الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التـعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Mémoire de Master

Présenté à l'Université de Khenchela

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : **Génie Civil**

Spécialité : **Génie civil**

Option : Voies et Ouvrages d'Arts (V.O.A).

Présenté par : FARROUDJ Hafida et HAFIANE Fateh.

Thème : Etude De L'exécution De La Ligne Ferroviaire Ain Beida-Khenchela Tronçon Fkirina PK20 - M'Toussa PK30.

Sous la direction du : Dr.GUENFOUD HAMZA

Juin 2023

Remerciements

Au début, nous remercions ALLAH tout puisant, de nous avoir dirigé donner la puissance pour terminer ce travail.

***Un Remercîment Particulier à Notre Encadreur**

Dr : GUENFOUD HAMZA.

***Nous Remerciement Tout Nous Enseignants que Nous Ont Aidé Durent Notre Formation :**

***Les Responsables De La Laboratoire Des Travaux Publics Khenchela .**

Nous Tenons Également à Remercier le Service Des Transports De Wilaya De Khenchela,

Et Tout Les Travailleurs.

ET tout personnes nous adné pour réaliser ce travail.

Dédicace

Nous dédions ce travail :

Tous simplement, à tous ceux que nous

Aimons et que nous aimes

FATAH –HAFIDA

SOMMAIRE

Resume 1
Introduction generale..... 2
chapitre1 : Generalites 3
1. introduction 4
2. historique 4
3. avantage des chemins de fer 4
4. capacite de sntf 5
5. Reseau ferroviaire algerien..... 5
6. Voies ferrees ballastees (boutelja) [4],[5],[6]..... 6
7. Les rails..... 7
8. Les traverses et les attaches..... 8
8.1. Traverses en beton et leurs attaches..... 9
8.2. Traverses en bois et leurs attaches..... 9
8.3. Traverses metallique et leurs attaches..... 10
9. Les couches..... 10
9.1. Le ballast..... 10
9.2. La sous-couche..... 11
10. Regles de dimensionnement..... 11
11. Classe de qualite du sol support..... 11
12. Classe de portance de la plateforme de terrassement..... 12
13. Dimensionnement des couches..... 13
14. Plate formes rocheuses..... 14
15. Plate formes en sol de qualite s0..... 16
Chapitre 2 : parametres geometriques du trace ferroviaire..... 17
1. Introduction..... 18
2. Trace en plan 18
2.1. Devers 19
2.1.1. Devers theorique..... 19
2.1.2. Devers pratique 20
2.1.3. Variation du devers dans les courbes de raccordement..... 20
2.1.4.variation de devers en fonction du temps □d/□t :… 21
2.2. Insuffisance de devers..... 21
2.3.variation de l'insuffisance de devers 21
2.4. Exces de devers (e)..... 22
2.5. Rayon minimal des courbes circulaires..... 22
2.6. Raccordement de devers (bouteljafateh)..... 22
2.6.1. Raccordement entre un alignement droit et une courbe circulaire..... 22
2.6.2. Raccordement entre deux courbes de meme sens et de rayons differents..... 23
2.7.3. Raccordement entre courbe et contre courbe de rayons differents..... 23
2.7.4. Conditions d'installation des courbes de raccordements..... 24
3. Trace en profil[7]..... 24
3.1. Elements geometriques du profil en long 24
3.2. Regles a respecter dans le trace en profil..... 25
3.3. Declivites..... 25
3.4. Longueur minimale des elements du profil en long..... 25
3.5. Le raccordement en profil en long 25
3.6. Valeurs des declivites maximales..... 25
4. Le profil en travers :[6]..... 25
4.1. Profil en travers type 26
4.2. Profil en travers courant 26
5.conclusion 27

Chapitre 3 : GÉOLOGIE ET GEOTECHNIQUEDE TRACÉ.....28
1. Introduction……29
2. Contexte géologique régional……..……...29
3. Aperçu géologique local……30
a. Aperçu stratigraphique……31
b. Quaternaire c. Tertiaire……31
d. Crétacé ……..……31
4. description geologique le long de la trace ……32
5. sismicite du site……33
6. climat et hydrographie ……34
7. hydrologie et hydrogeologie……...35
8. coupe lithologique des sondages carottes……35
9. les puits de reconnaissances……..36
10. geologie locale et comportement des materiaux.....37
a. resultats de la reconnaissance in-situ……..37
11. interpretation des resultats des essais pression metrique……...38
12. unite geotechnique de pk20 au pk30……...40
13. contraintes geotechniques……40
a. les zones inondables ……40
chapitre 4 : presentation et etude preliminaire du projet …….....……43
1. introduction ……44
2. situation et description du projet ……...44
3. etat actuel de la ligne existante ……...……44
4. details de trace ……47
5. caracteristiques techniques : [8], [10]……60
6. gares et batiments ……60
7. interets sociaux economiques :[8] ……..61
7.2. analyse economique……...61
8. conclusion……..……..62
chapitre 5:avant-projet de taille.....63
1.introduction……64
2.parametres de conception utilises……..64
3.parametres geometrique ……..……..64
3.1.rayon minimum en plan rmin……..65
3.2.raccordements progressifs…….……..65
4.tableau recapitulatif des elements de trace en plan……66
5. surface d'expropriation de tous le projet : [9] ……..66
6.les contraintes……..67
7.profil en travers de la plateforme ferroviaire du projet……..68
8.calcul des cubatures ……69
8.1.description de la méthode des aires ……70
8.2. exemple de calcul ……..……70
9. ouvrages d'art……71
9.1.description de l'ensemble des ouvrages d'art……71
9.2.ouvrages a realiser ……71
10.dimensionnement du tronçon pk20 ou pk30……72
10.1.exigences sur les constituants de l'assise ……72
10.1.1.ballast 72
10.1.2.sous-ballast 73
10.1.3.couche de fondation ……..73
10.2. couche de forme de qualite s3 ……...73
11. l'assainissement de la voie (marirlaouid) ……..73
11.1.objectifs de l'assainissement et du drainage 73
11.2.les ouvrages hydrauliques ……74
11.2.1.en deblai …….. 74
11.2.2.en remblai……...74
11.2.3.gares ……74
11.2.3.1. Assainissement transversale ……..74
11.2.3.2. Assainissement longitudinale……74
12. ouvrages de drainage……..75
12.1.ouvrages de drainage longitudinaux……75
12.2. les ouvrages de drainages transversaux……76
13.signalisation et télécommunication……77
13.1. signalisation ……..77
13.1.1. télécommunication ……...78
13.1.2.énergie……..78
conclusion generale……...79
References bibliographiques……...100

Liste des Figures

Figure1:Carte du réseau ferroviaire Algérien avant1942……..……...……...4
Figure 2: Carte du réseau ferroviaire Algérien……...……...……..5
Figure03 : Composantes des voies fer réesballastées……...…….....….....…….7
Figure04 :Le rail Vignol…….……...…….....……...7
Figure05 : Rail à gorge ……..…..…….……...……...…….....8
Figure06:Traverses métallique, en boiseten béton……...…….….....……....8
Figure07:Travers esen béton monobloc et mixte bibloc..……...…….....……9
Figure08:Attaches Nabla ,Pandroletcrapaud élastique……...…….…….……9
Figure 09. Eléments de tracé en plan.……...…….....……18
Figure 10: Définition du dévers et les forces agissante……...…….....……..……19
Figure 11 : Variation du dévers…….....……...…….....……....34
Figure 12 : Raccordement de Nord ling……...…….....……...23
Figure13: Raccordement entre deux courbes de même sens et de rayons différents..….....……...23
Figure 14 : Raccordement entre courbe et contre courbe…….....…….....……....24
*Figure 15: Elément géométrique de profil en long***…….…….....……24*
Figure 16 : Schéma de profil en travers type.……...……27
Figure 17: Géographie de l´Algérie (carré rouge/jaune : tracé).…….……...……29
Figure 18: Carte des structures géologiques de l'est de l'Algérie,…….....……30
Figure19: Alternance des anticlines et synclinales……..…….....……30
Figure :20 Baghai en se dirigeant vers El Hamma…….…….....……...31
Figure :21Djebel Oum el Gumel…….....……..31
Figure 22: Carte géologique de l´Algérie, feuille Ain Beida……..…..……..32
Figure 23: Carte géologique de l´Algérie, feuille de F'kirina……...…….……32
Figure 24: Le parcours du tracé de F'kirina jusqu'à la gare de Khenchela…….....……33
Figure 25: Zones de sismicité (carré rouge/verte : tracé)…….…….....……...34
Figure 26: Tremblements de terres …….…….....……..34
Figure27 :Sondage carotté PK20+500 caisse 01 …….....……..35
Figure28 : Sondage carotté SC-03 PK22+300 caisse01 …….....…..……...36
Figure29 :Sondage carotté SC-20C PK 26+500 caisse1 …….……36
Figure30 :Sondage carotté SC-08C PK 29+575 caisse1 ….....…….....……36
Figure31 :Image De Puit PK20+150…….....….……..36
Figure32 :Image De Puit PK20+700……..….……37
Figu33 :Image De Puit PK27+600…….....……..……..37
Figure 34 :PK20+200. Ouvrage d'Art de l'ancien tracé de la voie métrique……..38
.Figure35 :PK24+550. Apparition des traces de gypse à l'oeil nue……..38
Figure36 :PK24+700. L'entrée de BOUFAR……...38
Figure 37 : Remblai en zones inondables avec noyau et enveloppe……..41
Figure38 : Piste qui lange l'ancien tracé de la voie métrique……44
Figure 39:Trace de l'ancien ligne et piste qui lange.……..……..……45

Figure40: Conduite à proximité de l'ancien tracé de la voie métrique……..45
Figure.41:OH de l'ancien tracé de la voie métrique……45
Figure42 : Ouvrage d'Art de l'ancien tracé de la voie métrique……...……46
Figure43 : Contournement de Beghai……...…….....…….46
Figure44 : Ouvrage d'Art de l'ancien tracé de la voie métrique……..46
Figure45: l'ancien tracé de la voie métrique PK34…….……...47
Figure46 : Les trace du Ballaste de l'ancien tracé de la voie métrique……...……47
Figure47 : Plan synoptique du la déserte ferroviaire……..47
Figure 48-49 Trace En Plan –Profil En Long Du PK 20+400 Au PK 21+050……48
Figure 50-51 Trace En Plan –Profil En Long Du PK 21+050Au PK 22+125……...……..50
Figure 52-53 Trace En Plan –Profil En Long Du PK 22+125Au PK23+050……...……..52
Figure 54-55 Trace En Plan –Profil En Long Du PK 25+050Au PK 26+050……..54
Figure 56-57 Trace En Plan –Profil En Long Du PK 27+050Au PK 28+125…….....……..56
Figure 58– Profil en travers type – cas de déblais. …….…….....…….69
Figure 59 – Profil en travers type – cas de remblais…….....……69
Figure 60: Les sections des profils en travers d'un tracé donné. …….....……..70
Figure 61 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné. …….....…….70
Figure 62 : Couche de forme…….....73
Figure 63: Conduite percée.…….....…….....75
Figure 64: Une buse. ……...…….....76
Figure 65: Dalot sous remblai. …….…….....……..77

Liste des Tableaux

Tableau01:Caractéristiques des profils derailsutilisés dans la pratique……..……8
Tableau02:Classification des sols fins……12
Tableau03:Déterminationdelaclassedeportancedelaplateformeferroviaire……13
Tableau04:Epaisseurs minimales des plateformes normales……..……..14
Tableau05:Exemple de classification des matériaux rocheux (Classe R1etR2 : Roches.calcaires)……15
Tableau06:Epaisseur minimales de la sous-couche des plate formes rocheuses……..16
Tableau 07 : Valeurs limites du dévers pratique……20
Tableau 08 : Valeurs limites SNTF du gauche……..21
Tableau 09 : Valeurs limites de l'insuffisance de dévers……21
Tableau 10: Valeurs limites de l'excès de dévers……22
Tableau 11: coefficients d'accélération……34
Tableou12 :les résultats des essais PK 24+544……39
Tableou13:les résultats des essais PK 27+514……39
Tableou14:les résultats des essais au laboratoire……39
Tableou15:les résultats des essais au laboratoire……40
Tableou16:les résultats des essais au laboratoire……40
Tableau 17 :Naphe/Tn……41
Tableau 18: Classification des environnements agressifs (NF P 18-011, 1992)……41
Tableau 19 : Agressivités des sols……42
Tableau 20 : Gares et bâtiments Tableau21– Paramètres de conception……64
Tableau21– Paramètres de conception……...……...65
Tableau 22 – Paramètres géométriques utilisé dans l'étude……66
Tableau 23- Tableau récapitulatif des éléments du tracé en plan du Pk 20+400 au Pk 30+000……67
Tableau 24-Surfaces D'expropriation De Projet……71
Tableau 25 : Tableau récapitulatif des valeurs de déblais et remblais……71
Tableau 26: Tableau récapitulatif des ouvrages……72
Tableau 27: Épaisseurs des composants de la structure d'assise……73
Tableau 28 : Fuseau granulométrique pour ballast (EN13450)……77
Tableau 29 : Annexes.....……80

Résume

Le chemin de fer est l'un des moyens de transport qui contribue au développement de l'économie du pays. Elle a été implantée dans tous les pays industrialisés par le passé et contribue aujourd'hui très efficacement à leur stabilité économique. L'homme politique algérien, soucieux des besoins de la nation, s'inscrit dans une logique d'investissement à long terme et de modernisation des voies de communication, et donc des chemins de fer. Ces travaux ont pour objet l'étude de la ligne ferroviaire mixte Ain-Beida – Khenchela en vue de sa réouverture. La première étape consistait à fournir une bibliographie ferroviaire bien documentée. Puis une étude préliminaire. Enfin, une étude détaillée.

