République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude d'Avant-Projet Détaillé (APD) de la nouvelle ligne ferroviaire El Affroun - Tipaza du PK0+000 au PK10+000 avec aménagement d'une gare à Ahmer El Ain

Présenté par :

BENAMIROUCHE Abderraouf
KHELIFA Yacoub

Encadré par :

Mr CHENANE Mouloud
Dr FEDGHOUCHE Ferhat

Promotion 2018 /2019

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

En tout premier lieu, nous tenons à exprimer nos profonds remercîments aux cadres techniques de SETIRAIL particulièrement à Monsieur Mouloud CHENANE, notre encadreur pour l'aide qu'il nous a apportée, par sa compétence, pour sa patience, sa disponibilité et pour la pertinence de ses remarques.

Nous exprimons également notre profonde gratitude et notre reconnaissance aux ingénieurs de SETIRAIL en l'occurrence Madame DJEFFOUR Imane et Messieurs BELLAHCENE Adem, FARES Mohamed Dahmane, OUALI Adel, MALLAOUI Billel, BOUKABRINE Mustapha et LATER Ibrahim, pour l'aide qui nous ont apportée.

Nous remercions très chaleureusement tous nos enseignants du Département Infrastructure de Base de l'ENSTP qui nous ont donné et assuré une formation et des connaissances au-delà de nos attentes.

A la fin et au terme de nos remercîments, nous rendons hommage à nos familles respectives pour le soutien et l'aide sans faille durant ces longues années de formations et qui nous ont permis d'atteindre ce stade de notre formation ; ainsi qu'à tous les gens qui nous ont épaulé et aidé moralement tout au long de notre parcours.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À Mes très chers irremplaçables parents

Vous êtes ma source d'amour et de bonheur

Vous êtes le guide de mes chemins et la joie de mes jours

Vous avez tant sacrifié et cru en moi

Merci maman pour ton soutien et confiance continus

Merci papa pour tes prières

À toute ma famille

À mes chèrs frères Djamel et islam

À mon binôme Yacoub pour sa patience et son dévouement

À tout le personnel d'organismes SETIRAIL

À mes amis : chahro, aymen sifour, wassim meguellati, abdellah gramloul, chakib msissah, rabah, mahi ×2, rafik × 3, adnane, reda, zinou naboulssi, noufel, abderrahmane, yacine, sidahmed et toute l'équipe MOBILAM - RAÄDA.

Et à toute ma promotion DIB maritime 2016-2019

Abderraouf

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A ma mère, Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse, l'exemple du dévouement et la joie de mes jours.

A mon cher père, l'homme de ma vie, l'épaule solide, l'œil attentif, mon soutien moral, la personne la plus digne de mon estime et de mon respect que dieu te préserve et te procure longue vie.

A mes chères frères et sœurs, merci d'être toujours à mes côtés, par vos présences.

A toute ma famille.

A mon binôme Abderraouf sur lequel j'ai pu compter à tout moment et sans lequel je n'aurai pu accomplir ce travail, merci pour tout.

A toutes mes amis et spécialement Bachir, Abderrahim, Fawzi, Raouf, Amine, Halim, Aymen, Toufik, Rafik, Billel, Mohamed.

A toute la promo DIB maritime 2019

A toutes les Enstpistes.

Yacoub

ملخص

هذه المذكرة تتمحور حول الدراسة التفصيلية لما قبل المشروع (APD) لخط السكة الحديدية الرابط بين مدينتي العفرون - تيبازة مع إنشاء محطة حمر العين.

المقطع المدروس يمتد على طول 10000 م انطلاقا من النقطة الكيلومترية 000+0 حتى النقطة 000+10.

الدراسة تمت وفقا لمعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية (UIC) و الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية SNTF

و النمذجة الهندسية للمشروع قيمت بفضل البرنامج AUTOCAD CIVIL 3D.

الكلمات المفتاحية: سكة حديدية ,سكة , محطة ,CIVIL 3D

Résumé

Le présent mémoire synthétise l'étude en avant-projet détaillé (APD) d'un tronçon de la ligne ferroviaire EL-AFFROUN - TIPAZA avec la conception de la gare d'Ahmer El-Ain.

Le tronçon étudié démarre du PK 0+000 au PK 10+000 sur un linéaire de 10000 m.

Le projet a été élaboré suivant les normes internationales UIC (union international de chemin de fer) et les recommandations Algériennes de la SNTF (Société nationale de transport ferroviaire).

La modélisation géométrique du projet a été exécutée sous logiciel AUTOCAD CIVIL 3D.

Mots clés : chemin de fer, ferroviaire, gare, CIVIL 3D

Abstract

This memo summarizes the design and study in detailed design (APD) of a section of the railway line EL-AFFROUN - TIPAZA. The section starts studied the PK10+000 to PK10+000 over a length of 10000m on which provides for development of a joint station in early stretch of the town of Ahmer El-Ain.

The project was developed according to international standards UIC (International Railway Union) and the Algerian SNTF recommendations of the (national railway company).

Geometric modeling of the project was executed in AUOTOCAD CIVIL 3D.

Keys words: railway, station, watershed, rail.

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 Représentation schématique d'une structure classique de voie ferrée 2
Figure I.2 Granulométrie du ballast utilisé par la SNTF 4
Figure I.3 Abaque de DRG 9
Figure I.4 L'éprouvette de la Masse volumique absolue 12
Figure I.5 Eprouvette de la Masse volumique apparente 12
Figure II. 1 les réseaux ferroviaires en Algérie en 1942 18
Figure II. 2 le réseau ferré Algérien et ses perspectives de développement 19
Figure III. 1 Localisation de la wilaya de Tipaza au nord de l'Algérie 20
Figure III. 2 Daïras de la wilaya de Tipaza 21
Figure III. 3 Localisation de la commune d'El Affroun dans la wilaya de Blida 22
Figure III. 4 Plan de localisation du projet El-Affroun - TIPAZA 23
Figure IV. 1 Eléments du tracé en plan 26
Figure IV. 2 La variation linéaire du devers 31
Figure IV. 3 Equation mathématique de la clothoïde 33
Figure V. 1 Les éléments du profil en long 37
Figure V. 2 Déclivités maximales admissibles 39
Figure VI.1 Carte géologique de la région 40
Figure VI. 2 Zones de sismicité 41
Figure VI.3 photos de sondage carotté n3 au pk5+300 44
Figure VI.4 Puits de reconnaissance n° :02 (Profondeur : 00.00- 3m.so PK : 1+875) 45
Figure VI.5 Schéma représentatif du fonctionnement de l'essai œdométrique 50
Figure VI.6 Synoptique de la classification des matériaux selon leur nature 51
Figure VI.7 Classement du sol selon l'état hydrique 52
Figure VI.8 Définition de la classe de la qualité des sols à partir de la classification de la Norme NF P11300 53
Figure VII. 1 Les talus en terrain meuble et terrain en roche 55
Figure VII. 2 Clouage d'un talus instable 55
Figure VII. 3 Stabilisation d'un talus par clouage 55
Figure VII. 4 Stabilisation d'un talus par tirants d'ancrage 56
Figure VII. 5 Schéma illustratif de la surface moyenne 59
Figure VIII. 1 Situation géographique du grand bassin côtier Algérois. 60
Figure VIII. 2 Schéma représentatif d'une buse 69
Figure VIII. 3 Schéma représentatif d'un dalot 70
Figure VIII. 4 Schéma représentatif de talus de déblai 75
Figure IX.1 Schéma représentatif des couches d'assise 78
Figure IX.2 Les épaisseurs des différentes couches d'assise 81
Figure IX. 3 Schématisation de la structure adoptée 82
Figure X.1 Les constituants de la voie ferrée 83
Figure X.2 rail Vignole 84
Figure X.3 Les trois profils type des rails 85
Figure X.4 Eclissage des rails 86
Figure X.5 Éclisse de rail 86
Figure X.6 Long rail soudé (LRS) 86
Figure X.7 Schéma du système nabla 89
Figure X.8 Attache indirecte à ressort à spires 89
Figure X.9 Attache vissée type « Vossloh » 89

Figure X.10 Système de fixation de rail E-clip **89**
Figure X.11 Branchement simple **90**
Figure X.12 Branchement double symétrique et asymétrique **91**
Figure X.13 Traversée-jonction simple. **91**
Figure X.14 Traversée-jonction double **91**
Figure XI.1 Eléments du profil en travers d'une ligne à double voies **95**
Figure XII.1 Heurtoir **97**
Figure XII.2 La marge du glissement en aval des signaux **98**
Figure XII.3 implantation du garage franc **99**
Figure XII.4 Plan de situation de la gare d'Ahmer El Ain **100**
Figure XII.5 Organigramme fonctionnel du bâtiment voyageur **102**
Figure XIII. 1 Délimitation de la zone d'étude d'influence **105**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 Catégories pour la granularité....4
Tableau I. 2 Catégories pour la teneur en grains fins....5
Tableau I. 3 Catégories pour la teneur en fines....5
Tableau I.4 Catégories pour les valeurs maximales de résistance à l'usure....6
Tableau I.5. Les normes de l'exécution de l'essai Deval....6
Tableau I.6 Les normes de l'exécution de l'essai Micro-Deval en présence d'eau....7
Tableau I.7 Catégories pour les valeurs maximales du coefficient Los Angeles....8
Tableau I.8 taille de l'ouverture de la fente associée aux classes granulométriques....11
Tableau I.9 Catégories pour les valeurs maximales du coefficient d'aplatissement....11
Tableau I.10 Résultats de la DRG de la région des hauts plateaux....14
Tableau I.11 Résultats de la RCS de la région des hauts plateaux.....14
Tableau I.12 Récapitulatif des essais des granulats dans la région saharienne....14
Tableau I.13 Résultats de la RCS de la région du Sahara....14
Tableau III. 1 évolution de la population de la wilaya de Tipaza....21
Tableau III. 2 Données climatiques annuelles de la wilaya de Tipaza....21
Tableau IV. 1 Paramètres e sécurité et de confort....27
Tableau IV. 2 Valeur limite maximales des éléments de tracé....27
Tableau IV.3 Valeurs limites du dévers....28
Tableau IV.4 Les valeurs limites de l'insuffisance de devers....30
Tableau IV.5 Les valeurs limites de l'excès de devers....30
Tableau IV.6 Excès dévers en fonction tonnage journalier....30
Tableau IV.7 Les valeurs limites de l'insuffisance de devers....32
Tableau IV.8 Valeurs limites de variation du dévers en fonction de la longueur....32
Tableau IV.9 Valeurs limites de variation de l'insuffisance du dévers....32
Tableau IV.10 dévers et vérification des insuffisances....36
Tableau IV.11 valeurs prises des devers et paramètres de clothoïde....36
Tableau V. 1 Valeur limite maximales du rayon de raccordement de profil en long....39
Tableau VI. 1 Consistance des travaux de reconnaissance géotechnique....43
Tableau VI. 2 Description lithologique du sol....43
Tableau VI. 3 Localisation et coupe de puits de reconnaissance....45
Tableau VI. 4 Récapitulatif des essais au pénétromètre dynamique lourd.....46
Tableau VI. 5 Résultat des différents tests d'identification physique.....48
Tableau VI. 6 Résultats des analyses granulométriques....48
Tableau VI. 7 Valeur au bleu de méthylène....49
Tableau VI. 8 Résultat de l'essai Proctor....49
Tableau VI. 9 Résultats des essais de compressibilité à l'œdomètre et de cisaillement....50
Tableau VI. 10 Résultats de classification des sols....51
Tableau VI. 11 Classification et classe de qualité des sols....52
Tableau VII. 1 Volumes des terrassements....59
Tableau VII. 2 Volumes des couches de ballast et de terre végétale....59
Tableau VIII. 1 Températures de l'année 2008....61
Tableau VIII. 2 Humidité de l'année 2008....61
Tableau VIII. 3 Moyennes mensuelles des vitesses du vent moyen mensuel en m/s....61
Tableau VIII. 4 Durée d'insolation moyenne mensuelle de l'année 2008(En heures entières)....61
Tableau VIII. 5 Précipitations moyennes mensuelles (période 1978- 2016)....62
Tableau VIII. 6 Caractéristiques physiques des bassins versants....62

Tableau VIII. 7 Méthodes de calcul de temps de concentration **63**
Tableau VIII. 8 Récapitulatif du calcule de temps de concentration **64**
Tableau VIII. 9 Désignation des Coefficient de ruissellement par zones **66**
Tableau VIII. 10 les valeurs des paramètres de Montana pour différentes périodes de retour **67**
Tableau VIII. 11 Intensités de pluie (mm/h) recueillies à la station de Meurad barrage **67**
Tableau VIII. 12 Débits max des bassins versants **68**
Tableau VIII. 13 Coefficients de Strickler **70**
Tableau VIII. 14 Récapitulatif des formules à utiliser pour le dimensionnement **71**
Tableau VIII. 15 Résultat de dimensionnement des ouvrages de drainage **73**
Tableau VIII. 16 Caractéristiques géométriques du talus de déblai **75**
Tableau VIII. 17 Débit décennal apporté par le déblai **76**
Tableau VIII. 18 Débit décennal apporté par la plate-forme **76**
Tableau VIII. 19 Démarches itératives pour l'obtention de la hauteur requise du fossé **76**
Tableau IX. 1 La classe de portance de la plateforme (UIC 719R) **81**
Tableau X. 1 Caractéristiques des traverses **87**
Tableau XII.1 caractéristiques géométriques de quai **98**
Tableau XII.2 Caractéristique géométrique de la gare **101**
Tableau XIII.1 Population de la zone étudiée **106**

TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE **1**
CHAPITRE I : Recherche bibliographique **2**
I.1.INTRODUCTION 2
I.2.OBJECTIF DE TRAVAIL 2
I.3.DEFINITION DE BALLAST 2
I.4.NATURE ET ORIGINE DU BALLAST 2
I.5.ROLE DU BALLAST 3
I.6.QUALITEs ET PROPRIETES DU BALLAST 3
I.6.1. La granulométrie 3
I.6.2. La dureté 5
I.6.2.1. La résistance à l'usure 5
I.6.2.1.1. coefficient micro Deval 6
I.6.2.2. La résistance aux chocs 7
I.6.2.3. La dureté relative globale 9
I.6.2.4. Résistance à la compression simple 10
I.6.3. Forme 10
I.6.4. l'angularité et la rugosité : 11
I.6.5. La densité 1
I.6.5.1. Masse volumique apparente et absolue 11
I.6.5.1.1. Méthode de l'essai 12
I.6.6. La perméabilité 13
I.6.7. La non-gélivité 13
I.6.8. Propreté 13
I.7. LES PROBLEMATIQUES DU BALLAST EN ALGERIE 13
I.7.1. Résultats de la région des hauts plateaux 13
I.7.2. Résultats de la région de Sahara 14
I.7.3. Interprétation des résultats 15
I.8. CONCLUSION 15
CHAPITRE II : Transport ferroviaire en Algérie **16**
II.1.INTRODUCTION 16
II.2.AVANTAGES DU CHEMIN DE FER 16
II.3.TRANSPORT FERROVIAIRE EN ALGERIE 17
I.3.1. Les débuts du chemin de fer en Algérie 17
II.3.2. Période post indépendance 17
II.3.3. Étapes de développement 18
II.3.4. Le réseau ferroviaire algérien actuel 18
II.4.CONCLUSION 19
CHAPITRE III : Présentation du projet **20**
III.1.INTRODUCTION 20
III.2.PRESENTATION DES VILLES LIMITROPHES AU PROJET 20
III.2.1. Présentation de la ville de Tipaza 20
III.2.1.1. Situation géographique 20

III.2.1.2. Démographie 21
III.2.1.3. Le relief 21
III.2.1.4. Climat 21
III.2.1.5. Aspect administratif et activité économique 21
III.2.2. Aperçu sur la commune d'El-Affroun 22
III.2.2.1. Transport 22
III.2.2.2. Démographie 22
III.3.PRESENTATION DU PROJET 22
III.3.1. Caractéristiques techniques de la ligne projetée 23
III.4.CONCLUSION 24
CHAPITRE IV : Tracé en plan 25
IV.1. INTRODUCTION 25
IV.2. DEFINITION DU TRACE EN PLAN 25
IV.3. REGLES, NORMES ET CONDITIONS A RESPECTER POUR LE TRACE EN PLAN 25
IV.4. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN 26
IV.5. CONDITIONS DE RACCORDEMENT 26
IV.6. QUANTIFICATION DES PARAMETRES 26
IV.7. LES PARAMETRES DE CONCEPTION DU TRACE DE LA VOIE 27
IV.7.1. Longueur minimum des éléments de tracé 27
IV.7.2. Le rayon minimum 27
IV.7.3.Dévers 27
IV.7.3.1. Le dévers théorique 28
IV.7.3.2. Le dévers pratique (prescrit) 28
IV.7.3.3. Le coefficient de devers 29
IV.7.3.4. Notion de l'insuffisance (I) et l'excès de dévers (E) 29
IV.7.3.5. L'insuffisance de dévers (I) 29
IV.7.3.6. L'excès de dévers (E) 30
IV.7.3.7. Raccordement de dévers 31
IV.7.3.8. Gauchissement et variation de dévers 31
IV.7.3.9. Variation de dévers en fonction du temps dD/dt 31
IV.7.3.10. Variation de dévers en fonction de la longueur dD/dl 32
IV.7.3.11. Variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps dl/dt 32
IV.7.4. Raccordement progressif 32
IV.7.4.1. Géométrie de la courbe de raccordement 33
IV.7.4.2. La longueur de la clothoïde 33
IV.7.4.3. Paramètre de la clothoïde 34
IV.8.APPLICATION AU PROJET 34
IV.8.1. Calcul de la longueur de l'alignement droit Lmin 34
IV.8.2. Calcul de rayon minimal Rmin 34
IV.8.3. Exemple de calcul manuel (paramètres de conception de tracé en plan) 34
IV.9.CALCUL D'AXE 36
CHAPITRE V : Profil en long 37
V.1.INTRODUCTION 37
V.2.ÉLEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG 37
V.3.COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG 38
V.4.DECLIVITE MAXIMALE 38

V.5.RAYON ADMISSIBLE DE RACCORDEMENT DE PROFIL EN LONG 39
V.6.LONGUEUR MINIMALE DES ELEMENTS DU PROFIL EN LONG 39
CHAPITRE VI : Etude géologique et géotechnique 40
VI.1.ETUDE GEOLOGIQUE 40
VI.1.1. Introduction..... 40
VI.1.2. Encadrement géologique et géographique..... 40
VI.1.2.1. Encadrement géographique..... 40
VI.1.2.2. Encadrement géologique 40
VI.1.3. Sismicité..... 41
VI.1.3.1. Zone sismique occupée par la région d'étude..... 41
VI.1.4. Contexte géologique..... 42
VI.2. ETUDE GEOTECHNIQUE 42
VI.2.1. Introduction..... 42
VI.2.2. Les essais in situ..... 43
VI.2.2.1. Programme de la compagne de reconnaissance 43
VI.2.2.2. Sondage carotté (mécanique) 43
VI.2.2.3. Puits de reconnaissances..... 44
VI.2.2.4. Essai au pénétromètre dynamique lourd..... 46
VI.2.2.5. Essai pressiométrique..... 46
VI.2.3. Travaux de laboratoire..... 47
VI.2.3.1. Essai d'identification physique..... 47
VI.2.3.2. Analyses chimiques..... 49
VI.2.3.3. Essai Proctor-NF P 94-093..... 49
VI.2.3.4. Essai de cisaillement rectiligne non consolidé et non drainé UU 49
VI.2.3.5. Essai de compressibilité à l'œdomètre NF P94-090-1 50
VI.2.4. Application au projet 50
VI.2.4.1. Classement des sols selon le fascicule II de la SETRA..... 51
VI.2.4.2. Classe de qualité de sol..... 52
VI.2.4. Conclusion 53
Chapitre VII : Terrassement et calcul des cubatures 54
VII.1.Introduction..... 54
VII.2.STABILISATION DES TALUS 54
VII.3 DEBLAIS..... 54
VII.3.1. Talutage 54
VII.3.2. Le renforcement des talus 55
VII.3.2.1. Le renforcement par clouage 55
VII.3.2.2. Le renforcement par tirants d'ancrages..... 56
VII.3.3. Drainage..... 56
VII.3.4 Sécurité 56
VII.4.REMBLAIS 57
VII.4.1. Talutage 57
VII.4.2. Décapage..... 57
VII.4.3. Le compactage 57

VII.4.4. Stabilité 57
VII.5 REUTILISATION DES SOLS DE DEBLAIS EN REMBLAIS 57
VII.6.CALCUL DES CUBATURES 58
VII.6.1. Définition 58
VII.6.2. Méthode de calcul 58
VII.7.CONCLUSION 59
CHAPITRE VIII : Etude hydraulique et assainissement 60
VIII.1.INTRODUCTION 60
VIII.2.OBJECTIFS DE L'ASSAINISSEMENT ET DU DRAINAGE 60
VIII.3.ETUDE HYDROLOGIQUE 60
VIII.3.1. Situation géographique et description de la région d'étude 60
VIII.3.2. Données météorologiques de la région d'étude 61
VIII.3.2.1. Température 61
VIII.3.2.2. Humidité 61
VIII.3.2.3.Vent 61
VIII.3.2.4. Insolation 61
VIII.3.2.5. Pluviométrie 62
VIII.3.3. Caractéristiques morphologiques et climatiques des bassins versants 62
VIII.3.3.1. Bassin versant 62
VIII.3.3.2. Caractéristiques morphologiques 62
VIII.3.3.3. Le temps de concentration 63
VIII.3.4. Calcul des crues et estimation des débits max 64
VIII.3.4.1. La méthode rationnelle 64
VIII.3.4.2. Formule Crupedix (bassins versant supérieur à 50 Km^2) 65
VIII.3.4.3. Formule de transition 65
VIII.3.4.4. Le coefficient de ruissellement 66
VIII.3.4.5. Intensité de pluie 67
VIII.3.4.6. Présentation des résultats 67
VIII.4.ETUDE HYDRAULIQUE 69
VIII.4.1. Assainissement transversal 69
VIII.4.1.1. Description de la méthode de dimensionnement utilisée 70
VIII.4.1.2. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques transversaux 71
VIII.4.1.3. Résultats de dimensionnement des ouvrages de drainage 72
VIII.4.2. Assainissement longitudinale 74
VIII.4.2.1. Dimensionnement d'ouvrage d'assainissement longitudinal 75
VIII.4.2.1.1. Méthode de calcul 75
VIII.4.2.1.2. Calcul de la surface du bassin versant 75
VIII.5.CONCLUSION 77
CHAPITRE IX : Couche d'assise 78
IX.1.INTRODUCTION 78
IX.2.LA COUCHE D'ASSISE 78
IX.3.COUCHE DE BALLAST 79
IX.3.1. Rôle du ballast 79
IX.3.2. Caractéristique du ballast 79

IX.4.LA SOUS COUCHE 80
IX.5.DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISES 80
IX.5.1. La plateforme 80
IX.5.2. Classe de portance de la plate-forme 80
IX.5.3. Épaisseur minimale « e » des couches d'assise 81
IX.6.APPLICATION AU PROJET 81
IX.6.1. Définition de la couche de forme 81
IX.6.2. Calcul de la couche d'assise 82
IX.7.CONCLUSION 82
CHAPITRE X : Superstructure 83
X.1.INTRODUCTION 83
X.2.CATEGORIES DE VOIES 83
X.3.COMPOSITION DE LA VOIE FERREE 83
X.3.1. Rail 84
X.3.1.1. Le profil 84
X.3.1.2. Les formes principales de rails 84
X.3.1.3. Assemblage des rails 85
X.3.2. Les traverses 86
X.3.2.1. Rôle des traverses 87
X.3.2.2. Types de traverses 87
X.3.3. Systèmes de fixation 88
X.3.4. Appareil de voie 90
X.3.4.1. Catégories d'appareils de voie 90
X.4.APPLICATION AU PROJET 92
CHAPITRE XI : Profil en travers 93
XI.1.INTRODUCTION 93
XI.1.1. Le profil en travers type 93
XI.1.2. Le profil en travers courant 93
XI.2.ÉLEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS 93
XI.2.1. Les éléments de la superstructure 93
XI.2.2. Les éléments de l'infrastructure 93
XI.2.3. Éléments du talus (remblai ou déblai) 94
XI.2.4 Eléments d'assainissement 94
XI.2.5. Éléments de protection de la voie 94
XI.3.LES CONSTITUANTS D'UN PROFIL EN TRAVERS 94
XI.4.PROFIL TYPE DE NOTRE PROJET 94
CHAPITRE XII : Aménagement de la gare 96
XII.1.INTRODUCTION 96
XII.2.TYPES DE GARES 96
XII.3.CONCEPTION GENERALE DE LA GARE 96
XII.3.1. Conditions de conception des gares 96
XII.4.AMENAGEMENT D'UNE GARE A VOYAGEURS 97
XII.5.CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES GARES 97

XII.5.1. Déclivité dans les gares 97
XII.5.2. Dimensionnement du quai 98
XII.5.3. Marge de glissement à l'aval des signaux 98
XII.5.4. La distance à l'axe de la voie 99
XII.5.5. Garage franc 99
XII.5.6. La longueur utile d'une voie de stationnement 99
XII.5.7. Les appareils de voie 100
XII.6.APPLICATION AU PROJET 100
XII.6.1. Caractéristiques géométriques de la voie 101
XII.6.2. Descriptif bâtiment de voyageurs, passerelle escalier et abris de quai 101
XII.6.3. Passerelle 101
XII.7.CONCLUSION 102
CHAPITRE XIII : Etude d'impact sur l'environnement 103
XIII.1.INTRODUCTION 103
XIII.2.DEFINITION D'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 103
XIII.3.OBJECTIF ET UTILITE D'UNE ETUDE D'IMPACT 103
XIII.4.CADRE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE DES ETUDES D'IMPACT 103
XIII.5.CONTENU DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 104
XIII.6.APPLICATION AU PROJET 104
XIII.7.CONCLUSION 110
CONCLUSION GENERALE 111

INTRODUCTION GENERALE

Dans le monde contemporain la célérité du développement économique et social des sociétés modernes imposent des échanges économiques importants.

La réalisation, ainsi que la modernisation des infrastructures et des équipements des divers moyens de transports s'avèrent une nécessité incontournable et un préalable à tout développement.

En Algérie, le secteur du transport connaît un véritable essor. Un grand nombre de projets ont été inscrits et réalisés ou sont en phase de réalisation.

Ainsi dans le domaine ferroviaire et dans le cadre d'une dynamique de développement de ce secteur des budgets importants ont été consacré à la modernisation de l'infrastructure existante compte tenu de sa vétusté d'une part, et la réalisation de nouvelles infrastructures ferroviaires d'autre part.

Ces projets visent à développer les échanges économiques et à rompre l'isolement de certaines régions du pays.

Le transport ferroviaire est considéré comme un moyen de transport sure et peu onéreux que ce soit pour le transport des personnes ou des marchandises.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre projet de fin d'étude qui porte sur une sur une étude d'un avant-projet détaillé (APD) de la nouvelle ligne ferroviaire EL AFFROUN- TIPAZA du PK 0+000 au PK 10+000 avec la conception d'une gare à AHMER EL AIN.

Cette ligne s'étalant sur un linéaire de 10 km sera conçue à double voies et sera une ligne mixte (voyageurs /marchandises).

CHAPITRE I :
Recherche bibliographique

CHAPITRE I

I.1.INTRODUCTION

Jusqu'à un passé récent, l'Algérie a connu une explosion sur le plan industriel, économique, et au niveau des réseaux ferroviaires, Dans ce domaine, les matériaux granulaires constituent un ingrédient essentielle l'infrastructure. L'un de ces matériaux est le ballast, qui joue un rôle primordial pour assurer la stabilité des voies et facilite les opérations de maintenance.

Ce chapitre est consacré à une étude bibliographique, où nous présenterons les caractéristiques du ballast ainsi que les performances mécaniques et les essais appliqués sur ce dernier.

I.2.OBJECTIF DE TRAVAIL

L'objectif de ce travail est d'avoir une idée sur les problématiques actuelles relatives au matériau de ballast qui composent la voie, ainsi que les différentes études et essais appliqués pour définir ses performances.

I.3.DEFINITION DU BALLAST

Le ballast constitue la couche supérieure de la structure d'une voie ferrée sur laquelle repose les traverses supportant le rail. L'épaisseur de la couche d'environ 300 mm sous la traverse suffit à remplir les différentes fonctions d'une couche support de voie à moindre coût.

Le ballast est un tapis de concassé rocheux dur, élastique, calibré, creux et compact, bloquant les traverses, dont le nivellement peut être réalisé au millimètre en emboîtant entre eux des grands cailloux de 2 ,5 à 5 cm de taille.

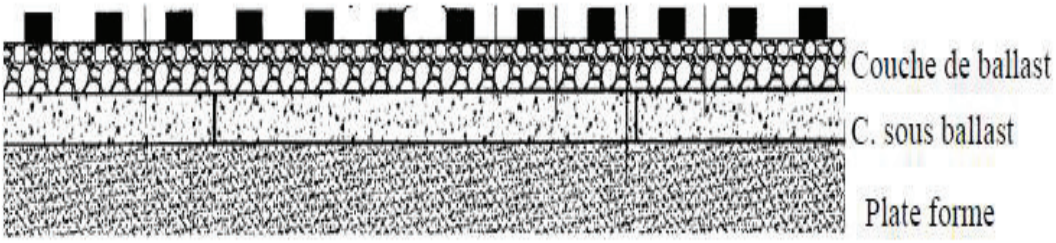


Figure I.1 Représentation schématique d'une structure classique de voie ferrée

I.4.NATURE ET ORIGINE DU BALLAST :

Les granulats du ballast proviennent des produits de différentes natures (naturels ou artificiels). Parmi les produits naturels, citons les pierres concassées, les graviers et le sable. Parmi les produits artificiels citons les laitiers, les scories et les cendrées (d'usine ou de dépôts de locomotives).

Les qualités et défauts des pierres concassées dérivent des caractères des roches dont elles sont extraites :

- Des roches magmatiques et métamorphiques, sont des roches massives, compactes, exemptes de porosité, non gélive et dépourvues de stratification où de joints de clivage, et résistent parfaitement aux agents atmosphériques (ex : porphyre, granite, basalte, gneiss, diorite).
- Des roches sédimentaires peuvent fournir des pierres suffisamment dures pour constituer un ballast de bonne qualité. Les roches siliceuses (grés, quartzites) résistent bien aux altérations dues aux agents atmosphériques. Les calcaires s'altèrent par dissolution et par l'abondance des joints. Cependant, les calcaires durs peuvent donner un ballast de bonne qualité.

I.5.ROLE DU BALLAST

La couche de ballast joue un rôle très important dans le système de la voie ballastée. Il a différentes fonctions, que nous pouvons énumérer de la manière suivante (J, alias, 1984 ; E.T. Selig and J.M. Waters, 1994,)[1,3] :

- Permettre l'ancrage longitudinal et latéral de la voie.
- Amortir une part des vibrations mécaniques et acoustiques induites par les circulations.
- Transmettre jusqu'à la plateforme les charges concentrées appliquées sur les traverses, avec des niveaux d'effort acceptables pour la sous-couche, en limitant le tassement permanent de la voie.
- Faciliter les opérations de maintenance et de mise en place de la voie.
- Assurer le drainage immédiat des eaux pluviales dans la voie.

I.6.QUALITE ET PROPRIETES DE BALLAST

Un bon ballast doit présenter des qualités physico-mécaniques qui sont exprimées par les propriétés physiques correspondant à la résistance externe et interne aux contraintes qui s'exercent sur le matériau solide et les propriétés mécaniques correspondant à la dynamique interne et externe d'un matériau solide ,

La performance du ballast, pour arriver à répondre à ces fonctions dépend des caractéristiques des particules et notamment de leur granulométrie, forme (angularité), dureté et état de surface (texture, propreté). Ce matériau doit remplir les critères définis dans la norme algérienne « NA 17000 » (2008). Les critères de qualité du ballast portent sur la granulométrie, la dureté, la forme et la propreté.

Ces propriétés physico-mécaniques sont les suivantes :

I.6.1. La granulométrie

Le ballast recommandé par la SNTF est un granulat concassé 31.5/50 mm. Les fuseaux de contrôle et de refus sont représentés sur le Graphe ci-après. Les deux fuseaux représentent respectivement la spécification du ballast préconisée par la norme et les valeurs limites au-delà desquelles le ballast est refusé. Le deuxième fuseau est établi suite à des contrôles de conformité à la norme.

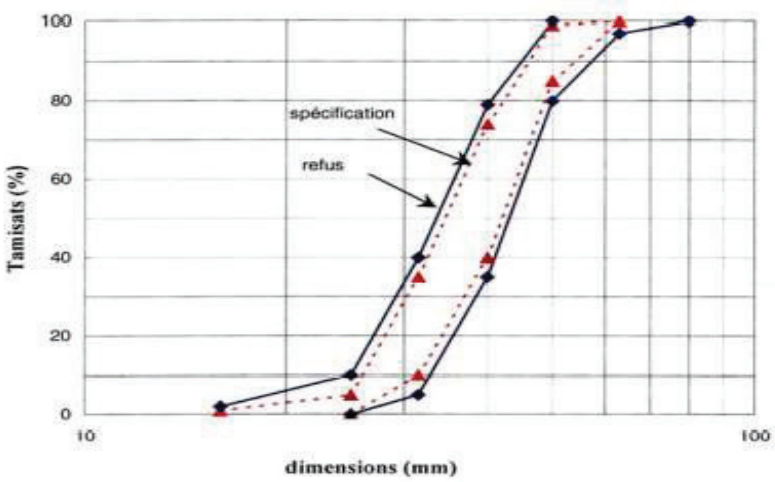


Figure I.2 Granulométrie du ballast utilisé par la SNTF. (NA 17000, 2008).

La granularité du ballast de voie ferrée, déterminée conformément à NA17000, doit être conforme à la catégorie correspondante spécifiée dans le Tableau ci-après :

Tableau I.1 Catégories pour la granularité

Maille de tamis mm	**Ballast de voie ferrée 31,5 / 50(mm)**			**Ballast de voie ferrée 31,5/63 (mm)**		
	Pourcentage en masse de passant					
	Catégorie de granularité					
	A	B	C	D	E	F
80	100	100	100	100	100	100
63	100	97 à 100	95 à 100	97 à 99	95 à 99	93 à 99
50	70 à 99	70 à 99	70 à 99	65 à 99	55 à 99	45 à 70
40	30 à65	30 à 70	25 à 75	30 à 65	25 à 75	15 à 40
31,5	1 à 25	1 à 25	1 à 25	1 à 25	1 à 25	0 à 7
22,4	0 à 3	0 à 3	0 à 3	0 à 3	0 à 3	0 à 7
31,5 à 50	≥ 50	≥ 50	≥ 50	—	—	—
31,5 à 63	—	—	—	≥ 50	≥ 50	≥ 85

NOTE 1 : L'exigence pour le passant au tamis de 22,4 mm s'applique au ballast de voie ferrée échantillonné sur le lieu de production.

NOTE 2 : Dans certains cas, il est permis d'utiliser un tamis de 25 mm au lieu du tamis de 22,4 mm si une tolérance de 0 à 5 s'applique (0 à 7 pour la catégorie F).

Le maitre de l'ouvrage (exploitant) SNTF exige selon le chapitre 9 du référentiel technique un ballast de catégorie A.

Grains fins

La teneur en grains fins déterminée par tamisage conformément à la norme doit être conforme à la catégorie correspondante spécifiée dans le Tableau I.2.

Tableau I. 2 Catégories pour la teneur en grains fins

Maille de tamis mm	**Pourcentage maximal passant en masse**			
	Catégorie de teneur en grains fins			
	A	B	déclaré	C
0.5	0.6	1.0	>1.0	Aucune exigence
NOTE L'exigence s'applique au ballast de voie ferrée échantillonné sur le lieu de production				

Fines

La teneur en fines déterminée conformément à la norme doit être conforme à la catégorie correspondante spécifiée dans le Tableau I.3.

Le cas échéant, la propreté doit être évaluée à partir de la teneur en fines. Les fines doivent être considérées comme non nocives si leur teneur totale est inférieure à la catégorie correspondante spécifiée dans le Tableau I.3 conformément à la réglementation en vigueur sur le lieu d'utilisation du granulat.

Tableau I. 3 Catégories pour la teneur en fines

Maille de tamis mm	**Pourcentage maximal passant en masse**				
	Catégorie de teneur en fines				
	A	B	C	déclaré	D
0.063	0.5	1.0	1.5	>1.5	Aucune exigence
NOTE L'exigence s'applique au ballast de voie ferrée échantillonné sur le lieu de production.					

I.6.2. La dureté

Le ballast doit être assez dur pour résister aux chocs ainsi qu'à l'usure par abrasion provoqués par les charges roulantes (broiement) et pour supporter l'action destructrice des outils de bourrage (émiettement).

La dureté d'un échantillon de granulat prend en considération les deux aspects suivants :

I.6.2.1. La résistance à l'usure par frottement des grains entre eux est mesurée par l'essai d'attrition DEVAL SEC noté DS et DEVAL HUMIDE noté DH. Cet essai s'effectue par frottement des grains de matériaux de l'éprouvette placée dans de petits cylindres dont l'axe est incliné de 30° par rapport à l'horizontale. On procède à un essai sec et à un essai humide car, en

général, l'attrition à l'état humide est plus rapide qu'à l'état sec. Les informations apportées par ces deux essais sont donc complémentaires.

I.6.2.1.1. coefficient micro Deval

- **But :**

L'essai MICRO DEVAL permet de mesurer les résistances combinées à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques des éléments d'un granulat.

Il vise à caractériser les granulats utilisés pour la constitution des assises de chaussée, y compris les couches de roulement. L'essai MICRO DEVAL peut s'effectuer sur des matériaux secs "MDS" ou sur des matériaux imbibés d'eau "MDE".

- **Résistance à l'usure selon la norme algérienne :**

La résistance à l'usure du ballast de voie ferrée (coefficient micro-Deval, MDE_{RB},), déterminée conformément à la NA17000, doit être exprimée par la catégorie correspondante spécifiée dans le Tableau suivant :

Tableau I.4 Catégories pour les valeurs maximales de résistance à l'usure

Coefficient micro-Deval	Catégorie MDE_{RB}
≤ 5	MDE_{RB} 5
≤ 7	MDE_{RB} 7
≤ 11	MDE_{RB} 11
≤ 15	MDE_{RB} 15
> 15	MDE_{RB} Déclarée
Aucune exigence	MDE_{RB} NR

- **Principe et méthode d'essai :**

  Il consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produits dans la machine Deval par les frottements réciproques et les chocs modérés des éléments des échantillons pour essai de 7 kg,

  L'essai micro Deval sec s'est récapitulé dans le tableau suivant :

Tableau I.5. Les normes de l'exécution de l'essai Deval

Granularité	25/55 mm
Echantillon	44 pierres 5000 ± 50 g
Charge de frottement	aucune
Nombre de rotation	10000 avec 2000 rotations/Heure
Maille de tamis	1,60 mm
Calcul du coefficient Deval	Deval = 2800/mm étant la masse sèche, en grammes, de la fraction du matériau passant, après l'essai, au tamis de 1,6 mm.

Les normes d'essai Deval adoptées par l'Algérie sont :

-valeur normative du Deval : **D>9**

-Deval évalué par rapport au passant : **< 1,60mm** (ARAB et BOUZIANE ,2009)

L'essai micro Deval en présence d'eau se fait comme suit :

1- Prise d'essai de 500 g lavée et séchée.

2- Mise en place dans un tambour avec 5 kg de billes métallique calibrées.

3- Faire tourner (14000±10) tours/heure au tambour.

4- Retirer alors la prise d'essai. Pour lavage au-dessus d'un tamis de 1.5 mm

5- Peser le refus à ce tamis après séchage (m. exprimé en g)

Tableau I.6 Les normes de l'exécution de l'essai Micro-Deval en présence d'eau

Granularité	10/14 mm
Echantillon	500 g
Charge de frottement	5 kg de billes de d=10 mm en acier inox
Nombre de rotation	12000-6000 tours/heure
Maille de tamis	1,60 mm
Calcul du coefficient Deval	100***m**/500

m : masse en gramme des éléments des dimensions inférieures à 1,60 mm formés au cours de l'essai.

I.6.2.2. La résistance aux chocs des grains de ballast entre eux est mesurée par essai de fragmentation, appelé LOS ANGELES. L'éprouvette ainsi que plusieurs boules en acier sont soumises à une rotation autour de l'axe du cylindre qui les contient.

I.6.2.2.1. coefficient Los Angeles :

Le ballast, sous l'effet des contraintes qui lui sont transmises, évolue par ;

- Frottement des granulats entre eux ;
- Chocs engendrés par les traverses.

Ces deux phénomènes ont été reproduits en laboratoire pour mesurer la résistance combinée à la fragmentation par chocs et l'usure par frottement réciproque des granulats connue sous l'appellation d'essai Los Angeles.

- **But et méthode de l'essai :**

L'essai consiste à mesurer la masse m d'éléments inférieurs à 1,6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 47 mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés (la charge de boulets composée de 11 boulets sphériques en acier d'une masse totale de (4 775 ± 85) g doit être remplacée par une charge comportant 12 boulets d'une masse totale de (5 210 ± 90) g) (NA17000, 2008) [7].

La masse de l'échantillon transmis au laboratoire doit comporter au moins 15 kg de grains dans la classe granulaire de 31,5 mm à 50 mm.

Tamiser l'échantillon de laboratoire à l'aide des tamis d'essai de 31,5 mm, 40 mm et 50 mm afin de fournir des fractions distinctes dans les classes granulaires de 31,5 mm à 40 mm et de 40 mm à 50 mm. Laver chaque fraction séparément, puis les sécher en étuve à (110 ±5) °C jusqu'à obtenir la masse constante. Laisser les fractions refroidir à température ambiante.

Réduire la masse de chaque fraction de sorte que chacune ait une masse de (5 000 ± 50) g. Combiner les deux fractions réduites pour produire une prise d'essai présentant une masse sèche totale de (10 000 ± 100) g.
La machine doit tourner à 1 000 tours au lieu de 500 tours à une vitesse de 31 $t.min^{-1}$ à 33 $t.min^{-1}$. (NA17000, 2008)[7]

- **Calcul et expression des résultats**

Le coefficient de Los Angeles de ballast est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$LA_{RB} = \frac{10000 - m}{100} \quad \text{Où} \quad LA_{RB} = 100\frac{m}{M}$$

Tel que :
m : masse des éléments inférieurs à 1,6 mm produits au cours de l'essai

M : masse de matériau soumis à l'essai.

LA_{RB} : coefficient Los Angeles du matériau.

- **Valeurs de LA selon la norme algérienne :**

La résistance à la fragmentation du ballast de voie ferrée (coefficient Los Angeles, LA_{RB}), doit être déclarée conforme à la catégorie correspondante spécifiée dans le Tableau ci-après :

Tableau I.7 Catégories pour les valeurs maximales du coefficient Los Angeles

Coefficient Los Angeles	**Catégorie** LA_{RB}
≤ 12	LA_{RB} 12
≤ 14	LA_{RB} 14
≤ 16	LA_{RB} 16
≤ 20	LA_{RB} 20
≤ 24	LA_{RB} 24
> 24	LA_{RB} Déclaré
Aucune exigence	LA_{RB} NR

On note qu'il n'y a pas de corrélation entre les coefficients DEVAL et

LOS ANGELES. Ces deux essais complémentaires permettent d'évaluer deux aspects de la résistance du ballast en voie. En effet, il est soumis à une fatigue d'attrition mais aussi aux chocs causés par l'impact des traverses, qui ont perdu le contact avec le ballast suite à un tassement trop important de ce dernier.

Par contre les résultats de ces essais sont très importants pour la détermination d'un paramètre principal du ballast qui s'appelle la DRG (Dureté Relative Globale).

Le coefficient de dureté DR d'un échantillon est déterminé à l'aide de l'abaque (voir Annexe1).

Cet abaque permet de préciser :

- une valeur DR à l'état sec DRs (à partir de DS et LA),
- une valeur DR à l'état humide DRh (à partir de DH et LA),

La valeur DR retenue est la plus petite des deux valeurs DRs et DRh.

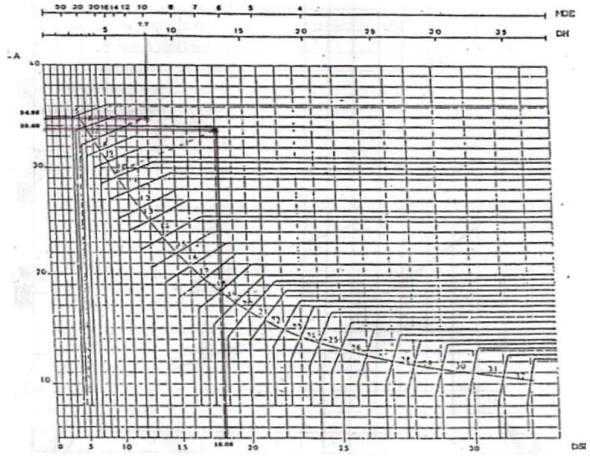


Figure I.3 Abaque de DRG

I.6.2.3. La dureté relative globale

Il existe une relation entre les valeurs de l'essai Deval et l'essai Los Angeles. Cette relation traduit la dureté relative globale d'une roche.

La qualité d'un échantillon prélevé n'est jamais à elle seule représentative de la qualité globale d'un ballast. On constate toujours, même dans les carrières à matériaux d'apparence homogène, une dispersion très importante des qualités *DR* des échantillons successivement prélevés.

Pour cette raison, on définit statistiquement à partir des valeurs mesurées depuis un certain laps de temps, le coefficient de dureté globale **DRG** qui est égal à la plus faible des deux valeurs ci-après :

$$DRG1 = \overline{DR} - 0.5\sigma_{DR}$$

$$DRG2 = DR_{min} + 2$$

Où : $\overline{DR}$: Moyenne arithmétique des duretés relatives $\overline{DR} = \dfrac{\sum DR}{n}$

Avec n : nombre d'échantillons soumis à l'essai.

σ_{DR} : Écart type $\sigma_{DR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(DRi - \overline{DR})^2}{n-1}}$

DRmin : la plus faible valeur des duretés relatives.

I.6.2.4. Résistance à la compression simple

Pour évaluer les qualités mécaniques de ballast le maitre d'ouvrage (exploitant SNTF) exige une étude concernant la résistance à la compression simple du matériau.

La SNTF exige que la roche dont provient le ballast, ait au minimum, une résistance à la compression simple de mille deux cent kilogrammes par centimètre carré (1200 kg/cm2).

- **Principe de l'essai**

Une éprouvette cylindrique est comprimée entre les plateaux d'une presse jusqu'à rupture. Le plateau supérieur de la presse est muni d'une rotule. L'élancement de l'éprouvette doit être suffisant (h > 2∅) pour éviter l'effet de frettage des plateaux. On déduit la contrainte de rupture par compression simple (Rc) de la charge de rupture Pr par : RC=$\frac{4\,\mathrm{Pr}}{\pi r^2}$ valable dans la partie centrale de l'éprouvette non influencée par le frettage des plateaux à condition que l'élancement h soit suffisant.

La vitesse de mise en charge influence le résultat. On la souhaite aussi lente que possible (en pratique de l'ordre de 4 tonnes/minute). Pour les éprouvettes d'élancement insuffisant ($\frac{h}{\phi}$ < 2), OBERT donne la formule suivante qui permet de passer de Rc mesuré à Rc pour :

$$Rc = Rcm\,\frac{0.778 + 0.222(1/2)}{0.778 + 0.222(\phi/\mathrm{h})}$$

(Philippe EYNDE, 1983) [2].

I.6.3. Forme

Les grains de ballast sont de forme polyédrique avec des arêtes vives. La présence de grains allongés nuit à la stabilité de la couche compactée du fait de la possibilité d'attrition de ses particules. Des particules comme les aiguilles et les éléments plats ne doivent pas dépasser 92mm. Le pourcentage en masse d'aiguilles ne doit pas excéder 7%.
L'homogénéité du ballast est définie par la proportion d'éléments friables ou altérés qui ne doit pas dépasser 3%.

Les éléments plats sont caractérisés par un coefficient d'aplatissement global qui représente le pourcentage total en masse passant à l'ensemble des grilles et ne doit pas dépasser 12%.

Les éléments plats sont définis comme étant d'une classe granulométrique passant au travers d'une grille à fentes, La norme affecte à chaque classe granulométrique la taille de l'ouverture de la fente, voir le tableau :

Tableau I.8 taille de l'ouverture de la fente associée aux classes granulométriques.

Classe granulométrique d/D (mm)	Ouverture de la fente (mm)
50-63	31,5
40-50	25
31,5-40	20
25-31,5	16

Le pourcentage total en masse de grains passants par l'ensemble des grilles s'appelle "Coefficient d'aplatissement". Ce coefficient ne doit pas dépasser 12%.

Ce coefficient doit être l'essai de référence pour la détermination de la forme du ballast de voie ferrée. Il doit être exprimé par la catégorie correspondante spécifiée dans le Tableau ci-après :

Tableau I.9 Catégories pour les valeurs maximales du coefficient d'aplatissement

Coefficient d'aplatissement	Catégorie FI
≤ 15	FI15
≤ 20	FI20
≤ 35	FI35
> 35	FI Déclaré
Aucune exigence	FINR

I.6.4. l'angularité et la rugosité :

Les granulats du ballast doivent présenter des surfaces assez rugueuses et des arêtes vives pour assurer la cohésion de la masse. Elles permettent donc aux éléments du ballast de s'assembler entre eux de façon à former un ensemble compact et cohérent. Cette cohésion assure le contact et le frottement ballast /traverses, le bon maintien en place et l'immobilisation de ses dernières par pénétration des arêtes vives des éléments de ballast dans la masse des traverses (bois, rugosité ou alvéoles du béton).

I.6.5. La densité

Elle doit être élevée pour mieux résister aux différents efforts auxquels le matériau est soumis. Un bon matériau devra avoir une densité apparente au moins égale à 2,5 g/cm³ par rapport à un optimum de masse volumique compris entre 2 et 2,8 g/cm³.

Les essais appliqués ici sont les essais de calcul de masse volumique (apparente, et absolue)

I.6.5.1. Masse volumique apparente et absolue :

But de l'essai :

Cet essai a pour but de permettre de connaître la masse d'une fraction granulaire .Ce paramètre permet, en particulier, de déterminer la masse ou le volume des différentes classes granulaires

I.6.5.1.1. Méthode de l'essai

- **Masse volumique absolue**

Cette méthode est très simple et très rapide. Elle utilise du matériel très courant de laboratoire. Toutefois sa précision est faible.

1. Remplir une éprouvette graduée avec un volume V1 d'eau.

2. Peser un échantillon sec M de granulats (environ 300 g) et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.

3. Le liquide monte dans l'éprouvette. Lire le nouveau volume V2.

La masse volumique est alors : $\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1}$

Pour opérer dans de bonnes conditions, utiliser une éprouvette graduée en verre de 500 cm^3 de volume. La lecture des niveaux V1 et V2 doit se faire en bas du ménisque formé par l'eau. En effet, celle-ci a tendance à remonter sur les bords de l'éprouvette sur une hauteur de 1 à 2 mm, ce qui fausse bien sûr la lecture des volumes si la lecture est effectuée en haut du ménisque.

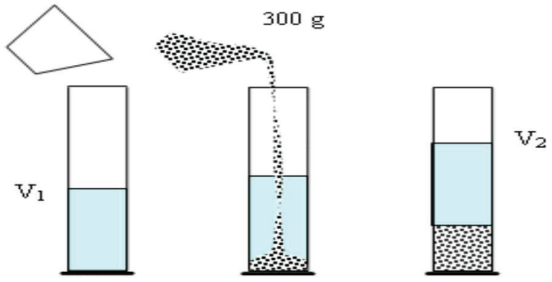


Figure I.4 L'éprouvette de la Masse volumique absolue

- **Masse volumique apparente**

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en l'état naturel, après passage à l'étuve à 105±5°C, notée et exprimée en (gr/cm^3 ; kg/m^3 ; T/m^3).

