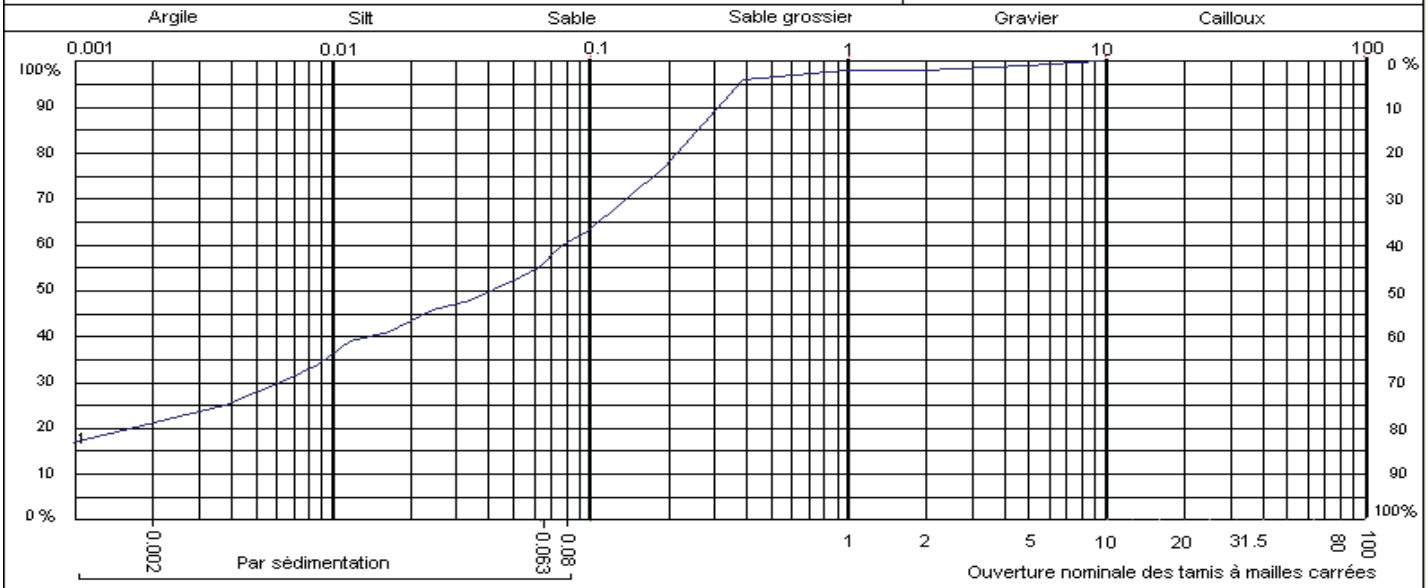
Tamis d mm	20.0	10.0	5.0	2.0	1.0	0.4	0.2	0.1	0.08				
passant %	100	93	90	87	86	84	83	81	81				
Tamis d mm	0.065	0.055	0.035	0.025	0.017	0.012	0.009	0.007	0.0039	0.001			
passant %	72	65	60	52	45	44	39	33	27	20			

LTP Est

PROCES VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Titre:LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier:BENI MANSOUR - BEJAIA
Echantillion N° *:
Date:15/09/2016
Dossier N° *:
Opérateur:
Norme:NF P94-056-057

Echantillon	Origine
x P 118 : P 118 (2 -3.0m)	



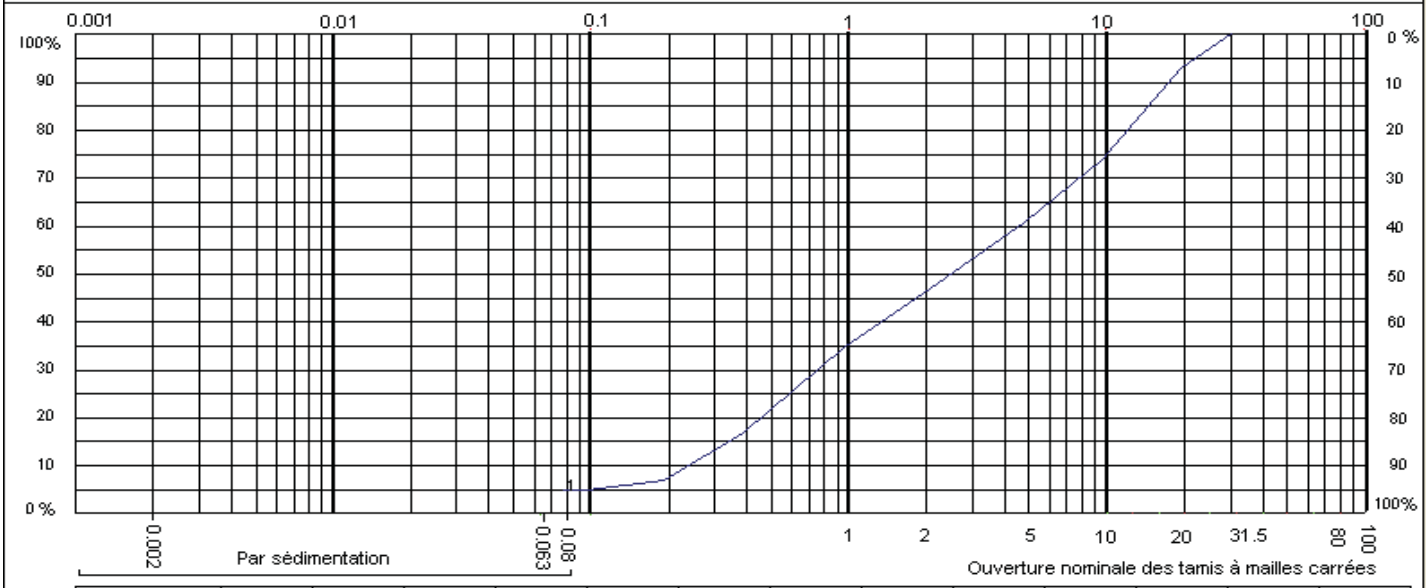
Tamis d mm	10.0	5.0	2.0	1.0	0.4	0.2	0.1	0.08					
passant %	100	99	98	98	96	77	63	60					
Tamis d mm	0.065	0.055	0.035	0.025	0.017	0.012	0.009	0.007	0.0039	0.001			
passant %	55	53	48	46	41	39	34	31	25	17			

LTP Est

PROCES VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Titre:LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier:BENI MANSOUR - BEJAIA
Echantillion N° *:
Date:
Dossier N° *:
Opérateur:
Norme:NF P94-056-057

Echantillon	Origine
x P119 : P 119 (2 -3.0m)	



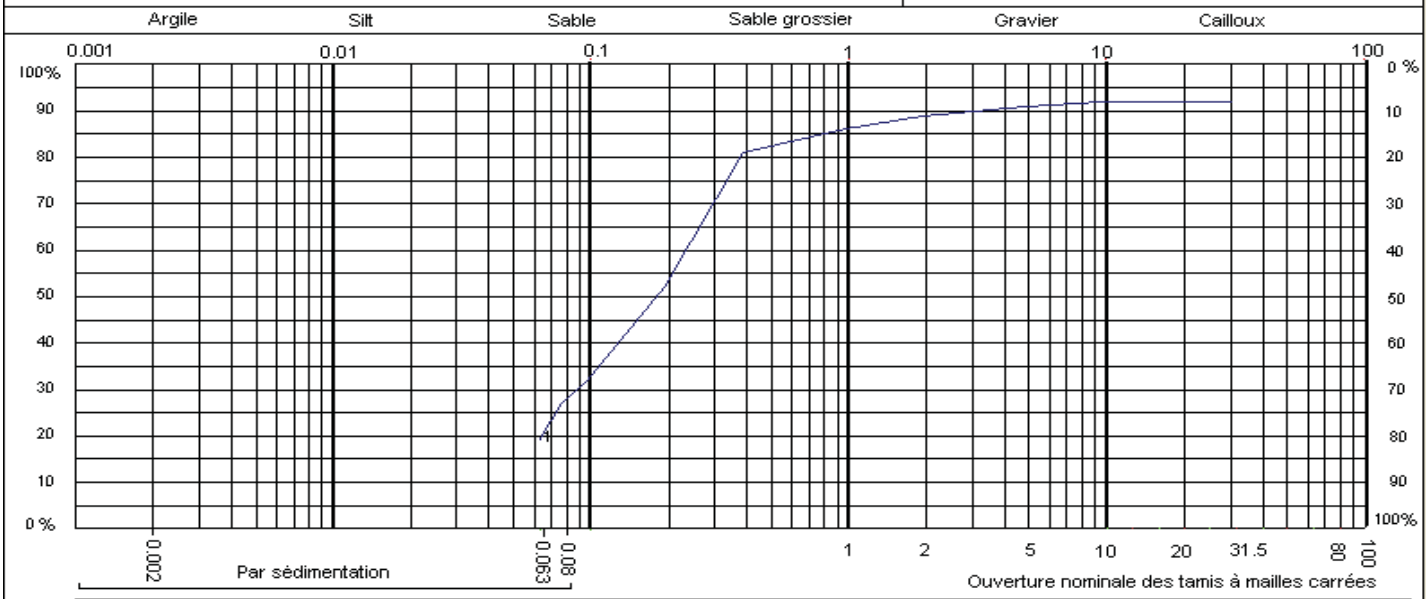
Tamis d mm	31.5	20	10	5	2	1	0.4	0.2	0.1	0.08			
passant %	100	93	74	61	46	35	17	7	5	5			
Tamis d mm													
passant %													

LTP Est

PROCES VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Titre:LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier:BENI MANSOUR - BEJAIA
Echantillion N° *:
Date:15/09/2016
Dossier N° *:
Opérateur:
Norme:NF P94-056-057

Echantillon	Origine
x P 120 : P 120 (2 -3.0m)	



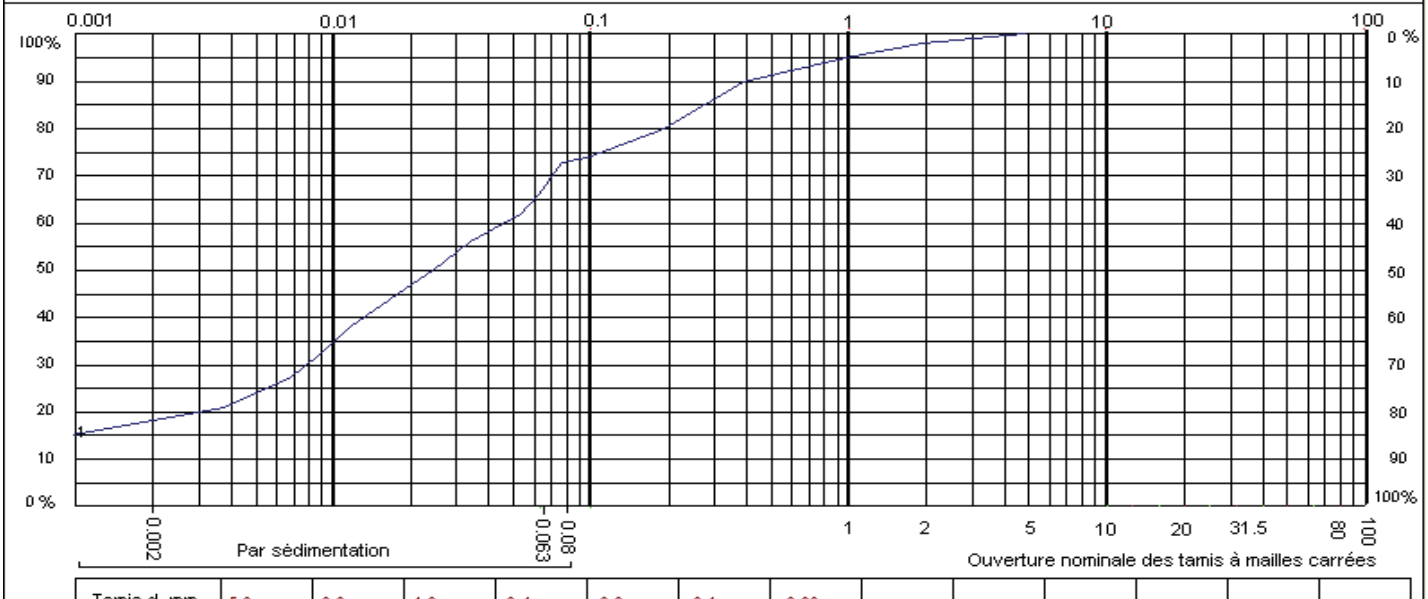
Tamis d mm	31.5	20.0	10.0	5.0	2.0	1.0	0.4	0.2	0.1	0.08			
passant %	92	92	92	91	89	86	81	52	32	27			
Tamis d mm	0.065												
passant %	19												

LTP Est

PROCES VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Titre:LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier:BENI MANSOUR - BEJAIA
Echantillion N° *:
Date:
Dossier N° *:
Opérateur:
Norme:NF P94-056-057

Echantillon	Origine
x P 121 : P121 (2 -3.0m)	



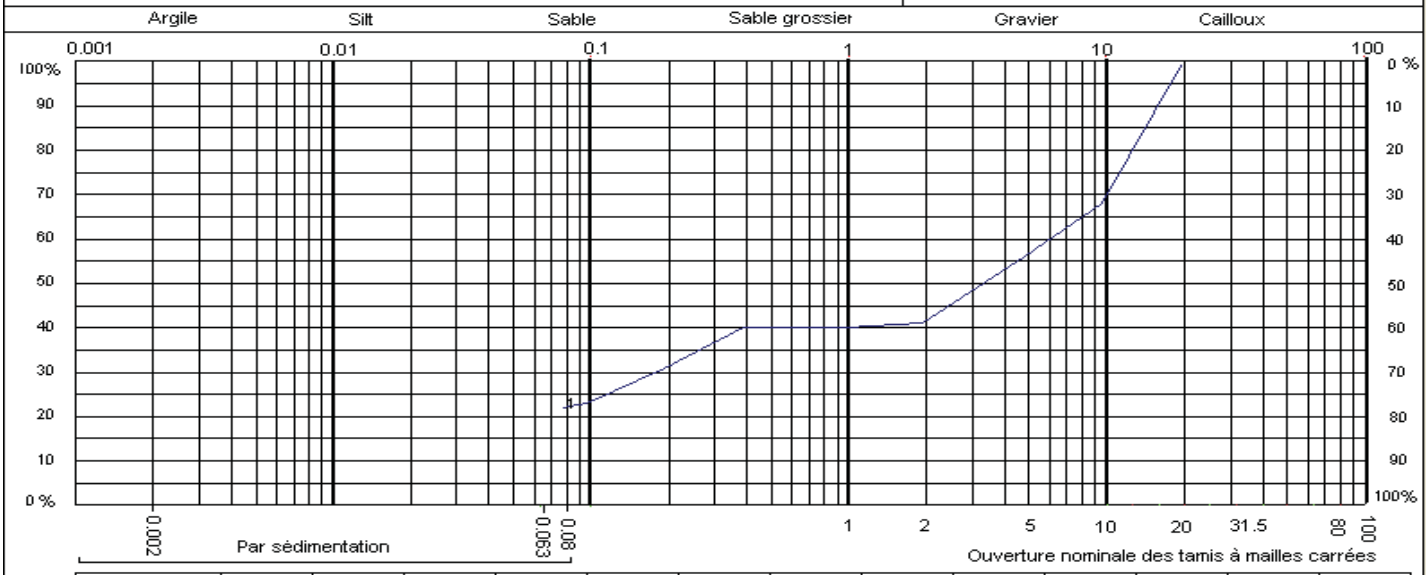
Tamis d mm	5.0	2.0	1.0	0.4	0.2	0.1	0.08						
passant %	100	98	95	90	80	74	73						
Tamis d mm	0.065	0.055	0.035	0.025	0.017	0.012	0.009	0.007	0.0039	0.001			
passant %	66	62	56	50	44	38	32	27	21	15			

LTP Est

PROCES VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Titre:LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier:BENI MANSOUR - BEJAIA
Echantillion N° *:
Date:15/09/2016
Dossier N° *:
Opérateur:
Norme:NF P94-056-057

Echantillon	Origine
x : P 122 (2 -3.0m)	



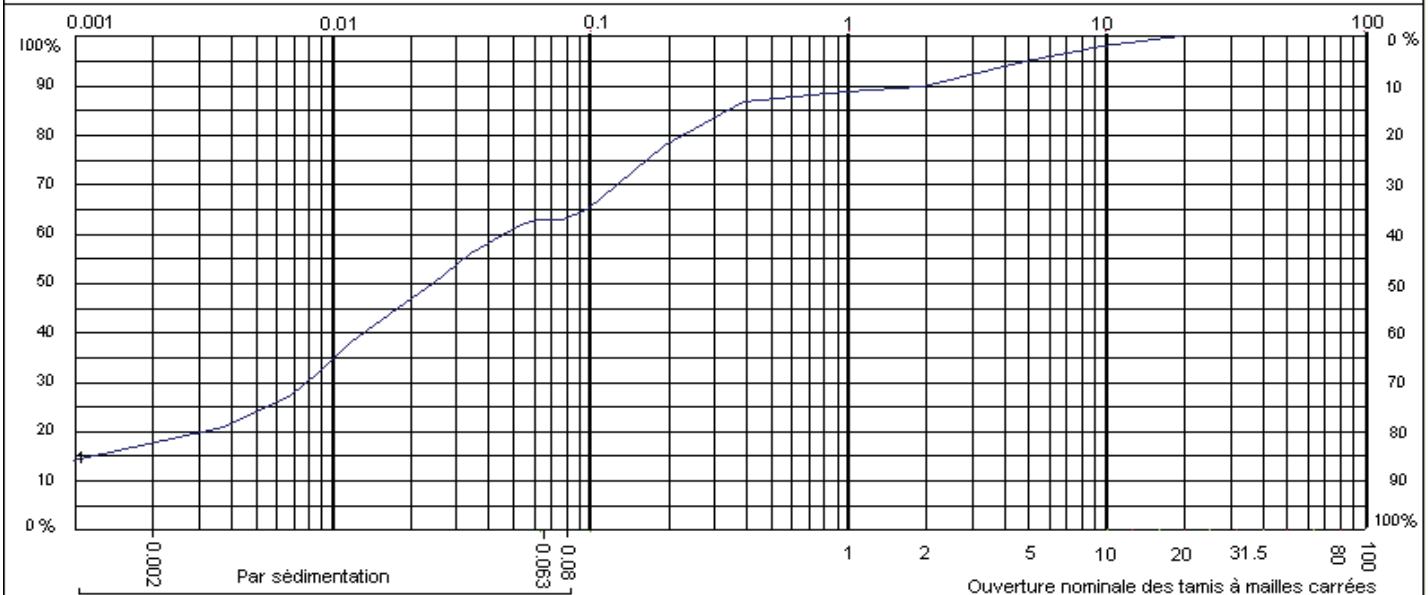
Tamis d mm	20.0	10.0	5.0	2.0	1.0	0.4	0.2	0.1	0.08				
passant %	99	68	56	41	40	40	31	23	22				
Tamis d mm													
passant %													

LTP Est

PROCES VERBAL ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Titre:LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier:BENI MANSOUR - BEJAIA
Echantillion N° *:
Date:
Dossier N° *:
Opérateur:
Norme:NF P94-056-057