Mots clés : chemin de fer, cubature, tracé, signalisation.

ABSTRACT

The railway is one of the means of transport that contributes to the development of the country's economy. It has been established in all industrialized countries in the past and today contributes very effectively to their economic stability. The Algerian politician, concerned about the needs of the nation, is part of a logic of long-term investment and modernization of communication channels, and therefore of the railways. The purpose of this work is to study the mixed Ain-Beida – Khenchela railway line with a view to its reopening. The first step was to provide a well-documented railway bibliography. Then a preliminary study. Finally, a detailed study.

Keywords: railway, cubature, layout, signalling.

ملخص

السكك الحديدية هي إحدى وسائل النقل التي تساهم في تنمية اقتصاد البلاد. لقد تم تأسيسه في جميع البلدان الصناعية في الماضي ويساهم اليوم بشكل فعال للغاية في استقرارها الاقتصادي. السياسي الجزائري المهتم باحتياجات الأمة هو جزء من منطق الاستثمار طويل الأمد وتحديث قنوات الاتصال ، وبالتالي للسكك الحديدية. الغرض من هذا العمل هو دراسة خط سكة حديد عين البيضا - خنشلة المختلط بهدف إعادة افتتاحه. كانت الخطوة الأولى هي توفير ببليوغرافيا للسكك الحديدية موثقة جيدًا. ثم دراسة أولية. وأخيرا دراسة مفصلة.

الكلمات المفتاحية: السكك الحديدية ، المكعبات ، التخطيط ، الإشارات.

Introduction générale :

Les canaux de communication restent un facteur clé dans le développement et la croissance socio-économique de tout pays. Cependant, le maintien de cette politique de croissance passe par la construction, la réhabilitation et la protection de ces infrastructures. Face aux problèmes posés par la croissance démographique mondiale, le chemin de fer longtemps sous-développé revient sur le devant de la scène pour renforcer les voies de communication. L'utilisation des chemins de fer avec des lignes électrifiées et des tramways dans le transport urbain et de marchandises est d'actualité, car c'est un processus qui contribue à la protection de l'environnement en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. C'est la raison pour laquelle nous privilégions ce mode de transport écologique. L'Algérie n'est pas indifférente aux besoins de développement et de modernisation des infrastructures de transport, dans le cadre desquels divers programmes de construction de nouvelles voies et de modernisation des voies anciennes ont été élaborés.

Le projet d'étude de la ligne ferroviaire la Wilaya d'Oum Bouaghi (ain beida) à la Wilaya de Khenchela (el hamma), fait partie de ce large plan établi par le gouvernement pour la modernisation des anciennes lignes ferroviaires.

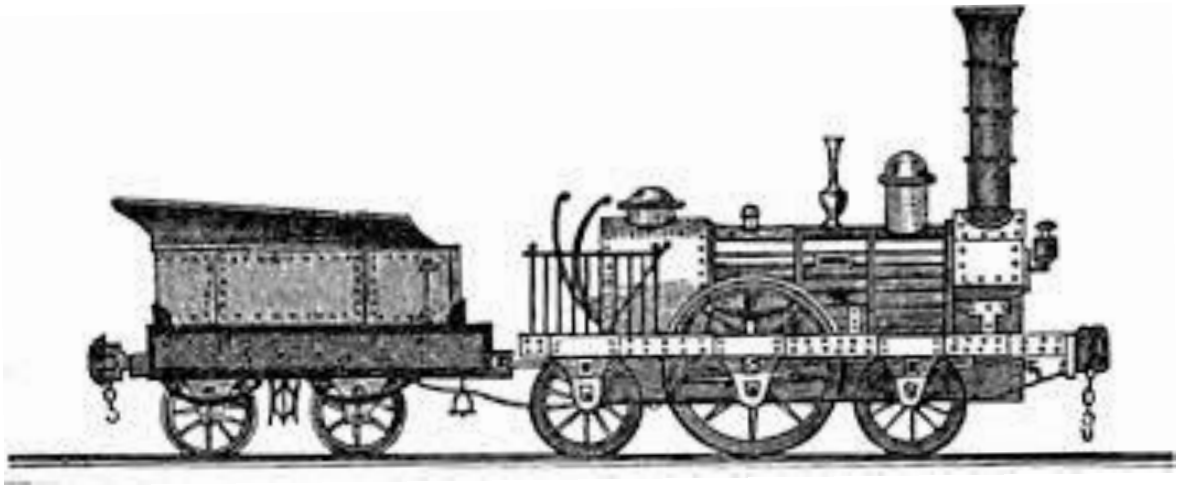
Il a été choisi dans le cadre de ce projet de fin d'étude de travailler sur cette ligne car elle est d'une importance capitale pour le développement de la région.

L'ouvrage est composé de cinq chapitres, dans le premier nous avons abordé la généralité des chemins de fer en Algérie avec un peu d'histoire. Dans le deuxième chapitre, les paramètres géométriques de la voie ferrée sont expliqués. Dans le troisième chapitre nous avons pu présenter la géologie et géotechnique de notre projet.

Le quatrième chapitre fera l'objet d'une étude préliminaire du la ligne ferroviaires.

Le dernier chapitre c'est une étude détaillée du tronçon PK20 (FKIRINA) au PK30(METOUS A).

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS



1. INTRODUCTION :

Les voies ferrées sont des voies de glissement pour trains ferroviaires, constituées d'une ou plusieurs rangées de rails séparées par fixation à des traverses reposant sur le ballast. Face aux problèmes posés par la croissance de la population mondiale, le chemin de fer, longtemps sous-développé, est à nouveau à la pointe de l'amélioration des voies de communication. Premièrement, nous fournissons des informations générales sur le développement et les projets ferroviaires en cours en Algérie. Puis la synthèse des composants ferroviaires ainsi que la construction et le dimensionnement de la plate-forme sont présentés.

2. HISTORIQUE :

Le chemin de fer a été introduit en Algérie vers la seconde moitié du XIXe siècle avec la construction et l'ouverture de la ligne Alger-Blida entre 1859 et 1862. Différents programmes de construction de chemin de fer se succèdent, totalisant 1 365 km en 1878 et 3 400 km en 1906, suivis de 6 270 km en 1946. Ceci est illustré par la carte ci-dessous l'ensemble du réseau avant 1942**[1], [2]**

Figure 1:Carte du réseau ferroviaire Algérien avant 1942.

3. AVANTAGE DES CHEMINS DE FER :

Les principaux avantages du transport ferroviaire peuvent se résumer comme suit (avantage des chemins de fer) :

- ✓ Le transport par voie ferrée est plus rapide que par la route (pour son système de guidage et l'absence d'obstacles) et peut même concurrencer l'avion vue les grandes vitesses atteintes dans certains pays par le TGV ;
- ✓ Il permet de réaliser des réductions de consommations en hydrocarbures ;
- ✓ C'est un mode de transport très économique du point de vue socio-économique ;
- ✓ C'est le mode de transport le plus sécurisant par rapport aux autres modes ;
- ✓ Il est moins polluant, principalement pour un réseau électrifié ;
- ✓ Il permet de structurer le territoire et désenclaver les régions isolées ;
- ✓ C'est un mode de transport de masse (marchandises et voyageurs) ;
- ✓ Taux d'occupation du territoire très réduit aux vues du trafic (unités trafic) comparativement aux autres modes de transport ;
- ✓ Le dégagement de capacités dans les infrastructures routières et aéroportuaires ;

- ✓ Gain de temps, confort et sécurité ;
- ✓ Réduction des dommages corporels et matériel (vu les dégâts des accidents routier).

4. CAPACITE DE SNTF : [1]

Au cours de la période postin-dépendance, la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) créé en 1976 est chargée jusqu'à présent de l'exploitation et de l'entretien du réseau ferroviaire.(BOUTELJA)

La SNTF dispose d'un parc matériel composé de :

- ✓ 416 voitures de transport de voyageurs
- ✓ 10873 Wagons de différentes catégories
- ✓ 64 automotrices électriques
- ✓ 17 autorails Diesel
- ✓ 261 locomotives Diesel
- ✓ 14 locomotives électriques

Et un effectif total de 10862 et un chiffre d'affaire de : **4 046 944 855.15 DA**
Actuellement et de depuis sa création en 2005 et son lancement en 2007, l'Agence Nationale d'Etudes et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (**ANESRIF**) qui travaille sous la tutelle du Ministère des Transports, constitue un outil de management des chantiers ferroviaires, son rôle est de veiller à la bonne réalisation des projets et de s'assurerde leur livraison dans les délais fixés.

5. RESEAU FERROVIAIRE ALGERIEN :

Le réseau ferroviaire algérien est aujourd'hui parmi le plus moderne d'Afrique. Il sert autransport de personnes et de marchandises.

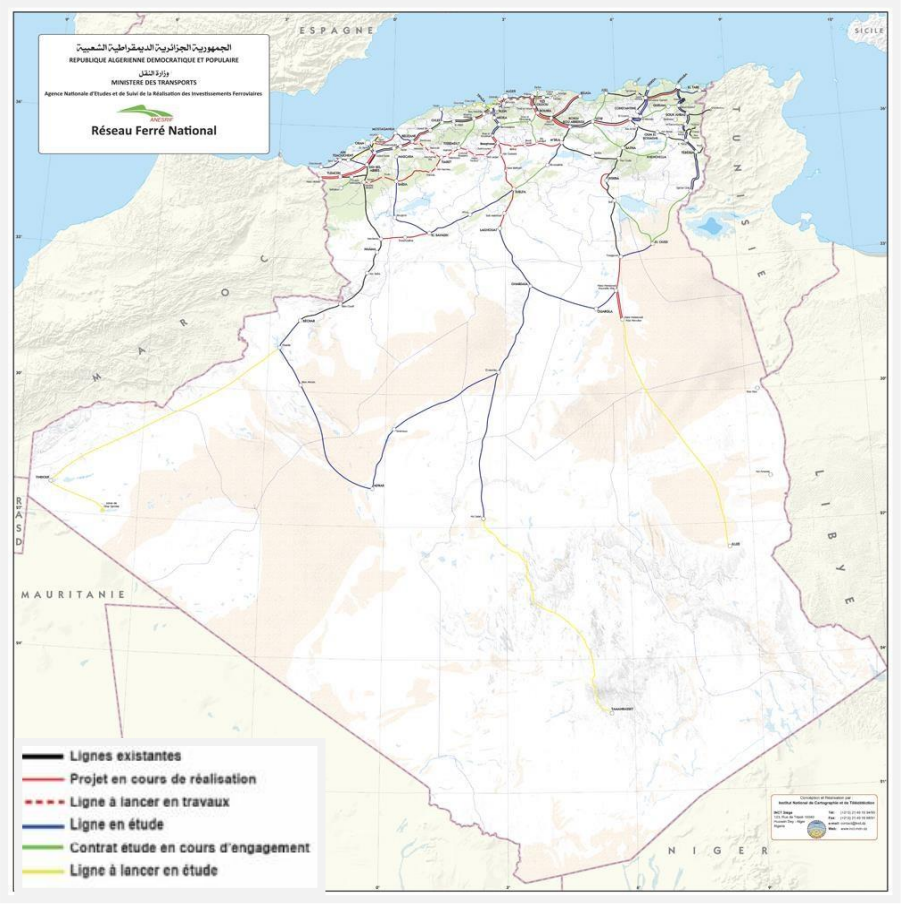


Figure 2 : Carte du réseau ferroviaire Algérien.

Actuellement ce réseau est de **4498km** dont:

- lignes en exploitation : 6300km
- lignes en double voie : 553km
- lignes en voie unique : 3217km
- lignes électrifiés : 323km

Ce réseau comporte :

- 175 gares en exploitation
- 215 haltes en exploitation
- 553 ouvrages d'art dont l'ouverture est supérieure à 10 m
- 5279 ouvrages d'art dont l'ouverture est inférieure à 10 m.

- 139 tunnels avec un linéaire total de 40km
- 267 passages à niveau gardé et 959 passages à niveau non gardéIl

assure le transport de :

- Voyageurs
    - Nombre de voyageurs transportés par an : 36 216 111 voyageurs
        - Grandes lignes : 845 708
        - Régional : 2 028 542
        - Banlieue : 33 341 861
- Marchandises
    - Nombre de tonnages transportés : 4 198 674 T
    - Nombre de tonnages/km : 928 058 000 T/km

Nombre de trains /jour sur l'ensemble du réseau 242 avec :

- Grandes lignes : 12
- Régional : 68
- Banlieue : 162

6. VOIES FERREES BALLASTEES [4], [5],

La terminologie ferroviaire désigne par la voie l'ensemble des constituants assurant la circulation des trains et supportant les efforts transversaux, longitudinaux et verticaux.

La voie ballastée est souvent utilisée pour sa flexibilité de construction et d'entretien, mais aussi pour sa capacité à répondre aux exigences mécaniques du transport de charges lourdes sur de longues distances.

Une voie ferrée est un système mécanique complexe composée de :

- deux fils de rails,
- des travers avec leurs attaches,
- la structure d'assise composée d'une couche de ballast et une sous-couche dematériaux grenus avec éventuellement un géotextile.