- **Le calcul**

$$\rho_{ap} = \frac{\mathbf{Ms}}{\mathbf{Vap}}$$

Tel que : ρ_{ap}: la masse volumique apparente (Kg/m^3)

M_s : la masse d'un corps sèche

V_{ap}: le volume apparent

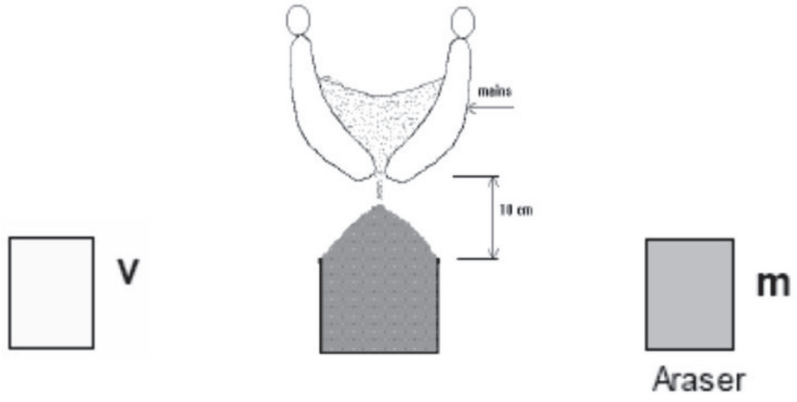


Figure I.5 Eprouvette de la Masse volumique apparente

I.6.6. La perméabilité

Le ballast doit assurer un bon drainage ou écoulement des eaux pluviales avec une pente suffisante ; car l'eau qui reste dans le ballast y forme finalement de la boue, les traverses qui s'appuient sont mal assises (traverses boueuses ou danseuses) ; cette eau se congèle en hiver, d'où gonflement du ballast et soulèvement de la voie. En outre, la voie gelée perd son élasticité

I.6.7. La non-gélivité

Plus un granulat est imperméable, plus il est mieux protéger et insensible aux effets du gel, qui se traduit par la résistance à l'écaillage et aux cycles d'imbibition-dessiccation en présence des eaux et des solutions minérales tels que les sels fondants.

I.6.8. Propreté

Les grains de ballast doivent êtres expurgés du sable, de la terre, des poussières, des débris et des fines pouvant influencer la rugosité et le frottement entre grains qui sont à l'origine de la résistance macroscopique. La masse relative des éléments passant au tamis de 1.6 mm doit être inférieure à 0.5%.

I.7. LES PROBLEMATIQUES DU BALLAST EN ALGERIE

Selon les normes universelles y compris la norme algérienne NA17000 et les spécifications technique de la SNTF, le ballast doit vérifier les conditions de base cité ci-dessus, à cet effet, une étude comparative sera évoquée dans ce chapitre relative aux caractéristiques mécaniques du ballast recommandé dans les normes en vigueur et celles rencontrées dans les études du ballast algérien :

Selon les études réalisées en Algérie, il a été constaté qu'il est extrêmement difficile de voir par quelques régions même impossible de trouver des granulats qui répondent à toutes les exigences déjà explicitées plus haut.

A cet effet une étude comparative sera élaborée afin de présenter les écarts et les insuffisances liés aux matériaux destinés pour la production du ballast Algérien par rapport les normes en vigueur et les exigences de la SNTF, comme suit :

Il a été procéder à une étude statistique basant sur des résultats d'échantillons de matériau destiné au ballast, sur des régions représentant les hauts plateaux (Sétif, Mila et Msila) et d'autres représente le Sahara (Ouargla, et Ghardaïa), une idée générale sera obtenue et on généralise les résultats de ces 2 régions sur le territoire algérien.

Les résultats obtenus sont présentés ci-après :

I.7.1. Résultats de la région des hauts plateaux

Après le concassage des 8 échantillons de roches prélevés de Sétif, Msila et Mila, un opérateur du laboratoire géotechnique (LTPE, Sétif), a réalisé les essais de Deval humide et sec, conformément aux dernières normes françaises (NF P 18-527 Décembre 1990), édité par l'AFNOR, ainsi que les résultats de la résistance à la compression simple.

Les résultats sont résumés comme suit :

Tableau I.10 Résultats de la DRG de la région des hauts plateaux.

Type d'essai géotechnique	ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Ech. 1	Ech. 2	Ec h.3	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3
Essai Deval	7,68 dh	18,06	17,79	3,5 Dh	18,8	17.7	4.07 dh	2,06	3,6 dh	4,33 dh	12.7	13,6
Essai Los-Angeles	34,86	33,6	-	40,8	39,6	-	30.1 8	20.0 6	-	41,1 6	46	-
(DRG)	7	10	-	/	/	-	9	13.5	-	/	/	-

Tableau I.11 Résultats de la RCS de la région des hauts plateaux.

Valeurs obtenues des essais RCS	Valeur minimale (bars)	Valeur maximale (bars)
	840	1090

Remarque : Les valeurs des essais RCS obtenues dans la région des hauts plateaux oscillent entre 840 et 1090 bars, ces valeurs restent inférieures à la valeur recommandée par la SNTF (1200 bars).

I.7.2. Résultats de la région de Sahara

Au laboratoire (LTPS) une étude géotechnique a été réalisée sur 8 échantillons de roche prélevée d'Ouargla et Ghardaïa. Avant de passer aux expériences géotechniques, Les échantillons vont subir un pré traitement. Ils vont être passés dans le concasseur puis en un tamis afin de déterminer les caractéristiques mécaniques intrinsèques et chimiques, les résultats pris sont les suivants :

Tableau I.12 Récapitulatif des essais des granulats dans la région saharienne.

	Los Angeles	Micro deval	Densité		DRG
			Absolue	app	
Ech 01	18,64	27,17	2,61	1.40	15
Ech 02	21.19	20.78	2.59	1.37	15
Ech 03	21.35	27,4	2,68	1.5	14
Ech 04	25,03	27,53	2,62	1.42	12
Ech 05	19,29	23,00	2,63	1.43	15
Ech 06	15,43	8,86	2,67	1.49	16
Ech 07	19,94	14,57	2,63	1.43	15
Ech 08	21,36	16,21	2,67	1.49	14

Tableau I.13 Résultats de la RCS de la région du Sahara.

Valeurs obtenues des essais RCS	Valeur minimale (bar)	Valeur maximale (bars)
	950	1140

Remarque : Les valeurs des essais RCS obtenues dans la région des hauts plateaux oscillent entre 950 et 1140 bars, ces valeurs restent inférieures à la valeur recommandée par la SNTF (1200 bars).

I.7.3. Interprétation des résultats

En tenant compte des normes sur les ballasts adoptées par l'Algérie (Los Angeles < 40%) (Il présente une résistance à la fragmentation (Essai Los Angles) supérieure à celle recommandée pour le ballast. Selon la SNTF LA ne doit pas dépasser 15%-) (Voir annexe 1).

Le problème posé par les laboratoires algériens est lié aux paramètres mécaniques particulièrement à la dureté relative moyenne DRG qui assure un suivi global de la qualité du matériau livré.

Les essais de la région des hauts plateaux montrent que la DRG varie entre 7 et 13,5 ce qui montre que les résultats sont inférieurs à la valeur recommandée par la SNTF qui exige une valeur > 13, les essais faits dans la région du Sahara ont des valeurs acceptables par rapport aux normes exigées.

D'autre part, il présente une résistance à la fragmentation (Essai Los Angles) un peu supérieure à celle recommandée pour le ballast.

Aussi la résistance à l'usure sous l'eau (Essai MDE) est moyenne. Les résultats varient entre 3,5 et 7,68 dans la région des hauts plateaux et entre 15 et 27 dans le Sahara , ce qui conduit à dire que ces résultats sont non conformes ou faibles en les comparant avec les valeurs recommandées dans la norme (MDE doit être inférieur ou égale à 15 et supérieur à 9).

La densité apparente est de 1.35 à 1.39t/m3 et une densité absolue est de 2.61 à 2.68 t/m3.

Les valeurs des essais obtenues, restent inférieures aux exigences des normes en vigueurs et spécifications techniques de la SNTF.

Les résultats des essais géotechniques que nous avons obtenus (tableaux I.10, I11, I12 et I.13) ont donné des valeurs qu'on peut qualifier de moyennes à médiocres étant donné que toutes ces valeurs sont légèrement inférieures et parfois supérieures aux limites supérieures acceptables fixées par les normes.

I.8. CONCLUSION

Le ballast est un élément important dans la constitution de la voie ferrée, et les granulats utilisés comme matériaux de ballast doivent être de bonnes qualités, répondant aux exigences et aux normes internationales. Dans l'interprétation faite au-dessus le ballast algérien diffère d'une région à une autre mais sa qualité reste moyenne à médiocre.

En Algérie, il y a une suggestion d'importer le ballast qui ne répond pas aux exigences des paramètres mécaniques cités dans la norme algérienne NA17000, mais cette problématique reste une suggestion non réalisable d'un point de vue économique.

CHAPITRE II :

Transport ferroviaire en Algérie

CHAPITRE II

II.1.INTRODUCTION

Le chemin de fer est un système de transport guidé servant au transport de personnes et de marchandises. Il se compose d'une infrastructure spécialisée, le matériel roulant et de procédures d'exploitation faisant le plus souvent intervenir le facteur humain.

L'infrastructure des chemins de fer est appelée voie ferrée. Elle se compose, la plupart du temps, de deux files de rails posés sur des traverses, d'appareils de voie, de passages à niveau, de la signalisation et le cas échéant des installations de traction électrique.

Le matériel roulant circule communément en convois appelé trains ou rames.

Les convois sont constitués de wagons ou de voitures tractés par des locomotives. Il peut également s'agir de rames autotractées, c'est-à-dire incluant leur propre système de traction.

II.2.AVANTAGES DE CHEMIN DE FER

La répartition du trafic entre les différents modes de transport résulte des décisions prises par les usagers des transports, lesquelles dépendent des avantages que supposent les différentes solutions possibles, ainsi que l'investissement de l'état dans les chemins de fer est bien justifiable vue les bienfaits de la voie ferrée qui peuvent se résumer comme suit :

- Le transport par voie ferrée est plus rapide que par la route (pour son système de guidage et l'absence d'obstacles).
- Il garantit aux états leur indépendance à long terme grâce aux réductions de consommations en hydrocarbures.
- Le moins couteux parmi tous les autres moyens de transport.
- Sécurité vis-à-vis des accidents par rapport à la route.
- Il est non polluant, et peut être bientôt encore plus si l'énergie est produite par les systèmes géothermique et solaire.
- Le dégagement de capacités dans les infrastructures routières et aéroportuaires.
- gain de temps, confort et sécurité.
- Réduction des dommages corporels et matériel (vu les dégâts des accidents routier).

Ces raisons expliquent la préférence des usagers de se déplacer par chemins de fer, ce qui a poussé les gouvernements à investir dans ce mode de transport qui représente de nos jours un facteur important dans la mesure du développement d'un pays. D'autre part, sa consommation économique et sa préservation de la nature lui confère le mérite d'être le meilleur système de transport du siècle.

II.3.TRANSPORT FERROVIAIRE EN ALGERIE

I.3.1. Les débuts du chemin de fer en Algérie

La première ligne de chemin de fer en Algérie remonte à la période coloniale, trois programmes ont été initiés par l'administration : le programme de 1857, de 1879 et celui de 1907.

Le programme de 1857, au cours de la période 1857-1878, les lignes ou tronçons de lignes totalisant une longueur de 1357 km,

Un programme de 1747 km de lignes nouvelles a été ajouté au réseau existant. Dans la période 1879-1906, 2035 km de lignes ont été réalisées

En 1907, un troisième programme de nouvelles lignes portant sur 1256 km est établi et vient s'ajouter au réseau existant au cours de la période 1907-1946,

En 1946, le réseau algérien comprend 5014 km de lignes en exploitation sans compter les embranchements miniers et les lignes de chemin de fer sur routes (CFRA). (Société nationale des transports ferroviaires, 2019)[15].

II.3.2. Période post indépendance

Le 30 juin 1959, l'État français et l'office des Chemins de fer Algériens (OCFA) signèrent une convention créant la compagnie des chemins de fer Français en Algérie (CCFA) qui devint en 1963 la SNCFA (Société Nationale des Chemins de Fer Algériens).

La Convention de Juin 1959 continua à régir les relations entre l'Etat et la SNCFA jusqu'à 1976, date à laquelle est créée, la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) suite à la promulgation des textes portant gestion socialiste des entreprises (GSE) par ordonnance N° 76-28 du 25 Mars 1976. Cette dernière a été restructurée en trois entreprises :

- La SNTF, société nationale chargée de l'exploitation et de l'entretien du réseau ferroviaire.
- La SNERIF, société nationale chargée du renouvellement et de l'extension du réseau ferroviaire.
- La SIF, société d'engineering et de réalisation d'infrastructures ferroviaires.

Cette réorganisation avait pour objectif de séparer les activités d'exploitation et d'entretien de celles du renouvellement et l'extension du réseau. Cette expérience n'a pas atteint les objectifs attendus et les deux sociétés SNERIF et SIF ont été ainsi dissoutes.

La SNTF change de statut et devient un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) par décret exécutif N°90-391 du 1er Décembre1990, sous tutelle du Ministère des Transports. (Société nationale des transports ferroviaires, 2019)[15].



Figure II. 1 Les réseaux ferroviaires en Algérie en 1942 (source SNTF)

II.3.3. Étapes de développement

Le réseau ferré Algérien a connu différentes étapes de développement depuis sa création jusqu'à aujourd'hui, on cite les grands étapes de développement dont les suivants :

- En 1999, le linéaire en voies ferrées disponible était de 1700 km.
  Aujourd'hui, il s'est hissé au niveau de 4000 km après l'achèvement de certains projets, dont la pénétrante de l'ouest qui va du Sud de Sidi Bel Abbès vers Béchar, aux confins du désert. À la réception des projets de réalisations en cours (2294 km en travaux), il sera de l'ordre de 6.000km.
- En 2005, l'agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires (ANESRIF) est créée pour gérer un nouveau programme d'investissement public avec l'objectif de porter le réseau à 12 500 km en 2025.
- En 2010, 315 km de nouvelles voies sont ouvertes (Bordj Bou Arreridj à M'Sila, Ain-Touta à M'Sila, nouvelle ligne de Béchar), les lignes de banlieue d'Alger ont été électrifiées.
- En 2011, il s'est hissé au niveau de 4000 km après l'achèvement de certains projets, dont la pénétrante de l'ouest qui va du Sud de Sidi Bel Abbès vers Béchar.
- En 2015 sur un programme de 2 300 km de nouvelles lignes, 1 324 km sont en travaux dont la majeure partie concerne la partie ouest de la boucle des hauts plateaux. (Société nationale des transports ferroviaires, 2019)[15].

II.3.4. Le réseau ferroviaire algérien actuel

Le réseau ferré possède actuellement une longueur des lignes s'élevant à 4300 km dont 3200 km en voie normale (1435 mm) et 1100 km en voie étroite (1055 mm) avec 394 km en double

voie. Il connaît depuis peu une électrification au niveau de certains tronçons, ce qui doit conduire incessamment à l'installation de trains à grande vitesse qui devraient relier les villes les plus importantes du pays. Le réseau ferroviaire est géré par la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF). Ce réseau est doté de plus de 200 gares couvrant surtout le nord du pays dont 323 km de voies sont électrifiés.



Figure II. 2 le réseau ferré Algérien et ses perspectives de développement (source : Anesrif.dz)

II.4.CONCLUSION

Le réseau ferroviaire algérien est plus ou moins dense au niveau des grandes villes et les grands centres industriels, le trafic de passagers et de marchandises y est plus important, mais ce mode de transport reste très minoritaire par rapport au mode de transport routier. Actuellement un grand effort d'extension et de modernisation est consenti afin d'élever substantiellement la part de marché de ce mode de transport et de garantir une équité socio-économique entre les différentes parties de la nation.

CHAPITRE III :

Présentation du projet

ChapiTRE III

III.1.INTRODUCTION

Dans le cadre de l'amélioration du réseau ferroviaire algérien la SNTF a entrepris des études d'une nouvelle ligne ferroviaire avec double voies conçue pour une vitesse de train de 160 km/h en voie principale.

Cette nouvelle ligne mixte (voyageurs et marchandises) électrifiée de 38 km reliera la ville d'El-Affroun dans la wilaya de Blida et le centre-ville de la wilaya de TIPAZA desservant ainsi au passage les localités d'AHMER EL AIN, BOURKIKA, HADJOUT et TIPAZA.

III.2.PRESENTATION DES VILLES LIMITROPHES AU PROJET

Notre zone d'étude s'étale de la wilaya de Blida côté nord-ouest (Affroun) qui représente 1% du projet (gare Affroun) jusqu'à la wilaya de Tipaza (centre-ville).

III.2.1. Présentation de la ville de Tipaza

III.2.1.1. Situation géographique

Tipaza est une wilaya algérienne partiellement berbérophone située à 68 km à l'ouest de la capitale Alger. Elle se situe aux coordonnées géographiques de latitude 36° 35′ 00″ nord et longitude 2° 26′ 00″ est.

La présence de la mer, des reliefs du Chenoua et du Dahra donnent un paysage particulier et d'un intérêt touristique. De nombreux vestiges puniques, romains, chrétiens et musulmans attestent de la richesse de l'histoire de cette région. Elle est limitée géographiquement par :

- La mer Méditerranée au nord ;
- La wilaya d'Alger à l'est ;
- La wilaya de Blida au sud-est ;
- La wilaya de Aïn Defla au sud ;
- La wilaya de Chlef à l'ouest.

Elle s'étend sur une superficie de 1 707 km² et compte environ 591 000 habitants (selon le recensement 2008). La densité de population est de 273hab/Km².



Figure III. 1 Localisation de la wilaya de Tipaza au nord de l'Algérie

III.2.1.2. Démographie

Selon le recensement de 2008, la population de la wilaya est de 591 010 habitants.

Tableau III. 1 évolution de la population de la wilaya de Tipaza

1977	1987	1998	2008
450 598	620 151	506 053	591 010

III.2.1.3. Le relief

Le territoire de la wilaya couvre une superficie de 1 707 km² qui se répartit en :

- Montagnes : 336 km² ;
- Collines et piémonts : 577 km² ;
- Plaines : 611 km² ;
- Autres : 183 km².

III.2.1.4. Climat

Tipaza est caractérisée par un climat Méditerranéen avec un été chaud et une précipitation élevée de l'ordre 600mm/an. Le Tableau III.2 reprend les données climatiques annuelles de la wilaya de Tipaza.

Tableau III. 2 Données climatiques annuelles de la wilaya de Tipaza

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
Précipitation moyennes (mm)	81.3	84.6	76	50.5	41.6	9.3	3.1	5.2	30	57.2	85	99.2	56.06
Température moyenne °C	13	13.3	14.6	16.1	18	21	24	24.9	23.0	21	17.6	11.4	18.5

III.2.1.5. Aspect administratif et activité économique

La wilaya de Tipaza est divisée en 10 daïras regroupant 28 communes, elle est le siège d'une université de 20 000 étudiants. Les cultures principales de cette zone sont les agrumes, les maraichers et les céréales. L'activité économique est caractérisée par les zones industrielles de Bou Ismail ; la biscuiterie de Cherchell et les activités des ports de pêche Bou Haroun et Tipaza.

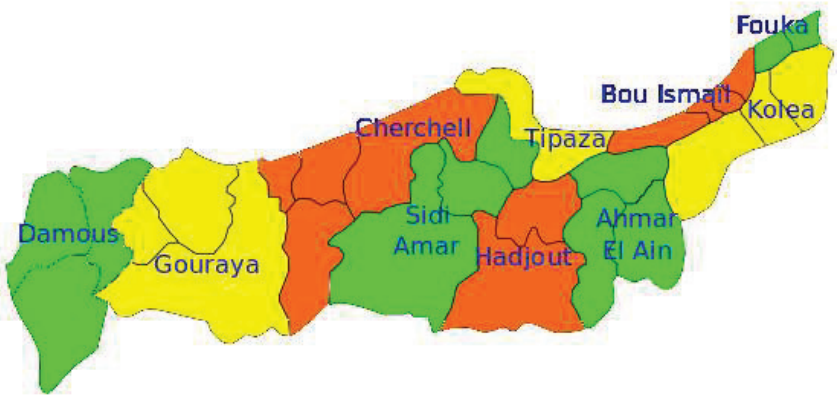


Figure III. 2 Daïras de la wilaya de Tipaza

III.2.2. Aperçu sur la commune d'El-Affroun

El Affroun est située à l'ouest de la wilaya de Blida, à environ 18 km à l'ouest de la ville de Blida, et à 69 km au sud-ouest de la capitale Alger, ses coordonnées géographiques sont 36° 28′ 26″ nord, 2° 37′ 19″ est.

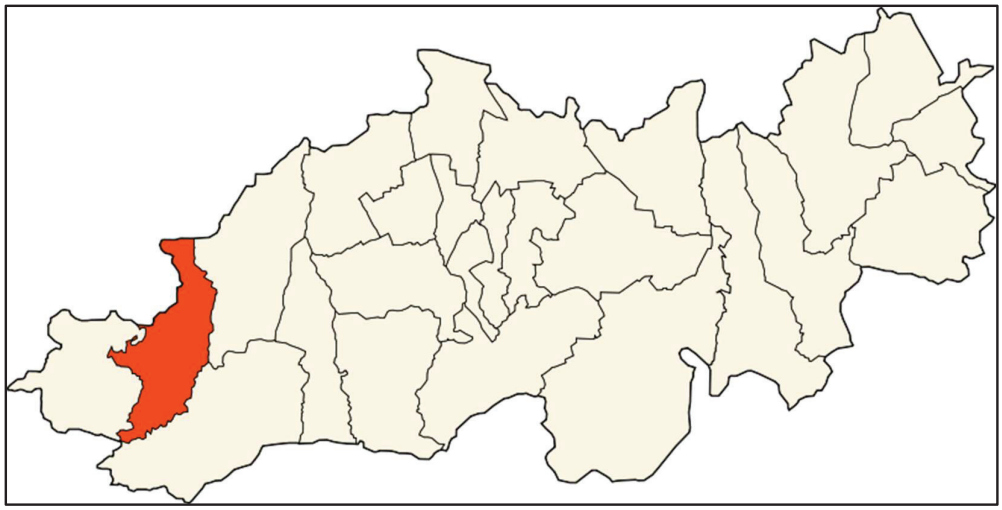


Figure III. 3 Localisation de la commune d'El Affroun dans la wilaya de Blida

III.2.2.1. Transport

El Affroun compte une gare ferroviaire point de départ-arrivée d'une double voie électrifiée (mise en service en 2008) vers et depuis la capitale Alger en passant par la ville de Blida.

Vers l'ouest, la voie est classique et constitue la porte du réseau de l'ouest algérien desservant les grandes villes de Chlef, Aïn-Témouchent, Oran...etc.

III.2.2.2. Démographie

El Affroun compte 230 465 habitants répartis sur une superficie de 55,87 Km² avec une densité de 4 125 habitants/km².

III.3.PRESENTATION DU PROJET

Notre projet porte sur un travail intitulé : « Étude avant-projet détaillé (APD) de la nouvelle ligne ferroviaire EL AFFROUN- TIPAZA du PK 0+000 au PK 10+000 avec la conception de la gare de AHMER EL AIN ». C'est une nouvelle ligne électrifiée d'un aspect voyageurs et marchandises à une vitesse successivement de 160 km/h et 80km/h.

Le but de cette étude est d'établir une conception d'un tracé qui répond aux critères techniques et aux termes de références exigés.



Figure III. 4 Plan de localisation du projet El-Affroun - TIPAZA

III.3.1. Caractéristiques techniques de la ligne projetée

Les exigences techniques du projet sont :

- Nouvelle ligne à double voie ;
- Type de trafic : mixte (trains voyageurs et trains marchandises).
- Vitesse de conception de la ligne :
  - Voyageurs : 160Km/h
  - Marchandises : 80Km/h
- Pente longitudinale maximale : 16‰.
- Pente au niveau de la gare : 0‰.
- Levé topographique (couloir d'étude).
- Profil en travers :
  - Ecartement standard des rails (1435 mm en alignement) ;
  - La largeur de la plate-forme en double voie est fixée à 13,60 m avec un entraxe de 4.20 m.
  - L'axe des poteaux caténaires devra se situer à un minimum de 3060 mm de l'axe de la voie ;
  - Un cheminement de 1000 mm sera aussi implanté pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie dans le cas des voies à l'air libre uniquement.

- Voie équipée de rail du type 60 E1 (60.21 kg/m) posés sur des traverses bi-bloc en béton armé VAX.
- Charge à l'essieu :
  - Charges à l'essieu pour la superstructure de 20 tonnes.
  - Charges à l'essieu pour les ouvrages d'art de 25 tonnes.

III.4.CONCLUSION

La réalisation du projet de tronçon ferroviaire est d'un intérêt vital pour les populations des zones traversées de la gare d'el affroun jusqu'à la ville de Tipaza. Ces zones principalement à caractère agricole (BOURKIKA et HADJOUT) connaîtront un développement économique certain.

Néanmoins l'étude du tracé ferroviaire en question devra lever les contraintes naturelles et techniques qu'une telle infrastructure impose.

Ainsi le projet devra en premier lieu lever les contraintes administratives et domaniales telle que l'expropriation des terres que la voie ferrée traversera et ce pour cause d'utilité publique

L'étude tiendra compte des contraintes techniques telles que les reliefs des terres traversées.

La présence de ligne électrique haute tension qu'il faudra s'il y a lieu procéder aux démarches pour leur déplacement.

Ainsi le projet qui sera concrétisé permettra de réaliser un essor économique de la région par des déplacements rapides en toute sécurité des personnes et des marchandises.

CHAPITRE IV :

Tracé en plan

CHAPITRE IV

IV.1. INTRODUCTION

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

Pour concevoir le tracé d'une ligne ferroviaire, on doit prendre en compte les enjeux des territoires desservis et respecter les contraintes liées à la vitesse. L'objectif est d'intégrer la ligne nouvelle harmonieusement dans son environnement humain et naturel.

IV.2. DEFINITION DU TRACE EN PLAN

Le tracé en plan dessine la trajectoire de la ligne vue du dessus, il est constitué par la projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la voie ferrée. Il est constitué par une succession de segments de droites et (ou) de courbes circulaires raccordés entre eux par des courbes de transition du type clothoïde. Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité.

En chemin de fer le tracé en plan est caractérisé par deux vitesses :

- Vv : vitesse des trains rapides (voyageurs)
- Vm : vitesse des trains lents (marchandises)

IV.3. REGLES, NORMES ET CONDITIONS A RESPECTER POUR LE TRACE EN PLAN

Les normes exigées et utilisées dans l'étude du projet sont résumées dans les fiches UIC, il faut respecter ces normes dans la conception et dans la réalisation. Dans ce qui suit, on résume les règles à respecter dans le tracé en plan :

- Respecter le référentiel technique utilisé (règlement et normes)
- Comme c'est une étude APD, on ne doit pas sortir du couloir choisi
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement droit Eviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible qui nécessité la réalisation des ouvrages d'arts, dans le cas où c'est inévitable le franchissement s'effectuera perpendiculairement à sa ligne d'écoulement ou bien des endroits les plus étroits.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer le terrassement.
- Eviter de passer par des terrains agricoles, des zones forestières et des propriétés privées.
- Eviter les problèmes de talus
- Eviter les terrains très plastiques
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Eviter les problèmes des talus :
  - Talus en déblai : éviter la présence de nappe, terrains plastiques et la Présence de roches fissurées.
  - Talus en remblai : éviter les terrains instable (pouvant être mis en mouvement par le remblai) et les sols très compressible.

IV.4. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements droits, des liaisons (courbes de raccordements) et des arcs de cercles qui sont schématisés ci-dessous :

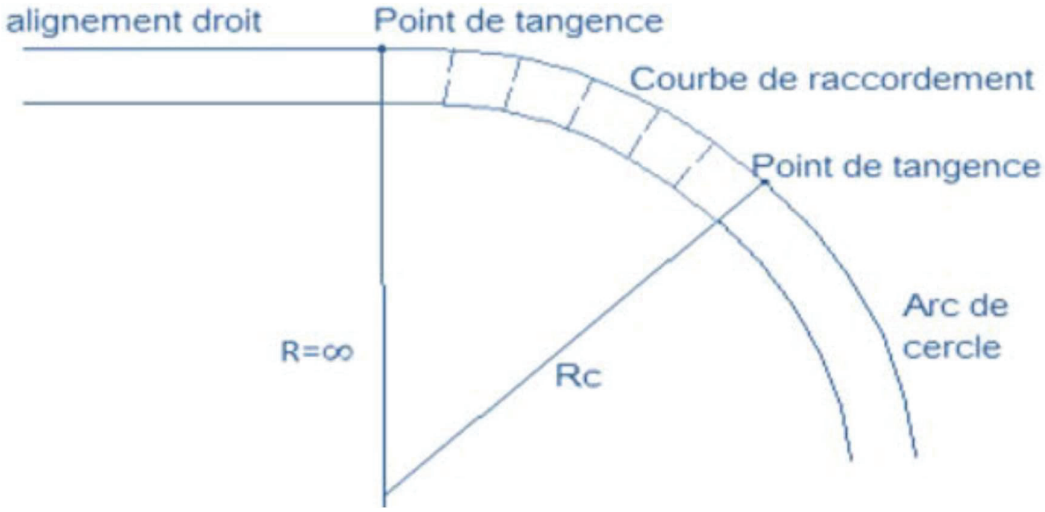


Figure IV. 1 Eléments du tracé en plan

- **Alignement** : est le plus simple et le plus favorable à l'exploitation, il est recommandé d'utiliser plus d'alignement dans le tracé en plan quand la topographie de la zone nous permet parce qu'il offre un meilleur confort aux usagers ainsi que leur sécurité (R = ∞).
- **Arc de cercle** : le raccordement entre les alignements se fait avec les raccordements circulaires, les rayons minimaux des courbes circulaires sont essentiellement imposés par la vitesse de circulation des véhicules ou plutôt par la force centrifuge qui lui est lié (R=Constante).
- **Courbe de raccordement** : C'est un élément géométrique qui raccorde l'alignement à un arc de cercle (R =variable), on utilise pour ce type de raccordement la clothoïde qui assure, grâce à sa variation linéaire de courbure la stabilité et le confort plus son aspect esthétique satisfaisant.

IV.5. CONDITIONS DE RACCORDEMENT

Le raccordement progressif doit vérifier les trois conditions suivantes :

- **Condition de gauchissement**

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

- **Condition de confort optique**

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

- **Condition de confort dynamique**

La progression du dévers et de la courbure assurent la stabilité et le confort dynamique.

IV.6. QUANTIFICATION DES PARAMETRES

Ces paramètres, pour lesquels le respect des valeurs exceptionnelles garantit la sécurité et le confort avec le coût de maintenance. On distingue deux types de paramètres :

Tableau IV. 2 Paramètres de sécurité et de confort

Paramètres relevant de la sécurité	Paramètres relevant le confort
• Le rayon de la courbe. • La variation de courbure. • L'insuffisance de dévers. • Le dévers et le taux de variation de dévers.	• Excès de dévers. • Variation de l'insuffisance de dévers. • Longueur des éléments de tracé.

IV.7. LES PARAMETRES DE CONCEPTION DU TRACE DE LA VOIE

IV.7.1. Longueur minimum des éléments de tracé

La longueur effective de tout élément de tracé (autre que les courbes de raccordement) doit se situer au-dessus d'une valeur exceptionnelle, en prenant en considération les paramètres de conception du tracé effectivement utilisés pour les éléments de tracé encadrant (dévers, insuffisances de dévers et leurs variations).

Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes, entre milieux de doucines, doivent respecter les valeurs exprimées en mètres ci-après (la vitesse V est exprimée en km/h).

Tableau IV. 2 Valeur limite maximales des éléments de tracé (Référentiel technique SNTF, 2005) [8]

Valeur limite normale	V/2
Valeur limite exceptionnelle	V/3

IV.7.2. Le rayon minimum

La valeur du rayon minimum admissible est un paramètre qui dépend de la vitesse du projet, il est limité pour assurer, le confort des voyageurs et éviter que les efforts transversaux sur la voie ne soient trop importants.

Le rayon minimum (normal et exceptionnel), sera défini à partir de l'insuffisance de dévers admissible (I) pour les vitesses maximales (Vmax) et à partir de l'excès de dévers (E) pour les vitesses minimales (Vmin) sans que le dévers maximum ne soit dépassé. (Référentiel technique SNTF, 2005) [8]

Le rayon minimum de la courbe se calcule en utilisant les relations suivantes :

$$\frac{11{,}8 \cdot V_{min}^2}{dp - E} \geq R \geq \frac{11{,}8 \cdot V_{max}^2}{dp + I}$$; dp: dévers pratique.

IV.7.3.Dévers

D'après les lois de la mécanique classique un point matériel qui se déplace dans une courbe subit une force centrifuge qui a tendance à le renverser à l'extérieur du virage. Cette force peut conduire au déraillement du train et à la fatigue de la voie et des roulants, pour annuler ou modérer cette force, on surélève le rail ou la file extérieur, de la voie, cette différence de niveau dans une courbe est appelée dévers.

Les valeurs limites maximales d'après UIC 703 sont :

Tableau IV.3 Valeurs limites du dévers (UIC 703, 1990) [4]

Paramètres		Dévers (mm)
Valeurs limites maximales (catégorie II)	Normal	120
	Maximal	150
	Exceptionnel	160

IV.7.3.1. Le dévers théorique

Pour une vitesse V du train on établit le dévers nécessaire qui peut assurer la stabilité sur la voie et le confort des voyageurs, ce dévers est en fonction de cette vitesse ainsi que la résultante « R » du poids du véhicule (P) et de la force centrifuge (F).

Ce dévers est appelé dévers théorique d'équilibre, il est trouvé comme suit :

La force centrifuge est donnée par : $F = ma = \frac{mV^2}{R}$; Le pois et donné par : $P = mg$

$$\text{tg}\alpha = \frac{F}{P} = \frac{V^2}{R.g}$$

On a : $d = e.\sin(\alpha)$ (α est petit $\Rightarrow \sin\alpha \approx \text{tg}\alpha$)

Donc : $d = e.\text{tg}(\alpha) = e.\frac{V^2}{R.g}$ (V en m/s)

Pour : e = 1.5m, g = 9.81m/s² et V [m/s] = (1/3.6)*V[km/h]

D'où : $d = 0.0118\ V^2/R$ (R en [m], d en [m] et V en [km/h])

Ou bien : $d = 11.8\ \frac{V^2(\frac{km}{h})}{R(m)}$ avec d en [mm]

F : force centrifuge α : angle de dévers

e : écartement de la voie P : poids de véhicule

IV.7.3.2. Le dévers pratique (prescrit)

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

Ce dévers donné à la voie est appelé dévers prescrit.(Conception du tracé SNCF, 2006)[9]

Sa valeur est comprise entre celle des trains rapides et celle des trains lents, elle est donnée par :

$$\mathbf{D_P = 1000 \times \frac{C}{R}}$$ ou C : est un coefficient du dévers.

R : rayon de courbure [m]

Dp : devers pratique [mm]

Ce dévers est toujours inferieur au dévers théorique.

Il ne doit pas dépasser la limite qui est de **160mm** (180mm exceptionnelle).

Les normes de la SNTF estiment ce dévers de 70% du dévers théorique

$d_P = 0,7(11.8\ V^2/R) < 160$ mm

IV.7.3.3. Le coefficient de devers

Il exprime la proportionnalité entre le devers pratique et la courbure à la création d'une ligne. (Conception du tracé SNCF, 2006)[9]

Le calcul théorique de **C** se fait en utilisant les formules suivantes :

- 1ère formule : **$C = 0.006 * V_R^2$**
- 2éme formule : **$C = R_{min}.\ d_{Rmin} /1000.$**

$$R_{min} = \frac{11.8.V_R^2}{(d(R_{min}) + I_{max})} \qquad d_{Rmin} = \frac{V_R^2.E_{max} + V_L^2.I_{max}}{V_R^2 - V_L^2}$$

R_{min} : Rayon minimum

d_{Rmin} : Dévers pratique correspondant au rayon minimum.

V_R : Vitesse du train rapide ; **V_L :** Vitesse du train marchandises (lent)

I_{max} : Insuffisance maximale du dévers, **$I=d_R - dp$**, tel que d_R est le dévers des trains rapides, dp c'est le dévers pratique.

E_{max} : L'excès maximum du dévers, **$E = d_p - d_L$.**

d_L c'est le dévers des trains de marchandise.

IV.7.3.4. Notion de l'insuffisance (I) et l'excès de dévers (E)

Les trains de voyageurs nécessitent des dévers plus importants que celle des trains de marchandises. Pour une vitesse **V_R** des trains rapides, un dévers rend difficile sinon impossible, pour le démarrage des trains de marchandise à cause de la traction, de plus, les surcharges entraînent l'écartement des champignons et la formation des bavures. Pour un dévers **d_L** correspond à une vitesse **V_L** des trains de marchandises, le voyageur ressent un confort marqué.

IV.7.3.5. L'insuffisance de dévers (I)

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 le dévers d'équilibre et le dévers prescrit. (XP ENV 13803-1, 2003)[10]

I = d – dp

d : dévers théorique des trains rapides

Pour les valeurs de R et d fixées, l'insuffisance de dévers détermine la vitesse maximale en pleine courbe, de telle manière que :

$$\mathbf{I = 11.8 * \frac{Vr^2}{R} - dp\ [mm]} \leq I_{rec}$$

I_{rec} peut être remplacée par la valeur $(aq)_{rec.}$:

$$aq = \frac{v^2{}_{max}}{12{,}96\ R} - \frac{g \times d}{1500} = \frac{I}{153} \leq (aq)_{lim}\ \frac{I_{rec}}{153}$$

Les valeurs limites de l'insuffisance de dévers d'après UIC 703 sont indiquées ci-dessous :

Tableau IV.4 Les valeurs limites de l'insuffisance de devers (UIC 703, 1990) []

Paramètres		Insuffisance de dévers (mm)
Valeurs limites maximales (catégorie II)	Normal	100
	Maximal	120
	Exceptionnel	150

IV.7.3.6. L'excès de dévers (E)

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. On appelle excès de dévers (exprimé en mm) la différence entre le dévers prescrit et le dévers d'équilibre. (XP ENV 13803-1, 2003)[10]

C'est la différence entre le dévers pratique et le dévers théorique des trains lents.

$\mathbf{E_{max}}$: L'excès maximum du dévers

$$\mathbf{E = dp - dm.}$$

$$\mathbf{E = dp - 11{,}8 \times \frac{Vmin}{R^2}}$$

dm : dévers théorique des trains lents

Dans les courbes de grand rayon, il y a généralement une différence significative entre la vitesse des trains rapides

V max et celle des trains plus lents V min·

Il y a excès de dévers lorsque l'expression suivante prend une valeur positive :

$$\mathbf{E = Dp - 11.8\ \frac{Vmin^2}{R}} \qquad \mathbf{[mm]}$$

Les valeurs limites de l'excès de dévers d'après UIC 703 sont indiquées ci-dessous :

Tableau IV.5 Les valeurs limites de l'excès de devers (UIC 703, 1990) [4]

Paramètres		Excès de devers (mm)
Valeurs limites maximales (catégorie II)	Normal	70
	Maximal	90
	Exceptionnel	110

Les valeurs limites pour l'excès de dévers dépendent de l'intensité du trafic quotidien des trains marchandises et elles sont déterminées de la manière suivante :

Tableau IV.6 Excès dévers en fonction tonnage journalier

Tonnage journalier	**Emax (mm)**
Volume ≤ 45000 T/J	70
25000< volume < 45000	80
10000< volume < 25000	90
Volume ≤ 10000	100

IV.7.3.7. Raccordement de dévers

Le Dévers augmente progressivement d'une valeur nulle en alignement, jusqu'au dévers prévu en courbe, cette progression se fait sur une longueur dite rampe de dévers.
La variation du dévers par unité de longueur où la rampe de raccordement est constante pour faciliter la pose, le contrôle et l'entretien de la voie. Pour passer d'un dévers d'alignement à un dévers de courbe, on surélève progressivement la file extérieure par rapport à la file intérieure et l'insuffisance ou l'excès varie jusqu'à la valeur prévue en plein courbe.
La figure ci-dessous montre la variation linéaire du devers selon la SNTF :

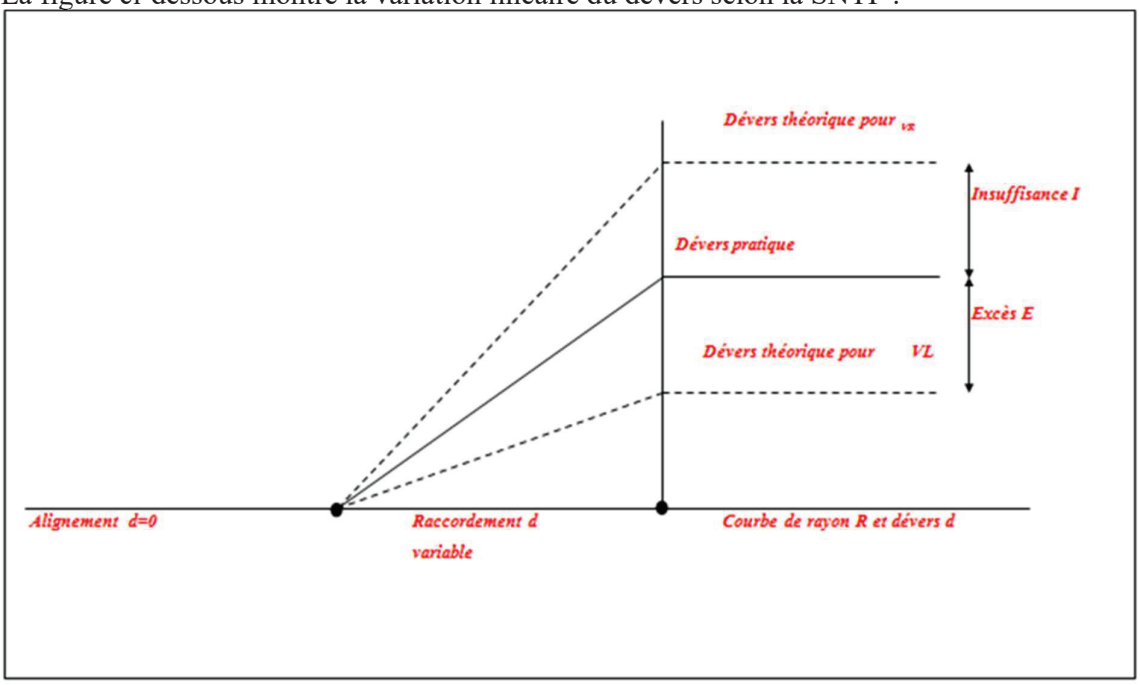


Figure IV. 2 La variation linéaire du devers

IV.7.3.8. Gauchissement et variation de dévers

La variation du dévers provoque un gauchissement de la voie, donc les points de contact des quatre roues ne se trouvent pas au même niveau, et la charge se répartit inégalement sur les quatre roues, et sous des charges dynamiques pour de grandes vitesses, le problème s'avère néfaste.

Pour régler le problème, on doit limiter cette rampe par unité de longueur, le rapport Δd/Δl appelé « gauche » exprime cette variation en (mm/m).

IV.7.3.9. Variation de dévers en fonction du temps dD/dt

Taux suivant lequel le dévers augmente ou diminue relativement à la vitesse d'un véhicule franchissant une courbe de raccordement.

Pour les variations de dévers à gradient de dévers constant, on souhaite obtenir la relation suivante, où Δd est la variation de dévers :

$$\frac{dD}{dt} = \frac{\Delta D \,.V_{max}}{3.6\ L} \leq \left(\frac{dD}{dt}\right)_{rec}$$

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

Les valeurs limites d'après UIC 703 sont indiquées ci-dessous :

Tableau IV.7 Les valeurs limites de l'insuffisance de devers (UIC 703, 1990) [4]

Paramètres		dd/dt (mm/s)
Valeurs limites maximales (catégorie II)	Normal	28
	Maximal	35
	Exceptionnel	50

IV.7.3.10. Variation de dévers en fonction de la longueur dD/dl

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

$$\frac{dD}{dl} = \frac{3.6}{V_{max}} \frac{dD}{dt} = \frac{dp}{L}$$

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

Tableau IV.8 Valeurs limites de variation du dévers en fonction de la longueur (Référentiel SNTF, 2005) [8]

Valeur limite normale	$\Delta d/\Delta l = 180/Vv$
Valeur limite exceptionnelle	$\Delta d/\Delta l = 216/Vv$

La SNTF exige une variation ≤ 2.52 (exception 3.24 mm/m)

A.N: **V_R =160 km/h ⇨ 180/160 = 1.125 mm/m < 2.52 mm/m.**

IV.7.3.11. Variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps dl/dt

Dans le cas des courbes de raccordement avec variations uniforme de la courbure et rampe de dévers à pente constante on peut établir la relation suivante, I étant l'insuffisance de dévers dans la pleine courbe :

$$\frac{dI}{dt} = \frac{Vmax}{3.6 \times L} \times I \leq \left(\frac{dI}{dt}\right)_{rec} \quad [mm/s]$$

Pour assurer le confort de l'usager le fait que l'être humain est plus sensible aux variations d'accélération qu'à l'accélération elle-même la variation de l'insuffisance du dévers est limiteée a des valeurs indiquer dans le tableau ci-après :

Tableau IV.9 Valeurs limites de variation de l'insuffisance du dévers (UIC 703, 1990) [4]

Valeur limite normale	$\Delta I/\Delta t = 25$
Valeur limite maximale	$\Delta I/\Delta t = 70$

IV.7.4. Raccordement progressif

La géométrie des voies ferrées doit permettre une transition progressive (sans chocs) entre des éléments de tracé présentant des accélérations transversales différentes et éviter un accroissement subit de celles-ci à l'entrée d'une courbe. C'est la raison pour laquelle le passage d'un rayon de courbe, de dimension finie ou infinie, à un autre doit être progressif. Ceci est obtenu par l'introduction d'une courbe de raccordement.

Ces éléments liés aux rampes de dévers sont des contraintes importantes dans l'élaboration d'un tracé.

IV.7.4.1. Géométrie de la courbe de raccordement

Les courbes de raccordement de la voie en plan doivent être conçues pour limiter la variation de l'accélération transversale non compensée danc/dt (afin de répondre à des exigences de confort.) Ces courbes de raccordement de la voie en plan peuvent être réalisées de différentes manières ; la courbe la plus utilisée aujourd'hui est la clotoïde .La Clotoïde aux arcs (ou spirale de Cornu) a une courbure proportionnelle à l'abscisse curviligne L mesurée depuis le point d'inflexion 0.

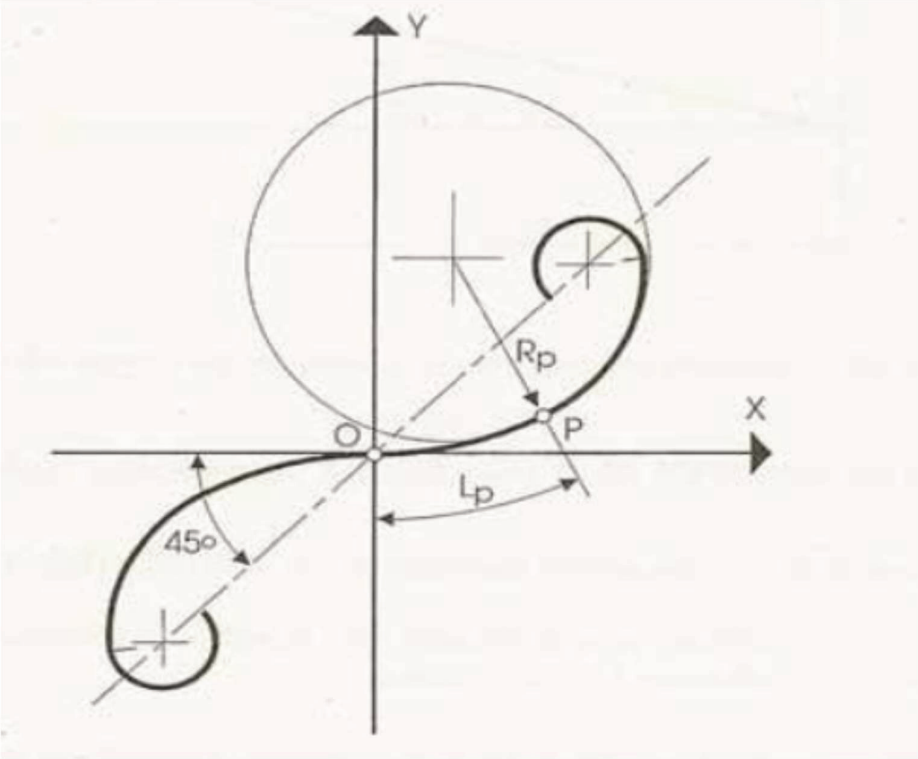


Figure IV. 3 Equation mathématique de la clothoïde

Les clothoïdes sont des courbes homothétiques, c'est-à-dire géométriquement semblables entre elles, le paramètre de la clothoïde étant le rapport d'homothétie ou facteur de similitude. Les angles et les rapports sont donc des invariants. On utilise ce type de raccordement afin de :

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

IV.7.4.2. La longueur de la clothoïde

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

- Variation de dévers en fonction du temps dd/dt
- Variation de dévers en fonction de la longueur dd/dl
- Variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps dI/dt

La longueur de clothoïde doit satisfaire chacune des conditions de sécurité et de confort suivantes :

- $L \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta d \times (\frac{dd}{dt})^{-1}_{lim}$
- $L \geq \Delta d \times (\frac{\Delta d}{\Delta l})^{-1}_{lim}$
- $L \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta I \times (\frac{\Delta I}{\Delta t})^{-1}_{lim}$

IV.7.4.3. Paramètre de la clothoïde : $A = \sqrt{R \times L}$

IV.8.APPLICATION AU PROJET

D'après les données de la SNTF :

Vitesse des trains rapides VR = 160 km/h.
Vitesse des trains lents VL = 80 km/h.

Et on prend { Emax = 90 ; Imax = 120 D'après l'UIC

IV.8.1. Calcul de la longueur de l'alignement droit Lmin

- Valeur limite normale : Lmin = $\frac{Vv}{2} = \frac{160}{2}$; **Lmin = 80m**
- Valeur limite exceptionnelle : Lmin = $\frac{Vv}{3} = \frac{160}{3}$ = 53,33m ; on prend **Lmin = 55m.**

IV.8.2. Calcul de rayon minimal Rmin

$$\mathbf{R_{min}} = \frac{11.8.V_R^2}{(d(R_{min}) + I_{max})}$$

Avec :

I_{max} = 120 mm.

$$\mathbf{d_{Rmin}} = \frac{V_R^2.E_{max} + V_L^2.I_{max}}{V_R^2 - V_L^2} = \frac{160.^2 90 + 80^2.120}{160^2 - 80^2}$$

=160 mm.

→ A.N :

$$\mathbf{R_{min}} = \frac{11,8.(160)^2}{(160+120)} \Rightarrow R_{min} = 1078.85 \qquad \mathbf{R_{min} \approx 1080m}$$

On prend **$R_{min} \approx 1080m$** comme valeur adopté pour le tracé.