Echantillon	Origine
x P127 : P127 (2 -3.0m)	



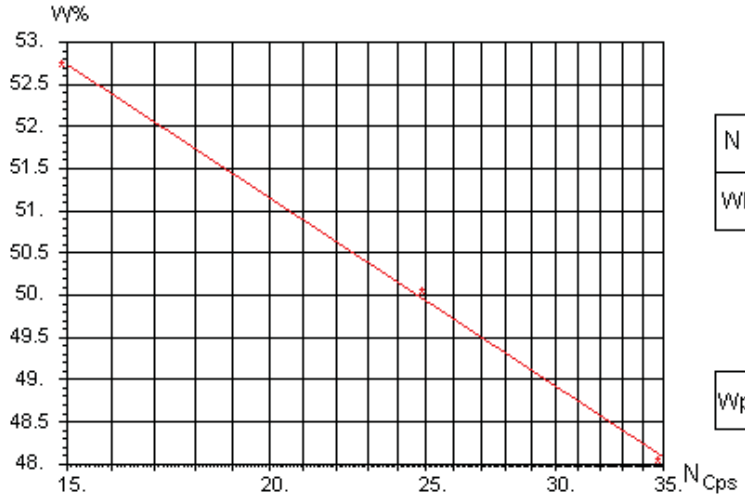
Tamis d mm	20	10	5	2	1	0.4	0.2	0.1	0.08				
passant %	100	98	95	90	89	87	78	65	63				
Tamis d mm	0.065	0.055	0.035	0.025	0.017	0.012	0.009	0.007	0.0039	0.001			
passant %	63	62	56	50	44	38	32	27	21	14			

LIMITES D'ATTERBERG

Résultats
WL=49.930
WP=24.420
IP=25.510

Titre / Projet : LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier : BENI MANSOUR - BEJAIA
Essai N° * :
Date :
Dossier N° * : 032 2016

Opérateur :
Norme : NFP 94 051
No de l'echantillon : P 117
Nature du sol :
Profondeur : 2.00 - 3.00m



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	52.71	50.02	48.02	

Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	24.45	24.39		

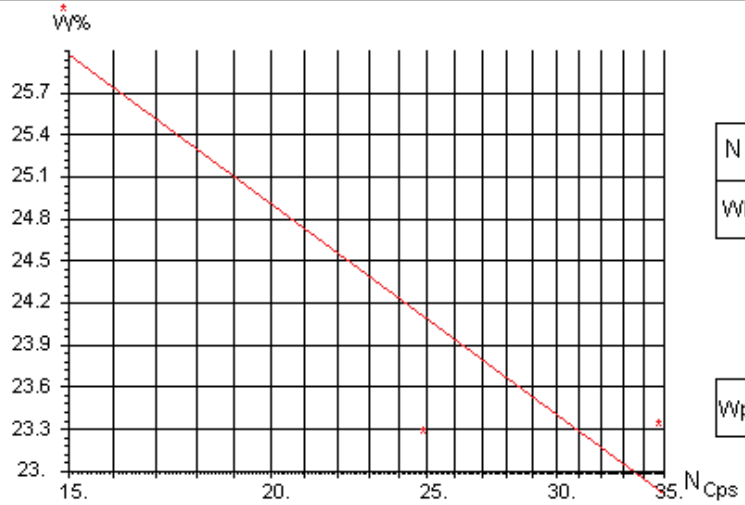
wl = a x Log (25) + b

LIMITES D'ATTERBERG

Résultats
WL=24.088
WP=14.635
IP=09.453

Titre / Projet : VOIE FERREE
Localisation/Chantier : BENI MANSOUR - BEJAIA
Essai N° * :
Date : 08-09-2016
Dossier N° * : 32 16

Opérateur : belmdjenah
Norme : NFP 94 051
No de l'echantillon : P 118
Nature du sol :
Profondeur : 2-3



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	26.3	23.28	23.33	

Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	12.59	16.68		

wl = a x Log (25) + b

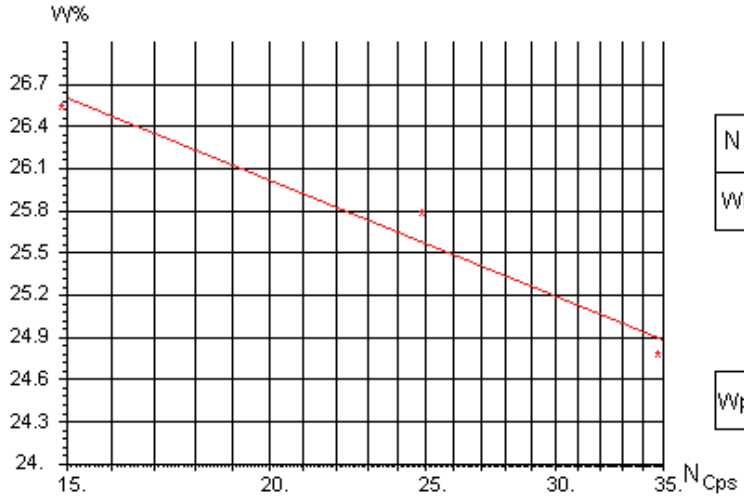
LIMITES D'ATTERBERG

Titre / Projet : LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier : BENI MANSOUR - BEJAIA
Essai N° * :
Date :
Dossier N° * : 032 2016

Opérateur :
Norme : NFP 94 051
No de l'echantillon : P120
Nature du sol :
Profondeur : 2.00 - 3.00m

Résultats

WL=25.572
WP=12.270
IP=13.302



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	26.53	25.77	24.77	

Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	11.99	12.55		

wl = a x Log (25) + b

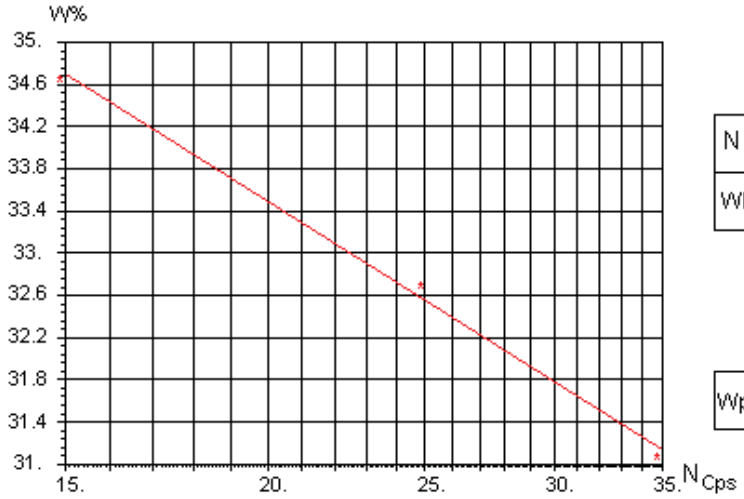
LIMITES D'ATTERBERG

Titre / Projet : LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier : BENI MANSOUR - BEJAIA
Essai N° * :
Date :
Dossier N° * : 032 2016

Opérateur :
Norme : NFP 94 051
No de l'echantillon : P121
Nature du sol :
Profondeur : 2.00 - 3.00m

Résultats

WL=32.550
WP=16.025
IP=16.525



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	34.64	32.68	31.06	

Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	16.	16.05		

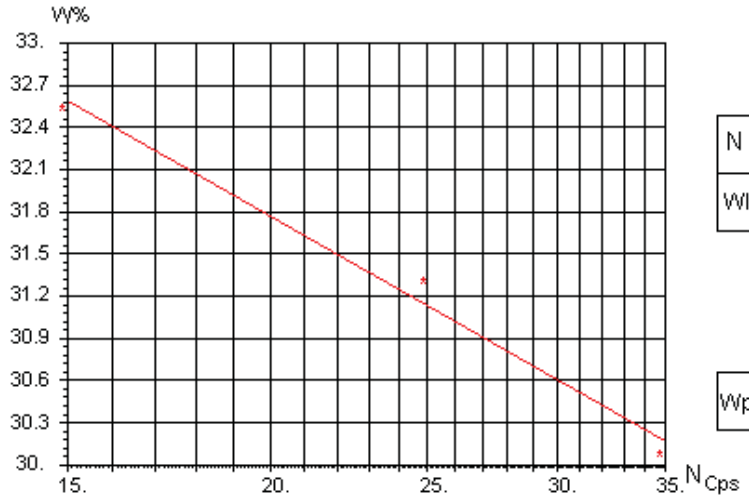
wl = a x Log (25) + b

LIMITES D'ATTERBERG

Résultats
WL=31.134
WP=18.610
IP=12.524

Titre / Projet : LA VOIE FERREE BENI MANSOUR BEJAIA
Localisation/Chantier : BENI MANSOUR - BEJAIA
Essai N° * :
Date :
Dossier N° * : 032 2016

Opérateur :
Norme : NFP 94 051
No de l'echantillon : P122
Nature du sol :
Profondeur : 2.00 - 3.00m



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	32.53	31.3	30.07	

Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	14.98	22.24		

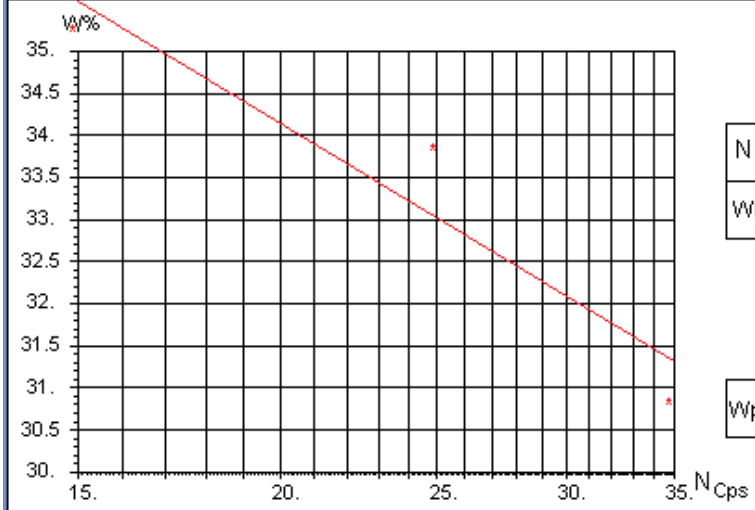
wl = a x Log (25) + b

LIMITES D'ATTERBERG

Résultats
WL=33.010
WP=15.825
IP=17.185

Titre / Projet : VOIE FERREE
Localisation/Chantier : BENI MANSOUR - BEJAIA
Essai N° * :
Date : 15-09-2016
Dossier N° * : 32 16

Opérateur : aifa
Norme : NFP 94 051
No de l'echantillon : P 127
Nature du sol :
Profondeur : 2-3



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	15	25	35	
Wl	35.26	33.83	30.82	

Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	15.62	16.03		

wl = a x Log (25) + b

ESSAI PROCTOR

Titre du projet : BETAFER (VOIE FERREE BENI MASOUR-BEJAIA

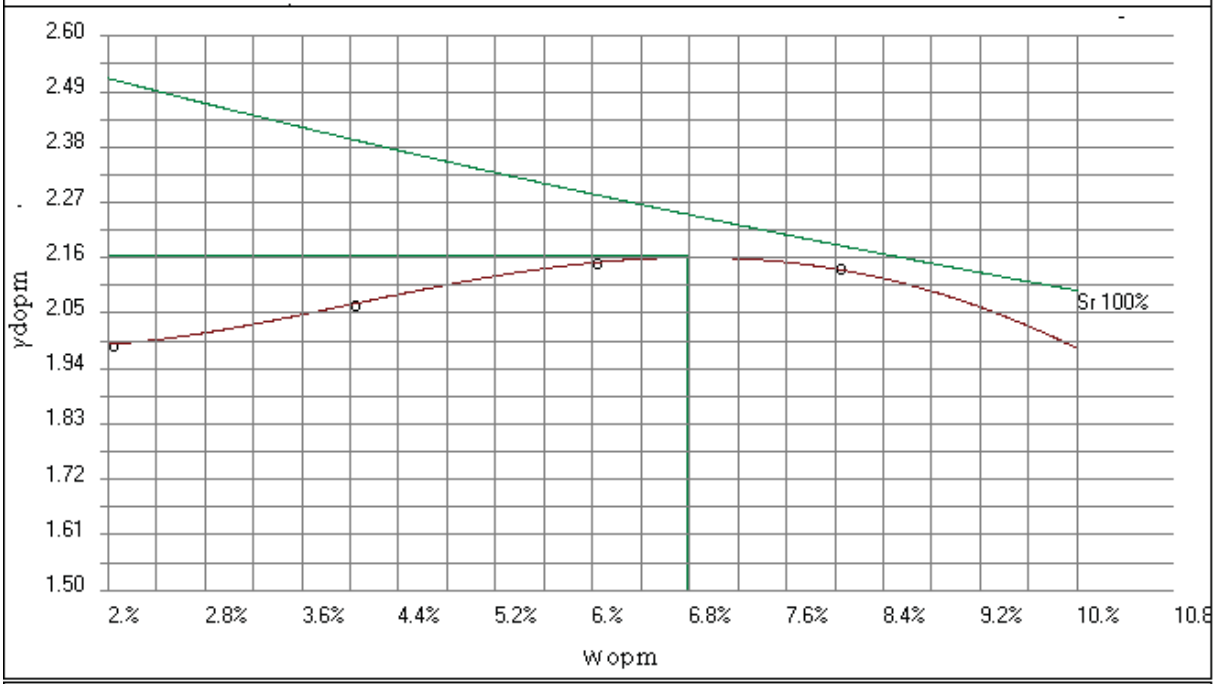
N° du point (ou puits) * :
Dossier N° * :
Type de sol : P116
Provenance :
Teneur en eau optimal : 6.8%

Densité seche max : 2.161
Date : 08-11-2016
Profondeur en m :
Type : Pm
Fraction 20 /D en % :
Densité absolue en T/m3 : 2.65

Densité séche max corrigée :
Classification :

Teneur en eau corrigée % :

2.71



ESSAI PROCTOR

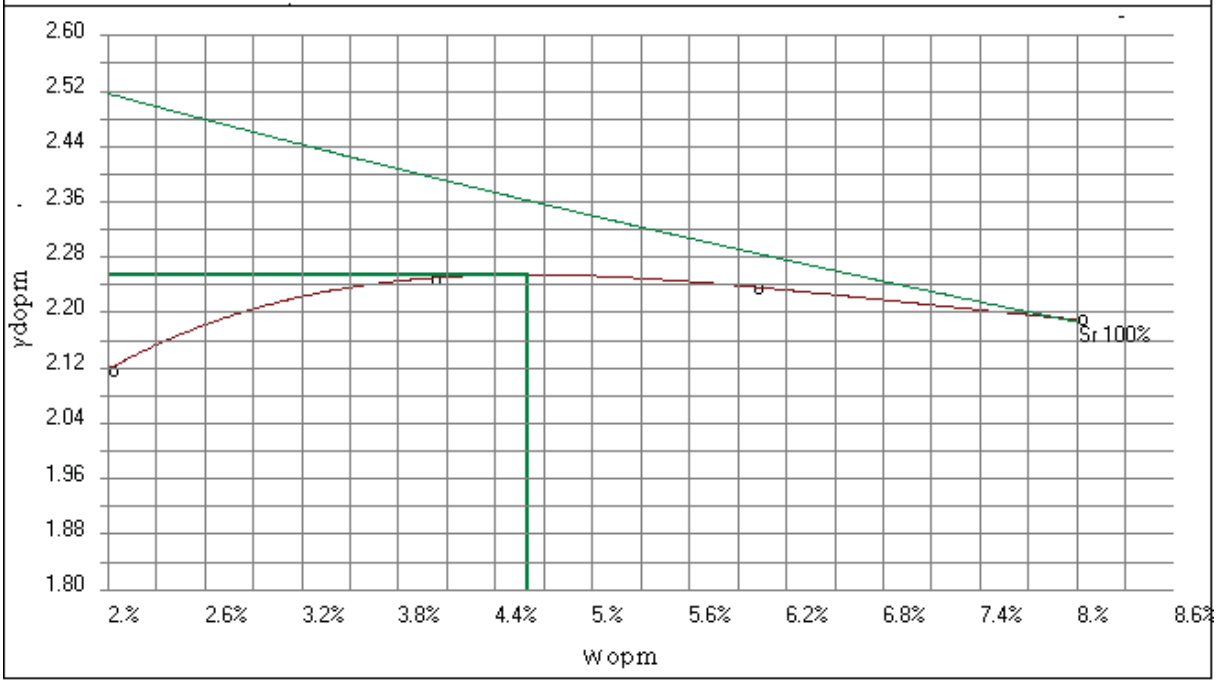
Titre du projet : BETAFER (VOIE FERREE BENI MASOUR-BEJAIA

N° du point (ou puits) * :
Dossier N° * :
Type de sol : P 119
Provenance :
Teneur en eau optimal : 4.6%

Densité seche max : 2.255
Date : 08-11-2016
Profondeur en m :
Type : Pm
Fraction 20 /D en % :
Densité absolue en T/m3 : 2.65

Densité séche max corrigée :
Classification :

Teneur en eau corrigée % :



ESSAI PROCTOR

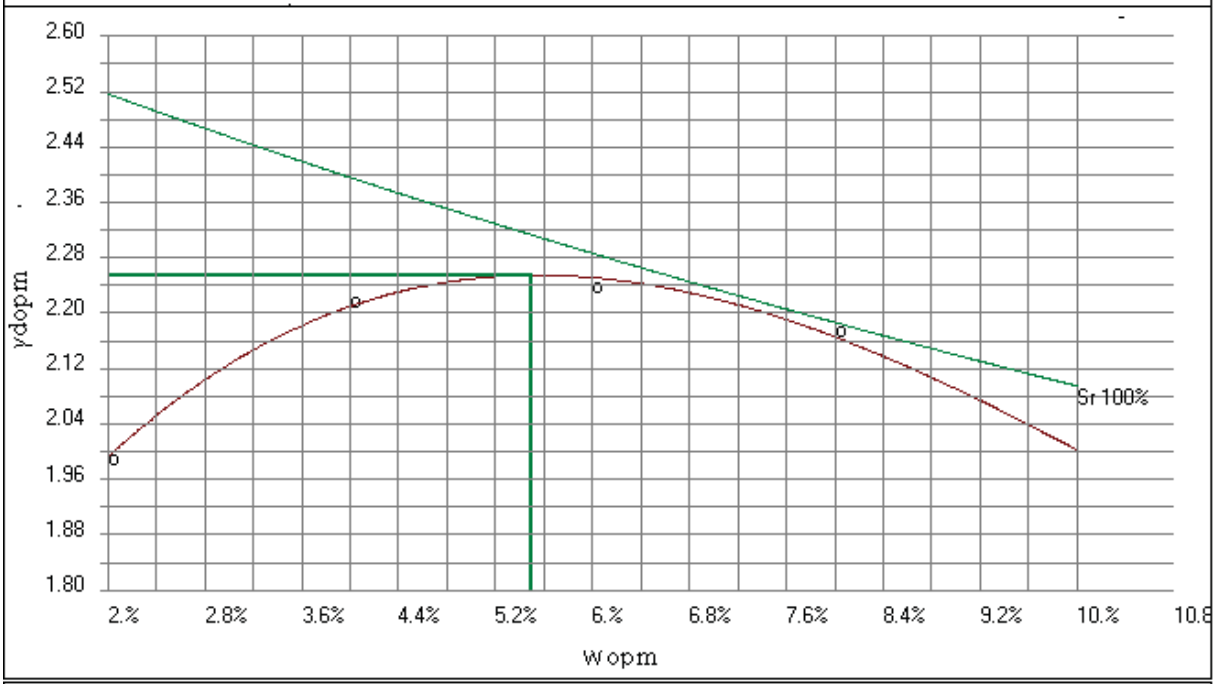
Titre du projet : BETAFER (VOIE FERREE BENI MASOUR-BEJAIA