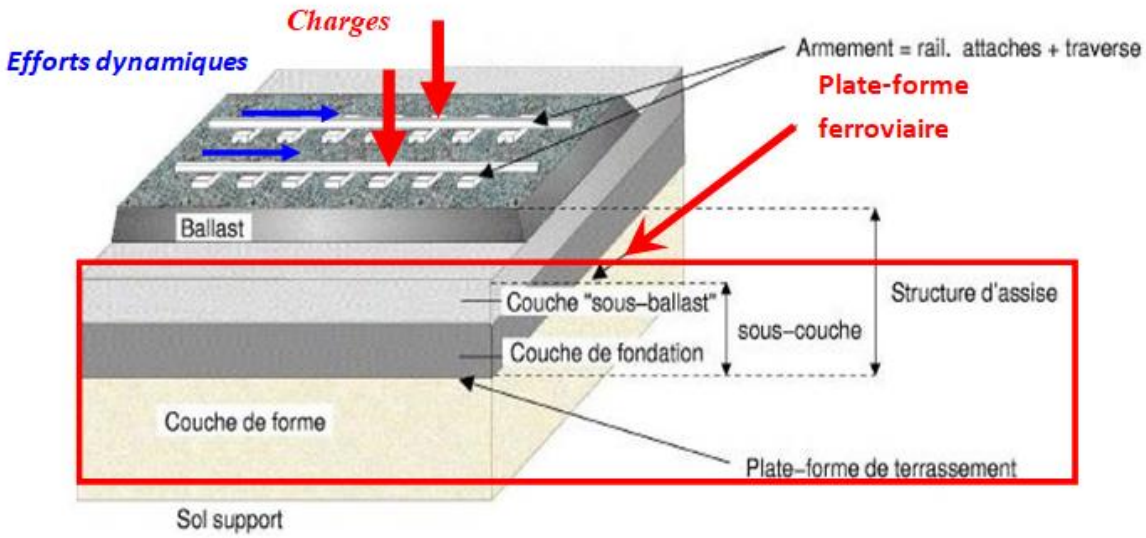


Figure3: Composantes des voies ferrées ballastées.

7. LES RAILS :

Les types des rails comprennent trois parties :

- ✓ le champignon caractérisé par sa largeur, sa hauteur, le bombement de sa table de roulement et l'inclinaison de ses faces latérales,
- ✓ l'âme et portées d'éclissage. Leur tracé est caractérisé par l'épaisseur de l'âme, la forme des congés de raccordement avec le champignon et le patin, et l'inclinaison des portées d'éclissage,
- ✓ le patin caractérisé par sa largeur ainsi que par l'épaisseur et la forme de ses ailes.

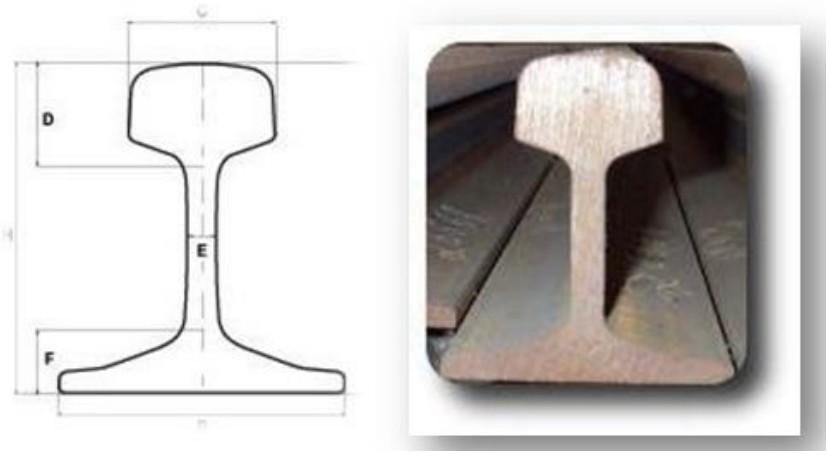


Figure4: Le rail Vignole.

Les principales caractéristiques des trois profils de rails Vignole unifiés (UIC 54, U 33, U 50) utilisés dans la pratique sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Type	Dimensions (mm)				Poids métrique (kg)
	H	C	B	E	
UIC 54	159	70	140	16	54,430
U 33	145	62	134	15	46,303
U 50	153	65	140	15,5	50,900

Tableau 1 : Caractéristiques des profils de rails utilisés dans la pratique

Les aciers à rails couramment utilisés sont d'une nuance (résistance à la traction) comprise entre 685 et 835 N/mm². Actuellement, on emploie de plus en plus des rails durs dont la résistance à la traction minimale est de 885 N/mm² et qui va jusqu'à 950 voir 970 N/mm².

Il convient également de mentionner le profil à gorge pour l'armement des voies posées dans des sols revêtus. Les sociétés de tramways et les chemins de fer secondaires utilisent dans les agglomérations.

Figure5: Rail à gorge.

8. LES TRAVERSES ET LES ATTACHES :

Les rails reposent sur un plancher constitué très souvent des traverses qui sont soit :

- ✓ métallique,
- ✓ en bois,
- ✓ en béton armé ordinaire soit en béton précontraint.

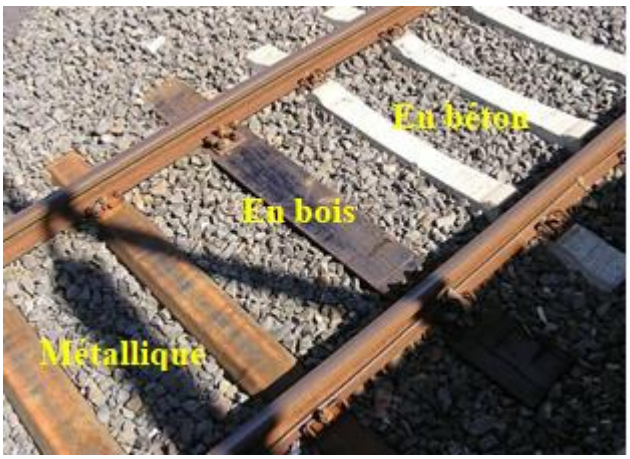


Figure 6 : Traverses métallique, en bois et en béton.

8.1. **Traverses en béton et leurs attaches :**

Ces traverses sont réalisées soit en béton armé ordinaire, soit en béton précontraint. On distingue :

- la traverse monobloc en béton précontraint,
- la traverse mixte bibloc constituée par deux blochets en béton armé reliés par une entretoise métallique,
- la traverse articulée constituée de trois éléments en béton indépendants : blochets et une entretoise.

La SNTF utilise principalement la traverse mixte. *La longueur de cette traverse est de 2,24 m* et son poids est de 190kg.

Figure 7 : Traverses en béton monobloc et mixte bibloc.

Les attaches généralement rencontrées dans les traverses en béton sont :

- l'attache Nabla
- l'attache Pandrol
- le crapaud rigide avec rondelle ressort
- le crapaud élastique RN

Figure8: Attaches Nabla, Pandrol et crapaud élastique.

8.2. Traverses en bois et leurs attaches :

On rencontre sur le marché les traverses en bois, en chêne et en hêtre provenant d'Europe et les traverses exotiques provenant d'Afrique. La longueur normale des traverses est fixée à 2,60m, l'épaisseur varie de 12 à 15cm suivant leur affectation en voie.

Avant leur mise en service les traverses subissent une préparation qui comprend les étapes suivantes :

- le séchage,
- le frettage,

- l'entaillage et le perçage,
- l'imprégnation à la créosote

8.3. Traverses Métallique Et Leurs Attaches :

Les traverses métalliques sont largement utilisées dans les pays tropicaux en raison de leur résistance aux termites. La traverse métallique a été abandonnée en raison de son coût élevé et des difficultés de nivellement et de redressement de la voie.En Algérie, les traverses métalliques se trouvent surtout sur les anciennes routes.

9. LES COUCHES

9.1. Le ballast :

Le ballast forme le tas de graviers ou de pierres sur lequel repose les voies de chemin de fer. Il permet de mener à bien des travaux de voies ferrées, en association avec les traverses de chemin de fer et les produits de maintenance des infrastructures ferroviaires.

Un ballast de chemin de fer résulte du mélange de matériaux de carrière résistants à l'abrasion et souvent anguleux. Plusieurs types de pierres et de roches de granulométries variables sont utilisés pour sa conception. On peut citer :

- La roche de type plutonique comme la diorite et le granite,
- Le grès calcaire,
- Le gravillon fin de 10 à 35 mm pour le nivellement par soufflage,
- Le gabbro,
- Le calcaire siliceux,
- La pierre concassée d'une granulométrie de 31,5 à 50 mm.

Le type de pierres et de roches utilisées dépend du climat et de la région où le ballast sera installé. Ces matériaux sont extraits et transformés dans des carrières appelées ballastières, bien que les wagons réservés au transport du mélange reprennent également ce nom.
Un long processus industriel conduit donc à la fabrication et à l'amélioration du ballast, avec des graviers de propriété, de dureté et de forme diversifiée. Ces différents composants sont disposés de manière à se chevaucher et à constituer une masse perméable et compacte, qu'est le ballast. Par ailleurs, le coloris de celui-ci peut passer du plus foncé (gris, brun, noir) au plus clair (rose ou rouge).

Le rôle d'un ballast ferroviaire

Le ballast pour chemin de fer remplit différentes fonctions bien spécifiques, dont :

- Le drainage rapide des eaux de pluie. Le ballast protège en effet le sol contre les phénomènes d''érosion, notamment dans les zones à fortes précipitations.
- L'amortissement des vibrations entraînées par le passage des trains. Il s'agit d'une fonction particulièrement utile pour les voies avec des longs rails soudés.
- La transmission et la répartition des charges. Le ballast transmet au sol le poids exercé par le passage régulier des trains. À noter que même sous l'effet de la pression, ce lit de graviers ne risque pas de se déformer par tassement.
- L'ancrage des traverses. Le ballast ferroviaire fournit aux traverses leur grande résistance aux déformations longitudinales. Il permet de maintenir les traverses pour que celles-ci ne s'enfoncent pas dans le sol à chaque passage du train. En fonction de la ligne et des caractéristiques de la voie, les ballasts sont mis en place avec une épaisseur de 10 à 35 cm pour permettre à ces pièces de bien s'ancrer dans la structure. Ce qui peut représenter jusqu'à 2 000 T de gravillons par kilomètre de voie.

La durée de vie d'un ballast ferroviaire va jusqu'à 40 ans en fonction de la charge supportée et de l'entretien. Plusieurs circonstances peuvent cependant être à l'origine de l'usure précoce du ballast, dont :

- Le tassement du gravier sous les traverses. Ce phénomène entraîne une déformation verticale de la voie. Pour y remédier, il est conseillé d'effectuer des opérations d'entretien avec une bourreuse. Il s'agit d'une technique qui consiste à déposer de nouveaux ballasts de faible granulométrie en dessous des traverses. Les constructeurs recommandent également d'apporter ce type de solution tous les sept ans.
- La contamination par des éléments parasites, comme les mauvaises herbes. Dans ce cas, même si le désherbage aide à réduire la prolifération de ces végétations, un remplacement régulier du gravier reste à privilégier.

Par sécurité, il importe de procéder au tamisage du ballast tous les 20 ans avant le remplacement des pierres usées ou brisées.

9.2. La sous-couche :

La sous-couche comprend :

- une couche appelée sous-ballast en grave propre bien graduée 0/31,5mm comportant au moins 30% de concassé et compactée à 100% OPN.,
- une couche fondation en grave propre bien graduée compactée à 100% OPN,
- suivant nécessité, une couche appelée anticontaminante en sable propre.Cette

sous-couche assure :

• protection de la partie supérieure de la plate-forme contre l'érosion causée par le forage des éléments de ballast d'une part et contre les eaux pluviales d'autre part,• protection de la plate-forme contre le gel,• Meilleure répartition des charges transmises, permettant d'obtenir des valeurs de contraintes acceptables au niveau de la partie supérieure de la plate-forme.

10. REGLES DE DIMENSIONNEMENT :

Le dimensionnement des ouvrages ferroviaires est une étape importante dans l'étude d'un projet ferroviaire. Une fois achevée, la plate-forme doit résister aux agressions extérieures et aux surcharges opérationnelles (impact d'axe, effets de gradient thermique, pluie, neige, verglas, etc.). Ce dimensionnement consiste à calculer l'épaisseur minimale du ballast, la couche de base et la couche de roulement. Cela dépend principalement de trois paramètres du, à savoir :• Classe de charge des plates-formes de terrassement,• Types de lignes (éléments de trafic).• matériel de voie (type de traverses)Certaines conditions s'appliquent lors de la détermination de la classe de charge d'une plate-forme de terrassement.

Note : les conditions principales : conditions climatiques, conditions hydrologiques, classe de qualité du sol support.

11. CLASSE DE QUALITE DU SOL SUPPORT :[3]

Le sol support peut avoir quatre classes de qualité désignées par **« Si »** pour les sols en placeet par **« Rti »** pour les sols réutilisés. L'indice de qualité i qui prend les valeurs suivantes :

i = 0 : sol impropre à tout utilisation (soit être mis en dépôt et remplacé ou soit subir un traitement pour élever sa qualité).
i = 1 : sol de qualité « médiocre
i = 2 : sol de qualité « moyenne .
i = 3 : sol de qualité « bonne ».
Les sols sont classés de S0 à S3. La classe S0 qualifie les sols de mauvaise qualité que l'on considère comme impropres à la réalisation d'une plateforme correcte. Au contraire, une plateforme de type S3 est caractéristique de bons sols ayant une raideur supérieure à 80 MPa.

