

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



المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية  
فرنسيس جاتسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics  
National School of Built and Ground Works Engineering  
Francis Jeanson

## Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructure de Base

## Thème

**Etude en APD de la mise à double voie et modernisation  
des installations de la ligne ferroviaire Annaba-Ramdan  
Djamal du PK 67+030 au PK 75+250 avec la conception de  
la gare d'Azzaba**

Présenté par :

**BOUGRIRES Toudert**

Encadré par :

**M.TIGHIOUART Azeddine**

Co-Encadré par :

**M<sup>me</sup>.CHIALI Soumiya**

Promotion 2017 / 2018

# Remerciements

*Je tiens à remercier en premier lieu et avant tout ALLAH le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma grande gratitude envers mes parents, pour leurs sacrifices, soutiens et encouragements.*

*Mes vifs remerciements vont particulièrement à mon encadreur Mr. TIGHIOUART Azzedine et à mon Co-encadreur Mme. CHIALI Soumiya Pour l'aide qu'ils m'ont apporté et pour m'avoir encadrés et accompagnés tout au long de mon projet de fin d'étude*

*Je souhaite remercier tout le personnel d'organismes INFRARAIL et ANESRIF, tous les ingénieurs, les techniciens et les stagiaires pour leur disponibilité et leur aide.*

*Je remercie également tous les enseignants l'ENSTP sans exceptions, qui ont contribué notre formation et à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans l'achèvement de ce travail.*

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

*Enfin, un grand merci à tous mes amis de l'ENSTP pour les bons moments passés. Et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la bonne réalisation de ce travail.*

# DEDICACES

C'est

- *A celle qui m'a transmis la vie, l'amour et le courage, à toi ma très chère mère, ma fierté.*
- *A mon père qui m'a indiqué la bonne voie et qui a sacrifié toute sa vie afin me voir grandir et réussir.*
- *A mes chères frères : Adel et Amir*
- *A ma chère sœur : Abir*
- *A toute la famille BOUGRIRES sans exception*
- *A tous mes amis*
- *A toutes les ENSTPiste*
- *à toutes les personnes chères à mon cœur et qui ont une place dans ma vie*

que je dédie ce mémoire.

## ملخص

هذه المذكرة تتمحور حول الدراسة التفصيلية لما قبل المشروع (APD) لخط السكة الحديدية الرابط بين مدينتي

عنابة-رمضان جمال مع إنشاء محطة عزابة.

المقطع المدروس يمتد على طول 8220 م انطلاقا من النقطة الكيلومترية 67+030 حتى النقطة 75+250

الدراسة تمت وفقا لمعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية (UIC) والشركة 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 Annaba-Ramdan Djamel avec la conception de la gare d'Azzaba.

Le tronçon étudié démarre du PK 67+030 au PK 75+250 sur un linéaire de 8220 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 Annaba-Ramdan Djamel. The section starts studied the PK67+030 to KP 75+250 over a length of 8220m on which provides for development of a joint station in early stretch of the town of Azzaba.

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.

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

## **Chapitre I : le transport ferroviaire en Algérie**

I.1. Introduction .....	2
I.2. Avenages de chemin de faire .....	2
I.3. Le réseau ferroviaire algérien.....	3
I.3.1.Étapes de développement.....	3
I.3.2.Réseaux actuels .....	3
I.4.Le programme de modernisation du rail en Algérie .....	3
I.5.Conclusion .....	4

## **Chapitre II : Présentation du projet**

II.1. Introduction.....	5
II.2. Description du projet .....	5
II.3. Objectif du projet.....	6
II.4. Localisation du projet .....	6
II.5. Présentation de la ville du projet.....	7
II.5.1. Position géographique.....	7
II.5.2. Le relief.....	7
II.5.3. Le climat .....	7
II.5.4. Infrastructure de Base .....	8
II.5.4.1. Infrastructures routières .....	8
II.5.4.2. Infrastructure ferroviaire.....	8
II.6. Données du projet .....	8
II.7. But de projet .....	9
II.8. Conclusion .....	9

## **Chapitre III : Super structure de la voie**

III.1. Introduction .....	10
III.2.Catégories de voies.....	10
III.3.Caractéristiques de la voie : .....	10
III.4.Composantes de la voie.....	10
III.4.1. Les rails .....	11
III.4.1.1. Type des rails.....	11
III.4.1.2. Assemblage des rails .....	13
III.4.2. Les travers .....	14
III.4.3. Systèmes de fixation : .....	16

# Sommaire

III.4.3.1.Attaches et semelles .....	16
III.4.3.2.Types d'attaches .....	16
III.5. Caractéristiques et type d'installations pour ce projet.....	17
III.5.1.Caractéristique du rail utilisé :.....	17
III.5.1.1.Caractéristiques géométriques et mécaniques de rail UIC 54 : .....	17
III.5.1.2.La méthode d'assemblage de rails.....	18
III.5.2.Attache utilisé : .....	19
III.5.3.Traverses utilisé.....	19
III.5.4.LA METHODE DE POSE DE VOIE .....	21
III.6. Conclusion.....	21

## Chapitre V : Etude géométrique

IV.1. Introduction:.....	22
IV.2. Tracé en plan.....	22
IV.2.1.Conditions et règles du tracé en plan.....	22
IV.2.2.Eléments de tracé en plan.....	23
IV.2.3. Les conditions de raccordement.....	24
IV.2.4. Quantification des Paramètres.....	24
VI.2.5.Paramètre du projet étudié.....	29
VI.2.6. Application au projet.....	29
VI.3.Calcul d'axe : .....	31
VI.3.1.Introduction .....	31
VI.3.2.Exemple de calcul.....	31
VI.3.3.Application au projet .....	32
VI.4.Profil en long.....	35
VI.4.1.Définition .....	35
VI.4.2.Les éléments du profil en long.....	35
VI.4.3.Coordination du tracé en plan et du profil en long.....	35
VI.4.4.Déclivité maximale .....	35
VI.4.5.Rayon admissible en raccords de profil en long.....	36
VI.4.6.Longueur minimale des éléments du profil en long .....	37
VI.4.7.Application au projet : .....	37
VI.5.Profils en travers .....	37
VI.5.1.Définition .....	37
VI.5.2.Les éléments du profil en travers .....	38
VI.5.3.Etablissement du profil en travers type .....	38

# Sommaire

VI.5.4.Profil en travers type du projet.....	39
VI.5.5.Calcul des Cubatures.....	39
VI.5.5.6.Correction des volumes :.....	39
VI.5.6.Obstacles et franchissements dans l’emprise ferroviaire .....	41
VI.6.Conclusion.....	41

## **Chapitre V : Etude géologique et géotechnique**

V.1. Introduction .....	42
V.2.Géologie .....	42
V.2.1.Géologie régionale.....	42
V.2.2.Tectonique : .....	43
V.2.3.Sismicité : .....	43
V.2.4.Géomorphologie .....	44
V.2.5.Géologie du tracé.....	45
V.2.5.1. Les argiles numides .....	45
V.2.5.2.Quaternaire alluvial sableuse.....	45
V.2.5.3. Quaternaire alluvial argileux QALa .....	45
V.2.5.4. remblai de chemin de fer Rc.....	45
V.2.5.5.Résultats générale .....	46
V.3.Géotechniques : .....	46
V.3.1.Essais in situ .....	47
V.3.1.1.Sondages carottés : .....	47
V.3.1.2.Puits de reconnaissance .....	48
V.3.1.3.Essai au pénétromètre dynamique type B (NF P 94-114) : .....	48
V.3.1.4.Essai de pénétration au carottier (SPT) NF P 94-116:.....	48
V.3.1.5.Proximètre.....	49
V.3.2.Essai de laboratoire :.....	49
V.3.2.1.Essais d’indentification : .....	49
V.3.2.2.Essais mécaniques : .....	50
V.3.2.3.Résultats des essais au laboratoire.....	51
V.4.Terrassement.....	51
V.4.1.Stabilité des talus : .....	51
V.4.1.1.Logiciel de modélisation.....	51
V.4.1.2.Stabilité des déblais .....	52
V.4.1.2.Stabilité des Remblais .....	53
V.4.2.Techniques et recommandation géotechniques : .....	53

# Sommaire

V.4.2.1. Remblai technique .....	53
V.4.2.2. Protection des talus .....	54
V.4.2.3. Condition de réutilisation des sols en remblais .....	55
V.4.3. Gite d'emprunt .....	56
V.5. Conclusion .....	56

## Chapitre VI : Dimensionnement d'assise

VI.1. Introduction : .....	57
VI.2. Condition pour le choix d'épaisseur de la couche d'assise .....	57
VI.3. Caractéristiques des différentes couches d'assise : .....	57
VI.3.1. Couche de Ballaste : .....	57
VI.3.1.1. Rôle de ballaste : .....	58
VI.3.1.2. Caractéristiques du ballastes .....	58
VI.3.1.3. Contrainte .....	59
VI.3.2. Sous-couche .....	59
VI.3.2.1. Sous-ballast .....	59
VI.3.2.3. La couche anti-contaminante .....	59
VI.3.2.4. Le géotextile .....	59
VI.3.2.4. Rôle de sous-couche .....	59
VI.4. Dimensionnement des couches d'assises : .....	60
VI.4.1. Définition de la plateforme : .....	60
VI.4.2. Classe de portance de plate forme : .....	60
VI.4.3. Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise .....	61
VI.5. Application au projet : .....	62
VI.6. Phasage des travaux pour dédoublement de la plateforme .....	62
VI.6. Conclusion .....	63

## Chapitre VII : Hydrologie et assainissement

VII.1. Introduction .....	64
VII.2. Objectif d'assainissement : .....	64
VII.3. Description de la région d'étude .....	64
VII.4. Données du projet .....	65
VII.4.1. Données climatiques .....	65
VII.4.2. Données hydraulique .....	65
VII.4.3. précipitations maximales journalières PJ(%) .....	66
VII.5. Bassins versants .....	67
VII.5.1. Les paramètre des bassins versants .....	67

# Sommaire

VII.5.2. Présentation du logiciel global mapper.....	67
VII.6. Réseau d'assainissement.....	68
VII.6.1.Drainage longitudinal.....	68
VII.6.2.Drainage transversal.....	68
VII.7. Dimensionnement d'ouvrage d'assainissement.....	69
VII.7.1.Estimation des débits d'apport (Qa).....	69
VII.7.1.1. coefficient de ruissellement $c$ : .....	69
VII.7.1.2.l'intensité moyenne $I_t$ .....	70
VII.7.1.3. temps de concentration $T_c$ .....	70
VII.7.2.Estimation des débits de saturation des ouvrages: .....	71
VII.8. Application au projet : .....	71
VII.8.1.Dimensionnement des ouvrages longitudinaux (fossés).....	71
VII.8.2.Dimensionnement des ouvrages transversaux .....	73
VII.8.2.1.Dimensionnement des buses .....	73
VII.8.2.2.Dimensionnement des dalots .....	75
VII.9. Conclusion : .....	76

## Chapitre VIII : Conception de la gare

VIII.1. Introduction : .....	77
VIII.2. Plan de masse de la gare : .....	77
VIII.3. Les différents types de gares .....	77
VIII.3.1.Gare voyageur : .....	77
VIII.3.2 Gare de marchandise .....	77
VIII.3.3.Gare mixtes.....	78
VIII.3.4.Gare de triage.....	78
VIII.3.5. gare de croisement.....	78
VIII.3.6.Gare de sac .....	78
VIII.4. Aménagement de la gare .....	78
VIII.5. Caractéristiques géométriques des gares .....	79
VIII.5.1.Dimensionnement des quais .....	79
VIII.5.2.La distance à l'axe de la voie.....	80
VIII.5.3.Passerelle .....	80
VIII.5.4.Garage franc .....	80
VIII.5.5.La longueur utile d'une voie de stationnement.....	80
VIII.5.6.Les appareils de voie .....	80
VIII.5.6.1.catégories d'appareils de voie.....	81

# Sommaire

VIII.5.6.1.1.Le branchement .....	81
VIII.5.6.1.2.Les traversés jonction .....	82
VIII.5.6.1.3. Les traversées : .....	82
VIII.5.6.2. Règles dans l'implantation des appareils de voie .....	83
VIII.6. Application au projet : .....	83
VIII.6.1. Les Caractéristique de la ligne.....	84
VIII. 6.2.Nombre de voies et leurs services .....	84
VIII.6.3.Entraxe entre les voies.....	84
VIII.6.4.Longueur utile de stationnement .....	84
VIII.6.5.Les quais.....	85
VIII.6.6.Les passerelles .....	86
VIII.6.7.Appareil de voie et longueur du garage franc GF.....	86
VIII.6.8.Assainissement dans les gares : .....	86
VII.7. Conclusion : .....	86

## **Chapitre IX: Signalisation ferroviaire**

IX.1. Introduction.....	87
IX.2. Objectifs de la signalisation .....	87
IX.3. Principes de base .....	87
IX.4. Type de signalisation.....	88
IX.4.1.Signalisation mécanique.....	88
IX.4.2. Signalisation lumineuse.....	88
IX.5. Fonctions de signalisation .....	89
IX.6. Visibilité des signaux .....	90
IX.6.1. Visibilité des signaux hauts.....	90
IX.6.2. Visibilité des signaux bas.....	90
IX.7. La signalisation en cabine .....	90
IX.8. Sous-système signalisation ERTMS .....	91
IX.8.1.Les niveaux de l'ERTMS.....	91
IX.9. Application au projet.....	91
IX.9.1.Signalisation en cabine.....	92
IX.9.2.Système BAL .....	92
IX.10. Conclusion.....	93

## **Chapitre X: Etude d'impact sur l'environnement**

X.1. Introduction .....	94
X.2. Réglementation.....	94

# Sommaire

X.3. Etapes de l'étude d'impact sur l'environnement .....	94
X.4. Application au projet .....	95
X.4.1. Délimitation de la zone d'étude .....	95
X.4.2. Évaluation des impacts et Mesures d'insertion .....	96
X.4.2.1. Milieu physique .....	96
a) Impact sur le sol .....	96
b) Impacts sur la qualité de l'air .....	96
c) Impact sur les écoulements des eaux de surfaces .....	97
d) Impact sur Les eaux souterraines .....	97
X.4.2.2. Milieu biologique .....	98
a) Impacts sur la flore .....	98
b) Impacts Sur la faune .....	99
X.4.2.3. Milieu socio-économique .....	99
a) Ambiance sonore .....	99
b) Impacts sur l'Agriculture .....	99
c) Santé public .....	100
d) Impacts sur les paysages et sites touristiques .....	100
e) Impacts vis-à-vis les biens et le bâti .....	101
X.5. CONCLUSION .....	101
<b>Chapitre XI: Devis estimatif .....</b>	<b>102.103</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>104</b>
<b>Bibliographie.</b>	
<b>Annexes.</b>	

# Liste des figures

---

Figure 1: Plan de développement de réseau ferroviaire en ALGERIE. (Source ANESRIF).....	4
Figure 2: Localisation du projet.....	6
Figure 3: Limitées Géographiques de la wilaya de Skikda.....	7
Figure 4: Les constituants de la voie ferrée .....	11
Figure 5: Rail Vignole .....	12
Figure 6: Rail à gorge .....	12
Figure 7: Rail à double champignon.....	13
Figure 8: Eclissage des rails                      Figure 9: Long rail soudé (LRS).....	14
Figure 10: Travers en bois .....	14
Figure 11: Travers métallique .....	15
Figure 12 : Travers en béton monoblocs et bi-bloc .....	15
Figure 13 : Attache de type E-clip                      Figure 14: Attache de type Nabla.....	16
Figure 15 : Rails UIC 54 attachés sur travers .....	17
Figure 16 : Rail UIC 54 .....	18
Figure 17 : soudure aluminothermique.....	19
Figure 18 : Attache NABLA.....	19
Figure 19 : rails UIC 54 posés sur traverses VAX U31.....	20
Figure 20 : travers VAX U31(B440) .....	20
Figure 21 : Pose de voie.....	21
Figure 22 : Eléments du tracé en plan.....	23
Figure 23 : le dévers.....	25
Figure 24 : Elément de la clothoïde .....	31
Figure 25 : Déclivités maximales admissibles (Source référentiel SNTF).....	36
Figure 26 : Profile en travers courant PK 0+050 .....	40
Figure 27 : Géologie régionale (carré rouge : tracé).....	42
Figure 28 : Zones de sismicité (carré bleu zone d'étude) .....	43
Figure 28 : Vu panoramique montrant la morphologie plate du tracé.....	44
Figure 29 : Résultats des sondages carottés .....	47
Figure 30: Coupelle de Casagrande .....	50
Figure 31: Matériels de l'essai Proctor .....	51
Figure 32: Remblai technique.....	54
Figure 33: Implantation d'arbustes .....	54
Figure 34 : Position de gîte d'emprunt .....	56
Figure 35: Epaisseur de couche de forme et de structure d'assise.....	57
Figure 36: Travaux de réalisation de nouvelle voie (source rapport mensuelle OHL janvier 2018).....	63
Figure 37: Situation géographique de la zone d'étude.....	65
Figure 38: Schéma du fossé adopté .....	73
Figure 39: schéma de Buse .....	74
Figure 40: schéma d'un dalot.....	75
Figure 41: Garage franc .....	80
Figure 42: Parties de branchement simple .....	81

## Liste des figures

---

Figure 43: Traversées jonction simples et doubles .....	82
Figure 44: Traversées ordinaire et combinée.....	82
Figure 45 : Plan de situation de la gare d'Azzaba .....	84
Figure 46: Signalisation mécanique.....	88
Figure 47: Signalisation lumineuse.....	89
Figure 48: Signal de limitation de vitesse.....	89
Figure 49: Signaux haut et bas.....	90
Figure 50: ETRMS/ETCS niveau 2 .....	92
Figure 51: Ralentissement 30 à l'approche d'une aiguille en position déviée .....	93
Figure 52: Zone locale et régionale du projet .....	95
Figure 53: Protection physique d'un arbre existant.....	98

# Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Données du projet.....	8
Tableau 2 : Paramètres de sécurité et de confort.....	24
Tableau 3 : Valeur limite maximales des éléments de tracé.....	24
Tableau 4 : Valeurs maximales du dévers.....	25
Tableau 5 : Valeurs maximales de l'insuffisance de dévers.....	27
Tableau 6 : Valeurs limites de l'excès de dévers.....	27
Tableau 7 : Valeurs limites de variation de l'insuffisance du dévers.....	28
Tableau 8 : Valeurs limites de variation du divers en fonction du temps.....	28
Tableau 9 : Valeurs limites de variation du dévers en fonction de la longueur.....	28
Tableau 10 : Valeur limite des paramètres de tracé du projet.....	29
Tableau 11 : Paramètres du tracé en plan.....	30
Tableau 12 : Coordonnées de première courbe du tracé.....	32
Tableau 13 : Coordonnées des points du raccordement progressif.....	34
Tableau 14 : Valeurs limites de rayon du profil en long.....	36
Tableau 15 : Valeur limites de Longueur des éléments du profil en long.....	37
Tableau 16 : Cubatures.....	39
Tableau 17 : Longueurs de dédoublement.....	39
Tableau 18 : Franchissement des obstacles.....	41
Tableau 19 : Les coefficients d'accélération.....	44
Tableau 20 : Unités géotechniques du tracé.....	46
Tableau 21 : Compagne géotechnique.....	46
Tableau 22 : Description des couches du sondage.....	47
Tableau 23 : Classification des sables quant à leur Compacité.....	48
Tableau 24 : Résultats d'essais SPT.....	48
Tableau 25 : Résultats des essais au Prosimètre.....	49
Tableau 26 : Valeurs minimaux des facteurs de sécurité.....	52
Tableau 27 : Caractéristiques des soles en zones de déblai.....	52
Tableau 28 : résultats de calcule de stabilité des déblais.....	52
Tableau 29 : Caractéristiques du remblai.....	53
Tableau 30 : Résultats de calcule de stabilité des Remblais.....	53
Tableau 31 : Détermination de classe de portance de la plate-forme (Normes UIC 719 R. 34).....	60
Tableau 32 : Les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur.....	61
Tableau 33 : Epaisseurs des couches d'assise.....	62
Tableau 34 : Données climatiques.....	65
Tableau 35 : Variable de Gauss.....	66
Tableau 36 : Précipitation maximales $P_j(\%)$ .....	66
Tableau 37: Coefficient de ruissèlement.....	69
Tableau 38: Coefficient de Strickler.....	71
Tableau 39: Surfaces des SBV.....	72
Tableau 40: Débits des SBV.....	72
Tableau 41: Ouvrages hydrauliques transversales adoptés.....	76
Tableau 42 : Règles d'implantations des appareils de voie.....	83
Tableau 43 : Longueurs utile des voies de gare d'Azzaba.....	85

---

## Introduction générale

Les infrastructures de transport représentent le moteur générateur du développement économique des pays. Ce secteur facilite les échanges entre agents économiques et il améliore également la circulation des biens et des personnes.

Le transport ferroviaire a bel et bien trouvé sa place dans le secteur du transport. Avec d'autant d'avantages par rapport au transport routier pour les usagers, on note aussi les avantages apportés pour l'environnement.

Toutefois, l'Algérie a agi avec un esprit optimiste en ce qui concerne le secteur ferroviaire, qui lui, a bénéficié d'un programme dont le budget est très important.

Ce programme comporte des opérations de renouvellement des voies existantes, de renouvellement et de renforcement des ouvrages d'art anciens, la création de lignes nouvelles, l'extension de capacité des installations existantes pour l'amélioration des débits de lignes, la modernisation des équipements de signalisation et de télécommunication, la construction d'ateliers de maintenance du matériel roulant, et l'électrification des lignes. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre projet de fin d'étude, qui consiste en «étude APD de la mise à double voie de la ligne ferroviaire Annaba\_Ramdan-Djamal du PK 67+030 au PK 75+250 avec la conception de la gare d'Azzaba.

Cette étude nous a été proposée par l'Agence Nationale d'Etudes et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF).

# **CHAPITRE I**

## **Le transport ferroviaire en Algérie**

## **I.1. Introduction**

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

Le chemin de fer joue depuis toujours un rôle clé dans le développement économique des pays, en conservant un rôle dominant dans la satisfaction des besoins du public et des structures industrielles marchandes et des voyageurs à faible coût. Il englobe le métro, le tramway et la voie ferrée.

Le réseau des chemins de fer algériens fait son apparition à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, L'ambition des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Actuellement ce réseau compte plus de 4 500 km.

## **I.2. Avantages de chemin de fer**

Le chemin de fer offre de nombreux avantages par rapport aux autres modes de transport dont les principaux sont :

- Le contact métal sur métal limite à une faible valeur la résistance au roulement ce qui permet aussi la remorque des charges élevées avec une puissance et un personnel de bord souvent réduit à un homme. En contrepartie, ce contact métal sur métal augmente les distances de freinage.
- Le chemin de fer est un transport guidé qui n'offre aux véhicules qu'un seul degré de liberté en avant ou en arrière. Les changements de voie ne peuvent se faire qu'aux aiguillages, le dépassement est impossible. Ceci constitue une sécurité vis-à-vis des accidents.
- La circulation des wagons ne se fait pas isolément comme sur la route mais en convoi.
- Le débit d'une voie ferrée est supérieur à celui d'une autoroute à 4 voies.
- Le coût moyen du kilomètre d'une voie ferrée à deux voies est moins cher que celui d'une autoroute à deux fois deux voies dans les mêmes conditions.
- Il présente un faible degré de pollution.
- A égalité de kilomètres transportés, le chemin de fer consomme deux à trois fois moins de carburant à la tonne transportée qu'un camion lourd.

### **I.3. Le réseau ferroviaire algérien**

#### **I.3.1.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 dans le suivant :

- 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 Bécha.
- 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.

#### **I.3.2.Réseaux actuels**

Le réseau ferroviaire de l'Algérie est de 4576 km , dont 3854 km sont exploités pour relier les grandes villes du pays : Alger, Oran, Annaba, Constantine, Sétif. 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.

### **I.4.Le programme de modernisation du rail en Algérie**

La SNTF s'est fixé des objectifs par rapport à une stratégie globale pour améliorer le réseau ferré on garantissant 80 Millions de voyageurs et 15 Millions de tonnes de fret. Pour cela, elle a préconisée de réaliser un programme neuf qui comporte la modernisation du réseau existant.

Aujourd'hui, le secteur ferroviaire connaît une véritable relance, une importante enveloppe allouée au secteur dans le cadre du programme de modernisation de l'infrastructure ferroviaire, une nécessité absolue, compte tenu de la vétusté de l'infrastructure existante.



## **CHAPITRE II**

### **Présentation du projet**

## **II.1. Introduction**

Dans le cadre de la nouvelle rocade ferroviaire nord Annaba-Alger-Oran ; le projet de modernisation de la ligne ferroviaire Annaba-Ramdan-Djamal a été lancé en 2006 avec un doublement des voies et une correction du tracé prévue pour accueillir des trains allant jusqu'à 160 km/h. Il a été attribué au groupement algéro-espagnol INFRAFER-OHL .

Le projet consiste au doublement de la ligne existante Annaba Ramdan-Djamel sur une longueur d'environ 90 Km, pour répondre au développement agricole, industriel et commercial de la région. Pour les initiateurs, le projet constitue, entre autres stimulants, l'un des facteurs prédominants du développement économique et social du pays.

Le thème de ce projet de fin d'étude consiste à faire une étude d'avant-projet détaillé (APD) de la mise à double voie et modernisation des installations sur la ligne ferroviaire sur un linéaire d'environ 8.5 km avec la projection d'une gare à Azzaba.

## **II.2. Description du projet**

Le projet consiste au doublement de la ligne existante Annaba Ramdan- Djamel sur une longueur d'environ 90 Km, avec les caractéristiques géométriques d'une voie normale à écartement standard de 1,435 m, et des vitesses pouvant atteindre 160 Km/h.

Il attient les 35 km dans le territoire de la wilaya d'Annaba et 45 km à celle de la wilaya de Skikda Il compte d'environ de 8 km de nouveau tracé ; 2 tunnels, 19 ouvrages d'art (5pont routes et 14 ponts rail) et 4 gares dont deux Nouvelles (Azzaba / Berahal) et deux Existantes (Oued Zued / Hadjar Soud).

Les principales agglomérations traversées par la ligne sont :

- OUED ZIED
- BERRAHAL
- HADJAR SOUD
- AZZABA
- RAMDANE DJAMEL

### II.3. Objectif du projet

Le projet vise aux :

- Développement du réseau ferré national (Rocade Nord).
- Modernisation des installations ferroviaires existantes sur la ligne.
- Augmentation du trafic voyageurs et marchandises.
- Amélioration des conditions d'exploitation (vitesse et confort)

L'Objectif principale de ce programme étant d'améliorer la sécurisation des déplacements et de réduire les temps de parcours.

### II.4. Localisation du projet

Le présent projet est une étude APD d'un tronçon de la ligne ferroviaire Annaba \_Ramdan-Djamal est précisément le lot 8 du **PK 67+030 à PK 75+250** Qui est localisé entre la ville de **RAMDANE DJAMEL** et la ville de **Hadjar Soud** et plus précisément à la ville de **Azzaba à Skikda** .



Figure 2: Localisation du projet

## II.5. Présentation de la ville du projet

Le projet étudié est situé à la ville de Skikda où les déférentes spécifiés de cette ville sont citer au suivant :

### II.5.1. Position géographique

La wilaya de Skikda s'étend sur une superficie de 4 118 km<sup>2</sup>, se situe dans la partie Nord-est du pays, dans l'espace géographique compris entre l'Atlas Tellien et le littoral méditerranéen. Elle dispose de 140km de côtes qui s'étalent de la Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour aux fins fonds du massif de Collo à l'ouest. Elle est limitrophe avec les Wilayates de Annaba, Guelma, Constantine et Jijel.



Figure 3: Limitées géographiques de la wilaya de Skikda

### II.5.2. Le relief

Le relief de la wilaya de Skikda est très accidenté sur la frange littorale est, dans les massifs de Collo, Azzaba et la Marsa. Dans ce relief on distingue trois types de zones topographiques: les zones de montagnes, les zones de plaines et les zones de piémonts.

### II.5.3. Le climat

La Wilaya appartient aux domaines bioclimatiques humides et subhumides. Il est à variante douce et tempérée au niveau du littoral et froid à l'intérieur. L'étage humide couvre la zone occidentale montagneuse ainsi que les sommets à l'Est et au Sud.

Le domaine subhumide prévaut sur les 4/5ème du territoire de la wilaya avec une pluviométrie comprise entre 1000 et 1500 mm/an. Sous l'influence maritime. Les températures sont douces en hiver (11°C en Janvier) et chaude en été (24°C en Août) sur le littoral, où les amplitudes thermiques sont faibles. Elles sont moins douces en hiver (9°C) et plus chaudes en été (27°C) au niveau du territoire intérieur où les amplitudes sont plus marquées

### II.5.4. Infrastructure de Base

#### II.5.4.1. Infrastructures routières

Le réseau routier est composé de 331 km de routes nationales qui sont constituées essentiellement des grands axes suivants :

- La RN 3 qui relie Skikda à Constantine
- La RN 44 qui relie Skikda à Annaba
- La RN 80 qui relie Skikda à Guelma
- La RN 43 qui relie Skikda à Jijel et Mila
- 578 km de chemins de Wilaya qui relient le chef lieu de la wilaya aux grands centres urbains.
- 1 668 km de chemins communaux

#### II.5.4.2. Infrastructure ferroviaire

Le réseau ferroviaire est composé de 180 km dont 140 km en voie unique. Treize (13) gares, deux (02) stations et cinq (05) haltes.

Skikda est reliée par voie ferrée aux wilayas d'Annaba, Constantine et Jijel et à la ligne Annaba - Oran avec le centre de triage de Ramdane-Djamal. Elle dispose d'un réseau de voie ferrée intra portuaire de 5 930 mètres linéaires.

## II.6. Données du projet

Les données du projet sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau 1 : Données du projet**

<b>Vitesse des trains voyageurs</b>	160 km/h
<b>Vitesse des trains marchandises</b>	100 km/h
<b>Écartement standard</b>	1 435 mm
<b>Charge à l'essieu</b>	22.5 tonnes
<b>Rayon Minimum</b>	1 300 m
<b>Déclivité Maximale</b>	15 ‰
<b>Type de rail</b>	UIC 54 B en barres de 18 m
<b>Type de Traverses</b>	BI-BLOC VAX-U31
<b>Ballast</b>	30 cm d'épaisseur
<b>Levé topographique</b>	Couloire

## II.7. But de projet

Le but de cette étude est la recherche d'un tracé qui répond aux objectifs économiques et aux besoins sociaux de la région, de plus elle doit répondre aux critères et aux normes internationales des chemins de fer.

Et on va procéder notre étude par ordre de tâches suivant :

- Optimisation du tracé, par rapport au couloire donné, augmentant les valeurs des rayons et en limitant les pentes pour permettre une vitesse de circulation de 160km/h,
- Application des normes a la superstructure (type des rails, traverses..),
- Étude géologique et géotechnique,
- Dimensionnement de la structure d'assise de la plateforme,
- Étude d'assainissement,
- Projection d'une gare pour la ville de Azzaba ,
- Signalisation ferroviaire,
- Un devis quantitatif et estimatif,
- Étude d'impact sur l'environnement

## II.8. Conclusion

La réalisation des liaisons ferroviaires entre les grandes villes du pays est un facteur qui influe directement sur le développement économique et la satisfaction des conditions de l'investissement et du commerce et l'augmentation des échanges entre les différentes régions du pays, donc il est plus que nécessaire de favoriser ce secteur. Notre projet qui s'intègre dans la rocade ORAN-ALGER-ANNABA ce qui rend fructueux le niveau de développements de l'économie de cette région ainsi que celui du pays.

## **CHAPITRE III**

### **Super structure de la voie**

## III.1. Introduction

La voie ferre est constituée par l'assemblage des éléments fixes assurent la circulation des trains et supportent les efforts transversaux longitudinaux et verticaux tel qu'elle comprend deux parties distinguées la superstructure et l'infrastructure.