N° du point (ou puits) * :
Dossier N° * :
Type de sol : P 120
Provenance :
Teneur en eau optimal : 5.5%

Densité seche max : 2.255
Date : 08-11-2016
Profondeur en m :
Type : Pm
Fraction 20 /D en % :
Densité absolue en T/m3 : 2.65

Densité séche max corrigée :
Classification :

Teneur en eau corrigée % :



ESSAI PROCTOR

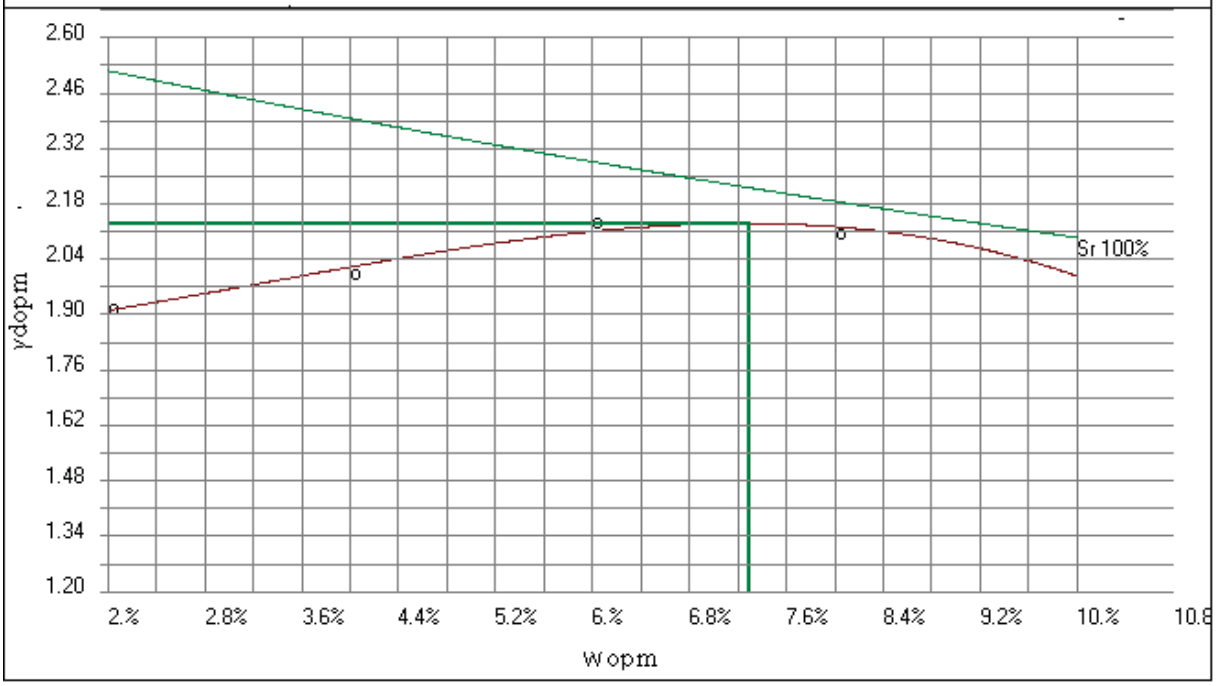
Titre du projet : BETAFER (VOIE FERREE BENI MASOUR-BEJAIA

N° du point (ou puits) * :
Dossier N° * :
Type de sol : P 122
Provenance :
Teneur en eau optimal : 7.3%

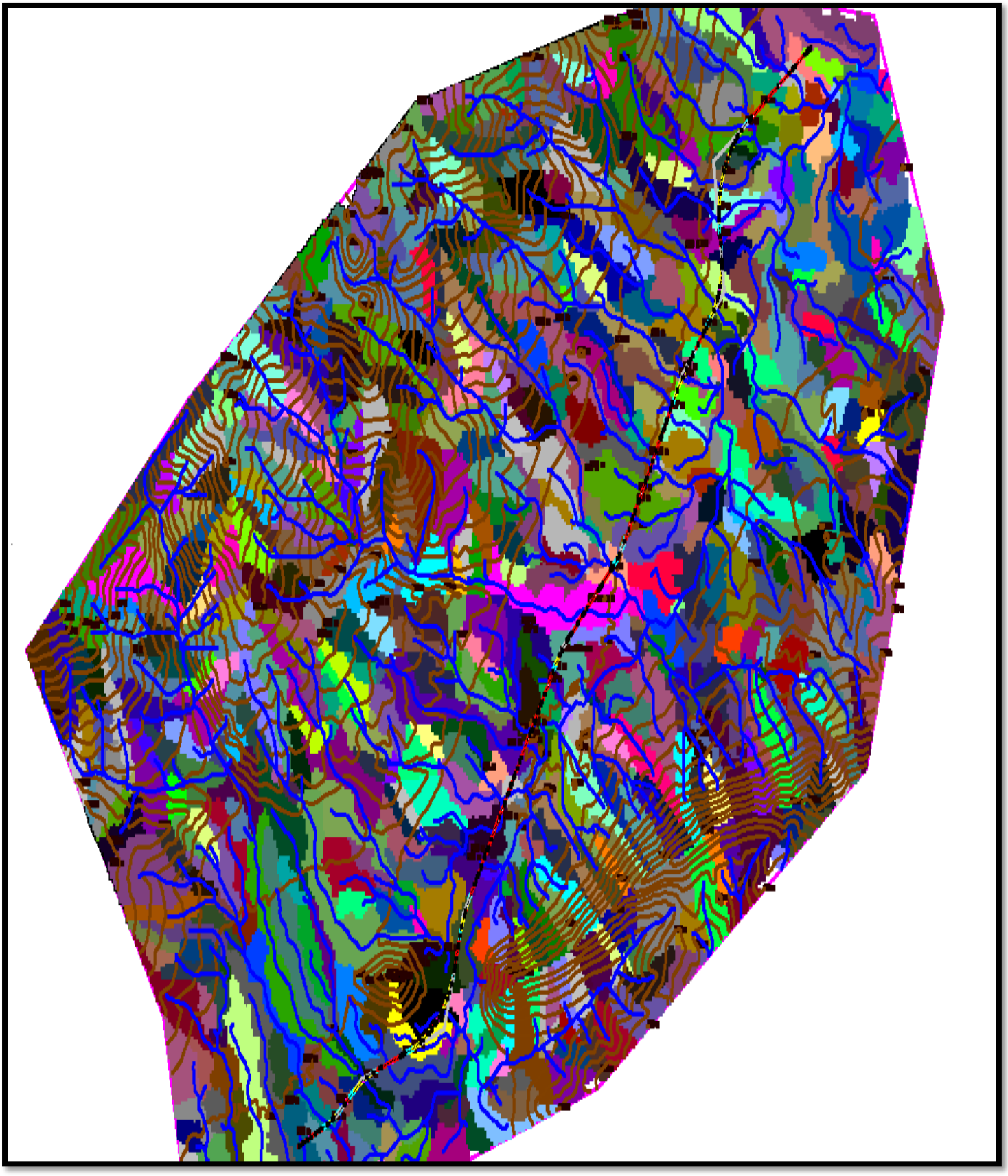
Densité seche max : 2.131
Date : 08-11-2016
Profondeur en m :
Type : Pm
Fraction 20 /D en % :
Densité absolue en T/m3 : 2.65

Densité séche max corrigée :
Classification :

Teneur en eau corrigée % :



ANNEXE CHAPITRE VII



FigureVIII.1CARTE HYDROLOGIQUE (GLOBAL MAPPER)

Les calcul des temps de concentration des 29 bassins versants

BVS	PK	TC									
		Ventura (h)	Passini (h)	Giandotti (h)	kirpich (h)	SCS	ANRH	espagnole	van te chow	l'US corps	californienne
bv1	20+096	0.263368	0.11190785	0.84718092	0	0.0276258	0.23104621	0.0568888	0.05177157	0.0527233	0.05126437
bv2	20+397	0.593977	0.74930455	1.43051814	0	0.6315895	0.96171683	1.6970260	0.70391374	1.5727660	1.18432626
bv3	20+850	0.356582	0.15174981	0.88319628	0.00502	0.0358462	0.29033511	0.0701284	0.06303787	0.0649934	0.06496735
bv4	21+002	Oued Illoula									
bv5	21+751	0.284158	0.39046784	1.06371754	0	0.4269899	0.58985109	1.1875251	0.5174724	1.1005718	0.81789029
bv6	22+213	0.115872	0.22559236	1.09230342	0	0.4655180	0.39088295	1.4162658	0.56897424	1.3125637	0.91679095
bv7	22+629	0.229672	0.3555568	1.27160081	0	0.4649460	0.54983854	1.4082665	0.5677097	1.3051501	0.91434006
bv8	22+831	0.274393	0.07117618	1.1834666	0	0.0092007	0.16455248	0.0169824	0.02060465	0.0157389	0.01692053
bv9	23+547	0	1.16023914	1.8001009	0	0.8566169	1.33494715	2.2759409	0.89830561	2.1092914	1.58813681
bv10	23+825	0.465066	0.65410805	1.40888088	0	0.6673049	0.86854147	1.8436042	0.74170078	1.7086114	1.26122763
bv11	24+579	0.378987	0.56835181	1.3394933	0	0.6588014	0.78165727	1.8369963	0.73591245	1.7024874	1.24939493
bv12	25+784	0.53873	0.63233483	1.2916761	0	0.4944888	0.84676669	1.3162422	0.57578948	1.2198640	0.93001900
bv13	26+775	0.225243	0.1318084	0.54894137	0.00735	0.0521677	0.26122261	0.1071314	0.0865959	0.0992870	0.09519212
bv14	26+948	0.24555	0.14192232	0.62608062	0.00763	0.0537289	0.27611593	0.1133886	0.08936296	0.1050860	0.09886350
BV15	27+222	Oued Tifrit									
bv16	28+067	0	1.32141527	2.59091192	0	1.4110287	1.47174622	4.1798345	1.38728606	3.8737777	2.67897108
BV17	28+524	0.437535	0.20348167	0.98332135	0.00721	0.0513825	0.36178238	0.1040491	0.08520633	0.0964304	0.09335734
BV18	28+672	0.372585	0.43633355	0.93843566	0	0.3728260	0.64108763	0.9521153	0.45277592	0.8823993	0.69648080
BV19	28+825	0.387087	0.38777115	0.78144911	0.0386	0.2725267	0.58679319	0.6440921	0.34377179	0.5969303	0.50003414
BV20	28+897	0.401694	0.24729004	0.75156446	0.0129	0.0925602	0.41875346	0.1920961	0.13822018	0.1780304	0.16708004
BV21	28+997	Oued Mechaab									
BV22	29+072	0.205297	0.11977241	0.56888908	0.00679	0.0475860	0.2431202	0.1010686	0.08113269	0.0936681	0.08801381
BV23	32+003	0.465456	0.53459027	0.98712623	0	0.4286510	0.74656775	1.0635178	0.50293984	0.9856447	0.79033463
BV24	32+581	0	1.03749622	2.74068814	0	1.4198435	1.2275617	4.4373053	1.41514497	4.1123960	2.74382810
BV25	32+958	0.198225	0.11179328	0.57924087	0.00612	0.0426832	0.23086879	0.0908587	0.07433559	0.0842058	0.07921969
BV26	33+496	0.303184	0.40706908	0.94210318	0	0.4337791	0.60856157	1.1395473	0.51591582	1.0561071	0.81493121
BV27	33+698	0.324924	0.5433932	1.53147866	0	0.7423508	0.75576902	2.1774194	0.82212542	2.0179839	1.42752723
BV28	33+813	0.231924	0.42832921	1.41894492	0	0.7180752	0.6322469	2.1190928	0.80162284	1.9639281	1.38480472
BV29	34+464	0.348387	0.55296449	1.3156795	0	0.7065334	0.76573125	1.9585942	0.77757095	1.8151816	1.33496882

(USSCS)	Tc retenu
0.0284380	0.0528839
1.8602444	1.4510996
0.0353760	0.0657818
1.3513423	1.17578919
2.0000519	1.4552962
1.7328348	1.32643846
0.0060230	0.0406666
2.4813328	1.82142702
2.4813328	1.6773061
2.4813328	1.67382417
2.4813328	1.22518799
2.4813328	0.10835475
2.4813328	0.11481512
5.5016631	1.39786907
0.0562154	0.09476078
0.9759204	0.9372177
0.5920574	0.56895374
0.1257737	0.16024009
0.0624912	0.0967311
1.0821102	1.0295997
6.3537352	1.27501160
0.0548198	0.1064396
1.2767886	1.10363653
2.8543485	2.0017515
2.9452025	1.9663946
2.4779899	1.7804828

Les calculs des debits des 29 bassins versants

BVS	PK	Q(ratio)			Q(crupédix)			Q(transition)			
		10	50	100	10	50	100	10	50	100	10
bv1	20+096	2.46353115	3.20217861	3.5092619	0.10986023	0.1423418	0.15649419	0	0	0	2.46353115
bv2	20+397	4.50173729	6.22783534	6.41265495	1.16760091	1.51281691	1.66322938	0	0	0	4.50173729
bv3	20+850	3.35007793	4.63459602	4.77213405	0.1590282	0.2060469	0.2265332	0	0	0	3.35007793
bv4	21+002	Oued Illoula									
bv5	21+751	1.3539832	1.77238758	1.94826973	0.42344587	0.55289979	0.60930356	0	0	0	1.3539832
bv6	22+213	0.26703285	0.3536343	0.38423817	0.13042724	0.17030085	0.187674	0	0	0	0.26703285
bv7	22+629	1.05826506	1.4610535	1.51225049	0.35417966	0.46000892	0.50611929	0	0	0	1.05826506
bv8	22+831	1.91227695	2.88457902	2.72649557	0.07727412	0.10019119	0.11017628	0	0	0	1.91227695
bv9	23+547	10.9162851	14.7109766	15.7260249	3.10084574	4.05246133	4.46708536	0	0	0	10.9162851
bv10	23+825	3.18287688	4.17868024	4.57782244	1.13909212	1.48681314	1.63831705	0	0	0	3.18287688
bv11	24+579	2.29133399	2.86460711	3.30564055	0.92758184	1.21358297	1.3381952	0	0	0	2.29133399
bv12	25+784	4.73960417	5.92541457	6.83768834	1.38965547	1.81812768	2.00481532	0	0	0	4.73960417
bv13	26+775	1.40979479	1.76251398	2.03386973	0.13284117	0.17380007	0.19164608	0	0	0	1.40979479
bv14	26+948	1.77404885	2.21790144	2.5593684	0.16499329	0.21586564	0.23803099	0	0	0	1.77404885
BV15	27+222	Oued Tifrit									
bv16	28+067	16.5433681	20.6823842	23.8666334	4.0713501	5.3266687	5.87361775	0	0	0	16.5433681
BV17	28+524	5.562384	6.95404722	8.02468875	0.3691035	0.48290911	0.53249483	0	0	0	5.562384
BV18	28+672	2.28989674	2.86281028	3.30356707	0.66691801	0.87254871	0.96214311	0	0	0	2.28989674
BV19	28+825	2.58637456	3.23346443	3.73128695	0.55367024	0.72438328	0.79876386	0	0	0	2.58637456
BV20	28+897	3.79485357	4.74429506	5.47472428	0.36633666	0.47928917	0.52850318	0	0	0	3.79485357
BV21	28+997	Oued Mechaab									
BV22	29+072	1.40948222	1.76212321	2.03341879	0.12452703	0.16292243	0.17965151	0	0	0	1.40948222
BV23	32+003	3.08011657	3.85073668	4.44359411	0.89179229	1.16675844	1.28656267	0	0	0	3.08011657
BV24	32+581	9.98228179	12.4797675	14.4011461	2.57946846	3.37479548	3.72132373	0	0	0	9.98228179
BV25	32+958	1.21998727	1.52521816	1.76003996	0.11713677	0.15325353	0.1689898	0	0	0	1.21998727
BV26	33+496	1.51861583	1.89856115	2.19086265	0.52686321	0.68931085	0.76009015	0	0	0	1.51861583
BV27	33+698	1.79510452	2.24422507	2.5897448	0.84467007	1.10510702	1.21858081	0	0	0	1.79510452
BV28	33+813	0.94190045	1.17755628	1.35885224	0.49914104	0.6530411	0.72009618	0	0	0	0.94190045
BV29	34+464	1.83255446	2.29104468	2.64377273	0.80346194	1.0511932	1.15913104	0	0	0	1.83255446