IV.8.3. Exemple de calcul manuel (paramètres de conception de tracé en plan)

(Exemple de calcul pour le rayon R = 1500m)

- **Coefficient de dévers**

$C = \frac{dRmin \times Rmin}{1000} = \frac{160 \times 1080}{1000} = 172{,}8$

C : est un multiple de 15 donc on prend C=165

- **Dévers théorique**
- **Dévers théorique pour voyageurs**

Vv = 160km/h ; $dth_{max} = \frac{11{,}8 \times Vv^2}{R} = \frac{11{,}8 \times 160^2}{1500} = 201{,}38$ mm

On prend dth max = 202 mm

Vm = 80km/h ; $dth_{min} = = \frac{11{,}8 \times Vm^2}{R} = \frac{11{,}8 \times 80^2}{1500} = 50{,}35$ mm

On prend dth min = 51 mm

- **Dévers pratique**

$Dp = \frac{1000 \times C}{R} = \frac{1000 \times 165}{1500} = 110$ mm < dp_{max} =150 mm (condition vérifiée).

$dth_{min} < dp < dth_{max}$ (condition vérifiée)

- **Insuffisance de dévers**

$I = \frac{11{,}8 \times Vv^2}{R} - dp = dth_{max} - dp = 201{,}38\text{-}110 = 91{,}38$ mm < I_{max} =120 mm (condition vérifiée).

- **Excès de dévers**

$E = dp - \frac{11{,}8 \times Vm^2}{R} = 110 - \frac{11{,}8 \times 80^2}{1500} = 59{,}65$ mm < E_{max} = 90 mm (condition vérifiée).

- **Longueur de la clothoïde**

- $L \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta d \times \left(\frac{dd}{dt}\right)^{-1}_{lim}$

  $L \geq (160/3.6) \times 110 \times 50^{-1}$

  $L \geq 97.7$m

- $L \geq \Delta d \times \left(\frac{\Delta d}{\Delta l}\right)^{-1}_{lim}$

  $L\ 110 \times 1.35^{-1}$

  $L \geq 81.48$

- $L \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta I \times \left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)^{-1}_{lim}$

  $L \geq 160/3.6 \times 91.38 \times 70^{-1}$

  $L \geq 58$m

  Donc : L ≥ 97,7 m.

- **Paramètre de la clothoïde A**

$A = \sqrt{R \times L} = \sqrt{1500 \times 97{,}7} = 382{,}97$m.

Tableau IV.10 dévers et vérification des insuffisances

C=165							
rayon(m)	Dp	Trains voyageurs V=160km/h		Trains marchandises v=80km/h		L(m)	A(m)
		Dth	I	dm	E		
1080	152.77	279.70	126.93	69.92	82.85	135.79	382,95
1100	150	274.62	124.62	68.564	81.4	133.3	382,92
1500	110	201.386	91.386	50.346	59.654	97.7	382,81
2000	82.5	151.04	68.54	37.76	44.74	73.3	382,88
2300	71.74	131.339	59.6	32.834	38.91	63.7	382,76

Pour ramener les valeurs des paramètres de clothoïde et du dévers à de chiffres pratiques, on fait un arrondissement de **10 m** pour la **longueur de clothoïde**, et **5 mm** pour **le dévers pratique dp.**

Tableau IV.11 valeurs prises des devers et paramètres de clothoïde

Rayon (m)	1080	1100	1500	2000	2300
dp	150	150	110	85	70
L(m)	130	130	100	70	60
A(m)	382	382	382	382	382

IV.9.CALCUL D'AXE

Le calcul d'axe est l'opération de base par laquelle toute étude d'un projet ferroviaire doit commencer, il consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir des points dont on connait les coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul des gisements,
- Calcul de l'angle γ entre les alignements,
- Calcul de la tangente T,
- Calcul de la corde polaire SL
- Calcul de l'angle polaire σ
- Vérification de non-chevauchement,
- Calcul de l'arc en cercle,
- Calcul des coordonnées de points particuliers,
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

Remarque

- Un calcul manuel est détaillé dans l'annexe 2.
- Les calculs sont faits avec le logiciel AUTODESK CIVIL3D et les résultats sont joints dans l'annexe 2.

CHAPITRE V :

Profil en long

CHAPITRE V

V.1.INTRODUCTION

Le profil en long est composé de succession de lignes droites raccordées par des courbes circulaires sans transition aucune.

Le profil longitudinal sera 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.

Le profil en long est l'un des facteurs principaux qui interviennent dans le confort et la sécurité d'une voie ferroviaire définit par les déclivités et d'autres caractéristiques techniques, il conditionne le volume de terrassement et les ouvrages à implanter.

Pour chaque point du profil en long, on doit déterminer les éléments suivants :

- L'altitude du terrain naturel ;
- L'altitude du projet ;
- La déclivité du projet, distances partielles et cumulées.

V.2.ÉLEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG

Les éléments qui constituent le profil en long sont :

- Pente : C'est le tronçon de voie ou l'altitude est décroissante dans le sens de circulation (descente) représenté par la pente *y* sur la Figure V.1.
- Rampe : C'est le tronçon de voie ou l'altitude est croissante dans le sens de circulation (montée) représenté par les pentes *x* et *z* sur la même figure.
- Palier : C'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.
- Courbes de raccordement verticales : Ce sont des arcs de cercles qui assurent la liaison entre les éléments de la ligne rouge. (Conception du tracé SNCF, 2006)[9]

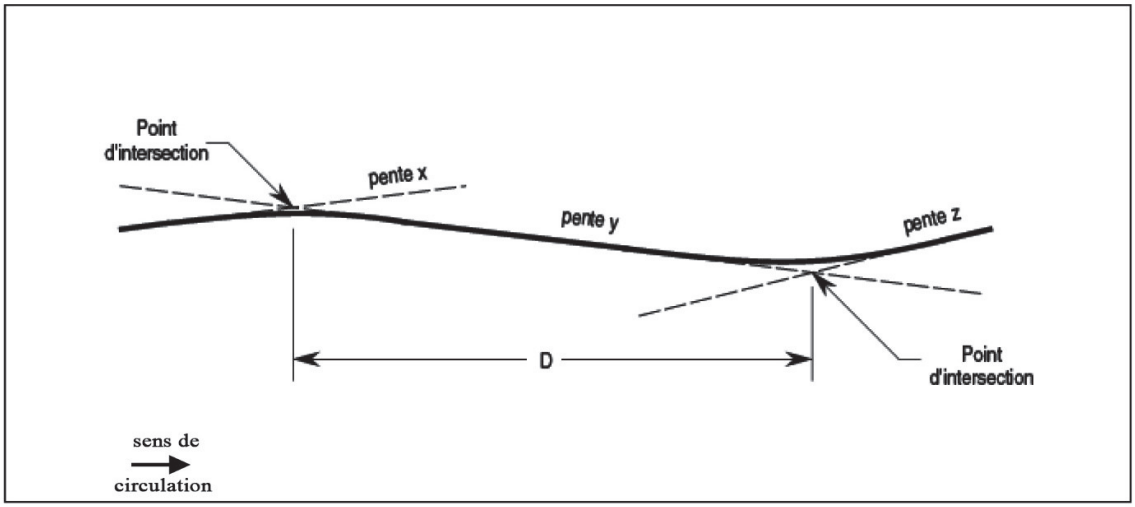


Figure V. 1 Les éléments du profil en long

V.3.COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

Le tracé de la ligne rouge doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la sécurité, l'évacuation des eaux pluviales et l'économie, c'est pour cela qu'il faut respecter certaines règles :

- Il faut respecter les valeurs des paramètres géométriques et les rayons prescrits par le règlement.
- Le rayon minimum en profil en long est de $0{,}35Vmax^2$;
- La déclivité maximale est de 16‰ en conditions normales, 18‰ en exceptionnelles et est de 00‰ au niveau des gares et haltes ;
- Pour assurer un bon écoulement des eaux, il est utile de placer les zones des dévers nuls dans une pente du profil en long et éviter les angles rentrants en déblai ;
- Minimiser les quantités de déblai et remblai ;
- Éviter une hauteur excessive en remblai ;
- Éviter de placer les appareils de voie en courbe ou bien en déclivité.
- Pour une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, il est conseillé de ne pas placer une courbe verticale sur une autre horizontale.
- Éviter le placement d'une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan.
- Minimiser les ouvrages d'art.

V.4.DECLIVITE MAXIMALE

Elle inclut les rampes et les pentes, la déclivité affecte les possibilités de freinage et de démarrage des circulations.

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur

- En déclivité de longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- En déclivité de longueur comprise entre 3 000 m et 15 000 m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.
- En déclivité de longueur supérieure à 15 000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰. (Référentiel SNTF, 2005) [8]

La figure ci-après précise la valeur de la déclivité en fonction de sa longueur d'application :

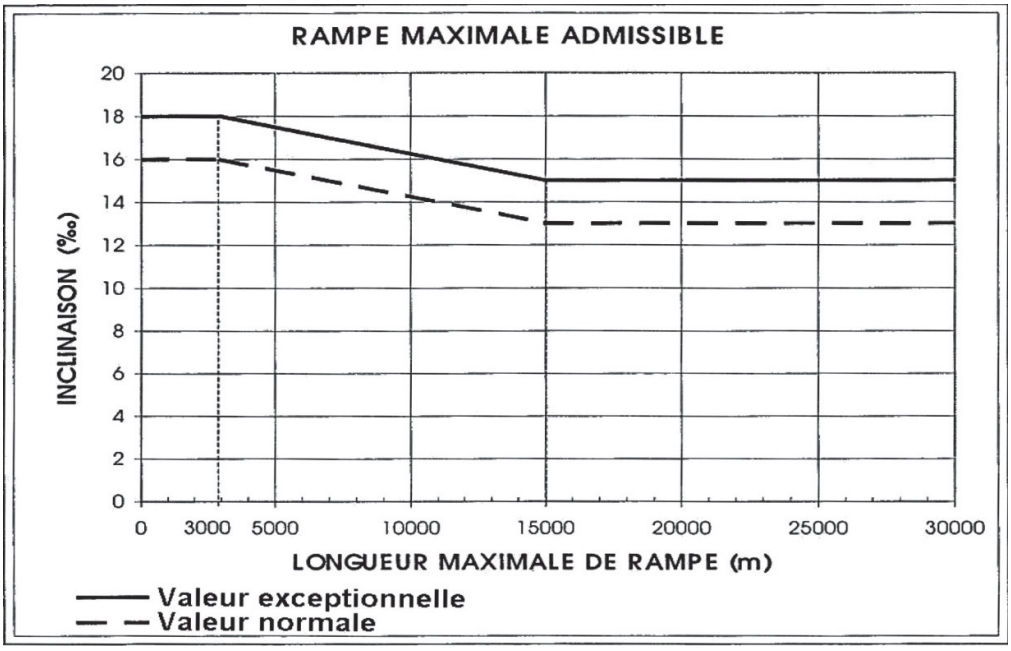


Figure V. 2 Déclivités maximales admissibles (Source référentiel SNTF)

V.5.RAYON ADMISSIBLE DE RACCORDEMENT DE PROFIL EN LONG

Lorsque la différence algébrique de deux déclivités successives est importante, celles-ci sont raccordées entre elles par des cercles dans le plan vertical. Ces cercles sont appelés « raccords de déclivité » ou « raccordements circulaires ». (SNCF, 2006) []

Pour calculer le rayon des courbes verticales, on utilise la formule suivante :

$$R_V = \frac{V_{max}^2}{12.96 \cdot a_V} \geq (R_v)_{lim}$$ (XP ENV 13803-1, 2003)[10]

Les valeurs limites sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau V. 1 Valeur limite maximales du rayon de raccordement de profil en long (source référentiel SNTF)

valeur minimale Recommandées [m]	$0{,}35 \times V^2_{max}$
Valeur minimale exceptionnelle [m]	$0{,}25 \times V^2_{max}$

V.6.LONGUEUR MINIMALE DES ELEMENTS DU PROFIL EN LONG

Afin d'éviter les oscillations des véhicules dues aux variations successives des déclivités, La longueur de la déclivité entre deux raccordements altimétriques, ne doit pas être inférieure à : $\frac{V}{2}$ et exceptionnellement $\frac{V}{2.5}$.

La longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses. (Conception du tracé SNCF, 2006)[9]

Remarque :

- Un exemple de calcul des éléments du profil en long est détaillé dans l'annexe 3.
- Les calculs sont faits avec le logiciel AUTODESK CIVIL 3D, les résultats sont joints dans l'Annexe 3.

CHAPITRE VI :

Etude géologique

Et géotechnique

CHAPITRE VI

VI.1.Etude géologique

VI.1.1. Introduction

Dans le cadre de l'étudier d'une nouvelle ligne ferroviaire, on doit passer par une étude géologique, cette dernière a pour objet la description des spécificités géologiques du site et d'évaluer les contraintes géologiques et géotechniques majeurs.

VI.1.2. Encadrement géologique et géographique

VI.1.2.1. Encadrement géographique

La zone d'étude traverse la partie occidentale de la plaine de la Mitidja, une partie de la plaine d'Oued Nador (vallée d'Oued Bouklel et vallée d'Oued Beriche) et la vallée de l'Oued Hachem, qui se trouve dans le sous bassin versant du Côtiers Cherchell.

Cette zone se situe entre les piémonts de l'Atlas Mitidjien au Sud et le littoral au Nord. Administrativement, le tracé traverse le territoire de la Wilaya de Tipaza, il commence de la gare d'El Affroun jusqu'au centre de TIPAZA.

La zone d'étude est limitée :

- Au Nord, par la ride du Sahel et les Monts de Chenoua ;
- A l'Est, par la plaine de la Mitidja (sous bassin versant du Mazafran) ;
- A l'Ouest, par Djebel Chem Beida et Cap blanc ;
- Et au Sud, par les piémonts de l'Atlas Mitidjien et les collines de Menacer.

VI.1.2.2. Encadrement géologique

La zone d'étude fait partie de l'Atlas tellien, elle se situe entre les piémonts de l'Atlas Blidéen et les massifs de Miliana au Sud et le littoral au Nord. Le tracé traverse la partie occidentale de la plaine de la Mitidja, la plaine alluviale d'Oued Nador, la ride du Sahel et la vallée de l'Oued Hachem.

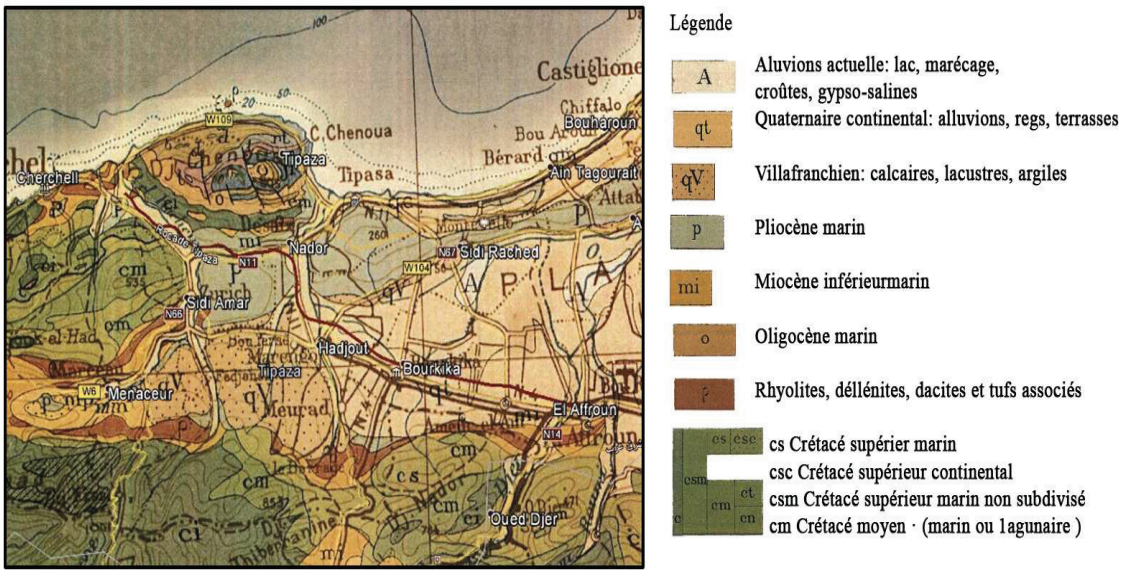


Figure VI.1 Carte géologique de la région à 1' échelle 1/500 000ème

VI.1.3. Sismicité

Le Règlement Parasismique Algérien des Ouvrages d'Art (R.P.O.A 2008) a établi des règles qui sont en fonction de l'intensité de l'action sismique d'une région, pour tenir compte de la probabilité d'occurrence d'un séisme dans une région d'étude. Ces règles divisent le territoire algérien en cinq (05) zones sismiques :

- **Zone 0 :** sismicité négligeable ;
- **Zone I :** Sismicité faible ;
- **Zone IIa :** Sismicité moyenne ;
- **Zone IIb :** Sismicité élevée ;
- **Zone III :** Sismicité très élevée.

VI.1.3.1. Zone sismique occupée par la région d'étude

Compte tenu des critères de classification, et suite à l'analyse détaillée de la carte sismique de l'Algérie en dessus, vu l'histoire géologique de la zone d'étude. Elle appartient au grand système actif de failles délimitant les plaques africaine et eurasiatique. Le risque sismique est permanent, il exerce un impact direct sur les constructions et voiries et induit des dégâts matériels et sociaux immédiats d'où la classification de la zone d'étude, selon les règles parasismiques applicables au domaine des ouvrages d'art (RPOA, 2008), en « Zone III » caractérisée par une sismicité très élevée, ce qui implique une grande vulnérabilité face à cette aléa.

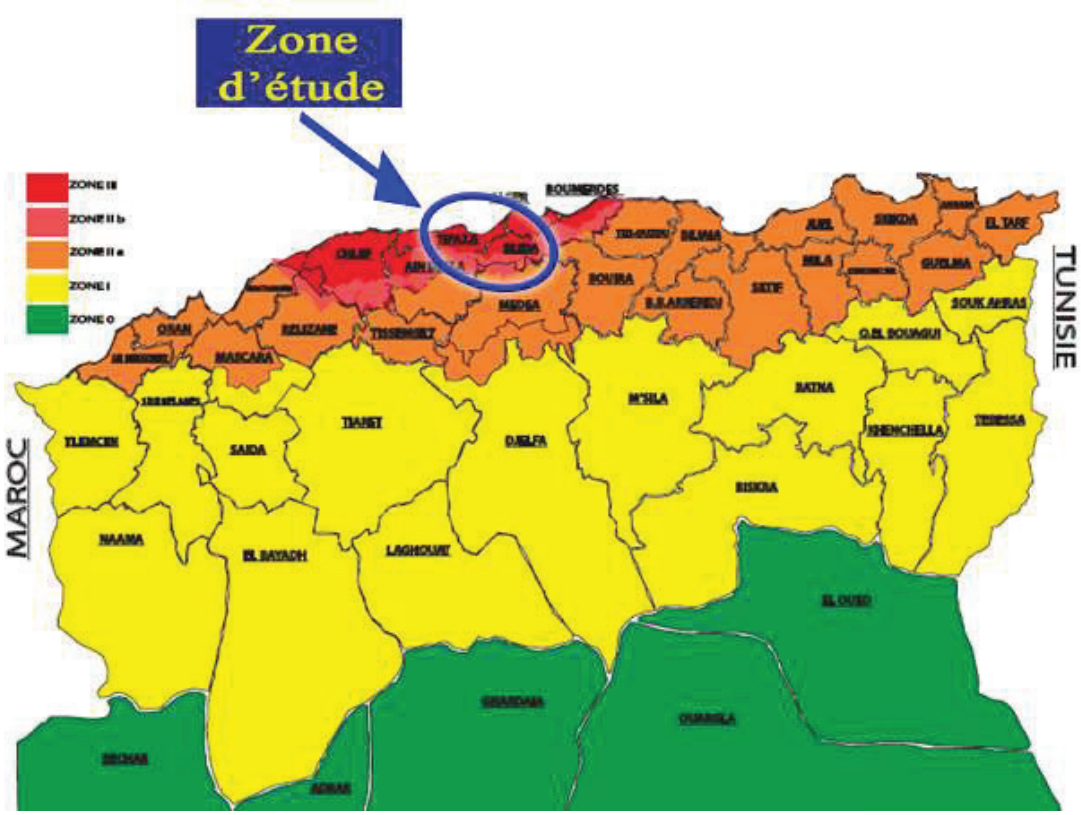


Figure VI. 2 Zones de sismicité (cercle bleu : zone d'étude)

VI.1.4. Contexte géologique

Le projet de la nouvelle ligne ferroviaire devant relier Tipaza et El Afroun s'inscrit Presque entièrement dans la plaine de Mitidja.

Les unités géologiques qui constituent la région d'étude sont :

1- Le socle cristallin :

Il se manifeste très intensivement par les plissements métamorphiques à plusieurs reprises *le* soulèvement de la montagne s'est déroulé au cours du Miocène.

2- La dorsale d'âge jurassique :

Les chaînons de la région de Tipaza d'ossature calcaire d'âge liasique, considérés comme la continuité orientale des unités de la dorsale Kabyle. Elle est marquée par une tectonique récente induisant des soulèvements *le* long de la côte ainsi que par la sismicité enregistrée dans cette zone.

3- Série de flysch d'âge Crétacé et Eocène :

Se présente comme une unité charriée en nappes de recouvrement et reposant en partie sur *le* cristallin et en partie sur les unités telliennes qui sont développées en profondeur.

Au-dessous des flysch. Cette unité et les unités telliennes sous-jacentes sont bien plissées.

4- Oglio-miocène :

Matériaux flysch appartenant à la nappe numidienne. Cette nappe est caractérisée ; par la superposition de deux sous unités :

-Unité sous-numidienne renferme des argiles versicolores de teintes vertes ou rouge violacé.
--Unité numidienne renferme des grès quartziques avec ciment siliceux sous forme de bancs métriques de grains hétérogènes. Ces grès sont en alternance d'argiles verdâtres et rougeâtres.

5- Mio-Pliocène :

I1 débute par un niveau à glauconie séparant l'Asti en et *le* Plais ancien, surmonté par une épaisse série de calcaires à Lithothamniées et de calcaire gréseux, des marnes grises ou bleues, parfois jaunes du Plais ancien, est une séquence épaisse et uniforme sur laquelle repose la majeure partie de la plaine.

6- Pliocène-Quaternaire Supérieur :

Dépôts continentaux de conglomérats détritiques grossiers ferrugineux, parfois calcaires pélitomorphiques et tufs calcaires. La puissance ne dépasse pas 20 mètres.

7- Quaternaire :

Au quaternaire récent le fossé d'effondrement va connaître un remplissage par les marnes. Puis par des matériaux détritiques au Paléo-Quaternaire il est représenté par des' alluvions, sables et conglomérats visibles surtout le long des oueds. La puissance est de 10 mètres.

VI.2. Etude géotechnique

VI.2.1. Introduction

Cette étude permet de réaliser une reconnaissance géotechnique détaillée du sol, à l'emplacement de la structure prévu à construire, ceci implique :

- Une description stratigraphique du terrain.
- Définir les caractéristiques géotechniques des formations reconnues.
- Une classification de sol.

VI.2.2. Les essais in situ

VI.2.2.1. Programme de la compagne de reconnaissance :

La campagne de reconnaissance géotechnique in-situ a consisté en la réalisation de sondages carottés, de sondages pressiométriques, d'essais au pénétromètre dynamique lourd poussés jusqu'au refus et des puits de reconnaissance. La consistante de ce programme est la suivante :

Tableau VI. 1 Consistance des travaux de reconnaissance géotechnique. (Différents types d'investigation géotechnique)

Travaux	Nombre
Sondages carottés	4
Sondages pressiométriques	3
Essais au pénétromètre dynamique lourd	4
Puits de reconnaissance	6

VI.2.2.2. Sondage carotté (mécanique)

Le sondage est un forage vertical de petit diamètre réalisé dans le sol qui a pour but de déterminer la nature des formations en place et récupérer des échantillons intacts qui ont été transmis au laboratoire pour subir les différents essais physiques et mécaniques.

Sa réussite dépend du choix du matériel, de l'implantation correcte des forages et de la capacité du sondeur. Les forages ont été réalisés à l'aide de deux (02) machines de forage, par le procédé rotatif non destructif.

Tableau VI. 2 Description lithologique du sol

Sondage n°	PK	Profondeur (m)	Formation
1	0+775	1.00-7.00 7.00-20.00	Remblai alluvions d'oued
2	2+750	1.50-9.50 9.50-13.00 13.00-15.00	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre Dépôt alluvionnaire constitué de sable Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre.
3	5+300	0.50-1.60 1.60-450 4.50-6.50 6.50-7.00 7.00-8.50 8.50-15.00	graviers et galets Argile limoneuse brunâtre Dépôt alluvionnaire constitué de sable Argile limoneuse Argile limoneuse sableuse Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre
4	7+400	1.00-2.00 2.00-6.50 6.50-7.00 7.00-15.00	Remblai Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre Argile limoneuse sableuse graveleuse Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre



Figure VI.3 photos de sondage carotté n3 au pk5+300 (source : rapport géotechnique)

VI.2.2.3. Puits de reconnaissances

Six (6) puits de reconnaissance réalisés le long du tracé à des profondeurs de l'ordre de 3-4m, ainsi qu'à différentes distance de l'axe à l'aide d'un retro-chargeur, pour buts :

- D'observer directement en profondeur la nature des formations présentes.
- D'évaluer l'épaisseur des sols de mauvaise qualité à décaper.
- Déterminer l'épaisseur de terre végétale et détecter le niveau d'eau.
- L'identification et la caractérisation géotechnique en laboratoire des échantillons.

Tableau VI. 3 Localisation et coupe de puits de reconnaissance

Profondeur	Description géotechnique
PK 1+875	
0-0.5	Terre végétale
0.5-3.5	Argile limoneuse de couleur jaunâtre.
PK 2+925	
0-0.5	Terre végétale
0.5-3.5	Argile de couleur rouge
PK 4+050	
0.5-1.90	Terre végétale
1.9-4.0	Argile de couleur Brune
PK 6+225	
0-0.5	Terre végétale
0.5-3.5	Argile limoneuse de couleur jaunâtre
PK 7+850	
0-1.0	Terre végétale (nappe à 0.9m)
1.0-3.5	Argile de couleur beige
PK 9+100	
0-0.8	Terre végétale
0.8-3.5	Argile de couleur beige



Figure VI.4 Puits de reconnaissance n° :02 (Profondeur : 00.00- 3m.so PK : 1+875)

VI.2.2.4. Essai au pénétromètre dynamique lourd

Les essais pénétromètriques exécutés tout au long du tracé, nous ont permis de déterminer la capacité portante de chaque formation traversée.

- **Principe de l'essai**

L'essai au pénétromètre dynamique lourd consiste à battre dans le sol un pieu miniature que constitue un ensemble de tiges et à compter le nombre de coups nécessaire à un enfoncement donné de 20 cm.

La résistance de pointe donnée par le sol (Rd) est estimée en fonction de ce nombre de coups par la formule :

$$Rp = \frac{M \times g \times H}{A \times e/Nd} \times \frac{M}{M+M'}$$

Avec : M' : masse totale des tiges du guide et de l'enclume, M : masse du mouton ;

H : hauteur de chute du mouton, A : aire de la section droite de la pointe ;

Nd : nombre de coups, e : enfoncement (20cm), g : accélération de la gravité terrestre.

L'objet essentiel de ces essais au pénétromètre dynamique lourd effectués est de déterminer l'épaisseur de la couche de recouvrement et de déduire la résistance des différentes couches.

Quatre (4) essais au pénétromètre dynamique lourd type (B), les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Tableau VI. 4 Récapitulatif des essais au pénétromètre dynamique lourd.

Essai in situ	PK	Profondeur ou refus (m)	La résistance de pointe R (bar)	
			Rp Min	Rp Max
PDL01-AT	PK1+800	Refus à 5.2	8	200
PDL02-AT	PK2+900	14 sans refus	6	150
PDL03-AT	PK4+050	14 sans refus	16	164
PDL04-AT	PK10+000	14.5 sans refus	8	75

VI.2.2.5. Essai pressiométrique

Trois (3) sondages pressiométriques, d'une profondeur de 20 m, ont été réalisés au cours de cette campagne de reconnaissances géotechniques.

- **Principe de l'essai**

L'essai pressiométrique consiste à dilater radialement dans le sol une sonde, cette sonde est constituée par un cylindre métallique revêtu d'une membrane en caoutchouc, elle est reliée à un contrôleur (pression/volume) qui permet d'injecter sous une pression donnée, une certaine quantité d'eau entre le noyau métallique et la membrane déformable. L'application d'une pression croissante exécrée donc sur les parois du forage un champ de contrainte cylindrique et uniforme.

Trois caractéristiques du sol sont notamment déduites :

- Le module pressiométrique E qui définit le comportement pseudo-élastique du sol
- La pression limite PL qui caractérise la résistance de rupture du sol,
- La pression de fluage PF qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique.

Remarque : les résultats de l'essai pressiométrique sont bien détaillés dans l'annexe 4.

VI.2.3. Travaux de laboratoire

Les sondages carottés réalisés nous ont permis de récupérer des échantillons intacts, paraffinées qui ont été acheminés au laboratoire ou ont été réalisés les différents essais physiques, d'identifications et les essais mécaniques.

VI.2.3.1. Essai d'identification physique

Avant d'analyser le comportement mécanique des sols, il est nécessaire de définir certains paramètres dans lesquelles ils se trouvent :

- **Le poids volumique du sol γ**

C'est la somme des poids des particules solides et de l'eau d'un volume unité de sol.

$$\gamma=\frac{W}{V}$$

W : $Poids\ du\ sol$; V : $Volume\ du\ sol.$

- **Le poids volumique du sol sec, noté γd**

$$\gamma d=\frac{Ws}{V}$$

Ws : $Poids\ du\ sol\ sec.$

- **Degré de saturation Sr :**

Le degré de saturation noté Sr, indique dans quelle proportion les vides sont remplis par l'eau. Il est définie comme le rapport du volume de l'eau au volume des vides. Il s'exprime en pourcentage. $Sr=\frac{V\omega}{Vv}*100$

$V\omega$=Volume du l'eau

Vv=Volume des vides

Le degré de saturation peut varier de 0% (sol sec) à 100% (sol saturé)

- **Teneur en eau naturelle**

Elle définit le rapport en % du poids d'eau Ww que le sol contient au poids Wd de ses éléments secs. Les éléments secs s'obtiennent par dessiccation du sol pendant 24 heures à l'étuve à 105°C.

Détermination de la teneur en eau ω

C'est la caractéristique la plus facile à déterminer. La teneur en eau se détermine par deux pesées. Une première pesée de l'échantillon à l'état initial donne la masse « m » de l'échantillon humide et une deuxième pesée, après passage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures (évaporation de l'eau libre et de l'eau capillaire), donne la masse sèche de l'échantillon ms.

$$\omega = \frac{W\omega}{Ws} \times 100$$

Avec $m\omega = m - ms$

Tableau VI. 5 Résultat des différents tests d'identification physique.

Pk	Profondeur	ω (%)	γ_h (t/m^3)	γ_d(t/m^3)	S_r (%)
0+775	4.40-4.80	9.05	1.87	1.71	43.61
2+750	4.00-4.50	13.68	2.12	1.86	85.32
	7.00-7.50	14.92	2.05	1.79	82.27
	13.20-13.80	17.30	2.15	1.83	100
5+525	2.50-2.80	19.67	2.06	1.72	96.40
	4.00-4.50	23.54	2.03	1.65	100
7+400	5.30-5.70	21.36	2.06	1.70	100
	8.50-9.00	24.49	2.02	1.62	100
	10.00-10.50	21.74	2.07	1.70	100

ω: Teneur en eau.
γ_h : densité humide.
γ_d : densité sèche.
S_r : degré de Saturation.

- **Analyse granulométrique**

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer les proportions des grains de différentes tailles dans le sol. Elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 µm et par sédimentation pour les grains < 80 µm.

Tableau VI. 6 Résultats des analyses granulométriques

PK	Profondeur	5 mm	2 mm	0.2 mm	80 µm	20 µm	2 µm
0+775	4.40-4.80	99.13	97.74	97.19	88.83	69	40.70
2+750	4.00-4.50	99.89	99.49	98.38	96.20	63	27.81
7+400	8.50-9.00	98.29	96.01	93.39	91.85	73	40.02

VI.2.3.2. Analyse chimiques

- **Valeur au bleu de méthylène NF P94-068**

La valeur de bleu de méthylène d'un sol (symbole V_{BS}) exprime la quantité de bleu de méthylène pouvant s'absorber sur les particules du sol considéré.

Cet essai, utilisé de manière courante pour caractériser l'activité des argiles contenues dans les sols, est également utilisé pour évaluer l'influence des fines d'origines argileuses contenues dans les sables et graves d'origines naturelle ou artificielle.

Il rend compte ainsi de l'activité de surface des argiles, des manières organiques ainsi que des hydroxydes de fer contenus dans les fines. Cet essai est un test performant pour quantifier de manière sûre et simple la propreté des granulats.

Il est exprimé en gramme de bleu pour 100 gr de matériau sec.

$$VBS = (B/M)*C* 100$$

M : Masse sèche de la prise d'essai de fraction granulaire 0/5 mm (g)

B : Masse de bleu introduite (solution à 10 g/l) : B =V * 0.01 ; V : Volume du bleu introduit (ml)

C : La proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50mm du matériau sec

Tableau VI. 7 Valeur au bleu de méthylène

Pk	2+500	3+600	7+000	8+500	9+650
V_{bs}	1.81	4.08	2.47	2.72	4.00

VI.2.3.3. Essai Proctor-NF P 94-093

L'essai Proctor a pour but de déterminer, pour un compactage d'intensité donnée, la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum. La teneur en eau ainsi déterminée est appelée « teneur en eau optimum Proctor ».

Tableau VI. 8 Résultat de l'essai proctor.

PK	Profondeur	ω_{opt} (%)	$\gamma_{d\ max}$ (t/m³)
2+925	1.50-2.50	14.3	1.76
4+050	2.00-3.00	19	1.68
6+225	1.00-3.00	16.6	1.78
9+100	2.00-2.90	16.5	1.70

VI.2.3.4. Essai de cisaillement rectiligne non consolidé et non drainé UU

Un échantillon cylindrique est soumis à une pression hydrostatique de confinement. Une contrainte déviatorique est appliquée verticalement par un piston.

Puisque aucune contrainte extérieure de cisaillement n'est appliquée, les contraintes horizontale et verticale sont des contraintes principales.

VI.2.3.5. Essai de compressibilité à l'œdomètre NF P94-090-1

Selon la Norme : NF P 94-090-1 l'essai œdométrique consiste à soumettre l'échantillon à une série de pressions verticales et de suivre l'évolution des déformations verticales du matériau dans le temps, sous une surcharge donnée, à l'aide des comparateurs.

- **Principe de l'essai**

Le sol est placé dans une enveloppe rigide, où une pression variable est exercée sur sa partie supérieure à l'aide d'un piston pour mesurer les affaissements observés après stabilisation. On détermine ainsi la relation entre les contraintes effectives et les déformations verticales.

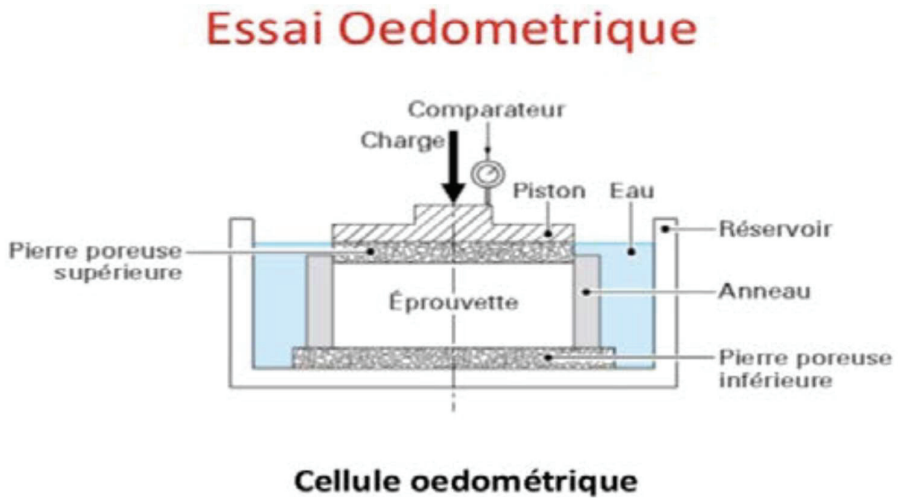


Figure VI.5 Schéma représentatif du fonctionnement de l'essai œdométrique

- **But de l'essai**

La manipulation a pour but de déterminer les caractéristiques de compressibilité d'un sol qui permettent d'estimer le tassement d'un massif de sol sous l'effet des charges appliquées.

Tableau VI. 9 résultat des essais de compressibilité a l'œdomètre et de cisaillement

Pk	Profondeur (m)	compressibilité à l'œdomètre				cisaillement	
		Pc (bar)	Cc (%)	Cg (%)	Cs (%)	C'f (kpa)	Φf (°)
0+775	4.40-4.80	0.81	19.27	0.66	8.30	52.29	23.99
2+750	4.00-4.50	1.57	7.97	0.66	0.66	8.488	22.78
	7.00-7.50	1.66	11.96	0.66	1.66	6.791	34.31
	13.20-13.80	2.47	9.30	1.00	0.33	29.54	29.14
5+525	2.50-2.80	1.37	14.28	1.99	1.66	43.97	18.26
	4.00-4.50	2.21	11.29	1.00	0.00	57.72	6.419
7+400	5.30-5.70	1.47	16.61	3.32	1.66	42.78	22.29
	8.50-9.00	1.96	13.29	2.33	0.33	38.03	17.09
	10.00-10.50	2.06	12.29	2.33	0.33	35.48	19.42

VI.2.4. Application au projet

Les résultats des essais géotechniques permettent d'abord d'identifier les caractéristiques mécaniques et intrinsèques du sol mais aussi d'apprécier la qualité du sol support, dans ce qui

suit nous allons classer les sols traversés par notre tracé selon le fascicule II SETRA dans le but d'apprécier leurs caractéristiques mécaniques. Afin d'apprécier la qualité du sol support, on utilise le code UIC 719R, la définition de la qualité du sol à partir du classement du sol suivant la norme NF 11300.

VI.2.4.1. Classement des sols selon le fascicule II de la SETRA

Tableau VI. 10 Résultats de classification des sols

Classification	puits		
	PU02AT (pk1+800)	**PU04AT (pk4+050)**	**PU07AT (pk8+950)**
Selon la nature	Sol $D\text{max} < 50$ mm Passant à 80µ =72.41% Vbs = 1.81 Donc le sol est de type **A1 : Classe A Sol fin**	Sol $D\text{max} < 50$ mm Passant à 80µm = 81.16% Vbs = 2.53 Donc le sol est de type **A2 : Classe A Sol fin**	Sol $D\text{max} < 50$ mm Passant à 80µm = 70.49 Vbs = 4 Donc le sol est de type **A2 : Classe A Sol fin**
Selon l'état hydrique	Wn= 14.57 % $Wopn$=14.34 % $\frac{Wn}{Wopn}$ = 1.01 $0.9 \leq \frac{Wn}{Wopn} \leq 1.1$ L'état hydrique du sol est **moyen**	Wn= 11.91 % $Wopn$=16.6 % $\frac{Wn}{Wopn}$ = 0.72 $0.7 \leq \frac{Wn}{Wopn} \leq 0.9$ L'état hydrique du sol est **sec**	Wn= 11.7 % $Wopn$= 16.5 % $\frac{Wn}{Wopn}$ = 0.71 $0.7 \leq \frac{Wn}{Wopn} \leq 0.9$ L'état hydrique du sol est **sec**
Classification finale	**A1m**	**A2s**	**A2s**

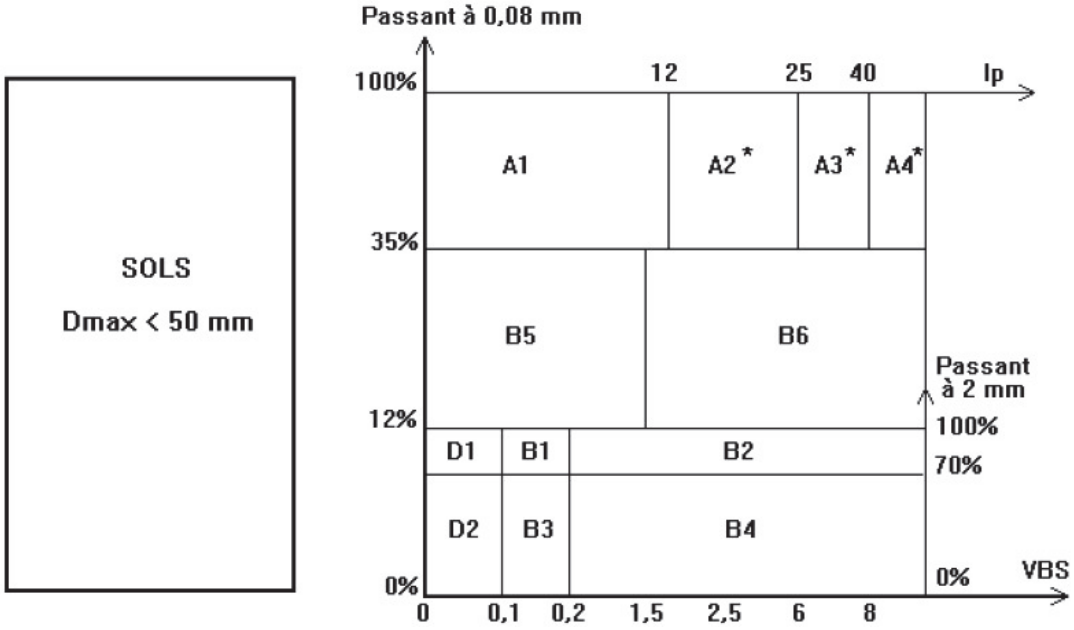


Figure VI.6 synoptique de la classification des matériaux selon leur nature

Classe **A**

Tableau 1 - ***Classification des sols fins***

Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique	
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Paramètres d'état	Sous classe fonction de l'état
Dmax ≤ 50 mm et Tamisat à 80 µm > 35%	A Sols fins	**VBS ≤ 2,5** (*) ou $I_p \leq 12$	**A_1** Limons peu plastiques, loess, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques...	IPI (*) ≤ 3 ou $w_n \geq 1{,}25\ w_{OPN}$	A_1 th
				3 < IPI (*) ≤ 8 ou $1{,}10 \leq w_n < 1{,}25\ w_{OPN}$	A_1 h
				8 < IPI ≤ 25 ou $0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}1\ w_{OPN}$	A_1 m
				$0{,}7\ w_{OPN} \leq w_n < 0{,}9\ w_{OPN}$	A_1 s
				$w_n < 0{,}7\ w_{OPN}$	A_1 ts
		$12 < I_p \leq 25$ (*) ou 2,5 < VBS ≤ 6	**A_2** Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques arènes...	IPI (*) ≤ 2 ou I_c (*) ≤ 0,9 ou $w_n \geq 1{,}3\ w_{OPN}$	A_2 th
				2 < IPI (*) ≤ 5 ou $0{,}9 \leq I_c$ (*) < 1,05 ou $1{,}1\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}3\ w_{OPN}$	A_2 h
				5 < IPI ≤ 15 ou $1{,}05 < I_c \leq 1{,}2$ ou $0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}1\ w_{OPN}$	A_2 m
				$1{,}2 < I_c \leq 1{,}4$ ou $0{,}7\ w_{OPN} \leq w_n < 0{,}9\ w_{OPN}$	A_2 s
				$I_c > 1{,}3$ ou $w_n < 0{,}7\ w_{OPN}$	A_2 ts
		$25 < I_p \leq 40$ (*) ou 6 < VBS ≤ 8	**A_3** Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques...	IPI (*) ≤ 1 ou I_c (*) ≤ 0,8 ou $w_n \geq 1{,}4\ w_{OPN}$	A_3 th
				1 < IPI (*) ≤ 3 ou $0{,}8 \leq I_c$ (*) < 1 ou $1{,}2\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}4\ w_{OPN}$	A_3 h
				3 < IPI ≤ 10 ou $1 < I_c \leq 1{,}15$ ou $0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}2\ w_{OPN}$	A_3 m
				$1{,}15 < I_c \leq 1{,}3$ ou $0{,}7\ w_{OPN} \leq w_n < 0{,}9\ w_{OPN}$	A_3 s
				$I_c > 1{,}3$ ou $w_n < 0{,}7\ w_{OPN}$	A_3 ts
		$I_p > 40$ (*) ou VBS > 8	**A_4** Argiles et argiles marneuses, très plastiques...	Valeurs seuils des paramètres d'état, à définir à l'appui d'une étude spécifique	A_4 th A_4 h A_4 m A_4 s

Figure VI.7 Classement du sol selon l'état hydrique

VI.2.4.2. Classe de qualité de sol

On distingue quatre classes de qualité QSi de sols :

- QS0 : Sols impropres.
- QS1 : Sols médiocres.
- QS2 : Sols moyens.
- QS3 : Bons sols.

Le Tableau suivant résume la classification des sols de différents des forages exécutés :

Tableau VI. 11 Classification et classe de qualité des sols

Pk	Classement GTR	Classe de qualité
1+800	A1m	QS1
2+900	A2s	QS1
4+050	A2s	QS1
6+300	A2m	QS1
7+800	A2th	QS0
8+950	A2s	QS1
10+000	A2h	QS0

Le classement GTR du fascicule II de la SETRA a permis d'affecter notre sol vers la classe des sols fins A avec deux états hydriques moyens (m) et sec (s).

Nous avons par la suite, à partir du code UIC 719 Figure 6-14, classé la qualité de sol pour tout le projet en QS1 qui, d'après le même code, est jugé « médiocre » acceptable tel quel, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Il peut, éventuellement, être transformé en sol de meilleure qualité par traitement approprié.

Il caractérise les sols comportant plus de 40% de fines et les roches très évolutives telles que les craies, les schistes et les marnes.

Classification de la norme NF P 11 300			CLASSE DE QUALITE DES SOLS (voir figure 5)			
Classe	Désignation	sous-classe	QS 0	QS 1	QS 2	QS 3
A	*Sols fins*	A1	A1h	A1m & A1s	A1s B.C.Hydro saison sèche	
		A2	A2h	A2m & A2s	A2s B.C.Hydro saison sèche	
		A3	A3h	A3m & A3s		
		A4	A4h	A4m & A4s (1)		

Figure VI.8 Définition de la classe de la qualité des sols à partir de la classification de la Norme NF P11300

VI.2.4. Conclusion

Les résultats d'identification géologique nous ont permis de faire connaissance avec les formations géologiques de notre zone d'étude.

Les essais géotechniques nous ont permis de connaitre les caractéristiques intrinsèques pour la classification SETRA, en effet nous avons obtenu des sols de classe A d'état hydrique moyen à sec, chose qui ne va pas présenter des problèmes de collage ou de glissement.

Selon la fiche UIC 719R, la classe de qualité du sol correspond globalement au QS1.

CHAPITRE VII :
terrassement et calcul des cubatures

Chapitre VII

VII.1.Introduction

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

Il faut profiler la surface du terrain de telle sorte qu'il soit apte à supporter le poids de l'ouvrage et à intégrer la forme. L'ensemble de ces opérations s'appelle : « Les terrassements ».

Le terrassement répond à deux objectifs principaux : réutiliser au maximum les matériaux en place et équilibrer les mouvements de terres en déblais et remblais.

- **Procédés de terrassement**

En fonction de l'importance des travaux et des caractéristiques du sol, les terrassements peuvent s'effectuer manuellement, mécaniquement ou à l'explosif.

VII.2.STABILISATION DES TALUS

La stabilité des talus peut être améliorée avec différentes manières aplatissement du talus en modifiant la géométrie extérieure du sol (terrain), en effectuant un drainage extérieur (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.), en utilisant des techniques d'amélioration du sol ou en installant des structures de soutènement tels que des murs de soutènement ou des pieux. La première solution mène à la réduction des forces qui provoquent le glissement ; les autres solutions, mènent en général à l'augmentation des forces de résistance

VII.3 DEBLAIS

Pour les déblais, le terrassement s'effectue en dessous du terrain naturel, Les matériaux extraits sont réutilisés dès que possible pour la mise en œuvre de remblais.

VII.3.1. Talutage

On donne aux parois une inclinaison suffisante pour assurer la stabilité des terres. Cette inclinaison ou angle du talus est en fonction de la nature des sols. En terrassement, la pente d'un talus est souvent exprimée sous forme de rapport (1/1, 3/2 …) dans lequel le numérateur donne la cote verticale et le dénominateur la cote horizontale.

En général, la section type pour le voie ferrée est conçue avec un talus de pente 3H/2V et des bermes de 3m de large tous les 8 m de hauteur pour les sols et roches meubles, et de 1H/2V avec la même disposition de bermes pour les terrains rocheux. La transition de déblai à remblai doit être réalisée d'une forme graduelle, spécialement dans les tronçons rocheux.

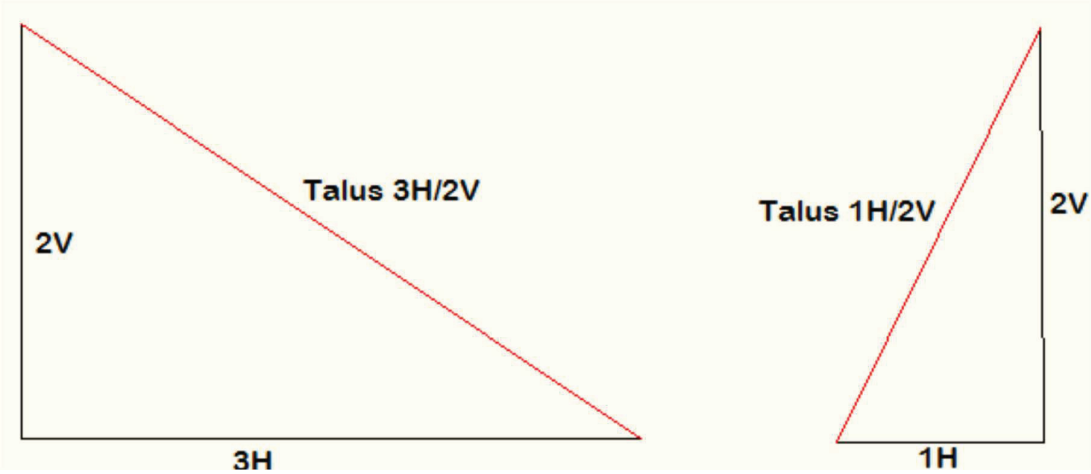


Figure VII. 1 Les talus en terrain meuble et terrain en roche

VII.3.2. Le renforcement des talus

Lorsque le talutage n'est pas possible, la stabilité des parois peut être assurée par la mise en place d'étais et supports appropriés qui s'opposent à la poussée des terres.

Le renforcement consiste à fixer le talus sous la surface de rupture en utilisant des éléments structuraux.

VII.3.2.1. Le renforcement par clouage consiste à fixer les masses instables sur le substratum à l'aide de groupes d'inclusions

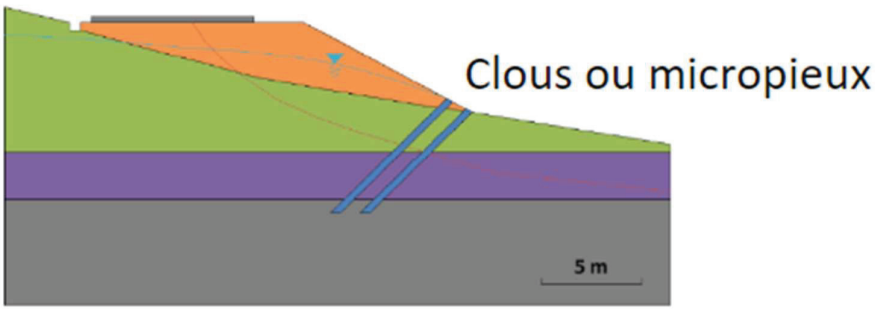


Figure VII. 2 Clouage d'un talus instable

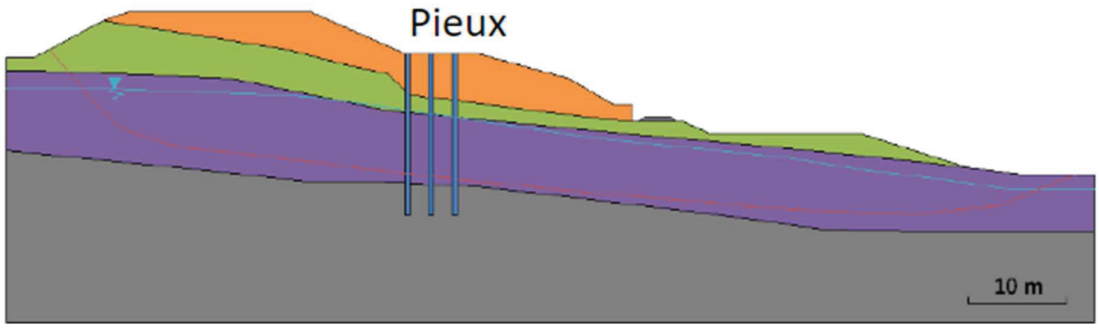


Figure VII. 3 Stabilisation d'un talus par clouage

VII.3.2.2. Le renforcement par tirants d'ancrages consiste à accroître les contraintes sur la surface de rupture avec des tirants mis sous tension.