Dans ce chapitre nous allons voir des notions sur la voie ferre et leur composante.

## III.2. Catégories de voies

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

- **Les voies principales**, 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, qui sont généralement déclassées après qu'elles étaient des voies principales.
- **Les voies d'évitement**, qui permettent à deux trains circulant à contre sens sur une voie unique de se croiser.
- **Les voies de garage**, qui sont des voies de service affectées au stationnement du matériel

## III.3. Caractéristiques de la voie :

Pour construire une voie moderne qui répond aux normes internationale on adopte (d'après la SNTF) les éléments constructifs suivants :

- Les longs rails soudés
- Les travers en bi-blocs types SL
- Les attaches élastiques de type NABLA
- L'écartement de la voie est de 1.435 m (écartement normal)

## III.4. Composantes de la voie

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

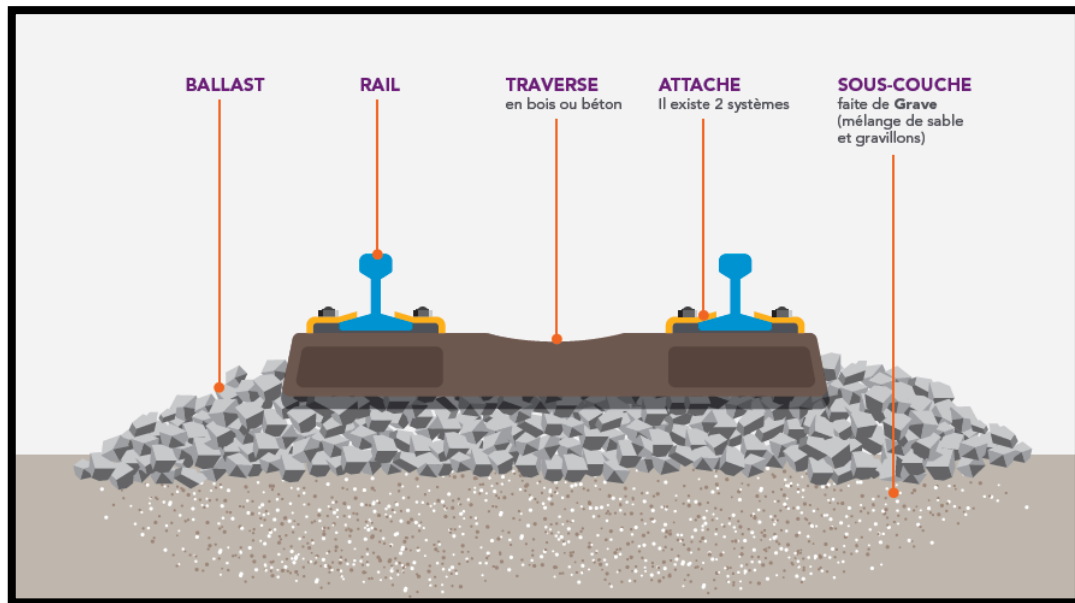


Figure 4 : Les constituants de la voie ferrée

Le ballast, la sous couche et la plateforme sont détaillés dans le chapitre 5, et il nous reste que la partie superficielle de la voie à expliquer au suivant :

### III.4.1. Les rails

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

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

#### III.4.1.1. Type des rails

Il existe différents profils et nuances de rail, adaptés aux utilisations auxquelles ils sont destinés. La majorité des profils laminés au début du chemin de fer n'ont eu qu'une durée éphémère ; seuls, en effet, le double champignon et le rail Vignole ont été largement utilisés. Il convient d'y ajouter un profil à gorge qui permet de poser les voies en chaussée en particulier dans les ports.

#### - Rail à patin (Vignole) :

Ce rail couramment désigné sous le nom de Vignole, se caractérise par une base élargie qui permet une fixation facile sur la traverse.

Il est fixé sur les traverses, soit directement, soit par l'intermédiaire de selles métalliques. Sa forme est largement conditionnée par la nécessité d'assemblage des rails entre eux, c'est-à-dire par le problème de l'éclissage, ce qui conduit souvent, dans

les raccords entre champignon et âme, à une forme contradictoire avec une bonne résistance du profil aux efforts .C'est pourquoi la généralisation de l'emploi de rails soudés en grandes longueurs peut être de nature à permettre une modification assez sensible de la forme du rail, en évitant l'impératif posé par l'éclissage, un procédé de fortune permettant une réparation provisoire en cas de rupture.

Le profil est composé de :

- **Champignon** Courbure pour le contact roue-rail et masse pour fretter la zone de contact
- **Âme** Raccord avec portées d'éclissage
- **Patin** Largeur pour transfert de charge à la traverse, portée d'éclissage et zones pour les attaches

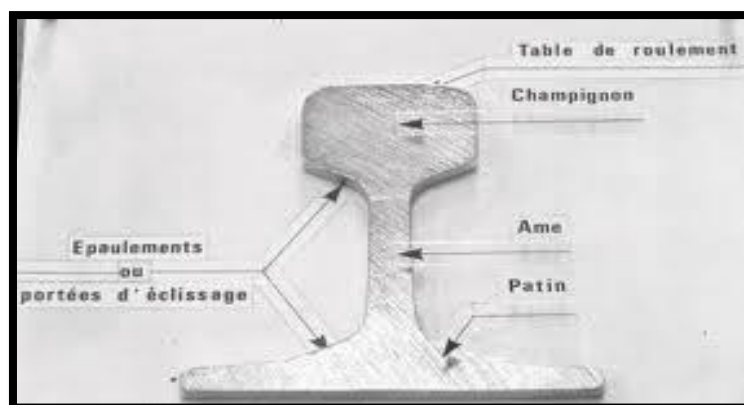


Figure 5 : Rail Vignole

### - Rail à gorge (Tramway / voies de port) :

Rail à Gorge : généralement utilisé pour le cas des tramways et les métros légers, leur poids propre est de l'environs de 58,96 kg/ml



Figure 6 : Rail à gorge

- **Rail à double champignon :**

Le rail à double champignon est caractérisé par une forme symétrique avec champignon supérieur et champignon inférieur. Dans l'idée de ses promoteurs, ce profil pouvait être réutilisé par retournement après usure du champignon supérieur. En fait, cette possibilité s'est révélée vaine du fait de l'encoche rapide du rail dans les coussinets qui le supportent. A l'heure actuelle, on n'utilise plus en pose neuve le rail à double champignon, les Chemins de Fer anglais, qui furent ses derniers partisans, l'ayant abandonné vers 1938.



**Figure 7 : Rail à double champignon**

#### III.4.1.2. Assemblage des rails

La dilatation des rails a été une source de désagrément pour les exploitent ferroviaires. La première technologie alors disponible ne permettait pas d'avoir de long rails, ce problème fut résolu en laissant ; aux joints entre les rails ; un espace suffisant à leur libre dilatation, et les assembler entre eux par une méthode parmi les deux suivantes :

- **L'éclissage :**

C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses. L'éclissage doit satisfaire aux conditions suivantes:

- Relier les rails de façon à ce qu'ils se comportent comme une poutre continue.
- Avoir la même qualité d'acier que le rail.
- empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre.

- **Soudures ou Les longs rails soudés (LRS) :**

Appelée aussi « barres longues », constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées qui présente l'intérêt de supprimer la plupart des joints de rails sur des longueurs importantes, Ces barres longues sont posées et soudées entre elles sur place par soudure aluminothermique ou soudure électrique

Les grands avantages qu'elle offre cette méthode sont :

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



Figure 8 : Eclissage des rails



Figure 9 : Long rail soudé (LRS)

### III.4.2. Les travers

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous les rails, pour en maintenir l'écartement de deux fils de rails et l'inclinaison de 1/20 pour le rail Vignole et aussi pour transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails. D'après la SNTF L'écartement des traverses le long de la voie, ou encore le travelage est généralement entre 1666-1667 traverses/Km. On distingue trois types de traverse :

- Les traverses en bois** : fabriqués en bois exotique dure ils sont généralement en chêne, ils assurent la souplesse et l'isolement élastique, néanmoins, leur inconvénient est celui de la sensibilité aux attaques atmosphériques, ainsi leurs durées de vie sont minimales par rapport aux autres (20 à 30 ans).



Figure 10: Travers en bois

- b) **Les traverses métalliques** : sont des produits industriels de fabrication simple, en aciers, ils ont une forme d'U renversé, leurs extrémités sont enfoncées dans le ballast pour empêcher tout déplacement, vue leurs légèreté (environ 80 Kg) elles sont faciles à poser, cependant, elles sont bruyantes et conductrices d'électricité, donc nécessitent des dispositifs d'isolement couteux



**Figure 11 : Traverses métallique**

- c) **Traverses en béton** : les travers en béton ont une durée de vie plus importante (de 40 à 50 ans) ainsi qu'il coute moins cher ce qui a élevé leur utilisation à travers le monde, ainsi que leur poids important assure un bon ancrage de la voie dans le ballast, par contre Ils ont incon vénients notamment l'exigence d'un plus en ballast que d'autres types de traverses.

Il existe deux types de traverses en béton armé : traverse bi-bloc, elle est constituée de deux blochet séparés par une barre métallique. Monobloc en béton précontraint



**Figure 12 : Travers en béton monoblocs et bi-bloc**

### III.4.3. Systèmes de fixation :

Il existe deux système de fixation :

- ♦ **Systèmes rigides** : Pas d'éléments élastiques
- ♦ **Systèmes élastiques** : consiste à la Présence d'au moins un élément élastique (semelle et/ou attache) 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 est n'est pas fixé directement à la traverse ; interposition d'une selle.

#### III.4.3.1. Attaches et semelles

Les attaches rail-traverse assurent la fixation du rail sur la traverse. Elles assurent 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.

Une semelle d'élastomère cannelée de 9mm d'épaisseur est posée entre le rail et la traverse afin de permettre l'absorption des vibrations nées dans le rail.

#### III.4.3.2. Types d'attaches

- Les anciennes attaches pour les traverses en bois étaient des crampons puis des Tirefonds. Le premier type serrait mal le patin, le rail pouvant alors se relever de la traverse et le deuxième était tellement rigide que le rail pouvait soulever la traverse en se redressant.
- Pour les traverses métalliques, le système d'attache est constitué de boulons qui fixent les crapauds sur le patin
- Le développement technologique a permis de concevoir et mettre en œuvre des attaches élastiques qui peuvent résister d'une manière élastique aux mouvements. On distingue deux types L'attache NABLA et L'attache de type E-clip.



Figure 1 Attache de type E-clip

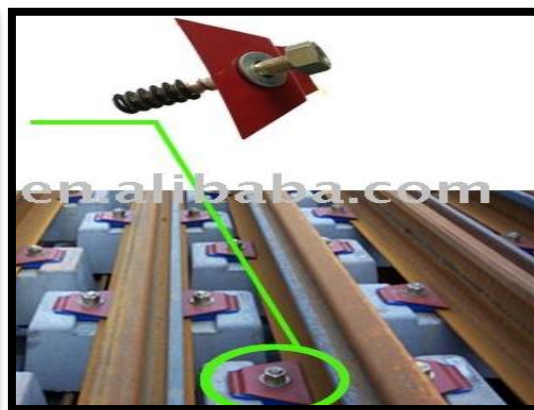


Figure 2: Attache de type Nabla

### III.5. Caractéristiques et type d'installations pour ce projet

La voie courante est conçue pour une vitesse de 160 km/h. Elle est constituée de longs rails soudés en barres continues, posés avec des attaches élastiques sur traverses bi-bloc en béton armé.

#### III.5.1. Caractéristique du rail utilisé :

Vue son emploi universellement répandu, la SNTF a adopté pour la ligne étudiée le rail Vignole UIC 54 (54kg/ml de rail). UIC 54 en barres de 18 m



Figure 15 : Rails UIC 54 attachés sur travers

#### III.5.1.1. Caractéristiques géométriques et mécaniques de rail UIC 54 :

Le rail UIC54 a les caractéristiques g géométriques suivantes :

- Hauteur  $H= 159\text{mm}$
- Largeur de table de roulement  $l=70\text{mm}$
- Epaisseur de l'âme  $E=16\text{mm}$
- Largeur du patin  $L=140\text{mm}$
- Poids métrique  $P=54.430\text{kg}$
- Section  $F=69.34\text{cm}^2$
- Moment d'inertie par rapport a l'axe neutre (horizontale)  $I_x=2346\text{cm}^4$
- Moment d'inertie par rapport a l'axe vertical  $I_y=417.5\text{cm}^4$
- Moment de résistance par rapport :
  - Au champignon :  $W_{xk} = 279.3\text{cm}^3$
  - Au patin  $W_{xf} = 312.8 \text{cm}^3$
  - A l'axe vertical y-y :  $W_y = 59.6 \text{cm}^3$
- Elancement :  $E = 1.14$
- Equilibrage thermique :  $a/b = 1.67$  Où :

a : est l'entraxe des trous centraux d'éclisses.

b : la distance entre l'about du rail et l'axe de son premier trou.

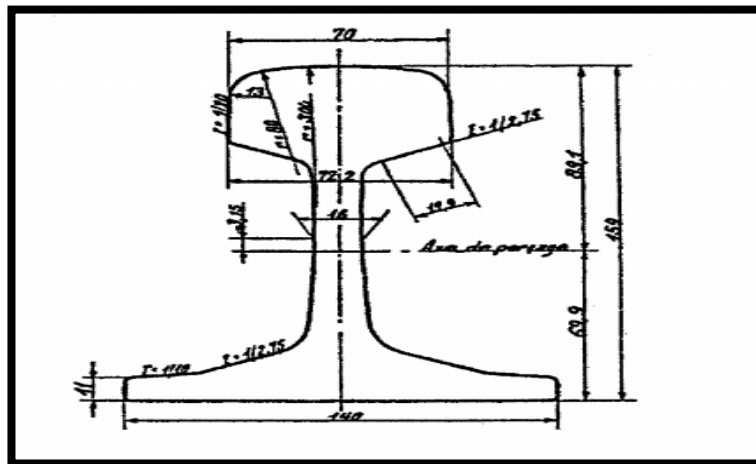


Figure 3: Rail UIC 54

### III.5.1.2. La méthode d'assemblage de rails

La méthode d'assemblage de rails utilisée dans ce projet est la méthode des LRS par soudure aluminothermique.

Cette méthode ne nécessite que des moyens légers, pour les défauts de surface après la soudure, le rail est réparé à l'aide d'une meuleuse s'il s'agit d'un excédent ou bien par un rechargement par soudure à l'arc électrique.

### III.5.1.3. Libération des contraintes

Le phénomène de dilatation causé de variation thermique fait endurer aux rails des variations de longueur non négligeable, il est donc indispensable de prendre des précautions lors de la pose des rails. et pour ce ci les LRS seront libérés de leur contrainte avec une opération très technique de mise en longueur avec une Deux procédés de libération :

- Libération des contraintes, par mise de dilatation libre, lorsque la température au rail est comprise entre 35°C et 38°C.
- Libération des contraintes à l'aide de vérins hydrauliques, lorsque la température de rail est inférieur à 35°C

La longueur du rail évolue selon la loi suivante :

$$\text{Longueur finale} = \text{Longueur initiale} \times (1 + C \times \text{variations de température}).$$

C : coefficient de dilatation linéaire du rail (généralement= 10-5).



Figure 4: soudure aluminothermique

### III.5.2. Attache utilisé :

Il sera employé des attaches élastiques, sont des attaches à lame de type Nabla. Ainsi appelée en raison de sa forme triangulaire, comme l'opérateur mathématique, elle est constituée par un crapaud (lame-ressort) maintenue par un écrou « tirefond » vissé sur une tige filetée dans des encoches accrochées dans le blochet. Le rail repose généralement sur une semelle cannelée en caoutchouc de 9 mm d'épaisseur en général qui joue le rôle d'un amortisseur. Ce type d'attache est le plus répandu au monde, il convient aux longs rails soudés sur traverses en béton.



Figure 5: Attache NABLA

### III.5.3. Traverses utilisé

Les traverses sont de type VAX-U31(B440), et sont des traverses bi-bloc en béton armé pour rail UIC 54 sont utilisées dans toutes les sections de voie courante, les traverses sont posées à raison de 1666 unités au kilomètre (soit au pas de 0,60 m entre axes des traverses). Les voies de service, les voies d'évitement et les voies tiroirs seront équipées aussi de rails UIC 54 posés sur des traverses bi-bloc de type VAX U31.



Figure 6: rails UIC 54 posés sur traverses VAX U31

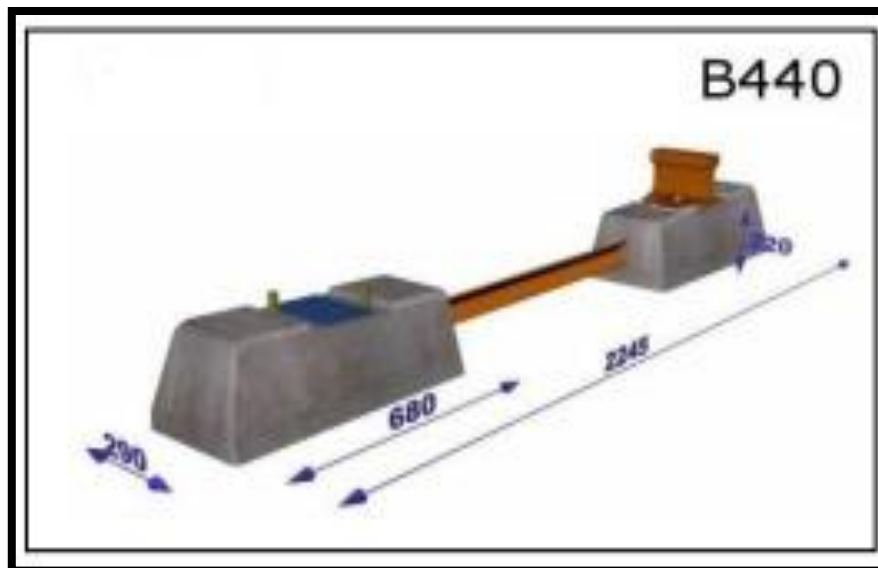


Figure 20 : travers VAX U31(B440)

**Remarque :**

Pour ce projet travers sont fabriqués à la base de l'INFRARAIL à Salah-Bouchaour qui se situe à une distance 30 km du projet ; les rails sont attachés au travers sur des panneaux de 18 m et elles seront transportées au chantier selon la demande.

### III.5.4. La méthode de pose de voie

La pose de la voie se fait par le Processus suivant :

- 1- Distribution des panneaux (rails attachés aux travers) sur la plateforme
- 2- Soudure des rails en barre de 288ml
- 3- Pré-ballastage
- 4- Pose des panneaux sur ballaste
- 5- Soudure des joints éclissés en soudure aluminothermique
- 6- Déchargement de ballast
- 7- Travaux de nivellement
- 8- Réglage du ballast
- 9- Stabilisation de la voie
- 10- Libération des contraintes



**Figure 21: Pose de voie**

### III.6. Conclusion

Le choix des différents constituants de la voie à un enjeu considérable sur l'aspect économique du projet, donc il est primordial de faire le meilleur choix pour arriver à un coup le plus économique possible assurent le bon comportement de la future voie.

## **CHAPITRE IV**

### **Etude géométrique**

### 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.

Afin d'obtenir une vitesse régulière sur un tronçon de ligne, il est nécessaire d'établir un tracé dont les caractéristiques géométriques soient homogènes

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

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

Les valeurs limites normales et exceptionnelles conditionneront la définition géométrique du tracé.

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

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

### IV.2. Tracé en plan

En tracé en plan, l'itinéraire de référence correspond à la projection orthogonale de l'axe de la double voie ou de la voie unique. Il est constitué d'une succession d'alignements et (ou) de courbes circulaires reliés par des courbes de transition du type clothoïde sur la développée desquelles s'effectuent la variation du dévers sur les voies et, suivant les cas, la transition entre les différents types de plate-forme.

#### IV.2.1. Conditions et règles du tracé 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 :

- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières et les propriétés privées
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques et les terrains très plastiques.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement.

#### IV.2.2. Eléments de tracé en plan

Un tracé en plan est constitué de trois éléments géométriques :

##### a) Alignement

C'est l'élément le plus simple et le plus favorable à l'exploitation, il représente le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées sur le plan technique, pour le confort et la sécurité qu'il offre aux usagers.

##### b) L'arc de cercle

Dans les endroits où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on a recourt au raccordement circulaire où le rayon sera le plus grand possible et sa valeur minimale dépend de la vitesse de base. Dans certains cas, on ne peut pas faire des grands rayons, on est obligé d'utiliser des rayons plus ou moins faibles mais qui correspondent à la vitesse de circulation des trains dans les courbes.

##### c) La courbe de raccordement

C'est un élément géométrique qui assure entre un alignement et un arc de cercle, dont la courbure varie progressivement d'un rayon  $R = \infty$  à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur  $R$  constante au début de l'arc de cercle.

Il y a plusieurs types des courbes de raccordement mais la plus utilisable est la clothoïde (parabole cubique) qui présente un aspect esthétique satisfaisant et une variation uniforme de la courbure, grâce à laquelle la stabilité et le confort sont assurés.

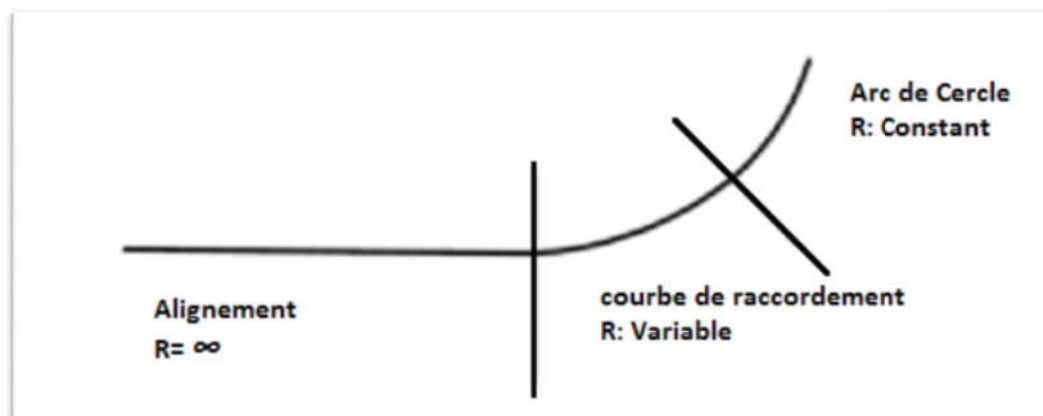


Figure 22: Eléments du tracé en plan

**IV.2.3. Les conditions de raccordement**

Il existe trois conditions de raccordement qui sont :

➤ **Condition de gauchissement :**

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

➤ **Condition du confort optique :**

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

➤ **Condition du confort dynamique:**

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

**IV.2.4. Quantification des Paramètres**

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

**Tableau 2 : Paramètres de sécurité et de confort**

Paramètres relevant la sécurité	Paramètres relevant le confort
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le rayon de la courbe</li> <li>• La variation de courbure</li> <li>• L'insuffisance de dévers</li> <li>• Le dévers et le taux de variation de dévers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excès de dévers</li> <li>• Variation de l'insuffisance de dévers</li> <li>• Longueur des éléments de tracé</li> </ul>

❖ **Longueur minimale des éléments de tracé**

Afin d'amortir suffisamment le roulis de la caisse des véhicules, des longueurs minimales ont été fixées pour les éléments de tracé. Les doucines (arrondis du diagramme des flèches centré sur une origine ou une fin de raccordement progressif) ont des longueurs normales comprises entre 30 et 40 mètres, exceptionnellement 20 mètres.

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 3 : Valeur limite maximales des éléments de tracé**

Valeur limite	Lois	Application au projet
Valeur limite normale	$v/2$	$160/2 = 80$ m
Valeur limite exceptionnelle	$v/3$	$160/3 = 53.33$ m

❖ **Le rayon minimal d’alignement circulaire :**

Le rayon minimal autorisé est calculé selon la formule suivante (UIC 719) :

$$R_{min} = \frac{11.8 \times V_{max}^2}{I_{max} + d_{max}}$$

- **Contraintes du profil en long**

Il ne doit pas y avoir d’interférences entre courbes de raccordement progressif en plan (clothoïde) et courbes de raccordement en profil en long (plus d’explication dans la partie VI.4.3).

- **Contraintes du profil en travers :**

**a) Dévers**

Le déplacement du train dans une courbe le faire subir une force centrifuge qui a tendance à le renverser à l’extérieur du virage. Ce qui fait pour diminuer l’effet de cette dernière on amène à un soulèvement de rail extérieur qui a le plus grand rayon par rapport au rail intérieur de sorte qu’on crée une différence de niveau appelé le **dévers**.

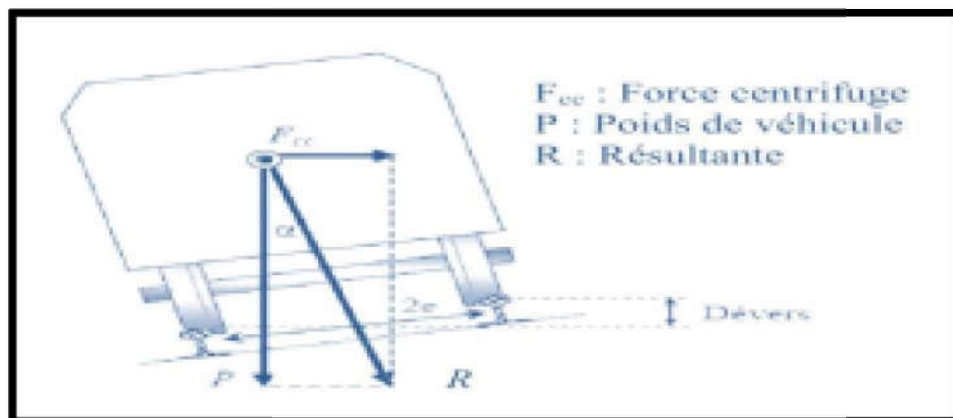


Figure 23: Le dévers

D’après la norme SNCF le dévers est limité à des valeurs maximales afin de ne pas perturber le confort des voyageurs et d’éviter le déplacement de marchandises en cas de ralentissement ou d’arrêt en courbe.

Les valeurs limites maximales d’après UIC 703 sont :

Tableau 4 : Valeurs maximales du dévers

Paramètre	Dévers (mm)	
Valeur maximales (catégorie II)	normal	120
	maximale	150
	Exceptionnel	160

- **Dévers théorique :**

Pour une vitesse  $V$  du train et un rayon  $R$  de la courbe le dévers nécessaire qui peut assurer la stabilité sur la voie et le confort des voyageurs et calculer comme suit :

La force centrifuge est donnée par :

$$F = ma = \frac{mV^2}{R}$$

Le poids est donné par :

$$P = mg$$

Soit l'angle de dévers et petite  $d$  ou :

$$\operatorname{tg} \frac{F}{P} = \frac{V^2}{Rg} = \sin d \approx d/l$$

L'écartement de la voie  $l=1.5$  et la pesanteur  $g = 9.81$

On obtient :

$$d = l \times \frac{V^2}{Rg} \text{ (mm)}$$

Avec :  $V$  en (km/h) et  $R$  en (m)

La valeur résultante et appelée le dévers théorique et donnée par :

$$d_{th} = 11.8 \times \frac{V^2}{R} \text{ (mm)}$$

- **Dévers prescrits :**

Pratiquement le dévers doit répondre aux conditions de confort et de sécurité sur la voie qu'elle va subir différents trains de voyageurs et marchandises avec différentes vitesses.

Le dévers prescrit ou appelé aussi dévers pratique donne une insuffisance de dévers pour les trains rapides et un excès de dévers pour les trains lents, ce dévers est celui de réalisation et il se calcule par la formule suivante :

$$d_p = \frac{100C}{R} \text{ (mm)}$$

$R$  : rayon de courbure

$C$  : coefficient de dévers

D'après SNTF :  $C = 0.006 V_{max}$

avec :  $V_{max}$  : vitesse du train voyageur

**b) Insuffisance de dévers (I) :**

Lorsque le véhicule emprunte une courbe avec une vitesse plus élevée que celle 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 (Exprimé en mm) la différence entre le dévers théorique et le dévers pratique

$$I = d_{th} - d_p$$

La circulation d'un véhicule avec insuffisance de dévers se traduit par l'apparition de forces transversales, résultat de la force centrifuge non compensée ayant pour effets de :

- Tendre au chavirement du véhicule vers l'extérieur
- Tendre à faire monter le boudin sur le rail extérieur.
- Tendre à riper la voie vers l'extérieur de la courbe.
- Imposer un confort inacceptable aux voyageurs.

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

**Tableau 5 : Valeurs maximales de l'insuffisance de devers**

Paramètre		Insuffisance de dévers (mm)
Valeurs maximales (catégorie II)	normal	100
	maximal	120
	exceptionnel	150

**d) L'excès de devers**

L'excès de dévers est limité pour éviter l'usure prématurée du rail intérieur dans les courbes.

$$E = d_p - d_L$$

$d_L$  : dévers théorique des trains lents

Les valeurs maximales admissibles d'après UIC 703 sont les suivantes :

**Tableau 6 : Valeurs limites de l'excès de devers**

Paramètre		Variation du dévers en fonction du temps (mm/s)
Valeurs maximales (catégorie II)	normal	70
	maximale	90
	Exceptionnel	110

❖ **Variation de l'insuffisance de dévers :**

La variation d'insuffisance de dévers se détermine par la formule :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{I \times V_{max}}{3.6 \times L_R}$$

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

**Tableau 7 : Valeurs limites de variation de l'insuffisance du dévers**

Valeur	Variation de l'insuffisance de dévers (mm/s)
Normale	25
Maximale	70

❖ **Variation de dévers.**

➤ **Variation en fonction du temps ( $\Delta d/\Delta t$ )**

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

**Tableau 8 : Valeurs limites de variation du divers en fonction du temps**

Valeur	Variation du dévers en fonction du temps (mm/s)
Normal	28
Maximal	35
Exceptionnel	50

➤ **Variation en fonction de la longueur ( $\Delta d/\Delta l$ )**

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

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{3.6 \times \Delta d}{V_{max} \times \Delta t} = \frac{dp}{L}$$

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

**Tableau 9 : Valeurs limites de variation du dévers en fonction de la longueur**

Valeurs limite normal	180/v
Valeur limite exceptionnelle	216/v

La SNTF exige une variation  $\leq 2.52$  (exception 3.24 mm/m)

**VI.2.5.Paramètre du projet étudié**

Les paramètres de tracé sont calculés à partir des valeurs exigées par le maître de l'ouvrage ANESRIF :

**Tableau 10 : Valeur limite des paramètres de tracé du projet**

Paramètre géométrique	Valeur normal maximale	Valeur normale exceptionnelle
Divers	150	160
Variation du divers par rapport au temps dd/dt	50	60
Excès de dévers	90	110
Insuffisance du divers	120	150
Variation de l'insuffisance du dévers	70	/

**VI.2.6. Application au projet**

• **Données du projet**

✓La vitesse des trains rapides  $V_R = 160$  km/h.

✓La vitesse des trains lents  $V_L = 100$  km/h

- **Le rayon de courbure minimal :**

$$R = \frac{11.8 \times V^2}{l_{max} + d_{max}} = \begin{cases} \frac{11.8 \times 160^2}{120+150} = 1118.81 \text{ m} \\ \frac{11.8 \times 160^2}{160+150} = 974.45 \text{ m} \end{cases}$$

Donc dans notre tracé on prend  $\begin{cases} R_{min} = 1200 \text{ m dans le cas normal} \\ R_{min} = 1000 \text{ m dans le cas exceptionnel} \end{cases}$

On utilise le premier rayon du tracé  $R=1300$  dans tous calcule des déférentes paramètres géométrique du tracé qui l'associe.