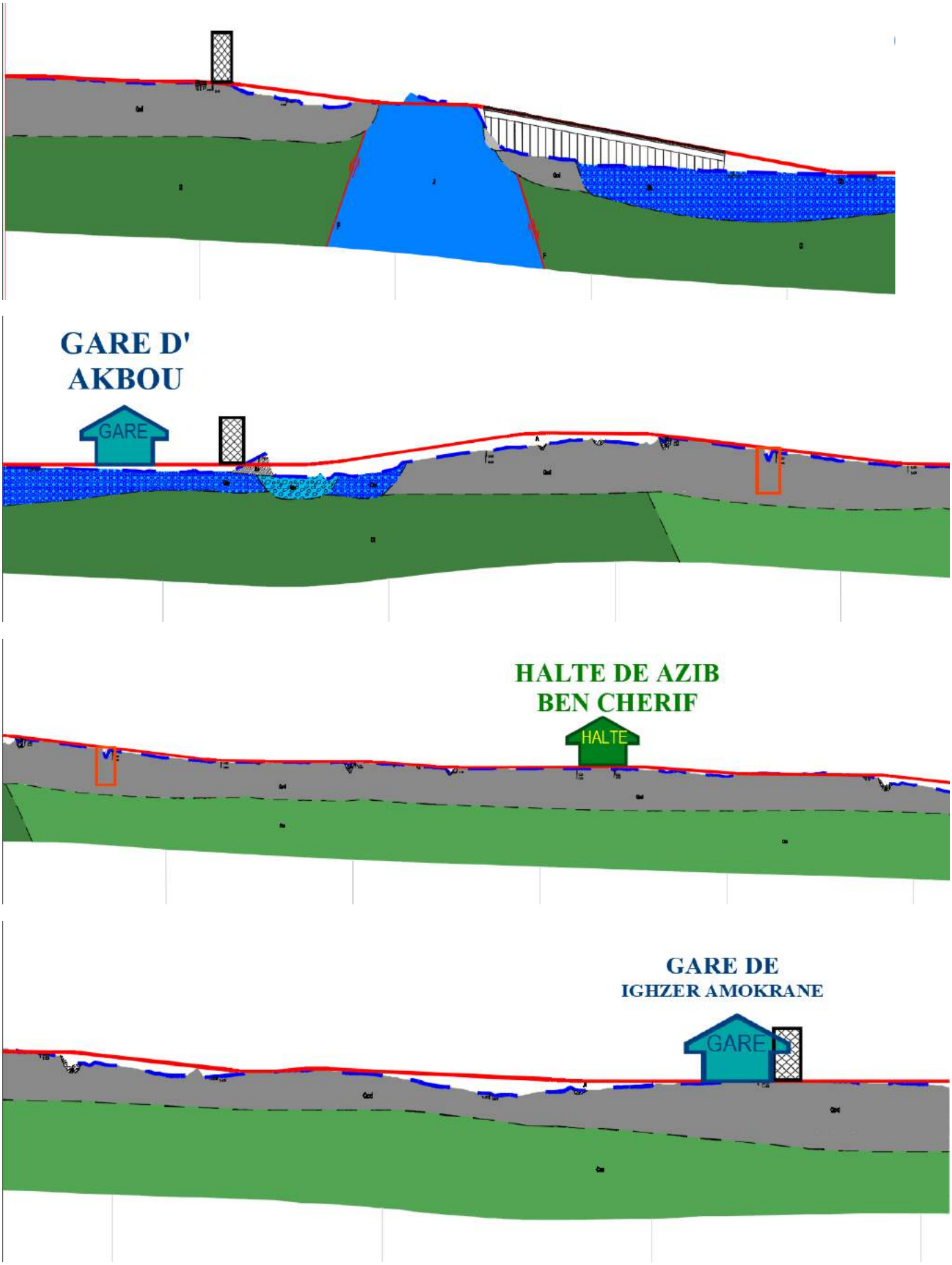
Q retenu	
50	100
3.20217861	3.5092619
6.22783534	6.41265495
4.63459602	4.77213405
1.77238758	1.94826973
0.3536343	0.38423817
1.4610535	1.51225049
2.88457902	2.72649557
14.7109766	15.7260249
4.17868024	4.57782244
2.86460711	3.30564055
5.92541457	6.83768834
1.76251398	2.03386973
2.21790144	2.5593684
20.6823842	23.8666334
6.95404722	8.02468875
2.86281028	3.30356707
3.23346443	3.73128695
4.74429506	5.47472428
1.76212321	2.03341879
3.85073668	4.44359411
12.4797675	14.4011461
1.52521816	1.76003996
1.89856115	2.19086265
2.24422507	2.5897448
1.17755628	1.35885224
2.29104468	2.64377273

Vérification des conditions d'autocurage des 29 bassins versant

BVS	PK	Q	Qps	Q/Qps	V<4	Vps	Rv	V>1	Rq/10	Rv
bv1	20+096	3.5092619	7.35162306	0.47734519	3.45038977	4.16016765	0.98	4.07696429	0.04773452	0.5
bv2	20+397	6.41265495	39.5979797	0.16194399	2.85680258	4.94974747	0.73	3.61331565	0.0161944	0.37
bv3	20+850	4.77213405	7.35162306	0.6491266	3.72599589	4.16016765	1.06	4.4097777	0.06491266	0.55
bv4	21+002	Oued Illoula								
bv5	21+751	1.94826973	7.35162306	0.26501219	2.97835515	4.16016765	0.86	3.57774418	0.02650122	0.42
bv6	22+213	0.38423817	7.35162306	0.05226576	1.98478897	4.16016765	0.53	2.20488885	0.00522658	0.26
bv7	22+629	1.51225049	7.35162306	0.20570294	2.79556855	4.16016765	0.79	3.28653244	0.02057029	0.4
bv8	22+831	2.72649557	15.1094571	0.1804496	2.10956482	3.77736428	0.76	2.87079685	0.01804496	0.35
bv9	23+547	15.7260249	39.5979797	0.3971421	3.83033454	4.94974747	0.94	4.65276262	0.03971421	0.48
bv10	23+825	4.57782244	7.35162306	0.62269548	3.68747384	4.16016765	1.05	4.36817603	0.06226955	0.55
bv11	24+579	3.30564055	7.35162306	0.44964772	3.39921097	4.16016765	0.97	4.03536262	0.04496477	0.51
bv12	25+784	6.83768834	15.1094571	0.45254361	3.18996853	3.77736428	0.98	3.701817	0.04525436	0.51
bv13	26+775	2.03386973	7.01582741	0.28989734	2.35574654	3.11814551	0.88	2.74396805	0.02898973	0.45
bv14	26+948	2.5593684	14.3789342	0.17799431	2.33768785	3.83438245	0.75	2.87578683	0.01779943	0.39
BV15	27+222	Oued Tifrit								
bv16	28+067	23.8666334	39.5979797	0.60272351	3.35462132	6.29661459	1.05	6.61144532	0.06027235	0.54
BV17	28+524	8.02468875	20.7773814	0.38622233	3.30879903	4.15547628	0.93	3.86459294	0.03862223	0.46
BV18	28+672	3.30356707	7.35162306	0.44936568	3.3986778	4.16016765	0.97	4.03536262	0.04493657	0.51
BV19	28+825	3.73128695	7.35162306	0.50754601	3.50371582	4.16016765	1	4.16016765	0.0507546	0.52
BV20	28+897	5.47472428	15.1094571	0.36233759	3.02172086	3.77736428	0.92	3.47517514	0.03623376	0.47
BV21	28+997	Oued Mechaab								
BV22	29+072	2.03341879	7.35162306	0.27659454	3.01037723	4.16016765	0.86	3.57774418	0.02765945	0.43
BV23	32+003	4.44359411	7.35162306	0.60443715	3.66014093	4.16016765	1.05	4.36817603	0.06044372	0.54
BV24	32+581	14.4011461	39.5979797	0.36368386	3.73663749	4.94974747	0.92	4.55376767	0.03636839	0.47
BV25	32+958	1.76003996	7.35162306	0.23940835	2.90365387	4.16016765	0.82	3.41133747	0.02394084	0.41
BV26	33+496	2.19086265	7.35162306	0.29801074	3.06702983	4.16016765	0.88	3.66094753	0.02980107	0.45
BV27	33+698	2.5897448	7.35162306	0.35226844	3.19799997	4.16016765	0.91	3.78575256	0.03522684	0.46
BV28	33+813	1.35885224	7.35162306	0.18483704	2.72180665	4.16016765	0.76	3.16172741	0.0184837	0.38
BV29	34+464	2.64377273	7.35162306	0.35961756	3.21455042	4.16016765	0.91	3.78575256	0.03596176	0.47

V>0,6	Rq/100	Rv	v>0,3
2.08008382	0.00477345	0.24	0.99844024
1.83140656	0.00161944	0.14	0.69296465
2.28809221	0.00649127	0.28	1.16484694
1.74727041	0.00265012	0.2	0.83203353
1.08164359	0.00052266	0.1	0.41601676
1.66406706	0.00205703	0.18	0.74883018
1.3220775	0.0018045	0.14	0.528831
2.37587878	0.00397142	0.24	1.18793939
2.28809221	0.00622695	0.28	1.16484694
2.1216855	0.00449648	0.257	1.06916309
1.92645578	0.00452544	0.25	0.94434107
1.40316548	0.00289897	0.22	0.68599201
1.49540915	0.00177994	0.15	0.57515737
3.40017188	0.00602724	0.28	1.76305209
1.91151909	0.00386222	0.23	0.95575954
2.1216855	0.00449366	0.257	1.06916309
2.16328718	0.00507546	0.26	1.08164359
1.77536121	0.00362338	0.23	0.86879379
1.78887209	0.00276595	0.21	0.87363521
2.24649053	0.00604437	0.28	1.16484694
2.32638131	0.00363684	0.23	1.13844192
1.70566873	0.00239408	0.18	0.74883018
1.87207544	0.00298011	0.22	0.91523688
1.91367712	0.00352268	0.23	0.95683856
1.58086371	0.00184837	0.17	0.7072285
1.95527879	0.00359618	0.23	0.95683856

Figure VII.1.Lithologie du terrain.



Rapport sur les volumes

Client : ENTSP
Préparé par : AHMANE ET MEDOUNI
Date : 6/2/2022 4:36:35 PM
Axe
axe final 2.1 :

Groupe de tabulations : KIMTAB

Abscisse curviligne de départ : 0000.00

Abscisse curviligne de fin : 15083.44

Abscisse curviligne	Surface de déblai (m²)	Volume de déblai (m³)	Surface de remblai (m²)	Volume de remblai (m³)	Vol. déblai cum. (m³)	Vol. remblai cum. (m³)	Vol. net cum. (m³)
0	25.36	0	4.12	0	0	0	0
50	29.24	1,364.94	3.22	183.34	1,364.94	183.34	1,181.60
100	33.57	1,570.27	0.52	93.36	2,935.21	276.7	2,658.52
150	33.29	1,671.55	0.19	17.66	4,606.76	294.36	4,312.41
200	47.82	2,027.72	0	4.74	6,634.49	299.09	6,335.39
250	41.85	2,241.72	0.13	3.28	8,876.20	302.37	8,573.83
300	44.6	2,161.13	0.67	20	11,037.33	322.37	10,714.97
350	46.49	2,277.13	0	16.72	13,314.47	339.09	12,975.38
400	37.45	2,098.45	0	0	15,412.92	339.09	15,073.83
450	46.76	2,105.29	0	0	17,518.21	339.09	17,179.12
470	51.5	982.67	0	0	18,500.88	339.09	18,161.80
480	46.65	490.75	0	0	18,991.63	339.09	18,652.55
490	43.72	451.83	0	0	19,443.47	339.09	19,104.38
500	44.96	443.42	0	0	19,886.89	339.09	19,547.80
510	49.48	472.21	0	0	20,359.10	339.09	20,020.01
520	52.96	512.21	0	0	20,871.31	339.09	20,532.22
530	47.64	503	0.08	0.41	21,374.31	339.49	21,034.81
540	51.82	497.3	0.14	1.09	21,871.61	340.58	21,531.03
550	56.12	539.7	0	0.68	22,411.31	341.26	22,070.04
560	55.05	555.82	0.01	0.06	22,967.13	341.32	22,625.80
570	54.44	547.42	0.05	0.32	23,514.54	341.64	23,172.90
580	54.13	542.84	0	0.27	24,057.38	341.91	23,715.47
590	58.29	562.09	0	0	24,619.47	341.91	24,277.56
600	60.66	594.74	0	0	25,214.21	341.91	24,872.30
610	53.49	570.76	0	0	25,784.97	341.91	25,443.06
620	47.67	505.8	0	0	26,290.77	341.91	25,948.86
630	47.15	474.1	0	0	26,764.86	341.91	26,422.96
640	51.56	493.55	0	0	27,258.41	341.91	26,916.50
650	55.42	534.89	0	0	27,793.30	341.91	27,451.39
660	53.85	546.36	0	0	28,339.67	341.91	27,997.76
670	54.92	543.85	0	0	28,883.52	341.91	28,541.61
680	55.51	552.13	0	0	29,435.65	341.91	29,093.74

690	57.58	565.44	0	0	30,001.09	341.91	29,659.18
700	59.73	586.54	0	0	30,587.63	341.91	30,245.72
710	60.79	602.6	0	0	31,190.23	341.91	30,848.32
720	64.16	624.77	0	0	31,815.00	341.91	31,473.09
730	63.09	636.23	0	0	32,451.23	341.91	32,109.32
740	63.21	631.48	0	0	33,082.71	341.91	32,740.80
750	65.78	644.93	0	0	33,727.64	341.91	33,385.73
760	59.01	623.92	0	0	34,351.56	341.91	34,009.65
770	56.2	576.06	0	0	34,927.62	341.91	34,585.71
780	60.25	582.27	0	0	35,509.89	341.91	35,167.98
790	58.22	592.36	0	0	36,102.25	341.91	35,760.34
800	62.87	605.43	0	0	36,707.68	341.91	36,365.78
810	71.87	673.68	0	0	37,381.37	341.91	37,039.46
820	71.04	714.54	0	0	38,095.91	341.91	37,754.00
830	62.03	665.35	0	0	38,761.26	341.91	38,419.35
840	63.64	628.33	0	0	39,389.59	341.91	39,047.68
850	65.04	643.39	0	0	40,032.98	341.91	39,691.07
860	65.58	653.14	0	0	40,686.12	341.91	40,344.21
870	71.34	684.6	0	0	41,370.72	341.91	41,028.81
880	77.08	742.08	0	0	42,112.80	341.91	41,770.89
890	81.34	792.11	0	0	42,904.91	341.91	42,563.00
900	85.74	835.4	0	0	43,740.31	341.91	43,398.40
950	92.2	4,448.60	0	0	48,188.91	341.91	47,847.00
1000	86.62	4,470.73	0	0	52,659.64	341.91	52,317.73
1030	0.5	1,306.93	17.61	264.13	53,966.57	606.04	53,360.53
1040	0	2.52	35.76	266.83	53,969.09	872.87	53,096.22
1050	1.32	6.62	17.51	266.36	53,975.70	1,139.23	52,836.48
1060	37.85	195.86	0	87.57	54,171.56	1,226.80	52,944.76
1070	85.57	617.11	0	0.01	54,788.66	1,226.81	53,561.85
1080	98.54	920.57	0	0	55,709.24	1,226.81	54,482.43
1090	98.67	986.06	0	0	56,695.29	1,226.81	55,468.48
1100	98.27	984.7	0	0	57,680.00	1,226.81	56,453.19
1110	102.55	1,004.09	0	0	58,684.09	1,226.81	57,457.28
1120	102.14	1,023.44	0	0	59,707.53	1,226.81	58,480.72
1130	99.79	1,009.63	0	0	60,717.15	1,226.81	59,490.34
1140	96.72	982.51	0	0	61,699.66	1,226.81	60,472.85
1150	93.41	950.63	0	0	62,650.29	1,226.81	61,423.48
1160	94.01	937.08	0	0	63,587.37	1,226.81	62,360.56
1170	93.16	935.84	0	0	64,523.21	1,226.81	63,296.40
1180	99.75	964.57	0	0	65,487.78	1,226.81	64,260.97
1190	105.61	1,026.79	0	0	66,514.57	1,226.81	65,287.76
1200	108.96	1,072.80	0	0	67,587.38	1,226.81	66,360.56
1210	103.63	1,062.94	0	0	68,650.32	1,226.81	67,423.51
1220	94.96	992.98	0	0	69,643.29	1,226.81	68,416.48
1230	81.91	884.36	0	0	70,527.66	1,226.81	69,300.85

1240	76.02	789.63	0	0	71,317.28	1,226.81	70,090.47
1250	71.08	735.49	0	0	72,052.77	1,226.81	70,825.96
1260	68.04	695.61	0	0	72,748.38	1,226.81	71,521.57
1270	64.14	660.91	0	0	73,409.30	1,226.81	72,182.49
1280	59.04	615.94	0	0	74,025.23	1,226.81	72,798.42
1290	54.59	568.15	0	0	74,593.39	1,226.81	73,366.58
1300	52.14	533.61	0	0	75,127.00	1,226.81	73,900.19
1310	47.65	498.93	0	0	75,625.92	1,226.81	74,399.11
1320	37.98	428.15	0	0	76,054.07	1,226.81	74,827.26
1330	41.66	398.2	0	0	76,452.28	1,226.81	75,225.47
1340	35.8	387.3	0	0	76,839.58	1,226.81	75,612.77
1350	26.53	311.67	0	0	77,151.24	1,226.81	75,924.43
1360	24.05	252.91	0	0	77,404.15	1,226.81	76,177.34
1370	22.43	232.38	0	0	77,636.53	1,226.81	76,409.71
1380	20.72	215.75	0	0	77,852.28	1,226.81	76,625.46
1390	19.34	200.32	0	0	78,052.60	1,226.81	76,825.78
1400	21.12	202.3	0	0	78,254.89	1,226.81	77,028.08
1410	19.96	205.4	0	0	78,460.29	1,226.81	77,233.48
1420	17.97	189.67	0	0	78,649.95	1,226.81	77,423.14
1430	17.55	177.61	0	0	78,827.56	1,226.81	77,600.75
1440	11.68	146.18	0.09	0.47	78,973.74	1,227.28	77,746.46
1450	8.05	98.67	3.52	18.04	79,072.40	1,245.32	77,827.08
1460	7.4	77.25	4.91	42.11	79,149.65	1,287.43	77,862.23
1470	6.49	69.45	5.88	53.91	79,219.10	1,341.34	77,877.76
1480	6.71	65.99	6.77	63.21	79,285.09	1,404.55	77,880.54
1490	7.1	69.03	7.66	72.12	79,354.12	1,476.66	77,877.45
1500	6.79	69.45	8.29	79.75	79,423.56	1,556.41	77,867.15
1510	5.97	63.8	7.97	81.32	79,487.36	1,637.73	77,849.63
1520	5.66	58.11	7.11	75.39	79,545.47	1,713.11	77,832.35
1530	5.03	53.45	1.83	44.68	79,598.92	1,757.79	77,841.13
1540	4.01	45.24	2.64	22.34	79,644.16	1,780.14	77,864.02
1550	1.86	29.38	7.34	49.88	79,673.54	1,830.02	77,843.52
1560	1.04	14.53	11.08	92.09	79,688.08	1,922.11	77,765.97
1570	2.12	15.83	10.35	107.17	79,703.90	2,029.28	77,674.63
1580	9.54	58.31	4.33	73.42	79,762.21	2,102.70	77,659.51
1590	4.64	70.91	7.51	59.2	79,833.12	2,161.89	77,671.22
1600	2.11	33.77	9.31	84.11	79,866.89	2,246.01	77,620.88
1650	2	102.76	7.2	412.88	79,969.65	2,658.89	77,310.76
1700	5.34	183.5	19.36	664.11	80,153.15	3,323.00	76,830.15
1750	7.12	311.65	27.49	1,171.37	80,464.81	4,494.36	75,970.44
1800	6.68	344.97	18.32	1,145.38	80,809.78	5,639.74	75,170.03
1850	20.84	687.91	6.52	620.94	81,497.69	6,260.69	75,237.00
1900	127.7	3,713.53	0	162.88	85,211.22	6,423.57	78,787.65
1950	114.36	6,051.42	0	0	91,262.63	6,423.57	84,839.06
2000	138.17	6,313.26	0	0	97,575.89	6,423.57	91,152.32