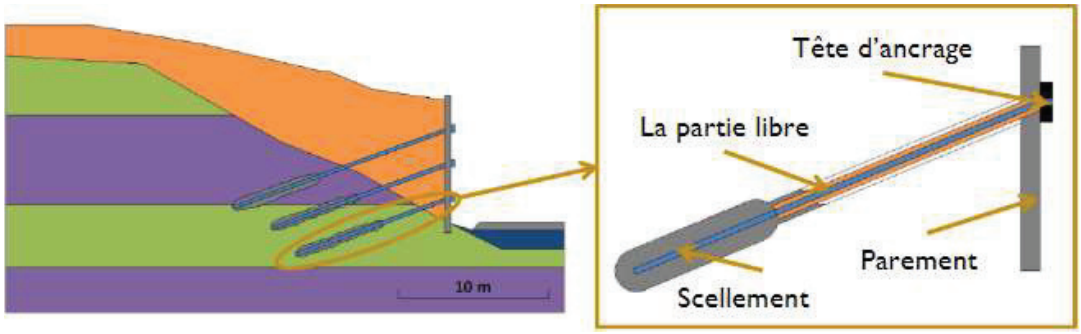


Figure VII. 4 Stabilisation d'un talus par tirants d'ancrage

VII.3.3. Drainage

Il est recommandé de disposer des fossés revêtus dans les bermes pour contrôler l'eau d'écoulement et éviter son infiltration dans les déblais.

VII.3.4 Sécurité

Pour prévenir l'instabilité locale, qui est détectée pendant l'excavation des déblais, il convient de prévoir des mesures de stabilisation et de soutènement des talus tels que :

1) Revêtement végétal Il suffit souvent de protéger la surface d'une pente très voisine de celle du talus naturel par la culture de plantes dont les racines retiennent les terres
2) Revêtement artificiel Si la pente du talus est légèrement supérieure à celle du talus naturel, on fait recours à une protection artificielle constituée :

   De pierre sèche Posée à même le sol et damée, l'épaisseur peut varier de 0,25 m à 0,50 m, suivant la raideur du talus.

   De pierre maçonnée Dans ce cas, le revêtement peut être considéré comme étanche. Il faut favoriser l'écoulement des eaux d'infiltration par la réalisation des ouvertures à la base.

   D'un revêtement en béton (armé ou non) Le poids de l'ouvrage étant peu important, il est recommandé d'implanter des piquets assez profonds pour assurer une meilleure stabilité de l'ouvrage.

- **Remarque**

Vue que notre zone d'étude se situe dans un relief plat les déblais ne sont pas importants vue qu'ils ne dépassent pas les 4m de hauteur , donc on n'a pas prévu des études de stabilité des talus en déblais.

VII.4.REMBLAIS

VII.4.1. Talutage

De façon générale, les remblais sont projetés en considérant un talus $2H$ /$1V$ et La transition de déblai à remblai sera réalisée avec une pente 3:1V.

VII.4.2. Décapage

À l'objet de réduire d'éventuels tassements, il est nécessaire avant la construction des remblais, de décaper la couche de terre végétale d'une épaisseur moyenne de 30 cm ainsi que les sols faibles ou les matériaux originaire des anciens remblais.

VII.4.3. Le compactage

C'est un passage sur terrain qui sert à réduire l'épaisseur de la couche de remblai avec le compacteur.

Le compactage des sols est une technique utilisée lors des travaux de terrassement visant à améliorer les caractéristiques et la qualité des sols de remblai notamment à réduire les déformations, augmenter la capacité portante du sol et diminuer les variations du volume

Cette technique est utilisée moyennant le compacteur (grand engin à poids très important avec des rouleaux vibrants ou des pneus).

VII.4.4. Stabilité

Les assises des remblais doivent remplir les conditions nécessaires pour éviter les déformations et les remontées de nappe. À cette fin, il faudra s'assurer des conditions géotechniques du sol support et se disposer des tranchées drainantes dans la fondation des remblais dans lesquelles la remontée des eaux phréatiques peut se produire, et dans les fossés revêtus aux pieds des remblais qui peuvent être touchés par l'eau de ruissellement.

VII.5 REUTILISATION DES SOLS DE DEBLAIS EN REMBLAIS

Dans le but de concevoir un projet optimal, faisant équilibre entre technicité et économie, nous allons réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions :

Les matériaux de remblais seront exempts de :

· Pierre de dimension > 80 mm.

· Matériaux plastique IP> 20% ou organique.

· Matériaux gélifs.

· On évite les sols à forte teneur en argile.

- Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

- Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

VII.6.CALCUL DES CUBATURES

La réalisation d'un ouvrage en génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lesquels l'ouvrage va être implanté. Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers.

VII.6.1. Définition

La cubature des terrassements consiste à calculer les volumes des terres à enlever (déblais) et volumes à apporter (remblais), pour donner à la voie une allure uniforme et homogène afin de recevoir une structure qui permettra aux véhicules de circuler en toute sécurité et sérénité.

Le calcul se fait à partir :

· Des surfaces de remblais ou déblais obtenus par le profil en travers.

· Des distances entre les profils en travers, indiquées sur le profil en long.

VII.6.2. Méthode de calcul

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures, nous allons utiliser la méthode de la moyenne des aires qui est simple mais qui présente un inconvénient dans la mesure où les résultats obtenus le sont avec une marge d'erreur.

Pour avoir des résultats fiables on majore ceux obtenus par un coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité

- **ETAPES DE CALCULS**

Il s'agit de calculer le volume compris entre deux profils successifs à l'aide de cette formule :

$$V = \frac{L}{6} \times (S1 + S2 + 4Smoy)$$

Avec :

h : Distance des deux plans de travers

S1 : surface du profil en travers p1

S2 : surface du profil en travers p2

Smoy : surface de la section menée à mi-distance des bases S1 et S2 ;

Pour simplifier on considère que : $Smoy = \frac{S1 + S2}{2}$

On arrive ainsi à calculer les volumes en déblai et remblai comme suit :

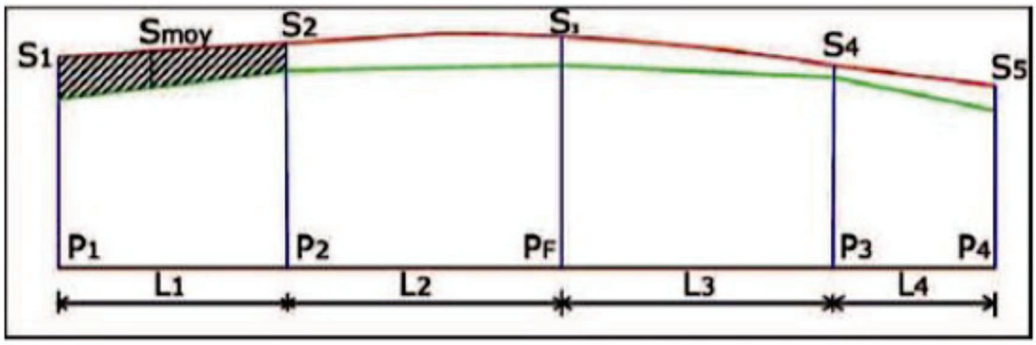


Figure VII. 5 Schéma illustratif de la surface moyenne

Par une simplification de Smoy, on obtient entre P1et P2 :

V1 = (L1/2) × (S1+S2). Par suite on généralise la formule comme suit :
Vi = (L1/2) × (Si + S (i+1)).

Remarque

Pour le projet étudié, le calcul des cubatures de terrassement ainsi que celui de couche de ballast a été effectué avec les logiciels Star et Civil 3d.

Les résultats obtenus sont indiqués dans les tableaux suivants :

Tableau VII. 1 Volumes des terrassements

Terrassements	Déblais	Remblais	net
Volumes m^3	38691.9	190142.5	151450.5

Tableau VII. 2 Volumes des couches de ballast et de terre végétale

couches	Ballast	Terre végétale
Volumes m^3	1731618.06	61855.79

Les calculs de cubatures des terrassements seront mentionnés dans l'annexe 5.

VII.7.CONCLUSION

Ce chapitre nous a permis de définir les éléments du profil en travers d'une infrastructure ferroviaire ainsi que déterminer les volumes des terrassements et des couches d'assise de la voie ferrée.

.

CHAPITRE VIII :
Etude hydraulique et assainissement

CHAPITRE VIII

VIII.1.INTRODUCTION

Afin d'assurer une longévité des infrastructures ferroviaires, l'étude hydraulique et hydrologique est une phase importante dans un projet pour assurer la stabilité de l'infrastructure et améliorer la portance de la plate-forme. Pour ce faire l'objectif principal est la limitation des bassins versants et la détermination des débits de crues tout le long du tracé ferroviaire afin d'éviter toute inondation de celle-ci, et de prévoir ainsi les aménagements hydrauliques de protection les plus appropriés.

VIII.2.Objectifs de l'assainissement et du drainage

L'étude d'assainissement et de drainage dans un projet a comme objectif de :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales.
- Réduire le cout de l'entretien.
- Protéger la voie contre l'inondation
- Éviter les problèmes d'érosion des éléments de la superstructure de la voie (rail,…) et des talus de remblai et de déblais.

VIII.3.ETUDE HYDROLOGIQUE

VIII.3.1. Situation géographique et description de la région d'étude

La zone d'étude est limitée à l'Est par la wilaya d'Alger ; à l'ouest par la W.de Chelf ; au Nord la mer méditerranée et au sud Est par la W.de Médéa et Sud-Ouest par la Willaya D'Ain-Defla.

La zone d'étude reliant la ville d'El Affroun (W. de Blida) à celle de Tipaza traverse les **sous bassins versant 10 et 03** du grand bassin hydrographique du Côtier Algérois codé **02a** par l'ANRH.

L'axe de projet traverse les principaux oueds par des ouvrages d'art (Ponts et viaducs), et leurs affluents par des petits ouvrages de drainages (dalots ou buses) et cela dans les zones de remblais et dont les dimensions sont données par la présente étude hydrologique et hydraulique.

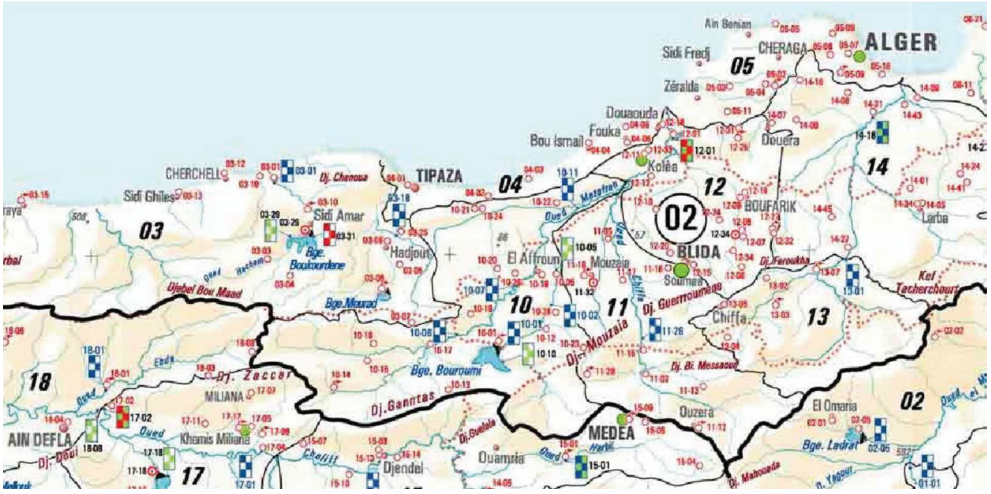


Figure VIII. 1 Situation géographique du grand bassin côtier Algérois. (Source Agence de bassin)

VIII.3.2. Données météorologiques de la région d'étude :

Pour notre tronçon (du pk 0+000 au pk 10+000) on utilisera les données météorologiques des stations d'Ahmer El Ain et de meurad barrage

VIII.3.2.1. Température

Les valeurs de la température moyenne mensuelle observées dans la région, indiquent des températures douces avec des valeurs moyennes variant de 24,9 au mois d'Août et de 12.5 au mois de Janvier. On peut distinguer deux saisons :

- Une saison chaude, s'étalant du mois de Mai au mois d'Octobre, avec un maximum au mois d'Aout (27,6°C).
- Une saison froide, qui s'étale du mois de Novembre au mois de Mai, avec un minimum au mois de Janvier (10° C).

Tableau VIII. 1 Températures de l'année 2008

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T_{moy}°C	12.5	13.25	14.6	16.1	17.5	21.0	24.0	24.9	23.0	21.0	17.6	14.7

VIII.3.2.2. Humidité

Tableau VIII. 2 Humidité de l'année 2008

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HUM%	14.8	12.6	19.2	21.0	19.8	28.3	31.0	29.2	33.0	28.2	19.0	14.5

Les mois les plus humides sont : juillet, aout, septembre, octobre.

VIII.3.2.3.Vent

Tableau VIII. 3 Moyennes mensuelles des vitesses du vent moyen mensuel en m/s à la station météorologique d'Ahmer El Ain de l'année 2008

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Vitesse du vent moyenne Annuelle (m/s)
vent (m/s)	1.5	2.0	3.4	3.0	3.1	3.2	2.8	2.7	3.3	2.3	2.9	2.6	2.54

Les vents dominants dans le périmètre sont ceux qui soufflent de N.E et de l'ouest. Le maximum des forces de vents se situe au cours de l'hiver ; Le minimum se situe aux mois d'été. La vitesse moyenne annuelle des vents est 2,54m/s.

VIII.3.2.4. Insolation

Tableau VIII. 4 Durée d'insolation moyenne mensuelle de l'année 2008(En heures entières).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolation (h)	6.8	6.6	6.8	8.9	6.1	10.2	11.3	9.7	8.0	6.6	5.9	2.6

L'insolation la plus forte durant toute l'année est celle du mois juillet et du mois de juin.

VIII.3.2.5. Pluviométrie

La ville de Tipaza est situé sur le littoral ou la précipitation est élevée, la zone de Tipaza présente une valeur de précipitation de l'ordre 600mm/an.

Tableau VIII. 5 Précipitations moyennes mensuelles (période 1978- 2016).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
P (mm)	81,3	84,6	76	50,5	41,6	9,3	3,1	5,2	30	57,2	85	99,2	56,06

VIII.3.3. Caractéristiques morphologiques et climatiques des bassins versants

VIII.3.3.1. Bassin versant

Le bassin versant est définit par un territoire géographique délimité par des lignes de partage des eaux, il est l'espace drainé par un cours d'eau et ses affluents. L'ensemble des eaux qui tombent dans cet espace convergent vers un même point de sortie.

Chaque bassin versant se subdivise en un certain nombre de bassins élémentaires (parfois appelés « sous-bassins versants »).

VIII.3.3.2. Caractéristiques morphologiques

La détermination des caractéristiques morphologiques des sous bassins versants consiste à calculer, ou évaluer les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues.

Après délimitation des bassins versant sur carte topographiques au 1/50 000 en utilisant logiciel Autocad ; on calcule les paramètres suivants :

- S : La surface du bassin versants (Km^2).
- P : Le périmètre (Km).
- L : La longueur du talweg (Km).
- Hmax : L'altitude max (m).
- Hmin : L'altitude min (m).
- Hmoy : L'altitude moy (m).
- La pente moyenne (%).

Tableau VIII. 6 Caractéristiques physiques des bassins versants

N° BV	Surface	Long	Cote max	Cote min	cote moy	Z	pente talweg	pente bassin
	Km^2	km	m	M	M	m	m/m	m/m
1	386.24	58.45	1512	84	798	1428	0.024	0.0244
2	1.356	1.74	148	85	116.5	63	0.036	0.0362
3	2.627	2.93	268	85	176.5	183	0.062	0.0625
4	1.27	1.91	262	81	171.5	181	0.095	0.0948
5	1.921	2.03	252	82	167	170	0.084	0.0837
6	10.71	9.42	710	80	395	630	0.067	0.0669
7	1.983	2.21	268	77	172.5	191	0.086	0.0864
8	1.595	1.89	238	72	155	166	0.088	0.0878
9	6.35	6.54	598	73	335.5	525	0.08	0.0803
10	3.567	3.72	246	78	162	168	0.045	0.0451
11	6.46	6.65	636	81	358.5	555	0.083	0.0834

VIII.3.3.3. Le temps de concentration

Le calcul des débits de projet requiert l'évaluation du temps de concentration du bassin versant (Tc) soit 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, Le temps de concentration peut être estimé selon plusieurs formules comme celles de, Ventura, Passini, Giandotti, chacune ayant son propre domaine de validité d'application.

Le Tableau VIII. 7, résume les différentes méthodes de calcul de temps de concentration en fonction de la surface du bassin versant :

Tableau VIII. 7 Méthodes de calcul de temps de concentration

Méthode	Superficie	formule	Paramètres
KIRPICH	Entre 0.04 et 0.81 km²	$\mathbf{Tc = 0.87\times (L^3/\Delta H)^{0.385}}$	Tc : Temps de concentration en heure L : longueur du thalweg principal en Km. ΔH : Dénivelé en m (Hmax – Hmin)
VENTURA	< 5km²	$\mathbf{Tc = 0.127(S/P)^{0.5}}$	Tc:Temps de concentration en heure S : Surface du bassin versant en km² P : Pente moyenne du bassin versant en (m/m).
PASSINI	5 et 25 km²	$\mathbf{Tc = 0.11\ (S*L)^{1/3}/\ P^{0.5}}$	L : Longueur du cours d'eau principal en km. S : Surface du bassin versant en km². P : Pente moyenne du bassin versant en (m/m).
GIANDOTTI	25 et 200 km²	$\mathbf{Tc = 4\ (S^{0.5} + 1.5\ L)/\ 0.8\ (H)^{0.5}}$	L : Longueur du cours d'eau principal en km. S : Surface du bassin versant en km². H : Hmoy – Hmin

Tableau VIII. 8 Récapitulatif du calcul de temps de concentration

N° BV	Surface	Long	Pente T	Pente B	Kippich	Ventura	Passini	Giandotti	Tc
					0.04<S<0.81 Km^2	S<5 Km^2	5<S<25 Km^2	S>25 Km^2	Moyenne
	Km^2	km	m/m	m/m	Heure	heure	heure	Heure	heure
1	386.24	58.45	0.0244	0.0244	/	/	/	7.779	7.779
2	1.356	1.74	0.0362	0.0362	/	0.778	/	/	0.778
3	2.627	2.93	0.0625	0.0625	/	0.825	/	/	0.825
4	1.27	1.91	0.0948	0.0948	/	0.466	/	/	0. 466
5	1.921	2.03	0.0837	0.0837	/	0.609	/	/	0.609
6	10.71	9.42	0.0669	0.0669	/	/	1.94	/	1.941
7	1.983	2.21	0.0864	0.0864	/	0.609	/	/	0.609
8	1.595	1.89	0.0878	0.0878	/	0.542	/	/	0.542
9	6.35	6.54	0.0803	0.0803	/	/	1.32	/	1.318
10	3.567	3.72	0.0451	0.0451	/	1.131	/	/	1.131
11	6.46	6.65	0.0834	0.0834	/	/	1.31	/	1.31

VIII.3.4. Calcul des crues et estimation des débits max :

L'intérêt de la détermination du débit max, d'un cours d'eau est évident en raison des effets destructeurs bien connus des inondations, Lorsqu'on projette la construction des ouvrages hydrauliques, on doit déterminer le maximum probable de la crue auquel l'ouvrage devra faire face, On doit tenir compte de sa durée de vie et calculer la crue max, qui pourrait se produire pendant cette période ;

L'estimation des débits de crue correspondant des bassins versants dépend de : la topographie, la climatologie, la morphologie des bassins versant, la géologie.

Pour le calcul des débits on a plusieurs méthodes :

VIII.3.4.1. La méthode rationnelle

Cette méthode permet d'obtenir une estimation du débit de pointe centennal, cinquantennale ou décennale, elle est applicable pour les bassins versants qui ne dépassent pas 10 km². Le calcul du débit par cette méthode se fait par la formule ci-dessous :

$$\mathbf{Q_{max} = \frac{Cr.I.S}{3.6}}$$

Où :

- Q_{max} : débit de crue de période de retour voulue (en m3/s) ;
- Cr : coefficient de ruissèlement ;
- I : intensité de pluie (mm/h) ;
- S : superficie du bassin versant (km²).

VIII.3.4.2. Formule Crupedix (bassins versant supérieur à 50 Km^2) :

Cette méthode a été menée à partir de 630 bassins versants pour lesquels on a pu évaluer le débit décennal instantané. Ces différentes valeurs de débits ont été mises en régression avec les principaux facteurs pouvant jouer un rôle. Parmi les plus significatifs, on a retenu la surface du bassin S en km^2 ; la pluie journalière décennale P_{10} en mm/j et un coefficient régional R. Le débit décennal de pointe de crue Q_d en m^3/s est donné par la relation :

$$\mathbf{Q_{10} = S^{0,8}\left[\frac{P}{80}\right]^2 R}$$

Évaluation du débit centennal à partir du débit décennal de la formule Crupédix
On obtient le débit centennal à partir de la corrélation :

$$\mathbf{Q_{100} = b'^* Q_{10}}$$

Avec : $1,4 \leq b' \leq 4$

Le paramètre b' est dépendant de la superficie du bassin versant :

- Jusqu'à 20 km^2, b' est déterminé en appliquant la formule rationnelle (calcul de Q_{10} et Q_{100} comme si la formule rationnelle était applicable) ;
- Au-delà de 20 km^2, b' est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet. Tenant compte des données observées dans la région, nous avons pris **b' = 2.**

Le coefficient régional R varie selon la nature du sol.
R = 0,2 pour des terrains perméables
R = 1,5 à 1,8 pour des terrains imperméables
R = 1 pour des terrains intermédiaires.

Évaluation du débit Q_T de période de retour T
L'évaluation d'un débit de période de retour T compris entre 10 et 100 ans peut être obtenu e par la formule suivante en admettant que la répartition statistique des valeurs observées suiv e la loi de Gumbel :

$$\mathbf{Q_T = Q_{10} + \Delta Q\ ((y/2,3)-1)}$$

Avec : $\Delta Q = Q100 - Q10$

$y = (-\ln(-\ln(1 - 1/T)))$

Si T = 20 ans y = 2,97

Si T = 30 ans y = 3,38

VIII.3.4.3. Formule de transition

- Pour les bassins versant de surface supérieure à 10 km^2 et inferieur a 50 km^2

$$\mathbf{Q_T = \alpha * Q(RT) + \beta * Q(CT)}$$

Avec :

Q_T : débit de projet de période de retour T,

$Q(_{RT})$: débit fourni par la formule rationnelle, période de retour T,

$Q(_{CT})$: débit fourni par la formule Crupédix, période de retour T,

α, β : coefficients de pondération

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

$\alpha = (50-S)/40$

et $\beta = 1 - \alpha$

Remarque : les bassins versants traversés par notre tracé ne sont pas inclus dans l'intervalle [10km² ; 50km²].

VIII.3.4.4. Le coefficient de ruissellement

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

Le coefficient de ruissellement Cr signifie le pourcentage des eaux écoulées sur la terre saturée de pluies par rapport à la quantité total des eaux courantes. Il dépend de la nature du sol, la végétation et de la pente, il est exprimé en pourcentage et défini comme suit :

$$Cr = \frac{\text{hautteur d'eau ruiissselée enn (mm)}}{\text{hautteur d'eau préciipiittée enn (mm)}} \times 100$$

Le coefficient de ruissellement est choisi à partir de tableau ci-après :

Tableau VIII. 9 Désignation des Coefficient de ruissellement par zones

Valeurs du coefficient C					
Couverture	Morphologie	Pente	S. gros. (1)	Ar. Limon (2)	Argile (3)
Bois (1)	Presque plat	0-5	0.10	0.30	0.40
	Ondulé	5-10	0.25	0.35	0.50
	Montagne	10-30	0.30	0.50	0.60
Pâturage (2)	Presque plat	0-5	0.10	0.30	0.40
	Ondulé	5-10	0.15	0.36	0.55
	Montagne	10-30	0.22	0.42	0.60
Culture (3)	Presque plat	0-5	0.30	0.50	0.60
	Ondulé	5-10	0.40	0.60	0.70
	Montagne	10-30	0.52	0.72	0.82

VIII.3.4.5. Intensité de pluie

Dans cette phase d'étude, les intensités de pluie ont été recueillies pour la station pluviographique meurad barrage qui sera représentative de la totalité du tronçon.

Les valeurs des intensités de pluie ont été obtenues par ajustement des pluies journalières, d'une durée comprise entre 1h et 24h, pour des périodes de retour comprises entre 2 et 100 ans.

La loi Intensité-Durée-Fréquence (IDF) est une exponentielle décroissante dont les coefficients a et b sont dits paramètres de Montana :

$$\mathbf{i(t.T) = \frac{a(T)}{t^b}}$$

I(t, T) : Intensité de pluie exprimée en mm/h

T : période de retour exprimée en années

t : temps exprimé en heures,

a et **b** : paramètres de Montana

Tableau VIII. 10 les valeurs des paramètres de Montana pour différentes périodes de retour pour la station meurad barrage

Période de retour	A	b
10	45.1	0.66
20	52.7	0.66
50	62.6	0.66
100	70	0.66

Tableau VIII. 11 Intensités de pluie (mm/h) recueillies à la station de Meurad barrage

Station	I(T.t)	2 ans	5 ans	10ans	20 ans	50 ans	100 ans
Meurad barrage (Blida)	1	25.1	37.1	45.1	52.7	62.6	70
	2	15.9	23.5	28.5	33.4	39.6	44.3
	3	12.2	18	21.8	25.5	30.3	33.9
	6	7.7	11.4	13.8	16.2	19.2	21.5
	12	4.9	7.2	8.7	10.2	12.1	13.6
	24	3.1	4.6	5.5	6.5	7.7	8.6

VIII.3.4.6. Présentation des résultats

Les tableaux suivants récapitulent pour les bassins versants de la zone d'étude les quantités de débits max des fréquences retenues, à savoir 100, 50 et 10 ans :

Tableau VIII. 12 Débits max des bassins versants

BV	Surface BV	L	Pente	Tc	Q_{50} (Rationnelle)	
	km2	km	m/m	heures	I(mm/h)	Q(m3/s)
2	1.356	1.74	0.0362	1.19	55.9	4.2
3	2.627	2.93	0.0625	1.54	47	9.14
4	1.27	1.91	0.0948	1.15	57.2	5.38
5	1.921	2.03	0.0837	1.14	57.4	8.16
6	10.71	9.42	0.0669	1.94	40.4	32.03
7	1.983	2.21	0.0864	1.21	55.1	8.08
8	1.595	1.89	0.0878	1.1	58.9	6.95
9	6.35	6.54	0.0803	1.32	52.2	24.51
10	3.567	3.72	0.0451	1.89	41.1	8.14
11	6.46	6.65	0.0834	1.31	52.4	25.06

Remarque : la surface du bassin versant n°01 est supérieure à 50km², dans ce cas la méthode rationnelle n'est pas applicable.

L'estimation du débit se fait en utilisant les autres méthodes.

BV	Surface BV km2	L km	Pente m/m	Tc heures	I (mm/h)
1	386.24	58.45	0.0244	6.68	17.9

- **Application de la méthode de Crupedix**

$$\mathbf{Q_{10} = S^{0,8}\left[\frac{P}{80}\right]^2 R}$$

La nature du sol dans ce PK est argileuse donc c'est un sol imperméable, ce qui donne un coefficient régional R compris entre 1,5 et 1,8 ;

On prend R = 1,6.

La pluie journalière P_{10} = 105,5. Selon l'ajustement a une loi Gumbel du débit maximal de la station d'oued djer (voir annexe 6).

$$Q_{10} = S^{0,8}\left[\frac{P}{80}\right]^2 R = 386{,}24^{0,8} \times \left[\frac{105{,}5}{80}\right]^2 \times 1{,}6$$

Q_{10} = 326,53 m^3/s

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

S > 20 km^2, b' est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet. Tenant compte des données observées da ns la région, nous avons pris **b' = 2.**

Q_{100} =653,07 m^3/s

- **Calcul du Q_{50} :**

$$Q_T = Q_{10} + \Delta Q\ ((y/2,3)-1)$$

Avec : $\Delta Q = Q100 - Q10 = 326,53$

$y = (-\ln(-\ln(1 - 1/T)))$

Si T =50 ans y = 3,902

$Q_{50} = 326,53 + 326,53 * ((3,902/2,3)-1)$ **= 553,96 m^3/s.**

VIII.4.ETUDE HYDRAULIQUE

VIII.4.1. Assainissement transversal

Les ouvrages de drainage transversaux ont pour rôle d'assurer la continuité des cours d'eau naturels et de protéger la voie. Les ouvrages transversaux sont généralement de trois types :

- **Les buses :**

Sont des éléments circulaires préfabriqués en béton armé de dimensions standardisés désignés par le diamètre intérieur de la buse.

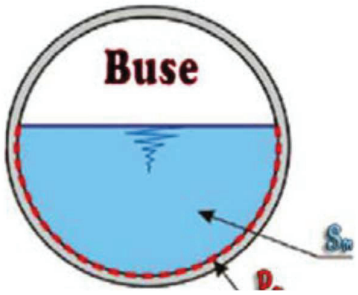


Figure VIII. 2 Schéma représentatif d'une buse

- **Les dalots :**

Sont des ouvrages d'art réalisés sur site généralement sont constitués d'un radier, de deux murs et d'une dalle ; de forme généralement rectangulaire pour évacuer des débits plus importants que ceux des buses. Ils sont placés sous les remblais.

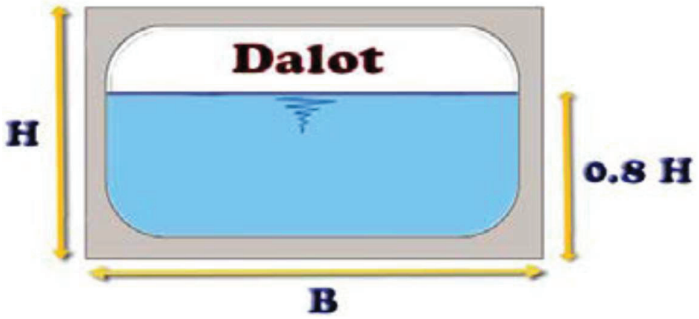


Figure VIII. 3 Schéma représentatif d'un dalot

- **Les ponts et viaduc :**

Sont des ouvrages spéciaux implanter au-dessus des oueds et brèches à grand débit ou à cause des terrassements (des remblais plus que 10 m.)

VIII.4.1.1. Description de la méthode de dimensionnement utilisée

Les ouvrages hydrauliques doivent faire transiter des débits donnés dans des conditions satisfaisantes : curage, vitesse maximale pour limiter l'érosion.

Le débit de saturation ou le débit capable est calculé par le biais de la formule de MANNING-STRICKLER sur un écoulement en régime uniforme.

$$Qs = K \cdot S \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

Qs : débit capable (m^3/s)
I : Pente de pose de l'ouvrage (m/m)
S : Section mouillée (m^2) = $b\ x\ Hm\ (m2)$.
Hm : hauteur mouillée ; b : largeur de l'ouvrage

- $Pour\ Ht \leq 2{,}5\ m \rightarrow hauteur\ mouillée = 80\ \%\ hauteur\ totale.$
- $Pour\ Ht > 2{,}5\ m \rightarrow hauteur\ mouillée = hauteur\ totale - 0{,}50\ m.$

Rh : Rayon hydraulique moyen avec : $Rh = \frac{\text{section mouillée}}{\text{périmetre mouillé}}$

K : Coefficient de MANNING-STRICKLER

Le tableau VIII. 13 reprend les valeurs de coefficient de ruissellement **kst** en fonction du type d'ouvrage et le matériau avec lequel il est conçu.

Tableau VIII. 13 Coefficients de Strickler

Nature d'ouvrage	En terre	Buse métallique	maçonnerie	Béton (dalot)	Béton (buse préfabriquée)
K	30	40	50	70	80

Le tirant d'air (différence entre la côte des plus hautes eaux et la côte de l'intrados) doit être ménagé pour laisser le passage des corps flottant détritus, branchages, etc.… qui peuvent au passage sous un ouvrage hydraulique (pont, dalot) s'accrocher et boucher peu à peu les sections d'écoulement.

VIII.4.1.2. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques transversaux

Tableau VIII. 14 Récapitulatif des formules à utiliser pour le dimensionnement

Type d'ouvrage	Section mouillées Sm (m²)	Périmètre mouillé Pm (m²)	Rayon hydraulique Rh (m)	Vitesse d'écoulement V (m/s)	Débit Qs (m^3/s)
Dalot	Hr × B	2Hr + B	$\frac{2Hr + B}{Hr.B}$	K .$Rh^{2/3}$. $I^{0.5}$	V ×Sm
Buse	$\frac{D^2}{4} \times \pi$	d×π	$\frac{D}{4}$	K .$Rh^{2/3}$. $I^{0.5}$	V ×Sm

- **Dimensionnement des ouvrages circulaires**

Le diamètre des buses est obtenu par le calcul de la formule suivante :

$$\boldsymbol{d = (\frac{Q_a \times 4^{\frac{5}{3}}}{K \,.\, \pi \,.\, \sqrt{i}})^{\frac{3}{8}}}$$

Qa : débit d'apport

K : coefficient de Manning Strickler

I : pente du bassin versant

- **Dimensionnement des dalots `**

Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

- Hr = 0,80.h si H ≤ 2 m,
- Hr = h-0.50 si H > 2 m.

Avec :

- H : hauteur du dalot (m),
- Hr : hauteur de remplissage (m),
- B : la base (largeur) du dalot(m),

La hauteur h du dalot est calculée comme suit :

$$\boldsymbol{H = (\frac{Q_a}{k.\sqrt{i}})^{\frac{3}{5}} \times \frac{(2h+B)^{\frac{2}{5}}}{B} \geq H_{cr} = \sqrt[3]{\frac{Qa^3}{g.B^2}}}$$

- **Comparaison des débits d'apport et de saturation**

Les dimensions retenues pour les ouvrages sont celles qui répondent aux deux conditions suivantes :

Qa < Qs

- Qa : Débit d'apport (m^3/s).
- Qs : Débit de saturation de l'ouvrage (m^3/s).

Selon le Guide technique « Assainissement routier » Sétra la vitesse doit respecter les critères suivants vis-à-vis de la durabilité des ouvrages :

- Ouvrage en béton inférieure ou égale 4 m/s.
- Ouvrage métalliques inférieure ou égale 2.5 m/s

VIII.4.1.3. Résultats de dimensionnement des ouvrages de drainage

Les résultats de calcul des dimensions et les débits de saturation ainsi que les vitesses d'écoulement ont été obtenus après itération de la hauteur de remplissage comme présenté dans le tableau suivant :

Tableau VIII. 15 Résultat de dimensionnement des ouvrages de drainage.

BV	PK	Surface BV	Q_{app} (m3/s)	Nbre de cellules	b(m)	h (m)	hu (m)	Sm (m2)	Pm (m)	RH	PENTE (m/m)	Q sat (m3/s)	V (m/s)	Type d'ouvrage
BV01	0+766.31	386.24	**517.592**											OA
BV02	1+700	1.356	**6.816**	1	2	2	1.6	3.2	5.2	0.62	0.0118	**17.60**	3.22	Dalot
BV03	2+966	2.627	**12.427**	2	2	2	1.6	3.2	5.2	0.62	0.0073	**27.69**	3.12	Dalot
BV04	3+800	1.27	**7.459**	1	2	2	1.6	3.2	5.2	0.62	0.0085	**14.94**	3.32	Dalot
BV05	4+350	1.921	**11.092**	1	2	2	1.6	3.2	5.2	0.62	0.01	**16.21**	3.79	Dalot
BV06	6+237.86	10.71	**36.665**	2	3	3	2.5	7.5	8	0.94	0.0064	**80.46**	3.91	Dalot
BV07	7+150	1.983	**10.971**	1	2	2	1.6	3.2	5.2	0.62	0.0066	**13.17**	3.47	Dalot
BV08	7	684.04	**1.595**	1	2	1.5	1.2	2.4	4.4	0.55	0.0032	**6.34**	2.97	Dalot
BV09	8+008.41	6.35	**27.924**	2	3	2	1.6	4.8	6.2	0.77	0.003	**31.03**	3.34	Dalot
BV10	9+541.47	3.567	**12.479**	2	2	2	1.6	3.2	5.2	0.62	0.015	**39.70**	3.13	Dalot
BV11	10+935.52	6.46	**28.444**	2	3	2	1.6	4.8	6.2	0.77	0.015	**69.39**	3.6	Dalot

VIII.4.2. Assainissement longitudinal

Le réseau d'assainissement longitudinal est composé principalement par des fossés implantés aux limites de l'emprise de chemin de fer, que ce soit dans les hauts talus de déblai et dans les bas talus de remblai.

Les fossés sont des ouvrages longitudinaux ont pour objectif d'évacuer le ruissellement venant de la plateforme et les talus ainsi que les terrains avoisinants, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux du sol support.

- **Fossé de pied du talus de déblai :**

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers des exutoires. Ce sont en terre ou en béton, ils sont en terre lorsque la pente en profil en long ne dépasse pas les 3 %.

- **Fossé de crête de déblai :**

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la voie, afin de protéger les talus de déblai des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher des eaux d'atteindre la plate-forme.

- **Fossé de pied du talus de remblai :**

Ces fossés sont, soit en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement), ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate- forme. Il permet de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée en remblai par l'intermédiaire des descentes d'eau.

- **Descentes d'eaux :**

Les descentes d'eaux sont des ouvrages auto-stables implantés sur les talus, soit de déblai soit de remblai, pour collecter les eaux de crête vers le dispositif de drainage longitudinal situé en pied de talus.

On a adopté, pour 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 ;
- 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 et d'entretien du système plus chers ;
- 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.

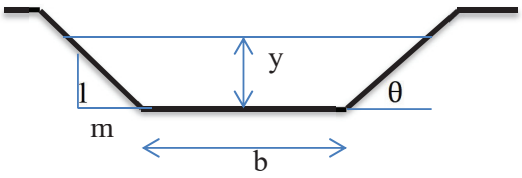
VIII.4.2.1. Dimensionnement d'ouvrage d'assainissement longitudinal

Pour avoir la valeur des dimensions nécessaires de notre ouvrage, nous allons procéder de la même manière que celle pour les ouvrages d'assainissement transversal, par itérations de la valeur de h de la formule de *Manning-Strickler.*

Les ouvrages les plus utilisés sont les fossés trapézoïdaux où on doit faire les relations particulières entre ses dimensions pour être « hydrauliquement favorable »

VIII.4.2.1.1. Méthode de calcul

1- On doit calculer les débits qui viennent des déblais et des remblais (Q_a)



b : largeur du fond du canal
y : tirant d'eau
θ : angle des talus
m : coefficient de pente des talus

- ✓ section mouillée :

$S = by + m^2$ = (b+ my)y

- ✓ périmètre mouillé :

P=b+2y$\sqrt{1+m^2}$

- ✓ rayon hydraulique :

$R_h = \frac{S}{p} = \frac{(b+my)y}{b+2y\sqrt{1+m^2}}$

VIII.4.2.1.2. Calcul de la surface du bassin versant

- **Le talus en déblai**

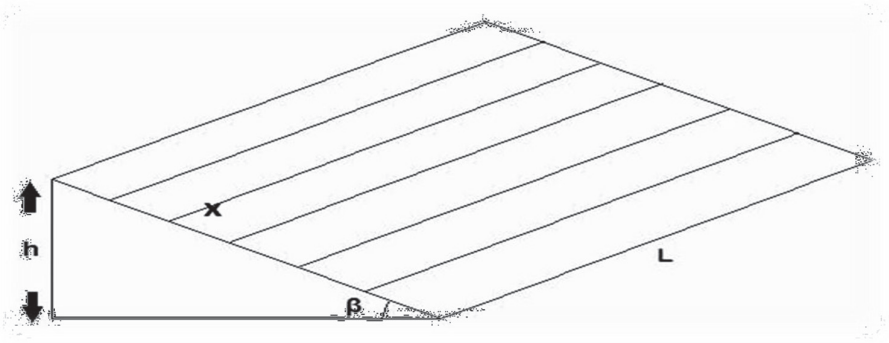


Figure VIII. 4 Schéma représentatif de talus de déblai

$St = x \times L = h \times \sin \alpha / L$

Tableau VIII. 16 Caractéristiques géométriques du talus de déblai

Pk_i	Pk_f	$L\ (m)$	$h\ (m)$	β (°)	$x\ (m)$	$S_t\ (km2)$
5+425	6+025	600	4	$1h:1v$ = 45°	$\frac{4}{sin(45)}$ = 5,66	5,66 × 600 = 3,4 * 10^{-3}

Tableau VIII. 17 Débit décennal apporté par le déblai

Surface	T_c	*C*	*Pente*	*Paramètres de Montana (T=10 ans)*		*Intensité de pluie*	*Méthode rationnelle*
(Km^2)	(h)		(%)	a	b	$i\ (mm/h)$	$Q_{10}\ (m^3/s)$
3,4 * 10^{-3}	0.282	0.5	100	23.6	0,7	57.25	0,027

- **La plateforme**

$$Sp = L \times lp$$

Avec lp, en mètre, en mètre, étant la largeur de la plate-forme, $l = 13.6m$

$$Sp = L \times l = 600 \times 6.8 = 4.08 * 10^{-3}\ Km^2$$

Tableau VIII. 18 Débit décennal apporté par la plate-forme

Surface	**Tc**	**c**	**Pente**	**Paramètres de Montana (T=10 ans)**		**Intensité de pluie**	**Méthode rationnelle**
(Km^2)	(h)		(%)	a	b	$i\ (mm/h)$	$Q10\ (m3/s)$
3,4 * 10^{-3}	0.56	0.85	66	23,6	0,7	28.81	0.023

Remarque :

- Etant donné que la hauteur maximale de délai est de 4m, donc on n'a pas prévu de berme.
- Le calcul des paramètres représentés dans les tableaux précédents s'est fait de la même manière que pour la partie dimensionnement des ouvrages d'assainissement transversal, les formules utilisées sont la formule de VENTURA pour les temps de concentration et la méthode rationnelle pour le calcul des débits décennaux.

À partir des débits Qt, Qp et Qb nous arrivons à quantifier le débit total :

$$Qtot = Qt + Qp + Qb = 0.027 + 0.023 + 0 = \mathbf{0.05\ m3}$$

On fait une itération de calcul de débit de saturation de l'ouvrage (Q_s), en appliquant la formule de Manning Strickler :

$$Q_s = \mathrm{Kst} \times (by + my^2) \times \left(\frac{by+my^2}{b+2y\sqrt{m^2+1}}\right) \times i^{1/2}$$

La valeur du coefficient de rugosité kst étant fixée à 70 pour le béton, la pente du fossé J à 1 % et m=cotα, avec α=1/1→ tanα=1 qui correspond à un angle de 45° donc m=cotα=1

Tableau VIII. 19 Démarches itératives pour l'obtention de la hauteur requise du fossé

k_{st}	y (m)	$b\ (m)$	J	m	$Q\ (m^3/s)$	$S\ (m^2)$	$V\ (m/s)$
70	0,3	0,3	0,01	1	0,366	0,18	2,035

L'itération sera terminer lorsque Qs> Qa :

Pour y= 0,3m et b= 0,3m Qs = 0,366 > Qa = 0,05

Celle-ci permettra au fossé suffisamment d'évacuer le débit des eaux de ruissellement.

Remarque

Pour des raisons de sécurité et de facilité d'exécution, la section minimal recommandée par la norme SNCF (IN 0259, 1996) qui est de $b \times h = (0.5m \times 0.5m)$

VIII.5.CONCLUSION

L'étude hydraulique est d'une importance capitale dans un projet ferroviaire car elle permet d'assurer une pérennité de la voie.

Ainsi le rétablissement des cours d'eau et le drainage de la plate-forme sont deux facteurs majeurs à prendre en compte lors d'une étude hydraulique. Cela est justifié par le risque que peut engendrer une sous-estimation des débits d'eau de ruissellement ou un sous dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

Chapitre IX :
Couche d’assise

CHAPITRE IX

IX.1.INTRODUCTION

La répartition des charges provenant des traverses, l'amortissement des vibrations importantes provenant de contacte rails-roue, la stabilité longitudinale et transversale de la voie ferrée et l'évacuation des eaux de ruissellement sont les rôles principaux d'une couche d'assise.

IX.2.LA COUCHE D'ASSISE

La couche d'assise comprend la couche de ballast et la sous couche (sous ballast), elle permet d'assurer par leur nature et leur épaisseur le bon comportement de la voie ferrée du point de vue rigidité, tenue et drainage.

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 plate-forme qui dépendent non seulement des caractéristiques des sols, mais aussi des conditions hydrogéologiques du site ;
- des conditions climatiques du site ;
- du trafic (tonnages, charges, vitesses) ;
- de l'armement (profil des rails, nature et espacement des traverses,...).
- L'épaisseur de la couche de ballast doit être prise en compte lorsque l'on dimensionne la sous-couche.

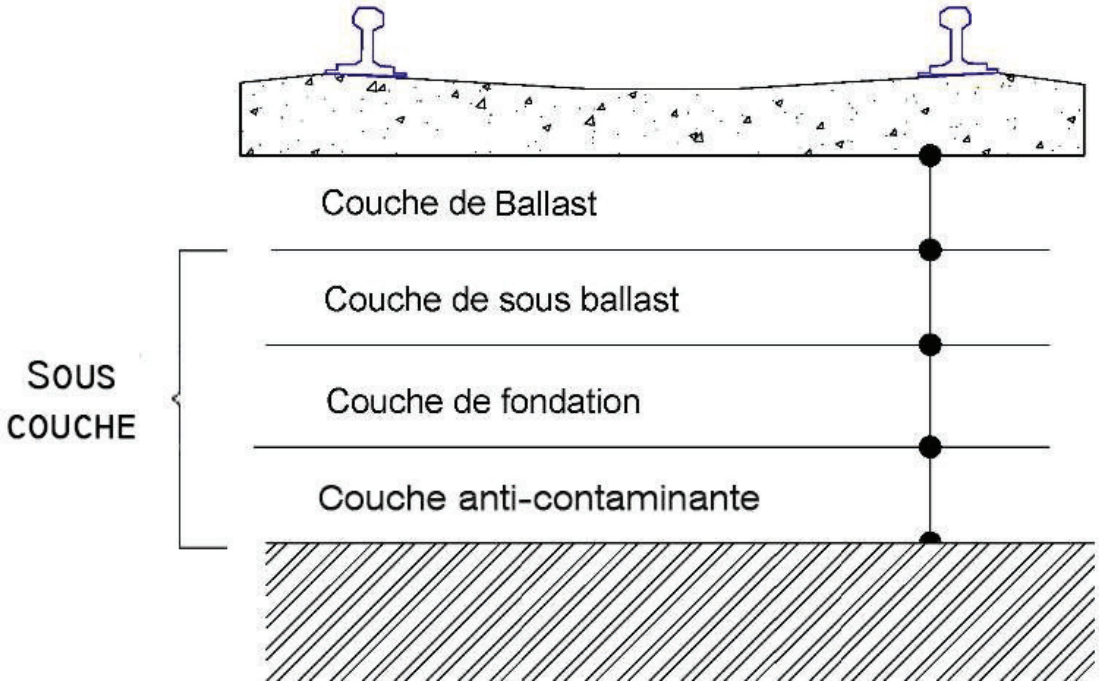


Figure IX.1 Schéma représentatif des couches d'assise

IX.3.COUCHE DE BALLAST

Le ballast est un granulat provenant du concassage de roches extraites dans des carrières de pierres dures (granit, diorite, rhyolite, quartzite, grès). Il constitue un élément support de la voie et fait partie de la superstructure.

IX.3.1. Rôle du ballast

Le ballast a un rôle très important, il remplit les fonctions suivantes :

- La transmission et la répartition des efforts à la plate-forme dues aux charges statiques et dynamiques des circulations,
- L'absorption des vibrations mécaniques et acoustiques,
- L'ancrage latéral et longitudinal de la voie, la résistance au cisaillement permet de contenir les chargements latéraux (circulation en courbe, flambage consécutif de la dilatation des (L.R.S) et longitudinaux (accélération, freinage),
- Le drainage des eaux pluviales,
- Une maintenance et une mise en place de la voie plus aisées.

IX.3.2. Caractéristique du ballast

L'ensemble des fonctions remplie par le ballast nécessite de définir des critères de qualité, qui sont définis dans la norme européenne "NF EN 13450" (août 2003). Cette norme remplace à partir de janvier 2004 la norme française "NF F53 - 695". Le ballast doit répondre essentiellement aux critères suivants :

- **Caractéristique physique**

- Une granulométrie (25/50mm) et une propreté permettant d'assurer le drainage et de bonnes propriétés mécaniques (élément fins et débris),
- Une angularité assurant la résistance au cisaillement, celle-ci n'étant pour l'instant pas définie par des paramètres,
- Une insensibilité à l'eau et au gel,
- Une homogénéité de la forme des grains, absence de formes de grains trop allongées ou aplaties.

- **Caractéristique mécanique**

- Une résistance mécanique assurant le maintien de l'angularité et de la granulométrie, et la résistance à l'abrasion,
- Une dureté et résistance à l'usure des grains de ballast qui sont définies à l'aide des essais Los Angeles, résistance à la compression et l'essai d'attrition Micro-Deval (Effectué d'une part à l'état sec 'DS' et d'autre part à l'état humide 'DH') :
    - DS > 14 (pierres durs) et DH > 6 (selon document SNTF),
    - DS > 12 (Pierres carbonatées),
    - Coefficient de Los Angeles LA ≤ 24,
    - La résistance à la compression simple $R_C \geq 1400 g/cm^2$.

IX.4.LA SOUS COUCHE

La couche de ballast repose sur la sous-couche et la plateforme. La sous-couche est constituée de matériaux bien gradués (0/31,5), multicouches ou monocouche, permettant d'assurer :

- La protection de la plate-forme contre l'action du poinçonnement de la couche de ballast et l'action des eaux zénithales,
- Une protection de la plate-forme contre l'effet du gel,
- Une meilleure répartition des charges transmises aux diverses couches de la plateforme.

La sous-couche comprend :

- **La couche sous-ballast**, constituée de grave propre de tranche granulométrique 0/31.5 et compactée à 100% de l'optimum Proctor modifié (OPM). Elle permet d'améliorer la portance du sol et la répartition des charges transmises ainsi que la protection de la plate-forme contre l'érosion et le gel,
- **La couche de fondation**, constituée de grave compactée à 95% de l'optimum Proctor, d'une épaisseur minimale de 15 cm. Elle permet la circulation des engins de chantier sans risque d'endommagement de la plate-forme et n'est généralement pas nécessaire pour des substrats rocheux ou des sols de bonne qualité,
- **La couche anti-contaminante**, constituée de sable propre dont le rôle est d'empêcher les remontées d'éléments fins depuis la plate-forme vers les couches d'assises supérieures. Cette couche est facultative mais peut être doublée d'un tapis géotextile ou géomembrane.