- **dévers théorique :**

$$dt = \frac{11.8 \times V^2}{R} = \frac{11.8 \times 160^2}{1300} = 232.36 \text{ mm}$$

- **dévers pratique**

$$dp = \frac{1000 \times C}{R} = \frac{1000 \times 15.36}{1300} = 118.15 \text{ mm} < 150 \text{ ✓ vérifié}$$

On le prend  $dp = 120$  mm

- **Insuffisance du dévers**

$$I = dt - dp = 232.36 - 118.15 = 112.36 \text{ mm} < 120 \text{ ✓ vérifié}$$

- **Excès du dévers**

$$E = dp - dl = < 110 \checkmark \text{ vérifié}$$

- **Longueur du clothoïde**

$$L = \frac{dp \cdot vm}{3.6 \left(\frac{dd}{dt}\right)_{re}} = \frac{120 \cdot 160}{3.6 \cdot 50} = 106.66 \text{ m} \text{ on la prend } L = 110\text{m}$$

- **Paramètre A**

$$A = \sqrt{L \times R} = 378.1534$$

- **Variation de dévers par rapport au temps**

$$dd/dt = \frac{dp \cdot vm}{3.6 \cdot L} = \frac{120 \cdot 160}{3.6 \cdot 110} = 48.48 \text{ mm/s} < 50 \checkmark \text{ vérifié}$$

- **Variation d'insuffisance de dévers**

$$dI/dt = 112.36 \cdot 160 / (3.6 \cdot 110) = 45.40 \text{ mm/s} < 75 \checkmark \text{ vérifié}$$

- **Variation du dévers par rapport à la longueur**

$$dp/l = 120/110 = 1.09 < 1.125 \checkmark \text{ vérifié}$$

Les résultats de calcul pour les différents paramètres des rayons de trace sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau 11: Paramètres du tracé en plan

Rayon	Dth	dp	dp adopté	I	dl	E	L	L adopté	A
1300	232.3692	118.15	120	112.36	90.769	29.23	106.667	110	378.1534
2000	151.04	76.8	80	71.04	59	21	71.11	80	400
3500	86.3085	43.885	50	36.308	33.714	16.285	44.44	50	418.33
2500	120.832	61.44	70	50.832	47.2	22.8	62.22	70	418.33
1300	232.3692	118.15	120	<b>112.36</b>	90.769	29.23	106.667	110	378.1534

VI.3.Calcul d'axe :

VI.3.1.Introduction

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les point d'axe ; en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe .ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connait ses coordonnées, il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul de gisements
- Calcul de l'angle  $\gamma$  entre alignements
- Calcul de la tangente T
- Calcul de la corde SL
- Calcul de l'angle polaire  $\sigma$
- Vérification de non chevauchement
- Calcul de l'arc de cercle
- Calcul des coordonnées des points singuliers

VI.3.2.Exemple de calcul

Pour illustrer notre travaille de calcul 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

- |                                     |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| - $\gamma$ : Angle entre alignement | - SL : La corde à la clothoïde |
| -T : Grande tangente                | - $\sigma$ : L'angle polaire   |
| - $\Delta R$ : Ripage               | -L : longueur de clothoïde     |
| -XM : Abscisse du centre de cercle  | -KA : début de clothoïde       |
| -R: Rayon de virage                 | -KE : Fin de clothoïde         |

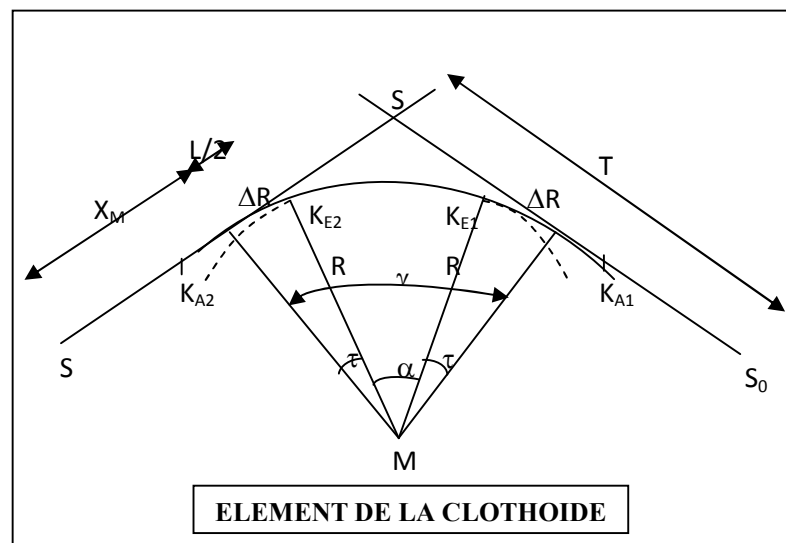


Figure 24 : Eléments de la clothoïde

## VI.3.3. Application au projet :

La première courbe de tracé en plan implanté a les caractéristiques suivantes :

Tableau 12 : Coordonnées de première courbe du tracé

Rayon	Paramètre A	Point	Abscisse X	Cordonnée Y
1300	369.504	S <sub>0</sub>	335855.950	4067995.071
		S <sub>1</sub>	335482.631	4068113.262
		S <sub>2</sub>	334929.301	4068028.859

## - Calcul de distance

$$X1 = X_{S1} - X_{S0} = -373.319\text{m.}$$

$$Y1 = Y_{S1} - Y_{S0} = 118.191\text{m.}$$

$$X2 = X_{S2} - X_{S1} = -553.33\text{m.}$$

$$Y2 = Y_{S2} - Y_{S1} = -84.403\text{m.}$$

$$s1s0 = \sqrt{(\Delta X1^2 + \Delta Y1^2)} \Rightarrow s1s0 = 391.5816\text{m}$$

$$s2s1 = \sqrt{(\Delta X2^2 + \Delta Y2^2)} \Rightarrow s2s1 = 559.73\text{m}$$

## - Gisement

$$a1 = \arctg \left| \frac{X1}{Y1} \right| = \arctg \left| \frac{-373.319}{118.191} \right| = 80.48$$

$$G_{s0s1} = 400 - a1 \Rightarrow G_{s0s1} = 319.52 \text{ gr. (4eme cadran)}$$

$$A2 = \arctg \left| \frac{X2}{Y2} \right| = \arctg \left| \frac{-553.33}{-84.403} \right| = 90.36$$

$$G_{s1s2} = 200 + a2 \Rightarrow G_{s1s2} = 290.36 \text{ gr. (3eme cadran)}$$

- Calcul de l'angle  $\gamma$ :

$$\gamma = |G_{s1s2} - G_{s0s1}| \Rightarrow \gamma = 29.16 \text{ gr}$$

## - Calcul de longueur de clothoïde L

$$L = A^2/R$$

$$L = 369.504^2/1300 = 105.025\text{m.} \quad \text{On prend } L = 110\text{m}$$

- Calcul de l'angle  $\tau$  :

$$\tau = \frac{200.L}{2 \pi.R} \Rightarrow \tau = 2.693 \text{ gr}$$

## - Vérification de non chevauchement :

Il faut que  $\tau < \gamma/2$ .

$$\text{On a : } \gamma/2 = 14.58 \text{ gr}$$

Et  $\tau = 2.693 \text{ gr} < \gamma/2 \Rightarrow$  condition vérifiée pas de chevauchement  $\checkmark$

## - Calcul de la tangente T :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg}(\gamma/2)$$

$X_m$  : Abscisse du centre de cercle

$\Delta R$  : Le ripage

$$X_m = L/2 = 110/2 = 55 \text{ m}$$

$$\Delta R = L^2/24R = 0.36 \text{ m}$$

$$\text{D'où : } T = 385.13 \text{ m}$$

- Calcul de la distance  $S_0K_{A1}$ 

$$S_0K_{A1} = S_0S_1 - T = 391.5813 - 385.13 = 33.45 \text{ m}$$

## - Calcul de la corde SL

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Avec :  $X = L = 110 \text{ m}$ .

$$\text{Et : } Y = \frac{L^2}{6R} = \frac{110^2}{6 \times 1300} = 1.55 \text{ m}$$

$$\text{AN : } S_L = 110.01 \approx 110 \text{ m}$$

- Calcul de l'angle polaire  $\sigma$  :

$$\sigma = \operatorname{arctg} Y/X$$

$$\text{AN : } \sigma = 0.8969 \text{ gr}$$

- Calcul de  $\alpha$  :

$$\alpha = \gamma - 2\tau$$

$$\text{AN : } \alpha = 4.494 \text{ gr}$$

## - Calcul de La longueur de l'arc :

$$B = [\pi \cdot R \cdot \alpha] / 200$$

$$\text{AN : } B = 91.769 \text{ m}$$

## .- Calcul des cordonnées des points singuliers :

$$G(s_0 ; s_1) = 319.52 \text{ gr}$$

$$G(s_1 ; s_0) = G(s_0 ; s_1) - 200 = 319.52 - 200 = 119.52 \text{ gr}$$

$$G(s_1 ; s_2) = 290.36 \text{ gr}$$

$$G(s_2 ; s_1) = G(s_1 ; s_2) - 200 = 290.36 - 200 = 90.36 \text{ gr}$$

• **KA1**

$$X_{KA1} = X_{S1} + T \sin(G(s_1, s_0)) = 335482.631 + 385.13 \times \sin(119.52) = 335849.79$$

$$Y_{KA1} = Y_{S1} + T \cos(G(s_1, s_0)) = 4068133.262 + 385.13 \times \cos(119.52) = 4068017.015$$

• **KA2**

$$X_{KA2} = X_{S1} - T \sin(G(s_1, s_2)) = 335482.631 + 385.13 \sin(290.36) = 335101.908$$

$$Y_{KA2} = Y_{S1} - T \cos(G(s_1, s_2)) = 4068133.262 + 385.13 \cos(290.36) = 4068075.166$$

• **KE1**

$$X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \sin(G(s_0, s_1) - \sigma) = 335849.79 + 110 \sin(319.52 - 0.8969)$$

$$X_{KE1} = 335744.46$$

$$Y_{KE1} = Y_{KA1} - S_L \cos(G(s_0, s_1) - \sigma) = 4068017.015 + 110 \cos(319.52 - 0.8969)$$

$$Y_{KE1} = 4068048.736$$

• **KE2**

$$X_{KE2} = X_{KA2} + S_L \sin(G(s_2, s_1) + \sigma) = 335101.908 + 110 \sin(90.36 + 0.8969)$$

$$X_{KE2} = 335210.872$$

$$Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \cos(G(s_2, s_1) + \sigma) = 4068075.166 + 110 \cos(90.36 + 0.8969)$$

$$Y_{KE2} = 4068090.226$$

**Tableau 13 : Coordonnées des points du raccordement progressif**

Point	X	Y
KA1	335849.79	4068017.015
KE1	335744.46	4068048.736
KE2	335210.872	4068090.226
KA2	335101.908	4068075.166

Pour le bon choix des paramètres de conception du tracé en plan il convient que les valeurs retenues ne dépassent pas les valeurs limites maximum ou minimum. Pour assurer la sécurité, le confort et une bonne durée de vie de la voie.

## VI.4.PROFIL EN LONG

### VI.4.1.Définition

Le profil en long de la voie est constitué de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires. Le profil longitudinal sera défini par la projection horizontale de la cote de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé

### VI.4.2.Les éléments du profil en long

- **Pente** : c'est la partie du tracé qui définit la descente
- **Rampe** : c'est la partie du tracé qui définit la montée
- **Palier** : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale
- **Courbes de raccordement verticales** : ce sont des arcs de cercle qui assurent la liaison entre les alignements de la ligne rouge

### VI.4.3.Coordination du tracé en plan et du profil en long

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

- Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long et les rayons en tracé en plan.
- Ne pas placer une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan
- Les points singuliers du tracé ne doivent pas être derrière un point haut.
- Avant un point haut, amorcé la courbe en plan.
- En angle rentrant on doit satisfaire la condition de confort et une vitesse très grande

### VI.4.4.Déclivité maximale

La déclivité (rampe et pente) d'une ligne affecte les possibilités de freinage et de démarrage et pour éviter ces deux problématiques il est nécessaire de déterminer des valeurs de pente et de rampes limites maximale à appliquer en sachant que la déclivité admise varie en fonction de sa longueur selon la norme SNTF qui stipule :

- ✓ 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‰.

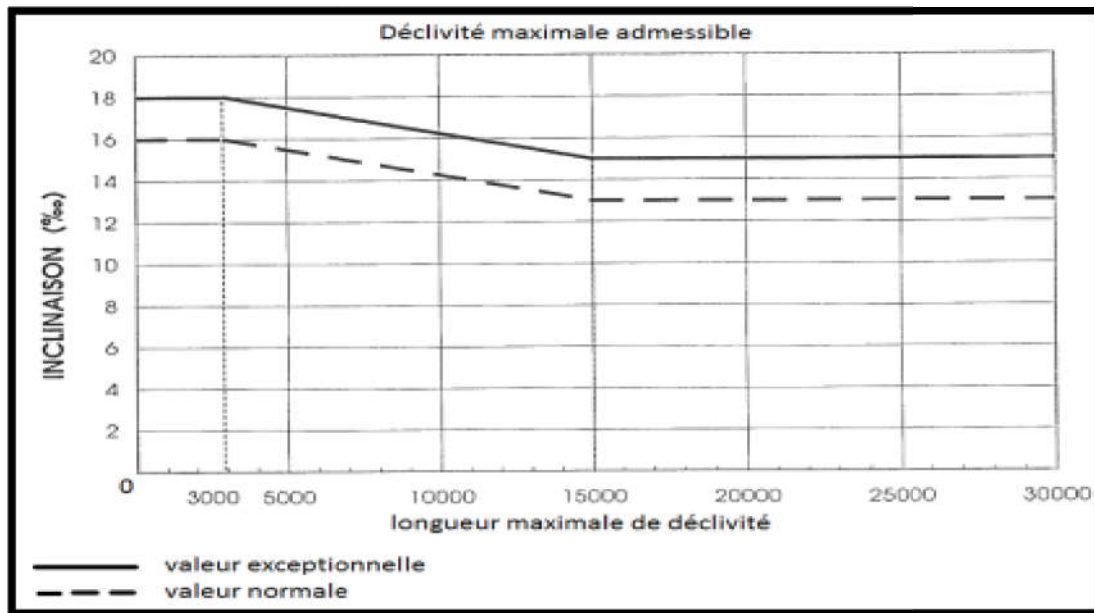


Figure 25 : Déclivités maximales admissibles (Source référentiel SNTF)

#### VI.4.5. Rayon admissible en raccordements de profil en long

Les valeurs des rayons minimaux admissibles en profil en long sont limitées pour tenir compte des considérations suivantes :

- ✓ lorsqu'un véhicule franchit à une vitesse V un raccordement de profil en long de rayon Rv, il est soumis à une accélération centrifuge Cette accélération doit être limitée afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation
- ✓ Les raccordements de profil en long sont définis par des raccordements circulaires, sans courbes de transition entre les pentes et le raccordement. Cela entraîne une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

Pour restreindre la variation brutale d'accélération verticale pour les circulations à vitesse maximale, on doit limiter le rayon minimum de ces courbes.

Il en résulte ci-dessous les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil en long.

Tableau 14 : Valeurs limites de rayon du profil en long

Valeur limite normale	$R = 0.35 \times V^2$
Valeur limite exceptionnel	$R = 0.25 \times V^2$

R = Rayon de la courbe de raccord (en m)

V = Vitesse du train le plus rapide (en km/h).

### VI.4.6. Longueur minimale des éléments du profil en long

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

Les valeurs de la longueur minimale des déclivités en profil sont montrées dans le tableau suivant :

**Tableau 15 : Valeur limites de Longueur des éléments du profil en long**

Valeur limite normale	V/2
Valeur limite exceptionnel	V/2.5

V étant la vitesse du train le plus rapide exprimée en km/h

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

#### Remarque

Au point de changement de pente lorsque la différence algébrique des déclivités est inférieure à 2‰ (peut être portée à 4 ‰) on ne fait pas le raccordement circulaire.

### VI.4.7. Application au projet :

Pour notre projet les exigences utilisées sont :

- **La déclivité maximale est de : 16‰.**
- **La longueur minimale de la déclivité maximale est de : 3000 m**
- **Rayon admissible :**

$$R_{adm} = 0.35 * 160^2 = 8960 \text{ m (cas normal)}$$

$$R_{adm} = 0.25 * 160 = 6400 \text{ m (cas exceptionnel)}$$

- **Longueur minimale des éléments**

$$L_{min} = v/2 = 160/2 = 80 \text{ m (cas normal)}$$

$$L_{min} v/3 = 160/3 = 53.33 \text{ m (cas exceptionnel)}$$

## VI.5. Profils en travers

### VI.5.1. Définition

Le profil en travers d'une voie ferrée est la coupe transversale de cette dernière suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe de cette voie.

L'échelle la plus fréquemment utilisée est celle de 1/100.

On distingue deux types de profil :

**Profil en travers type** : Contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, les éléments de la superstructure, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches, système d'évacuation des eaux.....etc.).

**Profil en travers courant** : est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières, qui servent à calculer le projet.

### VI.5.2.Les éléments du profil en travers

- **L'Emprise**: C'est la surface du terrain naturel affecté à la voie; limitée par le domaine public.
- **Assiette**: C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements.
- **Plate-forme**: Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la voie et les accotements.
- **La voie**: C'est la partie de la voie ferrée affectée à la circulation des trains.
- **La berme**: Supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur dépend de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- **Le fossé**: C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la voie et talus et les eaux de pluie.

### VI.5.3.Etablissement du profil en travers type

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

#### 1. Éléments de superstructure :

- Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie.
- Le type de traverses utilisé.
- L'épaisseur de la couche de ballast.
- La longueur des butées du ballast.
- La valeur du devers maximal en courbe.
- Poteaux caténaires et caniveaux à câbles (pour les voies électrifiées).
- La pente latérale de la couche de ballast.

#### 2. Éléments d'infrastructure :

- Les épaisseurs, les pentes et le nom de chaque couche.
- La pente latérale de la plateforme.

#### 3. Éléments du talus :

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

#### 4. Éléments d'assainissement :

- Type et dimension des fossés

**VI.5.4.Profil en travers type du projet**

Pour le présent projet, on a opté pour les sections types exigées par l’ANESRIF :

- \* Type de ligne : double voix mixte non électrifiée.
- \* Ecartement de la voie : 1.435 m (standard).
- \* Largeurs de la plate-forme :14.5 m.
- \* Entre axe 5m
- \* Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- \* Pente latérale de la couche de ballast : 2/3.
- \* Epaisseur du ballast : 30 cm

**VI.5.5.Calcul des Cubatures**

Les cubatures de terrassement c’est l’évolution des cubes de déblais que comporte le projet afin d’obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne de projet. Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures, parmi eux, on peut citer :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l’aire moyenne (méthode par défaut).
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

Pour ce projet, le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l’aide du logiciel **civil 3d** les détails de calcul sont joints dans l’annexe.

Les résultats du calcul automatique sont résumés dans le tableau ci-après :

**Tableau 16 : Cubatures**

Déblai (m3)	Remblai (m <sup>3</sup> )
228756.13	179595.28

**VI.5.5.6.Correction des volumes :**

Le tracée suit les l’ancien voie dans les zones suivantes :

**Tableau 17 : Longueurs de dédoublement**

	Pk début	Pk fin	Longueur (m)
Dédoublement à droit	0+000	0+440	440
	1+027.95	1+940	912.05
Dédoublement à gauche	6+815.02	7+506.10	691.08
	8+159	8+609.37	607.78
Longueur totale de dédoublement	2650.91		

Pour ces zones on doit faire une correction de volume pour le ballaste, sous ballaste, couche de forme et la couche de fondation, les mouvements en terre ne nécessitant pas de correction car la ligne rouge suit exactement l'ancien voie, et cette dernière sera considérée comme terrain naturel comme il est montré dans la figure suivante :

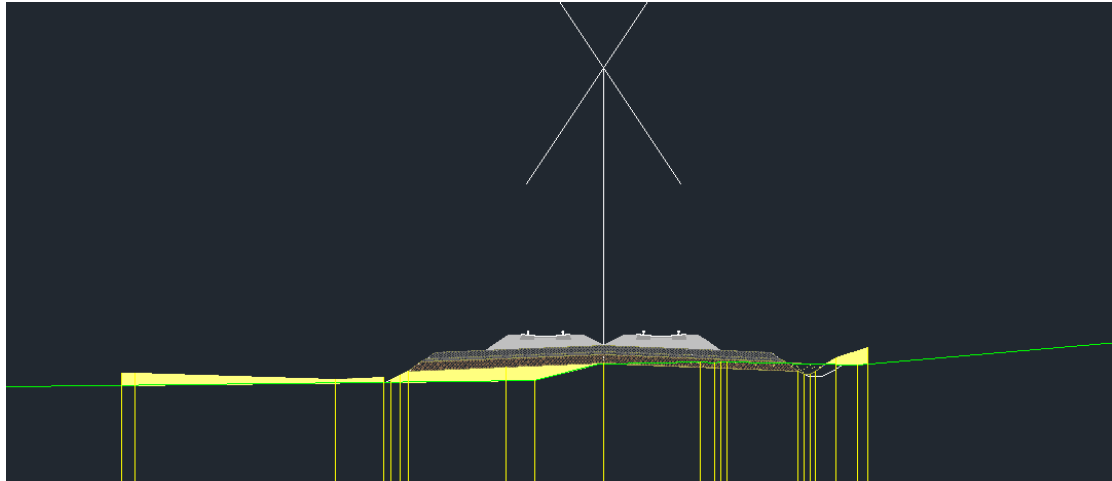


Figure 26 : Profile en travers courant PK0+050

A.N :

Pour le ballaste

$$V_{c1} = V \text{ total} - (\text{Surface} * \text{Longer de dédoublement}) = 32221.79 - (2650.91 * 1.88)$$

$$V_{c1} = 27387.5204 \text{ m}^3$$

Pour le sous-ballaste :

$$V_{c2} = 31870.99 - (2650.91 * 1.86) = 28000.66 \text{ m}^3$$

Pour la couche de fondation :

$$V_{c3} = 19932.12 - (2650.91 * 1.165) = 16843.81 \text{ m}^3$$

Pour la couche de forme

$$V_{c4} = 48869.4 - (2650.91 * 2.855) = 41301.05 \text{ m}^3$$

Pour le Décapage du terrain naturel

$$V_{c0} = 0.3 \times (\text{Emprise 2 voie} \times \text{Longueur du tracé} - (\text{Emprise 1 voie} \times \text{Longueur du dédoublement}))$$

$$V_{c0} = 0.3 * (60 * 8609.37 - (2650.91 * 30)) = 113110.47 \text{ m}^3$$

### VI.5.6.Obstacles et franchissements dans l'emprise ferroviaire

La liste ci-dessous représente par ordre des PK's les obstacles, interférences et franchissements qui se trouvent dans l'emprise ferroviaire

**Tableau 18 : Franchissement des obstacles**

PK	Ouvrage Proposé	Ancien ouvrage
0+810	Passage Supérieur Routiers	Passage a niveau
1+332 / 1+355	Dédoulement du Pont rail	Pont rail
1+680	Passage inferieur Routiers	Passage a niveau
2+350	Passage inferieur routiers	/
5+020	Passage Supérieur Routiers avec aménagement de trois pistes	/
8+050	Passage supérieur routier avec aménagement de trois pistes	3 Passages à niveau

### VI.6.CONCLUSION :

Le présents projet à pour but la correction de l'ancien tracé et pour ce ci on doit optimiser jouant sur les paramètres géométriques pour satisfaire au objectifs du projet d'une part et de concevoir un projet économiques de l'autre part toutes en respectant les exigences de la norme (UIC, SNTF).

## **CHAPITRE V**

### **Etude géologique et géotechnique**

**V.1. Introduction**

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissances géotechniques et géologiques après tracer son axes (ou lorsque le choix de site ou de couloir) ces reconnaissances lui permettra de définir les caractéristiques du sol ; sous-sol où le projet sera exécuté pour assurer leur stabilité et pérennité à long terme.

L'étude géotechnique et géologique du site est basée essentiellement sur la description géomorphologique et lithologique, l'interprétation des mouvements gravitaires et l'estimation des tassements, le recensement des gîtes à matériaux et en fin le dimensionnement des couches d'assise

**V.2.Géologie**

**V.2.1. Géologie régionale**

Sur le plan géologique, La région d'étude fait partie de l'ensemble géologique de l'Atlas Tellien, zone plissée Alpine de l'Afrique du Nord caractérisée par sa complexité lithologique et structurale.

Le lot étudié occupe la vaste dépression (plaine alluviale) orientée N.E.S.W, elle est située au pied des massifs montagneux d'Azzaba, Safia – Si Messaoud (S.SE-N.NW) et ceux de la partie terminale de l'Edough (N.NE). Les terrains de la plaine y sont d'âge Plio-Quaternaire (série de terrasses) essentiellement limoneuses et argileuses avec présence de sables, de graviers, galets et cailloux

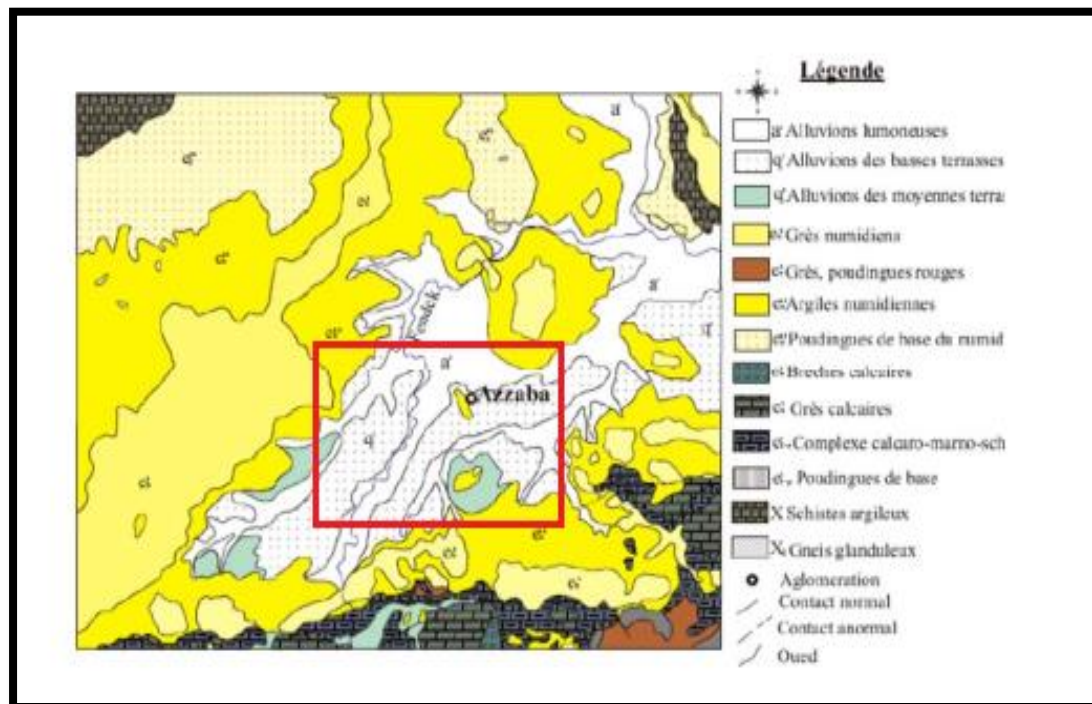


Figure 27 : Géologie régionale (carré rouge : tracé)

### V.2.2. Tectonique :

La zone d'étude se trouve dans le Nord d'Algérie. Ce sont le dernier mouvement tectonique du Cénozoïque et du Quaternaires qui sont responsables sur la structure du relief actuel. Des déformations pilo-quaternaires sont mises en évidence et marquées par la superposition d'une phase intensive N140°-150°E et d'une phase compressive N 140°-150°E. La distension plus ancienne ; est responsable de la réactivation de failles N45°E et N100°-120°E délimitant les bassins pilo-quaternaires. La compression subactuelle N140°E et N150°E est caractérisée par un plissement NE-SO

### V.2.3. Sismicité :

La carte sismique de l'Algérie montre la distribution des différentes zones sismiques en fonction de l'intensité des tremblements de terre enregistrés.

Le document technique réglementaire (RPA 99/ Addenda 2003) subdivise le territoire national en cinq (05) zones de sismicité croissante, définies ci-dessous :

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

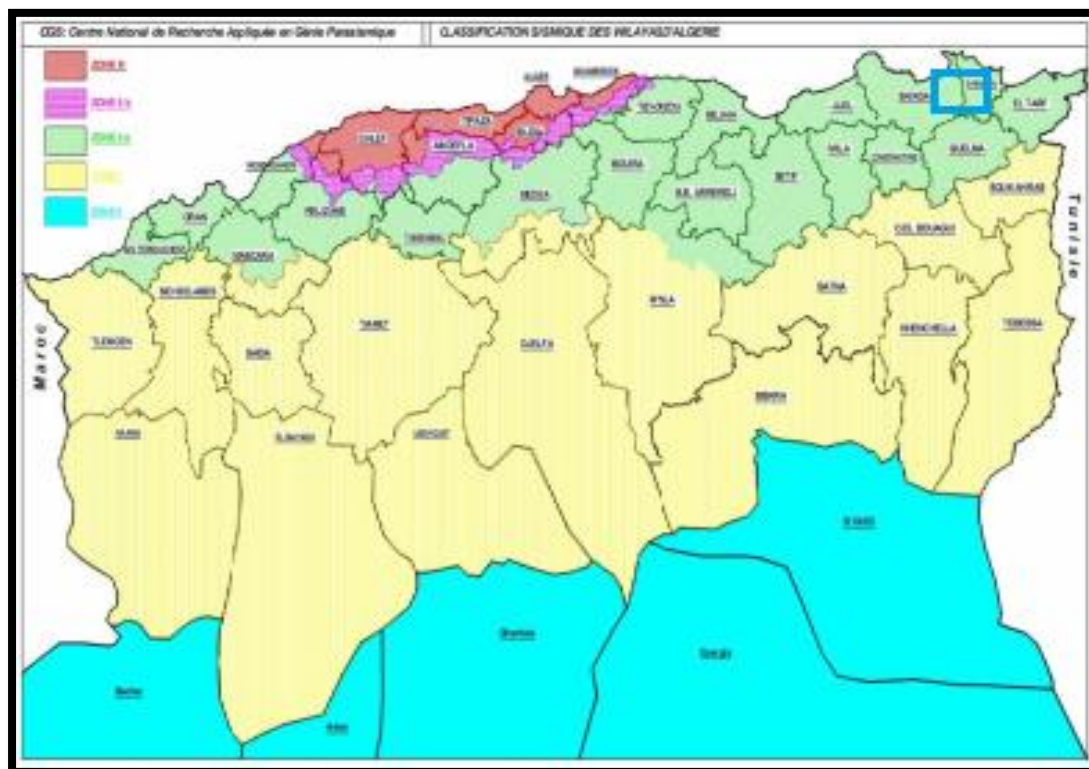


Figure 28 : Zones de sismicité (carré bleu : zone d'étude)

Les coefficients d'accélération (A) à prendre en considération dans les calculs selon le type de l'ouvrage sont donnés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 19 : Les coefficients d'accélération**

Groupe	ZONE			
	I	IIa	IIb	III
1A	0,15	0,25	0,30	0,40
1B	0,12	0,20	0,25	0,30
2	0,10	0,15	0,20	0,25
3	0,07	0,10	0,14	0,18

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés. Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes RPA 99/2003 doit être classé dans l'un des quatre groupes définis ci-après :

- Groupe 1A : Ouvrages d'importance vitale ;
- Groupe 1B : Ouvrages de grande importance ;
- Groupe 2 : Ouvrages courants ou d'importance moyenne ;
- Groupe 3 : Ouvrages de faible importance

Pour toute la zone d'étude, le risque des tremblements de terre est moyen (Zone IIa), avec importance vitale du projet , les accélérations sismiques basiques sont de valeur de 0,25 m/s

**V.2.4. Géomorphologie**

Sur le plan géomorphologique, la zone traversée par le tracé montre un relief légèrement aplati dû à la nature lithologique et à la topographie .à l'exception du début du lot, au niveau du village de menzel el batal , le tracé continue dans la plaine alluvionnaire d'azzaba qui communique avec celle de menzel bendich



**Figure 28 : Vu panoramique montrant la morphologie plate du tracé**

### **V.2.5. GÉOLOGIE DU TRACÉ**

Les formations géologiques rencontrées le long du tracé sont constituées d'alluvions argileuses depuis le début à la fin du lot étudié.