2050	153.52	7,292.34	0	0	104,868.23	6,423.57	98,444.66
2100	247.32	10,020.99	0	0	114,889.23	6,423.57	108,465.66
2110	243.48	2,454.02	0	0	117,343.25	6,423.57	110,919.68
2120	128.74	1,861.11	0	0	119,204.36	6,423.57	112,780.79
2130	284.92	2,068.28	0	0	121,272.64	6,423.57	114,849.07
2140	254.12	2,695.18	0	0	123,967.82	6,423.57	117,544.25
2150	114.89	1,845.04	0	0	125,812.87	6,423.57	119,389.30
2160	95.64	1,052.66	0	0	126,865.53	6,423.57	120,441.96
2170	86.08	908.63	0	0	127,774.15	6,423.57	121,350.58
2180	171.77	1,289.27	0	0	129,063.42	6,423.57	122,639.85
2190	149.62	1,606.97	0	0	130,670.39	6,423.57	124,246.82
2200	69.56	1,095.93	0	0	131,766.32	6,423.57	125,342.75
2210	104.66	871.1	0	0	132,637.43	6,423.57	126,213.86
2220	56.28	804.67	0	0	133,442.09	6,423.57	127,018.53
2230	61.8	590.36	0	0	134,032.46	6,423.57	127,608.89
2240	67.59	646.93	0	0	134,679.39	6,423.57	128,255.82
2250	63.71	656.5	0	0	135,335.89	6,423.57	128,912.32
2260	69.4	665.57	0	0	136,001.46	6,423.57	129,577.89
2270	77.5	734.51	0	0	136,735.97	6,423.57	130,312.40
2280	92.74	851.2	0	0	137,587.17	6,423.57	131,163.60
2290	114.2	1,034.69	0	0	138,621.85	6,423.57	132,198.29
2300	142.39	1,282.93	0	0	139,904.79	6,423.57	133,481.22
2310	149.57	1,459.81	0	0	141,364.60	6,423.57	134,941.03
2320	158.96	1,542.64	0	0	142,907.23	6,423.57	136,483.66
2330	115.74	1,373.47	0	0	144,280.70	6,423.57	137,857.13
2340	104.56	1,101.48	7.36	36.8	145,382.18	6,460.37	138,921.81
2350	108.44	1,064.98	7.82	75.89	146,447.15	6,536.26	139,910.90
2360	101.27	1,048.52	13.29	105.53	147,495.68	6,641.79	140,853.89
2370	97.21	992.37	14.99	141.4	148,488.05	6,783.19	141,704.85
2380	98.74	979.75	13.53	142.63	149,467.80	6,925.82	142,541.98
2390	104.84	1,017.93	10.76	121.44	150,485.73	7,047.26	143,438.47
2400	112.47	1,086.56	8.25	95.01	151,572.29	7,142.27	144,430.02
2410	111.8	1,121.37	8.45	83.49	152,693.66	7,225.76	145,467.91
2420	115.14	1,134.73	7.8	81.28	153,828.39	7,307.03	146,521.36
2430	113.97	1,145.55	11.19	94.98	154,973.94	7,402.02	147,571.92
2440	102.47	1,082.21	20.67	159.34	156,056.15	7,561.35	148,494.79
2450	87.84	951.57	41.27	309.72	157,007.71	7,871.08	149,136.63
2460	65.22	765.28	78.43	598.53	157,773.00	8,469.61	149,303.39
2470	53.01	591.12	114.68	965.56	158,364.12	9,435.17	148,928.95
2480	41.75	473.76	135.56	1,251.19	158,837.88	10,686.36	148,151.53
2490	24.34	330.42	157.13	1,463.43	159,168.30	12,149.79	147,018.51
2500	7.01	156.73	184.47	1,708.01	159,325.03	13,857.79	145,467.23
2510	0	35.04	209.23	1,968.51	159,360.06	15,826.31	143,533.76
2520	0	0	233.74	2,214.81	159,360.06	18,041.12	141,318.94
2530	0	0	241.13	2,374.35	159,360.06	20,415.47	138,944.60

2540	0	0	253.76	2,474.46	159,360.06	22,889.93	136,470.14
2550	0	0	291.12	2,724.38	159,360.06	25,614.31	133,745.76
2560	0	0	298.63	2,948.75	159,360.06	28,563.06	130,797.01
2570	0	0	323.29	3,109.62	159,360.06	31,672.67	127,687.39
2580	0	0	353.45	3,383.72	159,360.06	35,056.39	124,303.67
2590	0	0	370.48	3,619.68	159,360.06	38,676.07	120,683.99
2600	0	0	375.34	3,729.12	159,360.06	42,405.20	116,954.87
2610	0	0	377.51	3,764.24	159,360.06	46,169.44	113,190.62
2620	0	0	386.69	3,820.99	159,360.06	49,990.43	109,369.64
2630	0	0	389.22	3,879.54	159,360.06	53,869.97	105,490.10
2640	0	0	396.35	3,927.82	159,360.06	57,797.79	101,562.27
2650	0	0	409.07	4,027.06	159,360.06	61,824.85	97,535.21
2660	0	0	418.4	4,137.31	159,360.06	65,962.16	93,397.90
2670	0	0	416.51	4,174.55	159,360.06	70,136.71	89,223.36
2680	0	0	429.64	4,230.76	159,360.06	74,367.47	84,992.59
2690	0	0	431.95	4,307.96	159,360.06	78,675.43	80,684.64
2700	0	0	428.42	4,301.87	159,360.06	82,977.29	76,382.77
2710	0	0	430.52	4,294.68	159,360.06	87,271.97	72,088.09
2720	0	0	429.64	4,300.80	159,360.06	91,572.78	67,787.29
2730	0	0	428.71	4,291.79	159,360.06	95,864.56	63,495.50
2740	0	0	428.38	4,285.45	159,360.06	100,150.01	59,210.06
2750	0	0	426.28	4,273.30	159,360.06	104,423.31	54,936.75
2760	0	0	422.97	4,246.26	159,360.06	108,669.58	50,690.49
2770	0	0	415.18	4,190.72	159,360.06	112,860.30	46,499.76
2780	0	0	411.11	4,131.41	159,360.06	116,991.71	42,368.36
2790	0	0	408.79	4,099.46	159,360.06	121,091.16	38,268.90
2800	0	0	404.87	4,068.27	159,360.06	125,159.44	34,200.63
2810	0	0	402.36	4,036.15	159,360.06	129,195.59	30,164.48
2820	0	0	400.13	4,012.44	159,360.06	133,208.03	26,152.04
2830	0	0	398.42	3,992.74	159,360.06	137,200.77	22,159.29
2840	0	0	396.47	3,974.48	159,360.06	141,175.25	18,184.82
2850	0	0	394.98	3,957.27	159,360.06	145,132.52	14,227.55
2860	0	0	394.16	3,945.70	159,360.06	149,078.22	10,281.85
2870	0	0	395.16	3,946.62	159,360.06	153,024.84	6,335.23
2880	0	0	397.64	3,964.04	159,360.06	156,988.88	2,371.18
2890	0	0	398.02	3,978.32	159,360.06	160,967.20	-1,607.14
2900	0	0	395.2	3,966.11	159,360.06	164,933.32	-5,573.25
2910	0	0	389.11	3,921.56	159,360.06	168,854.88	-9,494.81
2920	0	0	380.07	3,845.87	159,360.06	172,700.75	-13,340.69
2930	0	0	373.82	3,769.41	159,360.06	176,470.16	-17,110.09
2940	0	0	372.03	3,729.22	159,360.06	180,199.38	-20,839.32
2950	0	0	385.44	3,787.37	159,360.06	183,986.75	-24,626.68
2960	0	0	394.92	3,901.81	159,360.06	187,888.56	-28,528.50
2970	0	0	406.23	4,005.75	159,360.06	191,894.31	-32,534.24
2980	0	0	418.9	4,125.63	159,360.06	196,019.94	-36,659.88

2990	0	0	431.69	4,252.91	159,360.06	200,272.85	-40,912.79
3000	0	0	437.75	4,347.20	159,360.06	204,620.05	-45,259.98
3010	0	0	439.19	4,384.70	159,360.06	209,004.74	-49,644.68
3020	0	0	438.21	4,386.99	159,360.06	213,391.74	-54,031.67
3030	0	0	436.98	4,375.98	159,360.06	217,767.72	-58,407.65
3040	0	0	434.96	4,359.70	159,360.06	222,127.42	-62,767.36
3050	0	0	428.31	4,316.32	159,360.06	226,443.74	-67,083.67
3060	0	0	421.62	4,249.63	159,360.06	230,693.37	-71,333.30
3070	0	0	415.14	4,183.77	159,360.06	234,877.14	-75,517.07
3080	0	0	408.12	4,116.25	159,360.06	238,993.39	-79,633.33
3090	0	0	399.14	4,036.26	159,360.06	243,029.66	-83,669.59
3100	0	0	387.56	3,933.49	159,360.06	246,963.14	-87,603.08
3110	0	0	373.85	3,807.03	159,360.06	250,770.18	-91,410.11
3120	0	0	361.72	3,677.82	159,360.06	254,448.00	-95,087.93
3130	0	0	351.87	3,567.94	159,360.06	258,015.93	-98,655.87
3140	0	0	343.63	3,477.48	159,360.06	261,493.41	-102,133.35
3150	0	0	336.08	3,398.54	159,360.06	264,891.95	-105,531.88
3160	0	0	328.82	3,324.49	159,360.06	268,216.44	-108,856.37
3170	0	0	320.8	3,248.07	159,360.06	271,464.51	-112,104.44
3180	0	0	312.69	3,167.42	159,360.06	274,631.93	-115,271.86
3190	0	0	307.05	3,098.68	159,360.06	277,730.61	-118,370.55
3200	0	0	303.95	3,054.98	159,360.06	280,785.60	-121,425.53
3210	0	0	300.42	3,021.84	159,360.06	283,807.44	-124,447.38
3220	0	0	293.86	2,971.43	159,360.06	286,778.87	-127,418.80
3230	0	0	286.11	2,899.89	159,360.06	289,678.76	-130,318.69
3240	0	0	277.41	2,817.64	159,360.06	292,496.39	-133,136.33
3250	0	0	269.14	2,732.76	159,360.06	295,229.15	-135,869.08
3260	0	0	260.96	2,650.48	159,360.06	297,879.62	-138,519.56
3270	0	0	255.19	2,580.76	159,360.06	300,460.38	-141,100.32
3280	0	0	251.03	2,531.11	159,360.06	302,991.49	-143,631.43
3290	0	0	247.7	2,493.66	159,360.06	305,485.15	-146,125.09
3300	0	0	242.8	2,452.51	159,360.06	307,937.67	-148,577.60
3310	0	0	236.92	2,398.61	159,360.06	310,336.27	-150,976.21
3320	0	0	229.91	2,334.18	159,360.06	312,670.45	-153,310.39
3330	0	0	222.85	2,263.80	159,360.06	314,934.25	-155,574.19
3340	0	0	217.69	2,202.66	159,360.06	317,136.92	-157,776.85
3350	0	0	214.83	2,162.56	159,360.06	319,299.48	-159,939.41
3400	0	0	200.88	10,392.65	159,360.06	329,692.13	-170,332.07
3450	0	0	171.3	9,304.49	159,360.06	338,996.62	-179,636.55
3500	0	0	140.12	7,785.43	159,360.06	346,782.04	-187,421.98
3550	0	0	120.8	6,522.93	159,360.06	353,304.97	-193,944.91
3600	0	0	126.34	6,178.54	159,360.06	359,483.52	-200,123.45
3650	0	0	97.3	5,590.99	159,360.06	365,074.51	-205,714.44
3690	0	0	58.76	3,121.10	159,360.06	368,195.61	-208,835.54
3700	0	0	53.7	562.3	159,360.06	368,757.91	-209,397.84

3710	0	0	50.21	519.56	159,360.06	369,277.46	-209,917.40
3720	0	0	46.55	483.79	159,360.06	369,761.25	-210,401.19
3730	0	0	43.39	449.72	159,360.06	370,210.97	-210,850.91
3740	0	0	40.97	421.82	159,360.06	370,632.79	-211,272.72
3750	0	0	38.76	398.65	159,360.06	371,031.44	-211,671.37
3760	0	0	35.83	372.94	159,360.06	371,404.38	-212,044.31
3770	0	0	32.55	341.89	159,360.06	371,746.27	-212,386.21
3780	0	0	28.91	307.29	159,360.06	372,053.56	-212,693.50
3790	0	0	25.27	270.88	159,360.06	372,324.44	-212,964.37
3800	0	0	21.76	235.15	159,360.06	372,559.59	-213,199.52
3810	0	0	17.38	195.68	159,360.06	372,755.27	-213,395.20
3820	0.09	0.44	14.09	157.33	159,360.51	372,912.60	-213,552.09
3830	0	0.44	30.5	222.97	159,360.95	373,135.57	-213,774.62
3840	0	0	48.02	392.64	159,360.95	373,528.21	-214,167.26
3850	0.12	0.58	23.72	358.72	159,361.53	373,886.93	-214,525.40
3860	1.86	9.87	6.44	150.79	159,371.40	374,037.72	-214,666.31
3870	0.38	11.18	8.53	74.86	159,382.59	374,112.57	-214,729.99
3880	0.32	3.49	8.68	86.06	159,386.07	374,198.63	-214,812.56
3890	0.56	4.38	6.63	76.54	159,390.45	374,275.17	-214,884.72
3900	0.84	7	4.89	57.58	159,397.45	374,332.75	-214,935.30
3910	1.08	9.6	3.72	43.02	159,407.04	374,375.77	-214,968.73
3920	1.34	12.08	2.73	32.25	159,419.13	374,408.02	-214,988.89
3930	1.66	14.98	1.34	20.37	159,434.11	374,428.39	-214,994.29
3940	2.47	20.65	0.02	6.83	159,454.76	374,435.23	-214,980.47
3950	4.42	34.48	0	0.12	159,489.24	374,435.35	-214,946.11
3960	6.28	53.52	0	0	159,542.76	374,435.35	-214,892.59
3970	7.87	70.78	0	0	159,613.54	374,435.35	-214,821.80
3980	11.66	97.66	0	0	159,711.20	374,435.35	-214,724.14
3990	17.94	148.01	0	0	159,859.21	374,435.35	-214,576.13
4000	22.19	200.68	0	0	160,059.89	374,435.35	-214,375.45
4010	25.77	239.79	0	0	160,299.68	374,435.35	-214,135.67
4020	29.55	276.57	0	0	160,576.25	374,435.35	-213,859.09
4030	32.59	310.71	0	0	160,886.96	374,435.35	-213,548.38
4040	34.48	335.38	0	0	161,222.34	374,435.35	-213,213.00
4050	36.4	354.4	0	0	161,576.74	374,435.35	-212,858.60
4060	38.36	373.78	0	0	161,950.52	374,435.35	-212,484.82
4070	39.58	389.71	0	0	162,340.23	374,435.35	-212,095.11
4080	42.3	409.44	0	0	162,749.68	374,435.35	-211,685.67
4090	46.17	442.39	0	0	163,192.07	374,435.35	-211,243.27
4100	54.2	501.85	0	0	163,693.92	374,435.35	-210,741.42
4110	57.97	560.85	0	0	164,254.77	374,435.35	-210,180.58
4120	57.44	577.04	0	0	164,831.81	374,435.35	-209,603.53
4130	61.79	596.15	0	0	165,427.96	374,435.35	-209,007.39
4140	68.6	651.95	0	0	166,079.91	374,435.35	-208,355.44
4150	62.79	656.93	0	0	166,736.84	374,435.35	-207,698.51

4160	62.44	626.13	0	0	167,362.96	374,435.35	-207,072.38
4170	72.47	674.53	0	0	168,037.49	374,435.35	-206,397.85
4180	77.35	749.1	0	0	168,786.59	374,435.35	-205,648.76
4190	69.95	736.5	0	0	169,523.08	374,435.35	-204,912.26
4200	69.89	699.2	0	0	170,222.29	374,435.35	-204,213.06
4250	83.3	3,829.81	0	0	174,052.09	374,435.35	-200,383.25
4300	104.25	4,688.68	0	0	178,740.77	374,435.35	-195,694.57
4350	114.52	5,469.25	0	0	184,210.02	374,435.35	-190,225.33
4400	120.43	5,873.93	0	0	190,083.95	374,435.35	-184,351.40
4450	118.2	5,965.88	0	0	196,049.83	374,435.35	-178,385.51
4500	107.84	5,650.99	0	0	201,700.83	374,435.35	-172,734.52
4550	99.1	5,173.43	0	0	206,874.26	374,435.35	-167,561.09
4600	93.47	4,814.20	0	0	211,688.46	374,435.35	-162,746.89
4650	78.49	4,298.95	0	0	215,987.41	374,435.35	-158,447.94
4700	75.97	3,861.48	0	0	219,848.89	374,435.35	-154,586.45
4750	74.13	3,752.44	0	0	223,601.33	374,435.35	-150,834.02
4800	64.27	3,460.09	0	0	227,061.42	374,435.35	-147,373.93
4850	58.95	3,080.65	0	0	230,142.06	374,435.35	-144,293.28
4900	48.06	2,675.37	0	0	232,817.43	374,435.35	-141,617.91
4950	43.08	2,278.64	0	0	235,096.07	374,435.35	-139,339.27
5000	39.15	2,055.73	0	0	237,151.80	374,435.35	-137,283.54
5050	35.15	1,857.44	0	0	239,009.24	374,435.35	-135,426.11
5100	34.9	1,751.27	0	0	240,760.50	374,435.35	-133,674.84
5150	35.16	1,751.53	0	0	242,512.03	374,435.35	-131,923.31
5200	29.57	1,618.34	0	0	244,130.37	374,435.35	-130,304.97
5250	29.79	1,484.10	0	0	245,614.47	374,435.35	-128,820.87
5300	29.58	1,484.38	0	0	247,098.85	374,435.35	-127,336.50
5350	93.78	3,084.17	0	0	250,183.02	374,435.35	-124,252.33
5400	225.09	7,971.83	0	0	258,154.85	374,435.35	-116,280.50
5450	223.01	11,202.46	0	0	269,357.30	374,435.35	-105,078.04
5500	219.52	11,063.09	0	0	280,420.39	374,435.35	-94,014.96
5550	0	5,487.89	15.68	391.88	285,908.28	374,827.22	-88,918.94
5600	0.03	0.77	13.88	738.9	285,909.05	375,566.12	-89,657.07
5650	0.08	2.77	18.85	818.29	285,911.82	376,384.41	-90,472.59
5700	0	2	20.81	991.45	285,913.83	377,375.86	-91,462.04
5750	0	0	22.31	1,077.81	285,913.83	378,453.68	-92,539.85
5800	13.57	339.14	29.05	1,283.78	286,252.97	379,737.45	-93,484.49
5850	67.45	2,025.29	0	726.15	288,278.26	380,463.60	-92,185.34
5900	48.76	2,905.19	0	0	291,183.45	380,463.60	-89,280.15
5950	31.11	1,996.69	0	0	293,180.14	380,463.60	-87,283.46
6000	30.79	1,547.34	0	0	294,727.48	380,463.60	-85,736.12
6050	35.55	1,658.34	0	0	296,385.82	380,463.60	-84,077.78
6100	43.1	1,966.07	0	0	298,351.89	380,463.60	-82,111.71
6150	45.05	2,203.66	0	0	300,555.55	380,463.60	-79,908.05
6200	49.84	2,372.35	0	0	302,927.90	380,463.60	-77,535.70