La classification en S ou en Rt se fait une fois que l'on connaît la nature et la classe du matériau à étudier ainsi que son état hydrique pour les sols sensibles à l'eau. Le tableau ci- dessous montre un exemple de sol de classe A qui correspond aux sols fins.

Classe A : Sols fins

Classification de laNF P 11300			Classe de qualité en place				Classe de qualité en réutilisation			Sensibilité au gel
			S0	S1	S2	S3	Rt1	Rt2	Rt3	
A1	Dmax ≤ 50mm Passant à 0,08 mm > 35%	VBS ≤ 2,5 (Ip ≤ 12)	A1h	A1 m&s	A1s B.C. Hydro Sais. sèche					SGt
A2		12 < Ip ≤ 25 2,5 < VBS ≤ 6	A2h	A2 m&s	A2s B.C. Hydro Sais. sèche					SGt
A3		25 < Ip ≤ 40 (6 < VBS ≤ 8)	A3h	A3 m&s						SGt
A4		Ip > 40 (VBS > 8)	A4h	A4m & s						
SGn = Sols non gélifs ou insensibles ; SGt = Sols très gélifs ; SGp = Sols peu gélifs A ou B ou C : classification des matériaux suivant leur nature ; Sais sèche : saison avec des conditions hydrologiques réduites à normales ; Indice s ou m ou h : état hydrique du matériau ; B.C.Hydro : bonnesconditions hydrologiques et hydrogéologiques ; VBS : valeur de bleu du sol ; Ip : indice de plasticité										

Tableau 2: Classification des sols fins

NB : En pratique, pour l'analyse à effectuer, on doit considérer la partie supérieure du terrassement (PST) et qui prend en compte le mètre supérieur de l'ouvrage en terre. Les sols meubles peuvent être améliorés par traitement à la chaux, afin d'abaisser leur teneur en eau ; dans ce cas, la Partie Supérieure du Terrassement est constituée de deux couches. On considère que la couche supérieure est de meilleure qualité que la couche inférieure.

12. CLASSE DE PORTANCE DE LA PLATEFORME DE TERRASSEMENT :

La classe de portance d'une plate-forme se détermine avec les deux paramètres analysés ci- dessus. En fonction de ces paramètres et du tableau suivant, on déterminera la classe de plateforme. Elles sont classées comme P1 = « médiocre », P2 = « moyenne », P3 = « bonne ».

Classe de qualité du sol support	Qualité de la couche de forme		Epaisseur de la couche de forme rapportée (m)	Classe de portance de la plate forme	Module de calcul (MPa)
	Normale (épaisseur min 0,30 m)	Rapportée			
S1 (ou Rt1)	S1			P1	20
		Rt2	0,5	P2	50
		Rt3	0,35	P2	50
		Rt3	0,5	P3	120
S2 (ou Rt2)	S2			P2	50
		Rt3	0,35	P3	120
S3 (ou Rt3)	S3			P3	120

Tableau3 : Détermination de la classe de portance de la plateforme ferroviaire.

NB : La classe de portance de la plate-forme ne préjuge en rien du comportement futur de la ligne. On peut obtenir, par exemple, une voie de très bonne qualité sur une plateformemédiocre. Dans ce cas il est important de soigner la structure et l'épaisseur de la couche d'assise.

13. DIMENSIONNEMENT DES COUCHES :

Le dimensionnement des couches d'une plateforme normale se fait selon le tableau ci-dessous.

NB : Après avoir calculé la structure d'assise du point de vue de la portance, il est nécessaire,lorsque les sols sont sensibles au gel, de vérifier que leur protection est assurée.

	Classe de qualité du sol support	Classe de portance de plate-forme recherchée	BALLAST		SOUS - COUCHES				Géotext.	COUCHE DE FORME	
			Epaisseur selon la nature de la traverse		Epaisseur selon la nature de la traverse				Types selon la NGEF 2C20 n°4		
			bois	béton	bois	bibloc U41	mono-blocs	autres biblocs		Epais.	Nature
LIGNES NOUVELLES OU A GRANDES VITESSES	**S1** (ou Rt1)	**P1**		0,35		0,55			A1	0,30	normale
		P2				0,35			A1	0,50	en matériaux rapportés Rt2
		P3				0,20				0,50	en matériaux rapportés Rt3
	S2 (ou Rt2)	**P2**				0,35				0,30	normale
		P3				0,20				0,50	en matériaux rapportés Rt3
	S3 (ou Rt3)	**P3**				0,20				0,30	normale
Lignes Parcourues à grandes vitesses (v>160 km/h)	**S1** (ou Rt1)	**P1**	0,25	0,30	0,55	0,55	0,5		A1	0,3	normale
		P3			0,2	0,2	0,2			0,5	en matériaux rapportés Rt3
	S2 (ou Rt2)	**P2**			0,35	0,35	0,3		A1	0,3	normale
		P3			0,2	0,2	0,2			0,35	en matériaux rapportés Rt3
	S3 (ou Rt3)	**P3**			0,2	0,2	0,2			0,3	normale
GROUPES UIC 1-2. Parcourues vitesses normales (v<160 km/h)	**S1** (ou Rt1)	**P1**	0,2	0,25	0,5	0,5	0,45		A1	0,3	normale
		P2			0,35	0,35	0,3		A1	0,5	en matériaux rapportés Rt2
		P2			0,35	0,35	0,3			0,35	en matériaux rapportés Rt3
		P3			0,2	0,2	0,2			0,5	en matériaux rapportés Rt3
	S2 (ou Rt2)	**P2**			0,35	0,35	0,3		A1	0,3	normale
		P3			0,2	0,2	0,2			0,35	en matériaux rapportés Rt3
	S3 (ou Rt3)	**P3**			0,2	0,2	0,2			0,3	normale

Tableau 4: Epaisseurs minimales des plateformes normales.

14. Plateformes rocheuses :

Ces plateformes sont constituées de matériaux de type R21, R22, R41, R42, R61, R62, conformément à la classification de la ST 590. Le tableau ci-dessous montre un exemple de laclassification des matériaux rocheux (roches calcaires).

Classification de la NF P 11300			Classe de qualité en place			Classe de qualité en réutilisation				Sensibilité au gel
			S0	S1	S2	S3	Rt1	Rt2	Rt3	
R11	Craie dense	γ_d > 17kN/m^3			B.C. Hydro					SGp
R12	Craie de densité moyenne	γ_d compris entre 15 et 17kN/m^3	R12h	R12m & s						SGt
R13	Craie peu dense	γ_d 15kN/m^3	R13h	R13m & s B.H. Hydro						SGt
R21	Calcaire dur	MDE 45			LA+MDE > 80	LA +MDE 80				
R22	Calcaire de densité moyenne	MDE > 45 et γ_d > 18kN/m^3			LA+MDE > 80	LA +MDE 80				
R23	Calcaire fragmentable	γ_d compris entre 17 et 18kN/m^3								

Tableau5 : Exemple de classification des matériaux rocheux (Classe R1 et R2 : Roches calcaires).

Le terrassement des plateformes rocheuses s'effectue par déstructuration du matériau jusqu'àune profondeur minimale qui est liée au type de technique utilisée :

- terrassement par défonçage, l'épaisseur minimale est de 0,30 m,
- terrassement par minage (explosif), l'épaisseur minimale est de 0,50 m.

Après la déstructuration, le matériau ainsi ameubli est purgé des éléments de grosseur supérieure à 150 mm par criblage et compacté en place dans les mêmes conditions qu'une couche de forme normale.

Il est souhaitable de mettre en œuvre une sous-couche entre la plateforme de terrassement et la couche du ballast afin d'amortir les sollicitations dynamiques dues au passage des trains. Le tableau suivant définit les différentes épaisseurs que l'on peut adopter pour la sous-couche. Celles-ci sont définies suivant la vitesse envisagée sur la voie et le fond de déroctage sous l'arase des terrassements.

	Fond de déroctage sensiblement confondu avec l'arase terrassement		fond de déroctage 30 à 50 cm sous l'arase terrassement	
Epaisseur	**Normale**	**Exceptionnelle**	**Normale**	**Exceptionnelle**
Lignes nouvelles à grandes vitesses V ≥ 250 km/h	**0.35**	**-**	**0.20**	**0.15**
Lignes parcourues à V ≥ 160 km/h	**0.35**	**0.20**	**0.20**	**0.15**
Lignes de groupe UIC de 1 à 4 V< 160 km/h	**0.20**	**0.15**	**0.15**	**-**

Tableau 6: Epaisseur minimales de la sous-couche des plateformes rocheuses

15. PLATEFORMES EN SOL DE QUALITE S0 :

Sur ce type de sol il n'est pas possible de mettre en œuvre correctement une couche de forme. Le sol de qualité « S0 » doit faire l'objet d'une amélioration pour être élevé à la classe S1. Il faut trouver une solution par rapport aux types de sols avec lesquels on va travailler. Parmi lessols « S0 », il convient

- Matériaux humides (teneur en eau élevée), ils sont de classe A, B ou R1
- Matériaux organiques : F1
- Roches salines : R5 et F4

Dans les sols de classe A, B ou R1, il est possible de faire un traitement à la chaux, de mettre un dispositif de drainage ou d'effectuer une méthode de sur-chargement. Si les conditions du sol sont très mauvaises, la solution peut être de remplacer le sol par un autre de meilleure qualité.

Par rapport aux sols du type F1, qui sont compressibles et souffrent d'une déformation par fluage, il existe plusieurs méthodes pour améliorer leur comportement telles que :

- des pieux de différentes natures (béton, acier, etc.),
- compactage dynamique,
- remblais en matériaux légers,
- sur-chargement,
- substitution des matériaux (partielle ou totale).

Ces méthodes ont déjà été utilisées, il y a longtemps pour améliorer la stabilité des ouvrages en sols des lignes anciennes.

Les sols qui sont constitués de roches salines (R5 et F4) sont classés en S0 parce qu'ils peuvent présenter des risques de dissolution par l'eau provoquant des cavités ou des fontis. Dans ce cas, le traitement nécessaire est de faire une imperméabilisation des zones dangereuses par géo membranes.

16. CONCLUSION :

Le choix du type de matériau et des dimensions de la plate-forme dépend du type de terrain et des conditions climatiques de la région.Les exigences de sécurité d'aujourd'hui nécessitent une étude approfondie des composants et des systèmes ferroviaires. L'Algérie revoit ses anciennes lignes et les remplace par de nouveaux matériaux, comme les traverses métalliques remplacées par des traverses bi bloc mixtes. Dans le chapitre suivant nous traitons des paramètres géométriques du graphe.

CHAPITRE 2 : PARAMETRES GEOMETRIQUES DU TRACE FERROVIAIRE.

1. INTRODUCTION :

Les paramètres géométriques sont une étape nécessaire dans le développement d'un modèle ferroviaire, ils consistent en :

Tracé en plan, de profil, et la coupe transversale.

Les objectifs de ce chapitre, présenter les caractéristiques techniques de la géométrie de la voie, des gabarits, en fournissant en même temps les formules et les règles qui régissent.

2. TRACE EN PLAN : [4], [5], [6]

Le tracé du plan ferroviaire est une projection verticale de l'axe ferroviaire sur un plan horizontal, qui peut être une carte topographique ou un relevé systématisé avec des courbes de niveau. C'est une série d'éléments géométriques établis selon des normes pour assurer des critères de confort et de sécurité. Ces éléments sont :

- alignements droits,
- courbes circulaire,
- courbes de raccordement.

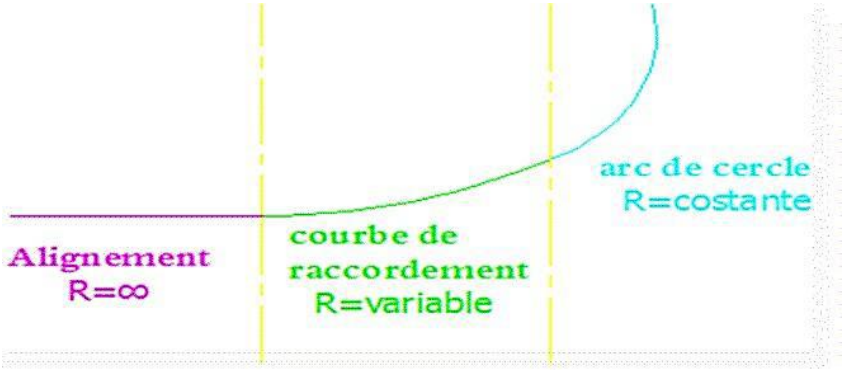


Figure 9:Eléments de tracé en plan.

Le développement de la disposition dans le plan doit être effectué conformément aux recommandations des normes. En Algérie, les règles sont définies par la SNTF et détaillées dans les documents de l'ISFF (Institut Supérieur de Formation Ferroviaire). Le principe est de choisir le plus de lignes droites possibles et de fixer des limites de confort et de sécurité acceptables pour relier les courbes et les arcs de cercle (pour éviter le déraillement du train ou le glissement de la voie, c'est-à-dire son déplacement latéral). Cela conduit à choisir les plus grands rayons de courbure possibles. Ces limites dépendent :

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

NB : Il est à noter que les voies principales (VP) sont destinées à la circulation ferroviaire. Les voies sont destinées à la circulation interne des grands complexes ferroviaires. Les voies de service sont destinées au trafic de manœuvre.

Les paramètres de conception pour lesquels le respect de ces valeurs garantit confort et sécurité, ainsi qu'une optimisation des coûts de maintenance, sont :

- Le dévers.
- L'insuffisance de dévers.
- L'excès de dévers.
- Le rayon minimum en plan.
- La longueur des raccordements.