Remarque :

Le sous-ballast, la couche de fondation et la couche anti-contaminante doivent être posés en pente transversale afin de mener l'eau de pluie vers l'assainissement.

- 4% pente normale ;
- 3% pente posée dans les zones de désert ;
- 5% pente posée dans les zones littorales.

IX.5.DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISES

IX.5.1. La plateforme

La plate-forme est la partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche. Elle est constituée du sol rapporté dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai. Sa partie supérieure est aménagée en couche de forme et de pente transversale.

IX.5.2. Classe de portance de la plate-forme

La portance dépend de la qualité du sol support et de la couche de forme :

- **P1 :** une portance médiocre.
- **P2 :** une portance moyenne.
- **P3 :** une bonne portance.

Le Tableau suivant représente la classe de plateforme en fonction de la classe de qualité du sol support :

Tableau IX. 1 La classe de portance de la plateforme (UIC 719R)

Sol support		*Classe de portance envisagée pour la plateforme*	*Couche de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance*		
Qualité	*CBR min*		*Qualité*	*CBR min*	*Epaisseur minimale : e_f(m)*
QS_1	2-3	P_1	QS_1	2-3	-
		P_2	QS_2	5	0,50
		P_2	QS_3	10-17	0,35
		P_3	QS_3	10-17	0,50
QS_2	5	P_2	QS_2	5	-
		P_3	QS_3	10-17	0,35
QS_3	10-17	P_3	QS_3	10-17	-

IX.5.3. Épaisseur minimale « e » des couches d'assise

D'après la norme UIC 719 R l'épaisseur de la couche d'assise (e) est donnée par la formule suivante :

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

Tels que « E », « a », « b », « c », « d », « f » et « g » sont des paramètres de dimensionnement dépendant d'autres paramètres, leurs valeurs sont résumées dans le tableau de l'annexe 7.

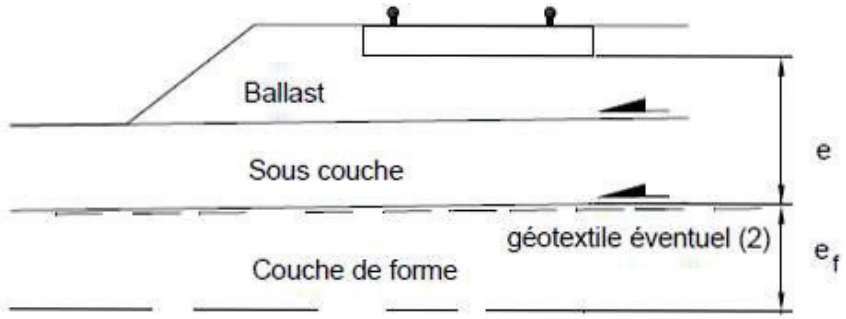


Figure IX.2 Les épaisseurs des différentes couches d'assise

IX.6.APPLICATION AU PROJET

IX.6.1. Définition de la couche de forme

Compte tenu de ce qui précède, notamment de la classe des qualités du sol support le plus souvent rencontré le long du tracé est en majorité QS1, ainsi que les prescriptions données par les UIC nous conseillons d'opter pour une plateforme de type P2 (Plateforme moyenne) dimensionnée préalablement pour un tel type de sol (QS1).

Le matériau requis pour assurer une plate-forme P2 à partir d'une classe de sol support QS1 est un matériau pour couche de forme avec une qualité QS2 ou QS3, on choisit une couche de forme dont la qualité de sol est QS3 (dont l'indice CBR est compris dans l'intervalle [10-17]) et une épaisseur minimale de 0,35m. (Figure IX.3)

Remarque :

Les matériaux de classe QS0 ne peuvent être utilisés en aucun cas en raison de leur très faible portance, ces sols doivent être transformés en sols de meilleures qualités (QS1 au minimum) par un traitement approprié, et en assurant un bon drainage (Substitution du matériau sur une certaine épaisseur, traitement aux liant, utilisation de géotextile, etc.).

IX.6.2. Calcul de la couche d'assise

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

Avec :

- E = 0,55 m pour les plates-formes de classe de portance P 3 ;
- a = -0,05 m : notre ligne appartient au groupe 3 selon UIC714 ;
- b = (2,5−2.244)/2 = 0.128 : les traverses en béton de longueur 2244mm ;
- c = 0 m : dimensionnement normal ;
- d = 0,05 m la charge d'essieu des véhicules = 22,5 t ;
- f = 0 m : ligne à V≤160 km/h ;
- Pas de géotextile.

Les valeurs des paramètres de dimensionnement sont dans l'annexe 7.

Nous obtenons : e= 0,55−0,05+0.128+0+0,05+0 = 0.678 m
On prend : e= $\mathbf{0.68\ m}$

IX.7.CONCLUSION

L'épaisseur des divers types de la structure d'assise proposée sont :

- 30 cm pour la couche de ballast (épaisseur minimale requise),
- 38 cm pour la sous couche,
- 35 cm pour la couche de forme.

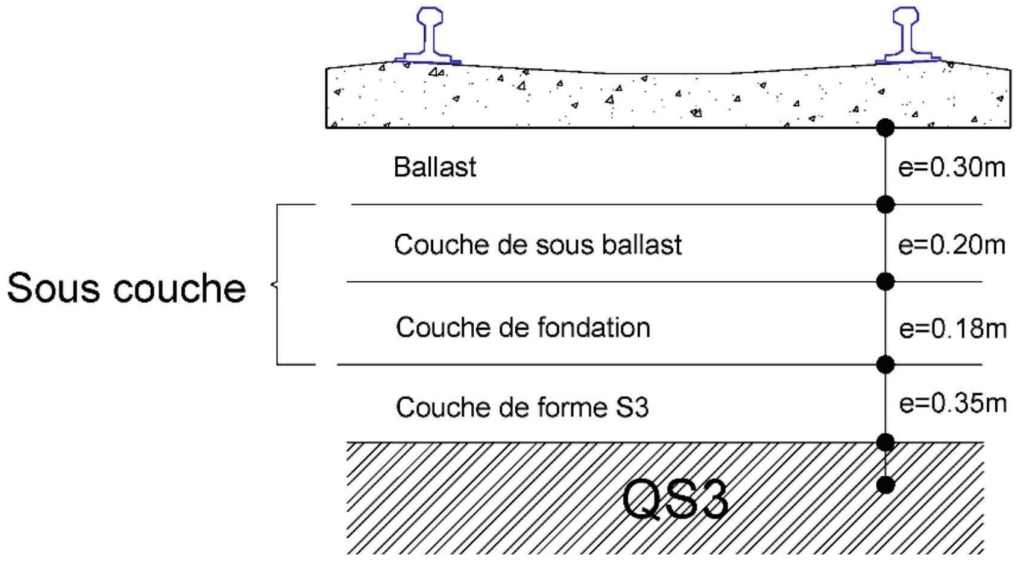


Figure IX. 3 Schématisation de la structure adoptée

Chapitre X :
Superstructure

CHAPITRE X

X.1.INTRODUCTION

Une voie ferrée est un ensemble d'éléments de caractéristiques physiques et mécaniques différents, qui sont assemblés entre eux afin de permettre une bonne transmission des charges, statiques ou dynamiques à la plate-forme pour pouvoir supporter les efforts verticaux, transversaux et longitudinaux.

La voie comporte deux rails dont l'inclinaison et l'écartement sont maintenus par des traverses qui sont, elles-mêmes disposées le long de la voie et reposent sur une couche de ballast.

X.2.CATEGORIE DE VOIES

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune réservée pour un objectif bien précis, on distingue ainsi :

- **Les voies principales**, affectées à la circulation des trains ;
- **Les voies de circulation**, affectées à desserte interne des grands complexes Ferroviaires ;
- **Les voies de service**, affectées aux manœuvres, elles sont constituées en général par des anciennes voies principales déclassées ;
- **Les voies d'évitement**, qui permettent à deux trains circulant à contre sens sur une voie unique de se croiser ;
- **Les voies de garage**, affectées au stationnement du matériel roulant.

X.3.COMPOSITION DE LA VOIE FERREE

La voie ferroviaire est constitué de : plateforme, sous couche, ballast, traverses et les rails plus les accessoires d'attache et de fixation.

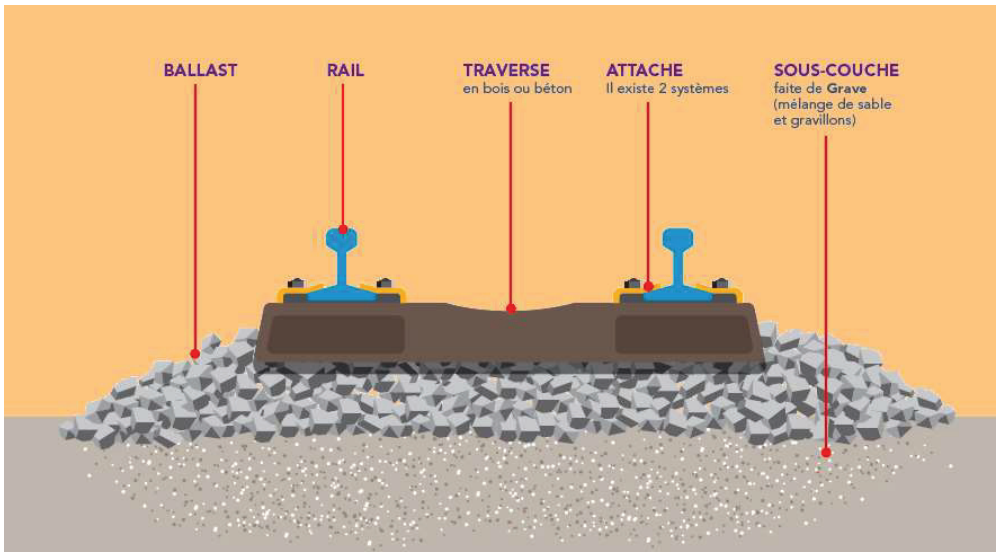


Figure X.1 Les constituants de la voie ferrée

Remarque : Le ballast, la sous couche et la plateforme sont détaillés dans le chapitre IX, dans ce chapitre on va voir les traverses, les rails et les attaches.

X.3.1. Rail

Le rail est un profilé métallique posé sur les traverses en deux lignes parallèles, permet le contact avec les roues destiné à assurer le support vertical des roues des véhicules et guider les roues dans le sens transversal. Sa caractéristique essentielle d'un rail est son poids au mètre linéaire.

Le rail a souvent une fonction de sécurité : en tant que conducteur électrique, il sert de circuit aux courants de signalisation, ce qui permet de mettre au rouge automatiquement un signal lorsqu'un véhicule court-circuite les deux rails. La longueur des rails est de 18 m ou 36 m.

X.3.1.1. Le profil

Le rail est constitué de plusieurs parties :

- **La table de roulement** qui est la face supérieure du champignon assurant le contact roue-rail et la répartition des contraintes.
- **Le bourrelet ou Champignon** : c'est la partie supérieure du rail, il est caractérisé par sa largeur, sa hauteur, le bombement de sa table de roulement et l'inclinaison de ces faces latérales.
- **Portées d'éclissage** : Ce sont les plans inclinés qui raccordent le bourrelet et le patin à l'âme du rail, leur fonction est de servir d'appui pour soutenir le champignon.
- **L'Âme** : garantit une épaisseur suffisante pour résister aux sollicitations.
- **Le Patin** : assure une largeur suffisante pour le transfert de charge à la traverse et la zone pour attaches.

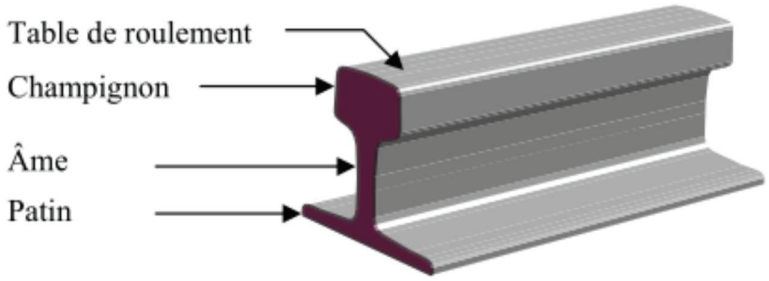


Figure X.2 rail Vignole

X.3.1.2. Les formes principales de rails

Il existe plusieurs profils de rails en voie :

- Le profil double champignon (DC), qui n'est plus fabriqué,
- Le profil Vignole,
- Le rail à gorge : utilisés pour les voies encastrées dans des chaussées routières, notamment pour les installations industrielles et les lignes de tramway. (Wikipédia, 2019) [19]

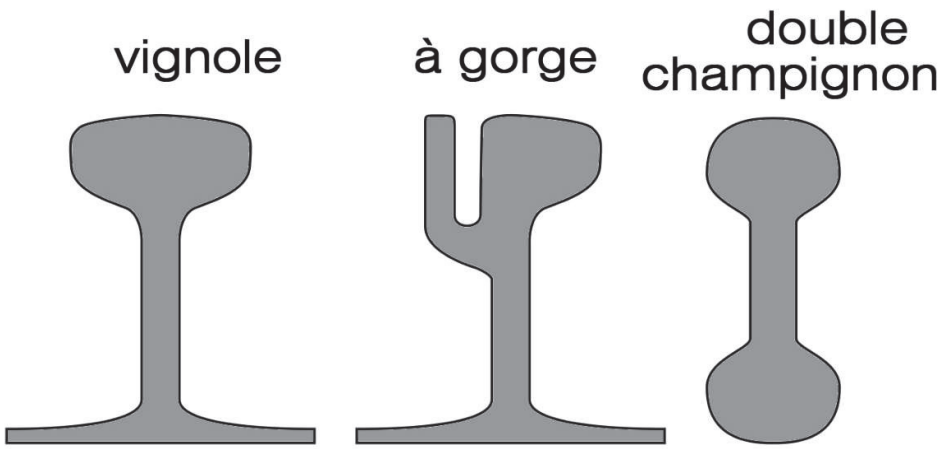


Figure X.3 Les trois profils type des rails

X.3.1.3. Assemblage des rails

Il existe deux types d'assemblages

- **L'éclissage :** C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses qui sont constituées par des plaques laminées entre le champignon et le patin.

L'éclissage doit répondre aux conditions suivantes :

- Relier les rails de façon à ce qu'ils se comportent comme une poutre continue.
- Les éclisses doivent avoir la même qualité d'acier que le rail.
- Empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre, tout en permettant la dilatation en fonction des variations de température. (jean alias, 1984) [1]

- **Soudures ou Les longs rails soudés (LRS) :** les rails sont mis bout à bout et soudés par procédé aluminothermique qui consiste en un apport de métal en fusion dans une lacune créée entre les extrémités de ceux-ci.

Les contraintes techniques qui s'imposent au soudage sont la métallurgie de la soudure (résistance mécanique) et la géométrie (qualité des circulations et tenue de la voie).

Les grands avantages qu'offre cette méthode sont :

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

Le rail est un assemblage de barres en acier laminé, soudées électriquement pour obtenir des Longs Rails Soudés (L.R.S.) de longueur quelconque. Ensuite les L.R.S. sont soudés par aluminothermie en voie et fixés sur les blochets des traverses par l'intermédiaire des attaches.



Figure X.4 Eclissage des rails



Figure X.5 Éclisse de rail



Figure X.6 Long rail soudé (LRS)

X.3.2. Les traverses

Les traverses sont des pièces posées à l'axe des voies, sur lesquels sont posés les rails, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails. On utilise essentiellement des traverses en bois ou en béton (et depuis peu il existe une fabrique de traverses en plastique dur recyclé). (Wikipédia, 2019) [19].

Les traverses sont soumises à des sollicitations complexes :

- Efforts verticaux et horizontaux exercés par le patin du rail sur la table d'appui ;
- Réaction du ballast ;
- Flexions dynamiques alternées dues au passage des circulations.

X.3.2.1. Rôle des traverses

Les traverses permettent :

- La transmission des charges dynamiques et statiques du rail au ballast qui dépendent beaucoup des conditions d'appui,
- Le maintien de l'écartement des deux files de rail,
- Le maintien d'une certaine inclinaison du rail (1/20). (Gilles SAUSSINE, 2004) [14]

X.3.2.2. Types des traverses

Il existe trois types de traverses :

Traverses en bois : généralement du chêne sont appréciées pour leur résistance, leur flexibilité et la facilité de leur mise en œuvre. De nos jours les traverses en bois ne sont pas utilisées fréquemment vu leur courte durée de vie, effets négatifs sur l'environnement et leur cout élevé.

Traverses métallique : Elles ont une forme d'un «U» renversé, leurs extrémités sont enfoncées dans le ballast pour empêcher tout déplacement transversal de la voie, vue leurs légèreté elles sont faciles à poser, cependant, elles sont bruyantes et conductrices d'électricité, donc nécessitent des dispositifs d'isolement couteux.

Traverses en béton : Elles ont une durée de vie plus importante (50ans), et ne sont pas onéreuses. Leur poids important assure un bon ancrage de la voie dans le ballast et une meilleure stabilité transversale de la voie ce qui autorise la pose en longs rails soudés (LRS) dans des courbes de faible rayon où la pratique de la grande vitesse, d'où leur forte utilisation à travers le monde. Leurs fixation avec les rails se fait par des attaches élastiques munies de dispositif élastique en caoutchouc.

Il en existe deux types des traverses en béton :

- **Traverses bi blocs** : elles sont formées de deux blocs de béton armé appelés « Blochets » reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse.
- **Traverses monoblocs** : Formées en un seul bloc de béton précontraint, amincies dans leur partie centrale, armées de fils à haute résistance.

Tableau X. 1 Caractéristiques des traverses

Type de traverse	Bois	Béton
Nombre de traverses par kilomètre de voie	1732	1667
Masse (Kg)	70 à 80	200

X.3.3. Systèmes de fixation :

Une **attache** rail-traverse est un appareil constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse, assure la fixation du rail sur la traverse. Elle assure à la fois une élasticité dans le sens vertical et horizontal. Ces constituants permettent de régler la progression de l'effort en fonction du déplacement.

Son rôle principal est :

- D'assurer le positionnement du rail et de la traverse,
- Le serrage du rail sur la traverse, afin que la résistance au glissement entre le rail et la traverse soit supérieure à la résistance au glissement longitudinal entre la traverse et le ballast,
- Conserver un effort de serrage suffisant malgré les vibrations dues aux circulations,
- Absorber les efforts longitudinaux et dynamiques au passage des trains. (Gilles SAUSSINE, 2004) [14]

On distingue différents systèmes de fixation :

Les systèmes rigides : ce sont ceux qui ne comportent aucun élément élastique (attache ou semelle de rail) utilisés généralement sur les traverses en bois avec goujons à tirefond. Elle assure un bon maintien transversal du rail mais ne garantit pas le maintien longitudinal de la voie.

Les systèmes élastiques : ce sont ceux qui comportent un ou plusieurs composants élastiques.

Il existe de types de fixation élastique :

- Système de fixation **directe** : Le rail est fixé directement dans la traverse avec ou sans interposition de semelle ou de selle.
- Système de fixation **indirecte** : Le rail n'est pas fixé directement à la traverse ; interposition d'une selle.

NB : Pour notre projet l'attache utilisée est une attache élastique de type NABLA.

Pose Nabla

Le système Nabla est constitué d'une lame élastique trapézoïdale, d'une butée isolante (pose sur traverses béton), d'un dispositif d'ancrage et d'une semelle sous rail.

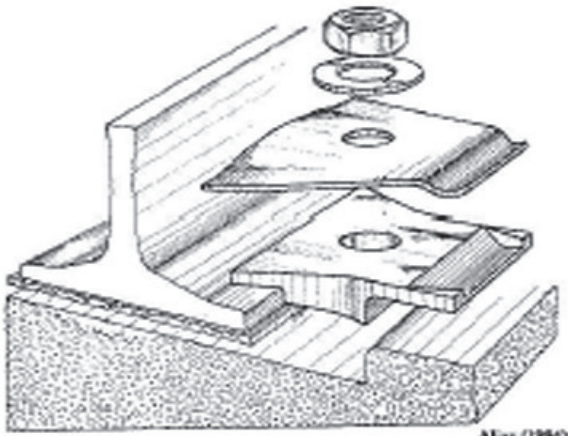


Figure X.7 Schéma du système nabla.

On peut aussi rajouter d'autres types d'attaches montré dans les figures ci-après :



Figure X.8 Attache indirecte à ressort à spires



Figure X.9 Attache vissée type « Vossloh »



Figure X.10 Système de fixation de rail E-clip

X.3.4. 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 générale d'appareils de voie. (Jean ALIAS, 1984)[1]

Les « appareils de voie » sont constitués de rails spéciaux (croisement de rails) et d'éléments mobiles (aiguille). Ils permettent le passage d'une voie à une ou plusieurs autres.

Le type de l'appareil est désigné par la valeur de tangente d'implantation exprimée sous la forme décimale.

X.3.4.1. Catégories d'appareils de voie

Il existe deux catégories d'appareils de voie :

- **Les branchements**

Dans le langage simple le branchement est appelé aiguillage et il se compose de trois parties :

- Partie aiguillage : qui comprend essentiellement les aiguilles mobiles ;
- Partie intermédiaire : assimilable à la voie courante ;
- Partie cœur (croisement) : qui comprend essentiellement le cœur de croisement.

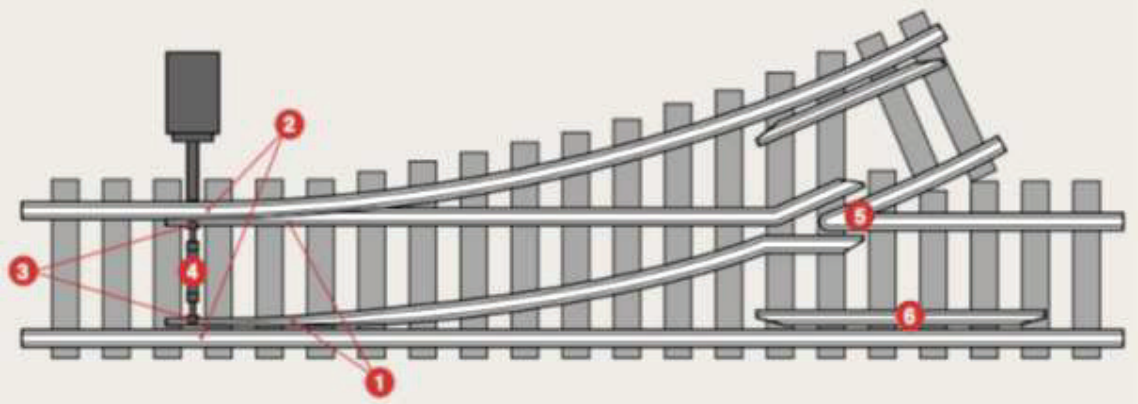


Figure X.11 Branchement simple

L'aiguille ou lame (1) est l'élément le plus important d'un aiguillage : c'est la partie flexible qui vient se plaquer contre le rail de la voie directe pour dévier le train sur une autre voie.

La contre-aiguille (2) est la partie fixe du rail, sur laquelle l'aiguille vient buter.

Le verrou ou griffe d'aiguille (3) maintient l'aiguille en place dans la position ouverte ou fermée. La tringle est la tige qui actionne l'aiguillage et qui maintient le bon écartement entre les aiguilles.

La tringle (4) est la tige qui actionne l'aiguillage et qui maintient le bon écartement entre les aiguilles.

Le cœur de croisement (5) est la partie où les rails se croisent.

Le contre-rail (6) sert à guider et à assurer l'essieu durant le franchissement du croisement (changement de voie pour stabiliser le train).

Autre que le branchement simple il existe deux autres types de branchement illustrés sur la figure suivante :

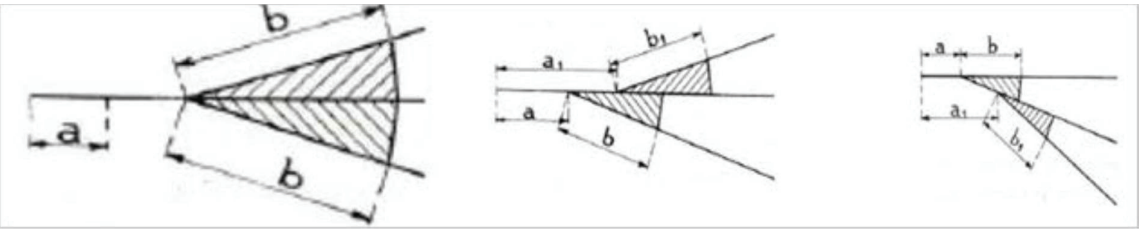


Figure X.12 Branchement double symétrique et asymétrique

- **Les traversées**

On distingue :

Les traversées simples : permettent le croisement à niveau d'une voie par une autre en alignement ou en courbe de même rayon sans qu'il ne soit possible d'agir sur l'orientation des trains.

Les traversées jonction : permettent le croisement à niveau d'une voie par une autre et également la jonction des deux voies. On trouve :

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

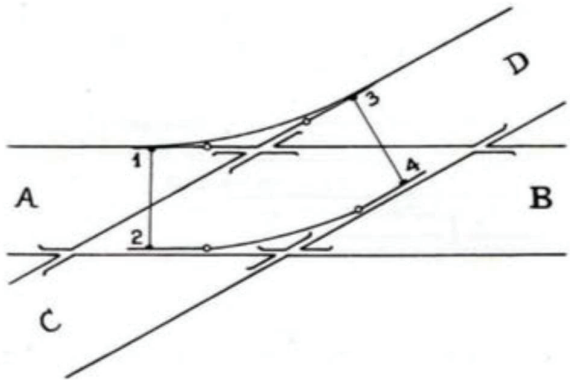


Figure X.13 Traversée-jonction simple.

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

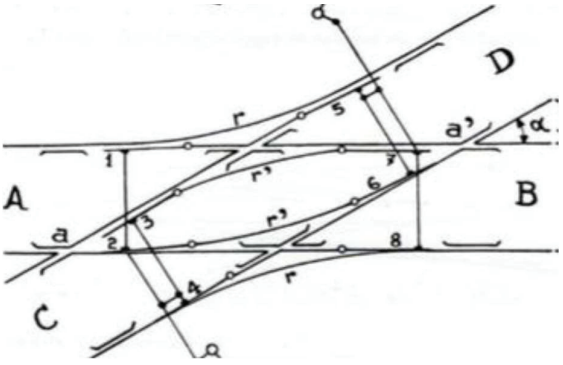


Figure X.14 Traversée-jonction double.

X.4.APPLICATION AU PROJET

Les spécifications applicables sont les suivantes :

- La largeur de la plate-forme en double voie est fixée à 13,6 m avec un entraxe de 4.20 m.
- Une bande 700 mm sera prévue pour l'implantation des équipements de signalisation, télécommunications et électrification ;
- L'axe des poteaux caténaires devra se situer à un minimum de 3 060 mm de l'axe de la voie ;
- Un cheminement de 1000 mm sera aussi implanté pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie dans le cas des voies à l'air libre uniquement.

La superstructure de la voie

Rail modèle 60E1 (UIC60) fabriqué selon la norme européenne EN 13674-1, largement utilisé pour la construction de voies ferrées. Il traite d'un rail de section type T (rails plats) avec une masse de 60,21kg par mètre. Pour une jauge standard, il est courant d'utiliser la voie 60E1 / UIC60 pour le trafic de charges moyennes et lourdes.

Un schéma de profil de rail type 60 E1, et ses caractéristiques citées dans l'annexe 8.

La valeur de l'écartement de la voie : 1435 mm

Le type de traverse utilisé : Les traverses du type bi-bloc en béton pour rail 60-E1 sont utilisées dans toutes les sections de voie courante, les traverses sont posées à raison de 1667 unités au kilomètre (soit au pas de 0,60 m entre axes des traverses).

Les voies de service, les voies d'évitements et les voies tiroirs seront équipées de rails 60-E1 posés sur des traverses bi-bloc de type VAX U31.

Système d'attache

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

Chapitre XI :
Profil en travers

CHAPITRE XI

XI.1.INTRODUCTION

Le profil en travers est une section transversale perpendiculaire à l'axe de la voie projetée selon le plan vertical de cette dernière, dont l'échelle la plus fréquemment utilisée est 1/100

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

•la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements ;

•l'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel ;

•les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

Il existe deux types de profil en travers :

XI.1.1. Le profil en travers type

Le profil en travers type est une représentation graphique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constituant la voie notamment les dimensions de la voie (sa largeur), dimensions des couches de la superstructure, pentes des surfaces et talus et le système d'évacuation des eaux.

XI.1.2. Le profil en travers courant

Est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m) selon la phase d'études, qui servent à calculer les cubatures. 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.

XI.2.ÉLEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS

Le profil en travers type doit indiquer tous les éléments suivants :

XI.2.1. Les éléments de la superstructure

- ✓ Le rail et son type.
- ✓ La valeur de l'écartement de la voie.
- ✓ Les traverses et leur type.
- ✓ L'entraxe de la voie.
- ✓ Poteaux caténaires et caniveaux à câbles (pour les voies électrifiées).
- ✓ L'épaisseur de la couche de ballast.
- ✓ La pente latérale de la couche de ballast.

XI.2.2. Les éléments de l'infrastructure

- ✓ Les épaisseurs et la nomination de chaque couche.
- ✓ Les pentes transversales de chaque couche.
- ✓ La pente latérale de la plate-forme.

XI.2.3. Éléments du talus (remblai ou déblai)

- ✓ La pente de chaque talus ;
- ✓ Les ouvrages de consolidation éventuelle telle que les murs de soutènement.

XI.2.4 Eléments d'assainissement

- ✓ Type et dimension des fossés ou des drains.

XI.2.5. Éléments de protection de la voie

- ✓ Butée en terre en cas d'ensablement ;
- ✓ Écrans de protections contre les chutes de pierres.

XI.3.LES CONSTITUANTS D'UN PROFIL EN TRAVERS

a- Emprise : C'est la surface du terrain naturel affecté à la voie, limitée par le domaine public.

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

c- Plate-forme :C'est la partie qui reçoit la voie et le ballast (face supérieure du sous ballast).

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

e- La berme : Supporte des équipements de signalisations ferroviaires. Sa largeur dépend de l'espace nécessaire au fonctionnement de ces équipements.

f- Eléments d'assainissement : Les drainages longitudinaux recueillent et évacuent les eaux de ruissellement, d'infiltration ou souterraines. D'une manière générale, on peut distinguer :

- ✓ Les dispositifs de drainage profonds (drains, collecteurs drainants, collecteurs).
- ✓ Les fossés.

XI.4.PROFIL TYPE DE NOTRE PROJET

Pour notre projet, qui comporte une ligne double voie mixte électrifiée, on a opté pour les sections types exigées par la **SNTF** :

Pour la **superstructure** on a :

- type de rail : Rail UIC 60 E1
- Ecartement de la voie : 1.435 m (standard).

- Largeurs de la plate-forme :13.60 m.

- Pente latérale de la plate-forme : 4%.

- Distance axe voie - axe caténaire : 3.25 m

- entraxe des voies : 4.2 m

Pour **l'infrastructure** on a :

- Pente latérale de la couche de ballast : 2/3.

- Epaisseur du ballast : 30 cm.

- Epaisseur du sous-ballast : 20 cm.

- Epaisseur de la couche de fondation : 18 cm

- Epaisseur de la couche de forme 35 cm.

Pour les éléments d'**assainissement** et du **talus** :

- Pente (déblai : 2/3 et remblai : 1 / 2).

- Fossé trapézoïdale (b= 0.5 m ; h= 0.5 m)

- **Note**

Les calculs d'épaisseur de la couche d'assise ainsi que les caractéristiques de la superstructure sont déjà mentionnés dans les chapitres précédents.

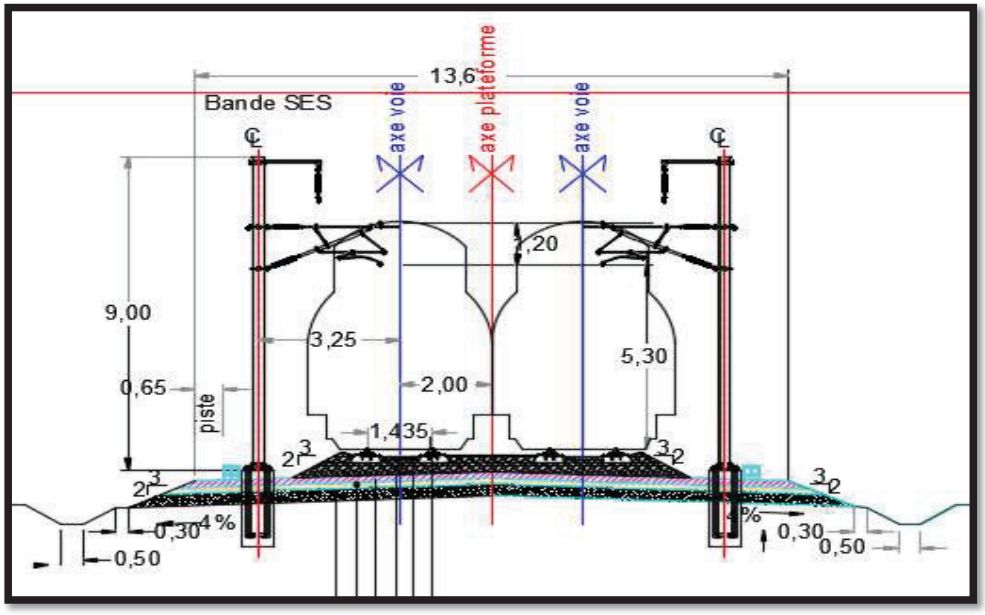


Figure XI.1 Eléments du profil en travers d'une ligne à double voies

- **Remarque**

Les profils courants du notre projet ainsi que le calcul divers sont en format numérique jointe.

Chapitre XII :
Aménagement de la gare

CHAPITRE XII

XII.1.INTRODUCTION

La ligne ferroviaire possède des lieux d'escales considérés comme points d'échanges et liens de développement stratégique, appelés gares.

Selon ses fonctions, conceptions, et à travers ses différentes installations, qui doivent faire preuve d'une intégration urbaine et architecturale, elles permettent la promenade des voyageurs à bord des trains d'un endroit vers un autre, et le chargement et déchargement de marchandises.

XII.2.TYPES DE GARES

Il existe trois types de gares :

- Les gares des voyageurs, souvent perçues comme des bâtiments, sont en fait des ensembles fonctionnels plus larges, conçus pour regrouper toutes les fonctions centrées sur l'accès au train, dont l'information sur le voyage, l'achat des titres de transports, ainsi que divers services commerciaux liés au voyage.
- Les gares de marchandises : Elles sont destinées uniquement au trafic des marchandises, des hangars et de vastes cours de débord sont construits pour assurer le transbordement de marchandises entre les wagons et les véhicules routiers.
- Gare de triage : La Gare de triage est un lieu où les wagons de marchandises isolés de leur rame initiale sont triés pour être incorporés dans de nouveaux trains de marchandises .Elles n'accueillent aucun voyageur, mais uniquement le personnel de la société ferroviaire.

XII.3.CONCEPTION GENERALE DE LA GARE

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

- **Catégorie de la gare :** C'est en fonction de cet élément que l'on peut déterminer son rôle et ses constituants.
- **Son trafic :** C'est par lequel, que l'on estime et évalue l'importance de la gare pour l'aménager d'une façon convenable.
- **Son emplacement :** Généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

XII.3.1. Conditions de conception des gares

Afin d'assurer leur meilleure conception, les gares doivent répondre à un certain nombre de conditions :

- Insertion urbaine et conception architecturale du bâtiment voyageur ;
- Séparation des flux de voyageurs entrants et sortants ;
- Aménager aux abords des gares des parcs de stationnement de voitures.
- Adaptation au plan de transport
- Analyser avec précision tous les mouvements et manœuvres qui comportent aussi l'exploitation de la gare aux heures de pointe.

XII.4.AMENAGEMENT D'UNE GARE A VOYAGEURS

La gare des voyageurs comporte essentiellement les installations suivantes :

- Le bâtiment voyageurs (BV) : c'est l'élément central des gares voyageurs, il comporte plusieurs commerces et salles d'attentes au service des voyageurs, et des bureaux administratifs et de sécurité pour la gestion de la gare. C'est la partie génie civil et architecture du projet ferroviaire.
- Les bâtiments à usage divers (BUD) : C'est des locaux de service exclusivement réservés aux agents du chemin 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.
- Traversées de voies : Construites entre deux quais de façon à permettre la traversée des voyageurs et éventuellement des véhicules de service (charrettes et tracteurs).
- Réseau de voie : son rôle est d'assurer une liaison entre les voies.
- 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.
- 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 toute sécurité.



Figure XII.1 Heurtoir

XII.5.CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES GARES

XII.5.1. Déclivité dans les gares

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

XII.5.2. Dimensionnement de quai

Les caractéristiques géométriques de quai sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau XII.1 caractéristiques géométriques de quai

Longueur (m)	• Grande ligne : 450 • Service régional : 350 • Banlieue : 225
Largeur	Bmin= (1.5*Nmax+S) /L L : Longueur d'un quai qui est égale à la longueur du plus grand train. S : Surface prise par les bâtiments voyageurs sur les quais 1,5 : Surface prise par un voyageur Nmax : Nombre de voyageurs sur le quai=80%des places des trains au départ Avec : **Quai intermédiaire B > 8 m** **Quai extérieur B ≥ 6m**
Hauteur (cm)	• Quai bas : 35 • Quai mi- haut : 55 • Quai haut : 76 – 100
Entre axe (m)	• normal > 11.3 • minimal > 9.3

XII.5.3. Marge de glissement à l'aval des signaux

C'est le tronçon de voie situé au prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal fermé, et aucune autre circulation de train n'est autorisée dans cette marge, qui, pour certains réseaux, doit être libre de toute occupation Elle a pour but de minimiser les conséquences d'un accident de collision lorsqu'un train n'a pas pu d'arrêter avant cette marge, faute de freinage ou rails glissants.

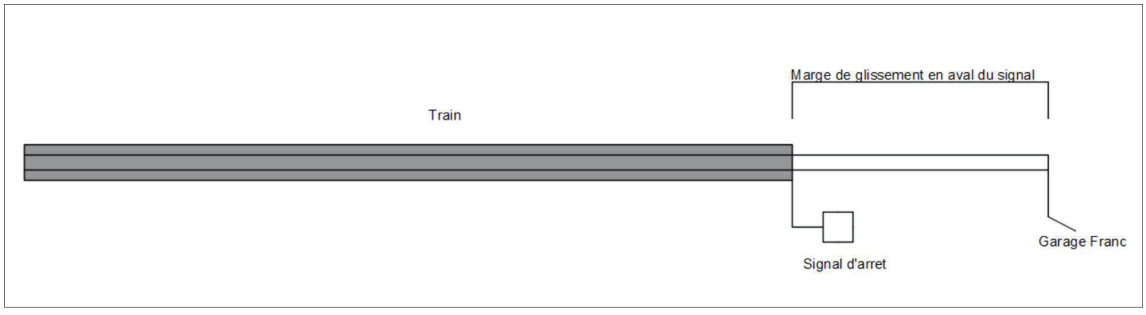


Figure XII.2 La marge du glissement en aval des signaux.

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

- LG = 200m pour $V \geq 60$ km/h
- LG = 100m pour $40km/h \leq V \leq 60$ km/h
- LG = 50 m pour $V < 40$ km/h.

Une réduction de la longueur prescrite est admissible sur la ligne ou l'on circule à faible vitesse ou dans des conditions d'exploitation très simples.

XII.5.4. La distance à l'axe de la voie

La distance entre le bord du quai et l'axe de voie est fixée à 1,65m.

XII.5.5. Garage franc

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares. Sur la position du garage franc théorique l'entraxe entre les deux voies est de 3,57 m, il assure qu'il y'aura pas de collision entre le train dévié et le train dans la voie principale.

Le garage franc est implanté par rapport au cœur de l'appareil de voie à une distance qui positionne l'élément GF :

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

N : varie selon l'ouverture de l'appareil de voie qui représente le nombre se trouvant au dénominateur d'une fraction ordinaire qui définit la tangente de l'angle formé par les deux voies (1/9 1/12…etc.).

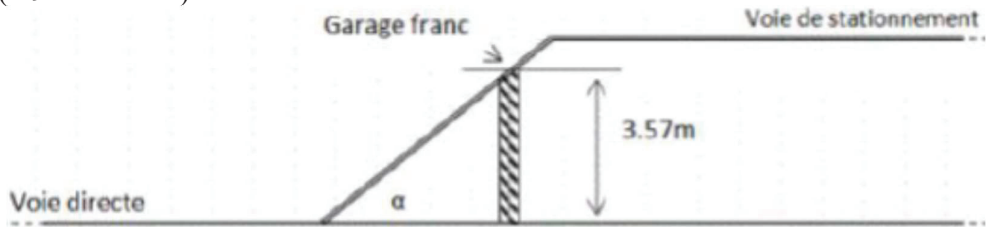


Figure XII.3 implantation du garage franc.

En raison de la sécurité, le garage franc sera installé à 1,0 m de distance du garage franc théorique. Ce dispositif est constitué d'une traverse en bois peinte en blanc.

XII.5.6. La longueur utile d'une voie de stationnement

C'est la longueur nécessaire permettant au train de stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines. La longueur utile est la distance séparant deux garages francs, elle est donnée par la formule suivante :

- LU = LG + LS + LT + LA + LC
- LU : longueur utile.
- LG : longueur de glissement.
- LS : longueur de sécurité.
- LT : longueur maximale de train.
- LA : marge de tolérance d'arrêt.
- LC : tronçon d'isolation pour le système de contrôle.

XII.5.7. Les appareils de voie

C'est des équipements qui permettent :

- Au matériel roulant de passer d'une voie à l'autre ;
- À un itinéraire de se scinder en deux itinéraires différents ;
- À un itinéraire de traverser un autre itinéraire.

Le choix de l'appareil de voie dépend :

- Du type de trafic (marchandises, voyageurs, TGV) ;
- De l'armement de la voie (type de rail, type de traverse, nature du sol) ;
- Des caractéristiques du matériel roulant (masse, profils des roues, nombre d'essieux, charge par essieu …) ;
- De la vitesse de franchissement en voie déviée.

XII.6.APPLICATION AU PROJET

La gare d'Ahmer El Ain est le premier arrêt après départ d'El affroun en allant vers Tipaza. C'est une gare de voyageurs situé au PK 5+500 à la sortie Nord de la commune d'Ahmer El Ain, wilaya de Tipaza. Elle longe le CW106 qui mène vers la commune de Sidi Rached.

A l'Est, la gare est accolée à un passage supérieur et à l'Ouest, elle est bordée par des terres agricoles.



Figure XII.4 Plan de situation de la gare d'Ahmer El Ain

La gare d'Ahmer El Ain disposera des installations suivantes :

- 1 bâtiment bloc voyageur de 666 m² dont une surface utile de 569,85m², en un seul niveau (RDC).
- 2 quais de 300×8 m²
- Une passerelle pour le déplacement des voyageurs

XII.6.1. Caractéristiques géométriques de la voie

La gare type comprend 2 quais identiques latéraux situés face à face, pour desservir les 2 voies de circulations.

Les caractéristiques géométriques des quais sont les suivantes :

Tableau XII.2 Caractéristique géométrique de la gare

	Quai (1)	Quai (2)
Largeur	8m	
Longueur	300m	
Hauteur	55cm	
Déclivité	0%	
L'entre axe des quais	15,50m	
Longueur de la marge de glissement	200m	
Garage franc	44m	
La distance à l'axe de la voie	1,65m	
Appareil de voie	UIC 60 1/12	

XII.6.2. Descriptif bâtiment de voyageurs, passerelle escalier et abris de quai

La gare d'Ahmer El Ain disposera d'un bâtiment voyageur de 666 m² dont une surface utile de 569,85m². La salle des pas perdus occupe majoritairement l'espace du BV avec une surface de 264.00m², entouré par les services qu'il offre aux voyageurs tels que le commerce avec les boutiques, kiosques et les espaces de restauration ainsi que les points d'informations et billetteries qui donne plus de rentabilité à la gare.

Etant donné que la gare est surélevée, l'accès des voyageurs aux quais se fait à travers des escaliers et des escalators qui descendent aux quais ainsi que des ascenseurs qui permettent l'accès aux personnes à mobilité réduite.

D'autres aménagements qui couvrent une surface de 92m² sont prévus à l'administration et la gestion de la gare dans un espace à accès privé avec les bureaux de chef de gare, chef de service, secrétariat, des locaux techniques, locaux des équipements technologiques et autres.

XII.6.3. Passerelle

Une passerelle est prévue pour assurer le déplacement des voyageurs d'un quai à l'autre, elle est équipée des escaliers et des escaliers destinés aux personnes à mobilité réduite. On prend une largeur B = 5,40 m et une hauteur 8,86 m.

Organigramme fonctionnel du bâtiment voyageur

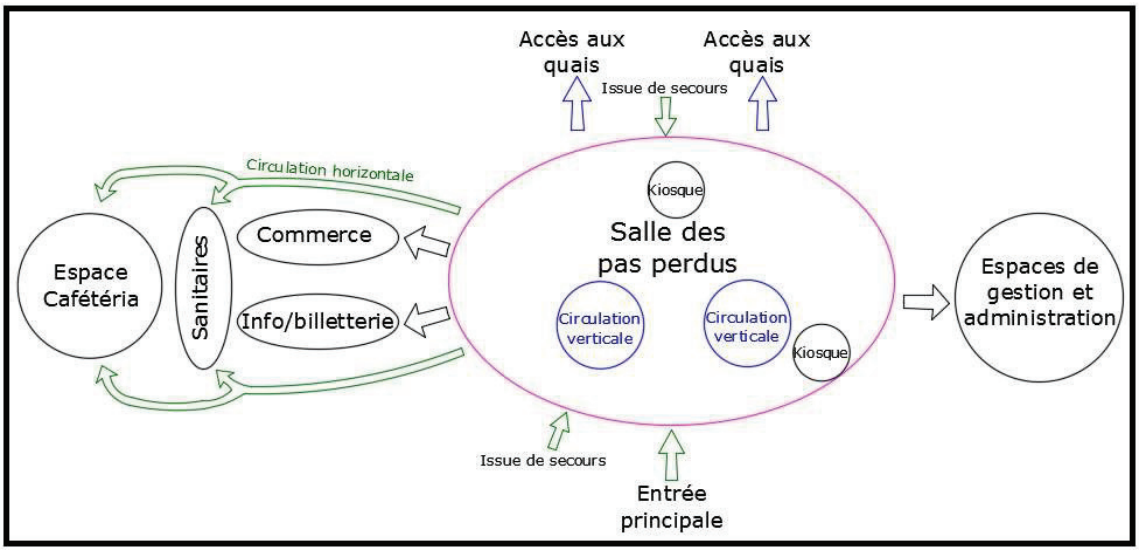


Figure XII.5 Organigramme fonctionnel du bâtiment voyageur

XII.7.CONCLUSION

La gare est un ensemble de bâtiments et installations destinés aux trains et chemins de fer. C'est un lieu où transitent les usagers et les marchandises quotidiennement.de ce fait elle doit être fonctionnelle pour répondre aux besoins des voyageurs transitaires.

Dans le cadre de notre projet il est prévu de réaliser et d'aménager une gare ferroviaire à Ahmer el Ain s'étalant sur une superficie de plus de 600 m². Elle permet de relier cette région aux zones côtières de Tipaza et par là de la désenclaver.

Chapitre XIII :

Etude d’impact sur l’environnement

CHAPITRE XIII

XIII.1.INTRODUCTION

Toute réalisation d'infrastructure apporte au milieu qu'elle traverse urbain ou rural des effets négatifs environnementaux. Ainsi dans notre cas précis, la réalisation d'une ligne ferroviaire ainsi que l'exploitation d'un matériel roulant engendrent des effets négatifs sur l'ensemble de l'environnement des zones traversées.

Ainsi et afin de diminuer ces effets négatifs et permettre une intégration du projet dans le milieu naturel existant, des études d'impact environnementaux sont indispensables.

Dans ce présent chapitre ; nous récapitulons un ensemble de mesures qui doivent être envisagées afin de réduire et compenser les conséquences dommageables du projet.

XIII.2.DEFINITION D'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

C'est une étude détaillée qui permet d'apprécier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects, à court, moyen et long terme de la réalisation du projet sur l'environnement. Cette étude doit être réalisée avant le commencement du projet c'est-à-dire au stade de faisabilité de ce dernier. Elle doit être présentée à l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement pour avis avant l'obtention de toutes autorisations administratives relatives à la réalisation de ce projet.

XIII.3.OBJECTIF ET UTILITE D'UNE ETUDE D'IMPACT

L'étude d'impact est destinée à :

- Concevoir un meilleur projet
- Éclairer l'autorité administrative sur la décision à prendre
- Informer le public et le faire participer à la prise de décision

XIII.4.CADRE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE DES ETUDES D'IMPACT

Dans le cadre et afin d'assurer une prise en compte des considérations environnementales dans toutes les initiatives de développement, plusieurs lois et décrets ont été promulgués et doivent être appliqués sous le contrôle du ministère en charge de l'environnement.

Parmi les lois et les décrets qui s'appliquent sur notre projet on a :

- Décret exécutif n°87-91 du 21 Avril 1987 Faisant référence à l'évaluation de l'impact dans le plan d'utilisation des terrains
- Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 Relative à la protection de l'environnement et à la prévention de la pollution industrielle dans le cadre du développement durable
- Loi n° 2004-09 du 27 Joumada Ethania 1425 correspondant au 14 août 2004 Relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable
- Décret exécutif n° 07-144 du 19 mai 2007 Fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

- Décret exécutif n° 08-312 du 5 Chaoual 1429 correspondant au 5 octobre 2008 Fixant les conditions d'approbation des études d'impact sur l'environnement pour les activités relevant du domaine des hydrocarbures
- Loi n° 07-06 du 13 mai 2007 Relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts.

XIII.5.CONTENU DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

- **Délimitation de la zone d'étude**

L'étude d'impact doit définir et justifier les limites de la zone d'étude qui correspond à la zone de réalisation du projet et aux zones d'influences du projet, Elle doit aussi inclure toutes les portions du territoire qui peuvent être touchées par le projet et ses activités connexes.

- **Analyse de l'état initial**

L'analyse de l'état initial est une phase indispensable et déterminante pour la qualité et l'utilité de l'étude d'impact. En effet, avant la mise en place du projet, il est nécessaire d'étudier les différentes composantes du milieu pouvant être affectées par le projet.

L'analyse de l'état initial consiste à décrire les composantes de différents milieux :

• Description du milieu physique : Géomorphologie, climat, hydrologie,

• Description du milieu biologique : la végétation, la faune…etc.

• Description du milieu humain : population, agriculture, Patrimoine archéologique et bâti.

- **Évaluation des impacts**
- **Les mesures prises pour minimiser les impacts**

Il est important de définir de manière détaillée les mesures qui seront prises pour minimiser les impacts. Ces mesures seront opérationnelles afin de prévenir, atténuer ou réparer les conséquences dommageables du projet sur l'environnement.

- **Suivi et bilan environnemental**

Permet d'assurer la mise en application des mesures prescrites et leur efficacité à moyen et long termes.

XIII.6.APPLICATION AU PROJET

Délimitation de la zone d'étude

Une zone d'étude locale (zone d'influence directe)

Une délimitation de la zone d'étude d'influence est nécessaire pour assurer la prise en compte de l'ensemble des impacts générés par les activités liées au projet. La zone d'étude est définie en fonction de la sensibilité des milieux physique, biologique et humain traversés par la ligne de chemin de fer.

C'est généralement la zone composée d'une bande d'environ 01 km (500m de l'axe du projet sur les deux rives de l'axe de la ligne ferroviaire), c'est la zone qui subit le plus des impacts positifs et/ou négatifs du projet.