Toutefois, on signale que l'origine des matériaux alluvionnaires est due à l'altération et à l'érosion de la série argilo-gréseuse du numidien qui forme les reliefs avoisinants et les alluvions du quaternaire sont des sédiments déposée le long des cours d'eau dont l'origine est l'altération et l'érosion des roches en amont.

La géologie de site étudié est caractérisé par différentes unités géologiques, qui sont les suivantes :

**V.2.5.1. Les argiles numides** : Cette unités apparaitre dans les 100 premiers mètres

#### **Description :**

Ce sont des argiles de base de la série argilo-gréseuse. Elles sont de teintes vertes parfois rouges avec une épaisseur de l'ordre de cinquantaine de mètre ; à la base, on signale un faciès transgressif avec des conglomérats et de minces bancs gréseux.

**V.2.5.2. Quaternaire alluvial sableuse QAlS** : Cette unité n'apparait pas le long de la bande d'étude et peut de continuité latérale. Ces matériaux sont rencontrés généralement ; partir des 10 mètres de profondeur.

#### **Description :**

Ces matériaux sont constitués par des sables fins quelque peu argileux de couleur marron et jaunes avec des canaux de gravier gros sableux-argileux.

**V.2.5.3. QUATERNAIRE alluvial argileux QALa** : Cette unité constitue le niveau d'appui de la plate-forme de puis le PK 00+120 jusqu'à la fin de lot étudié

#### **Description :**

Ce sont des alluvions argileuses avec de très rares niveaux sableux ; de couleur sombre à noirâtre.

**V.2.5.4. Remblai de chemin de fer Rc** : Sous cette appellation les niveaux de remblais de l'actuel tracé de la ligne de chemin de fer

#### **Description**

Elle est constituée par des sables avec des indices de sable, avec des graviers calcaires de taille moyennement gros

V.2.5.5. Résultats générale

Au long du tracé, 3 unités géologiques ont été identifiées dont 1 correspondant au substrat altéré et les deux restantes sont des formations superficielles

Tableau 20 : Unités géotechniques du tracé

-formation superficielle	Substrat :
Remblai anthropiques	Numidien (TNa)
Quaternaire alluvial sableuse QAIS	
QUATERNAIRE alluvial argileux QALa	

V.3.Géotechniques :

La campagne de reconnaissance géotechnique comprend l'exécution de puits d'exploration, de forages, l'installation de piézomètres, une série d'essais in-situ ainsi qu'une batterie d'essais en laboratoire comprenant des essais d'identification et des essais mécaniques.

Le but des travaux de reconnaissance est de définir la stratigraphie sur le long du tracé, de caractériser les propriétés géotechniques des matériaux rencontrés afin de réaliser le dimensionnement de l'assise, et préciser la stabilité des talus des déblais et remblais et les conditions de réutilisation des sols excavés.

La campagne effectuée consiste en :

Tableau 21 : Campagne géotechnique

Essais in-situ	
essai	norme
Sondage carottier	XP P 94-202
Pénétration dynamique	NF P 94-114
Essais pressiométrique	NF P94-110-1
Essais SPT	NF P 94-116
Sondage à la pelle (puis de reconnaissance)	/
Essais en laboratoire	
essai	norme
granulométrie	NF P 94-056
Teneur en eau naturelle	NF P 94-050
Limite d'aterberg	NF P 944-051
CBR	NF P 94-078
Proctor	NF P 94-093

**V.3.1. Essais in situ**

La campagne d’investigation in-situ du lot 08 (PK67+030 au PK 75+200), a consistait à l’exécution 03 pénétration dynamique poussés jusqu’au refus, 03 pressiometrique de 15m de profondeur, et 1 sondages carottés avec la réalisation d’ essai SPT et 5 puits de reconnaissance.

**V.3.1.1. Sondages carottés :**

L’objectif de ces essais est d’évaluer la compacité ou consistance des matériaux traversés, ainsi que la collecte d’échantillons avec l’échantillonneur Terzaghi pour pouvoir établir une classification lithologique. Le sondage F03-ARD est réalisé au niveau du PK 4+300 ; ces résultat sont les suivantes :



**Figure 29 : Résultats des sondages carottés**

**Tableau 22 : Description des couches du sondage**

Sondage	Profondeur (m)	Description
n° F-03-A-RD	0,00 – 0,70	Remblai
	0,70 – 2,70	Argile limoneuse, légèrement sableuse (Brunâtre à jaunâtre)
	2,73 – 10.00	Argile sablo-graveleuse jaunâtre à brunâtre, moyennement dense
	10.00 – 15.00	Tuf jaunâtre avec présence de blocs et galets calcaire, très dense

**V.3.1.2. Puits de reconnaissance**

Les puits ont été réalisés à l'aide d'une pelle mécanique, 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

**V.3.1.3. Essai au pénétromètre dynamique type B (NF P 94-114) :**

Les essais de pénétration dynamique ont pour objectif de calculer la résistance des terrains en continu (résistance dynamique de pointe), il permet en conjugaison avec les moyens de prospection directs (puits et sondages) d'évaluer la capacité portante des couches les plus superficielles du terrain et/ou des dépôts de couverture généralement peu cohésifs ou compacts qui puissent avoir lieu, et de calculer leur épaisseur.

Les descriptions des différents puits effectués le long de tracé et les résultats des essais au pénétromètre dynamique sont résumés dans le tableau 5 ANNEXE géotechnique

**V.3.1.4. Essai de pénétration au carottier (SPT) NF P 94-116 :**

L'essai de pénétration au carottier est un essai géotechnique qui teste le terrain en place et fournit une caractéristique conventionnelle et un échantillon remanié du sol. L'essai consiste à déterminer la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier normalisé battu en fond d'un forage préalable. L'essai de pénétration au carottier permet d'établir une relation entre la résistance à la pénétration d'une part et les caractéristiques et la variabilité des sols d'autre part

**Tableau 23 : Classification des sables quant à leur Compacité**

N <sub>SPT</sub>	Compacité
0-4	En vrac
4-10	Peu compact
10-30	Moyennement compact
30-50	Compact
>50	Très compact

Au niveau de sondage ; les valeurs de l'indice de pénétration au carottier

N (N= N2+N3) enregistrées sont résumés dans le tableau ci après :

**Tableau 24 : Résultats d'essais SPT**

Forage	profondeur	N1	N2	N3	N	Observation
F03-A-RD	3.00-3.45	06	05	04	09	Peu compact
	6.00-6.45	14	23	16	39	Compact
	9.00-9.45	18	28	38	66	Très compact
	12.00-12.45	Refus	/	/	Refus	
	15.00-15.45	Refus	/	/	Refus	

### V.3.1.5. Prosimètre

L'essai consiste à faire descendre dans un trou calibré une sonde cylindrique en métal tri-cellulaire revêtue d'un membre en caoutchouc gonflable radicalement et on applique des pressions successives pour mesurer des variations du volume du sol afin d'obtenir le module de Yong à chaque profondeur

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 25 : Résultats des essais au Prosimètre**

pk	Profondeur	Pression limite PL	Module prosimétrique
68+546	2	0.12	4
	6	0.22	2.63
	14	0.46	6.2
	22	2.16	50.75
	30	5.15	417
69+845	6	0.09	2.4
	10	0.41	9.66
	18	0.6	9.89
	22	5.08	306.7
	30	4.91	350.45
71+300	2	0.28	9.37
	6	0.32	6.52
	18	1.4	61.8
	26	5.44	394.39
	30	5.16	373.86

### V.3.2. Essai de laboratoire :

Des échantillons issus de sondage carotté, ainsi que des échantillons remaniés prélevés dans les puits de reconnaissances, ont fait l'objet d'analyse en laboratoire, consistant à l'exécution des essais suivants :

#### V.3.2.1. Essais d'indentification :

##### a) 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**.

**Remarque :** tous les sols du terrain traversé ont un diamètre maximal des grains  $D_{max} < 50 \text{ mm}$  (voir Figure III.1 dans l'Annexe Géotechnique)

### b) Limites d'Atterberg

Compte tenu de leur structure, les formations meubles (fraction fine) ont la propriété d'absorber l'eau ou se dessécher, ceci en fonction des conditions d'humidité auxquelles elles sont soumises, et passent ainsi d'un état à un autre.

Le but de cet essai est la détermination expérimentale la limite de liquidité ( $W_L$ ) et de la limite de plasticité ( $W_P$ ). La détermination de  $W_L$  et  $W_P$  nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permette de le classer grâce à l'abaque de plasticité de casagrande.

$W_P$  : sépare l'état solide de l'état plastique.

$W_L$  : sépare l'état plastique de l'état liquide



Figure 30 : Coupelle de Casagrande

### b) Teneur en eau NF P 94-050

L'essai de teneur en eau permet de déterminer quel est le pourcentage massique d'eau dans le sol étudié, c'est-à-dire quelle est la masse d'eau présente par rapport à 100 grammes de sol sec. Cette information importante permettra de décider du traitement ou de compactage à apporter au sol.

#### V.3.2.2. Essais mécaniques :

##### a) Essai CBR NF P 94-078

Cet essai donne une évaluation sur la portance du sol, c'est-à-dire de l'aptitude des matériaux à supporter les charges. Les résultats de l'essai sont représentés dans la figure III.2 dans l'annexe géotechnique.

**b) Essai Proctor-NF P 94-093**

Le but de cet essai est de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».



**Figure 31 : Matériels de l'essai Proctor**

**V.3.2.3. Résultats des essais au laboratoire**

Les résultats des essais de laboratoire pour les échantillons prélevés des sondages carottés et des puits de reconnaissance récapitulé dans **tableau III.1** et **tableau III.2** de l'Annexe Géotechnique avec la classification de sol selon **GTR** et selon la norme **UIC 719 R**.

**V.4.Terrassement**

Les travaux de terrassement sont généralement des déblayages et des remblayages des sections de tracé ferroviaire

**V.4.1. Stabilité des talus :**

L'étude de stabilité concerne les déblais ou la hauteur dépasse les 7 m, dans le présent projet les talus ne dépassent pas les 7 m mais on va faire cette étude pour la vérification et apprentissage. Dans ce projet on va vérifier la stabilité des talus avec :

- Pente de 3H/2V pour déblai
- Pente de 2H/1V pour remblai

**V.4.1.1. Logiciel de modélisation**

Les calculs géotechniques ont été réalisés avec le logiciel **SLIDE** version 5.0 qui permet de vérifier la stabilité des ouvrages géotechniques, avec ou sans renforcements, Les facteurs de sécurité globaux minimaux qu'on doit les vérifier sont les suivants :

Tableau 26 : Valeurs minimaux des facteurs de sécurité

Combinaison de charge	Facteur de sécurité demandé F
Poids propre+ Charge d'exploitation	$F \geq 1.5$
Poids propre+ Charge d'exploitation + sismicité	$F \geq 1.0$

#### V.4.1.2. Stabilité des déblais

Les calculs des déblais ont été faits sur les sections transversales à partir de PK 5+050 jusqu'à PK 7+100 avec une longueur de 2050 m et une hauteur maximale de 5.5 m, on majore cette hauteur par  $h = 6m$ .

Les paramètres géotechniques utilisés dans l'analyse du profil, estimés ayant pour base les résultats des essais et des travaux de prospection réalisés, en conjugaison avec les éléments de caractérisation obtenus sur le terrain, sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 27 : Caractéristiques des soles en zones de déblai

Profondeur (m)	Cohésion (bar)	Angle de frottement $\varphi^\circ$	$\gamma h$ (t/m <sup>3</sup> )
0-6	0.24	17	1.96

#### • Modèle de charge

##### ➤ Poids propre du sol

Dans les calculs les poids propre du sol du terrain adjacent ont été respectés.

##### ➤ Sismicité

Conforme au chapitre (étude géologique) le coefficient d'accélération est  $A=0,25$ .

Les coefficients d'accélération  $k_h$  et  $k_v$

$$k_h = 0.5 \times A = 0.5 \times 0.15 = 0.125$$

$$k_v = 0.5 \times k_h = 0.5 \times 0.075 = 0.00625$$

#### • Résultats

Toutes les justifications géotechniques sont réalisées, les résultats sont donnés dans le tableau suivant (les détails de résultats est dans la figure III.5 et figure III.6 dans l'Annexe Géotechnique)

Tableau 28 : Résultats de calcul de stabilité des déblais

Pk	Sécurité globaux F Combinaison de charge	Sécurité globaux F Combinaison de charge 2
PK 5+900	$2.178 \geq 1.5$	$1.726 \geq 1$

Dans l'analyse de stabilité réalisée dans le profil est constaté que soit pour la situation Statique soit pour la pseudo-statique sont obtenus des facteurs de sécurité supérieurs aux valeurs minimales établies, ainsi la stabilité globale des talus est garantie, pour la géométrie de 3/2 (H/V).

**V.4.1.2. Stabilité des Remblais**

Les calculs des remblais ont été faits sur les sections transversales à partir de PK 1+200 jusqu'à PK 5+050 avec une longueur de 3850 m et une hauteur maximale de 5.3 m, on majore cette hauteur par  $h = 5.5m$ .

Les paramètres intrinsèques du sol de remblai utilisés dans l'analyse du profil sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 29 : Caractéristiques du remblai**

Cohésion (bar)	Angle de frottement $\varphi^\circ$	$\gamma_h$ (t/m <sup>3</sup> )
0.3	15	2

**• Modèle de charge**

C'est la même Modèle de charge que celle de la stabilité des talus de déblai. Outre le poids propre du remblai a été appliquée une surcharge uniformément distribuée de 30 KPa, qui vise à simuler l'action provoquée par le trafic ferroviaire

**• Résultats**

Toutes les justifications géotechniques sont réalisées, les résultats sont donnés dans le tableau suivant (pour plus de détails sur le calcul voir figure II.7 et figure III.8 dans l'Annexe Géotechnique)

**Tableau 30 : Résultats de calcul de stabilité des Remblais**

Pk	Sécurité globaux F Combinaison de charge	Sécurité globaux F Combinaison de charge 2
PK 5+900	$2.216 \geq 1.5$	$2.720 \geq 1$

D'après s l'analyse on constate que la stabilité globale des talus est garantie, pour la géométrie de 2/1 (H/V) pour les deux situations (statique et pseudo-statique).

**V.4.2. Techniques et recommandation géotechniques :**

**V.4.2.1. Remblai technique**

Ces remblais ont pour but d'assurer une transition entre les terrassements généraux ferroviaires et le tablier de l'ouvrage d'art afin de limiter les conséquences des sollicitations verticales induites par le trafic au passage de cette zone de garantir la qualité et la géométrie de la voie de garantir ainsi le confort et la sécurité des usagers

et de limiter l'entretien dû aux tassements différentiels, en utilisant la grave traitée comme remblai technique. Avec une dimension maximale des granulats de 31,5 mm en cas de traitement des matériaux en centrale. Le ciment utilisé est de classe 325 et le dosage sera égal à 3 % de ciment en poids de matériau sec après traitement

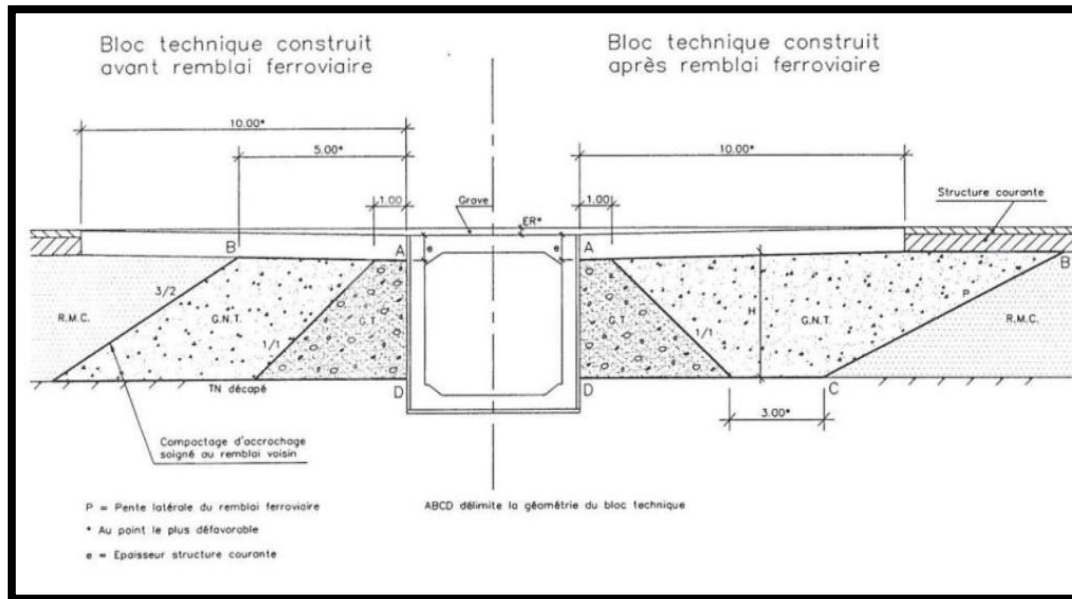


Figure 32 : Remblai technique

V.4.2.2. Protection des talus

Pour pallier essentiellement au problème d'érosion par l'action des eaux superficielles, les talus de déblais et de remblais auront un revêtement végétalisé (implantation d'arbustes). Le revêtement recommandé d'une épaisseur moyenne de 0.15 m devra être fait avec les matériaux autochtones objet de décapage, vu qu'ils sont parfaitement adaptés aux conditions climatiques de la région.

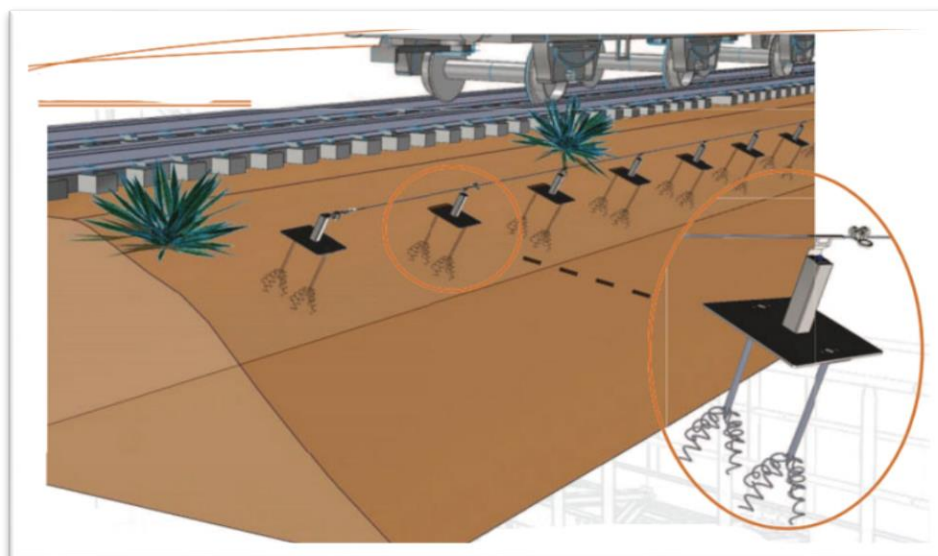


Figure 33 : Implantation d'arbustes

V.4.2.3. Condition de réutilisation des sols en remblais

Le mieux est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaine condition selon le GTR, les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront compactés couche par couche. 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.

Les caractéristiques principales des échantillons extraits au droit des zones de déblai, ont permis de classer les formations traversées par le tracé, afin d’orienter les possibilités de les réutiliser come remblai

D’après la classification GTR (tableau 7 annexe) on rencontre trois classe de sol le long du tracé qui sont :

- A1 : la plupart de cette classe se trouve en état humide (A1h) avec un pourcentage de 40% de la totalité du déblai
- A2 : la plupart de cette classe se trouve en état d’humidité moyenne (A2m) avec un pourcentage de 50% de la totalité du déblai
- B3 : avec un pourcentage de 10% de la totalité du déblai

Le tableau suivant résume les caractéristiques des déférentes classe de sol traversé (source GTR) avec leur et le pourcentage pour l’utilisation on remblai :

Tableau 31 : caractéristiques des sols des déblais

Classe	Condition d’ utilisation on remblai	Pourcentage d’ utilisation
A1 (h)	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible Ils sont sujet au matelassage, ce dernier est évité au niveau de l’ arase La grande sensibilité à l’eau de ces sols implique se les traité au liant hydraulique (la chaux)	50%
A2(m)	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne	80%
B3	Ces sols sont insensibles à l’ eau ; et peu érodable Pour certain d’ eux, la traficabilité peut être amélioré par un arrosage Aucune situation métrologique pose des problèmes	100%

Calcul de pourcentage d'utilisation du déblai en remblai :

$$P = (40\% \times 50\% + 80\% \times 50\% + 100\% \times 10\%) = 70\%$$

Donc on peut utiliser 70 % de volume de déblai en remblai donc le volume de déblai utilisable est :

$$V = 70\% \times V_{\text{déblai}} = 70\% \times 228756.13 = 160129.29 \text{ m}^3$$

### V.4.3. Gîte d'emprunt

L'emprunt de la Carrière Menzel el abtal est situé aux environs du village menzel El-Abtale, à une distance de 2 Km. Et à une distance de 3 km à la base de vie du projet. Cet emprunt a préalablement fait l'objet d'une campagne géotechnique d'indentification des matériaux. Les matériaux analysés sont conformes pour la réalisation des remblais.

D'après les résultats des sondages, le matériau est classé sélectionné dans sa totalité (classe B2 ; A2). Ce matériau est utilisable pour tous les niveaux du corps de remblai.



Figure 34 : Position de gîte d'emprunt

### V.5.Conclusion

Après l'étude géologique et géotechnique la classe du sol obtenue est **QS1**, qui est un sol médiocres acceptable tel quel, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent, éventuellement être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié, (traitement aux liants).

## **CHAPITRE VI**

### **Dimensionnement d'assise**

### VI.1.Introduction :

La structure d'assise est la partie inférieure sur laquelle la voie repose ; elle comprend une couche de ballaste et une sous-couche qui sont installées sur la plateforme.

La couche d'assise sert à répartir sur la plateforme les charges concentrées transmises des traverses, amortir une part des vibrations en provenance du contact rail-roue, de plus elle contribue aux stabilisations longitudinales et latérales de la voie.

### VI.2.Condition pour le choix d'épaisseur de la couche d'assise

La couche d'assise assure de point de vue rigidité le bon comportement de la voie ferrée par sa nature et leur épaisseur qui dépendent de :

- Caractéristiques intrinsèques des sols qui constituent la plateforme
- Conditions géologiques, hydrauliques, climatiques de la zone dans laquelle est exécuté l'ouvrage.
- Trafic ferroviaire prévu.
- Configuration de la ligne (armement de la voie)

La norme UIC 719R considère que l'épaisseur minimale de la couche d'assise est  $e=50$  cm.

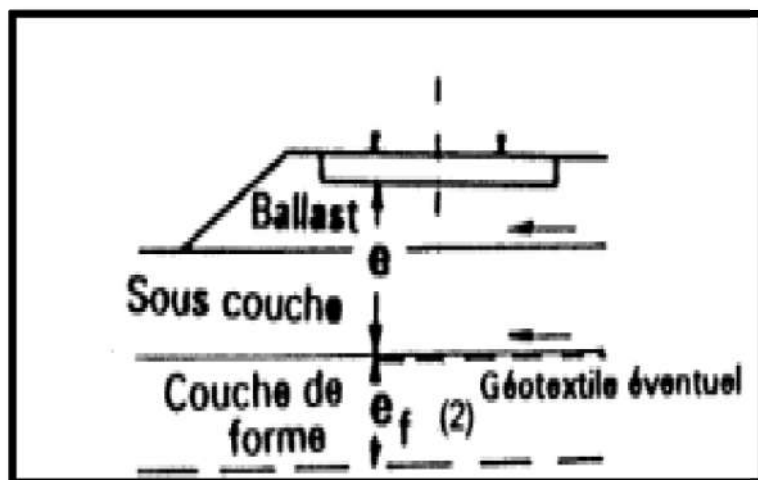


Figure 35 : Epaisseur de couche de forme et de structure d'assise

### VI.3.Caractéristiques des différentes couches d'assise :

#### VI.3.1.Couche de Ballaste :

Le ballaste est le matériau granulaire sur lesquels sont déposés les traverses. La couche de ballaste est composée de pierre de granulométrie 25/50 extrais de carrière appelée gravière. L'épaisseur normale de cette couche d'après la SNTF est 30 cm sauf les viaducs et les tunnels où l'épaisseur devient 35 cm.

### VI.3.1.1. Rôle de ballaste :

Le ballast joue des rôles primordiaux, on peut citer :

- Repartir sur la plate-forme des charges transmis des travers.
- Stabilisation de la traverse grâce aux propriétés rhéologique
- amortissement des vibrations et absorption de bruit
- rapidité de rectification du nivellement du tracé au moyen du bourrage-dressage
- assurer le drainage de la voie et limitation des problèmes du gel

### VI.3.1.2. Caractéristiques du ballastes

Actuellement le ballast utilisé en chemins de fer d'après **UIC 719 d** est la 25/50mm qu'il doit t répondre aux exigences suivantes :

- **Caractéristiques physique**

- **Formes des granulats** : elle doit être poly hydrique avec des éléments d'arêtes vives, les granulats ne doivent être ni trop longs ni trop plats.
- **Homogénéité des granulats** : un ballast hétérogène (âge et dureté différents) s'altère très rapidement
- **Propreté des granulats** : le ballast doit être exempte des éléments fins et débris. Pour obtenir un ballast propre la masse relative des éléments passant au tamis de 1.6mm doit être inférieur à 0.5%

- **Caractéristiques mécanique :**

- **Résistance à l'attrition :**

déterminé a laide d'un essai au laboratoire nommé l'essai «Deval » et il existe 3 méthodes qui sont: le **Deval à sec DS** ,le **Deval humide DH** ou bien le **micro-Deval MDE** .

DS > 14 (pierres dures) et DH > 6 Pour le ballast (documents SNTF)  
DS > 12 (pierres carbonatées)

Ou bien : Coefficient Micro Deval  $M_{DE} \leq 15$

- **Résistance aux chocs :**

coefficient LA doit être inférieur à 25%(LA < 25).

- **La dureté :**

Est mesurée par une évaluation statique du double aspect de la résistance à l'attrition et aux chocs, elle est exprimée par le coefficient de la dureté relative globale, un ballast doit avoir pour notre cas une DRG > 18 (il varie selon la nature des traverses et du trafic).

- **Résistance à la compression simple :**

elle est mesurée a partir d'un essai en laboratoire.

En Algérie :  $R_c > 14 \text{ KN/cm}^2$  (document SNTF).

**Remarque** : Dans les zones où la nouvelle voie est parallèle à l'ancienne on doit vérifier que le ballast répondre à l'exigence si non on le remplace par un nouveau ballast ou bien on le traite si il ya lieux.

### **VI.3.1.3.Contrainte**

Le ballast subit deux types d'usure :

- Contamination par des matériaux parasites, par exemple de la terre. On procède à des désherbages, mais il est nécessaire de remplacer le ballast régulièrement ;
- tassement du ballast sous les traverses, ce qui provoque une déformation verticale de la voie. Il est alors nécessaire de réinjecter du ballast de faible granulométrie sous les traverses; ou bien de réaliser une opération d'entretien à l'aide d'une bourreuse.

### **VI.3.2.Sous-couche**

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

**VI.3.2.1. Sous-ballast** : c'est une couche en grave propre bien graduée 0/31.5mm comportant au moins 30% de grave concassée, compacté à 100% OPM ; une valeur de propreté  $\leq 1$  et possède un coefficient d'uniformité  $D_{60} / D_{10} > 4$ .

**VI.3.2.2. Couche de fondation** : c'est une couche en grave propre bien graduée d'une épaisseur de 15 cm min compactée de 95% jusqu'à 100% OPM ; elle doit avoir un coefficient de courbure  $1 < C_c < 3$ , et une DRG qui doit être supérieur à 10. La couche de fondation n'est pas nécessaire sur les sols de classe QS3

**VI.3.2.3. La couche anti-contaminante** : constituée de sable dont le rôle est de protéger les sous-couches supérieures de la remontée de particules fines de la plateforme. A prévoir seulement sur plate forme de classe p1.

### **VI.3.2.4. Le géotextile**

Ce sont des géo-synthétiques perméables à l'eau et à l'air peuvent être utilisés comme séparateur et anti contaminant, filtre drainage et armature.

Un géotextile est utilisé lorsque la plate forme est de classe P1 et P2, il améliore la qualité anti-contaminante des structures d'assise.

### **VI.3.2.4.Rôle de sous-couche**

La sous-couche a des rôles multiples, on peut citer parmi eux les suivants

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

**VI.4. Dimensionnement des couches d'assises :**

**VI.4.1. Définition de la plateforme :**

La plate forme correspond à la partie finale de terrassement, c'est-à-dire,

Correspond à la couche qui est placée sur la partie supérieure de remblais et à l'amélioration des terrains "in situ" dans les zones en excavation. Dans le cas d'un remblai, cette couche de forme est constituée soit du même sol que le corps de remblai soit d'un sol de qualité meilleure. Son taux de compactage est de 95% OPM. Parfois la couche de forme est traitée aux liants hydrauliques. Dans le cas d'un déblai, la couche de forme est obtenue par compactage à 95 % OPM sur une épaisseur minimale de 30 cm. Cependant, on peut prévoir un apport de sol de qualité meilleure ou un traitement aux liants de la couche supérieure du sol en place

**VI.4.2. Classe de portance de plate forme :**

La portance d'une plateforme dépend de la :

- Qualité du sol de remblai en cas de remplissage ; ou de terrain naturel en cas de déblai.
- Qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (s'il y a lieu)

On peut distinguer, en fonction des paramètres ci-dessus les trois classes suivantes de :

- P1 : plate-forme de **mauvaise** portance.
- P2 : plate-forme de **moyenne** portance.
- P3 : plate-forme de **bonne** portance.