2.1. DEVERS : [7]

D'après la loi de la mécanique classique, un point matériel qui se déplace dans une courbe subit une force centrifuge qui a tendance à le renverser à l'extérieure de virage. Cette force peut conduire au déraillement du train et à la fatigue de la voie et du matériel roulant. Pour annuler ou modérer cette force, on surélève le rail de la file extérieure de la voie. Cette différence de niveau est appelée devers [3].(mémoire ben mohamed el mahdi)

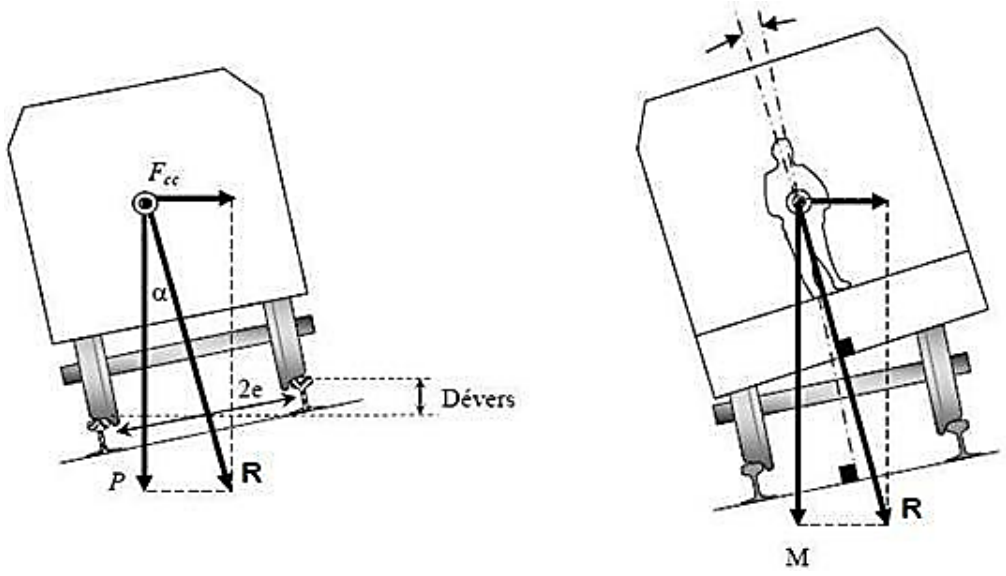


Figure 10: Définition du dévers et les forces agissante.

- **Dévers théorique ou d'équilibre dv:**

2.1.1. Devers théorique :[3]

Le dévers théorique annule totalement l'effet de la force centrifuge lors d'un passage du train à une vitesse V sur une courbe de rayon R, sa formule est la suivante :

Pour un écartement de voie : 2e = 1,435m $\rightarrow dth = dv = \frac{11.80\,V^2}{R}$

dv : Dévers théorique (mm)

R : Rayon de courbe (m)

V : Vitesse maximale des trains rapide (voyageurs) (km/h)

Pour un écartement métrique : 2e = 1m → $d_{th}=d_v=8,4*V^2/R$

d_{th} est exprimé en mm ; V est exprimé en km/h ; R est exprimé en m.

2.1.2. Devers pratique :

Le choix du devers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation, dans des conditions normales de sécurité et de confort, éviter l'usure des rails, limiter le déport du matériel roulant aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lents de fret.
Ce dévers donné à la voie est appelé dévers pratique appelé également « dévers réel » noté « d ». qui est toujours inférieur au devers théorique [3].(mémoire ben mohamed el mahdi)

La formule de devers pratique s'écrit : $d=(R_{min}*d_{Rmin})/R$
R_{min} est le rayon minimum
d_{Rmin} et le dévers du rayon minimum qui s'écrit :

$$d_{Rmin}=(v^2_{max}*E_{max}+ v^2_{max}*I_{max})/(v^2_{max} - v^2_{max})$$

V_{max} est la vitesse maximale des trains voyageurs,
V_{TM} est la vitesse max de trains marchandises,
I_{max} est l'insuffisance de dévers maximum défini ci-après,
E_{max} est l'excès de dévers maximum défini ci-après.
Les valeurs limites du devers pratique sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Types de voie	Valeur maximale normale	Valeur maximale exceptionnelle
Principale et de circulation	160 mm	180 mm
Service	80 mm	-

Tableau 7 : Valeurs limites du dévers pratique.

2.1.3. Variation du dévers dans les courbes de raccordement :

Variation du dévers «Δd » sur une longueur «ΔL » est constante sur toute la longueur de la rampe de dévers (Δd/ ΔL=Cte) pour des raisons de facilité de pose, de contrôle et d'entretien. Δd/ ΔL est exprimé en (mm/m), ce rapport est appelé également « gauche » noté « g », il définit la pente relative des deux fils de rails (figure ci-dessous).

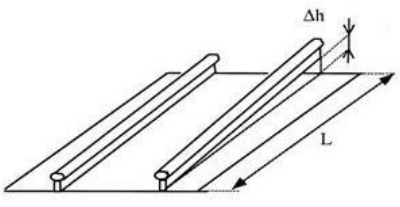


Figure 11:variation de divers .

NB : En pratique, le gauche est mesuré sur la base de 3m de longueur de rail.

La Société Nationale de transport ferroviaire (SNTF), il a été décidé que les valeurs limites de variations de devers dans les raccordements ne devaient pas dépasser les valeurs suivantes :

Vitesse (km/h)	Valeur normale (mm/m)	Valeur exceptionnelle (mm/m)
≥ 100	≤ 1	≤ 1,5
≥ 80 <100	≤ 1,5	≤ 2
≥ 60 <80	≤ 2	≤ 3
≥ 40 <60	≤ 3	≤ 4
< 40	≤ 4	-

Tableau 8 : Valeurs limites SNTF du gauche.

2.1.4. Variation de dévers en fonction du temps Δd/Δt :

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

Cette variation est donnée par la formule suivante:

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d\ x\ V}{3.60\ x\ Lrp}$$

V: Vitesse (Km/h).

d : dévers (mm) .

Lrp : longueur du raccordement progressif (m).

2.2. INSUFFISANCE DE DEVERS :

On appelle insuffisance de dévers « I » (Exprimé en mm) la différence entre le dévers théorique « d_{th} » et le dévers pratique « d » : $\boldsymbol{I = d_{th} - d}$ **ou** $\mathbf{I = 11.8 * V^2 / R - dp\ (mm)}$

La circulation d'un train avec insuffisance de dévers provoquent des forces latérales non compensées avec les conséquences suivantes :

- tendance des trains à au renverser vers l'extérieur de la courbe.
- de tendre à déplacer la voie vers l'extérieur de la courbe,
- Infliger de la fatigue voire de l'inconfort aux voyageurs.

Pour limiter ces effets, une limite d'insuffisance de dévers est introduite (pour les trains les plus rapides). Ces limites sont listées dans le tableau ci-dessous :

Types de trains	**Valeur maximale normale**	**Valeur maximale exceptionnelle**
Train le plus rapide	150 mm	160 mm
Autorails et rames automotrices à centre de gravité bas	160 mm	200 mm

Tableau 9 : Valeurs limites de l'insuffisance de dévers.

2.3. VARIATION DE L'INSUFFISANCE DE DEVERS :

La valeur de variation d'insuffisance de dévers doit être limitée afin que le passager puisse s'adapter à ces effets progressivement et le plus inconsciemment possible. Cette variation d'insuffisance de dévers « ΔI » pendant un temps « Δt » s'exprime en (mm/s), elle s'écrit :

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I}{\Delta L} \times \frac{V_{max}}{3,6}$$

ΔI exprimé en (mm) ; Δt exprimé en (s) ; ΔL exprimé en (m) ; Vmax exprimé en (km/h).
Les valeurs limites de la variation de l'insuffisance de dévers sont :

- Valeur limite normale : 75 mm/s
- Valeur limite exceptionnelle : 90 mm/s

NB : Ce réglage s'applique particulièrement aux voies principales, car c'est une condition nécessaire au confort des passagers.

2.4. Excès de dévers (E) :

Si la vitesse d'un véhicule en virage est inférieure à la vitesse d'équilibre correspondant au dévers pratique, le véhicule sera soumis à une force centripète non compensée. Le dévers de la voie est donc trop important et la résultante des efforts se déplace vers l'intérieur de la courbe.Pour limiter cet effort, nous sommes disposés à fixer des valeurs limites pour l'excès de dévers. Ces valeurs limites dépendent du volume de trafic journalier des trains de marchandises « Tj », exprimé en (tonnes/jour). Ils sont déterminés comme suit :

Tj (tonne / jours)	E (mm)	
	Normal	Exceptionnel
≥ 45 000	70	105
≥ 25 000 < 45 000	80	115
≥ 10 000 < 25 000	90	125
< 10 000	100	135

Tableau10 : Valeurs limites de l'excès de dévers.

NB : Ces limites s'appliquent à la vitesse normale des trains de marchandises.

2.5. RAYON MINIMAL DES COURBES CIRCULAIRES :

Le rayon de courbure des voies principales ne descend pas au-dessous de certaines valeurs :

- Ligne à grande vitesse (LGV) avec V ≥ 250 km/h : Rmin= 4000m
- Les lignes classiques nouvelles parcourues à 160km/h : Rmin = 1000m
- A l'approche des gares et pour les voies de service et de circulation où la vitesse est faible, on peut tolérer des courbes de 150m de rayon et exceptionnellement 135m

Le rayon minimal d'une voie ferrée à trafic mixte est déterminé après le choix des valeurs limites de « Imax » et « Emax » à partir de la formule suivante :

$$\frac{11.80 \times V^2 min}{dmax - E} \geq R_{min} \geq \frac{11.80 \times V^2 max}{dmax + I}$$

2.6. RACCORDEMENT DE DEVERS : [3]

2.6.1. Raccordement entre un alignement droit et une courbe circulaire :

Les différents points d'un raccord parabolique peuvent se calculer à l'aide de la formule du raccordement de Nordling. Ce raccordement est une spirale dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.

$y = x^3 / 6RL$

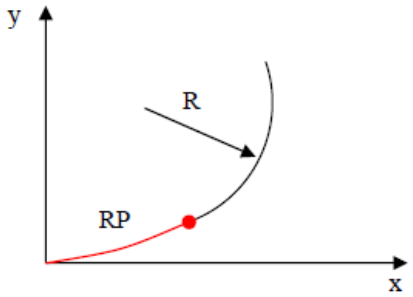


Figure 12 : Raccordement de Nordling.

La longueur de ce raccordement est calculée comme suit :

- Pour une voie avec écartement 2e = 1,435m : L = 8 à 10 Vmax d
- Pour une voie métrique 2e = 1m : L = 16 Vmax d

Vmax est exprimé en (km/h) ; d est exprimé en (m) ; L est exprimé en (m).
La valeur obtenue doit satisfaire les conditions suivantes :

- L ≥ 0,4 Vmax ≥ 30m
- L < R/4

2.6.2. Raccordement entre deux courbes de même sens et de rayons différents

Pour deux courbes circulaires de même sens et de rayons différents (R1 > R2), on intercale un seul raccordement. L'équation s'écrit :

$$y = \frac{L^2}{2R_1}\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \frac{L^2}{6}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right) \times \left(\frac{x}{L} + \frac{1}{2}\right)^3$$

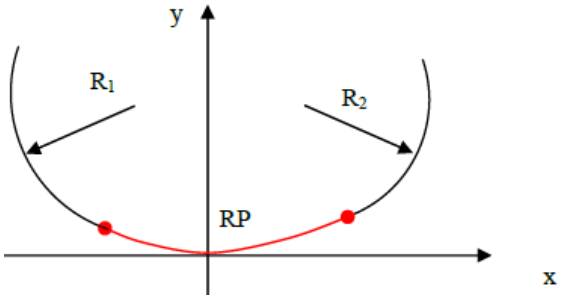


Figure13: Raccordement entre deux courbes de même sens et de rayons différents.

La longueur de ce raccordement est calculée comme suit :

- L = 10 Vmax (d1 – d2)

La valeur obtenue doit satisfaire la condition suivante :

- L ≥ 6 Vmax (I1 – I2)

d1 et I1 les paramètres du rayon R1 exprimés en (m),
d2 et I2 les paramètres du rayon R2 exprimés en (m).

2.7.3. Raccordement entre courbe et contre courbe de rayons différents :

En voie principale, des courbes de raccordement de longueur normale sont absolument nécessaires.
Entre deux raccordements en contresens, il est nécessaire d'intercaler un alignement droit de longueur L ≥ 0,4 Vmax ≥ 30m.

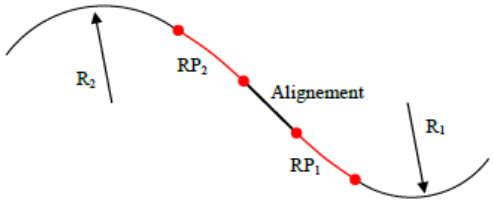


Figure 14: Raccordement entre courbe et contre courbe.