Ainsi pour le cas de notre présent projet cette zone s'étale sur une superficie de 334,97 km² et compte une population estimée à 132 072 Habitants selon le dernier recensement de la population (RGPH 2018), avec une densité moyenne de 4 545 hab./km².



Figure XIII. 1 Délimitation de la zone d'étude d'influence

Une zone d'étude régionale (zone d'influence indirecte)

Elle correspond à un secteur moins bien défini que celui de l'étude locale. Elle se réfère aux territoires des communes traversées par le tracé. Cette zone d'étude permettra d'établir le contexte régional sur la base des données générales disponibles dans les communes et au niveau des administrations des wilayas. Elle servira également de limite pour l'évaluation de certains impacts dont les effets peuvent se faire sentir au-delà de la zone d'étude locale (ex. : émission de poussière, bruit, gestion des déblai/remblai, etc.)

La zone d'influence indirecte est partagée entre les deux Wilayas de Tipaza et Blida, elle est composée des communes suivantes :

Wilaya de blida : El Affroun.

Wilaya de Tipaza : Ahmer El Ain, Bourkika, Hadjout, Tipaza.

Analyse de l'état initial

Description du milieu physique (données météorologiques, relief, sismologie régionale) est déjà faite dans les chapitres précédents.

Description du milieu biologique

La faune : la région connaît une variété faunique entre mammifères (les Ovins, les Bovins, les caprins, le sanglier, le renard, le lapin de garenne, le hérisson d'Algérie), et reptiles (l'agame, le caméléon commun, le lézard), et des espèces d'oiseaux.

La flore : La région d'étude comme tout le littoral algérien est caractérisée par une végétation typiquement méditerranéenne.

Du fait qu'il est impossible de présenter de manière exhaustive toute la flore de la région, on a choisi de présenter principalement les espèces endémiques et menacées de disparition.

La forêt et le maquis du versant Nord de l'Atlas tellien sont composés de chênes, de chênes lièges, de chênes zens, un chêne souvent centenaire au tronc droit qui peut atteindre 6 m de circonférence, de cèdres odorants, de pins d'Alep, de caroubiers, de lentisques ou d'arbousiers qui ont beaucoup souffert de la déforestation sauvages . Les plaines irriguées de la Mitidja se composent principalement de vergers d'agrumes (orangers, citronniers, mandariniers, pommiers, poiriers...). Dans le Sahel Algérois, la végétation abonde et les cultures maraîchères (tomates) sont privilégiées.

Description du milieu humain

Découpage administratif :

Notre zone d'étude passe par les communes de la wilaya de Tipaza et la commune d'El Affroun dans la wilaya de Blida, notre zone s'étale sur une superficie de 334,97km² et compte une population estimé à 132072 habitants selon le RGPH 2017, comme détaillé dans le tableau suivant :

Tableau XIII.1 Population de la zone étudiée (situation au 31/12/2017).

Daïras et communes	Superficie (km²)	Population (2015)	Densité (hab/km²)
TIPASA	66	28374	430
CHERCHELL	95.7	55874	584
HADJOUT	52,43	52923	1009
SIDI-AMAR	45.33	15870	350
NADOR	32	5481	345
MENACEUR	191.15	28508	149
AHMEUR-EL-AIN	60,96	33355	547
BOURKIKA	67,71	25100	371
El Affroun (Blida)	55,87	42 465	760
Total zone d'étude	334,97	132072	4545

Évaluation des impacts et les mesures prises pour minimiser ces impacts

Impacts négatifs sur le milieu physique

Impacts sur la géomorphologie :

Les impacts probables attendus sur ce thème sont surtout liés aux terrassements, de stabilisation des matériaux des talus (déblais et remblais), etc.

Ces opérations risquent d'induire, à cause de la sensibilité de certaines formations géologiques traversées, des impacts négatifs pendant la phase de construction avec des effets pouvant se prolonger sur la phase d'exploitation. Cet impact est direct et permanent.

Impacts sur les sols :

Au niveau des sols, le projet induira une série d'impacts dont essentiellement :

- La perte des sols par décapage de l'emprise ;
- L'accentuation des phénomènes de l'érosion, et ;
- Le tassement des sols.

Mesures

- Les quantités importantes de déblais générées par le projet devront en priorité être réutilisées sur place.
- Effectuer le décapage immédiatement avant les travaux de construction afin de limiter la durée d'exposition des sols sensibles à l'érosion.
- Stockages des huiles usagés issus des vidanges des engins dans des récipients étanches.

Impacts sur la qualité de l'air

Le chantier peut avoir différents impacts sur la qualité de l'air, liés à :

- Des émanations de gaz par les installations de combustion, gaz d'échappement des engins et des camions, dont les principaux gaz échappés sont les CO, HC, CH4, CO2, NOx, SO2.
- Des émissions de poussières dues au transport de matériaux par les camions ;
- Une dispersion accidentelle de produits chimiques gazeux.
- Sans omettre les COV, PM10 (particules à un diamètre inférieur à 10µm).

Mesures

- Le contrôle et la maintenance réguliers des moteurs d'engins et camions afin de limiter la production de fumées, gaz, ou odeurs désagréables etc.
- Utilisation des engins neufs de préférable.
- Épandage des pistes de circulation et de transport afin d'éviter l'envol des poussières

Impacts sur les eaux superficielles

- Le nettoyage du matériel de chantier, le lavage des camions et engins de chantier aux bords d'Oued, ainsi que le rejet des déchets solides (déchets ménagers ou déchets de construction de projet…) ou de rejets liquides (sanitaires, ou bien de la base vie) sont à l'origine de la pollution des eaux lors de la phase de construction.
- Une pollution par les déversements des produits chimiques et des hydrocarbures (Fuel, Huiles, graisses…) peut être enregistrée par des effets accidentels, ou par malveillance.
- Une augmentation de la turbidité des eaux de surface par le rejet des eaux de chantiers (chargées en M.E.S) ;
- La modification du régime d'écoulement des eaux de surfaces à cause des mauvais travaux de terrassements, et de remblaiement.

Mesures

- La mise en place de sanitaires raccordés à une fosse étanche à vidange régulier.
- Le nettoyage du matériel de chantier doit être effectué loin des lits d'Oueds ou cours d'eaux.
- Un suivi régulier (analyses physico-chimiques et bactériologiques) des ressources en eau -oueds, puits, forages, nappe phréatique, à proximité du projet (avant, au cours et après réalisation du projet).
- Prévoir un dispositif de traitement des eaux collectées par des fossés revêtus avant leur restitution dans le milieu naturel.
- L'approvisionnement des camions et engins de chantier en carburants doit être effectué dans les stations de services dans la mesure du possible.

Impacts sur les eaux souterraines :

- Le fonctionnement des engins lors des travaux nécessite des carburants, des huiles et des graisses, ce qui laisse présager un risque de contamination des eaux souterraines par infiltration lors d'un accident de déversement de ces derniers dans la nature.
- Le rabattement des nappes par pompage qui conduit à un abaissement du niveau des nappes phréatiques ainsi qu'une modification du régime d'écoulement des eaux souterraines.

Mesures

Afin de contrôler cet impact, des relevés du niveau d'eau dans les puits sont effectués avant les travaux, et pendant les terrassements pour suivre les éventuelles variations de hauteur de la nappe.

Impacts négatifs sur le milieu biologique

Impacts sur la flore

Les travaux de chantier peuvent entrainer l'abattage d'un nombre important des pieds d'Arbres, d'Arbustes, et d'autres formations herbacées (céréales, cultures maraichères...etc.) ce

qui provoque une réduction du couvert végétal, et une diminution de productivité agricole (environ 14,19 ha de reboisements fruitiers).

Mesures

- Déboisement limité au strict nécessaire
- Le déboisement est strictement interdit dans les zones de forêts protégées
- Prévention des arbres âgés
- Interdiction des zones de dépôts, d'emprunts et des installations de chantier surtout prêt des zones sensibles (cours d'eaux, Oueds, zones humides...)
- Limitation des pistes sur les terres agricoles issues de la circulation des engins.

Impacts sur la faune

Les bruits et les vibrations occasionnés par les engins provoquent un dérangement des faunes sensibles (les mammifères en particulier), ainsi, les terrassements, qui provoquent la destruction et le changement d'habitat naturel de la faune locale.

Mesures

- Protection des habitats naturels de la faune par minimisation dans la mesure du possible de destruction des espaces verts et des reboisements, qui sont de nature, l'habitat de la faune sauvage (avec tous ces genres et espèces).
- Mettre en place une signalisation appropriée aux endroits stratégiques (territoires de colonisation faunistique, de nidification, lieux d'existence des espèces protégées ou menacées de disparition…), afin d'éviter les risques d'atteintes majeurs à la faune locale,
- Prendre les mesures adéquates pour limiter les risques de mortalité de la faune sauvage par collision et écrasement.

Impacts négatifs sur le milieu socio-économique

Ambiance sonore

Les nuisances sonores générées par les travaux sont :

- Les nuisances sonores liées à la présence d'engins de terrassements et au trafic des camions transportant les déblais, les remblais, matériaux et équipements de construction, ces bruits pouvant atteindre plus de 92 dB.
- Le trafic des engins à proximité des zones d'habitats provoque une gêne notable à la population proche de l'emprise du projet.

Mesures

- Pour les nuisances sonores en phase de travaux, la circulation des engins sera limitée, dans des horaires bien définis.
- Les travaux de nuit ne seront effectués qu'en cas d'urgence (rétablissement de routes ou de réseaux).
- Localisation des zones nécessitant installation d'un mur antibruit et mise en œuvre des merlons (buttés de terre végétalisées) Antibruit.
- Entretien régulier des organes silencieux des véhicules.

- Des équipements anti bruit pour les ouvriers si nécessaire.
- L'éloignement des sources sonores des habitations dans la mesure du possible.

Impacts sur les activités agricoles

Les impacts temporaires en phase travaux sont :

- Occupation temporaire et/ou permanente de terrain pour des éventuelles zones de passage, avec pertes de revenus, la destruction de passages et de clôtures, difficultés d'accès éventuels aux parcelles ;
- Envol de poussières suite aux travaux ;
- Allongement des trajets (agriculteurs et troupeaux) suite à des coupures des itinéraires agricoles.

L'impact permanent de cette phase est bien :

- La perte d'environ 120 hectares de terres Agricoles,
- La destruction des cultures céréalières, maraichères et fourragères.
- Morcellement des propriétés agricoles, ce qui provoque une perte et un dérangement pour les agriculteurs.

Mesures

- Les surfaces d'emprise doivent être limitées au strict minimum ;
- Indemnisation des exploitants agricoles ;
- Remise en culture des délaissés.

Sécurité et santé publiques

Le chantier peut présenter plusieurs types de risques pour la sécurité et la santé publiques :

- La fréquentation par des personnes non autorisées dans la zone d'enceinte des travaux peut présenter un danger.
- Le contact glissant pantographe/caténaire : les arcs électriques générés sont une source de pollution. Présence d'un rayonnement radiofréquence.

Mesures

- Les zones de travaux doivent être clôturées.
- Signalisation des sites sensibles et des déviations temporaires.
- L'utilisation d'une bonne signalisation dans les banlieues aide les utilisateurs à éviter les situations dangereuses qui peuvent être mortelles.

XIII.7.CONCLUSION

La présente étude d'impact sur l'environnement a permis de faire ressortir les impacts et les répercussions négatifs que peut générer sur l'environnement l'exécution du présent projet.

A ce titre des mesures ont été déterminées et qui seront prises afin de compenser ou de réduire les éventuels effets négatifs ou nuisances du projet sur l'environnement des zones traversées.

CONCLUSION GENERALE

Le transport ferroviaire constitue la solution à même de permettre de répondre aux besoins croissants de transport des usagers ou des marchandises de la société en développement.

Le projet que nous avons étudié à travers le présent mémoire de fin d'étude permettra de répondre aux besoins de transport des régions traversées des wilayas de Blida et de Tipaza et des populations limitrophes de la nouvelle ligne ferroviaire.

À travers cette étude multidisciplinaire, nous avons mis en application nos diverses connaissances acquises durant le cycle d'étude d'ingénieur en travaux publics.

Dans notre étude nous avons tenu a respecté toutes les normes techniques applicables en la matière tout en tenant compte des conditions exigés par la situation réelle.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : Civil 3d, STAR et AUTOCAD. Etc.

Le stage en entreprise qui a abouti à l'élaboration de ce projet de fin d'étude a été une opportunité pour nous d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine de l'infrastructure ferroviaire et une timide entrée dans le monde professionnel de l'ingénierie.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

[1] Jean ALIAS, la voie ferrée technique de construction et d'entretien, Éditions EYROLLES et S N.C.F, 1984.

[2] Philippe Vanden EYNDE, caractéristiques géologique et mécaniques des granulats, classe des sciences techniques Bruxelles, 1983.

[3] E.T. Selig and J.M. Waters, Track Geotechnology and Substructure Management, T.Telford, 1991.

[4] UIC 703R, caractéristiques de tracé des voies parcourues par des trains de voyageurs rapides, 2éme édition, 1989.

[5] UIC 719R, ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 2éme édition, 1994

[6] UIC 714 classification des voies des lignes au point de vue de la maintenance de la voie, 4éme édition, 2009.

[7] Norme Algérienne 17000, 2008.

[8] REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF, Chapitre 6 Géométrie de la voie, Version 2, 2005

[9] Référentiel Infrastructure SNCF, Conception du tracé de la voie courante V ≤ 220 km/h, Édition du 12-09-2006, 2006.

[10] XP ENV 13803-1, 2003

[11] Fascicule II SETRA guide de terrassement routier.

[12] *Rapport géotechniques et géologiques de l'étude APD d'El Affroun – Tipaza*

[13] *Rapport de l'étude hydraulique de l'étude APD d'El Affroun – Tipaza*

[14] Gilles SAUSSINE, contribution à la modélisation de granulats tridimensionnels : Application au ballast, thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 2004.

[15] Juan Carlos QUEZADA, mécanisme de tassement de ballast et sa variabilité, thèse de doctorat, université de Montpellier, 2012.

[16] Société nationale des transports ferroviaires à l'adresse URL : [http://www.sntf.dz].

[17] ANESRIF à l'adresse URL : [www.anesrif.dz].

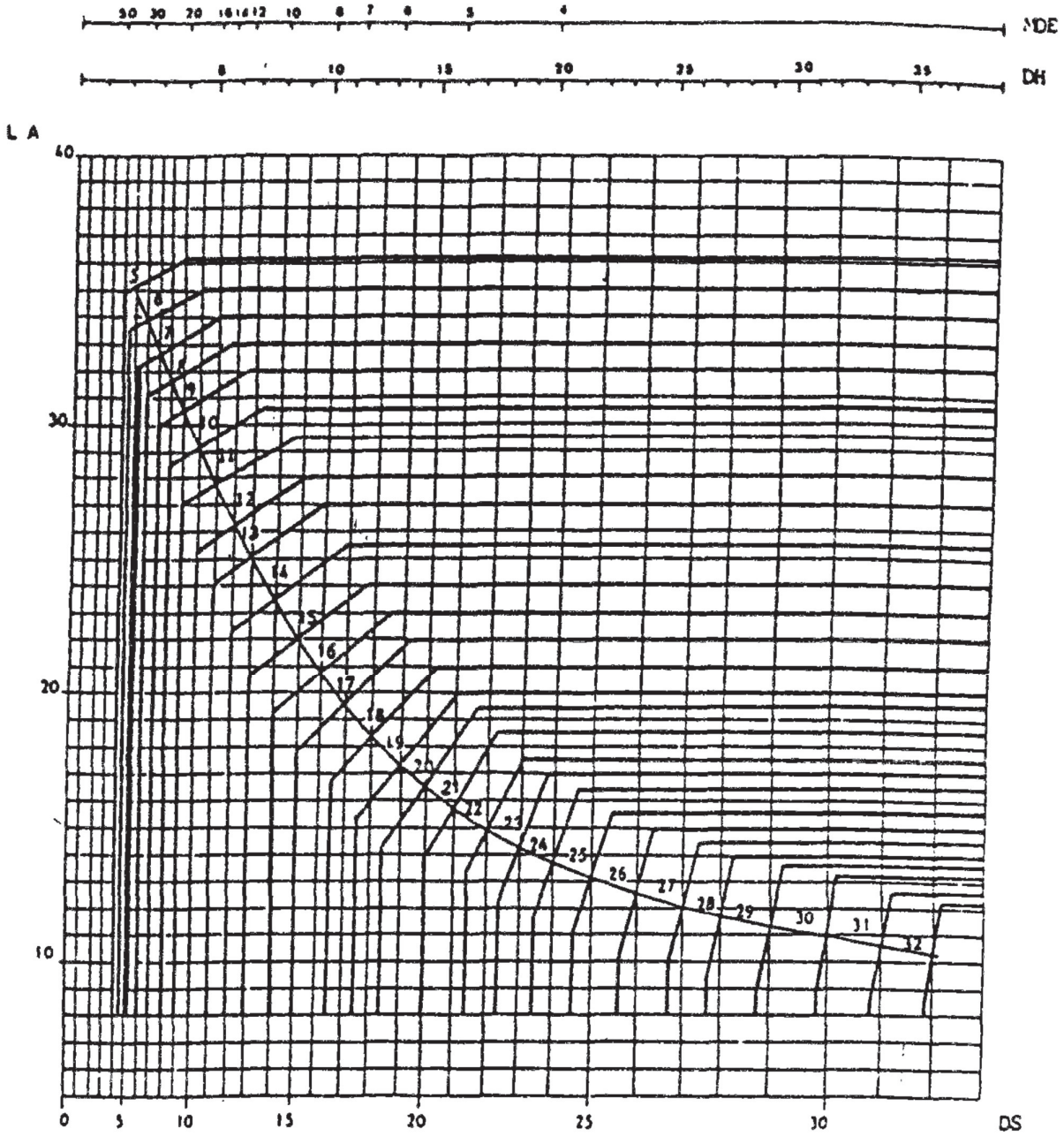
[18] Site officiel de la wilaya de Tipaza à l'adresse URL : [http://www.wilaya-tipaza.dz].

[19] Wikipédia à l'adresse URL : [www.wikipédia.org]

Annexe

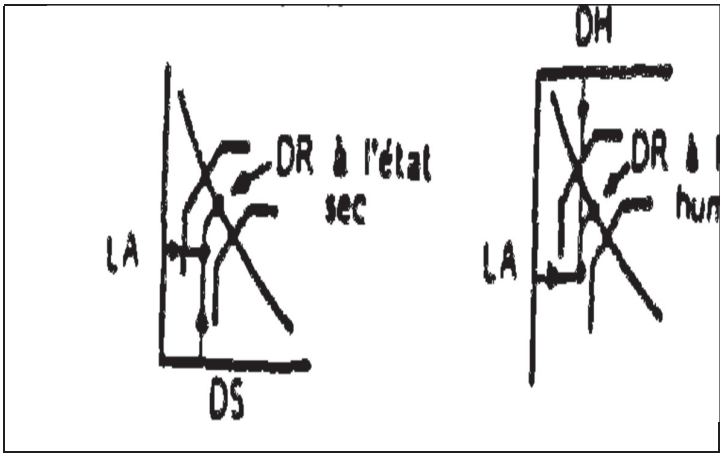
Annexe 1

Le coefficient de dureté générale DR est déterminé à l'aide de l'abaque suivant, qui permet de préciser, une valeur DR à l'état sec DRs, une valeur DR à l'état humide DRh :

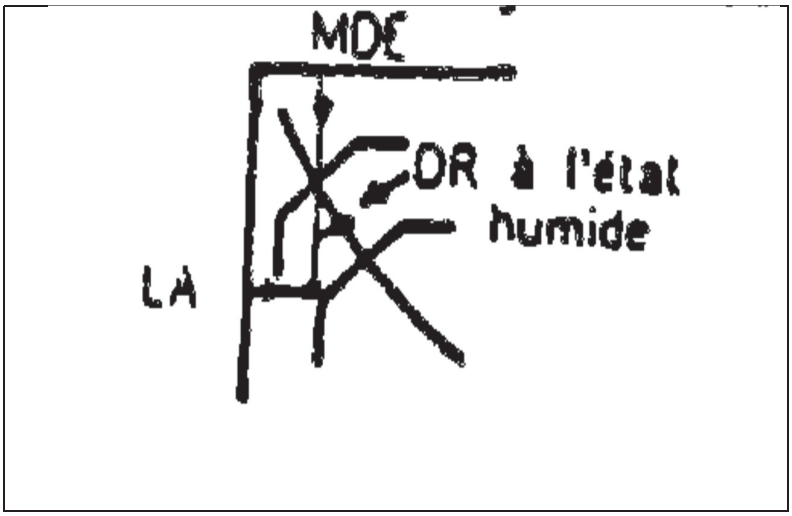


Utilisation de l'abaque :

1- cas de ballast :



2- cas se grave de sous-couche :



La dureté d'un granulat s'exprime sous l'appellation " Dureté globale ". L'abaque ci - dessus permet la détermination, pour chaque échantillon prélevé d'un coefficient de dureté DR en fonction :

- De résistance à l'usure (essai DEVAL)
- De fragilité (essai LOS ANGELES)

Le coefficient de « dureté globale » DRG est évalué statistiquement

BALLAST (chapitre 9 de SNTF)

Le ballast sera constitué par de la roche concassée d'origine siliceuse, sans contenir de matières organiques expansives, métaux ou plastiques, de dimensions comprises entre 2 et 6 cm, de forme plus ou moins cubique, aux arêtes vives, et provenant de carrières agrées par la SNTF.

Il sera mis en place une épaisseur de ballast de 25 cm pour la voie courante parcourue à grande vitesse, et de 35 cm en tunnels et sur viaducs (au-dessus de la protection du complexe d'étanchéité)

La qualité de fabrication sera contrôlée en effectuant les essais sur un échantillon d'au moins 40 kg obtenu, pour qu'il soit le plus représentatif, et après homogénéisation, par 4 prélèvements du quart de 4 échantillons de poids supérieur ou égal à 40 kg. Les essais seront réalisés avec une fréquence minimum qui dépend de la production annuelle prévue.

On pourra effectuer les prélèvements d'échantillons sur les camions chargés et sur les wagons-trémies.

Les essais comprennent les contrôles de granularité, propreté, forme et longueur des matériaux, contrôle de dureté, résistance à la compression simple et résistance à la météorisation.

La granulométrie du ballast devra respecter les limites mentionnées dans la catégorie" An de la Norme Européenne CEN/TC/154 AD HOC Group Aggregates for Railway ballast, conformément au tableau suivant :

CEN/TC-154/SC-4	
MAILLE (mm)	**% de la masse passante**
63	100
50	70-100
40	30-65
31,5	0-25
22,4	0-3
31,5-50	50

La propreté du ballast sera déterminée au moyen des essais d'éléments fins et fines prévus dans la norme Européenne.

La Norme Européenne sur le Ballast prévoit deux essais alternatifs pour déterminer la forme des particules, le coefficient d'aplatissement (Flakiness Index) et l'indice de forme (Shape Index).

La longueur des éléments s'évaluera en mesurant à l'aide de calibres et de jauges. La valeur maximum, en pourcentage de poids d'éléments de longueur ≥100 mm dans un échantillon de 40 kg (±100gr), sera inférieure à 4 %.

La résistance à l'érosion s'évaluera avec le coefficient Los Angeles, qui en conformité avec la catégorie « A » de la Norme Européenne sur le Ballast, ne dépassera pas quinze (15) pour cent. Pareillement, la limite inférieure du coefficient Los Angeles sera de neuf (9) pour cent.

La roche dont provient le ballast, aura au minimum, une résistance à la compression simple de mille deux cent kilogrammes par centimètre carré (1200 kg/cm2).

On réalisera des essais pour déterminer la résistance des agrégats aux conditions météorologiques, selon les méthodes imposées sur les lignes de la SNTF.

Le ballast pour voie ferrée ne devra pas contenir de fragments de bois, charbons ou autres matières organiques expansives.

Le ballast ne devra pas contenir de métaux ou plastiques.

Annexe 2

Exemple de calcul d'axe

Pour illustrer notre travaille de calcule d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détaille un raccordement progressifs (la clothoïde) car il prit la grande partie de calcul d'axe et qui se définit par des formules mathématiques approchées

-γ : Angle entre alignement - SL : La corde à la clothoïde
-T : Grande tangente - σ: L'angle polaire
-ΔR : Ripage -L : longueur de clothoïde
-XM : Abscisse du centre de cercle -KA : début de clothoïde
-R : Rayon de virage -KE : Fin de clothoïde

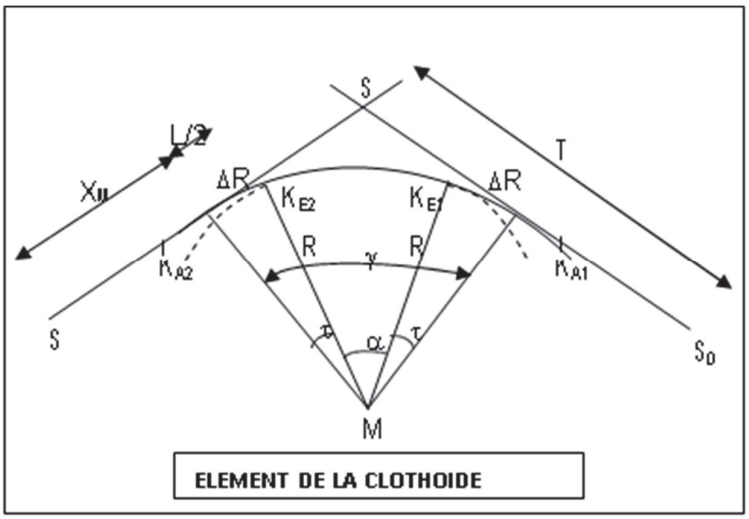


Figure IV. 4 Eléments de la clothoïde

Soit les caractéristiques suivantes :

Rayon (m)	Paramètre A (m)	Point	Abscisse X	Cordonnée Y
1100	**222.486m**	S_0	464984.773	4036675.605
		S_1	464808.348	4036793.025
		S_2	464947.143	4036700.281

Calcul de distance

△X 1 = XS1 - XS0 = -176,425m ; △Y1 = YS1 - YS0 = 117,42 m
△X2 = XS2 - XS1 = 138,795 m ; △Y2 = YS2–YS1 = -92,744 m

s1s0 $=\sqrt{(\triangle X1^2 + \triangle Y1^2)}$ ⇒ s1s0 = 211.93m
s2s1$=\sqrt{(\triangle X2^2 + \triangle Y2^2)}$ ⇒ s2s1 = 166.93m

Gisement
Gs0s1 = 100+arctg$\frac{\triangle X1}{\triangle Y1}$ ⇒ Gs0s1=162.6 grade

Gs1s2 = 300-arctg$\frac{\triangle X2}{\triangle Y2}$ ⇒ Gs1s2= 237.5 grade

Calcul de l'angle entre l'alignement γ:
γ=|G s1s2-G s0s1| ⇒ γ=74.9 gr

Calcul de longueur de clothoïde L
L =A²/R

L=222.486²/1100= 45m. On prend L= 45m

Calcul de l'angle τ :

$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi}$ ⇒ τ = 6.438gr

Vérification de non chevauchement :
Il faut que τ< γ/2.

On a : γ/2 = 37.45 gr

Et τ=6.438 gr < γ/2 => condition vérifiée pas de chevauchement √

Calcul de la tangent T :
T=Xm+(R+ΔR) tg(γ/2)

Xm=L/2=222.486/2 = 111.24m
ΔR=L²/24R=1.875 m D'où : T=846.23 m

Calcul de la distance S0KA1

S0KA1 = S0S1 – T = |211.93 – 846.23| = 634.3 m

Calcul de la corde SL : SL = $\sqrt{X^2 + Y^2}$
Avec : X=L=45 m.
Et : Y = $\frac{A^2}{6R} = \frac{222.486^2}{6*1100}$ = **7.5m**

AN : SL = 45.62m
Calcul de l'angle polaire σ :

σ =arc tg Y/X ⇒ AN : σ=10.51 gr

Calcul de α :
α = γ- 2τ ⇒ AN : α = 62.024 gr

Calcul de La longueur de l'arc :
B=[π.R α]/200 ⇒ AN : B=1071.69 m

Calcul des cordonnées des points singuliers :

KA1 : $X_{KA1} = X_{S1} – T * \sin G(s0 ;s1) = 464808.348 – 846.23 * \sin (162.6)=$ **464339.31m**
$Y_{KA1} = Y_{S1} – T * \cos G(s0 ;s1) = 4036793.025 – 846.23 * \cos (162.6)=$ **4037497.377m**

KA2 : $X_{KA2} = X_{S1} + T * \sin G(s1 ;s2) = 464808.348 + 846.23 * \sin (237.5)=$ **464338.20m**
$Y_{KA2} = Y_{S1} + T * \cos G(s1 ;s2) = 4036793.025 + 846.23 * \cos (237.5)=$ **4036089.41m**

KE1 : $X_{KE1}=X_{KA1}+ SL * \sin[G(s0 ;s1) + \sigma] = 464339.31+45.62 * \sin (173.1)=$ **464358.018m**
$Y_{KE1}=Y_{KA1}+ SL* \cos[G(s0 ;s1) +\sigma] = 4037497.377+45.62 * \cos(173.1)=$ **4037455.76m**

KE2 : $X_{KE2}=X_{KA2} - SL * \sin[G(s1 ;s2) - \sigma] = 464338.20- 45.62 * \sin(226.99)=$ **464356.96m**
$Y_{KE2}=Y_{KA2}- SL* \cos[G(s1 ;s2) - \sigma] = 4036089.41-45.62 * \cos(226.99)=$ **4036130.9m**

Récapitulatif conditions de raccordement

Les conditions de raccordement (Condition de gauchissement, Condition de confort dynamique, Condition de confort optique) sont déterminées et récapitulées dans le tableau suivant.

N° Courbe.	Rayon. (m)	Longur De clothoie (m)	Vitesse		Dévers Théorique		Devers Adopté (mm)	Insuffisance de devers (mm)	Excès de devers (mm)	Accélération non compensé (m/sg^2)	Variation de devers avec le temps	Variation de l´insuffisance de devers
			Maximale	Minimale	Vmax	Vmin						
			(Km/h)		(mm)						(mm/sg)	(mm/sg)
1	1500	100	160	80	201	50	150	90	120	1	67	40
2	2100	200	160	80	144	36	150	90	120	1	33	20
3	2500	200	160	80	121	30	120	90	120	1	27	20
4	5500	200	160	80	55	14	120	90	120	1	27	20
5	2100	200	160	80	144	36	150	90	120	1	33	20
6	2100	200	160	100	144	56	150	90	120	1	33	20
7	2500	200	160	100	121	47	120	90	120	1	27	20

V(m/s)	DT	11,8*V^2	11,8V^2/R
44,44444444	2,25	75520	50,34666667
44,44444444	4,5	75520	35,96190476
44,44444444	4,5	118000	47,2
44,44444444	4,5	118000	21,45454545
44,44444444	4,5	118000	56,19047619
44,44444444	4,5	118000	56,19047619
44,44444444	4,5	118000	47,2

Listing de la géométrie de l’axe en plan

Listing de la géométrie d’axe en plan ainsi que les données sur l’abscisse curviligne sont cités dans les tableaux 1 et 2

Tableau 1 Listing de la géométrie de l'axe en plan

Axe en plan: axe					
Description:					
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00 Fin: 10+000					
Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	466402.7618	4036561.3914
DR1	ANG=291.8635 (g)	4191888			
			0+419.19	465986.9920	4036507.9617
CLO2	A=387.298				
	R=1000.00	150			
			0+569.19	465837.8213	4036492.5715
ARC3	XC=465785.0385				
	YC=4037491.1775				
	R=500.000	309449	A		
			0+878.64	465531.2044	4036523.9297
CLO4	A=387.298				
	R=1000.000	150			
			1+028.64	465388.2373	4036569.1974
DR5	ANG=321.1130 (g)	1520878			
			1+180.73	465244.4370	4036618.7166
CLO6	A=406.202				
	R=2000.000	55			
			1+235.73	465192.3797	4036636.4654
ARC7	XC=464241.6335				
	YC=4033791.1039				
	R=1000.000	132766	A		

			1+368.49	465065.5671	4036675.7414
CLO8	A=406.202				
	R=1000.000	55			
			1+423.49	465012.5910	4036690.5233
DR9	ANG=317.1285 (g)	2305.8616			
			3+729.35	462789.6874	4037303.4650
CLO10	A=406.202				
	R=3000.000	55			
			3+784.35	462736.7112	4037318.2470
ARC11	XC=463560.6448				
	YC=4040202.8845				
	R=2000.000	284852	A		
			4+069.21	462466.9354	4037409.3563
CLO12	A=406.202				
	R=3000.000	55			
			4+124.21	462415.8444	4037429.7201
DR13	ANG=324.3404 (g)	7433845			
			4+867.59	461726.1359	4037707.0696
CLO14	A=394.968				
	R=1200.000	130			
			4+997.59	461604.6824	4037753.3798
ARC15	XC=461217.9081				
	YC=4036617.4196				
	R=1200.000	206087	A		
			5+203.68	461404.8610	4037802.7670
CLO16	A=394.968				
	R=1200.000	130			
			5+333.68	461275.8177	4037818.3688
DR17	ANG=306.5104 (g)	1154.3194			
			6+488.00	460127.5290	4037936.2093
CLO18	A=406.202				
	R=3000.000	55			
			6+543.00	460072.8339	4037941.9912

ARC19	XC=460406.4365				
	YC=4040923.3850				
	R=3000.000	260056	A		
			6+803.05	459815.9675	4037982.0679
CLO20	A=406.202				
	R=2000.000	55			
			6+858.05	459762.1107	4037993.2225
DR21	ANG=313.1961 (g)	4885.0286			
			10+000	454981.6527	4038998.5711

Tableau 2 Rapport sur l'abscisse curviligne incrémentielle de l'axe

Date : 03/06/2019 13:20:30			
Nom de l'axe : Axe			
Description :			
Intervalle d'abscisses curvilignes : Départ : 0+00.00, Extrémité : 100+13.91			
Incrément d'abscisse curviligne : 25.00			
Abscisse curviligne	**Ordonnée**	**Abscisse**	**Direction de la tangente**
0+00.00	4,036,538.9928m	466,295.9531m	S82° 42' 05.52"W
0+25.00	4,036,535.8169m	466,271.1556m	S82° 42' 05.52"W
0+50.00	4,036,532.6409m	466,246.3582m	S82° 42' 05.52"W
0+75.00	4,036,529.4650m	466,221.5607m	S82° 42' 05.52"W
1+00.00	4,036,526.2890m	466,196.7633m	S82° 42' 05.52"W
1+25.00	4,036,523.1131m	466,171.9658m	S82° 42' 05.52"W
1+50.00	4,036,519.9371m	466,147.1684m	S82° 42' 05.52"W
1+75.00	4,036,516.7612m	466,122.3710m	S82° 42' 05.52"W
2+00.00	4,036,513.5852m	466,097.5735m	S82° 42' 05.52"W
2+25.00	4,036,510.4093m	466,072.7761m	S82° 42' 05.52"W
2+50.00	4,036,507.2333m	466,047.9786m	S82° 42' 05.52"W
2+75.00	4,036,504.0574m	466,023.1812m	S82° 42' 05.52"W
3+00.00	4,036,500.8814m	465,998.3837m	S82° 42' 05.52"W
3+25.00	4,036,497.7055m	465,973.5863m	S82° 42' 05.52"W
3+50.00	4,036,494.5295m	465,948.7888m	S82° 42' 05.52"W
3+75.00	4,036,491.3535m	465,923.9914m	S82° 42' 05.52"W
4+00.00	4,036,488.1776m	465,899.1939m	S82° 42' 05.52"W
4+25.00	4,036,485.0016m	465,874.3965m	S82° 42' 05.52"W

4+50.00	4,036,481.8257m	465,849.5991m	S82° 42' 05.52"W
4+75.00	4,036,478.6497m	465,824.8016m	S82° 42' 05.52"W
5+00.00	4,036,475.4738m	465,800.0042m	S82° 42' 05.52"W
5+25.00	4,036,472.2978m	465,775.2067m	S82° 42' 05.52"W
5+50.00	4,036,469.1219m	465,750.4093m	S82° 42' 05.52"W
5+75.00	4,036,465.9459m	465,725.6118m	S82° 42' 05.52"W
6+00.00	4,036,462.7700m	465,700.8144m	S82° 42' 05.52"W
6+25.00	4,036,459.5940m	465,676.0169m	S82° 42' 05.52"W
6+50.00	4,036,456.4181m	465,651.2195m	S82° 42' 05.52"W
6+75.00	4,036,453.2421m	465,626.4220m	S82° 42' 05.52"W
7+00.00	4,036,450.0662m	465,601.6246m	S82° 42' 05.52"W
7+25.00	4,036,446.8919m	465,576.8269m	S82° 44' 42.25"W
7+50.00	4,036,443.8908m	465,552.0080m	S83° 39' 51.45"W
7+75.00	4,036,441.5474m	465,527.1195m	S85° 46' 37.83"W
8+00.00	4,036,440.3263m	465,502.1519m	S88° 37' 54.81"W
8+25.00	4,036,440.3543m	465,477.1546m	N88° 30' 11.95"W
8+50.00	4,036,441.6317m	465,452.1898m	N85° 38' 18.71"W
8+75.00	4,036,444.1552m	465,427.3201m	N82° 46' 25.47"W
9+00.00	4,036,447.9185m	465,402.6076m	N79° 54' 32.23"W
9+25.00	4,036,452.9122m	465,378.1141m	N77° 02' 38.99"W
9+50.00	4,036,459.1238m	465,353.9008m	N74° 10' 45.75"W
9+75.00	4,036,466.5378m	465,330.0281m	N71° 18' 52.51"W
10+00.00	4,036,475.1357m	465,306.5559m	N68° 26' 59.27"W
10+25.00	4,036,484.8960m	465,283.5427m	N65° 35' 06.03"W
10+50.00	4,036,495.7942m	465,261.0461m	N62° 43' 12.79"W
10+75.00	4,036,507.8032m	465,239.1223m	N59° 51' 19.55"W
11+00.00	4,036,520.8242m	465,217.7829m	N57° 33' 40.60"W
11+25.00	4,036,534.4724m	465,196.8375m	N56° 27' 37.78"W
11+50.00	4,036,548.3184m	465,176.0220m	N56° 21' 14.80"W
11+75.00	4,036,562.1699m	465,155.2100m	N56° 21' 14.80"W
12+00.00	4,036,576.0214m	465,134.3981m	N56° 21' 14.80"W
12+25.00	4,036,589.8728m	465,113.5861m	N56° 21' 14.80"W
12+50.00	4,036,603.7243m	465,092.7742m	N56° 21' 14.80"W
12+75.00	4,036,617.5757m	465,071.9623m	N56° 21' 14.80"W
13+00.00	4,036,631.4272m	465,051.1503m	N56° 21' 14.80"W
13+25.00	4,036,645.2787m	465,030.3384m	N56° 21' 14.80"W
13+50.00	4,036,659.1301m	465,009.5264m	N56° 21' 14.80"W
13+75.00	4,036,672.9816m	464,988.7145m	N56° 21' 14.80"W
14+00.00	4,036,686.8097m	464,967.8870m	N56° 35' 30.43"W
14+25.00	4,036,700.4235m	464,946.9192m	N57° 32' 23.55"W
14+50.00	4,036,713.6004m	464,925.6744m	N58° 50' 31.38"W
14+75.00	4,036,726.2912m	464,904.1357m	N60° 08' 39.22"W
15+00.00	4,036,738.4892m	464,882.3141m	N61° 26' 47.06"W
15+25.00	4,036,750.1882m	464,860.2209m	N62° 44' 54.89"W
15+50.00	4,036,761.3821m	464,837.8676m	N64° 03' 02.73"W

15+75.00	4,036,772.0650m	464,815.2657m	N65° 21' 10.57"W
16+00.00	4,036,782.2316m	464,792.4268m	N66° 39' 18.40"W
16+25.00	4,036,791.8766m	464,769.3628m	N67° 57' 26.24"W
16+50.00	4,036,800.9949m	464,746.0856m	N69° 15' 34.07"W
16+75.00	4,036,809.5819m	464,722.6072m	N70° 33' 41.91"W
17+00.00	4,036,817.6331m	464,698.9397m	N71° 51' 49.75"W
17+25.00	4,036,825.1444m	464,675.0953m	N73° 09' 57.58"W
17+50.00	4,036,832.1118m	464,651.0864m	N74° 28' 05.42"W
17+75.00	4,036,838.5584m	464,626.9322m	N75° 32' 10.19"W
18+00.00	4,036,844.7014m	464,602.6988m	N75° 53' 40.33"W
18+25.00	4,036,850.7941m	464,578.4525m	N75° 53' 40.33"W
18+50.00	4,036,856.8868m	464,554.2063m	N75° 53' 40.33"W
18+75.00	4,036,862.9795m	464,529.9601m	N75° 53' 40.33"W
19+00.00	4,036,869.0722m	464,505.7139m	N75° 53' 40.33"W
19+25.00	4,036,875.1648m	464,481.4677m	N75° 53' 40.33"W
19+50.00	4,036,881.2575m	464,457.2214m	N75° 53' 40.33"W
19+75.00	4,036,887.3502m	464,432.9752m	N75° 53' 40.33"W
20+00.00	4,036,893.4429m	464,408.7290m	N75° 53' 40.33"W
20+25.00	4,036,899.5356m	464,384.4828m	N75° 53' 40.33"W
20+50.00	4,036,905.6283m	464,360.2366m	N75° 53' 40.33"W
20+75.00	4,036,911.7210m	464,335.9903m	N75° 53' 40.33"W
21+00.00	4,036,917.8137m	464,311.7441m	N75° 53' 40.33"W
21+25.00	4,036,923.9063m	464,287.4979m	N75° 53' 40.33"W
21+50.00	4,036,929.9990m	464,263.2517m	N75° 53' 40.33"W
21+75.00	4,036,936.0917m	464,239.0055m	N75° 53' 40.33"W
22+00.00	4,036,942.1844m	464,214.7592m	N75° 53' 40.33"W
22+25.00	4,036,948.2771m	464,190.5130m	N75° 53' 40.33"W
22+50.00	4,036,954.3698m	464,166.2668m	N75° 53' 40.33"W
22+75.00	4,036,960.4625m	464,142.0206m	N75° 53' 40.33"W
23+00.00	4,036,966.5552m	464,117.7744m	N75° 53' 40.33"W
23+25.00	4,036,972.6478m	464,093.5282m	N75° 53' 40.33"W
23+50.00	4,036,978.7405m	464,069.2819m	N75° 53' 40.33"W
23+75.00	4,036,984.8332m	464,045.0357m	N75° 53' 40.33"W
24+00.00	4,036,990.9259m	464,020.7895m	N75° 53' 40.33"W
24+25.00	4,036,997.0186m	463,996.5433m	N75° 53' 40.33"W
24+50.00	4,037,003.1113m	463,972.2971m	N75° 53' 40.33"W
24+75.00	4,037,009.2040m	463,948.0508m	N75° 53' 40.33"W
25+00.00	4,037,015.2967m	463,923.8046m	N75° 53' 40.33"W
25+25.00	4,037,021.3893m	463,899.5584m	N75° 53' 40.33"W
25+50.00	4,037,027.4820m	463,875.3122m	N75° 53' 40.33"W
25+75.00	4,037,033.5747m	463,851.0660m	N75° 53' 40.33"W
26+00.00	4,037,039.6674m	463,826.8197m	N75° 53' 40.33"W
26+25.00	4,037,045.7601m	463,802.5735m	N75° 53' 40.33"W
26+50.00	4,037,051.8528m	463,778.3273m	N75° 53' 40.33"W
26+75.00	4,037,057.9455m	463,754.0811m	N75° 53' 40.33"W

27+00.00	4,037,064.0382m	463,729.8349m	N75° 53' 40.33"W
27+25.00	4,037,070.1308m	463,705.5886m	N75° 53' 40.33"W
27+50.00	4,037,076.2235m	463,681.3424m	N75° 53' 40.33"W
27+75.00	4,037,082.3162m	463,657.0962m	N75° 53' 40.33"W
28+00.00	4,037,088.4089m	463,632.8500m	N75° 53' 40.33"W
28+25.00	4,037,094.5016m	463,608.6038m	N75° 53' 40.33"W
28+50.00	4,037,100.5943m	463,584.3575m	N75° 53' 40.33"W
28+75.00	4,037,106.6870m	463,560.1113m	N75° 53' 40.33"W
29+00.00	4,037,112.7797m	463,535.8651m	N75° 53' 40.33"W
29+25.00	4,037,118.8723m	463,511.6189m	N75° 53' 40.33"W
29+50.00	4,037,124.9650m	463,487.3727m	N75° 53' 40.33"W
29+75.00	4,037,131.0577m	463,463.1264m	N75° 53' 40.33"W
30+00.00	4,037,137.1504m	463,438.8802m	N75° 53' 40.33"W
30+25.00	4,037,143.2431m	463,414.6340m	N75° 53' 40.33"W
30+50.00	4,037,149.3358m	463,390.3878m	N75° 53' 40.33"W
30+75.00	4,037,155.4285m	463,366.1416m	N75° 53' 40.33"W
31+00.00	4,037,161.5212m	463,341.8953m	N75° 53' 40.33"W
31+25.00	4,037,167.6138m	463,317.6491m	N75° 53' 40.33"W
31+50.00	4,037,173.7065m	463,293.4029m	N75° 53' 40.33"W
31+75.00	4,037,179.7992m	463,269.1567m	N75° 53' 40.33"W
32+00.00	4,037,185.8919m	463,244.9105m	N75° 53' 40.33"W
32+25.00	4,037,191.9846m	463,220.6642m	N75° 53' 40.33"W
32+50.00	4,037,198.0773m	463,196.4180m	N75° 53' 40.33"W
32+75.00	4,037,204.1700m	463,172.1718m	N75° 53' 40.33"W
33+00.00	4,037,210.2627m	463,147.9256m	N75° 53' 40.33"W
33+25.00	4,037,216.3553m	463,123.6794m	N75° 53' 40.33"W
33+50.00	4,037,222.4480m	463,099.4332m	N75° 53' 40.33"W
33+75.00	4,037,228.5407m	463,075.1869m	N75° 53' 40.33"W
34+00.00	4,037,234.6334m	463,050.9407m	N75° 53' 40.33"W
34+25.00	4,037,240.7261m	463,026.6945m	N75° 53' 40.33"W
34+50.00	4,037,246.8188m	463,002.4483m	N75° 53' 40.33"W
34+75.00	4,037,252.9115m	462,978.2021m	N75° 53' 40.33"W
35+00.00	4,037,259.0042m	462,953.9558m	N75° 53' 40.33"W
35+25.00	4,037,265.0968m	462,929.7096m	N75° 53' 37.05"W
35+50.00	4,037,271.2298m	462,905.4736m	N75° 37' 31.46"W
35+75.00	4,037,277.5769m	462,881.2929m	N74° 52' 50.27"W
36+00.00	4,037,284.2985m	462,857.2137m	N73° 55' 32.52"W
36+25.00	4,037,291.4205m	462,833.2500m	N72° 58' 14.78"W
36+50.00	4,037,298.9408m	462,809.4082m	N72° 00' 57.03"W
36+75.00	4,037,306.8575m	462,785.6951m	N71° 03' 39.28"W
37+00.00	4,037,315.1682m	462,762.1172m	N70° 06' 21.54"W
37+25.00	4,037,323.8651m	462,738.6789m	N69° 13' 33.22"W
37+50.00	4,037,332.8398m	462,715.3454m	N68° 46' 37.32"W
37+75.00	4,037,341.9058m	462,692.0472m	N68° 43' 50.87"W
38+00.00	4,037,350.9746m	462,668.7501m	N68° 43' 50.87"W

38+25.00	4,037,360.0434m	462,645.4529m	N68° 43' 50.87"W
38+50.00	4,037,369.1121m	462,622.1557m	N68° 43' 50.87"W
38+75.00	4,037,378.1809m	462,598.8586m	N68° 43' 50.87"W
39+00.00	4,037,387.2496m	462,575.5614m	N68° 43' 50.87"W
39+25.00	4,037,396.3184m	462,552.2643m	N68° 43' 50.87"W
39+50.00	4,037,405.3872m	462,528.9671m	N68° 43' 50.87"W
39+75.00	4,037,414.4559m	462,505.6700m	N68° 43' 50.87"W
40+00.00	4,037,423.5247m	462,482.3728m	N68° 43' 50.87"W
40+25.00	4,037,432.5934m	462,459.0756m	N68° 43' 50.87"W
40+50.00	4,037,441.6622m	462,435.7785m	N68° 43' 50.87"W
40+75.00	4,037,450.7310m	462,412.4813m	N68° 43' 50.87"W
41+00.00	4,037,459.7997m	462,389.1842m	N68° 43' 50.87"W
41+25.00	4,037,468.8685m	462,365.8870m	N68° 43' 50.87"W
41+50.00	4,037,477.9372m	462,342.5898m	N68° 43' 50.87"W
41+75.00	4,037,487.0060m	462,319.2927m	N68° 43' 50.87"W
42+00.00	4,037,496.0748m	462,295.9955m	N68° 43' 50.87"W
42+25.00	4,037,505.1435m	462,272.6984m	N68° 43' 50.87"W
42+50.00	4,037,514.2123m	462,249.4012m	N68° 43' 50.87"W
42+75.00	4,037,523.2810m	462,226.1040m	N68° 43' 50.87"W
43+00.00	4,037,532.3498m	462,202.8069m	N68° 43' 50.87"W
43+25.00	4,037,541.4186m	462,179.5097m	N68° 43' 50.87"W
43+50.00	4,037,550.4873m	462,156.2126m	N68° 43' 50.87"W
43+75.00	4,037,559.5561m	462,132.9154m	N68° 43' 50.87"W
44+00.00	4,037,568.6248m	462,109.6183m	N68° 43' 50.87"W
44+25.00	4,037,577.6936m	462,086.3211m	N68° 43' 50.87"W
44+50.00	4,037,586.7624m	462,063.0239m	N68° 43' 50.87"W
44+75.00	4,037,595.8311m	462,039.7268m	N68° 43' 50.87"W
45+00.00	4,037,604.8999m	462,016.4296m	N68° 43' 50.87"W
45+25.00	4,037,613.9686m	461,993.1325m	N68° 43' 50.87"W
45+50.00	4,037,623.0374m	461,969.8353m	N68° 43' 50.87"W
45+75.00	4,037,632.1062m	461,946.5381m	N68° 43' 50.87"W
46+00.00	4,037,641.1749m	461,923.2410m	N68° 43' 50.87"W
46+25.00	4,037,650.2437m	461,899.9438m	N68° 43' 50.87"W
46+50.00	4,037,659.3124m	461,876.6467m	N68° 43' 50.87"W
46+75.00	4,037,668.3812m	461,853.3495m	N68° 43' 50.87"W
47+00.00	4,037,677.4499m	461,830.0524m	N68° 43' 50.87"W
47+25.00	4,037,686.5187m	461,806.7552m	N68° 43' 50.87"W
47+50.00	4,037,695.5875m	461,783.4580m	N68° 43' 50.87"W
47+75.00	4,037,704.6562m	461,760.1609m	N68° 43' 50.87"W
48+00.00	4,037,713.7250m	461,736.8637m	N68° 43' 50.87"W
48+25.00	4,037,722.7937m	461,713.5666m	N68° 43' 50.87"W
48+50.00	4,037,731.8625m	461,690.2694m	N68° 43' 50.87"W
48+75.00	4,037,740.9313m	461,666.9722m	N68° 43' 50.87"W
49+00.00	4,037,750.0000m	461,643.6751m	N68° 43' 50.87"W
49+25.00	4,037,759.0684m	461,620.3778m	N68° 44' 37.65"W