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

**Tableau 31 : Détermination de classe de portance de la plate-forme (Normes UIC 719 R. 34)**

Spécifications pour le cœur du remblai ou esplanade naturelle de déblai		Capacité support nécessaire pour la plateforme	Spécifications pour la couche de forme		
Qualité du matériel	CBR <sub>min</sub> (a)		Qualité du matériel posé	CBR <sub>min</sub> (b)	Epaisseur minimale (m)
QS1	2-3	P1	QS1	2-3	--
		P2	QS2	5	0.50
		P2	QS3	10-17	0.35
		P3	QS3	10-17	0.50
QS2	5	P2	QS2	5	--
		P3	QS3	10-17	0.35
QS3	10-17	P3	QS3	10-17	--

**Remarque :** Le choix de type de plate forme s'est fait tenant en compte le trafic prévu par le projet.

VI.4.3. Calcul des épaisseurs minimales 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 :

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

Tableau 32 : Les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur

Paramètre	Epaisseur (m)	Caractéristiques
E	0.7	Pour les plateformes de classe p1
	0.55	Pour les plateformes de classe p2
	0.45	Pour les plateformes de classe p3
A	0	Pour les groupes UIC 1 et 2 (ou les lignes à vitesse $\geq 160$ km/h quelque soit le groupe UIC)
	-0.05	Pour les groupes UIC 3 et 4
	-0.1	Pour les groupes UIC 5,6 et 7, 8,9 avec voyageurs
	-0.15	Pour les groupes UIC 7,8 et 9 sans voyageurs
B	0	Pour les travers bois de longueur L=2.60 m
	(2.5-L)/2	Pour les travers en béton de longueur L (L en mètre), b peut être négatif si $L \geq 2.5$ m
C	0	Pour un dimensionnement normal
	-0.10	A titre exceptionnel dans les opérations difficiles sur des lignes existantes de groupe UIC 7,8 et 9 sans voyageurs
	-0.05	A titre exceptionnel dans les opérations difficiles sur des lignes existantes de groupe autres qu'UIC 7,8 et 9 sans voyageurs
D	0	Quand la charge maximale des essieux des véhicules remorqués ne dépasse pas 200 KN
	0.05	Quand la charge maximale des essieux des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 KN
	0.12	Quand la charge maximale des essieux des véhicules remorqués ne dépasse pas 250 KN
F	0	Pour toutes les lignes à $V \leq 160$ km/h et pour les plateformes p3 des lignes de grandes vitesses
	0.05	Pour les plateformes p2 des lignes de grandes vitesses
	0.1	Pour les plateformes p1 des lignes de grandes vitesses
G	+géotextile	Lorsque la couche de forme est en sol Q <sub>s</sub> 1 et Q <sub>s</sub> 2
	0 (pas de géotextile)	Lorsque la couche de forme est en sol Q <sub>s</sub> 3

Telle que :

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

### VI.5.Application au projet :

La classe de sole d'après les résultats de l'étude géotechniques (chapitre 4) est : **Qs1**

La classe de portance envisagée pour la plateforme est : **P2**

Donc d'après le tableau : Le sol Composant la couche de forme est de classe de qualité **Qs3** et l'épaisseur de la couche de forme est de **0.35 m**

#### - Epaisseur des différentes couches :

- Plate-forme : P2 ⇒ **E= 55cm**
  - La ligne étudiée est de groupe UIC 4 : ⇒ **a= -0.05 m.**
  - Traverses bi-bloc (mixte) pour rail UIC5 (pleines voie et voie de gare) type SL, **L=2.245m. b= (2.5-2.245) /2=0.13m**
  - Charge par essieu =22.5 t=225kN : ⇒ **d= +0.05 m.**
  - Pour un dimensionnement normal (nouvelle ligne) : ⇒ **c = 0.**
  - Lorsque la couche de forme est en sol QS3 : ⇒ **g= 0.**
  - Pour toutes les lignes parcourues à une vitesse ≤ 160 km/h : ⇒ **f=0.**
- e=0.55- 0.05+0.13+0.05+0+0+0 =0.68m**  
 On prend : **e= 70 cm.**

D'où les épaisseurs de couche d'assise et la couche de forme sont :

Tableau 33 : Epaisseurs des couches d'assise

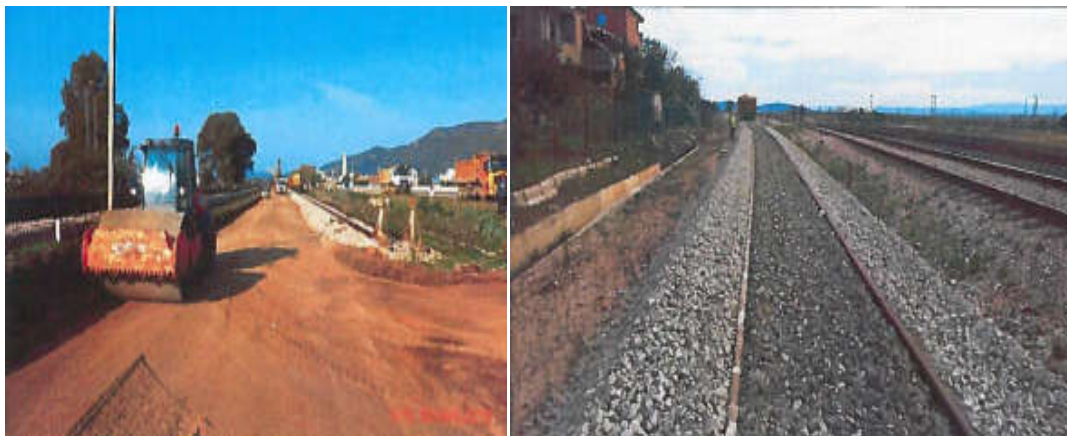
Couche	Epaisseur (m)
Couche de ballaste	0.30
Sous-ballaste	0.25
Couche de fondation	0.15
Couche de forme	0.35

### VI.6.Phasage des travaux pour dédoublement de la plateforme

Dans le cas de le cas ou la plate-forme de l'ancienne voie se trouve dans un mauvais état (Un mauvais fonctionnement hydraulique de la plateforme ou de la sous couches ou bien Ballast contaminé) on procède le dédoublement de la plateforme par ordre suivant :

- Phase 01 : Installation de la signalisation de ralentissement sur la voie 01 en exploitation.
- Phase 02 : Préparation des terrains de la voie 02 (Mis en place d'un rideau de palplanche et exécution des travaux de terrassement).
- Phase 03 : Mise en place du remblai (substitution, remplissage et compactage).
- Phase 04 : Mise en place des couches d'assise (couches de forme /sous Ballast).
- Phase 05 : Pose de voie 02(Nouvelle voie).
- Phase 06 : Basculement de la circulation vers la voie 02
- Phase 07 : Dépose Voie 01 (voie existante).
- Phase 08 : Préparation des terrains (Dépose du ballast contaminé et de la partie supérieure du remblai (sur 1 m) de la Voie 01.
- Phase 09: Re-compactage de la PST,
- Phase 10 : Mise en place des couches d'assise (couches de forme + sous couche).
- Phase 11 : Pose de voie 01 (Nouvelle voie)
- Phase12: Reprise de la circulation à vitesse de ligne après aptitude de la deuxième voie et stabilisation de la voie dédoublée.

Dans le cas où la plate forme se trouve dans un bon état ou le nouveau tracé ne suit pas l'ancienne voie les travaux s'effectuent comme si étai un nouveau projet et on laisse l'ancienne voie dans l'exécution (roulement) jusqu'à la fin des travaux. Comme il est montré dans la figure ci-dessous



**Figure 36** : Travaux de réalisation de nouvelle voie (source rapport mensuelle OHL janvier 2018)

### VI.6.Conclusion

Pour le dimensionnement de la structure d'assise de notre projet on a opté pour les épaisseurs des couches représentées dans le **(Tableau 33)**.

Le  $CBR_{min1}$  devra être supérieure à 3 % pour une densité correspondante à 95% de la teneur optimale déterminé dans essai Proctor modifié.

## **CHAPITRE VII**

### **Hydrologie et assainissement**

### VII.1.Introduction

L'assainissement des infrastructures ferroviaires, est l'un des problèmes techniques les plus importants auquel on doit faire attention lors les études conceptuelles.

Dans cette étude on va établir un système opérationnel d'évacuation des eaux pour assurer la stabilité de l'infrastructure. Ce système doit assurer le captage des eaux zénithales et celles des nappes phréatiques.

### VII.2. Objectif d'assainissement :

L'objectif principal de la présente étude hydrologique est donc la prédétermination des débits de crues tout le long du nouveau tracé de cette voie ferrée afin d'éviter toute inondation de celle-ci, et de prévoir ainsi l'aménagement hydraulique de protection le plus approprié.

Il s'agit essentiellement de :

- collecter et évacuer les eaux superficielles sur l'emprise de l'ouvrage (plateforme et talus)
- collecter et évacuer les eaux internes (drainage)
- rétablir les petits écoulements naturels (petits ouvrages de franchissement)
- Lutter contre la pollution routière

### VII.3. Description de la région d'étude

De par leur situation, les différents cours d'eaux traversés par la ligne de chemin de fer (LCF) drainent des bassins de tailles différentes dont la ligne de crête est formée par un ensemble de koudiats. Aussi bien au Nord qu'au Sud de la LCF, les eaux de ruissellement se déversent dans la plaine via un certain nombre de drains à caractère, le plus souvent, torrentiel et intermittent.

Le développement du réseau hydrographique est lié à la nature lithologique, la végétation, le climat et le type de relief en place. Les versants bordant la LCF entre Annaba et Ramdane Djamel, sont drainés par un réseau hydrographique à écoulement intermittent. La couverture végétale dégradée et les pluies intenses et très fréquentes durant la période pluvieuse confèrent aux bassins un réseau relativement dense sur les versants et des temps de concentration des eaux, le plus souvent court. Dans la partie-plaine des bassins, les lits des différentes chaabets deviennent moins développés et se transforment par endroits en marécages (plaine de Kherraza, dépression du Lac Fetzara, plaine d'Azzaba au niveau de la confluence des oueds Emchekel et El Hammam et plaines de Ramdane Djamel et Salah Bouchaour.

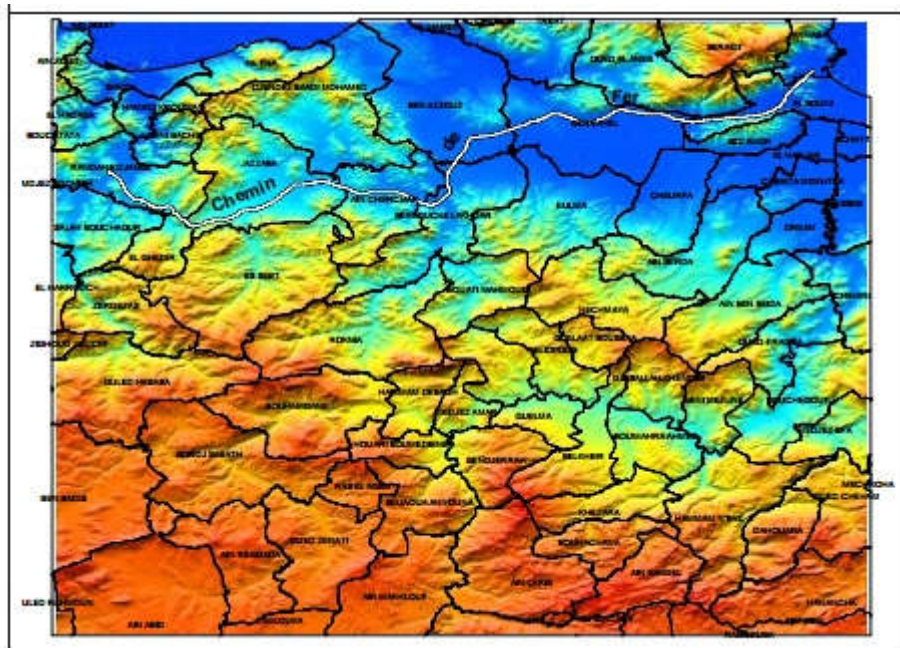


Figure 37: Situation géographique de la zone d'étude

### VII.4. Données du projet

#### VII.4.1. Données climatiques

Un climat méditerranéen avec des étés secs et des hivers humides règne dans la région traversée par le tracé le centre climatologique national mis à disposition les données climatiques essentielles des stations météorologiques de Azzaba

Tableau 34 : Données climatiques

Station d'Azzaba période (1987/2002)													
A	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Année
T(°)	24.2	21.0	16.8	14.0	12.7	12.4	14.3	15.8	19.1	21.8	24.7	26.2	18.5

#### VII.4.2. Données hydraulique

Les données hydrauliques de la zone d'étude sont comme sui :

- Les précipitations moyennes de 24h :  $P_j \text{ moy} = 45.7 \text{ mm}$
- Le coefficient de variation de la région considérée :  $Cv = 27\%$
- L'exposant comatique de la région :  $b = 0.36$

### VII.4.3. précipitations maximales journalières Pj(%)

Le calcul de la précipitation Pj (%) est obtenu par la formule dite de GALTON et donnée par :

$$P_j(\%) = \frac{P_{j \text{ moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \cdot e^{U\sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}}$$

Avec :

$P_{j \text{ moy}}$  : Pluie moyenne journalier (donnée)

$c_v$  : Coefficient de variation climatique (donnée)

U : Variation de Gauss, tirée à partir de tableau si dessous :

**Tableau 35 : Variable de Gauss**

Fréquence(%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	40	100
Variation de gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

Les résultats de calcul pour les différentes périodes de retour sont résumés dans le tableau ci-après :

**Tableau 36 : Précipitation maximales Pj(%)**

Période de retour	U	Pj(%) (mm)
2	0	42.5948364
5	0.841	53.2405589
10	1.282	59.8476486
20	1.645	65.8970161
50	2.075	73.8589286
100	2.327	78.9649087

## VII.5. Bassins versants

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval.

### VII.5.1. Les paramètres des bassins versants

Les paramètres sont les suivants:

- ✓ Surface;
- ✓ Périmètre;
- ✓ Altitude minimale et maximale du bassin versant;
- ✓ Longueur de l'oued principal;
- ✓ Altitude minimale et maximale de l'oued principal;
- ✓ Coefficient de compacité de Gravelius;
- ✓ Pente brute de l'oued principal
- ✓ Indices de pente moyenne

La délimitation des lignes de partage et des contours des bassins versants, leurs surfaces, leurs exutoires ont été déterminés à l'aide d'un SIG (système d'information géographique) en utilisant le logiciel global mapper. (Voir annexe hydrologie).

### VII.5.2. Présentation du logiciel global mapper

Global Mapper est un logiciel de traitement de données SIG (Système d'Information Géographique) avec toute sorte d'information cartographique.

#### ➤ Les fonctions de global mapper

- ✓ Calculs de distances et surfaces,
- ✓ *Raster blending* (fusion et mélange des données).
- ✓ Analyse spectrale,
- ✓ Calcul de volume de coupage et remplissage...

## VII.6. Réseau d' assainissement

Le réseau d'assainissement est constitué d'un assemblage d'ouvrage élémentaires ; linéaire ou ponctuels ; superficiel ou enterrés, Son rôle est de collecter les eaux superficiel ou internes et de les canaliser vers un exutoire ; le pont de rejet horst la plate forme ferroviaire

L'assainissement des plateformes ferroviaires comprend :

- Les ouvrages de collecte longitudinale ;
- Les ouvrages transversaux ;
- Les ouvrages de raccordement.

### VII.6.1.Drainage longitudinal

Le drainage longitudinal a pour but de dimensionner des dispositifs permettant d'évacuer les eaux de pluie qui s'écoulent sur la plate-forme, les eaux de ruissellement des talus et des bassins versants et les pollutions chroniques, accidentelles et saisonnières potentielles.

#### - Les critères de dimensionnement

Ils sont basés essentiellement sur la pérennité, la sécurité et le bon fonctionnement durant la vie de l'ouvrage, citant ci-dessous les principaux critères de dimensionnement :

- ✓ Tout le système de drainage fonctionne en gravité.
- ✓ Fossés trapézoïdaux seront placés aux extrémités de la plateforme dans la zone de déblai.
- ✓ A la base des remblais seront prévus des fossés de pied de talus afin d'éviter l'érosion du merlon

**Pour ce projet les ouvrages longitudinaux sont dimensionnés pour une période de retour de 20 ans**

### VII.6.2.Drainage transversal

Le drainage transversal a pour rôle d'assurer la continuité des cours d'eau naturels et de protégé, le projet des eaux traversant le projet

#### - Les facteurs influençant le choix des ouvrages hydrauliques

On distingue plusieurs facteurs ; on peut citer :

- ✓ L'importance du débit à évacuer, qui fixe la section d'écoulement et le type de l'ouvrage.
- ✓ Les caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage (coefficient de rugosité et de perte de charge).
- ✓ Forme de la section d'écoulement, (une section d'écoulement rectangulaire permet, dans le cas de faible hauteur, d'évacuer des débits plus importants qu'une section circulaire).
- ✓ La largeur du lit : un ouvrage unique adapté au débit à évacuer et à la largeur du lit

de la rivière est généralement préférable à des ouvrages multiples qui augmentent les pertes de charges et rendent plus difficiles le passage des corps flottants.

✓La rapidité et la facilité de mise en œuvre

Il existe 3 types d'ouvrage transversal qui sont : buse, dalot et pont.

**Pour ce projet les ouvrages transversaux sont dimensionnés pour une période de retour de 100 ans**

## VII.7. Dimensionnement d'ouvrage d'assainissement

### VII.7.1. Estimation des débits d'apport ( $Q_a$ )

Le calcul du débit maximum limite associé à une certaine période de retour est effectuée à l'aide d'une formule donnant un débit de la méthode dite rationnelle (pour les bassins versants ou  $S < 250\text{ha}$ ) et elle est donnée par :

$$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$$

Tell que :

$Q_a$  : débit de pointe de crue d'une période de retour donnée [ $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ]

$I$  : intensité de pluie [ $\text{mm/h}$ ]

$K = 0.278$  : coefficient qui permet de convertir les [ $\text{mm/h}$ ] en [ $\text{l/s}$ ]

$C$  : coefficient de ruissèlement

$A$  : superficie du bassin versant [ $\text{km}^2$ ]

Les paramètres  $C$  et  $I$  sont en fonction des caractéristiques du bassin étudié et on les détermine comme suit :

#### VII.7.1.1. coefficient de ruissèlement $c$ :

C'est le rapport entre le volume d'eau qui ruisselle sur une surface et le volume d'eau reçu sur cette dernière. Sa valeur est obtenue en tenant compte des paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain. Il est choisi à partir du tableau ci-après :

**Tableau 37 : Coefficient de ruissèlement**

Nature de bassin versant	$C_r$
Bois	0,1
Champs cultivé	0,2
Terrain nus	0,5
Rochers	0,7
Routes sans revêtement	0,7
Routes avec revêtement	0,9
Village, toiture	0,9

### VII.7.1.2. l'intensité moyenne $I_t$

L'intensité moyenne est donnée par la formule suivante :

$$I_t = I \times \left( \frac{T_c}{24} \right)^B$$

Avec :  $B = b - 1$ ,  $b$  c'est un Exposant climatique (donnée)

Et  $I$  : intensité de l'averse horaire ; donnée par :

$$I = \left( \frac{P_j}{24} \right)$$

Avec :

$T_c$  : le temps de concentration

$P_j$  : précipitations maximales journalières de fréquence donnée  $P_j$  (%)

### VII.7.1.3. temps de concentration $T_c$

Par définition,  $T_c$  est la durée que met la goutte d'eau la plus lointain dans le bassin versant pour atteindre l'exutoire, il dépend des caractéristiques du bassin drainé et il est estimé respectivement d'après Ventura, Passing, Giandothi, comme suit :

- 1)  $T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$  Pour  $A < 5 \text{ km}^2$
- 2)  $T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$  Pour  $5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$
- 3)  $T_c = \frac{d\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$  Pour  $A > 25 \text{ km}^2$

$T_c$  : temps de concentration en heure

$A$  : surface du bassin versant en  $\text{km}^2$

$P$  : pente moyenne (en m/m)

$L$  : longueur de thalweg principal en km

$h$  : la différence entre la cote moyenne  $H_{\text{moy}}$  et la cote minimale  $H_{\text{min}}$

$h = H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}$  (m)

### VII.7.2. Estimation des débits de saturation des ouvrages:

Le débit de saturation  $Q_s$  est calculé par la formule de MANNING-STRICKLER

$$Q_s = K \times S_m \times R_h^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}$$

Avec :

$Q_s$ : débit maximum ( $m^3/s$ )

$I$ : pente de canalisation. ( $m/m$ ).

$S_m$ : Section mouillée ( $m^2$ )

$R_h$ : rayon hydraulique ( $R_h = S_m/P_m$ ).

$K$ : coefficient de rugosité de canalisation (coefficient de Strickler) ; donné par le tableau suivant :

**Tableau 38 : Coefficient de Strickler**

Cours d'eau	Valeur usuelle de k
Terre	30
Buses métalliques	40
Maçonneries	50
Béton (dalots)	70
Béton (buses préfabriquées)	80

## VII.8. Application au projet :

### VII.8.1. Dimensionnement des ouvrages longitudinaux (fossés)

Pour calculer le débit de cru on prend le cas le plus défavorable qui présente le grand débit entre le déblai et le remblai on doit le calculer pour les talus, la berme et la plateforme par la formule Maning Strickler qui est :

$$Q_a = K \times C \times I \times A$$

Avec:

- $K_s = 50$
- $I = 0.5\%$

Le plus grand talus est celui du déblai de **PK 5+050** jusqu'à **PK 7+075**, donc les surfaces des sous bassin versant sont calculés dans cette zone avec :

- $L_b = 2.15m$  (largeur de berme droite et gauche de l'axe de la voie)

- $L_p = 7.25\text{m}$  (largeur de la plate forme gauche et droite et gauche)

Les résultats de calcule sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 39 : Surfaces des SBV**

SBV	Surface (km <sup>2</sup> )
Talus	0.005373
Plate-forme	0.014681
Berme	0.004353

Les résultats de calculs des débits des SBV avec les conditions déjà vu sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 40 : Débits des SBV**

SBV	Pente (%)	C	Tc(h)	It(mm/h)	Q(m3/s)
Talus	67	0.2	0.011372	204.2	0.061
Plate-forme	4	0.2	0.076939	695.7	0.567
Berme	4	0.35	0.041895	471.5	0.199

L'intensité moyenne est donnée par la formule suivante :

$$\text{Débit totale} = Q_{\text{total}} = Q_{\text{Talu}} + Q_{\text{plate forme}} + Q_{\text{Berme}}$$

$$Q_{\text{total}} = 0.061 + 0.567 + 0.199 = 0.827 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

Les pentes de ces fossés sont choisies de telle sorte à éviter la stagnation des eaux, et la limitation de vitesse d'écoulement pour éviter d'autre part l'érosion. Les fossés dimensionnés ont presque la même pente que la ligne rouge de profile en long

Pour notre cas la pente de talus est de  $\text{tg}\alpha = 2/3 = (1/n)$  ce qui donne  $n=1.5$  et  $m = 0.67$

On fait légalité :  $Q_s = Q_a$ , on obtient la formule itérative suivante :

$$= \left( \frac{Q_a}{K \cdot b \sqrt{I}} \right)^{3/5} \times \frac{\left( 1 + \frac{2 \sqrt{1 + m^2}}{b} \right)^{2/5}}{\left( 1 + \frac{m}{b} \right)}$$

On prend  $b = 0.5 \text{ m}$  et après itération on trouve  $h = 0.41 \text{ m}$

On prévoit des fossés trapézoïdaux d'une largeur de base de  $b = 0.5\text{m}$  et d'une hauteur de  $h = 0.5\text{m}$ .



Figure 38 : Schéma du fossé adopté

### VII.8.2. Dimensionnement des ouvrages transversaux

Dans le tronçon étudié il existe des ouvrages transversaux de la ligne existante, donc on dimensionne des ouvrages de drainage transversale et on les compare avec les ouvrages existantes s'il ya lieux, et on décide de les laisser ou les substituer.

#### VII.8.2.1. Dimensionnement des buses

Le dimensionnement des buses se fait par la formule de MANNING STRICKLER en écrivant l'égalité du débit d'apport saturation tel que :

- $K_s = 80$
- $I = 1\%$

$$\text{Avec : } R = \frac{S_{mouliée}}{P_{moulié}} = \frac{\pi R^2}{2\pi R} = \frac{R}{2}$$

On obtient la formule suivante :

$$D = \left( \frac{Qa \times 4^{\frac{5}{3}}}{\pi K_s \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Après le calcul de diamètre on doit vérifier les conditions d'auto-curage qui sont :

- $V > 0.6 \text{ m/s}$  pour  $Qa = 0.1 Q_{ps}$
- $V > 0.3 \text{ m/s}$  pour  $Qa = 0.01 Q_{ps}$

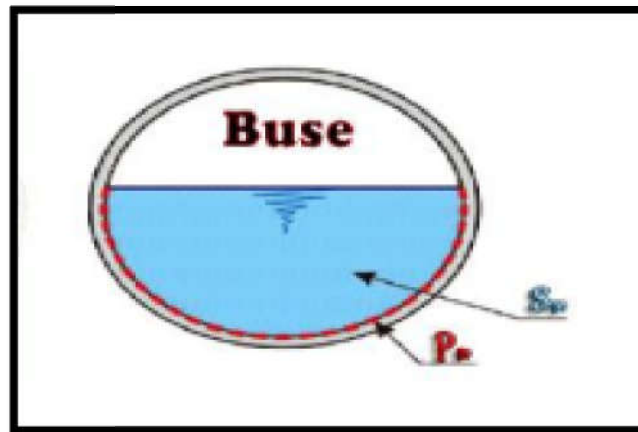


Figure 39 : schéma de Buse

- Exemple de calcul :

Au niveau du PK 0+780 on a :  $Q_a(100) = 0.85 \text{ m}^3/\text{s}$

$$D = \left( \frac{0.85 \times 4^{\frac{5}{3}}}{3.14 \times 80 \times \sqrt{0.01}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.668 \text{ m}$$

On prend  $\phi = 800 \text{ mm}$

- Vérification des conditions d'auto curage :

Pour  $Q_a = 0.1 Q_s$  il faut que  $V > 0.6 \text{ m/s}$

$$S_m = \frac{\pi D^2}{4} = 0.5026 \text{ m}^2$$

$$V_{ps} = \frac{Q_s}{S_m} = \frac{0.85}{0.5026} = 1.691 \text{ m/s}$$

On a :  $R_q = Q_a / Q_{ps} = 0.1$

Dou  $R_v = v / v_{ps} = 0.638$

$V = 0.638 \times 1.691 = 1.078 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s}$  ✓ condition vérifiée

De même pour  $Q_a = 0.01 Q_s$  on trouve que :

$V = 1.003 \text{ m/s} > 0.3 \text{ m/s}$  ✓ condition vérifiée

## VII.8.2.2. Dimensionnement des dalots

Le dimensionnement des buses se fait par la formule de MANNING STRICKLER en écrivant l'égalité du débit d'apport saturation tel que :

- la hauteur de remplissage  $H_r = 0.8H$ .
- $K_s = 70$
- $I = 1\%$

Avec :

$$R = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times H \times B}{B + 1.6 \times H}$$

On obtient la formule itérative suivante :

$$H = \left( \frac{Q_a}{K_s \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{5}} \frac{(1.6H + B)^{\frac{2}{5}}}{0.8 B}$$

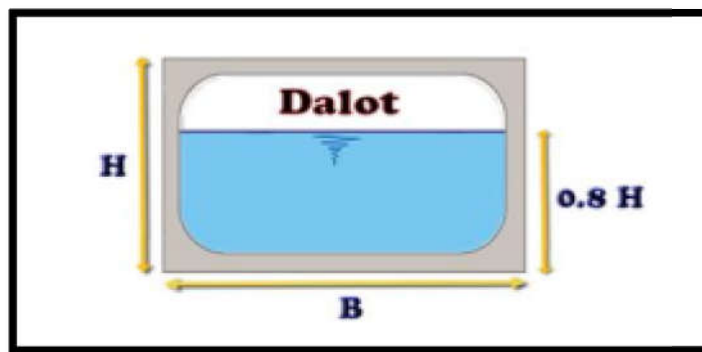


Figure 40: schéma d'un dalot

Dans ce schéma :

B : largeur nette du cadre (m)

H : hauteur nette (m)

0.8H : hauteur de remplissage (m)

Après le calcul de hauteur du dalot on doit vérifier quelle soit supérieur à la hauteur critique :

$H > h_{\text{critique}}$  tel que :

$$h_{\text{critique}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}}$$

• Exemple de calcul :

Au niveau du PK 4 + 750 on a :  $Q_a(100) = 1.0766 \text{ m}^3/\text{s}$

$$S_m = 0.8 \cdot h \times B$$

$$P_m = 1.6 \times h + b$$

$$R = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times H \times B}{B + 1.6 \times H}$$

ON PREND  $B = 1$

Après les itérations on trouve  $h = 0.52 \text{ m}$  on le prend  $h = 1$

$$h_{\text{critique}} = \sqrt[3]{\frac{1.0766}{9.81 \times 1^2}} = 0.49 < 2 \text{ condition vérifiée } \checkmark$$

Les différents ouvrages hydrauliques de ce projet sont présentés dans le tableau suivant:

**Tableau 41 : Ouvrages hydrauliques transversales adoptés**

PK	Ouvrage existant	Bassin	Q (100 ans)	Ouvrage Calculé	Situation
0+144	Dalots (2x1.7)	7.6	4.3264	Dalot (2x1)	existante
0+300	Dalots (1.5x1.7)	7.6	1.0816	Dalot (1x1)	existant
0+780	/	7.6 et 7.7	0.85	Buse ( $\phi = 800$ )	nouvelle
1+090	Pont (23x8)	7.7 et 8.1	67.05	Pont (23x16)	existant
4+750	/	7.7	1.0766	Buse ( $\phi = 800$ )	nouvelle
5+320	3 Buses ( $\phi 1200$ )	8.1	13.255	Dalot (2x2)	nouvelle
6+360	1.6*1.5	8.1	11.9025	Dalot (2x1.5)	Nouvelle
6+760	2 Dalots (1x1.1)	8.1	1.3225	Buse ( $\phi = 800$ )	nouvelle
7+615	Dalots (1.2*0.7)	8.3	6.6208	Dalot (2x1.5)	nouvelle
7+705	Buse ( $\phi = 800$ )	8.3	1.6552	Buse ( $\phi = 1000$ )	nouvelle
8+300	Pas de mesures	9.1	0.31	Buse ( $\phi = 500$ )	Nouvelle

**VII.9. Conclusion :**

Une bonne étude hydraulique est d’une importance incontournables dans un projet ferroviaire car elle permet l’assurance d’une pérennité de la voie.

Vu que le tracé croise de nombreux oueds, affluents oueds, qui nécessiteront l’aménagement d’un nombre considérable d’ouvrages hydraulique (5 dalots, 5 buses) et ouvrages d’art (1 pont ferroviaires).

## **CHAPITRE VIII**

### **Conception de la gare**

### **VIII.1. Introduction**

Une gare ferroviaire est le lieu d'arrêt des trains. Une gare comprend diverses installations qui ont une double fonction :

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

### **VIII.2. Plan de masse de la gare :**

Pour établir le plan de masse d'une gare ferroviaire on doit tenir compte à trois (03) éléments indispensables dans l'étude de ce premier qui sont :

- La catégorie de la gare : pour déterminer le rôle et les constituants de la gare
- Le trafic : pour estimer et évaluer l'importance de la gare afin d'aménager cette dernière d'une façon convenable
- L'emplacement de la gare : pour définir et déterminer les deux éléments précédents

### **VIII.3. Les différents types de gares**

#### **VIII.3.1. Gare voyageur :**

C'est un ensemble fonctionnel, conçu 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. Pour certaines gares, le passage de nombreux voyageurs justifie l'installation de fonctions annexes au déplacement proprement dit, tels que des commerces et services variés. Elles sont de tailles très variables :

✓ Les gares principales : Situées dans les grandes villes, elles sont des lieux d'échange entre le mode ferroviaire et les divers modes de transport urbains. Dans ce type de gare, on distingue les gares terminus et les gares de passage.

✓ Les haltes (points d'arrêt): elles constituent un simple point d'arrêt, souvent sans personnel permanent. On peut distinguer deux grands types, Les haltes rurales et Les haltes périurbaines.

#### **VIII.3.2 Gare de marchandise**

Les gares de marchandises assurent la totalité du traitement du trafic marchandises. Elles sont dotées de halles à marchandises et de vastes cours de débord, dans lesquelles s'opèrent le transbordement des chargements entre les wagons et les véhicules routiers assurant la livraison terminale vers les installations des clients (expéditeurs ou destinataires)

### **VIII.3.3. Gare mixtes**

C'est une gare de à double service (à la foi de voyageurs et de marchandises)

### **VIII.3.4. Gare de triage**

Les gares de triage assurent la recombinaison des trains dits du lotissement, c'est-à-dire des trains qui acheminent les wagons isolés

### **VIII.3.5. gare de croisement**

Ce sont des gares implantées à une distance considérable d'une autre gare. Elles se situent dans les tracés à voie unique pour permettre le croisement des trains sans risque de collision.

### **VIII.3.6. Gare de sac**

S'il n'y a pas assez de place pour placer des rails de chaque côté, mais que cette gare n'est pas en bout de ligne, la gare de sac peut être utile. Les trains entreront en gare, feront demi-tour, quitteront la gare et continueront dans la même direction. La gare de sac ne peut être utilisée sur une ligne à haut trafic, car il ne peut y avoir qu'un train dans chaque direction, et les autres trains devront attendre devant la gare. L'ajout d'une voie d'attente améliorera son efficacité, mais ça restera malgré tout limité. Les trains doivent ralentir avant d'entrer en gare

## **VIII.4. Aménagement de la gare**

Pour bien concevoir et bien aménager une gare, plusieurs facteurs doivent intervenir, à leurs têtes on trouve :

- La sécurité

C'est un élément très important du fait que le transport ferroviaire fait appel à des véhicules lourds, desquels il faut écarter le public, qui ne doit avoir accès qu'aux espaces aménagés pour l'accès aux wagons. Toutes les aires destinées aux voyageurs ou aux marchandises doivent porter le souci de sécurité sur l'ensemble de la gare.