2.7.4. Conditions d'installation des courbes de raccordements

Les courbes de raccordement sont recommandées si :

$\Delta C > 2000/Vmax2$

Et elles sont obligatoire si :

Et elles sont obligatoire si :

- $\Delta C > 9000/V^2_{max}$ lorsque V ≤ 100 km/h
- $\Delta C > 7000/V^2_{max}$ lorsque V > 100 ≤ 160 km/h
- $\Delta C > 4000/V^2_{max}$ lorsque V > 160 ≤ 200 km/h

La valeur « ΔC » est calculée comme suit :

- Alignement – courbe → $\Delta C = \frac{1000}{R}$

- Deux courbes de même sens et de rayons différents → $\Delta C = \frac{1000}{R1} - \frac{1000}{R2}$
- Deux courbes de sens contraire → $\Delta C = \frac{1000}{R1} + \frac{1000}{R2}$

3. TRACE EN PROFIL:[7]

Le profil en long est la projection horizontale de la cote de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé. Elle est composée généralement de la succession de pentes et rampes raccordées par des courbes paraboliques.

3.1. ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG :

✓ **Pente :**

Tronçon de voie où l'altitude est décroissante dans le sens de circulation (descente).

✓ **Rampe :**

Tronçon de voie où l'altitude est croissante dans le sens de circulation (montée).

✓ **Palier :**

C'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.

✓ **Courbes de raccordement verticales :**

Ce sont des arcs de cercles qui assurent la liaison entre les éléments de la ligne rouge.

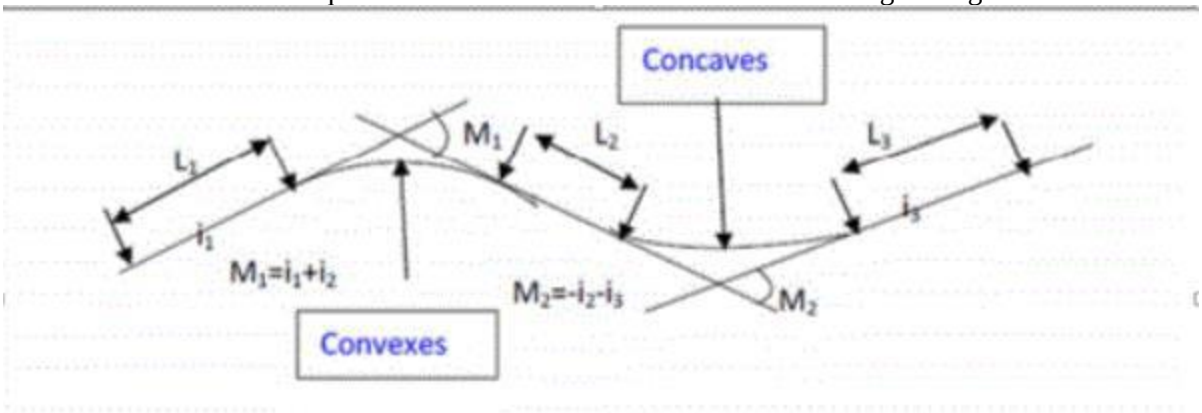


Figure 15: Elément géométrique de profil en long.

3.2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PROFIL

Pour que le tracé en profil réponde aux critères de confort et de sécurité, il faut :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la voie du paysage.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du relief.
- Les changements de déclivité devraient être évités, si possible, aux endroits où il y a des courbes de raccordement et des rampes de dévers car les opérations d'entretien sont difficiles à réaliser dans ces zones à cause de la superposition de plusieurs formes géométriques sur le plan horizontal et vertical.

3.3. DECLIVITES :

Les déclivités d'une voie ferroviaire dépendent de :

- L'adhérence des roues en acier des trains sur les rails
- Le freinage
- La vitesse maximale admissible
- La traction des trains marchandises lourds.

3.4.Longueur minimale des éléments du profil en long :

Lors du passage du train par deux déclivités successives de sens différents, ce dernier subit deux accélérations verticales brutales qui peuvent provoquer des oscillations très importante aux véhicules, ce qui représente un malaise aux passagers ainsi que des dégâts possibles aux rails.

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

- Valeur minimale normale : V / 2

L_{min} = 110 m

- Valeur minimale exceptionnelle : V / 2,5. (**Norme SNTF : Géométrie de la voie**)

L_{min} = 88 m

3.5. LE RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG :

La succession de deux déclivités en profil en long nécessite un raccordement circulaire permettant d'assurer le confort et la sécurité en réduisant l'accélération centrifuge due à la vitesse des véhicules, alors on est obligé d'intervenir pour que l'accélération verticale ne dépasse pas sa valeur maximale permise.

Le rayon minimal des raccordements entre déclivités est donné par les formules suivantes :

R=0.35 * V2. (Cas normal)

R = 17000 m

R=0.25 * V2. (Cas exceptionnelle)

R = 12100 m (***Norme UIC : paramètre de Conception du tracé de la voie)***

3.6.Valeurs des déclivités maximales :

- En Voie Principale dans les grandes lignes : de 8 à 10‰
- En voie principale dans un terrain montagneux : 30‰
- Pour le cas des lignes à grande vitesse, on peut aller jusqu'à 35‰.

4. Le profil en travers : [6]

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. On distingue deux types de profil :

4.1. Profil en travers type :

C'est une représentation graphique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constituant la voie notamment les dimensions de la voie, ses dépendances, la structure de la couche d'assise, sa composante ainsi que les épaisseurs.

4.2. Profil en travers courant :

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

Le profil en travers type doit contenir tous les éléments suivants :

Eléments de la superstructure :

- Le rail et son type ;
- La valeur de l'écartement de la voie ;
- L'entraxe de la voie ;
- Les traverses et leur type ;
- Poteaux caténaires et caniveaux à câbles (pour les voies électrifiées) ;
- L'épaisseur de la couche de ballast ;
- La pente latérale de la couche de ballast.

Eléments de l'infrastructure :

- Les pentes transversales de chaque couche ;
- La pente latérale de la plate-forme ;
- Les épaisseurs et les nominations de chaque couche.

Eléments de talus :

- La pente de chaque talus ;
- Les ouvrages de consolidation éventuels, tels que les murs de soutènement.

Eléments d'assainissement :

- Type et dimension des fossés ou des drains.

Les éléments du profil en travers :
Emprise, Assiette, Plate-forme, La voie, La berme, Le fossé.

Le profil type SNTF est présenté dans la figure ci-après.

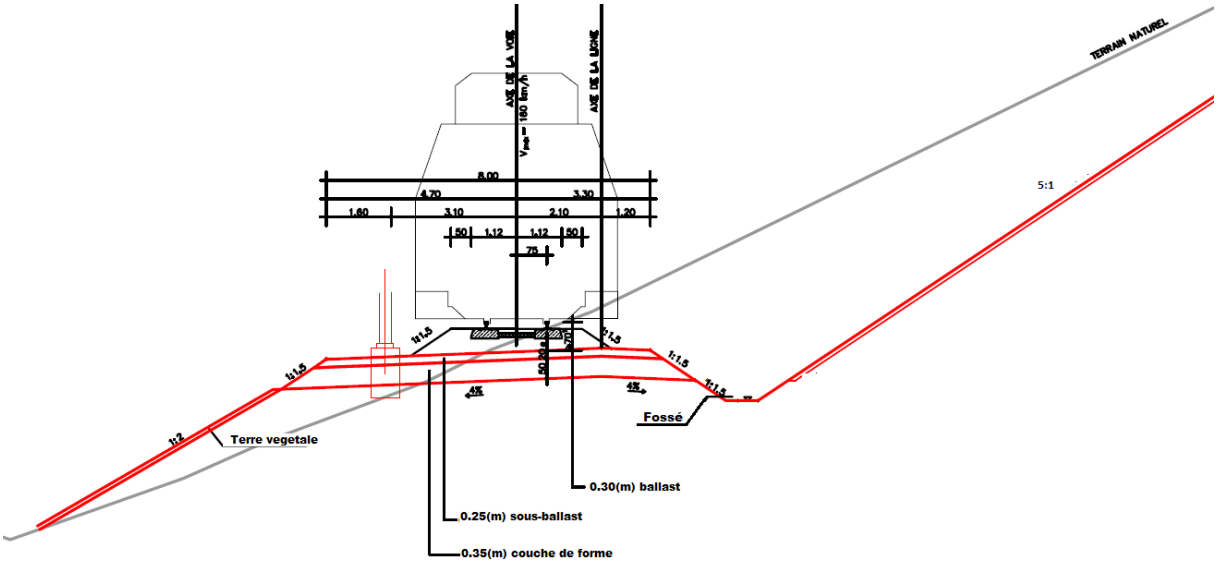


Figure 16: Schéma de profil en travers type.

5. CONCLUSION :

Au terme de cette théorie, nous avons réussi à affiner les paramètres géométriques de la voie ferrée avec quelques règles qui nous permettent d'étudier correctement notre section. Cette partie théorique soutiendra donc le développement de notre ligne ferroviaire présenté au chapitre IV.

Dans le chapitre suivant, nous aborderons la géologie et la géotechnique du terrain dans lequel le projet sera réalisé ainsi que les résultats des essais.

CHAPITRE 3 : GÉOLOGIE ET GEOTECHNIQUE DE TRACÉ .

1. INTRODUCTION :

Le volet géologie géotechnique phase préparation à la réalisation, des Études de la desserte ferroviaire Ain Beida (Wilaya de Oum-El-Bouaghi) / Khenchela »
L'ensemble des travaux réalisés et les résultats obtenus de la campagne géotechnique ont été synthétisés et exposés dans le présent chapitre de telle manière à déterminer :

- La nature et les propriétés des sols en place avec la classification des matériaux ;
- Le dimensionnement de la structure de plateforme ferroviaire ;
- L'identification et la localisation des problèmes et/ou des contraintes techniques du point de vue géologique et géotechnique;
- La définition des zones d'emprunt, ainsi que les carrières pour granulats et ballast ;

2. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL :[11]

Le pays comprend quatre grands domaines du nord au sud:

- L'Atlas tellien (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales dont les plus riches d'Algérie sont la Mitidja au centre, le Chelif à l'ouest et le Seybouse à l'est;
- Les Hauts Plateaux;
- L'Atlas saharien forme une longue suite de reliefs orientés Nord-Est – Sud- Ouest s'étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie;
- Le Sahara, qui recèle l'essentiel des ressources en hydrocarbures, est un désert formé de grandes étendues de dunes (Erg Oriental et Erg Occidental), de plaines caillouteuses (regs) et parsemé d'oasis, qui sont autant de centres urbains comme El Oued, Ghardaïa et Djanet . Le massif des Eglab à l'ouest et le massif du Hoggar à l'est forme, pratiquement, la limite méridionale du Sahara algérien.

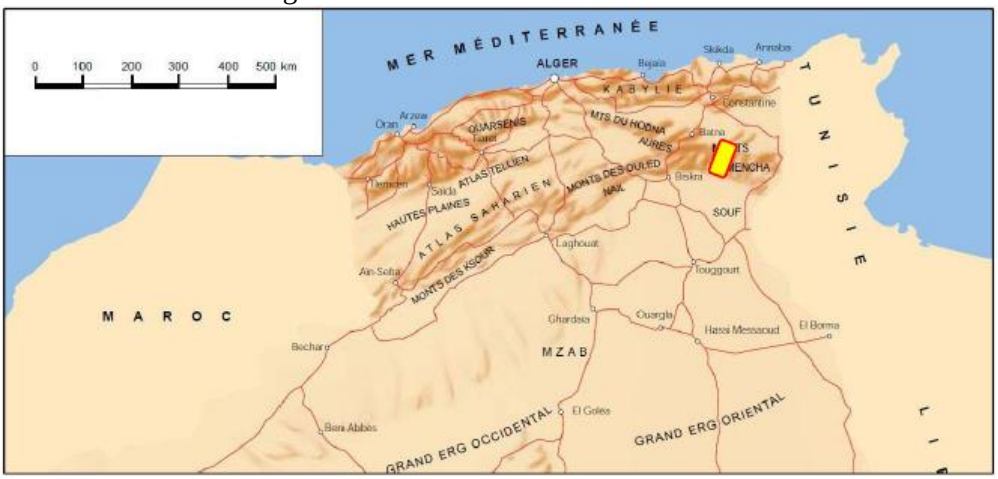


Figure 17: Géographie de l´Algérie (carré rouge/jaune : tracé).

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud- atlasique :

- Le Nord de l'Algérie porte l'empreinte de la tectonique alpine;
- La plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée.

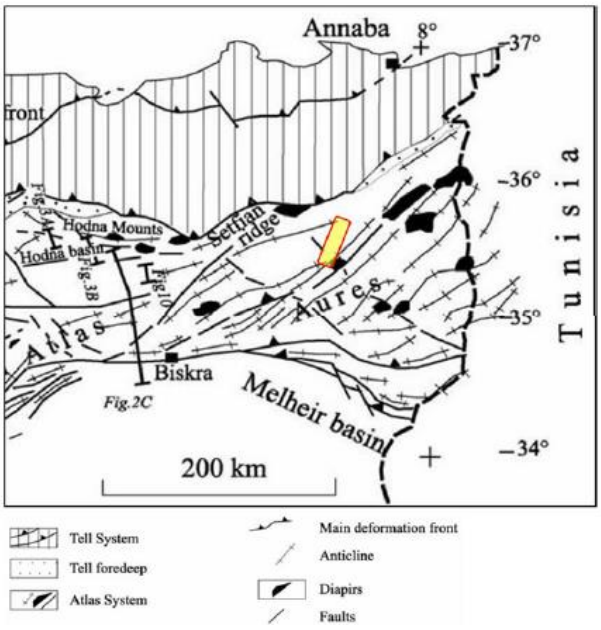


Figure 18: Carte des structures géologiques de l'est de l'Algérie, (carré rouge/jaune : tracé).