49+50.00	4,037,768.0808m	461,597.0588m	N69° 04' 01.34"W
49+75.00	4,037,776.8729m	461,573.6560m	N69° 49' 26.08"W
50+00.00	4,037,785.2996m	461,550.1193m	N70° 46' 43.82"W
50+25.00	4,037,793.3329m	461,526.4455m	N71° 44' 01.57"W
50+50.00	4,037,800.9705m	461,502.6410m	N72° 41' 19.32"W
50+75.00	4,037,808.2104m	461,478.7126m	N73° 38' 37.06"W
51+00.00	4,037,815.0504m	461,454.6668m	N74° 35' 54.81"W
51+25.00	4,037,821.4888m	461,430.5104m	N75° 33' 12.56"W
51+50.00	4,037,827.5236m	461,406.2500m	N76° 30' 30.30"W
51+75.00	4,037,833.1533m	461,381.8924m	N77° 27' 48.05"W
52+00.00	4,037,838.3763m	461,357.4444m	N78° 25' 05.80"W
52+25.00	4,037,843.1912m	461,332.9127m	N79° 22' 23.54"W
52+50.00	4,037,847.5965m	461,308.3042m	N80° 19' 41.29"W
52+75.00	4,037,851.5910m	461,283.6257m	N81° 16' 59.04"W
53+00.00	4,037,855.1738m	461,258.8840m	N82° 14' 16.78"W
53+25.00	4,037,858.3436m	461,234.0861m	N83° 11' 34.53"W
53+50.00	4,037,861.0998m	461,209.2388m	N84° 08' 52.28"W
53+75.00	4,037,863.4648m	461,184.3511m	N84° 55' 29.41"W
54+00.00	4,037,865.5857m	461,159.4412m	N85° 16' 10.91"W
54+25.00	4,037,867.6400m	461,134.5258m	N85° 17' 18.67"W
54+50.00	4,037,869.6934m	461,109.6103m	N85° 17' 18.67"W
54+75.00	4,037,871.7469m	461,084.6947m	N85° 17' 18.67"W
55+00.00	4,037,873.8003m	461,059.7792m	N85° 17' 18.67"W
55+25.00	4,037,875.8538m	461,034.8637m	N85° 17' 18.67"W
55+50.00	4,037,877.9072m	461,009.9482m	N85° 17' 18.67"W
55+75.00	4,037,879.9607m	460,985.0326m	N85° 17' 18.67"W
56+00.00	4,037,882.0142m	460,960.1171m	N85° 17' 18.67"W
56+25.00	4,037,884.0676m	460,935.2016m	N85° 17' 18.67"W
56+50.00	4,037,886.1211m	460,910.2861m	N85° 17' 18.67"W
56+75.00	4,037,888.1745m	460,885.3705m	N85° 17' 18.67"W
57+00.00	4,037,890.2280m	460,860.4550m	N85° 17' 18.67"W
57+25.00	4,037,892.2814m	460,835.5395m	N85° 17' 18.67"W
57+50.00	4,037,894.3349m	460,810.6240m	N85° 17' 18.67"W
57+75.00	4,037,896.3883m	460,785.7085m	N85° 17' 18.67"W
58+00.00	4,037,898.4418m	460,760.7929m	N85° 17' 18.67"W
58+25.00	4,037,900.4953m	460,735.8774m	N85° 17' 18.67"W
58+50.00	4,037,902.5487m	460,710.9619m	N85° 17' 18.67"W
58+75.00	4,037,904.6022m	460,686.0464m	N85° 17' 18.67"W
59+00.00	4,037,906.6556m	460,661.1308m	N85° 17' 18.67"W
59+25.00	4,037,908.7091m	460,636.2153m	N85° 17' 18.67"W
59+50.00	4,037,910.7625m	460,611.2998m	N85° 17' 18.67"W
59+75.00	4,037,912.8160m	460,586.3843m	N85° 17' 18.67"W
60+00.00	4,037,914.8694m	460,561.4687m	N85° 17' 18.67"W
60+25.00	4,037,916.9229m	460,536.5532m	N85° 17' 18.67"W
60+50.00	4,037,918.9763m	460,511.6377m	N85° 17' 18.67"W

60+75.00	4,037,921.0298m	460,486.7222m	N85° 17' 18.67"W
61+00.00	4,037,923.0833m	460,461.8066m	N85° 17' 18.67"W
61+25.00	4,037,925.1367m	460,436.8911m	N85° 17' 18.67"W
61+50.00	4,037,927.1902m	460,411.9756m	N85° 17' 18.67"W
61+75.00	4,037,929.2436m	460,387.0601m	N85° 17' 18.67"W
62+00.00	4,037,931.2971m	460,362.1446m	N85° 17' 18.67"W
62+25.00	4,037,933.3505m	460,337.2290m	N85° 17' 18.67"W
62+50.00	4,037,935.4040m	460,312.3135m	N85° 17' 18.67"W
62+75.00	4,037,937.4574m	460,287.3980m	N85° 17' 18.67"W
63+00.00	4,037,939.5109m	460,262.4825m	N85° 17' 18.67"W
63+25.00	4,037,941.5643m	460,237.5669m	N85° 17' 18.67"W
63+50.00	4,037,943.6178m	460,212.6514m	N85° 17' 18.67"W
63+75.00	4,037,945.6713m	460,187.7359m	N85° 17' 18.67"W
64+00.00	4,037,947.7247m	460,162.8204m	N85° 17' 18.67"W
64+25.00	4,037,949.7782m	460,137.9048m	N85° 17' 18.67"W
64+50.00	4,037,951.8316m	460,112.9893m	N85° 17' 18.67"W
64+75.00	4,037,953.8851m	460,088.0738m	N85° 17' 18.67"W
65+00.00	4,037,955.9385m	460,063.1583m	N85° 17' 18.67"W
65+25.00	4,037,957.9920m	460,038.2427m	N85° 17' 18.67"W
65+50.00	4,037,960.0454m	460,013.3272m	N85° 17' 18.67"W
65+75.00	4,037,962.1015m	459,988.4119m	N85° 14' 54.91"W
66+00.00	4,037,964.2399m	459,963.5036m	N84° 52' 16.96"W
66+25.00	4,037,966.6286m	459,938.6182m	N84° 05' 48.26"W
66+50.00	4,037,969.4070m	459,913.7733m	N83° 08' 30.52"W
66+75.00	4,037,972.5990m	459,888.9782m	N82° 11' 12.77"W
67+00.00	4,037,976.2038m	459,864.2398m	N81° 13' 55.02"W
67+25.00	4,037,980.2204m	459,839.5648m	N80° 16' 37.27"W
67+50.00	4,037,984.6476m	459,814.9603m	N79° 19' 19.53"W
67+75.00	4,037,989.4822m	459,790.4324m	N78° 24' 09.72"W
68+00.00	4,037,994.6477m	459,765.9720m	N77° 48' 53.58"W
68+25.00	4,037,999.9791m	459,741.5471m	N77° 37' 29.47"W
68+50.00	4,038,005.3369m	459,717.1280m	N77° 37' 29.47"W
68+75.00	4,038,010.6946m	459,692.7089m	N77° 37' 29.47"W
69+00.00	4,038,016.0524m	459,668.2897m	N77° 37' 29.47"W
69+25.00	4,038,021.4102m	459,643.8706m	N77° 37' 29.47"W
69+50.00	4,038,026.7680m	459,619.4515m	N77° 37' 29.47"W
69+75.00	4,038,032.1258m	459,595.0323m	N77° 37' 29.47"W
70+00.00	4,038,037.4836m	459,570.6132m	N77° 37' 29.47"W
70+25.00	4,038,042.8414m	459,546.1941m	N77° 37' 29.47"W
70+50.00	4,038,048.1992m	459,521.7749m	N77° 37' 29.47"W
70+75.00	4,038,053.5570m	459,497.3558m	N77° 37' 29.47"W
71+00.00	4,038,058.9148m	459,472.9367m	N77° 37' 29.47"W
71+25.00	4,038,064.2726m	459,448.5175m	N77° 37' 29.47"W
71+50.00	4,038,069.6304m	459,424.0984m	N77° 37' 29.47"W
71+75.00	4,038,074.9882m	459,399.6793m	N77° 37' 29.47"W

72+00.00	4,038,080.3459m	459,375.2601m	N77° 37' 29.47"W
72+25.00	4,038,085.7037m	459,350.8410m	N77° 37' 29.47"W
72+50.00	4,038,091.0615m	459,326.4219m	N77° 37' 29.47"W
72+75.00	4,038,096.4193m	459,302.0027m	N77° 37' 29.47"W
73+00.00	4,038,101.7771m	459,277.5836m	N77° 37' 29.47"W
73+25.00	4,038,107.1349m	459,253.1645m	N77° 37' 29.47"W
73+50.00	4,038,112.4927m	459,228.7453m	N77° 37' 29.47"W
73+75.00	4,038,117.8505m	459,204.3262m	N77° 37' 29.47"W
74+00.00	4,038,123.2083m	459,179.9071m	N77° 37' 29.47"W
74+25.00	4,038,128.5661m	459,155.4879m	N77° 37' 29.47"W
74+50.00	4,038,133.9239m	459,131.0688m	N77° 37' 29.47"W
74+75.00	4,038,139.2817m	459,106.6497m	N77° 37' 29.47"W
75+00.00	4,038,144.6394m	459,082.2305m	N77° 37' 29.47"W
75+25.00	4,038,149.9972m	459,057.8114m	N77° 37' 29.47"W
75+50.00	4,038,155.3550m	459,033.3923m	N77° 37' 29.47"W
75+75.00	4,038,160.7128m	459,008.9731m	N77° 37' 29.47"W
76+00.00	4,038,166.0706m	458,984.5540m	N77° 37' 29.47"W
76+25.00	4,038,171.4284m	458,960.1349m	N77° 37' 29.47"W
76+50.00	4,038,176.7862m	458,935.7157m	N77° 37' 29.47"W
76+75.00	4,038,182.1440m	458,911.2966m	N77° 37' 29.47"W
77+00.00	4,038,187.5018m	458,886.8775m	N77° 37' 29.47"W
77+25.00	4,038,192.8596m	458,862.4583m	N77° 37' 29.47"W
77+50.00	4,038,198.2174m	458,838.0392m	N77° 37' 29.47"W
77+75.00	4,038,203.5752m	458,813.6201m	N77° 37' 29.47"W
78+00.00	4,038,208.9329m	458,789.2009m	N77° 37' 29.47"W
78+25.00	4,038,214.2907m	458,764.7818m	N77° 37' 29.47"W
78+50.00	4,038,219.6485m	458,740.3627m	N77° 37' 29.47"W
78+75.00	4,038,225.0063m	458,715.9435m	N77° 37' 29.47"W
79+00.00	4,038,230.3641m	458,691.5244m	N77° 37' 29.47"W
79+25.00	4,038,235.7219m	458,667.1053m	N77° 37' 29.47"W
79+50.00	4,038,241.0797m	458,642.6861m	N77° 37' 29.47"W
79+75.00	4,038,246.4375m	458,618.2670m	N77° 37' 29.47"W
80+00.00	4,038,251.7953m	458,593.8479m	N77° 37' 29.47"W
80+25.00	4,038,257.1531m	458,569.4287m	N77° 37' 29.47"W
80+50.00	4,038,262.5109m	458,545.0096m	N77° 37' 29.47"W
80+75.00	4,038,267.8687m	458,520.5905m	N77° 37' 29.47"W
81+00.00	4,038,273.2264m	458,496.1713m	N77° 37' 29.47"W
81+25.00	4,038,278.5842m	458,471.7522m	N77° 37' 29.47"W
81+50.00	4,038,283.9420m	458,447.3331m	N77° 37' 29.47"W
81+75.00	4,038,289.2998m	458,422.9139m	N77° 37' 29.47"W
82+00.00	4,038,294.6576m	458,398.4948m	N77° 37' 29.47"W
82+25.00	4,038,300.0154m	458,374.0757m	N77° 37' 29.47"W
82+50.00	4,038,305.3732m	458,349.6565m	N77° 37' 29.47"W
82+75.00	4,038,310.7310m	458,325.2374m	N77° 37' 29.47"W
83+00.00	4,038,316.0888m	458,300.8183m	N77° 37' 29.47"W

83+25.00	4,038,321.4466m	458,276.3991m	N77° 37' 29.47"W
83+50.00	4,038,326.8044m	458,251.9800m	N77° 37' 29.47"W
83+75.00	4,038,332.1622m	458,227.5609m	N77° 37' 29.47"W
84+00.00	4,038,337.5199m	458,203.1417m	N77° 37' 29.47"W
84+25.00	4,038,342.8777m	458,178.7226m	N77° 37' 29.47"W
84+50.00	4,038,348.2355m	458,154.3035m	N77° 37' 29.47"W
84+75.00	4,038,353.5933m	458,129.8843m	N77° 37' 29.47"W
85+00.00	4,038,358.9511m	458,105.4652m	N77° 37' 29.47"W
85+25.00	4,038,364.3089m	458,081.0461m	N77° 37' 29.47"W
85+50.00	4,038,369.6667m	458,056.6269m	N77° 37' 29.47"W
85+75.00	4,038,375.0245m	458,032.2078m	N77° 37' 29.47"W
86+00.00	4,038,380.3823m	458,007.7887m	N77° 37' 29.47"W
86+25.00	4,038,385.7401m	457,983.3695m	N77° 37' 29.47"W
86+50.00	4,038,391.0979m	457,958.9504m	N77° 37' 29.47"W
86+75.00	4,038,396.4557m	457,934.5313m	N77° 37' 29.47"W
87+00.00	4,038,401.8134m	457,910.1121m	N77° 37' 29.47"W
87+25.00	4,038,407.1712m	457,885.6930m	N77° 37' 29.47"W
87+50.00	4,038,412.5290m	457,861.2739m	N77° 37' 29.47"W
87+75.00	4,038,417.8868m	457,836.8547m	N77° 37' 29.47"W
88+00.00	4,038,423.2446m	457,812.4356m	N77° 37' 29.47"W
88+25.00	4,038,428.6024m	457,788.0165m	N77° 37' 29.47"W
88+50.00	4,038,433.9602m	457,763.5973m	N77° 37' 29.47"W
88+75.00	4,038,439.3180m	457,739.1782m	N77° 37' 29.47"W
89+00.00	4,038,444.6758m	457,714.7591m	N77° 37' 29.47"W
89+25.00	4,038,450.0336m	457,690.3399m	N77° 37' 29.47"W
89+50.00	4,038,455.3914m	457,665.9208m	N77° 37' 29.47"W
89+75.00	4,038,460.7492m	457,641.5017m	N77° 37' 29.47"W
90+00.00	4,038,466.1069m	457,617.0825m	N77° 37' 29.47"W
90+25.00	4,038,471.4647m	457,592.6634m	N77° 37' 29.47"W
90+50.00	4,038,476.8225m	457,568.2443m	N77° 37' 29.47"W
90+75.00	4,038,482.1803m	457,543.8251m	N77° 37' 29.47"W
91+00.00	4,038,487.5381m	457,519.4060m	N77° 37' 29.47"W
91+25.00	4,038,492.8959m	457,494.9869m	N77° 37' 29.47"W
91+50.00	4,038,498.2537m	457,470.5677m	N77° 37' 29.47"W
91+75.00	4,038,503.6115m	457,446.1486m	N77° 37' 29.47"W
92+00.00	4,038,508.9693m	457,421.7295m	N77° 37' 29.47"W
92+25.00	4,038,514.3271m	457,397.3103m	N77° 37' 29.47"W
92+50.00	4,038,519.6849m	457,372.8912m	N77° 37' 29.47"W
92+75.00	4,038,525.0427m	457,348.4721m	N77° 37' 29.47"W
93+00.00	4,038,530.4005m	457,324.0529m	N77° 37' 29.47"W
93+25.00	4,038,535.7582m	457,299.6338m	N77° 37' 29.47"W
93+50.00	4,038,541.1160m	457,275.2147m	N77° 37' 29.47"W
93+75.00	4,038,546.4738m	457,250.7955m	N77° 37' 29.47"W
94+00.00	4,038,551.8316m	457,226.3764m	N77° 37' 29.47"W
94+25.00	4,038,557.1894m	457,201.9573m	N77° 37' 29.47"W

94+50.00	4,038,562.5472m	457,177.5381m	N77° 37' 29.47"W
94+75.00	4,038,567.9050m	457,153.1190m	N77° 37' 29.47"W
95+00.00	4,038,573.2628m	457,128.6999m	N77° 37' 29.47"W
95+25.00	4,038,578.6206m	457,104.2807m	N77° 37' 29.47"W
95+50.00	4,038,583.9784m	457,079.8616m	N77° 37' 29.47"W
95+75.00	4,038,589.3362m	457,055.4425m	N77° 37' 29.47"W
96+00.00	4,038,594.6940m	457,031.0233m	N77° 37' 29.47"W
96+25.00	4,038,600.0517m	457,006.6042m	N77° 37' 29.47"W
96+50.00	4,038,605.4095m	456,982.1851m	N77° 37' 29.47"W
96+75.00	4,038,610.7673m	456,957.7659m	N77° 37' 29.47"W
97+00.00	4,038,616.1251m	456,933.3468m	N77° 37' 29.47"W
97+25.00	4,038,621.4829m	456,908.9277m	N77° 37' 29.47"W
97+50.00	4,038,626.8407m	456,884.5085m	N77° 37' 29.47"W
97+75.00	4,038,632.1985m	456,860.0894m	N77° 37' 29.47"W
98+00.00	4,038,637.5563m	456,835.6703m	N77° 37' 29.47"W
98+25.00	4,038,642.9141m	456,811.2511m	N77° 37' 29.47"W
98+50.00	4,038,648.2719m	456,786.8320m	N77° 37' 29.47"W
98+75.00	4,038,653.6297m	456,762.4129m	N77° 37' 29.47"W
99+00.00	4,038,658.9875m	456,737.9937m	N77° 37' 29.47"W
99+25.00	4,038,664.3452m	456,713.5746m	N77° 37' 29.47"W
99+50.00	4,038,669.7030m	456,689.1555m	N77° 37' 29.47"W
99+75.00	4,038,675.0608m	456,664.7363m	N77° 37' 29.47"W
100+00.00	4,038,680.4186m	456,640.3172m	N77° 37' 29.47"W
100+13.91	4,038,683.3987m	456,626.7350m	N77° 37' 29.47"W

Annexe 3

CALCUL DES ELEMENTS DU PROFIL EN LONG

Dans ce qui suit on détermine :

- Les coordonnées des points singuliers du raccordement ;
- La tangente d'une part et d'autre du sommet ;
- La flèche en dessous de ce dernier ;
- Les PK des points singuliers.

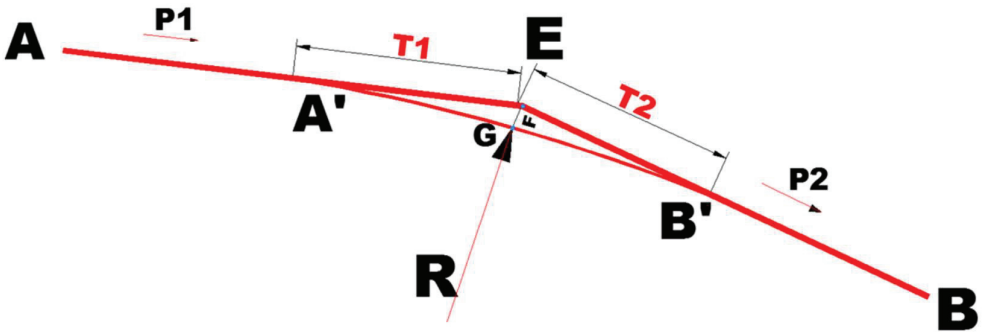


Figure V. 3 Eléments du profil en long

A' et B' : Extrémités du raccordement.

P1 et **P2 :** pente et rampe

T : Tangente de part et d'autre du sommet.

A et B : deux points connus sur $P1$ et $P2$.

F : Hauteur de l'abaissement du sommet (Flèche).

E : Sommet ou point de changement de déclivité.

R : Rayon du raccordement.

G : Projection du sommet sur le raccordement

V.8.APPLICATION AU PROJET

A= $\begin{cases} S_A = 425\ m \\ Z_A = 91.123m \end{cases}$ E= $\begin{cases} S_E = 550m \\ Z_E = 91,123m \end{cases}$ B= $\begin{cases} S_B = 675m \\ Z_B = 92.655m \end{cases}$

R=10697 m

Détermination des pentes

$$\mathbf{P1} = \frac{\Delta Z1}{\Delta S1} = \frac{(91.123 \quad .123)}{(550-425)} = 0\ \%$$

$$\mathbf{P2} = \frac{\Delta Z2}{\Delta S2} = \frac{(92.655-91.123)}{(675-550)} = 1.226\%$$

P2 P1 : les pentes prises avec leurs sens.

Détermination de T

T= R/2*(P2-P1) $= 10697/2 \times (0{,}01226-0) = 65.6m$

Détermination de la flèche F

$$F = \frac{T^2}{2R} = \frac{65{,}6^2}{2*10697} = 0{,}201\text{m}$$

Calcul de la cote du point au milieu de raccordement

$Z_G = Z_E - F = 90.92$ m

Calcul des PK et des cotes des points A' et B'

$$\begin{cases} Z_{A'} = Z_E - P1*T = 91.123 - 0 * 65.6 = 91.123 \text{ m} \\ PK_{A'} = S_E - T = 550 - 65.6 = 484.4 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_{B'} = Z_E - P2*T = 91.123 - 0.01226 * 65.6 = 90{,}318\text{m} \\ PK_{B'} = S_E + T = 550 + 65.6 = 615.6 \text{ m} \end{cases}$$

On obtient donc :

$$A' = \begin{cases} Z_{A'} = 91{,}123 \text{ m} \\ PK_{A'} = 484{,}4 \text{ m} \end{cases} \qquad B' = \begin{cases} Z_{B'} = 90{,}318 \text{ m} \\ PK_{B'} = 615.6 \text{ m} \end{cases}$$

Profil en long : Abscisse Sommets et Raccordements

Date: 09/06/2019 15:47:06				
Profil en long : LR				
Description:				
Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 10+000.00				
LONGUEUR DE L'AXE : 10.000km				
Elément	**Caractéristiques des éléments**	**Longueur**	**Abscisse**	**Z**
			0+000.00	90,699
D1	PENTE= 0.00%	304,652		
			0+304.65	90,699
PAR1	S= 0+350.02 Z=90.699			
	R = 20,000.000	90,732		
			0+395.38	90,905
D2	PENTE= 0.45%	540,764		
			0+936.15	93,358
D3	PENTE= 0.25%	380,588		
			1+316.74	94,315
D4	PENTE= 0.43%	299,554		
			1+616.29	95,593
PAR4	S= 1+686.99 Z=95.895			
	R = 20,000.000	141,409		
			1+757.70	95,697
D5	PENTE= -0.28%	849,472		
			2+607.17	93,315
PAR5	S= 2+671.65 Z=93.134			
	R = 20,000.000	128,964		
			2+736.13	92,538
D6	PENTE= -0.93%	136,55		
			2+872.68	91,274
PAR6	S= 2+945.58 Z=90.600			
	R = 20,000.000	145,782		
			3+018.47	90,457
D7	PENTE= -0.20%	514,619		
			3+533.09	89,447
PAR7	S= 3+581.47 Z=89.352			
	R = 25,000.000	96,764		
			3+629.85	89,444
D8	PENTE= 0.19%	678,217		
			4+308.07	90,738
PAR8	S= 4+350.00 Z=90.818			
	R = 20,000.000	83,866		
			4+391.93	90,722
D9	PENTE= -0.23%	228,923		

			4+620.86	90,199
PAR9	S= 4+692.81 Z=90.034			
	R = 15,000.000	143,917		
			4+764.77	90,56
D10	PENTE= 0.73%	331,527		
			5+096.30	92,983
PAR10	S= 5+140.15 Z=93.304			
	R = 12,000.000	87,707		
			5+184.01	93,304
D11	PENTE= 0.00%	1,194.686		
			6+378.69	93,304
PAR11	S= 6+430.89 Z=93.304			
	R = 10,000.000	104,391		
			6+483.08	92,759
D12	PENTE= -1.04%	912,463		
			7+395.55	83,234
PAR12	S= 7+447.74 Z=82.689			
	R = 10,000.000	104,391		
			7+499.94	82,689
D13	PENTE= 0.00%	2,212.475		
			9+712.41	82,689
PAR13	S= 9+748.41 Z=82.689			
	R = 10,000.000	71,998		
			9+784.41	82,948
D14	PENTE= 0.72%	1,055.010		
			10+000	82.994

Annexe 4

Tableau : résultats des essais pressiométriques

Sondage	Localisation (PK)	Profondeur (m)	Nature de sol	P_L (MPA)	P_F (MPA)	E (MPa)	E/P_L	Etat de serrage
SP.1	2+600	1.0	Terre végétale	0.698	0.405	22.6	32.4	Sur-consolidé très serré
		2.0	Argile limoneuse Brunâtre à vert jaunâtre	0.739	0.423	20.5	27.7	
		3.0		0.569	0.318	19.6	34.4	
		4.0		0.314	0.162	18.3	68.2	
		5.0		0.49	0.259	21	42.9	
		6.0		0.724	0.392	18.6	25.7	
		7.0		0.704	0.374	26.3	37.4	
		8.0		1.03	0.561	31.5	30.5	
		9.0		1.41	0.78	39.7	28.1	
		10.0	Dépôt alluvionnaire constitué de sable moyen à grossier avec graviers et peu de galets dans une matrice argileuse	1.58	0.872	64.3	40.7	
		11.0		1.45	0.787	54.6	37.8	
		12.0		1.51	0.822	50.9	33.6	
		13.0		1.16	0.61	35.8	30.8	
		14.0		0.304	0.097	28.4	93.4	
		15.0		0.304	0.092	15.8	51.9	
		16.0		2.27	1.24	66.3	29.3	
		17.0		2.15	1.16	64.6	30.1	
		18.0	Argile limoneuse	1.45	0.752	69.4	47.7	
		19.0		1.23	0.612	52.7	43	
		20.0		0.512	0.186	10.3	20.1	
SP.2	5+510	1.0	Terre végétale	0.882	0.513	33	37.4	Sur-consolidé très serré
		2.0	Gravier et galets	1.14	0.662	48.4	42.2	
		3.0	Argile limoneuse brunâtre	0.714	0.403	37.1	51.9	
		4.0		0.463	0.249	47.4	102	
		5.0		0.481	0.254	27.6	57.5	
		6.0	Dépôt alluvionnaire constitué de sable	0.874	0.48	27	30.9	
		7.0		0.235	0.068	11.7	49.5	
		8.0	Argile limoneuse	1.09	0.549	32.4	29.8	
		9.0	Argile limoneuse sableuse	1.49	0.825	34.3	23	
		10.0		1.32	0.721	89.8	67.8	
		11.0	Argile limoneuse brunâtre a vert jaunâtre	1.11	0.589	38.5	34.8	
		12.0		0.216	0.017	11.5	53	
		13.0		1.29	0.684	30.5	23.6	
		14.0		1.36	0.72	29.7	21.8	
		15.0		1.16	0.596	33.6	28.9	
		16.0		1.26	0.649	36.3	28.8	
		17.0		1.47	0.765	30.6	20.9	
		18.0		1.65	0.866	30.6	18.6	
		19.0		1.45	0.745	30.1	20.7	
		20.0		1.52	0.778	27.6	18.2	
	7+425	1.0	Remblai	0.339	0.194	14.9	43.9	
	7+425	2.0		0.581	0.318	9.14	16.3	

SP.3	7+425	3.0	Terre végétale	0.114	0.05	34.4	301	Sur-consolidé très serré
	7+425	4.0	Argile limoneuse brunâtre à vert jaunâtre	0.562	0.307	8.21	14.6	
	7+425	5.0		0.606	0.328	15.7	25.8	
	7+425	6.0		0.455	0.205	9.69	21.3	
	7+425	7.0	Argile limoneuse sableuse graveleuse	0.378	0.09	10.7	28.4	
	7+425	8.0		0.53	0.209	16.3	30.7	
	7+425	9.0		0.804	0.342	15.1	18.7	
	7+425	10.0	Argile limoneuse brunâtre à vert jaunâtre	0.597	0.29	19.3	32.3	
	7+425	11.0		1.04	0.55	32.8	31.4	
	7+425	12.0		0.941	0.484	15.3	16.2	
	7+425	13.0		0.859	0.417	17.4	20.2	
	7+425	14.0		0.891	0.443	26.8	30.1	
	7+425	15.0		0.767	0.365	14.5	18.9	
	7+425	16.0		1.17	0.598	15.7	13.4	
	7+425	17.0		1.18	0.594	30.9	26.2	
	7+425	18.0		0.934	0.446	28.7	30.7	
	7+425	19.0		0.787	0.353	28.8	36.6	
	7+425	20.0		1.3	0.647	22.3	17.2	

Annexe 5

Terrassement et calcul des cubatures

Tableau récapitulatif des surfaces et des volumes nets

PROJET : EL	AF-TIP	AXE : AXE					
	CUMULE DES SURFACES NETTES M^2	VOLUME NET M^3	VOLUME Cumulé M^3	DIFFERENCE M^3	VOLUME Cumulé M^3	VOLUME Cumulé M^3	VOLUME Cumulé M^3
(1) R	emblai	Remblai	Remblai				
(2) D	éblai	Déblai	Déblai	(1)-(2)	Arable	Végéta.	Ballast
0.00	0.00	0.00	0.0				
	16.96	211.98	212.0	-212.0	14.19	78.42	54.98
25.00	0.00	0.00	0.0				
	14.59	364.73	576.7	-576.7	42.05	234.38	164.95
50.00	0.00	0.00	0.0				
	21.61	540.23	1116.9	-1116.9	74.50	396.97	274.91
75.00	0.00	0.00	0.0				
	24.70	617.47	1734.4	-1734.4	109.55	562.00	384.88
100.00	0.00	0.00	0.0				
	22.59	564.81	2299.2	-2299.2	143.33	725.92	494.84
125.00	0.00	0.00	0.0				
	19.00	474.97	2774.2	-2774.2	172.77	883.81	604.80
150.00	0.00	0.00	0.0				
	20.15	503.86	3278.1	-3278.1	202.93	1042.64	714.77
175.00	0.00	0.00	0.0				
	19.46	486.50	3764.6	-3764.6	233.43	1201.85	824.73
200.00	0.00	0.00	0.0				
	20.10	502.59	4267.2	-4267.2	265.54	1363.11	934.70
225.00	0.00	0.00	0.0				
	19.86	496.48	4763.6	-4763.6	296.54	1522.95	1044.66
250.00	0.00	0.00	0.0				
	21.32	533.08	5296.7	-5296.7	328.04	1683.44	1154.63
275.00	0.00	0.00	0.0				
	19.56	488.93	5785.6	-5785.6	358.93	1843.16	1264.59
300.00	0.00	0.00	0.0				
	20.10	297.61	6083.3	-6083.3	377.75	1938.39	1329.70
304.61	0.00	0.00	0.0				
	19.97	249.62	6332.9	-6332.9	393.46	2018.58	1384.68
325.00	0.00	0.00	0.0				
	18.45	418.80	6751.7	-6751.7	419.53	2161.13	1484.52
350.00	0.00	0.00	0.0				

	15.91	397.68	7149.4	-7149.4	447.62	2317.36	1594.48
375.00	0.00	0.00	0.0				
	14.99	339.69	7489.0	-7489.0	472.08	2457.72	1694.17
395.33	0.00	0.00	0.0				
	12.87	160.83	7649.9	-7649.9	485.57	2535.14	1749.15
400.00	0.00	0.00	0.0				
	12.75	152.06	7801.9	-7801.9	498.30	2608.81	1801.60
419.18	0.00	0.00	0.0				
	12.86	160.72	7962.7	-7962.7	510.91	2685.13	1856.58
425.00	0.00	0.00	0.0				
	11.07	170.62	8133.3	-8133.3	524.47	2776.91	1924.76
450.00	0.17	4.35	4.3				
	7.77	194.21	8327.5	-8323.1	541.53	2920.64	2038.09
475.00	6.98	174.61	179.0				
	3.49	87.27	8414.7	-8235.8	557.92	3061.11	2154.23
500.00	8.51	212.63	391.6				
	3.13	78.33	8493.1	-8101.5	573.76	3200.11	2273.25
525.00	0.87	21.73	413.3				
	3.68	92.06	8585.1	-8171.8	589.29	3342.29	2395.24
550.00	3.24	71.63	484.9				
	2.14	47.31	8632.5	-8147.5	601.00	3465.59	2505.70
569.17	0.00	0.00	484.9				
	8.26	103.30	8735.8	-8250.8	609.26	3538.18	2569.40
575.00	1.14	17.62	502.6				
	10.57	162.86	8898.6	-8396.0	617.61	3626.03	2647.94
600.00	0.00	0.00	502.6				
	10.13	253.30	9151.9	-8649.3	642.10	3780.07	2775.35
625.00	0.00	0.00	502.6				
	3.92	97.93	9249.8	-8747.3	661.54	3927.33	2902.76
650.00	4.15	103.69	606.3				
	0.00	0.00	9249.8	-8643.6	672.09	4063.49	3030.16
675.00	12.32	307.94	914.2				
	0.00	0.00	9249.8	-8335.6	676.03	4187.71	3157.57
700.00	14.31	357.77	1272.0				
	0.00	0.00	9249.8	-7977.9	691.41	4328.12	3284.97
725.00	92.96	2324.12	3596.1				
	0.00	0.00	9249.8	-5653.8	768.05	4547.45	3412.38
750.00	121.26	3031.53	6627.6				
	0.00	0.00	9249.8	-2622.2	851.27	4768.00	3539.78
775.00	38.76	968.97	7596.6				
	0.00	0.00	9249.8	-1653.3	876.26	4916.21	3667.19
800.00	7.62	190.43	7787.0				
	0.00	0.00	9249.8	-1462.8	880.67	5044.68	3794.59
825.00	2.32	57.99	7845.0				
	0.00	0.00	9249.8	-1404.8	891.61	5181.28	3922.00

850.00	2.29	57.34	7902.3				
	0.00	0.00	9249.8	-1347.5	902.64	5318.00	4049.41
875.00	0.62	8.86	7911.2				
	0.00	0.00	9249.8	-1338.6	909.90	5397.11	4121.99
878.48	0.00	0.00	7911.2				
	0.09	1.10	9251.0	-1339.7	916.60	5466.95	4185.69
900.00	0.00	0.00	7911.2				
	3.28	76.36	9327.3	-1416.1	931.56	5599.78	4301.73
925.00	0.00	0.00	7911.2				
	1.16	21.02	9348.3	-1437.1	941.98	5701.27	4389.70
936.14	0.51	2.85	7914.1				
	0.00	0.00	9348.3	-1434.3	944.80	5732.08	4416.57
936.16	0.51	3.56	7917.6				
	0.00	0.00	9348.3	-1430.7	948.31	5770.35	4449.94
950.00	1.34	26.10	7943.7				
	0.00	0.00	9348.3	-1404.6	957.36	5876.50	4542.18
975.00	4.29	107.37	8051.1				
	0.00	0.00	9348.3	-1297.2	966.24	6009.39	4658.06
1000.00	7.72	193.05	8244.1				
	0.00	0.00	9348.3	-1104.2	972.00	6138.07	4771.12
1025.00	13.03	185.58	8429.7				
	0.00	0.00	9348.3	-918.6	974.75	6208.43	4833.98
1028.48	13.95	174.33	8604.0				
	0.00	0.00	9348.3	-744.3	977.17	6270.18	4888.96
1050.00	13.70	318.65	8922.7				
	0.00	0.00	9348.3	-425.6	978.00	6380.42	4991.26
1075.00	12.85	321.21	9243.9				
	0.00	0.00	9348.3	-104.4	979.56	6499.75	5101.23
1100.00	11.47	286.75	9530.6				
	0.00	0.00	9348.3	182.3	979.97	6621.39	5211.19
1125.00	11.78	294.56	9825.2				
	0.00	0.00	9348.3	476.9	982.02	6741.34	5321.16
1150.00	13.99	349.85	10175.0				
	0.00	0.00	9348.3	826.7	983.99	6857.43	5431.12
1175.00	15.21	232.44	10407.5				
	0.00	0.00	9348.3	1059.2	986.04	6929.44	5498.33
1180.56	15.72	196.49	10604.0				
	0.00	0.00	9348.3	1255.7	987.99	6988.68	5553.31
1200.00	16.23	360.55	10964.5				
	0.00	0.00	9348.3	1616.2	991.76	7094.60	5652.92
1225.00	17.20	305.74	11270.3				
	0.00	0.00	9348.3	1922.0	995.65	7180.64	5734.60
1235.56	17.50	218.80	11489.1				
	0.00	0.00	9348.3	2140.8	998.56	7241.41	5792.62
1250.00	18.03	355.60	11844.7				

	0.00	0.00	9348.3	2496.4	1003.52	7337.76	5884.16
1275.00	19.26	481.56	12326.2				
	0.00	0.00	9348.3	2977.9	1011.25	7461.69	6000.20
1300.00	21.24	443.26	12769.5				
	0.00	0.00	9348.3	3421.2	1019.47	7567.35	6097.06
1316.73	21.77	182.33	12951.8				
	0.00	0.00	9348.3	3603.5	1022.90	7609.91	6135.93
1316.75	21.77	90.02	13041.8				
	0.00	0.00	9348.3	3693.5	1024.59	7630.92	6155.12
1325.00	21.94	364.84	13406.7				
	0.00	0.00	9348.3	4058.4	1031.41	7715.43	6232.29
1350.00	22.73	492.43	13899.1				
	0.00	0.00	9348.3	4550.8	1041.15	7826.62	6332.84
1368.32	22.51	281.40	14180.5				
	0.00	0.00	9348.3	4832.2	1046.73	7890.73	6390.86
1375.00	22.87	362.21	14542.7				
	0.00	0.00	9348.3	5194.4	1054.12	7972.30	6463.90
1400.00	25.26	610.31	15153.0				
	0.00	0.00	9348.3	5804.7	1067.66	8099.30	6572.62
1423.32	27.78	347.22	15500.3				
	0.00	0.00	9348.3	6151.9	1075.77	8166.24	6627.61
1425.00	27.70	369.49	15869.7				
	0.00	0.00	9348.3	6521.4	1084.45	8237.71	6686.28
1450.00	24.10	602.59	16472.3				
	0.00	0.00	9348.3	7124.0	1097.52	8367.67	6796.24
1475.00	22.11	552.68	17025.0				
	0.00	0.00	9348.3	7676.7	1108.45	8494.94	6906.20
1500.00	23.37	584.23	17609.2				
	0.00	0.00	9348.3	8260.9	1120.83	8624.03	7016.17
1525.00	21.43	535.87	18145.1				
	0.00	0.00	9348.3	8796.8	1131.35	8750.81	7126.13
1550.00	30.15	753.69	18898.8				
	0.00	0.00	9348.3	9550.5	1150.44	8888.28	7236.10
1575.00	33.04	826.05	19724.9				
	0.00	0.00	9348.3	10376.5	1172.23	9029.11	7346.06
1600.00	35.32	730.69	20455.6				
	0.00	0.00	9348.3	11107.2	1192.15	9148.01	7437.06
1616.38	36.54	456.71	20912.3				
	0.00	0.00	9348.3	11563.9	1204.71	9220.50	7492.04
1625.00	36.33	610.79	21523.1				
	0.00	0.00	9348.3	12174.7	1221.56	9317.95	7565.99
1650.00	37.85	946.33	22469.4				
	0.00	0.00	9348.3	13121.1	1247.95	9464.52	7675.96
1675.00	36.93	923.24	23392.6				
	0.00	0.00	9348.3	14044.3	1273.99	9610.66	7785.92

1700.00	40.48	1011.95	24404.6				
	0.00	0.00	9348.3	15056.2	1302.99	9760.51	7895.88
1725.00	41.13	1028.30	25432.9				
	0.00	0.00	9348.3	16084.5	1332.75	9911.29	8005.85
1750.00	42.66	699.26	26132.1				
	0.00	0.00	9348.3	16783.8	1352.99	10011.06	8077.95
1757.79	43.15	539.34	26671.5				
	0.00	0.00	9348.3	17323.1	1368.46	10087.19	8132.94
1775.00	42.65	900.17	27571.6				
	0.00	0.00	9348.3	18223.3	1394.44	10215.54	8225.78
1800.00	44.25	1106.20	28677.8				
	0.00	0.00	9348.3	19329.5	1426.47	10369.15	8335.74
1825.00	40.97	1024.22	29702.1				
	0.00	0.00	9348.3	20353.7	1455.93	10519.56	8445.71
1850.00	40.48	1012.12	30714.2				
	0.00	0.00	9348.3	21365.9	1484.45	10668.79	8555.67
1875.00	38.59	964.86	31679.0				
	0.00	0.00	9348.3	22330.7	1511.29	10815.91	8665.63
1900.00	34.78	869.59	32548.6				
	0.00	0.00	9348.3	23200.3	1534.75	10958.81	8775.60
1925.00	34.81	870.34	33419.0				
	0.00	0.00	9348.3	24070.6	1558.24	11101.77	8885.56
1950.00	32.85	821.19	34240.1				
	0.00	0.00	9348.3	24891.8	1579.31	11241.70	8995.53
1975.00	25.79	644.87	34885.0				
	0.00	0.00	9348.3	25536.7	1594.18	11373.89	9105.49
2000.00	17.57	439.26	35324.3				
	0.00	0.00	9348.3	25976.0	1600.01	11494.79	9215.46
2025.00	14.54	363.62	35687.9				
	0.00	0.00	9348.3	26339.6	1602.51	11611.54	9325.42
2050.00	14.09	352.37	36040.3				
	0.00	0.00	9348.3	26692.0	1604.58	11727.74	9435.39
2075.00	12.36	308.88	36349.2				
	0.00	0.00	9348.3	27000.8	1605.62	11842.71	9545.35
2100.00	14.08	351.96	36701.1				

	0.00	0.00	9348.3	27352.8	1608.07	11959.40	9655.31
2125.00	11.83	295.85	36997.0				
	0.00	0.00	9348.3	27648.6	1609.15	12081.88	9765.28
2150.00	11.82	295.61	37292.6				
	0.00	0.00	9348.3	27944.3	1610.19	12204.31	9875.24
2175.00	12.74	318.55	37611.1				
	0.00	0.00	9348.3	28262.8	1611.70	12323.59	9985.21
2200.00	12.03	300.83	37912.0				
	0.00	0.00	9348.3	28563.6	1613.17	12442.80	10095.17
2225.00	12.03	300.63	38212.6				
	0.00	0.00	9348.3	28864.3	1614.36	12561.67	10205.14
2250.00	15.54	388.52	38601.1				
	0.00	0.00	9348.3	29252.8	1617.85	12679.66	10315.10
2275.00	17.35	433.69	39034.8				
	0.00	0.00	9348.3	29686.5	1623.47	12800.30	10425.07
2300.00	19.26	481.38	39516.2				
	0.00	0.00	9348.3	30167.8	1631.27	12923.67	10535.03
2325.00	21.48	537.00	40053.2				
	0.00	0.00	9348.3	30704.9	1641.44	13049.99	10644.99
2350.00	22.04	550.90	40604.1				
	0.00	0.00	9348.3	31255.7	1651.91	13176.69	10754.96
2375.00	21.46	536.42	41140.5				
	0.00	0.00	9348.3	31792.2	1662.03	13302.95	10864.92
2400.00	20.01	500.36	41640.9				
	0.00	0.00	9348.3	32292.5	1670.57	13427.25	10974.89
2425.00	17.55	438.86	42079.7				
	0.00	0.00	9348.3	32731.4	1676.48	13548.29	11084.85
2450.00	15.47	386.70	42466.4				
	0.00	0.00	9348.3	33118.1	1680.13	13666.48	11194.82
2475.00	14.84	370.88	42837.3				
	0.00	0.00	9348.3	33489.0	1683.06	13783.77	11304.78
2500.00	12.87	321.79	43159.1				
	0.00	0.00	9348.3	33810.8	1684.42	13902.85	11414.74

2525.00	12.10	302.56	43461.6				
	0.00	0.00	9348.3	34113.3	1685.40	14021.45	11524.71
2550.00	10.48	262.01	43723.6				
	0.00	0.00	9348.3	34375.3	1689.89	14148.93	11634.67
2575.00	4.00	99.98	43823.6				
	0.00	0.00	9348.3	34475.3	1698.35	14280.71	11744.64
2600.00	2.99	48.13	43871.8				
	0.00	0.00	9348.3	34523.4	1705.02	14367.12	11815.53
2607.23	3.40	42.46	43914.2				
	0.00	0.00	9348.3	34565.9	1710.04	14433.94	11870.51
2625.00	1.41	30.09	43944.3				
	0.00	0.00	9348.3	34596.0	1719.86	14549.81	11964.57
2650.00	4.24	105.93	44050.2				
	0.00	0.00	9348.3	34701.9	1728.89	14682.20	12074.53
2675.00	5.79	144.66	44194.9				
	0.00	0.00	9348.3	34846.6	1736.14	14812.38	12184.50
2700.00	2.19	54.80	44249.7				
	0.00	0.00	9348.3	34901.4	1747.22	14947.34	12294.46
2725.00	0.02	0.43	44250.1				
	0.00	0.00	9348.3	34901.8	1756.88	15047.28	12374.24
2736.28	0.00	0.00	44250.1				
	0.13	1.58	9349.9	34900.2	1763.64	15116.27	12429.22
2750.00	0.18	3.51	44253.6				
	0.00	0.00	9349.9	34903.7	1773.73	15222.68	12514.39
2775.00	0.00	0.00	44253.6				
	1.22	30.57	9380.5	34873.2	1788.23	15361.90	12624.35
2800.00	2.16	53.94	44307.6				
	0.00	0.00	9380.5	34927.1	1799.12	15496.62	12734.32
2825.00	6.95	173.85	44481.4				
	0.05	1.18	9381.7	35099.8	1805.50	15625.70	12844.28
2850.00	10.46	248.48	44729.9				
	0.00	0.00	9381.7	35348.3	1808.03	15744.00	12948.81
2872.53	12.19	152.42	44882.3				

	0.00	0.00	9381.7	35500.7	1808.60	15803.40	13003.79
2875.00	12.35	169.68	45052.0				
	0.00	0.00	9381.7	35670.4	1809.21	15868.66	13064.21
2900.00	16.85	421.20	45473.2				
	0.00	0.00	9381.7	36091.6	1814.52	15988.92	13174.17
2925.00	22.75	568.75	46042.0				
	0.00	0.00	9381.7	36660.3	1825.03	16115.68	13284.14
2950.00	23.66	591.46	46633.4				
	0.00	0.00	9381.7	37251.8	1837.73	16246.16	13394.10
2975.00	32.33	808.31	47441.7				
	0.00	0.00	9381.7	38060.1	1857.01	16385.52	13504.07
3000.00	26.31	570.93	48012.7				
	0.00	0.00	9381.7	38631.0	1870.98	16501.63	13599.51
3018.40	26.00	325.06	48337.7				
	0.00	0.00	9381.7	38956.1	1878.52	16567.86	13654.50
3025.00	25.53	403.44	48741.2				
	0.00	0.00	9381.7	39359.5	1887.65	16651.10	13724.00
3050.00	16.18	404.50	49145.7				
	0.00	0.00	9381.7	39764.0	1891.75	16769.83	13833.96
3075.00	12.25	306.14	49451.8				
	0.00	0.00	9381.7	40070.1	1893.92	16889.94	13943.93
3100.00	8.91	222.68	49674.5				
	0.00	0.00	9381.7	40292.8	1898.04	17016.21	14053.89
3125.00	7.40	184.93	49859.4				
	0.02	0.38	9382.0	40477.4	1904.12	17144.93	14163.85
3150.00	4.78	119.56	49979.0				
	0.00	0.00	9382.0	40596.9	1913.52	17277.80	14273.82
3175.00	5.39	134.71	50113.7				
	0.00	0.00	9382.0	40731.6	1922.00	17409.52	14383.78
3200.00	5.43	135.83	50249.5				
	0.00	0.00	9382.0	40867.5	1929.66	17540.21	14493.75
3225.00	4.97	124.20	50373.7				
	0.00	0.00	9382.0	40991.7	1937.45	17671.07	14603.71

3250.00	6.62	165.48	50539.2				
	0.09	2.20	9384.2	41155.0	1944.13	17800.53	14713.68
3275.00	7.13	178.31	50717.5				
	0.00	0.06	9384.3	41333.2	1950.06	17929.06	14823.64
3300.00	8.49	212.14	50929.6				
	0.00	0.00	9384.3	41545.4	1954.72	18056.01	14933.61
3325.00	9.20	230.00	51159.6				
	0.00	0.00	9384.3	41775.4	1958.75	18182.16	15043.57
3350.00	8.75	218.63	51378.3				
	0.00	0.00	9384.3	41994.0	1963.23	18308.88	15153.53
3375.00	8.01	200.18	51578.4				
	0.00	0.00	9384.3	42194.2	1968.29	18436.33	15263.50
3400.00	7.85	196.23	51774.7				
	0.00	0.00	9384.3	42390.4	1973.38	18563.82	15373.46
3425.00	9.19	229.69	52004.4				
	0.00	0.00	9384.3	42620.1	1977.18	18689.69	15483.43
3450.00	7.65	191.13	52195.5				
	0.00	0.00	9384.3	42811.2	1982.47	18817.43	15593.39
3475.00	7.61	190.15	52385.6				
	0.00	0.00	9384.3	43001.4	1987.96	18945.40	15703.36
3500.00	11.28	281.99	52667.6				
	0.00	0.00	9384.3	43283.3	1989.53	19068.50	15813.32
3525.00	11.38	188.73	52856.4				
	0.00	0.00	9384.3	43472.1	1990.79	19147.97	15886.29
3533.18	11.38	142.28	52998.7				
	0.00	0.00	9384.3	43614.4	1991.73	19207.83	15941.27
3550.00	11.95	249.88	53248.5				
	0.00	0.00	9384.3	43864.2	1993.30	19307.97	16033.25
3575.00	11.92	297.93	53546.5				
	0.00	0.00	9384.3	44162.2	1995.37	19427.95	16143.21
3600.00	14.15	353.85	53900.3				
	0.00	0.00	9384.3	44516.0	1997.42	19544.14	16253.18
3625.00	16.96	253.85	54154.2				

	0.00	0.00	9384.3	44769.9	2000.49	19616.02	16319.03
3629.94	17.29	216.17	54370.3				
	0.00	0.00	9384.3	44986.0	2003.24	19676.27	16374.01
3650.00	18.54	417.70	54788.0				
	0.00	0.00	9384.3	45403.7	2009.38	19786.33	16473.11
3675.00	18.89	472.25	55260.3				
	0.00	0.00	9384.3	45876.0	2016.69	19909.09	16583.07
3700.00	17.32	432.90	55693.2				
	0.00	0.00	9384.3	46308.9	2022.65	20030.17	16693.04
3725.00	17.12	249.82	55943.0				
	0.00	0.00	9384.3	46558.7	2026.09	20100.78	16757.22
3729.18	17.20	214.96	56158.0				
	0.00	0.00	9384.3	46773.7	2029.07	20161.31	16812.20
3750.00	18.28	418.73	56576.7				
	0.00	0.00	9384.3	47192.4	2035.50	20273.69	16915.03
3775.00	21.75	371.82	56948.5				
	0.00	0.00	9384.3	47564.2	2042.86	20360.95	16993.66
3784.18	23.97	299.69	57248.2				
	0.00	0.00	9384.3	47863.9	2049.40	20426.26	17051.68
3800.00	28.83	588.34	57836.5				
	0.00	0.00	9384.3	48452.3	2063.88	20537.65	17146.41
3825.00	28.08	701.89	58538.4				
	0.00	0.00	9384.3	49154.1	2080.76	20673.01	17262.45
3850.00	28.50	712.51	59250.9				
	0.00	0.00	9384.3	49866.7	2098.01	20808.84	17378.50
3875.00	28.93	723.34	59974.3				
	0.00	0.00	9384.3	50590.0	2115.67	20945.18	17494.54
3900.00	28.70	717.58	60691.9				
	0.00	0.00	9384.3	51307.6	2132.95	21081.05	17610.58
3925.00	27.81	695.34	61387.2				
	0.00	0.00	9384.3	52002.9	2149.41	21215.88	17726.63
3950.00	25.08	627.11	62014.3				
	0.00	0.00	9384.3	52630.0	2163.22	21347.40	17842.67