- La politique commerciale

Le client cherche toujours un mode de transport qui lui permet de gagner du temps et d'assurer la sécurité de sa marchandise. Le transport ferroviaire subit dans ce sens la concurrence des autres modes de transport mais il présente le meilleur rendement dans les meilleures conditions.

### **VIII.4.1. Les Installations d'une gare à voyageur**

Dans une gare ferroviaire, on peut trouver plusieurs installations et constructions selon le type, la conception et la catégorie de la gare. On peut distinguer plusieurs installations :

- ✓ Le bâtiment de voyageurs.
- ✓ Les bâtiments à usages divers (B.U.D).
- ✓ Les Quais (bande parallèle à la voie elle permet l'accès aux trains).
- ✓ Les Abris de quais (protection des voyageurs contre les intempéries).
- ✓ Les passages sous terrain et les passerelles (pour traverser la voie par les voyageurs)

#### VIII.4.2. Les installations de gare de marchandise

Les installations de la base d'une gare de marchandises sont :

- ✓ Un BS (bâtiment de service) pour accomplir les formalités de l'acte commercial
- ✓ Des cours de débord pour embarquement et débarquement des marchandises
- ✓ Quais de débord
- ✓ Hall de stockage.
- ✓ Parking pour stationnement des véhicules

L'emplacement de chacun de ces éléments doit tenir compte de l'autre pour permettre un fonctionnement souple et ordonné.

### VIII.5. Caractéristiques géométriques des gares

#### VIII.5.1. Dimensionnement des quais

**Selon les normes de la SNTF les caractéristiques géométriques recommandées des gares sont comme suit :**

 **La hauteur du quai :**

- Quai bas  $h = 35$  cm
- Quai mi- haut  $h = 55$  cm
- Quai haut  $76 \leq h \leq 100$  cm

 **La longueur de quai :**

- Grande ligne 450 m.
- Service régional 350 m.
- Banlieue 225 m

 **Largeur du quai :**

- Quai intermédiaire  $B \geq 8$  m.
- Quai extérieur  $B \geq 6$  m

 **Entre axe des quais :**

- e normal  $> 11.3$  m.
- e minimal  $> 9.3$  m

### VIII.5.2. La distance à l'axe de la voie

Pour les bordures de quais implantées à la hauteur nominale de 550 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à  $L \text{ (mm)} = 1\,650 + S$  ; la valeur de  $S$  est donnée par la formule :

$I$  = étant l'écartement de la voie, en millimètres

$R$  = étant le rayon de la voie, en mètres

### VIII.5.3. Passerelle

hauteur minimale **6.20m** (par rapport à au plan de roulement), largeur **2.24m**.

### VIII.5.4. Garage franc

Garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares. Le garage franc est implanté par rapport au cœur de l'appareil de voie à une distance  $D$  qui positionne l'élément.  $D=3.57\text{m}$

$$GF = 3.57 * N + 1$$

$N$  : variable dépend de l'ouverture de l'appareil de voie

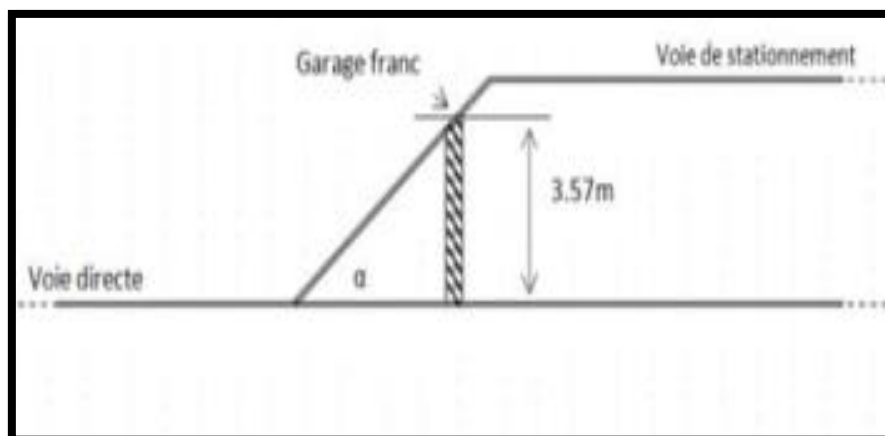


Figure 41: Garage franc

### VIII.5.5. 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

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

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

**VIII.5.6. Les appareils de voie**

Les appareils de voie sont un moyen de franchissement ou de passage d'un train (de voyageur ou de marchandise) d'une voie principale à une voie service ou de franchissement d'une voie de croisement. Il existe 3 catégories d'appareils de voie : les branchements, les traversées et les traversées jonctions.

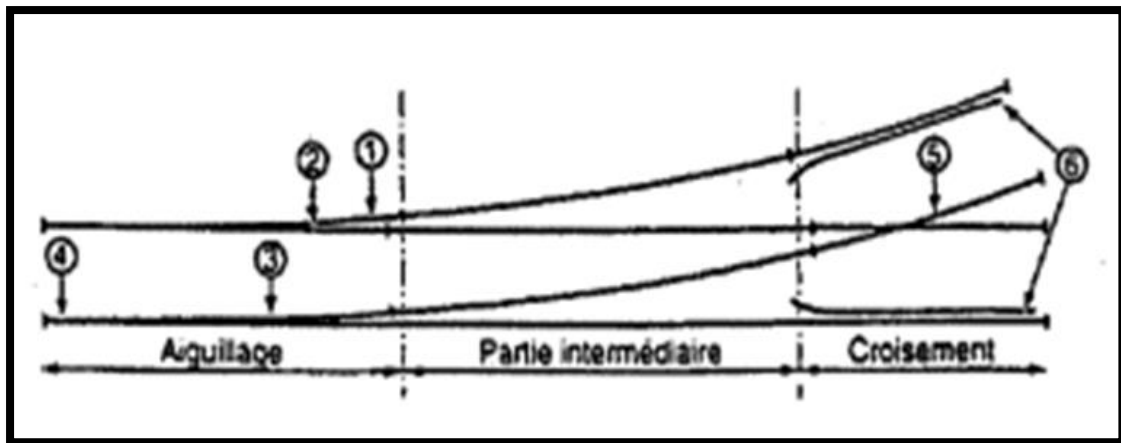
**VIII.5.6.1. Catégories d'appareils de voie**

**VIII.5.6.1.1. Le branchement**

Dans le langage courant le branchement est appelé aiguillage. il existe 3 types de branchement : branchement ordinaire (simple), branchement deux voies et branchement trois voies

. Pour un appareil de voie de type branchement simple on distingue trois parties :

- ✓ **La partie croisement**
- ✓ **La partie intermédiaire**
- ✓ **La partie aiguillage**



**Figure 42 : Parties de branchement simple**

Selon UIC 54 on utilise quatre types d'appareils de voie

**Appareil branchement simple UIC54 1/7 R190** : c'est-à-dire que la tangente de l'angle de l'appareil  $tga = 1/7$ , avec un rayon de 190 m et une vitesse de franchissement  $V_f = 30 \text{ km/h}$ .

**Appareil branchement simple UIC54 1/9 R190**:  $tga = 1/9$ ,  $R=190 \text{ m}$  et  $V_f = 30 \text{ km/h}$

**Appareil branchement simple UIC54 1/9 R300** :  $tga = 1/9$ ,  $R= 300$ ,  $V_f = 40 \text{ km/h}$

**Appareil branchement simple UIC 54 1/12 R500** :  $tga = 1/12$   $R= 500\text{m}$  et  $V_f = 60\text{km/h}$

**VIII.5.6.1.2. Les traversées jonction**

Les traversées jonction permettent le croisement à niveau d'une voie par une autre et également la jonction des deux voies. On distingue :

- ✓ Les traversées jonction simples (TJS) permettant la jonction des voies uniquement dans un sens de circulation ;
- ✓ des traversées jonction doubles (TJD) permettant la jonction des voies dans les deux sens de circulation.

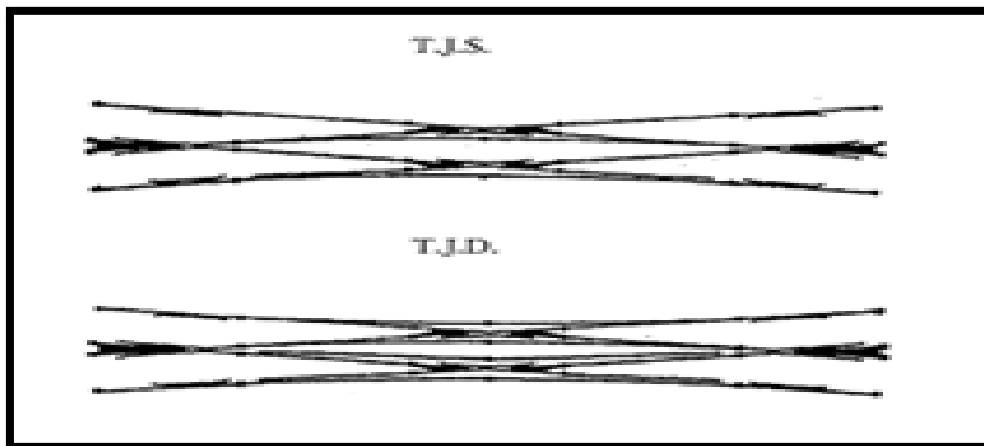


Figure 43 : Traversées jonction simples et doubles

**VIII.5.6.1.3. Les traversées :**

Elle permanent le croisement d'une vie par une autre voie. Elles sont généralement obliquées, conditions nécessaire pour être branchées en vitesse, très rarement aujourd'hui rectangulaires, et uniquement sur voies de service ; la traversée oblique est dite ordinaire si ces deux branches sont droites

Une traversée oblique ; ayant une voie en courbe est dite combinée, soit a gauche soit à droite, suivant la position de la sortie de cette voie par rapport à la voie directe en alignement

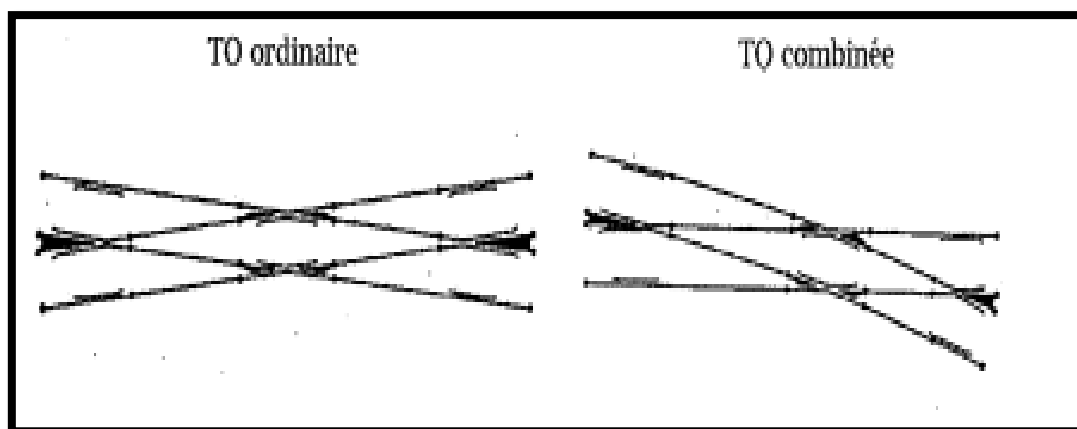
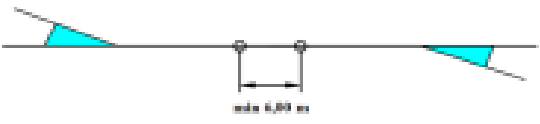
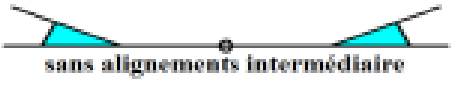

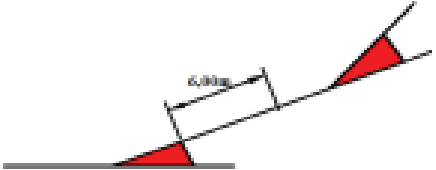




Figure 44 : Traversées ordinaire et combinée

VIII.5.6.2. Règles dans l'implantation des appareils de voie

Le tableau ci-dessous résume les règles principales d'implantations des appareils de voie :

Tableau 42 : Règles d'implantations des appareils de voie

Systeme	Type d'appareil de voie
 <p>min 4,00 m</p>	Tous Types d'appareils de voie
 <p>sans alignements intermédiaire</p>	Tous Types d'appareils de voie
 <p>4,00m</p>	UIC 60-300-1:9
 <p>6,00m</p>	UIC 60-500-1:12
 <p>min 6,00m</p>	Tous Types d'appareils de voie
 <p>6,00m</p>	Tous Types d'appareils de voie

VIII.6. Application au projet :

Dans ce projet on va faire la conception de la future gare d'Azzaba qui sera située au côté naissant de cette ville entre le pk 3+800 et le pk 5+900 sur une longueur de 2 km.



Figure 45 : Plan de situation de la gare d'Azzaba

### VIII.6.1. Les Caractéristique de la ligne

- ✓ La gare d'Azzaba est conçue pour un trafic mixte voyageur et marchandise
- ✓ Double voie
- ✓ Traction diesel, avec possibilité de future électrification
- ✓ La longueur maximale du train de marchandise : 800 m

### VIII. 6.2. Nombre de voies et leurs services

- ✓ V1 ; V2 ; V4 : arrivée/départ des trains voyageurs
- ✓ V6. V8 : réception et départ des trains de marchandises
- ✓ V10 ; V12 ; V14 : Chargement et déchargement des marchandises

### VIII.6.3. Entraxe entre les voies

- ✓ V1 et V 2 (service voyageurs) : entraxe entre les voies est de 5 m > 4.2 m (entraxe minimal selon SNTF (aménagement et gare-tracé des voies))
- ✓ V2 et V4 : arrivée et départ des trains voyageurs): entraxe entre les voies est de 11.3m (quai)
- ✓ V4, V6, V8 : entraxe entre les voies est de 6m
- ✓ V10.V12.V14 : (charger et décharger la marchandise) : entraxe entre les voies est de 7 m

### VIII.6.4.Longueur utile de stationnement

Des recommandations SNTF (aménagement et gare-tracé des voies)

- ✓ pour les voies de gare voyageurs : une longueur minimale de 1200 m
- ✓ pour les voies de gare marchandises : une longueur minimale de 870 m

Tableau 43 : Longueurs utile des voies de gare d'Azzaba

VOIE	Fonctionnement	longueur utile(m)
V1	ligne générale	1600
V2	3G arrivée/départ des trains voyageurs	1420
V4	arrivée/départ des trains voyageurs	1200
V6	réception et départ des trains de marchandises	1050
V8a	réception et départ des trains de marchandises	955
V8b	Chargement et déchargement des marchandises	900
V10	Manœuvre	600
V12	Chargement et déchargement des conteneurs	300
V14	Chargement et déchargement des conteneurs	300

### VIII.6.5. Les quais

#### a) Quais voyageurs

##### ➤ La longueur des quais L

quais voyageurs A et B est de 350 m (ligne de service intérieur)

##### La largeur des quais l

- ✓ Quai extérieur on prend une largeur de 6m pour le quai A
- ✓ Quai intermédiaire on prend une largeur de 8 m pour le quai B

##### La hauteur des quais voyageurs et

La hauteur nominale du bord du quai est entre 550 mm à 760 mm pour notre projet on préconise une hauteur de 550 mm (pour les deux quais voyageurs)

##### La distance par rapport à l'axe de la voie

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

- I : écartement de la voie (dans notre projet  $I = 1435$  mm)

Ce qui donne  $S = 0 \rightarrow L = 1650$  mm

#### b) Quai marchandise

##### ➤ La longueur du quai L

Pour notre projet on prend une longueur de 124m pour le quai C de chargement et déchargement de marchandise

##### ➤ La largeur du quai l

La largeur du quai est prise 10 m pour charger et décharger la marchandise en toute sécurité.

##### ➤ La hauteur du quai marchandise et la distance par rapport à l'axe

- ✓ La hauteur du quai de marchandise est de 1150 mm
- ✓ La distance entre le quai et l'axe de la voie est de 1650 mm

### VIII.6.6. Les passerelles

#### Une passerelle supérieure

on prend une largeur  $B = 2.5$  m

on prend une hauteur 7.3 m

### VIII.6.7.Appareil de voie et longueur du garage franc GF

En utilisant la formule suivante qui permet de calculer la longueur du garage franc :

Pour notre projet on a recours à trois appareils de voie : UIC 54 R190 1/9, UIC 54 R300 1/9 et UIC 54 R500 1/12 donc :

- Pour UIC 54 R190 1/9 :  $GF = 3.57 * 9 + 1 = 33.13$  m,
- Pour UIC 54 R300 1/9 /  $GF = 3.57 * 9 + 1 = 33.13$  m,
- Pour UIC 54 500 1/12 :  $GF = 3.57 * 12 + 1 = 43.84$  m

**Le détail des caractéristiques des appareils de voie utilisées est dans le tableau V.1 dans l'Annexe gare.**

### VIII.6.8.Assainissement dans les gares :

#### Assainissement transversale:

Pour faciliter le ruissellement des eaux pluviales dans les gares, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit ou en V selon le cas de telle sorte à évacuer ces eaux vers les voies ensuite ces eaux sont évacuées grâce aux pentes transversales des plates-formes.

#### Assainissement longitudinal :

Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4°/00, permettent de recueillir les eaux de ruissellement qui s'infiltreront dans le ballast et la plate-forme et les évacuer vers le réseau d'assainissement via les regards de visite.

### VII.7. Conclusion :

La gare d'Azzaba est aménagée d'une manière à satisfaire aux besoins des usagers et aux besoins commerciaux et économiques de cette région et du pays en termes de déplacement et communication avec d'autre région.

## **CHAPITRE IX**

### **Signalisation ferroviaire**

### **IX.1. Introduction**

La signalisation ferroviaire mise en œuvre aujourd’hui sur les lignes classiques est lumineuse. Il est fait usage de panneaux portant un ou plusieurs feux de couleur, en principe disposés sur un écran noir bordé d’un liseré blanc de forme oblongue ou circulaire. La signalisation comporte également des tableaux lumineux ainsi que des tableaux ou pancartes.

### **IX.2. Objectifs de la signalisation**

La signalisation s’adressant aux trains circulant en vitesse est donc constituée le plus souvent d’un “couple” de signaux (annonce et exécution).

Les indications portées par les signaux ont pour but de donner aux agents concernés de prescrire l’arrêt, une limitation de vitesse, éventuellement une indication de direction et les informations qu’ils doivent respecter afin d’assurer la sécurité des circulations, des travaux, celle des agents qui les exécutent et celle des tiers. Elles constituent une convention au moyen de laquelle les exploitants, les mainteneurs de l’infrastructure et les conducteurs communiquent entre eux

La signalisation doit assurer en toute sécurité :

- La circulation dans les deux sens sur une même voie (nez à nez)
- L’espace des circulations pour éviter les rattrapages,
- La protection des circulations dans les gares (convergence, cisaillement...)
- Elle doit aussi éliminer les risques de déraillement par excès de vitesse ou de chargement et réduire au minimum les possibilités de heurter avec des obstacles (en particulier au droit des passages sup)

### **IX.3. Principes de base**

La signalisation doit satisfaire aux principes de base suivants :

- Assurer la commande des itinéraires pour que les trains arrivent à leur destination prévue;
- Assurer la sécurité de chaque mouvement de trains en empêchant toute collision ou déraillement;
- Assurer les performances spécifiées en termes d’écoulement du trafic et de performances à atteindre.

En mode nominal, le système de signalisation et de protection des trains comprendra les principaux sous-systèmes suivants:

- La détection des trains;
- La commande et contrôle des aiguillages;
- Les signaux latéraux;
- Les autorisations à pied d'œuvre;
- Les postes d'enclenchements;
- Le poste de commande centrale (PCC).

## IX.4. Type de signalisation

Il existe deux types de signalisation :

### IX.4.1. Signalisation mécanique

Un signal mécanique se présente sous la forme d'une cocarde ou d'une aile de couleur, il peut s'afficher avec deux aspects :

Aspect fermé : l'aile soit étendue horizontalement et la cocarde soit dans le plan perpendiculaire de la voie

Aspect ouvert : l'aile soit rabattu ou oblique ou verticalement et la cocarde dans un plan parallèle a la voie

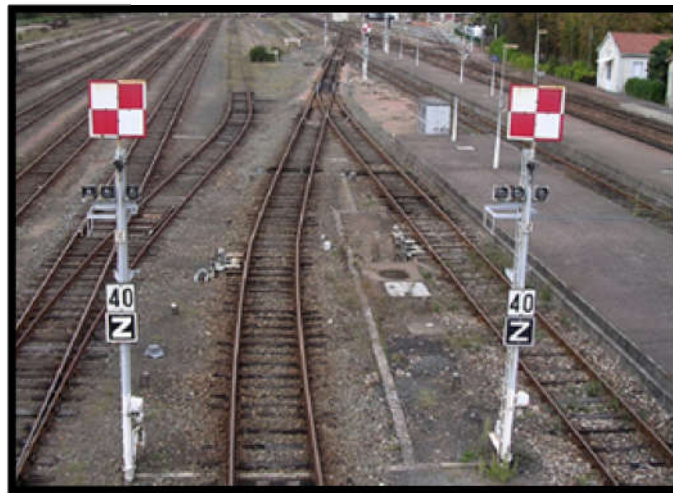


Figure 46 : Signalisation mécanique

### IX.4.2. Signalisation lumineuse

Il est fait usage de panneaux portant un ou plusieurs feux de couleur, généralement disposés sur un écran noir bordé d'un liseré blanc de forme oblongue ou circulaire.

Qu'elle soit mécanique ou lumineuse, la signalisation peut comporter en outre :

Un signal lumineux est constitué d'un panneau noir avec une bordure blanche de forme oblongue ou circulaire, sur lequel peuvent être affichés un ou plusieurs feux de couleur



Figure 47: Signalisation lumineuse

### IX.5. Fonctions de signalisation

Les signaux assurent plusieurs fonctions et Chacune de ces fonctions comprend habituellement une signalisation d'annonce et une Signalisation d'exécution ou de rappel, on distingue :

- Signaux d'arrêt
- Signalisation de limitation de vitesse
- Des signaux indicateurs de direction.
- Des signaux de départ des trains.
- Des signaux et tableaux à inscriptions diverses.
- Des signaux de sortie de certains faisceaux ou groupes de voies convergentes.
- Des signaux propres aux manœuvres

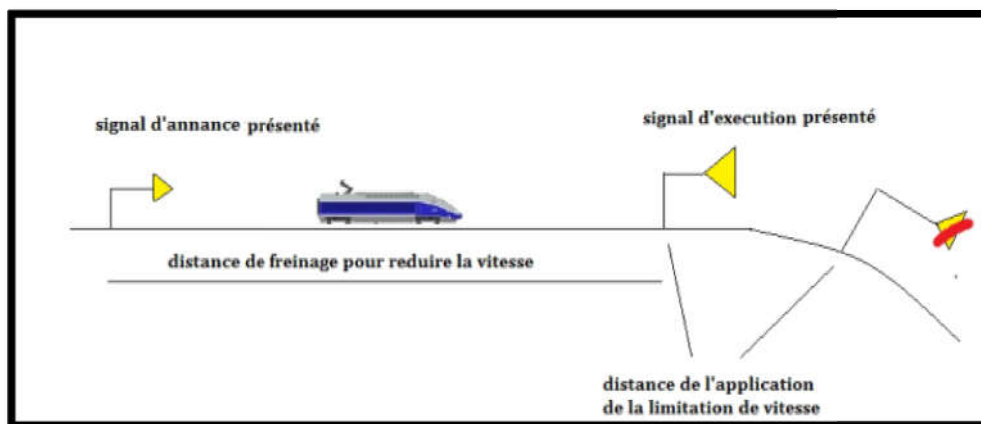


Figure 48: Signal de limitation de vitesse

### Remarque :

Pour que les trains puissent s'arrêter devant un signal d'arrêt, il est nécessaire de les prévenir à une distance suffisante pour que le freinage puisse être mis en œuvre dans les conditions normale, et pour ce si on implante des signaux d'annonce à distance.

### IX.6. Visibilité des signaux

Deux principales conditions concernant la visibilité à partir des cabines de conduite :

#### IX.6.1. Visibilité des signaux hauts

Les signaux hauts, supposés implantés à droite ou à gauche à 2.42m de l'axe de la voie, et dont la hauteur est comprise entre 2.8m et 6.3m au-dessus du plan de roulement doivent être visibles à une distance supérieure ou égale à 10m du plan de front des tampons.

#### IX.6.2. Visibilité des signaux bas

Les signaux bas, supposés implantés à droite ou à gauche, à 1.75m de l'axe de la voie et à 0.240m au-dessus du plan de roulement, doivent rester continus-éléments visible.



Figure 49: Signaux haut et bas

### IX.7. La signalisation en cabine

Pour certaine vitesse, les informations données par la signalisation latérale ne peuvent plus être perçues par le conducteur, donc des systèmes ont été inventés ou ces mêmes informations sont affichées directement dans le poste de conduite.

On peut même combiner les deux (c'est-à-dire un système de signalisation en cabine et une signalisation latérale) au cas où le premier défaille, ainsi que pour les convois dont le poste n'est pas équipé pour la signalisation en cabine.

## IX.8. Sous-système signalisation ERTMS

C'est un système de contrôle/commande assurant un trafic ferroviaire standardisé et interopérable. Il est composé :

- De l'ETCS (European Train Control System) qui est le système de commande contrôle des trains ;
- Du GSM-R qui sert de support radio à ce dernier. L'interopérabilité permet d'augmenter la capacité des lignes assurant une plus grande rentabilité pour les opérateurs.

L'ERTMS permet aussi:

- La circulation des trains à la vitesse maximum de 220 km/h sur la base d'une signalisation de cabine associée à un contrôle de vitesse de sécurité.
- Le système ERTMS assure, l'espacement des trains, et la fonction de supervision et de contrôle de la vitesse des trains.

Pour les trains ERTMS, la signalisation de cabine l'emportera sur la signalisation latérale lumineuse. La détection des trains ERTMS est assurée par les compteurs d'essieux en gare et dans les cantons de la ligne BOUGHZOUL-DJELFA comme pour les trains non équipés de système ERTMS. ( European Railways Traffic Management System)

### IX.8.1. Les niveaux de l'ERTMS

On distingue trois niveaux, en fonction de la manière suivant laquelle l'autorisation de mouvement est fournie au train :

- ✓ **Niveau 1** : le train reçoit son autorisation de mouvement via des balises au sol ; cette autorisation de mouvement est calculée par le centre de contrôle en fonction de l'occupation des autres cantons. ). La signalisation latérale est nécessaire.
- ✓ **Niveau 2** : le train se repère à l'aide des balises au sol, transmet sa position au centre de contrôle via le GSM-R, qui lui communique son autorisation de mouvement en fonction de l'occupation des autres cantons. La signalisation latérale est optionnelle
- ✓ **Niveau 3** : le train se repère à l'aide des balises au sol, échange ses données avec le centre de contrôle et détermine lui-même son autorisation de mouvement en fonction de la position des autres trains. La superposition avec signalisation latérale ou une autre signalisation en cabine n'est pas envisagée

## IX.9. Application au projet

La ligne ferroviaire de présent projet est une ligne nouvelle à grande vitesse qui demande un très bon système pour gérer les trains sans problèmes, c'est pour ça

on a choisit de combiner entre la signalisation latérale (établi par le système BAL) et la signalisation en cabine (établi par le système ERTMS niveau 2).

**IX.9.1.Signalisation en cabine**

**ETRMS/ETCS niveau 2** : est un système de signalisation et de sécurité ferroviaire numérique qui repose sur la radiocommunication numérique.il peut être seul ou en superposition avec une signalisation existante (latérale ou de cabine)

L'autorisation de circuler et le signal de marche sont affichés dans la cabine du conducteur. Les installations de signalisation extérieures deviennent donc superflues, à l'exception de quelques indicateurs. Les dispositifs de contrôle de l'état libre des voies et de contrôle de l'intégrité du train restent cependant déployés au sol. Dans ce niveau La ligne est découpée en cantons, Les informations sol trains sont échangées en continu par le GSM-R et les trains reçoivent des autorisations de mouvement (MA) élaborées par un RBC (Radio Block Center) interfacé avec le système de cantonnement (CDV ou compteurs d'essieux) et les postes (enclenchement et contrôle des itinéraires).

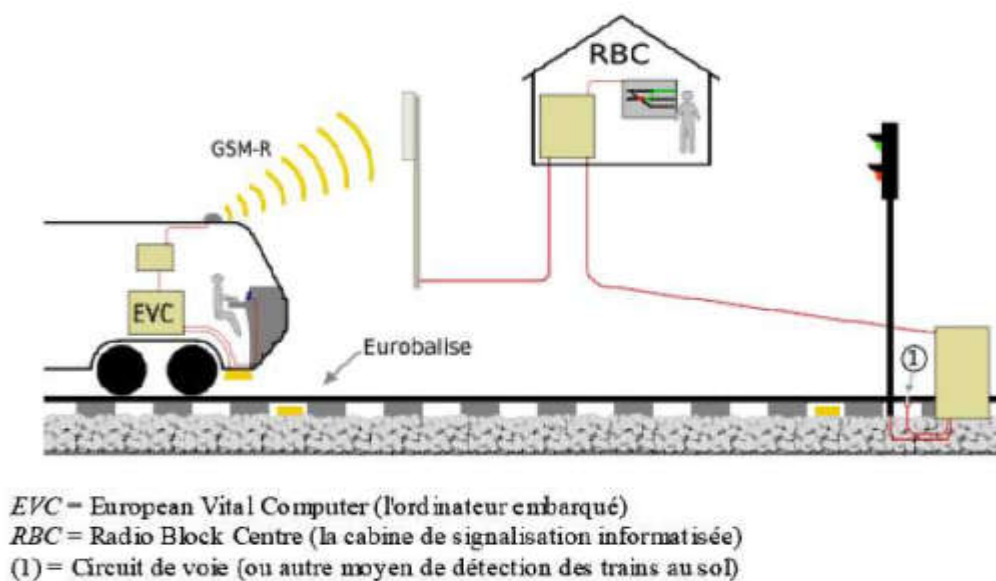


Figure 50: ETRMS/ETCS niveau 2

**IX.9.2.Système BAL**

On a choisi un système de gestion de la signalisation le BAL (Block Automatique Lumineux) dont on découpe les lignes en tronçons appelés les cantons, ce système requière l'installation de très nombreux signaux. La vitesse maximum des trains utilisant la signalisation latérale sera de 160 km/h. Les principaux caractères du système BAL sont :

**a) Espacement des trains**

Pour notre projet (avec le BAL) les cantons en plein voie sont d'une longueur proche de la distance d'arrêt des trains soit 1500 à 2000 m

**b) Ralentissement**

Deux types de ralentissements sont possibles en BAL pour le franchissement d'aiguilles en position déviée par exemple : le ralentissement 30 et le ralentissement 60. La disposition des feux jaunes est la même mais ceux-ci clignotent pour le ralentissement à 60 km/h.