6250	58.63	2,711.79	0	0	305,639.69	380,463.60	-74,823.91
6300	55.68	2,857.67	0	0	308,497.36	380,463.60	-71,966.24
6350	65.12	3,019.92	0	0	311,517.28	380,463.60	-68,946.32
6400	83.75	3,721.58	0	0	315,238.86	380,463.60	-65,224.75
6450	74.42	3,954.24	0	0	319,193.10	380,463.60	-61,270.50
6500	71.38	3,645.07	0	0	322,838.17	380,463.60	-57,625.43
6550	79.6	3,774.48	0	0	326,612.65	380,463.60	-53,850.95
6600	62.78	3,559.61	0	0	330,172.25	380,463.60	-50,291.35
6650	53.25	2,900.73	0	0	333,072.99	380,463.60	-47,390.61
6700	65.76	2,975.14	0	0	336,048.13	380,463.60	-44,415.47
6750	66.84	3,315.00	0	0	339,363.13	380,463.60	-41,100.47
6800	84.17	3,775.19	0	0	343,138.32	380,463.60	-37,325.28
6850	105.75	4,748.02	0	0	347,886.34	380,463.60	-32,577.26
6900	102.41	5,204.03	0	0	353,090.37	380,463.60	-27,373.23
6920	105.25	2,076.59	0	0	355,166.96	380,463.60	-25,296.64
6930	102.53	1,038.90	0	0	356,205.86	380,463.60	-24,257.74
6940	98.4	1,004.65	0	0	357,210.51	380,463.60	-23,253.09
6950	96.28	973.41	0	0	358,183.92	380,463.60	-22,279.68
6960	108.03	1,021.54	0	0	359,205.46	380,463.60	-21,258.14
6970	119.84	1,139.32	0	0	360,344.78	380,463.60	-20,118.82
6980	107.08	1,134.61	0	0	361,479.39	380,463.60	-18,984.21
6990	101.4	1,042.39	0	0	362,521.79	380,463.60	-17,941.81
7000	96.03	987.11	0	0	363,508.90	380,463.60	-16,954.70
7010	91.83	939.29	0	0	364,448.18	380,463.60	-16,015.42
7020	87.53	896.79	0	0	365,344.98	380,463.60	-15,118.62
7030	88.16	878.44	0	0	366,223.41	380,463.60	-14,240.19
7040	91.19	896.76	0	0	367,120.18	380,463.60	-13,343.42
7050	93.79	924.91	0	0	368,045.09	380,463.60	-12,418.51
7060	94.83	943.07	0	0	368,988.16	380,463.60	-11,475.44
7070	95.77	953	0	0	369,941.16	380,463.60	-10,522.44
7080	94.02	948.98	0	0	370,890.14	380,463.60	-9,573.46
7090	91.84	929.3	0	0	371,819.44	380,463.60	-8,644.16
7100	95.6	937.19	0	0	372,756.63	380,463.60	-7,706.97
7110	102.03	988.17	0	0	373,744.80	380,463.60	-6,718.80
7120	102.21	1,021.22	0	0	374,766.02	380,463.60	-5,697.58
7130	104.28	1,032.46	0	0	375,798.47	380,463.60	-4,665.13
7140	108.86	1,065.73	0	0	376,864.20	380,463.60	-3,599.40
7150	117.48	1,131.74	0	0	377,995.94	380,463.60	-2,467.67
7160	127.37	1,224.27	0	0	379,220.20	380,463.60	-1,243.40
7170	125.62	1,264.94	0	0	380,485.14	380,463.60	21.54
7180	115.21	1,204.13	0	0	381,689.28	380,463.60	1,225.67
7190	109.15	1,121.82	0	0	382,811.09	380,463.60	2,347.49
7200	125.48	1,173.15	0	0	383,984.24	380,463.60	3,520.64
7210	134.49	1,299.84	0	0	385,284.08	380,463.60	4,820.48
7220	138.74	1,366.16	0	0	386,650.24	380,463.60	6,186.64

7230	64.75	1,017.47	0	0	387,667.70	380,463.60	7,204.10
7240	1.07	329.11	9.02	45.08	387,996.82	380,508.68	7,488.14
7250	1	10.35	10.42	97.18	388,007.17	380,605.86	7,401.31
7260	49.27	251.33	0	52.11	388,258.50	380,657.97	7,600.53
7270	141.09	951.78	0	0	389,210.28	380,657.97	8,552.31
7280	158.58	1,498.33	0	0	390,708.61	380,657.97	10,050.64
7290	127.37	1,429.72	0	0	392,138.33	380,657.97	11,480.36
7300	102.01	1,146.91	0	0	393,285.24	380,657.97	12,627.27
7310	111.72	1,068.65	0	0	394,353.89	380,657.97	13,695.92
7320	113.44	1,125.79	0	0	395,479.68	380,657.97	14,821.71
7330	115.6	1,145.23	0	0	396,624.91	380,657.97	15,966.94
7340	111.66	1,136.32	0	0	397,761.23	380,657.97	17,103.26
7350	107.53	1,095.97	0	0	398,857.20	380,657.97	18,199.23
7360	107.9	1,077.19	0	0	399,934.39	380,657.97	19,276.42
7370	107.98	1,079.42	0	0	401,013.81	380,657.97	20,355.84
7380	105.25	1,066.17	0	0	402,079.97	380,657.97	21,422.01
7400	100.7	2,059.55	0	0	404,139.52	380,657.97	23,481.56
7450	118.16	5,471.45	0	0	409,610.97	380,657.97	28,953.01
7500	69.02	4,679.40	0	0	414,290.37	380,657.97	33,632.40
7550	60.47	3,237.12	0	0	417,527.49	380,657.97	36,869.52
7600	58.01	2,961.90	0.01	0.24	420,489.39	380,658.21	39,831.18
7650	55.88	2,847.18	0.99	25.04	423,336.57	380,683.25	42,653.33
7700	0.26	1,403.45	15.93	422.96	424,740.02	381,106.20	43,633.82
7750	51.28	1,288.60	0.8	418.1	426,028.62	381,524.30	44,504.32
7800	47.71	2,474.76	3.17	99.18	428,503.37	381,623.47	46,879.90
7850	44.28	2,299.75	4.28	186.26	430,803.12	381,809.74	48,993.39
7900	43.44	2,193.16	6.51	269.73	432,996.28	382,079.47	50,916.82
7950	40.25	2,092.31	6.97	336.85	435,088.59	382,416.31	52,672.28
8000	39.71	1,999.00	1.63	214.86	437,087.59	382,631.17	54,456.42
8050	32.67	1,809.44	1.93	88.87	438,897.03	382,720.05	56,176.98
8100	32.24	1,622.71	1.54	86.63	440,519.74	382,806.68	57,713.06
8150	31.24	1,587.06	1.95	87.13	442,106.80	382,893.81	59,213.00
8200	27.85	1,477.31	2.86	120.06	443,584.11	383,013.87	60,570.24
8250	27.05	1,372.61	0.75	90.19	444,956.73	383,104.06	61,852.67
8300	20.84	1,197.35	1.01	43.93	446,154.08	383,147.99	63,006.09
8350	17.22	951.62	2.94	98.66	447,105.70	383,246.65	63,859.05
8360	15.61	164.18	3.1	30.18	447,269.88	383,276.82	63,993.06
8370	14.59	151.01	3.26	31.79	447,420.89	383,308.61	64,112.28
8380	16.2	153.92	3.54	34.01	447,574.81	383,342.62	64,232.19
8390	15.3	157.46	3.72	36.29	447,732.27	383,378.92	64,353.35
8400	15.11	152.05	3.81	37.66	447,884.32	383,416.57	64,467.74
8410	14.98	150.46	3.9	38.54	448,034.78	383,455.12	64,579.66
8420	14.63	148.05	3.93	39.11	448,182.83	383,494.23	64,688.60
8430	15.16	148.97	3.6	37.63	448,331.80	383,531.86	64,799.94
8440	15.72	154.4	3.21	34.07	448,486.20	383,565.92	64,920.28

8450	16.34	160.29	2.89	30.5	448,646.50	383,596.43	65,050.07
8460	16.62	164.84	2.57	27.28	448,811.33	383,623.71	65,187.62
8470	16.69	166.6	2.26	24.13	448,977.93	383,647.84	65,330.09
8480	16.81	167.55	2.18	22.17	449,145.48	383,670.01	65,475.47
8490	16.65	167.31	2.01	20.94	449,312.78	383,690.95	65,621.84
8500	16.34	164.94	1.82	19.17	449,477.72	383,710.12	65,767.60
8510	16.69	165.15	1.73	17.79	449,642.87	383,727.91	65,914.97
8520	16.78	167.37	1.57	16.51	449,810.24	383,744.41	66,065.83
8530	13.07	149.27	1.51	15.4	449,959.51	383,759.81	66,199.70
8540	15.15	141.1	2.1	18.05	450,100.61	383,777.86	66,322.75
8550	16.58	158.65	2.51	23.01	450,259.26	383,800.87	66,458.39
8560	16.75	166.63	2.23	23.69	450,425.89	383,824.56	66,601.33
8570	17.2	169.74	1.75	19.93	450,595.63	383,844.49	66,751.14
8580	21.03	191.15	1.49	16.23	450,786.78	383,860.72	66,926.06
8590	21.7	213.62	1.26	13.77	451,000.41	383,874.49	67,125.92
8600	22.22	219.58	1.04	11.5	451,219.99	383,885.99	67,334.00
8610	22.41	223.16	0.8	9.19	451,443.15	383,895.17	67,547.98
8620	23.35	228.81	0.53	6.65	451,671.96	383,901.83	67,770.14
8630	25.05	241.99	0.19	3.62	451,913.96	383,905.44	68,008.51
8640	26.83	259.39	0	0.98	452,173.35	383,906.42	68,266.93
8650	28.67	277.49	0	0.02	452,450.84	383,906.44	68,544.41
8660	28.56	286.16	0	0	452,737.00	383,906.44	68,830.57
8670	28.13	283.44	0	0	453,020.45	383,906.44	69,114.01
8680	25.06	265.94	0	0	453,286.39	383,906.44	69,379.95
8690	29.28	271.72	0	0	453,558.11	383,906.44	69,651.68
8700	32.49	308.86	0	0.02	453,866.97	383,906.45	69,960.52
8710	32.82	326.55	0.01	0.08	454,193.52	383,906.53	70,286.99
8720	33.08	329.48	0.01	0.11	454,523.00	383,906.64	70,616.36
8730	33.48	332.76	0.03	0.22	454,855.76	383,906.86	70,948.90
8740	33.91	336.93	0.07	0.53	455,192.69	383,907.39	71,285.31
8750	36.31	351.1	0	0.36	455,543.79	383,907.74	71,636.05
8760	37.49	368.99	0	0	455,912.78	383,907.74	72,005.04
8800	38.86	1,526.88	0.07	1.43	457,439.66	383,909.17	73,530.49
8850	45.82	2,116.96	0	1.78	459,556.62	383,910.96	75,645.66
8900	48.15	2,349.16	0	0	461,905.77	383,910.96	77,994.82
8950	49.28	2,435.52	0	0	464,341.30	383,910.96	80,430.34
9000	5.67	1,373.62	13.81	345.29	465,714.91	384,256.24	81,458.67
9050	51.37	1,425.89	0	345.29	467,140.80	384,601.53	82,539.27
9100	61.07	2,811.01	0	0	469,951.81	384,601.53	85,350.27
9150	59.6	3,016.85	0	0	472,968.66	384,601.53	88,367.13
9200	59.96	2,989.06	0	0	475,957.72	384,601.53	91,356.19
9250	73.47	3,335.91	0	0	479,293.63	384,601.53	94,692.10
9300	51.97	3,136.15	0	0	482,429.78	384,601.53	97,828.25
9350	53.46	2,635.86	0	0	485,065.64	384,601.53	100,464.11
9400	47.72	2,529.58	0	0	487,595.22	384,601.53	102,993.69

9450	44.82	2,313.63	0	0	489,908.85	384,601.53	105,307.32
9500	40.84	2,141.55	0	0	492,050.40	384,601.53	107,448.87
9550	42.07	2,072.63	0	0	494,123.03	384,601.53	109,521.50
9600	64.16	2,655.72	0	0	496,778.75	384,601.53	112,177.22
9650	68.79	3,323.80	0	0	500,102.55	384,601.53	115,501.02
9700	75.36	3,603.84	0	0	503,706.39	384,601.53	119,104.86
9750	81.78	3,928.60	0	0	507,634.99	384,601.53	123,033.46
9800	88.11	4,247.15	0	0	511,882.14	384,601.53	127,280.61
9850	86.56	4,366.67	0	0	516,248.81	384,601.53	131,647.28
9900	88.35	4,372.84	0	0	520,621.65	384,601.53	136,020.12
9950	84.46	4,320.36	0	0	524,942.01	384,601.53	140,340.48
10000	89.64	4,352.49	0	0	529,294.50	384,601.53	144,692.97
10050	87.86	4,437.44	0	0	533,731.94	384,601.53	149,130.41
10100	86.57	4,360.70	0	0	538,092.63	384,601.53	153,491.10
10150	85.36	4,298.13	0	0	542,390.76	384,601.53	157,789.23
10200	80.76	4,153.06	0	0	546,543.82	384,601.53	161,942.29
10250	76.27	3,925.75	0	0	550,469.57	384,601.53	165,868.04
10300	84.66	4,023.07	0	0	554,492.65	384,601.53	169,891.12
10350	89.14	4,344.92	0	0	558,837.56	384,601.53	174,236.03
10390	100	3,782.80	0	0	562,620.37	384,601.53	178,018.84
10400	102.48	1,012.42	0	0	563,632.79	384,601.53	179,031.26
10410	100.32	1,014.03	0	0	564,646.82	384,601.53	180,045.29
10420	97.66	989.92	0	0	565,636.74	384,601.53	181,035.21
10430	100.53	990.96	0	0	566,627.71	384,601.53	182,026.18
10440	103.5	1,020.16	0	0	567,647.87	384,601.53	183,046.34
10450	105.61	1,045.53	0	0	568,693.40	384,601.53	184,091.87
10460	107.1	1,063.55	0	0	569,756.95	384,601.53	185,155.42
10470	109.09	1,080.96	0	0	570,837.91	384,601.53	186,236.38
10480	110.11	1,096.01	0	0	571,933.92	384,601.53	187,332.39
10490	110.46	1,102.87	0	0	573,036.79	384,601.53	188,435.26
10500	110.91	1,106.83	0	0	574,143.62	384,601.53	189,542.09
10510	112.09	1,114.99	0	0	575,258.61	384,601.53	190,657.08
10520	113.55	1,128.20	0	0	576,386.81	384,601.53	191,785.28
10530	115.72	1,146.36	0	0	577,533.17	384,601.53	192,931.64
10540	118.11	1,169.18	0	0	578,702.35	384,601.53	194,100.81
10550	119.68	1,188.96	0	0	579,891.31	384,601.53	195,289.78
10560	121.46	1,205.73	0	0	581,097.04	384,601.53	196,495.51
10570	123.47	1,224.66	0	0	582,321.69	384,601.53	197,720.16
10580	116.76	1,201.11	0	0	583,522.80	384,601.53	198,921.27
10590	114.75	1,157.54	0	0	584,680.34	384,601.53	200,078.81
10600	113.78	1,142.65	0	0	585,822.99	384,601.53	201,221.46
10610	113.4	1,135.87	0	0	586,958.86	384,601.53	202,357.33
10620	112.52	1,129.58	0	0	588,088.44	384,601.53	203,486.91
10630	114.67	1,135.97	0	0	589,224.41	384,601.53	204,622.88
10640	117.31	1,159.90	0	0	590,384.32	384,601.53	205,782.78

10650	119.36	1,183.35	0	0	591,567.67	384,601.53	206,966.14
10660	121.04	1,202.03	0	0	592,769.70	384,601.53	208,168.17
10670	123.24	1,221.39	0	0	593,991.10	384,601.53	209,389.57
10680	120.18	1,217.09	0	0	595,208.18	384,601.53	210,606.65
10690	115.56	1,178.72	0	0	596,386.90	384,601.53	211,785.37
10700	110.96	1,132.63	0	0	597,519.54	384,601.53	212,918.01
10710	108.18	1,095.74	0	0	598,615.28	384,601.53	214,013.75
10720	106.65	1,074.18	0	0	599,689.46	384,601.53	215,087.93
10730	109.16	1,079.06	0	0	600,768.52	384,601.53	216,166.99
10740	111.75	1,104.54	0	0	601,873.07	384,601.53	217,271.54
10750	113.85	1,127.98	0	0	603,001.05	384,601.53	218,399.52
10760	115.81	1,148.29	0	0	604,149.34	384,601.53	219,547.81
10770	117.94	1,168.74	0	0	605,318.08	384,601.53	220,716.55
10780	116.21	1,170.73	0	0	606,488.82	384,601.53	221,887.29
10790	114.5	1,153.57	0	0	607,642.39	384,601.53	223,040.86
10800	113.44	1,139.72	0	0	608,782.11	384,601.53	224,180.58
10810	112.74	1,130.91	0	0	609,913.02	384,601.53	225,311.49
10820	112.5	1,126.22	0	0	611,039.25	384,601.53	226,437.71
10830	109.78	1,111.42	0	0	612,150.66	384,601.53	227,549.13
10840	105.95	1,078.66	0	0	613,229.32	384,601.53	228,627.79
10850	102.7	1,043.26	0	0	614,272.58	384,601.53	229,671.05
10860	101.27	1,019.87	0	0	615,292.45	384,601.53	230,690.92
10870	99.52	1,003.99	0	0	616,296.45	384,601.53	231,694.92
10880	97.04	982.83	0	0	617,279.27	384,601.53	232,677.74
10890	94.7	958.72	0	0	618,237.99	384,601.53	233,636.46
10900	92.17	934.36	0	0	619,172.35	384,601.53	234,570.82
10910	88.78	904.74	0	0	620,077.09	384,601.53	235,475.56
10920	85.61	871.96	0	0	620,949.05	384,601.53	236,347.52
10930	85.16	853.86	0	0	621,802.91	384,601.53	237,201.38
10940	84.62	848.88	0	0	622,651.79	384,601.53	238,050.26
10950	83.71	841.64	0	0	623,493.43	384,601.53	238,891.90
10960	84.27	839.9	0	0	624,333.33	384,601.53	239,731.80
10970	85.46	848.64	0	0	625,181.97	384,601.53	240,580.43
10980	89.76	876.1	0	0	626,058.07	384,601.53	241,456.54
10990	89.61	896.88	0	0	626,954.95	384,601.53	242,353.42
11000	85.11	873.64	0	0	627,828.58	384,601.53	243,227.05
11010	80.5	828.09	0	0	628,656.67	384,601.53	244,055.14
11020	76.61	785.57	0	0	629,442.24	384,601.53	244,840.71
11030	79.27	779.41	0	0	630,221.65	384,601.53	245,620.12
11040	83.84	815.57	0	0	631,037.22	384,601.53	246,435.69
11050	87.61	857.25	0	0	631,894.47	384,601.53	247,292.94
11060	88.94	882.72	0	0	632,777.19	384,601.53	248,175.66
11070	90.04	894.88	0	0	633,672.07	384,601.53	249,070.54
11080	93.49	917.64	0	0	634,589.71	384,601.53	249,988.18
11090	97.56	955.26	0	0	635,544.97	384,601.53	250,943.44