3975.00	27.33	683.30	62697.6				
	0.00	0.00	9384.3	53313.3	2179.28	21481.74	17958.71
4000.00	29.67	741.66	63439.3				
	0.00	0.00	9384.3	54055.0	2197.40	21618.64	18074.76
4025.00	31.52	788.10	64227.4				
	0.00	0.00	9384.3	54843.1	2216.87	21757.23	18190.80
4050.00	36.27	798.68	65026.1				
	0.00	0.00	9384.3	55641.8	2235.85	21882.87	18293.00
4069.04	33.21	415.17	65441.2				
	0.00	0.00	9384.3	56056.9	2246.71	21953.56	18351.02
4075.00	34.80	538.77	65980.0				
	0.00	0.00	9384.3	56595.7	2261.08	22042.23	18422.47
4100.00	37.50	919.49	66899.5				
	0.00	0.00	9384.3	57515.2	2286.41	22185.58	18532.87
4124.04	37.67	470.85	67370.3				
	0.00	0.00	9384.3	57986.1	2299.52	22258.76	18587.86
4125.00	37.43	485.92	67856.3				
	0.00	0.00	9384.3	58472.0	2313.02	22334.62	18644.96
4150.00	33.04	825.99	68682.2				
	0.00	0.00	9384.3	59298.0	2334.64	22475.25	18754.92
4175.00	28.59	714.65	69396.9				
	0.00	0.00	9384.3	60012.6	2352.13	22610.71	18864.89
4200.00	26.69	667.33	70064.2				
	0.00	0.00	9384.3	60679.9	2367.71	22743.79	18974.85
4225.00	26.07	651.75	70716.0				
	0.00	0.00	9384.3	61331.7	2382.91	22876.39	19084.82
4250.00	26.58	664.57	71380.5				
	0.00	0.00	9384.3	61996.3	2398.49	23009.47	19194.78
4275.00	28.86	721.42	72102.0				
	0.00	0.00	9384.3	62717.7	2416.16	23145.15	19304.75
4300.00	28.52	470.96	72572.9				
	0.00	0.00	9384.3	63188.6	2427.52	23234.39	19377.38
4308.02	28.11	351.44	72924.4				

	0.00	0.00	9384.3	63540.1	2435.93	23301.70	19432.36
4325.00	27.78	582.99	73507.3				
	0.00	0.00	9384.3	64123.1	2449.66	23414.23	19524.67
4350.00	28.82	720.47	74227.8				
	0.00	0.00	9384.3	64843.5	2467.41	23550.02	19634.64
4375.00	26.84	562.01	74789.8				
	0.00	0.00	9384.3	65405.5	2480.55	23661.60	19726.73
4391.88	25.83	322.88	75112.7				
	0.00	0.00	9384.3	65728.4	2487.91	23727.59	19781.72
4400.00	25.28	418.63	75531.3				
	0.00	0.00	9384.3	66147.1	2497.27	23814.56	19854.57
4425.00	23.96	598.90	76130.2				
	0.00	0.00	9384.3	66746.0	2510.06	23944.15	19964.53
4450.00	23.80	594.90	76725.1				
	0.00	0.00	9384.3	67340.9	2522.68	24073.52	20074.50
4475.00	23.17	579.34	77304.5				
	0.00	0.00	9384.3	67920.2	2534.65	24202.10	20184.46
4500.00	22.97	574.32	77878.8				
	0.00	0.00	9384.3	68494.5	2546.28	24330.24	20294.42
4525.00	21.05	526.19	78405.0				
	0.00	0.00	9384.3	69020.7	2556.02	24456.02	20404.39
4550.00	5.51	137.80	78542.8				
	0.00	0.00	9384.3	69158.5	2562.69	24585.49	20514.35
4575.00	12.68	317.10	78859.9				
	0.00	0.00	9384.3	69475.6	2567.23	24708.60	20624.32
4600.00	15.42	354.00	79213.9				
	0.00	0.00	9384.3	69829.6	2570.44	24816.96	20725.31
4620.92	15.21	190.15	79404.0				
	0.00	0.00	9384.3	70019.8	2572.12	24875.88	20780.29
4625.00	15.03	218.48	79622.5				
	0.00	0.00	9384.3	70238.2	2573.92	24944.22	20844.25
4650.00	12.75	318.68	79941.2				
	0.00	0.00	9384.3	70556.9	2575.70	25063.82	20954.21

4675.00	9.87	246.79	80188.0				
	0.00	0.00	9384.3	70803.7	2578.83	25188.87	21064.18
4700.00	8.97	224.37	80412.4				
	0.00	0.00	9384.3	71028.1	2582.61	25314.73	21174.14
4725.00	11.19	279.79	80692.2				
	0.00	0.00	9384.3	71307.9	2584.00	25433.84	21284.10
4750.00	12.29	244.66	80936.8				
	0.00	0.00	9384.3	71552.5	2585.66	25529.38	21371.66
4764.81	13.54	169.22	81106.0				
	0.00	0.00	9384.3	71721.7	2586.56	25589.19	21426.65
4775.00	14.06	247.43	81353.5				
	0.00	0.00	9384.3	71969.2	2588.00	25670.96	21504.03
4800.00	16.17	404.15	81757.6				
	0.00	0.00	9384.3	72373.3	2592.61	25790.35	21614.00
4825.00	15.74	393.43	82151.0				
	0.00	0.00	9384.3	72766.8	2596.74	25909.13	21723.96
4850.00	14.64	310.43	82461.5				
	0.00	0.00	9384.3	73077.2	2598.93	26008.26	21817.24
4867.41	12.64	158.03	82619.5				
	0.00	0.00	9384.3	73235.2	2599.31	26067.42	21872.22
4875.00	11.68	190.31	82809.8				
	0.00	0.00	9384.3	73425.5	2599.91	26144.72	21944.42
4900.00	9.95	248.86	83058.7				
	0.00	0.00	9384.3	73674.4	2602.67	26269.69	22057.95
4925.00	10.19	254.80	83313.5				
	0.00	0.00	9384.3	73929.2	2605.72	26395.32	22174.28
4950.00	14.36	359.06	83672.5				
	0.00	0.00	9384.3	74288.2	2607.67	26512.38	22293.51
4975.00	14.13	334.91	84007.4				
	0.00	0.00	9384.3	74623.2	2609.47	26623.61	22409.39
4997.41	15.03	187.91	84195.4				
	0.00	0.00	9384.3	74811.1	2611.01	26683.13	22471.85
5000.00	15.43	212.83	84408.2				

	0.00	0.00	9384.3	75023.9	2613.00	26749.17	22540.77
5025.00	21.72	543.11	84951.3				
	0.00	0.00	9384.3	75567.0	2623.06	26876.96	22665.70
5050.00	23.43	585.76	85537.1				
	0.00	0.00	9384.3	76152.8	2635.00	27007.07	22790.62
5075.00	23.74	550.53	86087.6				
	0.00	0.00	9384.3	76703.3	2646.20	27127.89	22906.48
5096.37	23.51	293.89	86381.5				
	0.00	0.00	9384.3	76997.2	2652.05	27192.81	22968.94
5100.00	23.69	339.05	86720.5				
	0.00	0.00	9384.3	77336.2	2658.58	27266.94	23040.46
5125.00	27.85	696.18	87416.7				
	0.00	0.00	9384.3	78032.4	2674.88	27402.49	23165.39
5150.00	32.81	820.13	88236.8				
	0.00	0.00	9384.3	78852.5	2695.81	27543.82	23290.31
5175.00	30.49	519.41	88756.2				
	0.00	0.00	9384.3	79372.0	2708.69	27638.40	23375.44
5184.07	29.16	364.49	89120.7				
	0.00	0.00	9384.3	79736.4	2717.41	27706.89	23437.90
5200.00	26.64	258.00	89378.7				
	0.00	0.00	9384.3	79994.4	2723.22	27758.77	23486.28
5203.44	26.15	326.82	89705.6				
	0.00	0.00	9384.3	80321.3	2730.49	27825.45	23548.74
5225.00	24.18	562.88	90268.4				
	0.00	0.00	9384.3	80884.1	2742.49	27947.48	23662.63
5250.00	21.48	536.92	90805.4				
	0.00	0.00	9384.3	81421.1	2752.57	28074.71	23781.96
5275.00	19.45	486.35	91291.7				
	0.00	0.00	9384.3	81907.4	2760.25	28198.64	23898.40
5300.00	18.95	473.70	91765.4				
	0.00	0.00	9384.3	82381.1	2767.65	28321.92	24012.02
5325.00	19.36	323.64	92089.0				
	0.00	0.00	9384.3	82704.8	2772.96	28404.61	24086.17

5333.44	19.56	244.52	92333.6				
	0.00	0.00	9384.3	82949.3	2777.05	28466.53	24141.15
5350.00	17.18	356.99	92690.6				
	0.00	0.00	9384.3	83306.3	2781.69	28566.78	24232.55
5375.00	13.83	345.78	93036.3				
	0.00	0.00	9384.3	83652.0	2783.47	28682.56	24342.52
5400.00	12.75	318.68	93355.0				
	0.00	0.00	9384.3	83970.7	2785.44	28802.40	24452.48
5425.00	10.78	269.41	93624.4				
	0.00	0.00	9384.3	84240.1	2787.48	28926.09	24562.45
5450.00	9.20	230.11	93854.5				
	0.00	0.00	9384.3	84470.3	2791.21	29051.87	24672.41
5475.00	8.93	223.30	94077.8				
	0.00	0.00	9384.3	84693.6	2795.37	29178.21	24782.38
5500.00	2.55	63.63	94141.5				
	0.00	0.00	9384.3	84757.2	2806.08	29312.70	24892.34
5525.00	0.00	0.00	94141.5				
	0.32	8.11	9392.4	84749.1	2819.88	29451.07	25002.30
5550.00	1.39	34.69	94176.2				
	0.00	0.00	9392.4	84783.8	2831.92	29587.24	25112.27
5575.00	0.26	6.55	94182.7				
	0.00	0.00	9392.4	84790.3	2844.89	29724.57	25222.23
5600.00	0.13	3.21	94185.9				
	0.00	0.00	9392.4	84793.5	2858.22	29862.35	25332.20
5625.00	0.00	0.00	94185.9				
	2.88	72.10	9464.5	84721.4	2874.30	30003.55	25442.16
5650.00	0.00	0.00	94185.9				
	6.87	171.79	9636.3	84549.7	2894.11	30149.42	25552.13
5675.00	0.00	0.00	94185.9				
	11.44	285.99	9922.3	84263.7	2918.10	30300.50	25662.09
5700.00	0.00	0.00	94185.9				
	15.59	389.63	10311.9	83874.0	2945.93	30456.36	25772.06
5725.00	0.00	0.00	94185.9				

	21.26	531.56	10843.5	83342.5	2978.30	30617.89	25882.02
5750.00	0.00	0.00	94185.9				
	15.20	380.03	11223.5	82962.4	3006.98	30774.86	25991.98
5775.00	0.00	0.00	94185.9				
	13.89	347.28	11570.8	82615.2	3035.87	30932.20	26101.95
5800.00	0.00	0.00	94185.9				
	19.89	497.16	12067.9	82118.0	3067.74	31093.19	26211.91
5825.00	0.00	0.00	94185.9				
	29.38	734.38	12802.3	81383.6	3107.15	31263.55	26321.88
5850.00	0.00	0.00	94185.9				
	25.78	644.46	13446.8	80739.2	3143.61	31430.20	26431.84
5875.00	0.00	0.00	94185.9				
	24.15	603.78	14050.5	80135.4	3178.61	31595.00	26541.81
5900.00	0.00	0.00	94185.9				
	17.07	426.72	14477.3	79708.7	3207.70	31752.44	26651.77
5925.00	0.00	0.00	94185.9				
	9.69	242.35	14719.6	79466.3	3230.22	31901.69	26761.73
5950.00	0.00	0.00	94185.9				
	3.31	82.71	14802.3	79383.6	3246.87	32043.61	26871.70
5975.00	2.89	72.30	94258.2				
	0.00	0.00	14802.3	79455.9	3257.49	32177.99	26981.66
6000.00	6.79	169.79	94428.0				
	0.06	1.50	14803.8	79624.2	3263.92	32307.14	27091.63
6025.00	8.39	209.63	94637.6				
	0.00	0.00	14803.8	79833.8	3268.58	32434.08	27201.59
6050.00	10.01	250.13	94887.8				
	0.00	0.00	14803.8	80083.9	3271.48	32558.83	27311.56
6075.00	11.60	289.88	95177.7				
	0.00	0.00	14803.8	80373.8	3272.62	32681.29	27421.52
6100.00	12.99	324.83	95502.5				
	0.00	0.00	14803.8	80698.7	3273.57	32799.86	27531.49
6125.00	13.64	340.90	95843.4				
	0.00	0.00	14803.8	81039.6	3276.04	32920.34	27641.45

6150.00	13.44	335.97	96179.3				
	0.00	0.00	14803.8	81375.5	3277.76	33036.11	27751.41
6175.00	17.61	440.20	96619.5				
	0.00	0.00	14803.8	81815.7	3283.88	33157.39	27861.38
6200.00	25.19	629.77	97249.3				
	0.00	0.00	14803.8	82445.5	3298.35	33289.08	27971.34
6225.00	32.78	819.45	98068.8				
	0.00	0.00	14803.8	83264.9	3320.16	33429.94	28081.31
6250.00	32.72	817.95	98886.7				
	0.00	0.00	14803.8	84082.9	3340.89	33569.44	28191.27
6275.00	30.99	774.85	99661.6				
	0.00	0.00	14803.8	84857.7	3360.71	33707.82	28301.24
6300.00	35.49	887.27	100548.8				
	0.00	0.00	14803.8	85745.0	3384.01	33850.54	28411.20
6325.00	39.51	987.78	101536.6				
	0.00	0.00	14803.8	86732.8	3411.22	33998.15	28521.17
6350.00	45.42	1135.44	102672.0				
	0.00	0.00	14803.8	87868.2	3444.07	34152.80	28631.13
6375.00	52.17	748.07	103420.1				
	0.00	0.00	14803.8	88616.3	3465.96	34245.31	28694.20
6378.68	52.98	662.31	104082.4				
	0.00	0.00	14803.8	89278.6	3485.40	34326.40	28749.18
6400.00	54.79	1269.00	105351.4				
	0.00	0.00	14803.8	90547.6	3522.89	34478.48	28851.06
6425.00	68.75	1718.79	107070.2				
	0.00	0.00	14803.8	92266.4	3558.91	34685.85	41906.17
6450.00	65.02	1625.61	108695.8				
	0.00	0.00	14803.8	93892.0	3592.04	34889.61	54940.93
6475.00	55.27	913.62	109609.5				

	0.00	0.00	14803.8	94805.6	3610.08	35019.49	63540.32
6483.06	50.85	324.22	109933.7				
	0.00	0.00	14803.8	95129.8	3616.30	35068.66	66854.19
6487.75	48.34	409.44	110343.1				
	0.00	0.00	14803.8	95539.3	3623.95	35133.24	71254.44
6500.00	47.17	878.51	111221.6				
	0.00	0.00	14803.8	96417.8	3640.24	35274.66	80916.56
6525.00	43.96	939.61	112161.2				
	0.00	0.00	14803.8	97357.4	3657.06	35434.89	91974.26
6542.75	41.63	520.35	112681.6				
	0.00	0.00	14803.8	97877.8	3666.00	35527.58	98427.46
6550.00	40.82	658.18	113339.8				
	0.00	0.00	14803.8	98535.9	3677.14	35646.66	106745.08
6575.00	37.75	943.74	114283.5				
	0.00	0.00	14803.8	99479.7	3692.29	35828.62	119604.88
6600.00	32.96	823.96	115107.5				
	0.00	0.00	14803.8	100303.6	3703.77	36006.00	132428.54
6625.00	27.38	684.57	115792.0				
	0.00	0.00	14803.8	100988.2	3710.79	36177.92	145216.07
6650.00	24.78	619.54	116411.6				
	0.00	0.00	14803.8	101607.7	3715.83	36347.28	157967.46
6675.00	24.26	606.59	117018.2				
	0.00	0.00	14803.8	102214.3	3720.28	36515.87	170682.71
6700.00	25.01	625.37	117643.5				
	0.00	0.00	14803.8	102839.7	3725.32	36685.20	183361.83
6725.00	24.95	623.68	118267.2				
	0.00	0.00	14803.8	103463.4	3730.27	36854.42	196004.81

6750.00	27.60	689.95	118957.2				
	0.00	0.00	14803.8	104153.3	3737.42	37026.38	208611.65
6775.00	25.27	631.66	119588.8				
	0.00	0.00	14803.8	104785.0	3742.26	37195.46	221182.36
6800.00	27.11	376.95	119965.8				
	0.00	0.00	14803.8	105161.9	3745.83	37290.58	228153.09
6802.81	27.40	342.54	120308.3				
	0.00	0.00	14803.8	105504.5	3749.14	37376.25	234418.35
6825.00	29.52	696.65	121005.0				
	0.00	0.00	14803.8	106201.1	3757.06	37539.77	246216.08
6850.00	32.70	536.32	121541.3				
	0.00	0.00	14803.8	106737.5	3764.30	37655.40	254393.88
6857.81	34.12	426.46	121967.8				
	0.00	0.00	14803.8	107163.9	3770.29	37744.07	260620.31
6875.00	34.77	733.54	122701.3				
	0.00	0.00	14803.8	107897.5	3780.71	37894.11	271108.05
6900.00	32.87	821.70	123523.0				
	0.00	0.00	14803.8	108719.2	3792.00	38070.57	283499.92
6925.00	31.16	778.89	124301.9				
	0.00	0.00	14803.8	109498.1	3802.36	38245.88	295855.66
6950.00	29.94	748.53	125050.4				
	0.00	0.00	14803.8	110246.6	3812.04	38420.35	308175.25
6975.00	29.26	731.44	125781.9				
	0.00	0.00	14803.8	110978.0	3821.01	38593.93	320458.71
7000.00	29.51	737.67	126519.5				
	0.00	0.00	14803.8	111715.7	3830.16	38767.73	332706.03
7025.00	29.67	741.76	127261.3				

	0.00	0.00	14803.8	112457.5	3839.43	38941.69	344917.22
7050.00	26.80	670.01	127931.3				
	0.00	0.00	14803.8	113127.5	3846.08	39112.37	357092.27
7075.00	25.27	631.63	128562.9				
	0.00	0.00	14803.8	113759.1	3851.49	39281.50	369231.19
7100.00	24.77	619.17	129182.1				
	0.00	0.00	14803.8	114378.3	3856.71	39450.40	381333.97
7125.00	25.54	638.54	129820.6				
	0.00	0.00	14803.8	115016.8	3862.56	39620.08	393400.61
7150.00	26.48	662.00	130482.6				
	0.00	0.00	14803.8	115678.8	3869.04	39790.55	405431.11
7175.00	26.42	660.42	131143.1				
	0.00	0.00	14803.8	116339.2	3875.25	39960.68	417425.48
7200.00	24.55	613.82	131756.9				
	0.00	0.00	14803.8	116953.1	3879.98	40128.97	429383.72
7225.00	23.39	584.75	132341.6				
	0.00	0.00	14803.8	117537.8	3884.50	40297.01	441305.82
7250.00	24.87	621.83	132963.5				
	0.00	0.00	14803.8	118159.6	3889.32	40469.17	453191.78
7275.00	24.65	616.36	133579.8				
	0.00	0.00	14803.8	118776.0	3893.96	40637.38	465041.60
7300.00	21.44	536.06	134115.9				
	0.00	0.00	14803.8	119312.1	3897.95	40808.50	476855.29
7325.00	19.40	484.91	134600.8				
	0.00	0.00	14803.8	119797.0	3900.61	40977.94	488632.84
7350.00	20.66	516.55	135117.3				
	0.00	0.00	14803.8	120313.5	3903.61	41147.81	500374.26

7375.00	21.18	482.64	135600.0				
	0.00	0.00	14803.8	120796.2	3907.41	41303.97	511042.45
7395.57	21.13	264.06	135864.1				
	0.00	0.00	14803.8	121060.2	3909.75	41389.96	516880.22
7400.00	21.09	310.40	136174.5				
	0.00	0.00	14803.8	121370.6	3912.54	41491.23	523748.76
7425.00	21.05	526.33	136700.8				
	0.00	0.00	14803.8	121896.9	3915.32	41660.91	535387.77
7450.00	28.69	717.33	137418.1				
	0.00	0.00	14803.8	122614.3	3923.10	41833.00	547005.15
7475.00	37.17	928.45	138346.6				
	0.00	0.00	14803.8	123542.7	3937.69	42013.43	558598.43
7499.95	47.27	590.92	138937.5				
	0.00	0.00	14803.8	124133.6	3948.54	42108.16	564398.49
7500.00	47.29	592.29	139529.8				
	0.00	0.00	14803.8	124725.9	3959.41	42203.07	570209.68
7525.00	53.38	1334.56	140864.3				
	0.00	0.00	14803.8	126060.5	3984.47	42396.73	581809.79
7550.00	55.21	1380.24	142244.6				
	0.00	0.00	14803.8	127440.7	4011.38	42592.70	593409.90
7575.00	56.16	1404.02	143648.6				
	0.00	0.00	14803.8	128844.8	4039.17	42789.77	605010.00
7600.00	60.95	1523.84	145172.4				
	0.00	0.00	14803.8	130368.6	4070.39	42991.12	616610.11
7625.00	66.93	1673.30	146845.7				
	0.00	0.00	14803.8	132041.9	4106.44	43198.50	628210.22
7650.00	72.20	1805.03	148650.8				

	0.00	0.00	14803.8	133846.9	4145.89	43410.13	639810.33
7675.00	99.81	2495.29	151146.1				
	0.00	0.00	14803.8	136342.2	4203.31	43645.34	651410.44
7700.00	77.39	1934.76	153080.8				
	0.00	0.00	14803.8	138277.0	4245.53	43860.43	663010.55
7725.00	82.78	2069.40	155150.2				
	0.00	0.00	14803.8	140346.4	4290.43	44078.87	674610.66
7750.00	80.17	2004.26	157154.5				
	0.00	0.00	14803.8	142350.7	4333.87	44295.47	686210.77
7775.00	76.62	1915.61	159070.1				
	0.00	0.00	14803.8	144266.3	4375.47	44509.78	697810.88
7800.00	75.01	1875.35	160945.4				
	0.00	0.00	14803.8	146141.6	4416.28	44723.09	709410.99
7825.00	75.58	1889.50	162834.9				
	0.00	0.00	14803.8	148031.1	4456.35	44935.50	721011.10
7850.00	70.77	1769.13	164604.1				
	0.00	0.00	14803.8	149800.2	4493.82	45144.66	732611.21
7875.00	64.00	1599.92	166204.0				
	0.00	0.00	14803.8	151400.2	4527.78	45349.43	744211.32
7900.00	61.47	1536.70	167740.7				
	0.00	0.00	14803.8	152936.9	4559.83	45551.82	755811.43
7925.00	57.98	1449.55	169190.2				
	0.00	0.00	14803.8	154386.4	4589.15	45750.80	767411.54
7950.00	53.00	1324.99	170515.2				
	0.00	0.00	14803.8	155711.4	4614.53	45944.87	779011.65
7975.00	49.92	1247.91	171763.1				
	0.00	0.00	14803.8	156959.3	4637.81	46136.32	790611.76

8000.00	44.49	1112.33	172875.5				
	0.00	0.00	14803.8	158071.6	4657.64	46323.51	802211.87
8025.00	48.19	1204.86	174080.3				
	0.00	0.00	14803.8	159276.5	4680.49	46514.41	813811.98
8050.00	50.53	1263.20	175343.5				
	0.00	0.00	14803.8	160539.7	4704.83	46707.17	825412.09
8075.00	45.80	1145.04	176488.6				
	0.00	0.00	14803.8	161684.7	4725.81	46895.76	837012.19
8100.00	37.90	947.60	177436.2				
	0.00	0.00	14803.8	162632.3	4740.98	47077.08	848612.30
8125.00	32.74	818.54	178254.7				
	0.00	0.00	14803.8	163450.9	4752.19	47253.47	860212.41
8150.00	28.07	701.77	178956.5				
	0.00	0.00	14803.8	164152.6	4759.83	47425.40	871812.52
8175.00	21.73	543.14	179499.6				
	0.00	0.00	14803.8	164695.8	4764.89	47597.86	883412.63
8200.00	16.28	406.95	179906.6				
	0.10	2.47	14806.3	165100.3	4770.53	47771.04	895012.74
8225.00	11.36	283.97	180190.5				
	0.00	0.00	14806.3	165384.2	4776.50	47948.39	906612.85
8250.00	6.64	165.95	180356.5				
	0.00	0.00	14806.3	165550.2	4785.87	48129.98	918212.96
8275.00	1.73	43.21	180399.7				
	0.73	18.24	14824.5	165575.1	4799.24	48316.55	929813.07
8300.00	0.00	0.00	180399.7				
	6.58	164.43	14989.0	165410.7	4818.03	48509.90	941413.18
8325.00	0.00	0.00	180399.7				

	13.46	336.53	15325.5	165074.2	4841.70	48709.34	953013.29
8350.00	0.00	0.00	180399.7				
	21.80	545.04	15870.6	164529.1	4871.09	48915.92	964613.40
8375.00	0.00	0.00	180399.7				
	26.75	668.86	16539.4	163860.3	4903.67	49126.50	976213.51
8400.00	0.00	0.00	180399.7				
	26.88	671.91	17211.3	163188.4	4936.12	49336.91	987813.62
8425.00	0.00	0.00	180399.7				
	27.86	696.48	17907.8	162491.9	4969.13	49548.01	999413.73
8450.00	0.00	0.00	180399.7				
	29.30	732.61	18640.4	161759.3	5004.02	49761.50	1011013.84
8475.00	0.00	0.00	180399.7				
	27.06	676.44	19316.9	161082.8	5037.39	49973.05	1022613.95
8500.00	0.00	0.00	180399.7				
	26.77	669.15	19986.0	160413.7	5070.21	50183.91	1034214.06
8525.00	0.00	0.00	180399.7				
	31.83	795.69	20781.7	159618.0	5106.13	50398.64	1045814.17
8550.00	0.00	0.00	180399.7				
	35.26	881.44	21663.1	158736.5	5144.39	50616.46	1057414.28
8575.00	0.00	0.00	180399.7				
	39.02	975.62	22638.8	157760.9	5185.12	50837.33	1069014.38
8600.00	0.00	0.00	180399.7				
	41.48	1036.95	23675.7	156724.0	5226.91	51059.41	1080614.49
8625.00	0.00	0.00	180399.7				
	37.56	939.05	24614.8	155784.9	5265.89	51278.01	1092214.60
8650.00	0.00	0.00	180399.7				
	34.64	865.97	25480.7	154918.9	5303.39	51494.75	1103814.71

8675.00	0.00	0.00	180399.7				
	33.04	826.07	26306.8	154092.9	5339.82	51710.10	1115414.82
8700.00	0.00	0.00	180399.7				
	31.60	789.94	27096.7	153302.9	5375.89	51925.01	1127014.93
8725.00	0.00	0.00	180399.7				
	35.51	887.76	27984.5	152415.2	5412.94	52141.24	1138615.04
8750.00	0.00	0.00	180399.7				
	33.80	844.94	28829.4	151570.2	5450.23	52357.68	1150215.15
8775.00	0.00	0.00	180399.7				
	36.38	909.54	29739.0	150660.7	5488.54	52575.42	1161815.26
8800.00	0.00	0.00	180399.7				
	34.24	856.03	30595.0	149804.7	5525.94	52792.00	1173415.37
8825.00	0.00	0.00	180399.7				
	34.08	851.99	31447.0	148952.7	5563.43	53008.69	1185015.48
8850.00	0.00	0.00	180399.7				
	34.81	870.25	32317.3	148082.4	5601.54	53226.15	1196615.59
8875.00	0.00	0.00	180399.7				
	34.80	869.91	33187.2	147212.5	5640.69	53444.95	1208215.70
8900.00	0.00	0.00	180399.7				
	37.24	930.94	34118.1	146281.6	5680.49	53664.52	1219815.81
8925.00	0.00	0.00	180399.7				
	39.89	997.13	35115.2	145284.5	5721.17	53885.19	1231415.92
8950.00	0.00	0.00	180399.7				
	35.71	892.70	36007.9	144391.8	5759.53	54102.96	1243016.03
8975.00	0.00	0.00	180399.7				
	23.73	593.23	36601.2	143798.5	5790.37	54311.34	1254616.14
9000.00	0.00	0.00	180399.7				

	10.90	272.49	36873.6	143526.0	5812.58	54508.95	1266216.25
9025.00	0.00	0.00	180399.7				
	6.74	168.56	37042.2	143357.5	5832.11	54703.23	1277816.36
9050.00	0.00	0.00	180399.7				
	1.65	41.29	37083.5	143316.2	5847.76	54892.66	1289416.47
9075.00	0.00	0.00	180399.7				
	3.56	88.98	37172.5	143227.2	5865.27	55084.42	1301016.57
9100.00	0.00	0.00	180399.7				
	9.02	225.60	37398.1	143001.6	5885.99	55280.19	1312616.68
9125.00	0.00	0.00	180399.7				
	6.14	153.45	37551.5	142848.2	5904.46	55473.14	1324216.79
9150.00	0.00	0.00	180399.7				
	3.03	75.83	37627.4	142772.3	5920.83	55663.46	1335816.90
9175.00	2.54	63.52	180463.2				
	0.22	5.44	37632.8	142830.4	5933.23	55848.82	1347417.01
9200.00	5.78	144.59	180607.8				
	0.00	0.00	37632.8	142975.0	5943.32	56031.29	1359017.12
9225.00	0.00	0.00	180607.8				
	2.38	59.46	37692.2	142915.5	5955.55	56216.54	1370617.23
9250.00	4.74	118.54	180726.3				
	0.85	21.26	37713.5	143012.8	5967.75	56401.66	1382217.34
9275.00	2.83	70.85	180797.2				
	1.11	27.67	37741.2	143056.0	5981.47	56588.69	1393817.45
9300.00	0.00	0.00	180797.2				
	1.23	30.77	37771.9	143025.2	5996.93	56777.87	1405417.56
9325.00	0.00	0.00	180797.2				
	5.07	126.69	37898.6	142898.5	6014.85	56970.13	1417017.67

9350.00	0.00	0.00	180797.2				
	5.79	144.83	38043.5	142753.7	6033.66	57163.50	1428617.78
9375.00	0.00	0.00	180797.2				
	6.39	159.81	38203.3	142593.9	6052.91	57357.43	1440217.89
9400.00	0.00	0.00	180797.2				
	6.69	167.27	38370.6	142426.6	6071.99	57551.12	1451818.00
9425.00	0.00	0.00	180797.2				
	4.07	101.86	38472.4	142324.8	6089.12	57742.38	1463418.11
9450.00	0.58	14.47	180811.7				
	0.30	7.43	38479.8	142331.8	6103.05	57929.64	1475018.22
9475.00	12.46	311.59	181123.2				
	0.00	0.00	38479.8	142643.4	6107.93	58105.62	1486618.33
9500.00	32.75	818.82	181942.1				
	0.00	0.00	38479.8	143462.2	6119.32	58282.22	1498218.44
9525.00	38.06	951.43	182893.5				
	0.00	0.00	38479.8	144413.6	6135.42	58464.70	1509818.55
9550.00	41.68	1042.05	183935.5				
	0.00	0.00	38479.8	145455.7	6153.06	58649.13	1521418.66
9575.00	35.63	890.69	184826.2				
	0.00	0.00	38479.8	146346.4	6165.93	58827.61	1533018.76
9600.00	27.89	697.22	185523.4				
	0.00	0.00	38479.8	147043.6	6173.01	58998.86	1544618.87
9625.00	19.53	488.20	186011.6				
	0.03	0.84	38480.7	147531.0	6180.02	59173.78	1556218.98
9650.00	19.07	476.70	186488.3				
	0.05	1.22	38481.9	148006.4	6187.03	59348.69	1567819.09
9675.00	16.08	401.90	186890.2				

	0.00	0.00	38481.9	148408.3	6193.54	59522.97	1579419.20
9700.00	10.15	190.01	187080.2				
	0.00	0.00	38481.9	148598.3	6198.74	59656.69	1588104.90
9712.44	7.48	93.52	187173.8				
	0.19	2.41	38484.3	148689.5	6203.33	59747.37	1593904.96
9725.00	5.50	103.29	187277.1				
	0.80	14.98	38499.3	148777.8	6211.74	59885.50	1602620.24
9750.00	1.48	37.06	187314.1				
	1.39	34.80	38534.1	148780.0	6226.15	60073.39	1614230.12
9775.00	0.00	0.00	187314.1				
	2.97	51.08	38585.2	148728.9	6237.59	60204.69	1622238.01
9784.44	0.00	0.00	187314.1				
	3.59	44.89	38630.1	148684.0	6246.13	60300.30	1628056.01
9800.00	0.00	0.00	187314.1				
	2.54	51.59	38681.7	148632.5	6259.33	60454.62	1637508.65
9825.00	4.98	124.60	187438.7				
	0.34	8.56	38690.2	148748.5	6270.38	60638.29	1649185.09
9850.00	9.42	235.62	187674.3				
	0.00	0.00	38690.2	148984.1	6278.01	60817.71	1660886.46
9875.00	9.89	247.30	187921.6				
	0.00	0.00	38690.2	149231.4	6283.70	60994.72	1672612.75
9900.00	14.78	369.60	188291.2				
	0.00	0.00	38690.2	149601.0	6289.59	61168.23	1684363.96
9925.00	15.64	391.05	188682.3				
	0.07	1.70	38691.9	149990.4	6294.56	61340.57	1696140.10
9950.00	16.96	423.99	189106.3				
	0.00	0.00	38691.9	150414.3	6298.73	61511.92	1707941.16

9975.00	20.59	514.72	189621.0				
	0.00	0.00	38691.9	150929.1	6302.76	61683.07	1719767.15
10000.00	20.86	521.48	190142.5				
	0.00	0.00	38691.9	151450.5	6308.02	61855.79	1731618.06

Annexe 6

Tableau : Les stations hydrométriques et pluviographique existant.

CODE	Type de station	DESCRIPTION	DONNÉES
02-03-01	Station hydrométrique	Bordj ghobrini (oued el hachem)	Débit maximale journalier
02-10-07		El affroun (oued djer)	
02-03-06	Station pluviographiques	Meurad barrage	Courbes IDF

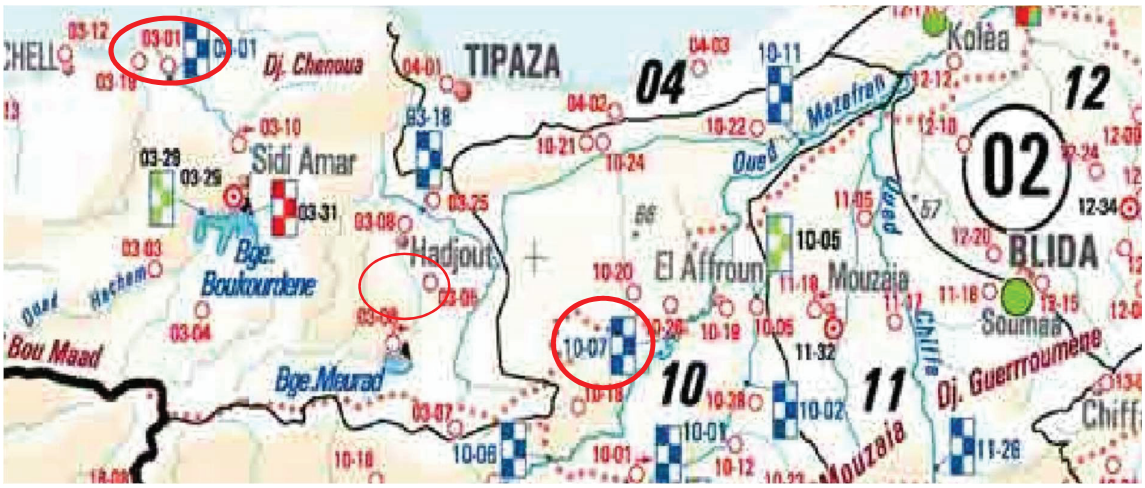


Figure : Carte de situation des stations pluviométriques proposées.

Débit maximale journalière

Apres l'Analyse détaillée des observations (ajustement à une loi Gumbel des débits maximaux journalière de la région), nous avons constaté que les distributions statistiques dans notre région présentaient un caractère nettement symétrique,

Le tableau suivant nous donne les Débit maximale journalière (qui correspondent aux stations hydrométriques dont les N° de code) pour des fréquences allant de 0,9 à 0,99 (qui correspondent aux périodes de retour de 10 à 100 ans), Les valeurs de U,Gauss (variables réduites de Gauss) varient de 1,282 à 2,327,

Station hydrométrique EL AFFROUN (OUED DJER)

Lois de Gumbel

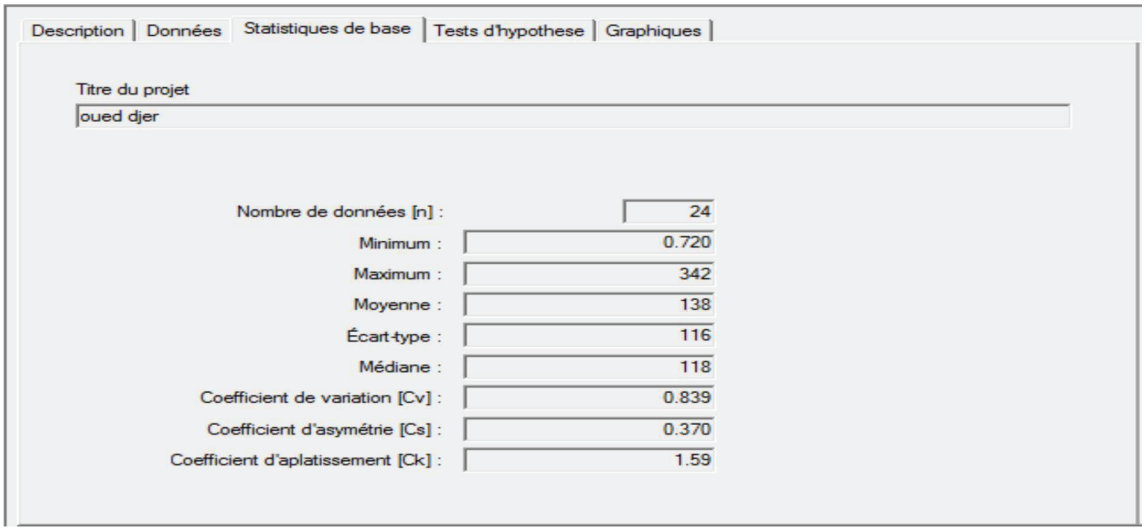
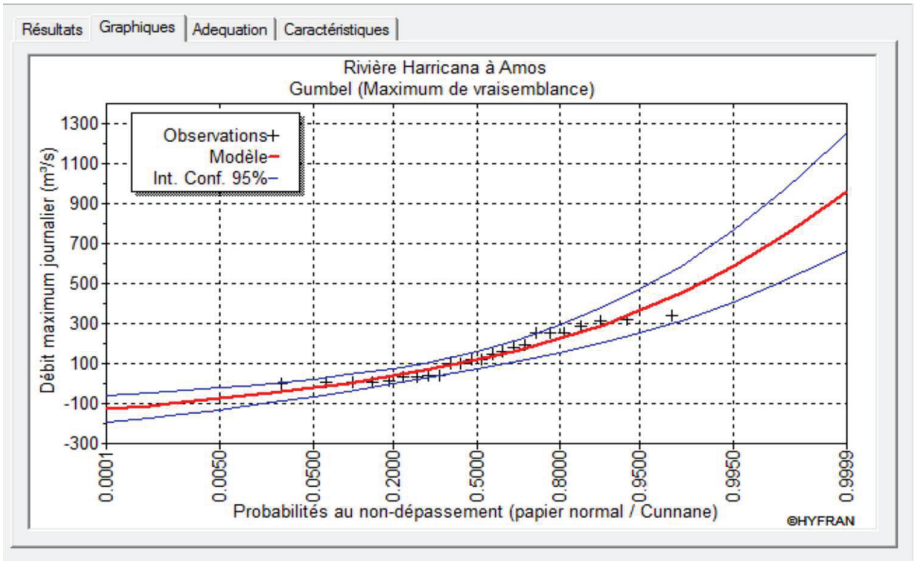


Tableau : Ajustement à une loi Gumbel du débit maximal mensuel (Station oued Djer)

années	Fréquence	XT	ECART-TYPE	INTERVALLE DE CONFIANCE
100	0.99	519	80.3	362-677
50	0.98	453	69.8	316-590
20	0.95	365	55.9	255-474
10	0.9	296	45.5	207-385



Annexe 7

Valeurs des paramètres de dimensionnement

Paramètres de dimensionnement	***valeurs***
E	• E=0,70 m pour les plateformes de classe de portance P 1. • E=0,55 m pour les plateformes de classe de portance P 2. • E=0,45 m pour les plateformes de classe de portance P 3.
a	• a= 0 m pour les groupes UIC 1 et 2 ou ligne V > 160 km/h quel que soit le groupe UIC • a= -0.05 pour les groupes UIC 3 et 4 • a= -0,10 m pour les groupes UIC 5, 6 • a=-0,15 m pour les groupe UIC ‘7, 8, 9 sans voyageur.
b	• b=0 m pour les traverses bois de longueur 2,60 m. • b = (2,5-L)/2 pour les traverses béton de longueur L.
c	• c = 0 m pour un dimensionnement normal. • c = -0,10 m à titre exceptionnel si les conditions de travail sont difficiles sur les lignes existantes. • c = -0,05 m à titre exceptionnel pour des opérations sur le de groupe UIC 7-9 sans voyageurs.
d	• d = 0 m la charge d’essieu des véhicules ≤ 20t. • d = 0,05 m la charge d’essieu des véhicules ≤ 22,5t. • d = 0,12 m la charge d’essieu des véhicules ≤ 25t.
f	• f = 0 m pour les lignes à V≤160 km/h et pour les plates-formes de portance P3 des LGV. • f = 0,05 m pour les plates-formes de classe de portance P2 des LGV. • f = 0,10 m pour les plates-formes de classe de portance P 1 des LGV.
g	• g = + géotextile lorsque la couche de forme est en sol Q S1 ou Q S2. • g = 0 (pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol Q S3

Annexe 8

Tableau : Caractéristiques du rail 60E1

Caractéristique géométriques	
Géométrie	rail 60E 1
Surface de la section	76.70 cm2
Masse par mètre	60.21 kg/m
Moment d'inertie (Axe X – X)	3038,3 cm4
Module d'Inertie champignon	333.6 cm3
Module d'inertie patin	375.5 cm3
Moment d'inertie (Axe- Y-Y)	512,3 cm4
Dimension indicative A :	20.456 mm
Dimension indicative B	52.053 mm
Caractéristiques mécaniques	
Dureté au milieu de la table de Roulement	entre 260 et 300 HBW,
Résistance à la traction	≥ 880 N/mm2
Allongement	≥ 10%.
Longueur minimum des barres élémentaires	36 m.
Autres caractéristiques	
Dressage	classe A
Nuance	260 (carbone-manganèse)

La Figure ci-dessous représente un schéma de profil de rail type 60 E1, ayant les caractéristiques citées dans le tableau ci-dessus

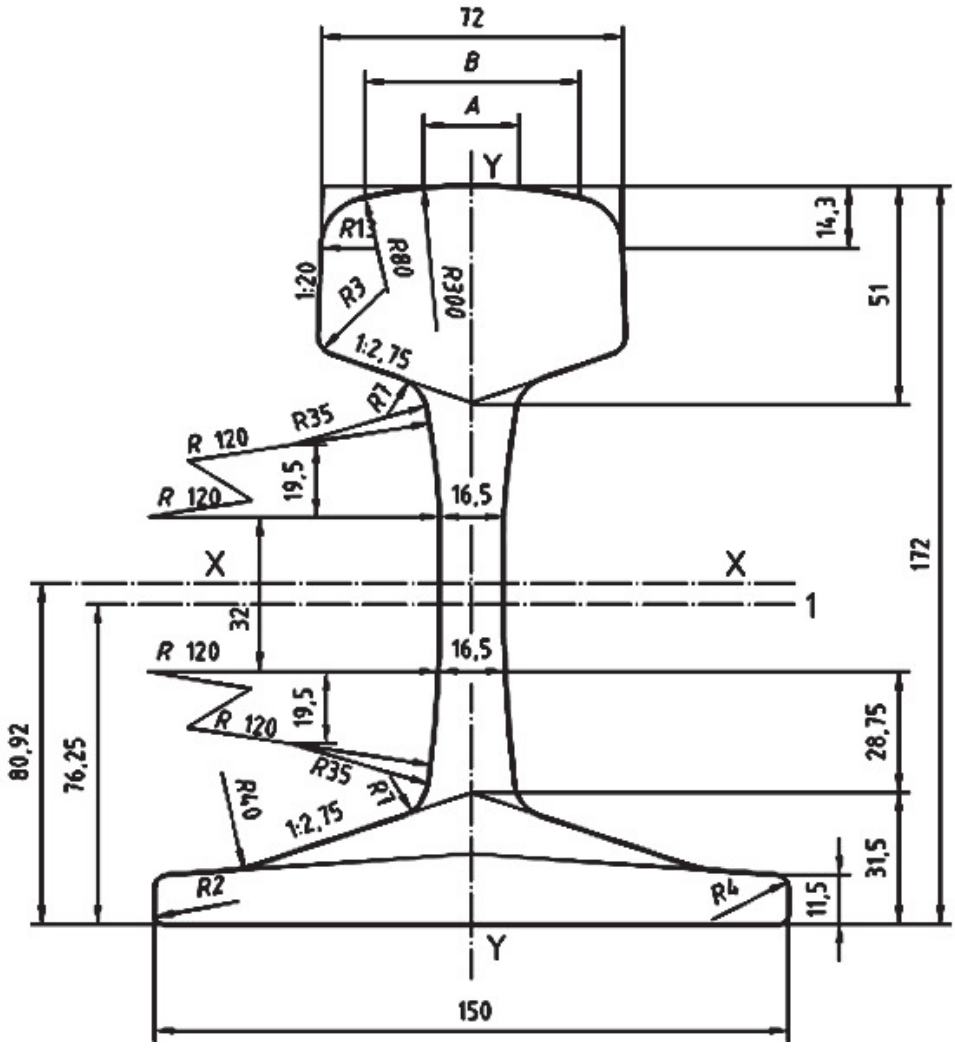
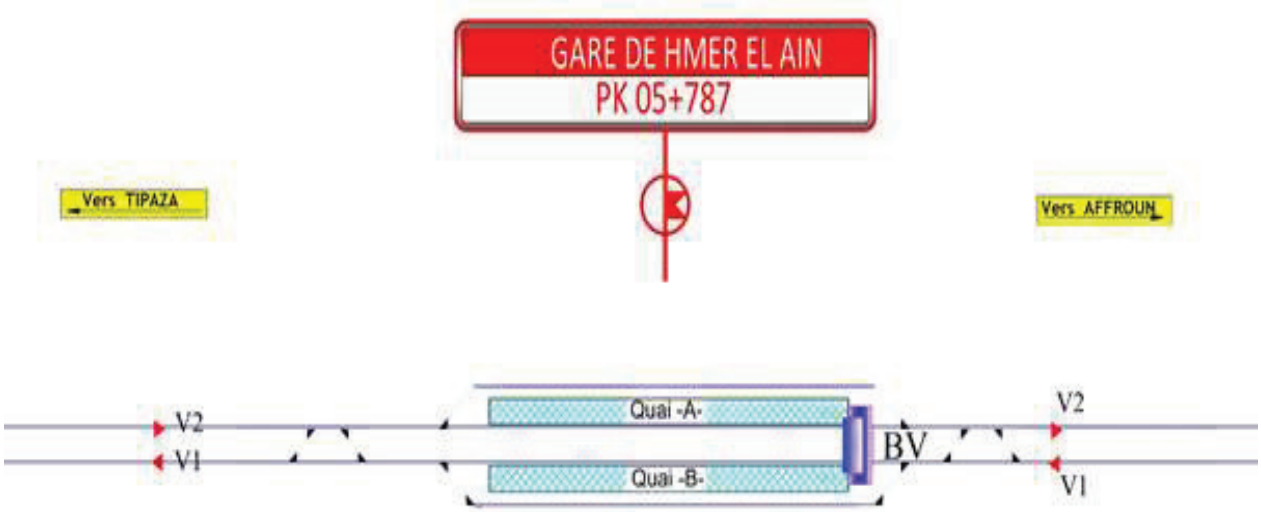


Figure : Schéma de profil de rail type 60 E1 (EN 13674-1)

Annexe 9

Schéma de la gare d'Ahmer el Ain



Désignations des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Lot N°01 : Installation de chantier et étude d'exécution				
Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1.00	5 000 000.00	5 000 000.00
Repli du matériel et des installations du chantier	F	1.00	2 000 000.00	2 000 000.00
Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1.00	3 181 237.50	3 181 237.50
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER				**10 181 237.50**
Lot N°02 : Terrassement				
Décapage de terre végétale 0.40 m	m^3	61855.79	400.00	24742316.00
Déblai	m^3	38691.9	600.00	23215140.00
Remblai	m^3	190142.5	3 800.00	722541500.00
Ballast	m^3	1731618.06	3 800.00	6580148628.00
Couche de fondation	m^3	24480	2 900.00	70992000.00
Couche de forme	m^3	40800	3 800.00	155040000.00
TOTAL TERRASSEMENT				**7576679584.00**
Lot N°03 : Travaux de la voie				
Rail UIC 60	T	5308.02	121 000.00	642270420.00
Ballastage	m^3	25364.84	4 200.00	106532328.00
Traverses bi-bloc	U	18362	7 600.00	139551200.00
Pose d'une appareil de voie UIC 60 1/12 500	U	12	620 000.00	7440000.00
Fourniture d'un branchement d'appareil de voie UIC 60 1/12 500	U	12	14 200 000.00	170400000.00
Pose de la voie UIC 60	Ml	16 321.074	6 300.00	102822766,20
Attache NABLA	U	8125	434.72	3532100.00
La caténaire	Km	10	42 605 840.00	426058400.00
TOTAL TRAVEAUX DE LA VOIE				**1598607214,2**
Lot N°04 : Assainissement généraux				

Fossés trapézoïdaux en béton armé	Ml	10000.00	8 700.00	87000 000.00
Dalot en béton armé (1.5*1.5)	m^3	102.41	35000.00	3584350.00
Dalot en béton armé (2x2)	m^3	122.28	35 000.00	4279800.00
Dalot en béton armé (3x2)	m^3	164.44	35 000.00	5755400.00
TOTAL ASSINISSEMENT GENERAUX				**100619550.00**
Lot N°05 : Gare				
Bâtiment voyageur	U	1	20 000 000.00	20 000 000.00
Quai	m^2	4 000.00	40 000.00	160 000 000.00
Abris de quais	m^2	2 236.80	92 000.00	205 785 600.00
TOTAL GARE				385 785 600.00

Annexe 10 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Récapitulation		
N° Lot	**Désignations des lots**	**Montants (DA)**
Lot N°01	Installation de chantier et étude d'exécution	10 181 237.50
Lot N°02	Terrassement	7576679584.00
Lot N°03	Travaux de la voie	1598607214,2
Lot N°04	Assainissement généraux	100619550.00
Lot N°05	Gare et ouvrages d'arts	385 785 600.00
Montant total hors taxe		**9671873185,7**
Montant total avec la taxe (19%)		**11509529091,183**
ONZE MILLIARD CINQ CENT NEUF MILLION CINQ CENT VINGT NEUF MILLE QUATRE-VINGT-ONZE, 183 DA		