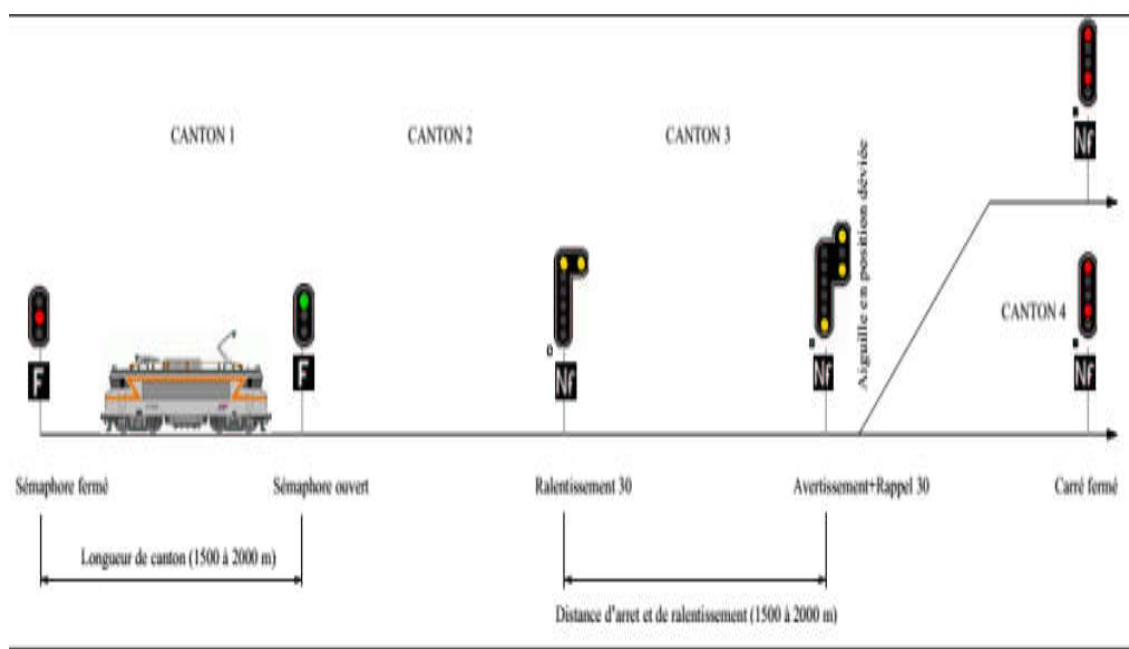


Figure 51 : Ralentissement 30 à l’approche d’une aiguille en position déviée

**NB :** Le ralentissement 30 est appliqué dans notre gare pour les voies V4, V6, V8, V10, V12, V14. Le ralentissement 60 est appliqué dans notre gare pour les voies V1 et V2.

**IX.10. Conclusion**

Les deux systèmes devront être entièrement compatibles et permettre indifféremment la circulation des trains équipés ERTMS et des trains non équipés sans qu’il soit nécessaire d’intervenir sur les systèmes.

## **CHAPITRE X**

### **Etude d'impact sur l'environnement**

### **X.1. Introduction**

L'Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE) est une étude détaillée à caractère analytique et prospectif aux fins de l'identification et de l'évaluation des incidences d'un projet sur l'environnement.

La présente étude consiste à rassembler les informations pertinentes sur la réalisation du projet, ainsi que sur les composantes des milieux physique, biologique et humain, de façon à permettre l'identification et l'analyse des impacts potentiels des activités de construction et d'exploitation de la ligne ferroviaire sur les composantes environnementales.

L'EIE vise trois objectifs fondamentaux :

- Concevoir un meilleur projet respectueux de l'environnement
- Éclairer l'autorité administrative compétente sur la décision à prendre
- Fournir au public une information fiable sur les risques susceptibles de porter atteinte à sa qualité de vie et favoriser sa participation à la prise de décision.

### **X.2. Réglementation**

La réalisation d'un projet ferroviaire tel que présenté à la section précédente est régie par un ensemble de lois et décrets définissant les permis et autorisations à obtenir et encadrant les activités de réalisation et d'opération

Le contexte réglementaire relié à l'environnement est :

- Loi n°3-10 du 19 Juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable
- Décret 07-145 du 19 Mai 2007 relatif à la détermination du champ d'application, du contenu et de modalités d'application des études notices d'impact sur l'environnement
- Décret exécutif n° 87-91 du 21 Avril 1987 relatif à l'étude d'impact d'aménagement du territoire
- Loi n°04-20 du 25 Décembre 2004 relatif à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes 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°06-198 du 31 Mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement

### **X.3. Etapes de l'étude d'impact sur l'environnement**

La réalisation d'une étude d'impact comprend les principales étapes suivantes :

- La délimitation de la zone d'étude

- Analyse de l'état initial (déjà faite dans les chapitres précédents : géologie, climat, hydrologie...etc.)
- Évaluation des impacts
- Mesures d'insertion
- Suivi et bilan environnementale

## X.4. Application au projet

### X.4.1. Délimitation de la zone d'étude

#### a) Une zone d'étude locale

Elle correspond à un corridor de 300 mètres de largeur centré sur le tracé retenu. Cette zone d'étude permettra l'identification des impacts directs occasionnés par les travaux de construction et d'exploitation de la e Ligne Annaba/Ramdan-Djamal. C'est dans cette zone que se concentrent les efforts d'analyse et d'inventaire des milieux physique, biologique et humain traversés par la ligne de chemin de fer.

#### b) Une zone d'étude régionale

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.)

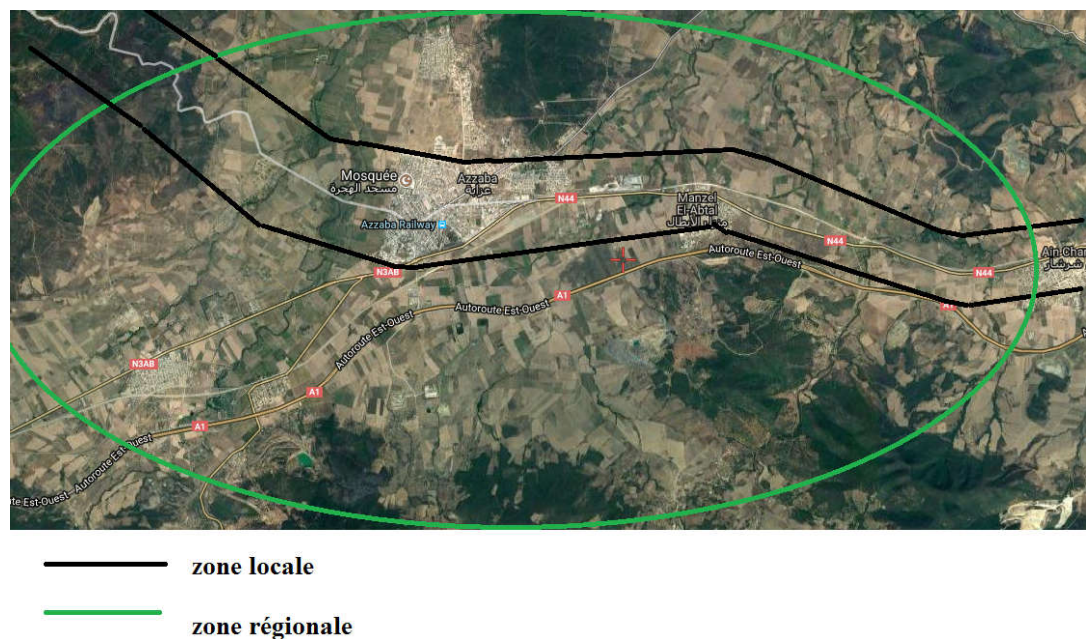


Figure 52 : Zone locale et régionale du projet

## X.4.2.Évaluation des impacts et Mesures d'insertion

### X.4.2.1. Milieu physique

#### a) Impact sur le sol

Les sols qui peuvent être déstabilisés favorisant ainsi leur érosion et l'accroissement du phénomène de désertification. Leur qualité peut également être compromise par des déversements de contaminant

- *Mesure*

\* Effectuer le décapage immédiatement avant les travaux de construction afin de limiter la durée d'exposition des sols sensibles à l'érosion.

\* Avant de disposer de déblais, vérifier s'ils sont contaminés. Gérer, le cas échéant, les sols contaminés conformément aux directives réglementaires existantes.

\* Stabiliser le plus rapidement possible les talus et les terrains sensibles à l'érosion avec des techniques de végétalisation appropriées dès la fin des travaux.

\* Aménager une ou quelques zones de ravitaillement pour la machinerie pour réduire les risques de contamination de produits pétroliers

#### b) Impacts sur la qualité de l'air

Les travaux sont susceptibles d'engendrer deux types de rejets dans l'atmosphère :

- Les engins participant au chantier (pelles, bulldozers, camions, etc.) seront responsables de rejets dans l'air constitués par les gaz d'échappement,
- En période sèche, lors des mouvements de matériaux, les phases de démolition et la circulation des engins, le chantier pourrait générer des envols de poussières importants

- *Mesure :*

- Pour éviter l'envol des poussières, il sera demandé aux entreprises en charge des travaux d'arroser les voies de circulation ainsi que les zones de terrassement du Chantier en particulier par temps sec.
- La vitesse sera limitée à 30 km/h dans les zones sensibles à la poussière (zones d'habitations,...).
- Les camions transportant des terres respecteront les normes en vigueur relatives au bâchage.

- Les opérations de chargement et de déchargement de matériaux par vent fort seront limitées
- Les véhicules et les matériels de chantier devront être aux normes
- Aucun brûlis ne peut avoir lieu sur le chantier.

### **c) Impact sur les écoulements des eaux de surfaces**

Durant les travaux, les risques vis-à-vis des écoulements seront cantonnés aux périodes de terrassement et de mise en place des ouvrages hydrauliques

- **Mesure :**

- Sensibilisation des travailleurs pour la protection de l'environnement, et application des méthodes de bonnes pratiques pendant la phase chantier ;
- Utilisation des matières géotextiles pour la protection des eaux contre la poussière ;
- Réalisation des décapages juste avant les terrassements ;
- Stockage du carburant, confinement et maintenance du matériel sur des aires aménagées à cet effet ;
- Sécurisation des opérations de remplissage des réservoirs de carburants et des huiles ;
- Drainage et collecte des eaux de ruissellement issues des terrassements dans des bassins de décantation avant rejet dans le cours d'eau.
- Construction des Ouvrages Hydrauliques pour préserver les écoulements

### **d) Impact sur Les eaux souterraines**

Les nappes phréatiques constituent des réserves d'eau souterraines qui peuvent être exploitées de manière autonome, par des forages privés, notamment pour des usages agricoles, mais également pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP) des populations.

La construction de la ligne Annaba/Ramdan-Djamal peut avoir une incidence sur la possibilité d'accéder à cette ressource en eau.

- **Mesure**

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.

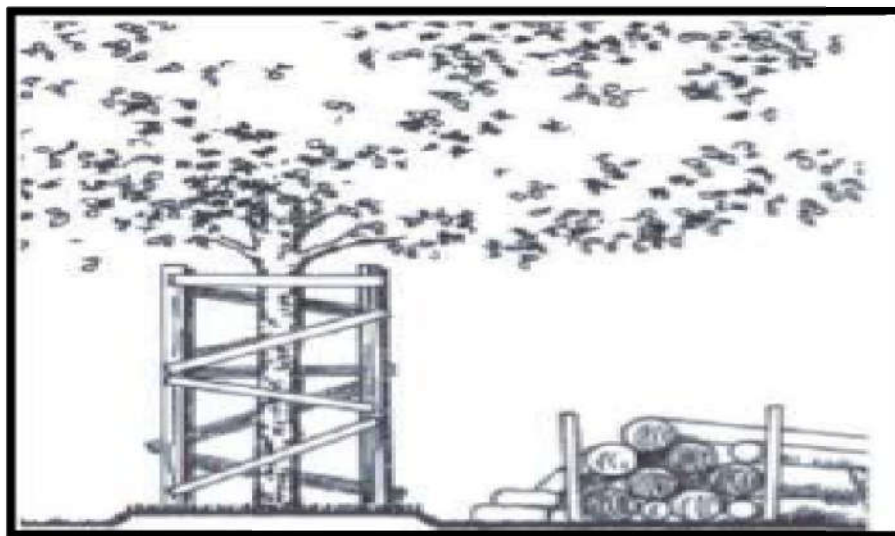
**X.4.2.2. Milieu biologique****a) Impacts sur la flore**

Les étages végétaux sont occupés par des espèces communes qui ne font pas l'objet de protection sauf le caroubier, l'eucalyptus et le pin d'Alep.

Le domaine agricole est le segment le plus sensible. En premier lieu, il subit une réduction non négligeable de sa superficie de production (surface soustraite = largeur d'emprise de l'ouvrage x longueurs de l'ouvrage) dont la conséquence est la réduction des superficies de la production agricole à laquelle se greffe inévitablement la réduction des revenus des exploitants. Les chantiers de réalisation viennent également perturber les modes de mobilité des hommes et du bétail dans les exploitations agro-pastorales même d'une manière temporaire.

**• Mesure :**

- 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 sur ou prêt des zones sensibles (cours d'eaux, Oueds, zones humides...)
- Limitation des pistes sur les terres agricoles issues de la circulation des engins.



**Figure 53 : Protection physique d'un arbre existant**

**b) Impacts Sur la faune**

La faune verra son biotope altéré de part et d'autre du linéaire ferroviaire mais pas complètement anéanti. Pour les espèces, une migration s'opérera naturellement vers des lieux plus éloignés. On assistera à une délocalisation des lieux de nidation, des territoires de chasse et des relations trophiques. Les risques encourus par les animaux quadrupèdes est la traversée à l'aveugle de la voie ferrée.

- *Mesure*

- Mise en place de clôtures ou marquage provisoire pour la protection des espèces protégées à proximité du projet.
- Réalisation de passages faunique ou des passages mixtes (faunique & agricole).

**X.4.2.3.Milieu socio-économique****a) Ambiance sonore**

En phase travaux, les déplacements et l'utilisation des engins peuvent être une cause non négligeable de bruit. Ces nuisances seront différentes en fonction de la position du chantier et de la nature des travaux. Les principales sources de nuisances acoustiques durant les travaux sont les mêmes quelles que soient les activités de travaux en cours (dégagement des emprises, terrassement, etc.).

- *Mesure :*

- L'adoption d'engins et de matériels conformes aux normes en vigueur sur le bruit et disposant de certificats de contrôle,
- Le choix de l'implantation des équipements sur le site des travaux,
- L'adaptation des matériels et mode opératoire des travaux.
- Limitation de la vitesse de circulation des engins de chantiers sur les pistes, capotage du matériel bruyant, etc.

**b) Impacts sur l'Agriculture**

La réalisation de ce projet, va engendrer la perte des superficies agricoles. Cette occupation de superficies agricoles induira probablement une baisse du rendement des productions de cultures des populations affectées par ce projet.

- *Mesure :*

- Les surfaces d'emprise doivent être limitées au strict minimum ;
- Indemnisation des exploitants agricoles ;
- Remise en culture des délaissés.

### c) Santé public

Le chantier peut présenter plusieurs types de risques pour la sécurité publique :

- La circulation des engins, les risques de chute et les risques d'éboulement.
- La fréquentation par des personnes non autorisées dans la zone d'enceinte des travaux peut présenter un danger. Elle sera de ce fait interdite.

- *Mesure :*

- Les zones de travaux doivent être clôturées
- Application des règles d'Hygiène, Sécurité et Environnement relatifs aux chantiers
- Humidification des pistes de chantier pour diminuer l'envol des poussières

### d) Impacts sur les paysages et sites touristiques

Les sites touristiques au sens classique (itinéraires de randonnées pédestres, activités sportives, parcs de loisirs, forêts récréatives) n'ont pas été rencontrés au voisinage des linéaires étudiés.

Les paysages seront forcément altérés par l'ouverture de saignées sur les flancs de collines, par l'ouverture des pistes d'accès, les dépôts et stockage de matériaux, la construction de bases-vie et les parcs à matériels.

- *Mesure :*

- Une organisation rationnelle des trafics (approvisionnement ou sortie) et du stationnement liés au chantier.
- Une remise en état du site sera réalisée à la fin de chaque tranche de travaux.

**e) Impacts vis-à-vis les biens et le bâti**

L'un des impacts le plus préoccupant lié au projet de chemin de fer, le déguerpissement des habitations et l'acquisition des terres situés dans l'emprise ferroviaire

- *Mesure :*

Les propriétaires, dont le bâti et/ou les biens fonciers se trouvent inclus dans les emprises définitives de la variante choisie, doivent être indemnisés dans les conditions prévues par le code de l'expropriation« **Loi n° 91-11 fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique.**

**X.5.CONCLUSION :**

Des impacts négatives sur l'environnement sont générés par la réalisation du présent projet, et pour la bonne justification de ce dernier sur toutes les volets il faut prendre en compte tous les effets négatifs et les éliminer (ou réduire) au maximum, afin d'assurer une bonne planification du projet, développement durable et une meilleure utilisation des ressources en Algérie.

# **CHAPITRE XI**

## **Devis estimatif**

N° des Prix	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	UNITE	Prix UNITAIRE (DA)	QUANTITE	MONTANT(DA)
1	<b>TERRASSEMENT</b>				
1-a	Décapage de terre végétale 0.3m	M <sup>3</sup>	455,95	113110,47	59779818,80
1-b	Déblai mis en remblai	M <sup>3</sup>	496,13	160129,3	79444949,61
1-c	Déblai mis en dépôt	M <sup>3</sup>	486,18	68626,83	33364992,2
1-d	Remblai en provenance d'emprunt	M <sup>3</sup>	490	19465,98	9538330,2
<b>Total(DA)</b>					<b>182128090,21</b>
2	<b>COUCHE D'ASSISES</b>				
2-a	Couche de ballaste (20/50)	M3	3850	27387,5204	105441953,5
2-b	Couche de sous-ballaste (0/31.5)	M3	2225	28000,66	62301468,5
2-c	Couche de fondation (GC 0/40)	M3	729,80	16843,81	12292612.54
2-d	Couche de forme	M3	3001,08	41301,05	12394755,1
<b>Total(DA)</b>					<b>192430789.6</b>
3	<b>TRAVAUX DE VOIE</b>				
3-a	Rail UIC 54 en barre 18m	T	141 299,60	3167	447495833.2
3-b	Travers en béton arme bi-bloc	U	6000	23927	143562000
3-c	Travers en béton précontraint monobloc	U	7000	260	1820000
3-d	Travers en bois dur (Azobé)	U	4700	360	1692000
3-e	Appareil de voie UIC 1/12 r 500	U	15410000	8	123280000
3-f	Appareil de voie 1/9 r300	U	12500000	5	62500000
3-g	Appareil de voie 1/9r190	U	11000000	8	8800000
3-h	Attache type nabla	U	450	96748	43536600
<b>Total(DA)</b>					<b>832686433.2</b>
4	<b>TRAVAUX DE POSE VOIE</b>				
4-a	Pose De Rail	ML	5200	14550	75660000
4-b	Pose d'appareil de voie UIC54 1/12 R 500	U	290000	8	2320000
4-c	Pose d'appareil de voie UIC 54 1/9 R300	U	260000	5	1300000
4-d	Pose d'appareil de voie UIC 54 1/9 R190	U	240000	8	1920000
4-e	Soudure Aluminothermique	U	20000	182	3640000
d-f	Libération du TLRs et homogénéisation	ML	962.15	14550	13999282.5
<b>Total(DA)</b>					<b>98839282.5</b>
5	<b>ASSAINISSEMENT TRANSVERSAL ET LONGITUDINAL</b>				
5-a	<b>Les dalots</b>	M <sup>3</sup>	30000	32	20700000
5-b	<b>Les buses</b>	ML	40000	80	12000000
5-c	<b>Les fossés</b>	ML	2200	14550	32010000
<b>Total(DA)</b>					<b>64710000</b>
6	<b>OUVRAGES D'ART</b>				
6-a	<b>Pont hydraulique</b>	U	2000000	1	2000000
6-b	<b>Les passages supérieurs</b>	U	1500000	2	3000000
6-c	<b>Les passages inférieurs</b>	U	900000	2	1800000
<b>Total(DA)</b>					<b>6800000</b>

LA GARE					
7					
7-a	bâtiment voyageur	F	20000000	1	20000000
7-b	quai	M <sup>2</sup>	6300	8640	54432000
7-c	signalisation	f	100000000	-	100000000
Total(DA)					17443200
MESUR SUR L'ENVERONNEMENT					
8					
8-a	Clôture de la ligne	ML	8300	3 000,00	24900000
8-b	Passage faune	U	2000000	1	2000000
Total (DA)					26900000
Coût totale du projet (DA)					1578926596

**Montant total estimé en lettres :**

**Un milliard cinq cent soixante-dix-huit millions neufs cent vingt et six mille cinq cent quatre-vingt-seize Dinars Algérien.**

---

## Conclusion générale

Le transport ferroviaire est la future solution de plusieurs problèmes que les autres modes de transport n'ont pas tel que les problèmes de circulations, le taux de croissance élevé, temps de parcours, pollution.etc.

L'état a cherché d'investir dans le domaine de chemin de fer par le lancement des programmes de modernisation de réseau ferrée national.

Ce travail a eu pour but de mettre en évidence le bagage théorique et méthodologique acquis durant tout le cursus, dans l'étude d'avant-projet détaillée de La mise à double voie de la ligne ferroviaire Annaba\_Ramdan-Djamal du **PK 67+030** à **PK 75+250** avec la conception de la gare d'Azzaba ; qui est un projet très spécifique vu le nombre d'avenages qu'elle offre ; fluidifier le transport ferroviaire, réduire le temps de parcours, soulager le trafic routier.

Dans notre étude nous avons tenu à respecter toutes les normes existantes (UIC, SNCF, SNTF), tout en tenant compte les conditions exigés par la situation réelle, notre tracé a été correctif pour l'ancien tracé avec des grands rayons, faible déclivité, et cela dans l'objectif d'augmenter la vitesse à 160km/h, en assurant le confort et la sécurité.

Ce projet de fin d'étude a été une grande opportunité pour nous afin de mettre en application des connaissances acquises durant tout notre cursus pour résoudre des problèmes concrets.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : Civil 3d, SLIDE, global mapper et AUTOCAD..etc.

Finalement, Ce projet de voie ferrée nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant les cinq années de notre formation, mais aussi de mieux appréhender notre avenir dans le monde professionnel des infrastructures ferroviaires

# Bibliographie

- Description du réseau ferrée du système de transport ferroviaire et le développement futur du chemin de fer algérien ENSTP 2014-2015.
- Manuel de la voie, infrastructure superstructure maintenance rentabilité, Dr. Bernhard lichtberger.édition2009
- Manuel de projet routier, M.Goumettre, Mme.KALLI 2012.
- Code UIC 703R, caractéristiques des voies parcourues par des trains, 2ème édition 1989
- Code UIC 719R, ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaires, 2ème édition 1994.
- Code UIC 739R marge de glissement à l'aval des signaux, 2ème édition 1992
- Code UIC 741, quais des gares à voyageurs- règles de l'implantation des quais par rapport à la voie, 2007.
- SNCF conception du tracé voie courante, édition 2006.
- SNTF chapitre06 géométrie de la voie version 2 2005.
- GTR Conception et réalisation des terrassement- guide technique 2007.
- SNTF chapitre 7.2.3- hydraulique drainage version2 2005.
- SNCF aménagement et gare tracé des voies, édition3 1985..
- SNCF abrégé de signalisation, Emanuel Bournez, 2005.
- Rapport géotechniques et géologiques de l'étude APD de Annaba\_Ramdan-Djamal OHL / ANESRIF
- Rapport de l'étude hydraulique de l'étude APD de Annaba\_Ramdan-Djamal OHL
- Cours de chemin de fer, M. Cadi, année 2018
- Cours de chemin de fer, école des ponts paris tech , Philippe Pouligny, 2011-2012.
- Cours de chemin de fer, M. Nehaoua
- Cours hydraulique appliqué, M.Rahmani, ENSTP 2017chapitre 1,2 et 3
- Cours de route ENSTP, par M.Kara
- Cours de mécanique des sols M.hamadi .
- Guide technique Assainissement routiers Sétra Octobre 2006.
- Mémoires projet de fin d'étude voie ferrée de l'ENSTP

## *Sites Internet :*

- Société nationale des transports ferroviaires [<http://www.sntf.dz>].
- INFRARAIL [[www.infrarail.dz](http://www.infrarail.dz)].
- ANESRIF [[www.anesrif.dz](http://www.anesrif.dz)].
- Dictionnaire visuel [[www.infovisuel.info](http://www.infovisuel.info)].
- Ainsi que d'autres sites (**Google, Wikipédia....etc.**).

# **Annexe**

## Annexe

### I. Axe en plan :

Alignment: axe\_en\_plan

Description: Modernisation de ligne ferroviaire Annaba-Ramdan  
Djamal

---

#### Tangent Data

Length: 322.755 Course: N 72° 26' 39.9996" W

---

#### Spiral Curve Data: clothoid

Length: 110.000 L Tan: 73.340  
Radius: 1300.000 S Tan: 36.673  
Theta: 02° 25' 26.5880" P: 0.388  
X: 109.980 K: 54.997  
Y: 1.551 A: 378.153  
Chord: 109.991 Course: N 73° 15' 08.8181" W

---

#### Circular Curve Data

Delta: 21° 23' 03.7946" Type: LEFT  
Radius: 1300.000  
Length: 485.196 Tangent: 245.454  
Mid-Ord: 22.570 External: 22.969  
Chord: 482.385 Course: N 85° 33' 38.4848" W

---

#### Spiral Curve Data: clothoid

Length: 110.000 L Tan: 73.340  
Radius: 1300.000 S Tan: 36.673  
Theta: 02° 25' 26.5880" P: 0.388  
X: 109.980 K: 54.997  
Y: 1.551 A: 378.153  
Chord: 109.991 Course: S 82° 07' 51.8485" W

---

#### Tangent Data

Length: 402.938 Course: S 81° 19' 23.0300" W

---

#### Spiral Curve Data: clothoid

Length: 70.000 L Tan: 46.667  
Radius: 2000.000 S Tan: 23.334  
Theta: 01° 00' 09.6341" P: 0.102  
X: 69.998 K: 35.000  
Y: 0.408 A: 374.166  
Chord: 69.999 Course: S 81° 39' 26.2382" W

---

#### Circular Curve Data

## Annexe

---

Delta:	04° 05' 55.2440"	Type:	RIGHT
Radius:	2000.000		
Length:	143.071	Tangent:	71.566
Mid-Ord:	1.279	External:	1.280
Chord:	143.040	Course:	S 84° 22' 30.2861" W

---

### Spiral Curve Data: clothoid

Length:	70.000	L Tan:	46.667
Radius:	2000.000	S Tan:	23.334
Theta:	01° 00' 09.6341"	P:	0.102
X:	69.998	K:	35.000
Y:	0.408	A:	374.166
Chord:	69.999	Course:	S 87° 05' 34.3340" W

---

### Tangent Data

Length:	226.631	Course:	S 87° 25' 37.5422" W
---------	---------	---------	----------------------

---

### Spiral Curve Data: clothoid

Length:	40.000	L Tan:	26.667
Radius:	3500.000	S Tan:	13.333
Theta:	00° 19' 38.6560"	P:	0.019
X:	40.000	K:	20.000
Y:	0.076	A:	374.166
Chord:	40.000	Course:	S 87° 19' 04.6570" W

---

### Circular Curve Data

Delta:	23° 17' 41.9728"	Type:	LEFT
Radius:	3500.000		
Length:	1423.010	Tangent:	721.471
Mid-Ord:	72.071	External:	73.586
Chord:	1413.229	Course:	S 75° 27' 07.8998" W

---

### Spiral Curve Data: clothoid

Length:	40.000	L Tan:	26.667
Radius:	3500.000	S Tan:	13.333
Theta:	00° 19' 38.6560"	P:	0.019
X:	40.000	K:	20.000
Y:	0.076	A:	374.166
Chord:	40.000	Course:	S 63° 35' 11.1425" W

---

### Tangent Data

Length:	2638.266	Course:	S 63° 28' 38.2573" W
---------	----------	---------	----------------------

---

### Spiral Curve Data: clothoid

## Annexe

---

Length:	60.000	L Tan:	40.000
Radius:	2500.000	S Tan:	20.000
Theta:	00° 41' 15.1777"	P:	0.060
X:	59.999	K:	30.000
Y:	0.240	A:	387.298
Chord:	60.000	Course:	S 63° 14' 53.1991" W

---

### Circular Curve Data

Delta:	14° 03' 08.5286"	Type:	LEFT
Radius:	2500.000		
Length:	613.150	Tangent:	308.121
Mid-Ord:	18.774	External:	18.916
Chord:	611.615	Course:	S 55° 45' 48.8153" W

---

### Spiral Curve Data: clothoid

Length:	60.000	L Tan:	40.000
Radius:	2500.000	S Tan:	20.000
Theta:	00° 41' 15.1777"	P:	0.060
X:	59.999	K:	30.000
Y:	0.240	A:	387.298
Chord:	60.000	Course:	S 48° 16' 44.4316" W

---

### Tangent Data

Length:	691.085	Course:	S 48° 02' 59.3734" W
---------	---------	---------	----------------------

---

### Spiral Curve Data: clothoid

Length:	110.000	L Tan:	73.340
Radius:	1300.000	S Tan:	36.673
Theta:	02° 25' 26.5880"	P:	0.388
X:	109.980	K:	54.997
Y:	1.551	A:	378.153
Chord:	109.991	Course:	S 48° 51' 28.1919" W

---

### Circular Curve Data

Delta:	19° 05' 02.1760"	Type:	RIGHT
Radius:	1300.000		
Length:	433.001	Tangent:	218.524
Mid-Ord:	17.986	External:	18.239
Chord:	431.002	Course:	S 60° 00' 57.0494" W

---

### Spiral Curve Data: clothoid

Length:	110.000	L Tan:	73.340
Radius:	1300.000	S Tan:	36.673
Theta:	02° 25' 26.5880"	P:	0.388

## Annexe

X:	109.980	K:	54.997
Y:	1.551	A:	378.153
Chord:	109.991	Course:	S 71° 10' 25.9068" W

### Tangent Data

Length:	450.270	Course:	S 71° 58' 54.7253" W
---------	---------	---------	----------------------

## II. Profil en long

Axe vertical : Présentation (1)

Description : Modernisation de ligne ferroviaire Annaba-Ramdan Djamal

Intervalle d'abscisses curvilignes : Départ : 0+000.00, Extrémité : 8+609.41

Informations sur la courbe verticale : (courbe à point bas)			
Abscisse curviligne du point de courbe verticale :	0+565.80	Altitude :	71.603m
Abscisse curviligne du PIV :	0+614.12	Altitude :	71.314m
Abscisse curviligne du point de tangente verticale :	0+662.44	Altitude :	71.029m
Point bas :	0+662.44	Altitude :	71.029m
Pente d'entrée (%) :	-0.60%	Pente de sortie (%) :	-0.59%
Modifications (%) :	0.01%	K :	10 000.000m
Longueur de la courbe :	96.633m	Rayon de la courbe	1 000 000.000m
Distance des phares :			
Informations sur la courbe verticale : (courbe à point bas)			
Abscisse curviligne du point de courbe verticale :	1+128.29	Altitude :	70.084m
Abscisse curviligne du PIV :	1+185.44	Altitude :	70.263m
Abscisse curviligne du point de tangente verticale :	1+242.59	Altitude :	70.447m
Point bas :	1+128.29	Altitude :	70.084m
Pente d'entrée (%) :	0.31%	Pente de sortie (%) :	0.32%
Modifications (%) :	0.01%	K :	11 000.000m
Longueur de la courbe :	114.292m	Rayon de la courbe	1 100 000.000m
Distance des phares :			
Informations sur la courbe verticale : (courbe à point haut)			
Abscisse curviligne du point de	3+606.89	Altitude :	84.086m