11100	101.57	995.69	0	0	636,540.66	384,601.53	251,939.13
11150	127.92	5,737.26	0	0	642,277.92	384,601.53	257,676.39
11200	134.64	6,564.00	0	0	648,841.93	384,601.53	264,240.40
11250	154.15	7,219.97	0	0	656,061.89	384,601.53	271,460.36
11300	152.49	7,666.09	0	0	663,727.98	384,601.53	279,126.45
11350	141.13	7,340.54	0	0	671,068.53	384,601.53	286,467.00
11380	149.74	4,363.10	0	0	675,431.63	384,601.53	290,830.10
11390	151.83	1,507.84	0	0	676,939.47	384,601.53	292,337.94
11400	152.09	1,519.57	0	0	678,459.04	384,601.53	293,857.51
11410	148.84	1,504.65	0	0	679,963.69	384,601.53	295,362.16
11420	149.03	1,489.37	0	0	681,453.05	384,601.53	296,851.52
11430	152.33	1,506.81	0	0	682,959.86	384,601.53	298,358.33
11440	150.49	1,514.11	0	0	684,473.97	384,601.53	299,872.44
11450	162.31	1,564.03	0	0	686,038.00	384,601.53	301,436.47
11460	166.89	1,646.00	0	0	687,684.00	384,601.53	303,082.47
11470	169.65	1,682.70	0	0	689,366.70	384,601.53	304,765.17
11480	168.5	1,690.75	0	0	691,057.45	384,601.53	306,455.92
11490	167.33	1,679.11	0	0	692,736.56	384,601.53	308,135.03
11500	163.43	1,653.78	0	0	694,390.34	384,601.53	309,788.81
11510	155.45	1,594.40	0	0	695,984.74	384,601.53	311,383.21
11520	153.29	1,543.71	0	0	697,528.45	384,601.53	312,926.92
11530	155.62	1,544.55	0	0	699,073.00	384,601.53	314,471.47
11540	158.88	1,572.48	0	0	700,645.48	384,601.53	316,043.95
11550	161.1	1,599.89	0	0	702,245.36	384,601.53	317,643.83
11560	165.05	1,630.75	0	0	703,876.11	384,601.53	319,274.58
11570	168.37	1,667.09	0	0	705,543.20	384,601.53	320,941.67
11580	172.13	1,702.51	0	0	707,245.71	384,601.53	322,644.18
11590	174.73	1,734.33	0	0	708,980.04	384,601.53	324,378.51
11600	177.42	1,760.77	0	0	710,740.81	384,601.53	326,139.28
11610	180.07	1,787.44	0	0	712,528.25	384,601.53	327,926.72
11620	182.51	1,812.91	0	0	714,341.16	384,601.53	329,739.63
11630	183.58	1,830.46	0	0	716,171.63	384,601.53	331,570.10
11640	185.55	1,845.63	0	0	718,017.26	384,601.53	333,415.73
11650	180.98	1,832.65	0	0	719,849.91	384,601.53	335,248.38
11660	174.31	1,776.48	0	0	721,626.39	384,601.53	337,024.86
11670	168.01	1,711.63	0	0	723,338.02	384,601.53	338,736.49
11680	167.65	1,678.29	0	0	725,016.30	384,601.53	340,414.77
11690	167.72	1,676.84	0	0	726,693.14	384,601.53	342,091.61
11700	171.61	1,696.68	0	0	728,389.83	384,601.53	343,788.29
11710	177.7	1,746.58	0	0	730,136.40	384,601.53	345,534.87
11720	183.14	1,804.23	0	0	731,940.63	384,601.53	347,339.10
11730	184.77	1,839.57	0	0	733,780.21	384,601.53	349,178.68
11740	185.99	1,853.79	0	0	735,633.99	384,601.53	351,032.46
11750	186.51	1,862.46	0	0	737,496.46	384,601.53	352,894.92
11760	186.32	1,864.14	0	0	739,360.59	384,601.53	354,759.06

11770	185.18	1,857.53	0	0	741,218.12	384,601.53	356,616.59
11780	176.85	1,810.14	0	0	743,028.26	384,601.53	358,426.73
11790	168.88	1,728.64	0	0	744,756.90	384,601.53	360,155.37
11800	163.85	1,663.68	0	0	746,420.58	384,601.53	361,819.05
11810	161.09	1,624.74	0	0	748,045.32	384,601.53	363,443.79
11820	158.29	1,596.91	0	0	749,642.23	384,601.53	365,040.69
11830	156.32	1,573.01	0	0	751,215.23	384,601.53	366,613.70
11840	155.37	1,558.45	0	0	752,773.68	384,601.53	368,172.15
11850	154.88	1,551.26	0	0	754,324.94	384,601.53	369,723.41
11860	154.08	1,544.79	0	0	755,869.74	384,601.53	371,268.21
11870	152.78	1,534.31	0	0	757,404.05	384,601.53	372,802.52
11880	142.62	1,477.02	0	0	758,881.07	384,601.53	374,279.54
11890	132.99	1,378.05	0	0	760,259.12	384,601.53	375,657.59
11900	127.77	1,303.79	0	0	761,562.91	384,601.53	376,961.38
11910	125.78	1,267.74	0	0	762,830.65	384,601.53	378,229.12
11920	123.5	1,246.40	0	0	764,077.06	384,601.53	379,475.52
11930	123.49	1,234.94	0	0	765,312.00	384,601.53	380,710.47
11940	125.64	1,245.62	0	0	766,557.61	384,601.53	381,956.08
11950	119.65	1,226.46	0	0	767,784.08	384,601.53	383,182.55
11960	113.7	1,166.79	0	0	768,950.87	384,601.53	384,349.34
11970	109.66	1,116.82	0	0	770,067.69	384,601.53	385,466.16
11980	99.65	1,046.55	0	0	771,114.24	384,601.53	386,512.71
11990	86.69	931.69	0	0	772,045.93	384,601.53	387,444.40
12000	64.93	758.08	0	0	772,804.01	384,601.53	388,202.48
12010	39.84	523.84	0	0	773,327.85	384,601.53	388,726.32
12020	27.81	338.26	0	0	773,666.11	384,601.53	389,064.58
12030	58.81	433.11	0	0	774,099.23	384,601.53	389,497.70
12040	78.69	687.47	0	0	774,786.69	384,601.53	390,185.16
12050	76.34	775.11	0	0	775,561.81	384,601.53	390,960.28
12060	73.85	750.94	0	0	776,312.75	384,601.53	391,711.22
12070	70.98	724.17	0	0	777,036.92	384,601.53	392,435.39
12080	69.68	703.31	0	0	777,740.23	384,601.53	393,138.69
12090	54.39	620.32	0	0	778,360.55	384,601.53	393,759.02
12100	66.15	602.69	0	0	778,963.24	384,601.53	394,361.71
12110	63.68	649.16	0	0	779,612.40	384,601.53	395,010.87
12120	61.04	623.62	0	0	780,236.02	384,601.53	395,634.49
12130	58.57	598.05	0	0	780,834.08	384,601.53	396,232.55
12140	56.18	573.74	0	0	781,407.81	384,601.53	396,806.28
12150	54.59	553.84	0	0	781,961.65	384,601.53	397,360.12
12160	52.49	535.39	0	0	782,497.04	384,601.53	397,895.51
12170	50.26	513.75	0	0	783,010.79	384,601.53	398,409.26
12180	50.55	504.02	0	0	783,514.81	384,601.53	398,913.28
12190	46.7	486.23	0	0	784,001.04	384,601.53	399,399.51
12200	47.88	472.91	0	0	784,473.95	384,601.53	399,872.42
12210	52.57	502.26	0	0	784,976.21	384,601.53	400,374.67

12220	56.78	546.73	0	0	785,522.94	384,601.53	400,921.41
12230	63.51	601.42	0	0	786,124.36	384,601.53	401,522.83
12240	68.95	662.28	0	0	786,786.64	384,601.53	402,185.11
12250	72.34	706.43	0	0	787,493.06	384,601.53	402,891.53
12260	76.76	745.51	0	0	788,238.57	384,601.53	403,637.04
12270	70.48	736.2	0	0	788,974.77	384,601.53	404,373.24
12280	19.02	447.48	0	0	789,422.25	384,601.53	404,820.72
12290	93.1	560.58	0	0	789,982.83	384,601.53	405,381.30
12300	68.49	807.93	0	0	790,790.77	384,601.53	406,189.24
12310	43.69	560.9	0	0	791,351.67	384,601.53	406,750.14
12350	4.86	970.97	0.59	11.86	792,322.64	384,613.40	407,709.24
12400	2.14	174.96	2.78	84.27	792,497.60	384,697.67	407,799.93
12440	11.42	271.19	0	55.55	792,768.79	384,753.22	408,015.57
12450	18.31	148.67	0	0	792,917.45	384,753.22	408,164.24
12460	22.84	205.78	0	0	793,123.24	384,753.22	408,370.02
12470	26.61	247.27	0	0	793,370.51	384,753.22	408,617.29
12480	31.68	291.47	0	0	793,661.98	384,753.22	408,908.76
12490	36.73	342.07	0	0	794,004.05	384,753.22	409,250.83
12500	41.64	391.86	0	0	794,395.92	384,753.22	409,642.70
12510	48.4	450.2	0	0	794,846.12	384,753.22	410,092.90
12520	55.37	518.85	0	0	795,364.96	384,753.22	410,611.74
12530	60.69	580.32	0	0	795,945.29	384,753.22	411,192.07
12540	67.07	638.83	0	0	796,584.12	384,753.22	411,830.90
12550	72.89	699.79	0	0	797,283.91	384,753.22	412,530.69
12560	78.06	754.74	0	0	798,038.65	384,753.22	413,285.43
12570	85.93	819.95	0	0	798,858.60	384,753.22	414,105.38
12580	98.27	921.01	0	0	799,779.60	384,753.22	415,026.38
12590	110.12	1,041.96	0	0	800,821.57	384,753.22	416,068.35
12600	121.97	1,160.45	0	0	801,982.01	384,753.22	417,228.79
12610	129.11	1,255.41	0	0	803,237.42	384,753.22	418,484.21
12620	132.31	1,307.11	0	0	804,544.54	384,753.22	419,791.32
12630	135.98	1,341.44	0	0	805,885.97	384,753.22	421,132.75
12640	139.6	1,377.87	0	0	807,263.84	384,753.22	422,510.62
12650	143.11	1,413.52	0	0	808,677.36	384,753.22	423,924.14
12660	146.84	1,449.72	0	0	810,127.08	384,753.22	425,373.87
12670	153.8	1,503.18	0	0	811,630.27	384,753.22	426,877.05
12680	161.91	1,578.56	0	0	813,208.83	384,753.22	428,455.61
12690	170.13	1,660.22	0	0	814,869.04	384,753.22	430,115.82
12700	179	1,745.64	0	0	816,614.69	384,753.22	431,861.47
12710	187.22	1,831.08	0	0	818,445.77	384,753.22	433,692.55
12720	195.16	1,911.88	0	0	820,357.65	384,753.22	435,604.43
12730	206.21	2,006.82	0	0	822,364.47	384,753.22	437,611.25
12740	215.23	2,107.19	0	0	824,471.66	384,753.22	439,718.44
12750	223.78	2,195.05	0	0	826,666.70	384,753.22	441,913.48
12760	235.1	2,294.38	0	0	828,961.08	384,753.22	444,207.87

12770	245.91	2,405.06	0	0	831,366.15	384,753.22	446,612.93
12780	252.35	2,491.33	0	0	833,857.48	384,753.22	449,104.26
12790	257.1	2,547.28	0	0	836,404.76	384,753.22	451,651.54
12800	262.55	2,598.26	0	0	839,003.02	384,753.22	454,249.80
12810	268.81	2,656.78	0	0	841,659.79	384,753.22	456,906.58
12820	274.97	2,718.86	0	0	844,378.66	384,753.22	459,625.44
12830	279.12	2,770.41	0	0	847,149.07	384,753.22	462,395.85
12840	283.08	2,810.96	0	0	849,960.03	384,753.22	465,206.81
12850	288.36	2,857.18	0	0	852,817.20	384,753.22	468,063.98
12860	294.03	2,911.97	0	0	855,729.17	384,753.22	470,975.95
12870	296.08	2,950.59	0	0	858,679.75	384,753.22	473,926.54
12880	299.53	2,978.07	0	0	861,657.83	384,753.22	476,904.61
12890	298	2,987.65	0	0	864,645.48	384,753.22	479,892.26
12900	290.22	2,941.09	0	0	867,586.56	384,753.22	482,833.34
12910	283.89	2,870.53	0	0	870,457.09	384,753.22	485,703.87
12920	281.9	2,828.94	0	0	873,286.03	384,753.22	488,532.81
12930	281.92	2,819.11	0	0	876,105.14	384,753.22	491,351.92
12940	271.43	2,766.76	0	0	878,871.90	384,753.22	494,118.68
12950	249.11	2,602.73	0	0	881,474.63	384,753.22	496,721.41
12960	275.95	2,625.34	0	0	884,099.97	384,753.22	499,346.75
12970	273.73	2,748.44	0	0	886,848.40	384,753.22	502,095.18
12980	243.9	2,588.17	0	0	889,436.57	384,753.22	504,683.35
12990	263.59	2,537.44	0	0	891,974.01	384,753.22	507,220.79
13000	274.39	2,689.91	0	0	894,663.92	384,753.22	509,910.70
13010	267.31	2,708.54	0	0	897,372.46	384,753.22	512,619.24
13020	250.89	2,590.99	0	0	899,963.46	384,753.22	515,210.24
13030	251.96	2,514.23	0	0	902,477.68	384,753.22	517,724.47
13040	253.05	2,525.06	0	0	905,002.74	384,753.22	520,249.52
13050	234.88	2,439.66	0	0	907,442.40	384,753.22	522,689.18
13060	237.56	2,362.23	0	0	909,804.63	384,753.22	525,051.41
13070	260.57	2,490.67	0	0	912,295.30	384,753.22	527,542.08
13080	262.28	2,614.26	0	0	914,909.57	384,753.22	530,156.35
13090	238.2	2,502.42	0	0	917,411.98	384,753.22	532,658.77
13100	259.78	2,489.91	0	0	919,901.90	384,753.22	535,148.68
13110	281.16	2,704.72	0	0	922,606.62	384,753.22	537,853.40
13120	284.04	2,825.99	0	0	925,432.61	384,753.22	540,679.39
13130	278.28	2,811.60	0	0	928,244.21	384,753.22	543,490.99
13140	258.44	2,683.62	0	0	930,927.83	384,753.22	546,174.61
13150	268.15	2,632.95	0	0	933,560.79	384,753.22	548,807.57
13160	260.17	2,641.61	0	0	936,202.40	384,753.22	551,449.18
13170	238.08	2,491.24	0	0	938,693.64	384,753.22	553,940.42
13180	217.94	2,280.07	0	0	940,973.71	384,753.22	556,220.49
13190	202.28	2,101.08	0	0	943,074.80	384,753.22	558,321.58
13200	200.45	2,013.65	0	0	945,088.44	384,753.22	560,335.22
13210	197.27	1,988.59	0	0	947,077.03	384,753.22	562,323.81

13220	193.31	1,952.86	0	0	949,029.89	384,753.22	564,276.67
13230	189.62	1,914.63	0	0	950,944.52	384,753.22	566,191.30
13240	188.66	1,891.38	0	0	952,835.90	384,753.22	568,082.68
13250	189.16	1,889.09	0	0	954,725.00	384,753.22	569,971.78
13260	187.78	1,884.72	0	0	956,609.71	384,753.22	571,856.49
13270	183.57	1,856.76	0	0	958,466.47	384,753.22	573,713.25
13280	177.39	1,804.81	0	0	960,271.28	384,753.22	575,518.06
13290	170.59	1,739.90	0	0	962,011.18	384,753.22	577,257.96
13300	163.49	1,670.40	0	0	963,681.59	384,753.22	578,928.37
13310	156.14	1,598.16	0	0	965,279.74	384,753.22	580,526.52
13320	149.32	1,527.28	0	0	966,807.03	384,753.22	582,053.81
13330	143.57	1,464.46	0	0	968,271.49	384,753.22	583,518.27
13340	139.69	1,416.34	0	0	969,687.82	384,753.22	584,934.60
13350	133.62	1,366.56	0	0	971,054.38	384,753.22	586,301.16
13360	130.14	1,318.78	0	0	972,373.16	384,753.22	587,619.94
13370	131.36	1,307.47	0	0	973,680.63	384,753.22	588,927.41
13380	122.73	1,270.44	0	0	974,951.07	384,753.22	590,197.85
13390	113.22	1,179.74	0	0	976,130.81	384,753.22	591,377.59
13400	103.54	1,083.78	0	0	977,214.59	384,753.22	592,461.37
13410	93.66	985.99	0	0	978,200.58	384,753.22	593,447.36
13420	83.54	886.01	0	0	979,086.59	384,753.22	594,333.37
13430	73.13	783.36	0	0	979,869.94	384,753.22	595,116.72
13440	64.23	686.8	0	0	980,556.74	384,753.22	595,803.52
13450	57.44	608.37	0	0	981,165.11	384,753.22	596,411.89
13460	49.88	536.61	0	0	981,701.72	384,753.22	596,948.50
13470	41.17	455.25	0	0	982,156.97	384,753.22	597,403.75
13480	34.03	376.02	0	0	982,532.99	384,753.22	597,779.77
13490	29.33	316.82	0	0	982,849.81	384,753.22	598,096.59
13500	22.84	260.85	0.01	0.03	983,110.67	384,753.25	598,357.41
13510	1.81	123.25	5.16	25.85	983,233.91	384,779.11	598,454.80
13520	2.47	21.39	0.49	28.29	983,255.31	384,807.39	598,447.91
13530	11.21	68.4	0	2.47	983,323.71	384,809.86	598,513.85
13540	20.88	160.44	0	0	983,484.14	384,809.86	598,674.28
13550	26.43	236.54	0	0	983,720.68	384,809.86	598,910.82
13560	28.67	275.49	0	0	983,996.17	384,809.86	599,186.31
13570	30.84	297.53	0	0	984,293.70	384,809.86	599,483.84
13580	32.97	319.03	0	0	984,612.73	384,809.86	599,802.87
13590	35.06	340.11	0	0	984,952.84	384,809.86	600,142.98
13600	37.1	360.77	0	0	985,313.61	384,809.86	600,503.75
13610	39.1	380.97	0	0	985,694.58	384,809.86	600,884.71
13620	40.87	399.8	0	0	986,094.38	384,809.86	601,284.52
13630	42.07	414.69	0	0	986,509.07	384,809.86	601,699.21
13640	40.58	413.26	0	0	986,922.33	384,809.86	602,112.47
13650	39.03	398.03	0	0	987,320.36	384,809.86	602,510.50
13660	37.42	382.25	0	0	987,702.62	384,809.86	602,892.76