Le projet se situe dans la région entre le vaste quadrilatère montagneux des Aurés et les vastes plains de F´Kirina et d´Oum El Bouaghi. Les monts des Aurès prolongent l´Atlas saharien vers le Nord-Est. La région de Khenchela contient une suite voûtes et synclinales des roches crétacés. Les dépressions sont ouillées avec des sédiments tertiaires et quaternaires.

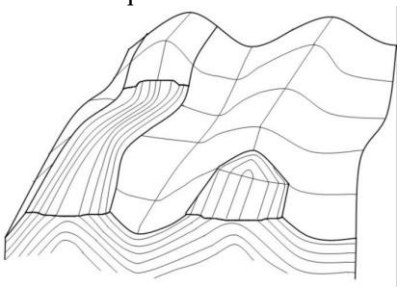


Figure19: Alternance des anticlines et synclinales.

3. APERÇU GEOLOGIQUE LOCAL :[10]

Le domaine géologique de la région d'Ain Beida constitue la limite orientale des hautes plaines Constantinoises.

Assez loin au Nord se dressent les premières pentes du Tell Constantinois. A l'Est, au-delà du fossé de Terraguelt, se développe la zone des diapirs des monts du Méllègue. Au Sud et à l'Ouest s'étendent les vastes plaines de F'kirina et d'Oum el Bouaghi.

Les premières manifestations tectoniques de la région d'Ain Beida sont liées à un diapirisme, les faciès sont des récifs classiques.

La discordance Miocène atteste sur cette feuille d'Ain Beida de l'existence de la phase atlasique fini-éocène.

Il faut replacer la vaste plaine de F'kirina dans un cadre géologique plus vaste pour constater qu'elle appartient au domaine des plis Atlasiques, orientés sensiblement à Nord 40°.

Ce secteur est épargné par l'important diapirisme qui affecte la région de Khenchela. Plus, au Sud-Ouest du tracé, un rapide coup d'oeil sur la carte géologique de Khenchela, permet d'établir une opposition entre deux secteurs:

- à l'Ouest de Khenchela le style tectonique est celui de l'Aurès à faciès autochtones.

- à l'Est de Khenchela l'organisation et les structures sont compliquées par la présence de diapirs triasiques.

a. Aperçu stratigraphique : [11]

La région du site se situe dans une zone caractérisée par des formations géologiques dont la chrono stratigraphie est donnée dans les Figure G et Figure **G**.

Le tracé coupe les structures anticlinales et synclinales crétacées et triasiques à Khenchela à angle droit. Vers le Nord le tracé entre dans le bassin des roches tertiaires. Après il entre dans la vaste dépression de Garaet et Tarf qui est ouillée avec des sédiments quaternaires. Le tracé reste dans ce bassin quaternaire jusqu´à Ain Beida.

b. Quaternaire :

Les formations géologiques traversées le long du tracé font partis du Quaternaire qui se constitue de (selon les notices explicatives des cartes géologiques au 1/50.000, *feuille Ain Beida, feuille Oum El Bouaghi et feuille Khenchela*) :

- Alluvions, Terres arables, Quaternaires indéterminé (Q)
- Encroûtement calcaire – Villafranchien probable (Qc)
- Glacis polygéniques nappant les reliefs (Qt)
- Formations dunaires (Qd)
- Sols salés anciens (Qs)
- Sol de sebkha (S)

(VOIRE L'ANNEXE)

c. Tertiaire :

(selon les notices explicatives des cartes géologiques au 1/50.000, feuille Ain Beida et feuille Khenchela)

Le Tertiaire est remarqué à proximité du tracé et n'affleure qu`aux alentours de Baghai en se dirigeant vers El Hamma et est attribué au Miocène.

Figure 20: Baghai en se dirigeant vers El Hamma

d. Crétacé :

(Selon les notices explicatives des cartes géologiques, feuille Ain Beida, feuille Khenchela et feuille Ain Beida)

Le Crétacé est remarqué à proximité du tracé à Djebel Oum el Guemel situé au sud d'Ain El-Beida sur la rive gauche de la route et est attribué au **Maestrichtien supérieur « c6b »** Constitué de calcaire à Inocérames.

Figure 21: Djebel Oum el Gumel.

4. DESCRIPTION GEOLOGIQUE LE LONG DE LA TRACE :

De Ain Beida à 11 km au Sud-Sud-Ouest, le tracé coupe le bassin du quaternaire dont les formations traversées sont surtout **«Qt»** et **«Qc». La formation «Q»** est coupée surtout entre PK 11+000 et PK 13+000 dans la carte géologique ci-dessous.

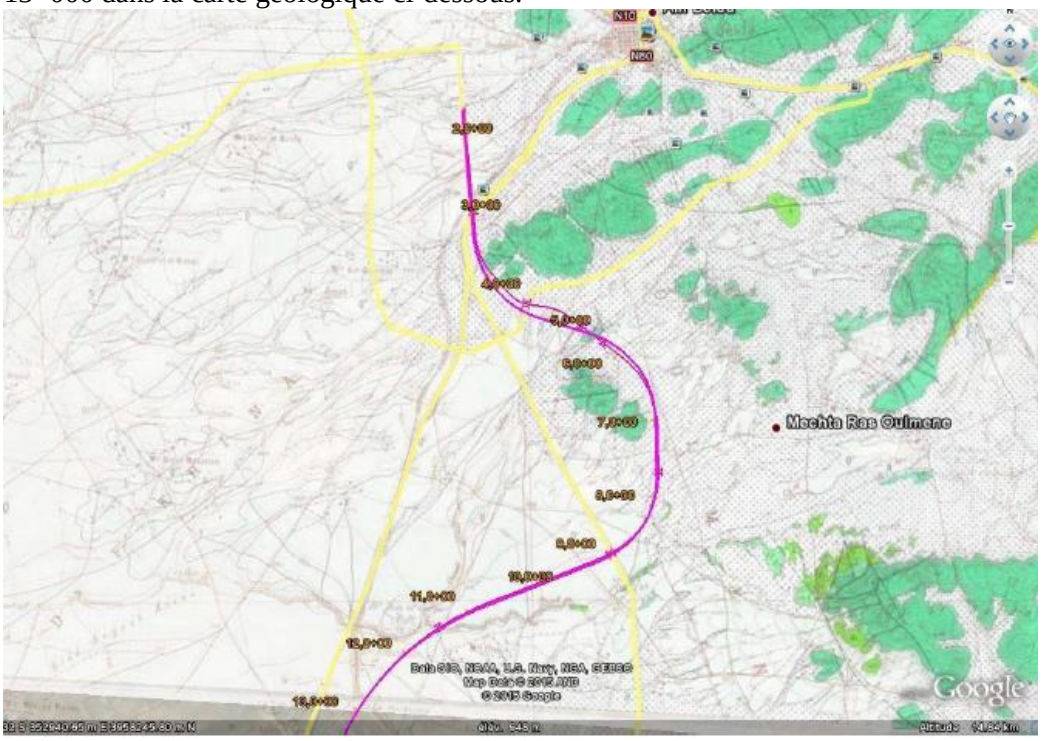


Figure 22: Carte géologique de l´Algérie, feuille Ain Beida.

De Ain Beida à F'kirina du PK 08+000 au PK 23+000 Sud-Sud-Ouest de Ain Beida (Figure X), le tracé coupe le bassin du quaternaire surtout de type **«Q»** avec quelques passage du **«Qc»** pour passer après dans la vaste dépression de Garaet el Tarf qui est ouillée avec les sédiments du quaternaires.

Le tracé continu a coupé surtout les formations du **«Q» avec** quelques passages du **«Qc»** pour rejoindre celui de l'ancienne voie métrique Ain Beida - Khenchela au niveau du PK (28+200).

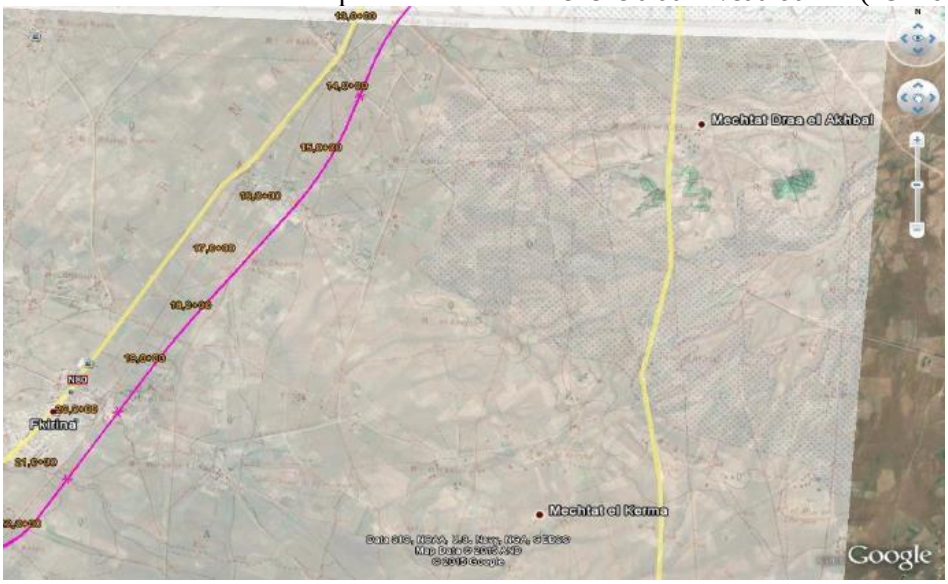


Figure23: Carte géologique de l´Algérie, feuille de F'kirina.

Le tracé quitte celui de l'ancienne ligne Ain Beida – Khenchela aux environs du PK (40+000) et contourne la ville de Baghai par l'ouest d'où l'implantation de la gare intermédiaire de Baghai dont les formations traversées dans la carte géologique sont **«Q» et «Qc»** et le **«Qt»** vers la fin.
Le tracé se dirige vers El Hamma en traversant les formations du **«Qt» et «Qc»** surtout et se rapproche de l'université et effectue une courbe pour venir implanter la gare de Khenchela.

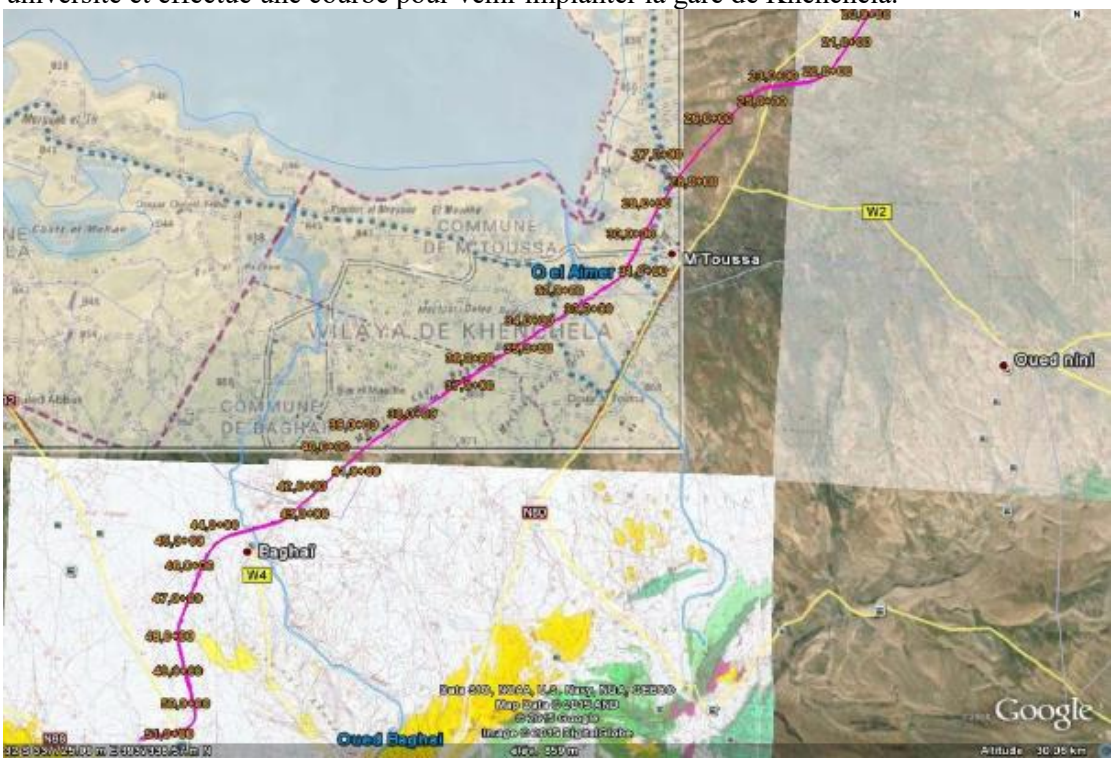


Figure24: Le parcours du tracé de F'kirina jusqu'à la gare de Khenchela.