## Annexe

courbe verticale :			
Abscisse curviligne du PIV :	3+652.98	Altitude :	84.187m
Abscisse curviligne du point de tangente verticale :	3+699.07	Altitude :	84.283m
Point élevé :	3+699.07	Altitude :	84.283m
Pente d'entrée (%) :	0.22%	Pente de sortie (%) :	0.21%
Modifications (%) :	0.01%	K :	10 000.000m
Longueur de la courbe :	92.183m	Rayon de la courbe	1 000 000.000m
Distance de dépassement :	167 795.618m	Distance d'arrêt :	72 139.257m
<b>Informations sur la courbe verticale : (courbe à point bas)</b>			
Abscisse curviligne du point de courbe verticale :	5+924.71	Altitude :	84.283m
Abscisse curviligne du PIV :	5+976.74	Altitude :	84.552m
Abscisse curviligne du point de tangente verticale :	6+028.76	Altitude :	84.826m
Point bas :	5+924.71	Altitude :	84.283m
Pente d'entrée (%) :	0.52%	Pente de sortie (%) :	0.53%
Modifications (%) :	0.01%	K :	10 000.000m
Longueur de la courbe :	104.052m	Rayon de la courbe	1 000 000.000m
Distance des phares :			
<b>Informations sur la courbe verticale : (courbe à point haut)</b>			
Abscisse curviligne du point de courbe verticale :	7+263.32	Altitude :	97.363m
Abscisse curviligne du PIV :	7+306.78	Altitude :	97.790m
Abscisse curviligne du point de tangente verticale :	7+350.25	Altitude :	98.213m
Point élevé :	7+350.25	Altitude :	98.213m
Pente d'entrée (%) :	0.98%	Pente de sortie (%) :	0.97%
Modifications (%) :	0.01%	K :	10 000.000m
Longueur de la courbe :	86.937m	Rayon de la courbe	1 000 000.000m
Distance de dépassement :	177 915.359m	Distance d'arrêt :	76 486.890m

## Annexe

Informations sur la courbe verticale : (courbe à point haut)			
Abscisse curviligne du point de courbe verticale :	8+418.06	Altitude :	105.535m
Abscisse curviligne du PIV :	8+460.05	Altitude :	105.707m
Abscisse curviligne du point de tangente verticale :	8+502.04	Altitude :	105.876m
Point élevé :	8+502.04	Altitude :	105.876m
Pente d'entrée (%) :	0.41%	Pente de sortie (%) :	0.40%
Modifications (%) :	0.01%	K :	15 000.000m
Longueur de la courbe :	83.973m	Rayon de la courbe	1 500 000.000m
Distance de dépassement :	276 268.381m	Distance d'arrêt :	118 754.902m

### III. Géotechniques

#### 1-Résultats des essais au laboratoire :

Profondeur (m)		W(%)	< 80 μ (%)	<2 mm	< 2 μm	wl	wp	ip	Class GTR	cls UIC
3,39	3,71	32.22	54	78	50	41.32	20.51	20.81	A2	QS1
7,42	7,76	17.26	48	78	30	37.1	18.58	18.52	A2	QS1
9,6	10	28.72	60	84	40	45.05	22.47	22.31	A2	QS1

Tableau III.1 : Résultats sur le sondage carottier PK 4+300

# Annexe

Tableau III.2 : Résultat des puits de reconnaissances

PK	unités	Profondeur		granulométrie			Densité		humidite	Limite daterberg			classe	Proctor		cbr	Classe GTR	Classe UIC	
		De	A	5	2	0.08				W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	I <sub>P</sub>		γ <sub>dmax</sub>	W <sub>opm</sub>				icbr
67+000	TNa	0.0	0.6	52	40	20				28	14	12	cl				B3	QS <sub>1</sub>	
	TNa	3.0	4				1.86	1.97	6	48	23	25	cl				B3	QS <sub>1</sub>	
70+600	Qala	0	0.4	95	89	69	1.91	2.02	10.9	18	13	5	cl-ml	1.94	10.6		A1	QS <sub>1</sub>	
	Qala	1.5	1.9	98	91	63	2.0	2.10	5.0	44	22	22	cl				A2	QS <sub>1</sub>	
	Qala	1.9	3.1	98	97	58	1.90	2.01	11.4	29	18	11	cl	1.78	12.8		A1	QS <sub>1</sub>	
72+800	Qala	0	0.4	100	98	74	1.80	1.86	5.7	25	16	9	cl	1.80	12.8		A1	QS <sub>1</sub>	
	Qala	0.4	0.7				1.52	1.78	17.0								/	QS <sub>1</sub>	
	Qala	2.3	2.6	100	99	77	1.63	1.91	17.3	26	17	9	cl	1.72	14.3	4.00	102	A1h	QS <sub>1</sub>
	Qala	3.4	4	100	94	79	1.89	2.01	12.0	30	18	12	cl	1.78	12.8			A1	QS <sub>1</sub>
73+000	Qala	1.7	2.2	98	98	85	1.72	1.85	12.8	36	13	23	cl				A2	QS <sub>1</sub>	
	Qals	2.2	4.0	97	82	14	1.83	1.91	8.5	20	14	6	cl-ml	1.84	10.9			B3	QS <sub>1</sub>
74+600	Qala	0	0.7	81	79	51	1.96	2.09	12.7	27	4	23	cl	1.74	14.4	6.00	118	A2m	QS <sub>1</sub>
	qala	0.7	1.8			/	1.55	1.82	17.4	31	19	12	cl				/		QS <sub>1</sub>
	qala	1.8	4.1			/	1.86	1.97	10.72	34	12	22	cl				/		QS <sub>1</sub>



# Annexe

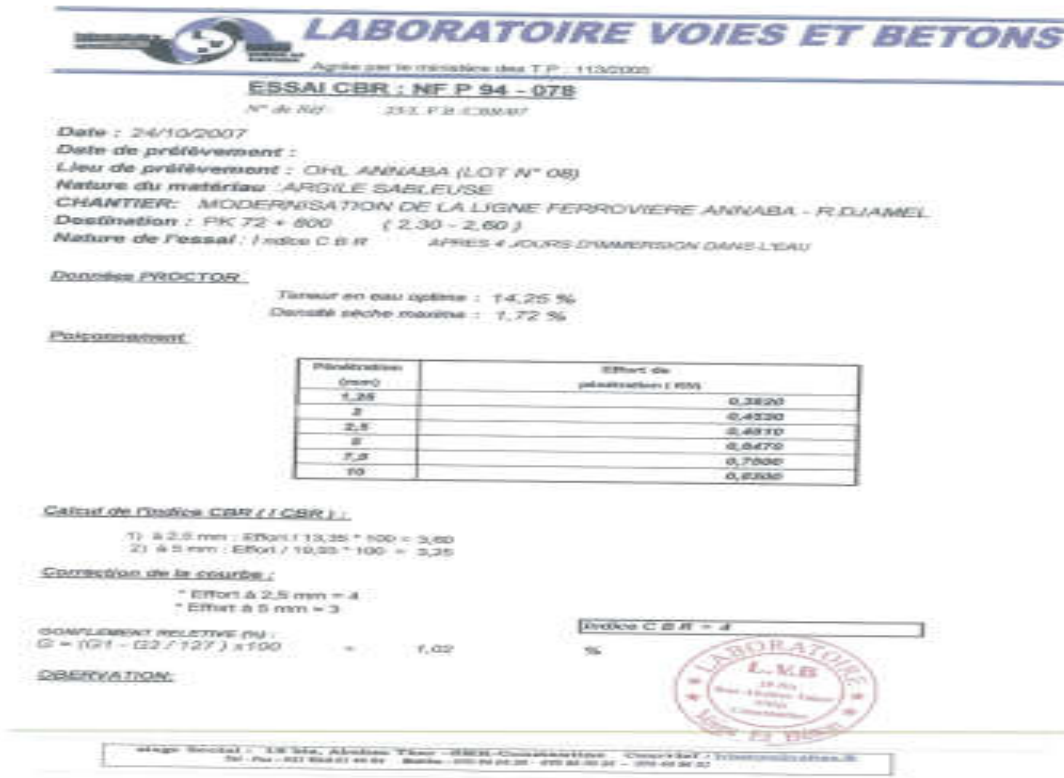


Figure III.2 : Résultats d'essai CBR ( PK 72+800)

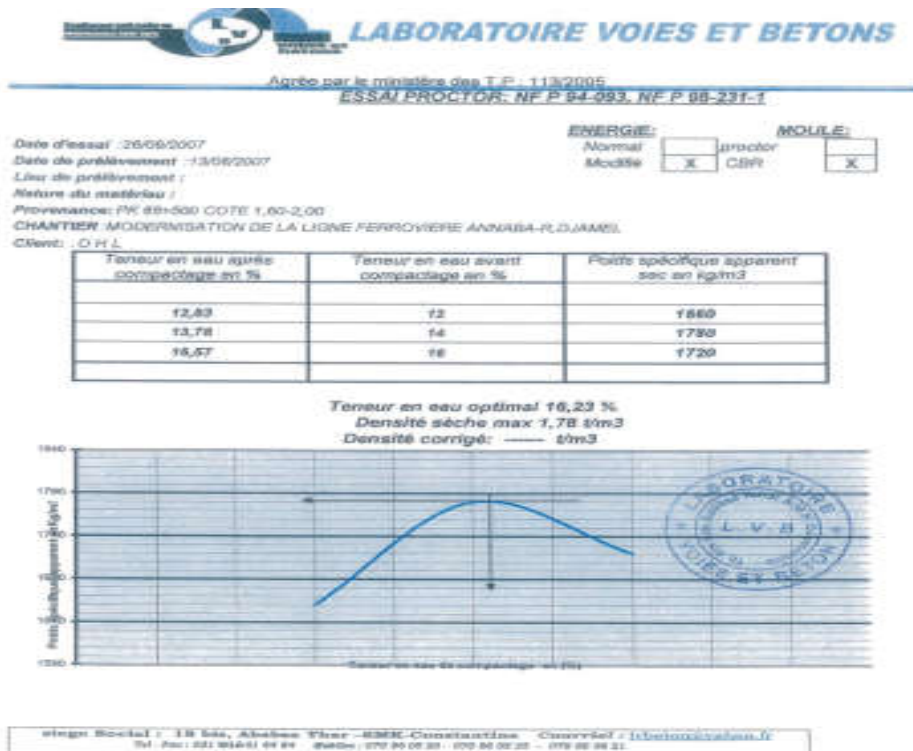





Figure III.3. Résultats d'essai Proctor Pk 68+500

## Annexe

### 2- Essai in situ

Pk	Profondeur (m)	Description	Image de puits
67+000	0-0.5	Terre végétale : argile rouge légèrement sableuse à quelques galets	
	0.5-1.6	Argile a taches grisâtres renfermant des fossiles d'origine végétale	
	1.6-3.00	Argile jaunâtre et grisant renfermant des fossiles d'origine végétale	
	3-3.90	Argile rougeâtre (rouge tuile) à taches grisâtres	
70+600	0-0.4	Terre végétale : argile noirâtre (noire claire)	
	0.4-1.5	Argile jaunâtre à taches grisâtres légèrement sableuse avec fossiles d'origine végétale	
	1.5-1.9	Gypse argileux graveleux avec présence des galets centimétrique	
	1.9-3.1	Argile de couleur marron et grise à inclusion du gypse	
	3.14.00	Argile de couleur marron et grise	
72+800	0-0.5	Terre végétale : argile graveleuses de couleur marron	
	0.5-1.3	Argile rougeâtre à taches jaunâtres légèrement sableuse renfermant des végétaux	
	1.5-2.7	Argile jaunâtre renfermant des fossiles d'origine végétale et des plans d'oxydation	
	2.7-4.00	Argile de couleur jaune et marron a galets de grés rougeâtres	



# Annexe

## 3. Résultats de stabilité des talus

### Déblai

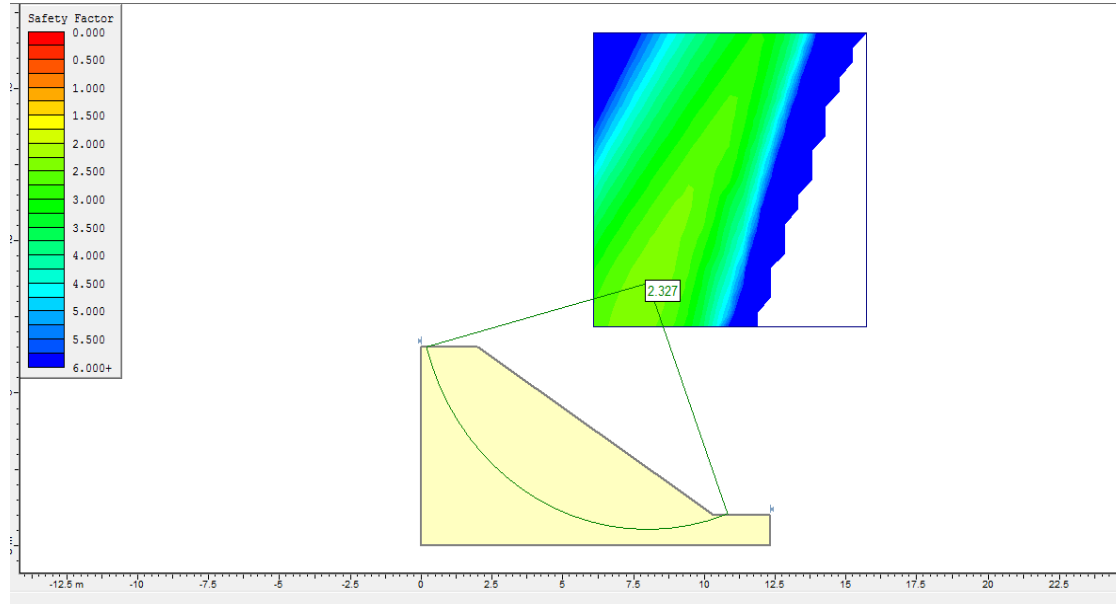


Figure III.5 : Stabilité des déblais (Cas statique)

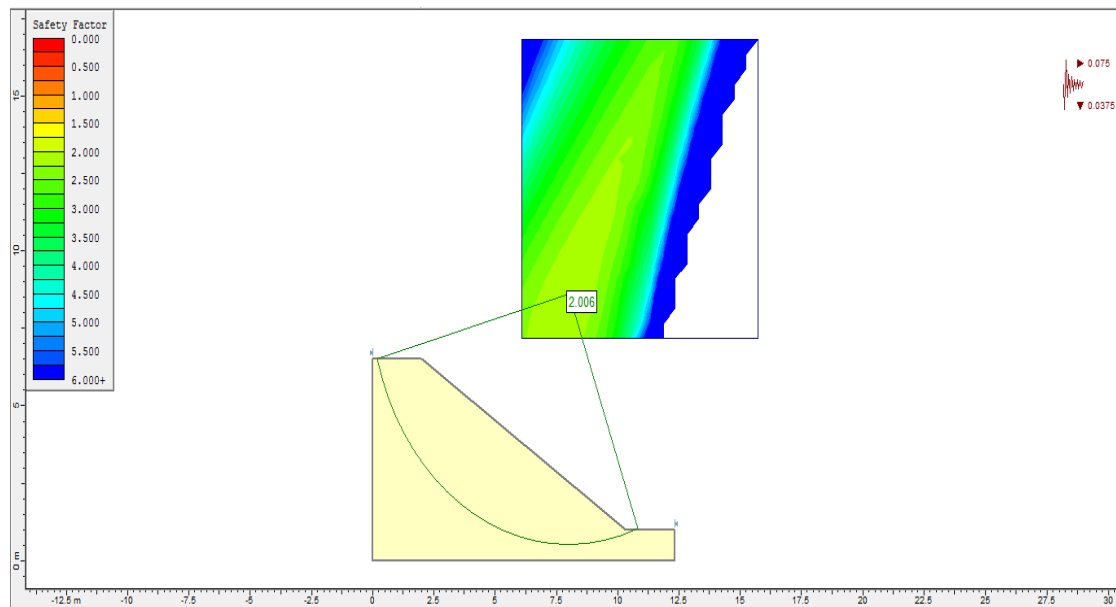


Figure III.6 : Stabilité des déblais (Cas sismique)

# Annexe

Remblai :

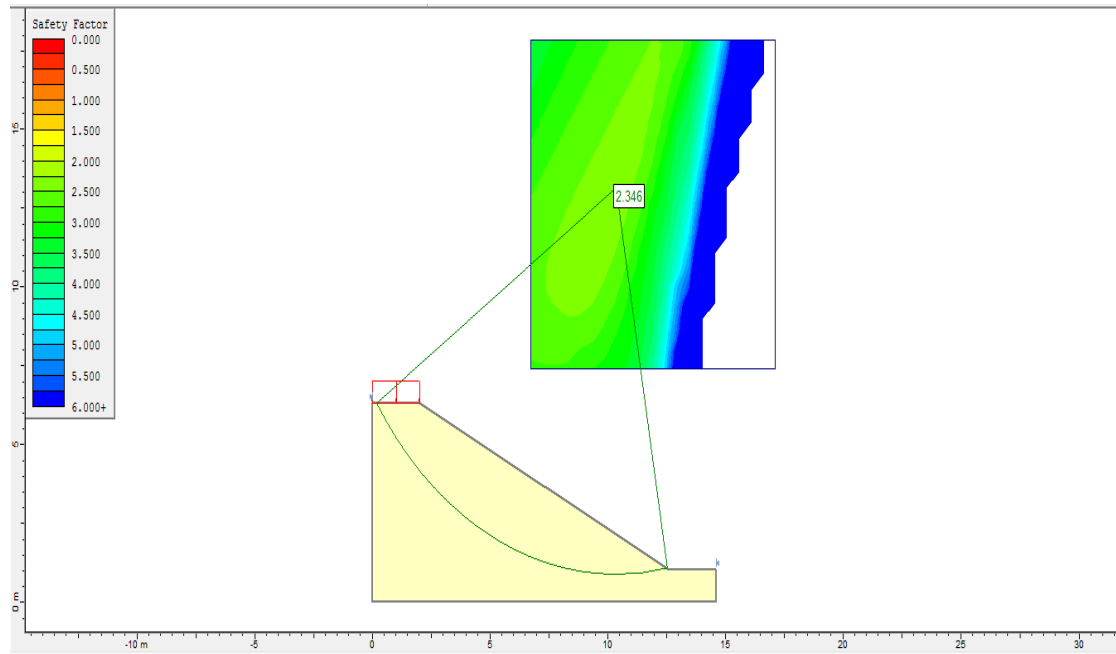


Figure III.7 : Stabilité des remblais (Cas statique)

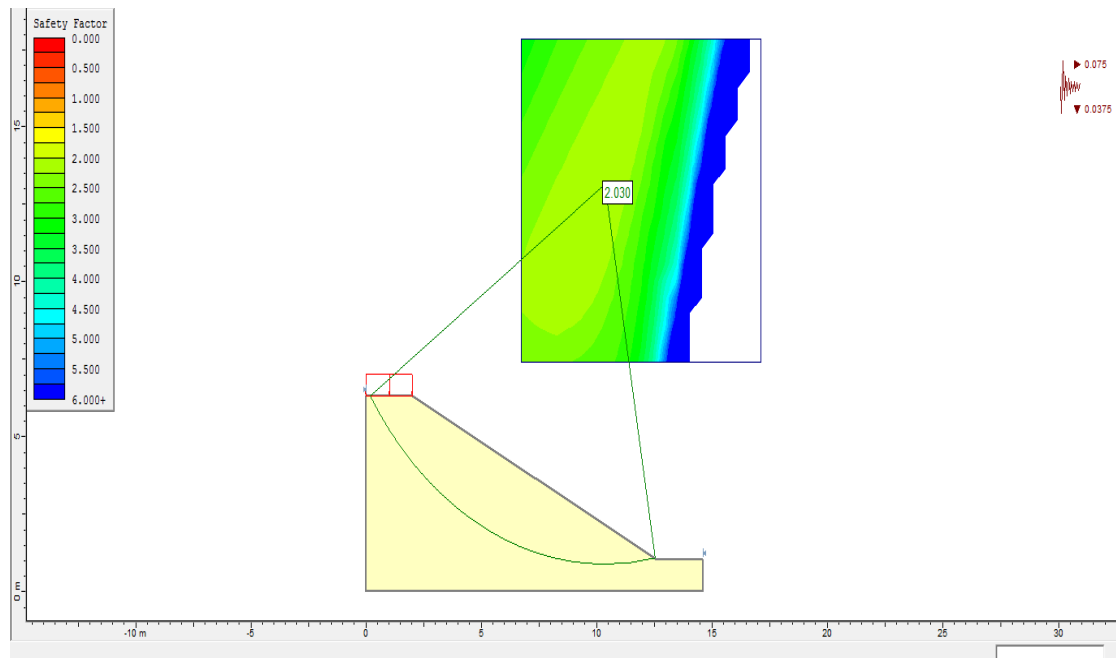


Figure III.8 : Stabilité des remblais (Cas sismique)

IV. Hydrologie

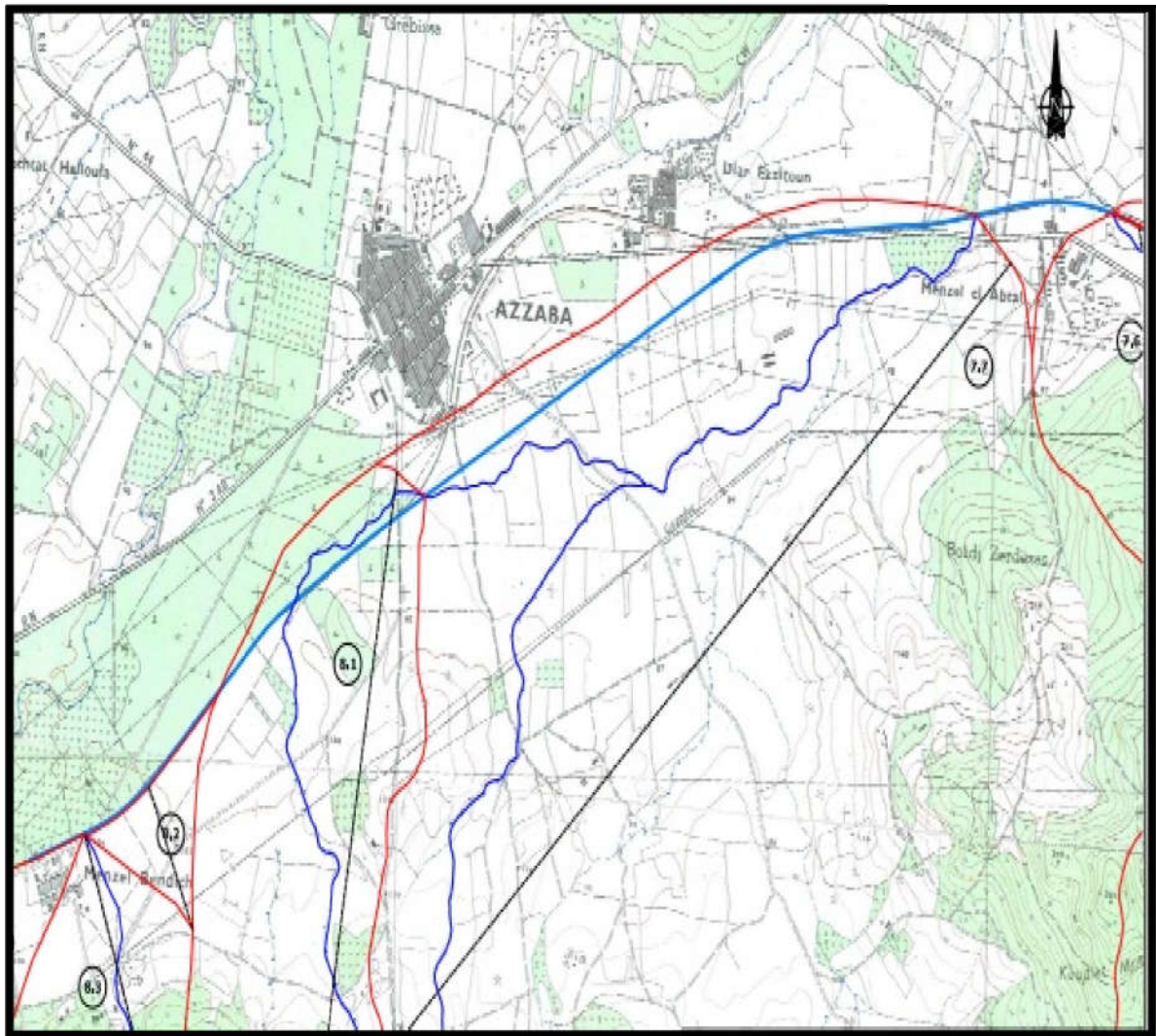


Figure IV.1 : Délimitation des bassins versants

B.V	A	P	Hmax	Hmin	hmoy	i	italw
7.6	1.98	5.353	258	74	166	0.091	0.070
7.7	29.122	21.47	496	61	278.5	0.053	0.041
8.1	5.071	1.34	90	69	79.5	0.079	0.071
8.2	0.421	1.73	95	71	83	0.020	0.020
8.3	2.716	1.33	101	30	65.5	0.106	0.111
9.1	0.446	3.506	135	105	120	0.033	0.033

Tableau IV.1: caractéristiques des bassins versants

## Annexe

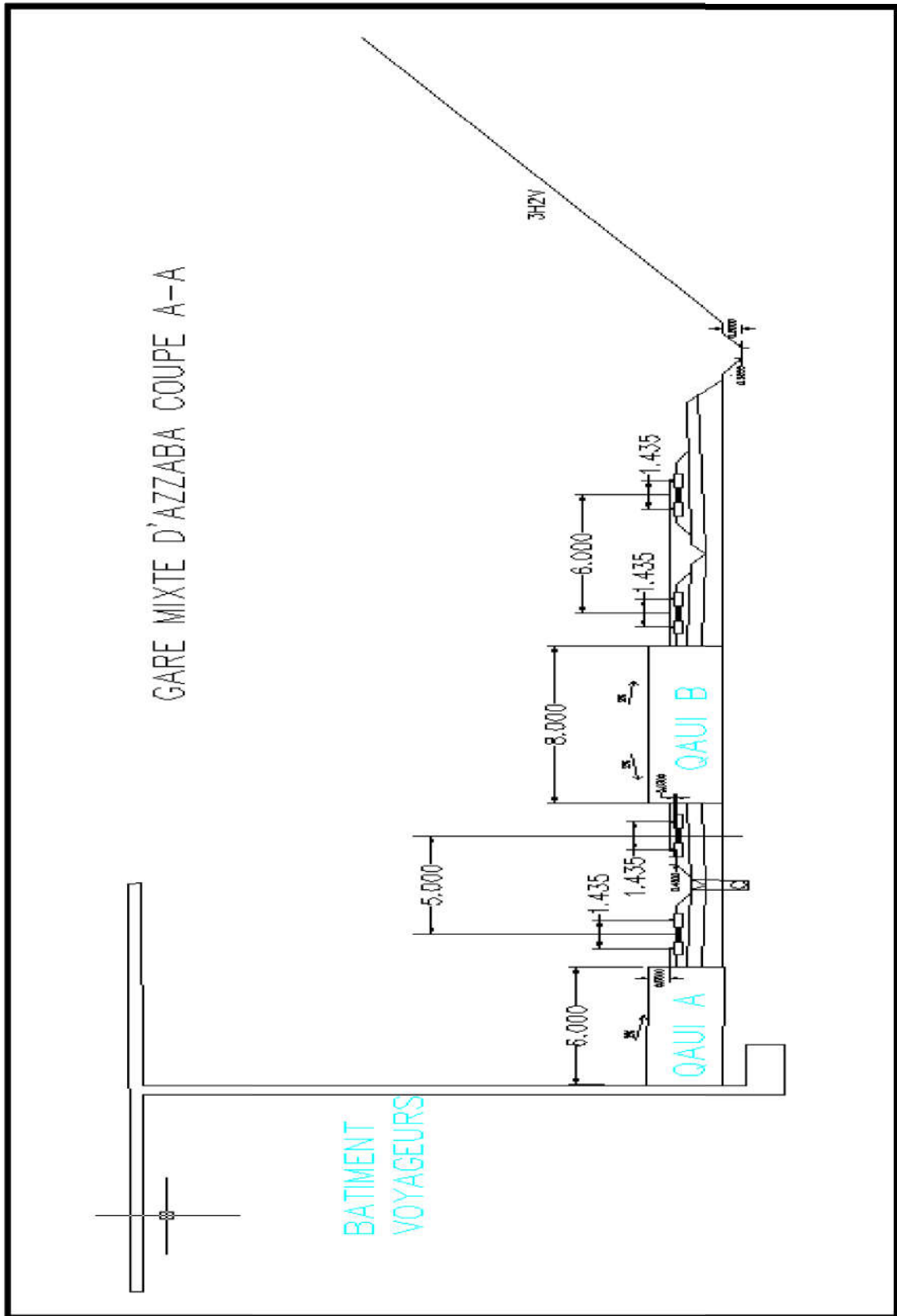
### V. La gare

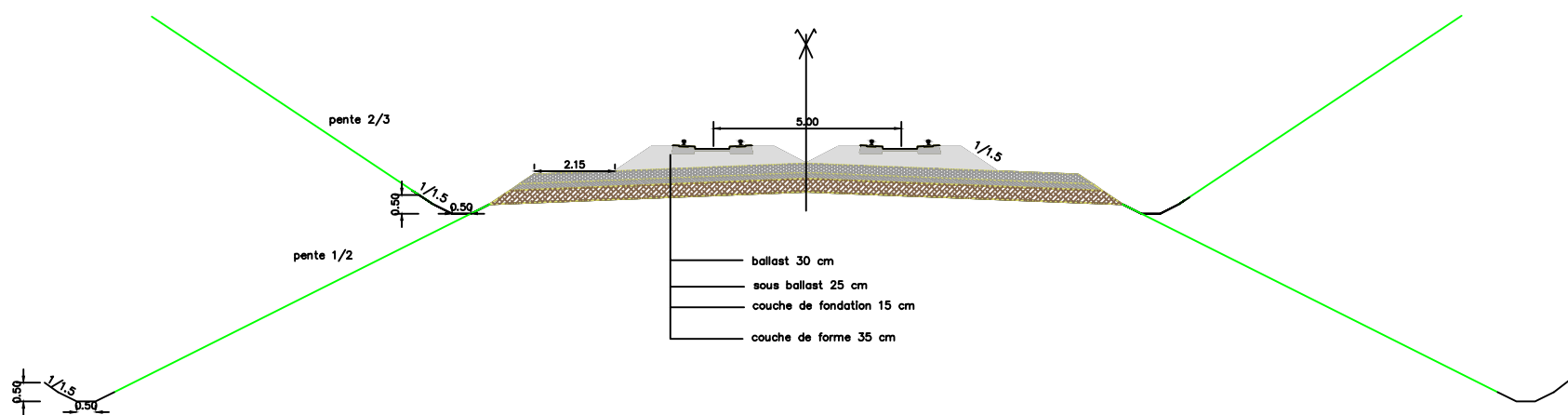
N °de l'appareil de voie	La ligne	Appareil de voie UIC54	Direction	Travers	Vitesse (km/h)
1	V2	1/12 R500	Gauche	Monobloc	60
2	V1	1/12R500	Gauche	Monobloc	60
3	V1	1/12R500	Droite	Monobloc	60
4	V2	1/12R500	Droite	Monobloc	60
5	V2	1/9R300	Droite	Bi-bloc	40
6	V4	1/9R300	Droite	Bi-bloc	40
7	V4	1/9R190	Droite	Azobé	30
9	V6	1/9R190	Droite	Azobé	30
10	V8	1/9R190	Droite	Azobé	30
12	V8	1/9R190	Gauche	Azobé	30
14	V8	1/9R190	Gauche	Azobé	30
16	V8	1/9R190	Gauche	Azobé	30
18	V6	1/9R190	Gauche	Azobé	30
20	V4	1/9R190	Gauche	Azobé	30
21	V4	1/9R300	Gauche	Bi-bloc	40
22	V2	1/9R300	Gauche	Bi-bloc	40
23	V2	1/12R500	Gauche	Monobloc	60
24	V1	1/12R500	Gauche	Monobloc	60
26	V1	1/9R300	Droite	Bi-bloc	40
27	V1	1/12R500	Droite	Monobloc	60
28	V2	1/12R500	Droite	monobloc	60

Tab V.1 : Les appareils de voie utilisés dans la gare d'Azzaba



Figure V.2 Profile types de la gare





- ballast 30 cm
- sous ballast 25 cm
- couche de fondation 15 cm
- couche de forme 35 cm

profil en travers type