13670	35.77	365.95	0	0	988,068.56	384,809.86	603,258.70
13680	32.15	339.59	0	0	988,408.16	384,809.86	603,598.29
13690	25.61	288.82	0	0	988,696.97	384,809.86	603,887.11
13700	19.33	224.69	0	0	988,921.66	384,809.86	604,111.80
13710	27.35	233.39	0	0	989,155.05	384,809.86	604,345.19
13720	35.7	315.28	0	0	989,470.33	384,809.86	604,660.47
13730	45.2	404.54	0	0	989,874.88	384,809.86	605,065.02
13740	47.3	462.54	0	0	990,337.42	384,809.86	605,527.56
13750	52.84	500.7	0	0	990,838.12	384,809.86	606,028.26
13760	56.33	545.84	0	0	991,383.96	384,809.86	606,574.10
13770	57.14	567.34	0	0	991,951.30	384,809.86	607,141.44
13780	58.11	576.23	0	0	992,527.53	384,809.86	607,717.67
13790	59.68	588.96	0	0	993,116.49	384,809.86	608,306.63
13800	61.99	608.37	0	0	993,724.86	384,809.86	608,915.00
13810	64.55	632.72	0	0	994,357.59	384,809.86	609,547.73
13820	67.14	658.45	0	0	995,016.03	384,809.86	610,206.17
13850	70.34	2,062.14	0	0	997,078.17	384,809.86	612,268.31
13900	58.01	3,208.77	0	0	1,000,286.94	384,809.86	615,477.08
13950	67.64	3,141.27	0	0	1,003,428.21	384,809.86	618,618.35
14000	83.54	3,779.63	0	0	1,007,207.84	384,809.86	622,397.98
14050	102.29	4,645.76	0	0	1,011,853.60	384,809.86	627,043.74
14100	110.86	5,328.58	0	0	1,017,182.18	384,809.86	632,372.32
14150	126.27	5,928.22	0	0	1,023,110.39	384,809.86	638,300.53
14200	125.23	6,287.60	0	0	1,029,397.99	384,809.86	644,588.13
14250	114.72	5,998.75	0	0	1,035,396.74	384,809.86	650,586.88
14300	109.48	5,604.85	0	0	1,041,001.59	384,809.86	656,191.73
14350	107.13	5,415.12	0	0	1,046,416.71	384,809.86	661,606.85
14400	103.1	5,255.60	0	0	1,051,672.31	384,809.86	666,862.45
14450	93.97	4,926.63	0	0	1,056,598.95	384,809.86	671,789.09
14500	83.15	4,428.03	0	0	1,061,026.98	384,809.86	676,217.12
14550	74.84	3,949.74	0	0	1,064,976.71	384,809.86	680,166.85
14600	66.04	3,522.05	0	0	1,068,498.77	384,809.86	683,688.90
14650	64.37	3,260.29	0	0	1,071,759.05	384,809.86	686,949.19
14700	57.81	3,054.31	0	0	1,074,813.37	384,809.86	690,003.51
14750	67.41	3,130.33	0	0	1,077,943.70	384,809.86	693,133.84
14800	50.53	2,948.55	0	0	1,080,892.24	384,809.86	696,082.38
14850	71.17	3,042.70	0	0	1,083,934.95	384,809.86	699,125.09
14900	61	3,304.31	0	0	1,087,239.26	384,809.86	702,429.40
14950	49.18	2,754.46	0	0	1,089,993.72	384,809.86	705,183.86
15000	39.43	2,215.28	0	0	1,092,209.00	384,809.86	707,399.14
15050	59.79	2,480.48	0	0	1,094,689.48	384,809.86	709,879.62
15083.44	54.51	1,910.97	0	0	1,096,600.45	384,809.86	711,790.59

V

CALCUL DE VOLUME DE BALLAST MANUELLEMENT

Tab.XII.1.Volume Ballast de la plateforme.

PK début (km)	PK fin (km)	Extension (m)	surface m^2	volume m^3
20+000	21+002	1002	4.25	4258.5
21+002	22+450	1448	3.78	5473.44
22+450	23+550	1100	4.25	4675
23+550	27+222	3672	3.78	13880.16
27+222	27+272	50	4.25	212.5
27+272	27+685	413	3.78	1561.14
27+685	27+699	14	4.25	59.5
27+699	28+997	1298	3.78	4906.44
28+997	29+017	20	4.25	85
29+017	35+084	6067	3.78	22933.26
			TOTAL	58044.94

Tab.XII.2.Volume du Ballast de la gare.

Extension	surface	Volume
1811	3.78	6845.58

Tab.XII.3.Matériaux de la gare.

matériaux	Extension	surface	Volume
Sous-ballast	1811	1.9985	3619.2835
Couche de forme	1811	4.0043	7251.7873

Les couches d'assise	Volume (m^3)
Ballast	61123.64
Sous-ballast	56945.6535
Couche de forme (matériaux QS3)	122930.5173

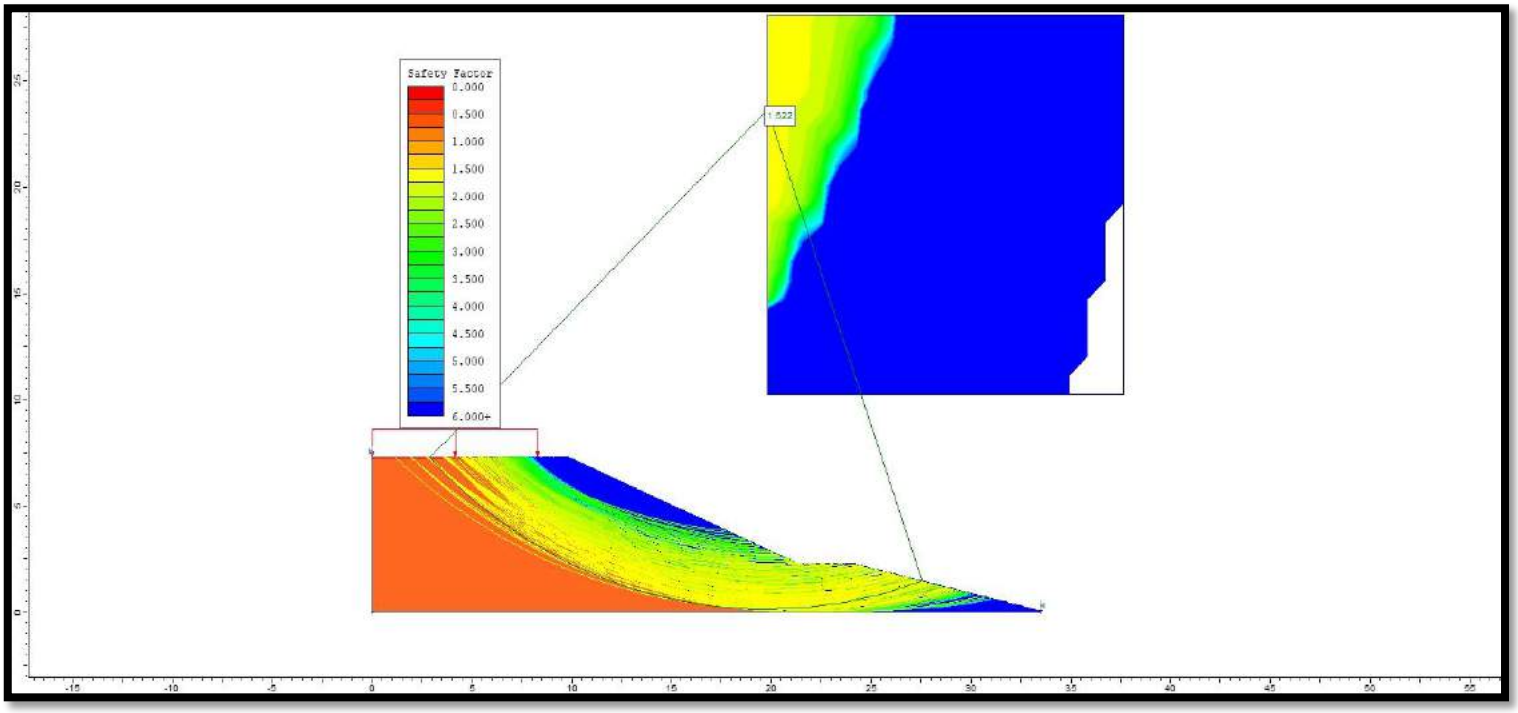


Fig.XI.2.Vérification de la stabilité des talus en remblai a court terme

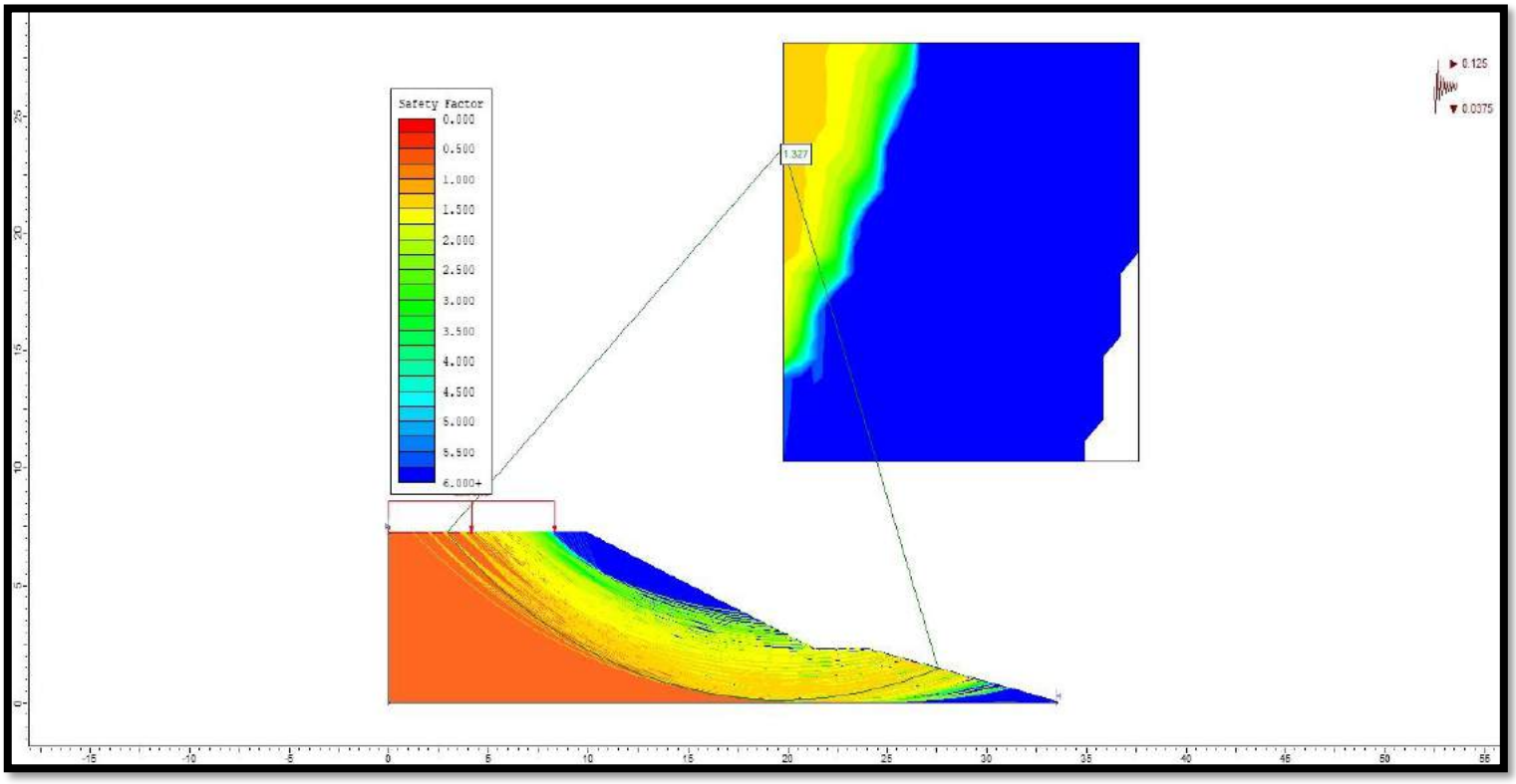


Fig.XI.3.Vérification de la stabilité des talus en remblai a long terme.

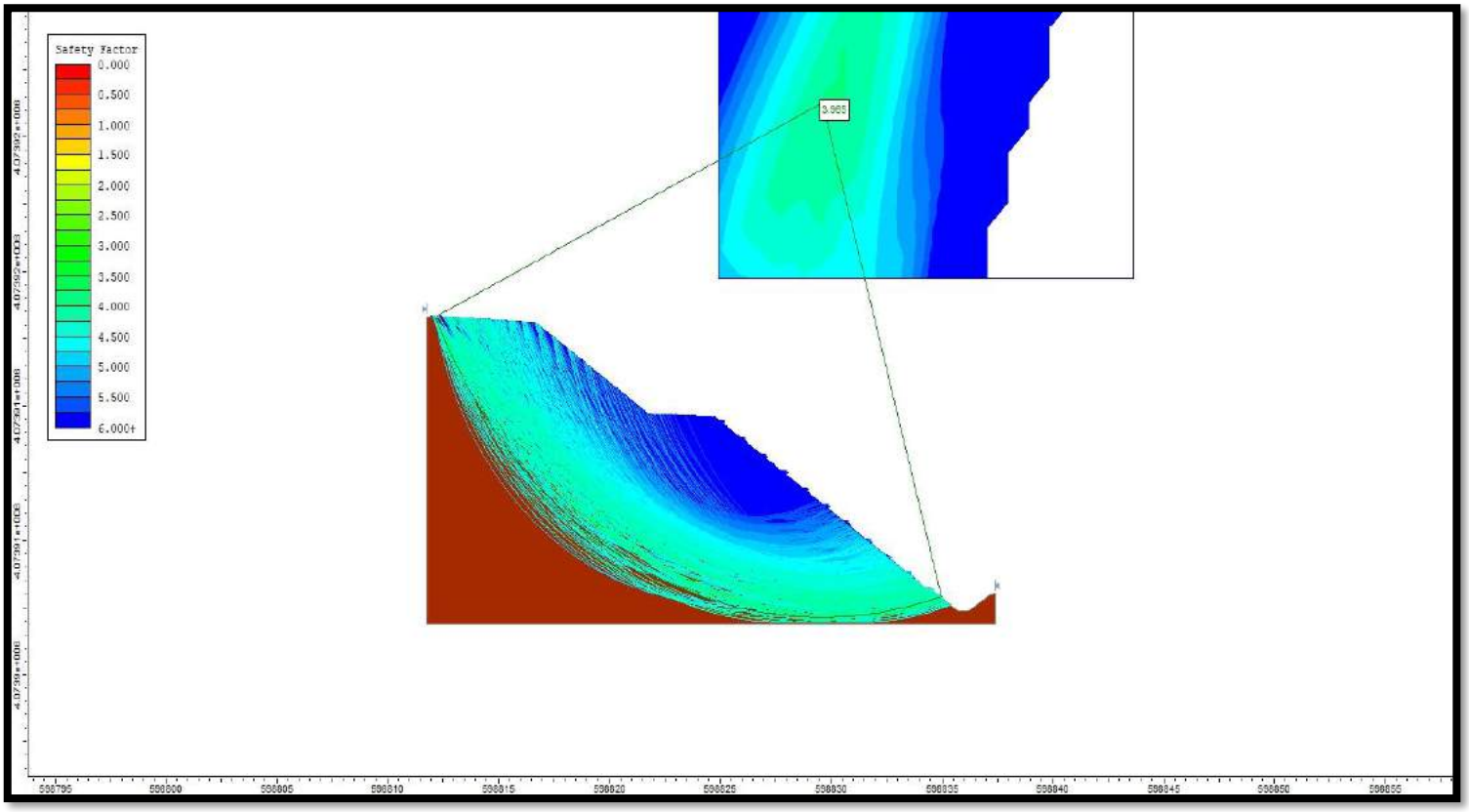


Fig.XI.4.Vérification de la stabilité des talus en déblai a court terme.

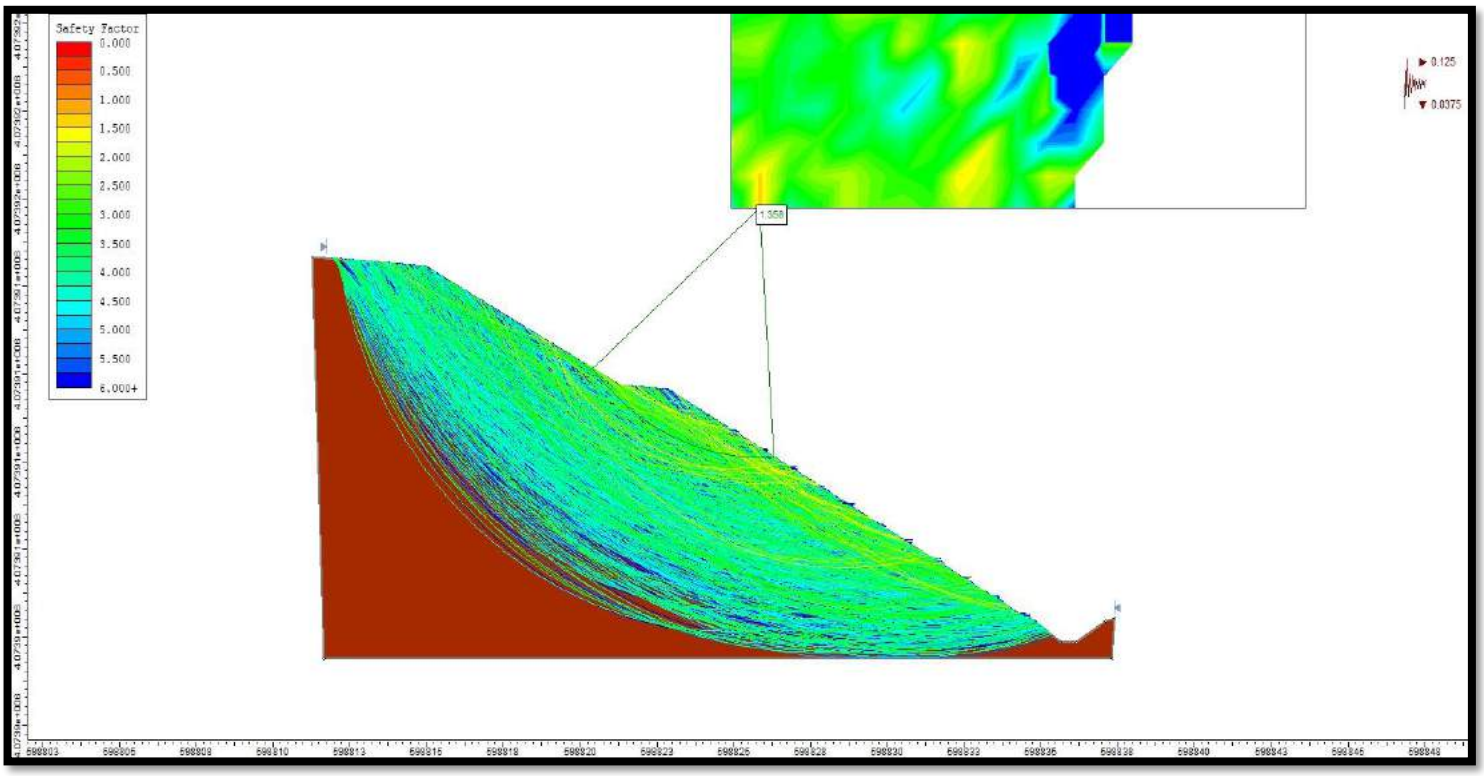


Fig.XI.5.Vérification de la stabilité des talus en déblai a long terme.