5. SISMICITE DU SITE : [11] ,[12]

D'après le RPOA2008 / version 2008 du ministère des travaux publics les règles parasismiques applicables au domaine des ouvrages d'art, la wilaya de Khenchela et la wilaya de Oum El Bouaghi sont classées zone « I » ; c'est-à-dire zone à sismicité faible.
Le document technique réglementaire cité ci-avant divise le territoire algérien en 5 zones de sismicité croissante, soit :
Zone 0 : Sismicité négligeable
Zone I : Sismicité faible
Zone II a : Sismicité moyenne
Zone II b : Sismicité élevée
Zone III : Sismicité très élevée

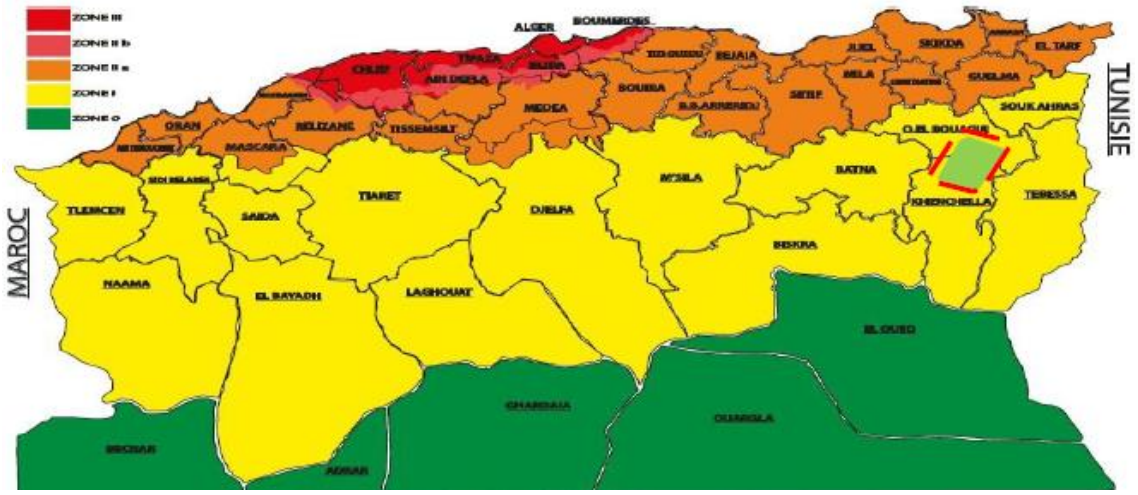


Figure 25 : Zones de sismicité (carré rouge/verte : tracé)

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

Groupe 1 : Pont stratégique

Groupe 2 : Pont important

Groupe 3 : Pont d'importance moyenne

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

Groupe de pont	Zone sismique			
	I	IIa	IIb	III
1	0.15	0.25	0.30	0.40
2	0.12	0.20	0.25	0.30
3	0.10	0.15	0.20	0.25

Tableau 11: coefficients d'accélération.

Note : Si en considère que le projet fait partie du groupe 1 (ponts d'importance vitale, qui doivent demeurer opérationnels après un séisme majeur), le coefficient d'accélération de zone « A » à prendre en considération pour le dimensionnement des ouvrages, sera de: **A = 0.15**.

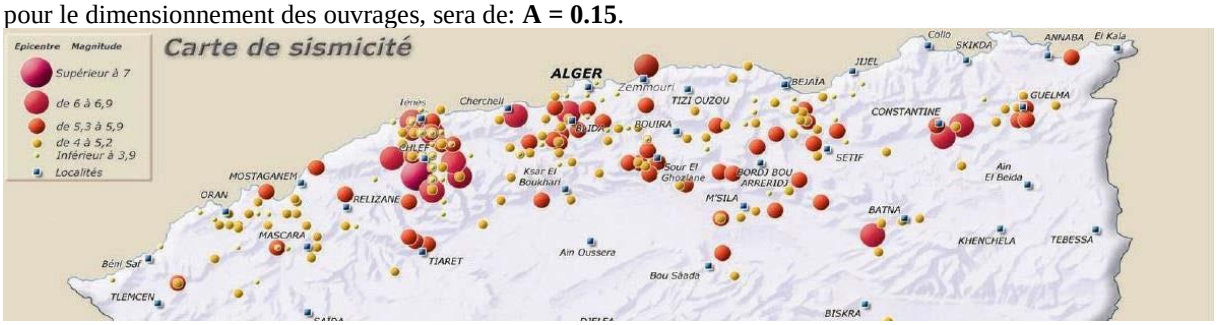


Figure 26: Tremblements de terres enregistrés (« L´Atlas pratique de l`Algérie » : *Djazairouna*, Institut National de Cartographie, 2004)

6. Climat et hydrographie :

Les températures dans la région varient entre 11 à 15°C en hiver et 30 à 35°C l'été. La région présente une pluviométrie entre 200 et 400 mm/an. Les vents fort (V > 16m/s) sont rares dans la région.

Le climat de la Wilaya d'Oum El Bouaghi est semi-aride caractérisé par des hivers très froids moyennement pluvieux et des étés très chauds et secs.

Pour la région de Khenchela, le climat est de type continental sec avec des chutes de neige en hiver.

L’orographie est caractérisée par des zones montagneuses et hautes plaines au Nord de la Wilaya et une zone steppique au Sud.
Les eaux de surfaces de la vaste plaine de F’kirina, mal drainées par le lit marécageux de l’Oued Nini, se dirigent vers le Sud-Ouest, à la zone déprimé de Garet et Tarf toute proche.
La région de F’kirina possède une petite nappe superficielle exploitée par de nombreux puits, ses possibilités sont très réduites mais ont néanmoins permis la réalisation d’un habitat très dispersé.
Cette nappe qui permet la permanence des zones marécageuses de l’oued Nini.
Plus, au sud à la région des reliefs montagnards de Khenchela le réseau hydrographique se dirige vers la dépression de Bahiret Sbikha, endoréique installée à l’intersection de Khenchela, Delaa et Zoui.

7. Hydrologie et hydrogéologie[8], [10]

Le réseau hydrographique de la Wilaya d’Oum El Bouaghi est représenté par des cours d’eau exoréiques drainant la partie nord (Oueds Cherf, M’gaisba et Znati) et endoréiques représentés par des chenaux rejoignant un ensemble de sebkhas situés au Sud de la Wilaya. Ce sont des cours d’eau temporaires.
Les nappes acquières de la région d’Oum El Bouaghi sont attribuées aux formations carbonatées du Crétacé et aux dépôts alluvionnaires du plateau néogène.
Les agglomérations d’Ain Fakroun et d’Ain Kercha sont alimentées à partir des nappes acquières des formations calcaréo-dolomitiques et calcaréo-gréseuses des massifs du Djebel Fortass, Djebel Guerrioum et de la plaine de Taxas. La localité d’Oum El Bouaghi est desservie par les calcaires aptiens du Djebel Touzzaline.

8. COUPE LITHOLOGIQUE DES SONDAGES CAROTTES :[10]

Sondage au niveau PK20+500 :
0.00.1.80m : Terre Végétale Compose Par Des Argiles Marron Sombres, Pâteuses, Très Humides.
1.80-5.00m Argiles Marron Sombres, Pâteuses, Très Humides, Renfermant Des Débris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pâteuse.
5.00-12.50m : Argiles Marron Sombres, Pâteuses, Très Humides, Renfermant Des Débris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pâteuse.
12.50-15.00m : Tuf Argileux Bruns Fonces Hétérogènes, A Eléments Cailloute centimétriques Carbonates. Présence Des Débris Végétaux Et Fragments De Coquilles D'escargots.

Figure27 : Sondage carotté PK20+500 caisse 01 (0.00-5.00), caisse02 (5.00-10.00), caisse03 (10.00-15.00)m.

Sondage SC- 03 PK22+300
0.00-6.50m Argiles Marron Sombres, Pâteuses, Très Humides, Renfermant Des Débris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pâteuse.
6.50-12m : Alluvions bruns foncés hétérogènes, à éléments caillouteux centimétriques carbonatés. Le ciment silteux fin renferme des taches blanchâtres indiquant des réactions d'altérations super gènes. L'auscultation révèle la présence de paillettes
Centimétriques de gypse, des débris végétaux et fragments de coquilles d'escargots.
12-15m : Tuf Argileux Bruns Fonces Hétérogènes, A Eléments Cailloute centimétriques Carbonates. Présence Des Débris Végétaux Et Fragments De Coquilles D'escargots.

Figure28:Sondage carotté SC-03 PK22+300 caisse01 (0.00-5.00), caisse02 (5.00-12.00) caisse03 (12.00-15.00)m.

Sondage SC-20C PK 26+500

0.00-15.00m : Argiles Marron Sombres, Pateuses, Tres Humides, Renfermant Des Debris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pateuse.

Figure29 : Sondage carotté SC-20C PK 26+500 caisse1 (0.00-05.50),caisse2 (05.50-10.50), caisse 3 (10.00-15.00)m.

Sondage SC-08C PK 29+575

0.00-15m ; Argiles Marron Sombres, Pateuses, Tres Humides, Renfermant Des Debris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pateuse.

Figure30 :Sondage carotté SC-08C PK 29+575 caisse1 (00.00-05.00),caisse2 (05.00-10.00) m

9. LES PUITS DE RECONNAISSACES : [10]

PUITS PR : PK : 20 +150 :

0.00-3.00m :.Argiles Marron Sombres, Pateuses, Très Humides, Renfermant Des Debris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pâteuse.

Figure 31 : image de puit pk20+150.

PUITS PR: PK : 25 +700:
0.00-3.00m
Argiles Marron Sombres, Pâteuses, Très Humides, Renfermant Des Débris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pâteuse.

Figure 32 : image de puit pk20+700.

PUITS R- 05C : PK : 27+600 :
0.00-2.00m : Argiles Noir Sombres, Pâteuses, Très Humides, Renfermant Des Débris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pâteuse.
2.00-3.00m : Argiles Marron Sombres, Pâteuses, Très Humides, Renfermant Des Débris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pâteuse.

Figure 33 : image de puit pk27+600.

PUITS R- 28C : PK : 29 +700 :
0.00-3.00m :
Argiles Marron Sombres, Pâteuses, Très Humides, Renfermant Des Débris Marneux Noirs Gris Dans La Consistance Argilo - Pâteuse.

10. GEOLOGIE LOCALE ET COMPORTEMENT DES MATERIAUX :

a. Résultats de la reconnaissance in-situ

L'analyse des forages et des puits réalisés le long du tracé a permis l'établissement des coupes géologiques montrant la lithologie des terrains traversés en profondeurs ainsi que leurs épaisseurs, ce qui permet de connaître la nature du sol support :

Du PK 18+000 au PK 33+500 (F'kirina), le tracé coupe toujours le bassin du quaternaire pour passer après dans la vaste dépression de Garaet el Tarf qui est ouillée avec les sédiments du quaternaires.
Les formations révélées par **les puits et les sondages carottés** sont comme suit :
- Argile limoneuse parfois sableuse graveleuse à concrétion carbonaté rougeâtre, brunâtre ou jaunâtre est révélée sur tout le tracé.
- Argile tufacée ou tuf peu argileux, cette formation est dispersée sur tout le tracée et à différentes profondeurs. Révélé aux niveaux des sondages entre les PK 19+122 et PK38+385, et au droit des puits du PK 22+349 au PK25+200.

L’apparition des gypses est notée à partir du PK 16+018 jusqu’au PK 26+756 ainsi qu’au droit des puits.

Figure34 :PK20+200. Ouvrage d’Art de l’ancien tracé de la voie métrique.

Figure35 :PK24+550. Apparition des traces de gypse à l’oeil nue.

Figure 36 :PK24+700. L’entrée de BOUFAR.

11. INTERPRETATION DES RESULTATS DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUE :

Les tableaux suivants donnent les résultats des essais pressiométriques.

Au niveau de PK 24+544 :

Profondeur (m)	*Module de déformation E en (Bars)*	*Pression limite PL en (Bars)*	*Pression fluage PF en (Bars)*
01.50	105.55	10.11	07.66
03.00	122.21	12.00	08.20
04.50	193.22	17.54	12.55
06.00	240.00	21.44	13.00
07.50	288.80	27.33	15.66
09.00	310.22	27.41	16.10
10.50	344.21	29.00	16.50
12.00	322.29	30.00	17.45

Tableau 12:les résultats des essais pk24+544.

Au niveau de PK 27+514 :

Profondeur (m)	*Module de déformation E en (Bars)*	*Pression limite PL en (Bars)*	*Pression fluage PF en (Bars)*
01.50	103.22	10.00	06.82
03.00	122.45	12.00	07.85
04.50	192.32	18.00	12.11
06.00	250.00	23.88	15.69
07.50	290.99	27.93	16.56
09.00	320.55	29.10	16.96
10.50	344.10	29.65	17.50
12.00	341.22	31.12	18.00

tableau 13:les résultats des essais pk27+514.

Les résultats des essais au laboratoire de la pahse APD effectués sur les échantillons prélevés des sondages carottés sont récapitulés dans les tableaux suivants:

N° forages	Profondeur	W	Densité (t/m3)		SR	Limites d'Atterberg (%)			granolu	cisaillement			OEdométre			Analyses chimiques				Classification	
		%	γd(t/m3)	γh(t/m3)		Wl	Wp	Ip	<80 µm	type	C (bars)	Φ (°)	Pc	Cc	Cg	SO4	CaCO3	Cl-	gypse	GTR	UIC
	1.50-2.00	19.87	1.74	2.09	100	52	26	26	97	UU	0.41	11	1.39	17.65	5.73	/	/	/	/	QS1	A3
	4.80-5.00	18.95	1.74	2.07	96.02	56	29	27	86	CD	/	/	/	/	/	0.27	44.8	0.31	4.83	QS1	A3
SC 01	8.00-8.50	20.43	1.74	2.10	103.49	53	26	27	90	UU	0.32	16	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A3
	1.50 – 2.00	19.20	1.71	2.04	94	53	27	26	91	CD	0.39	10	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A3
	5.45 – 6.00	19.64	1.71	2.05	94.68	45	23	22	79	UU	0.35	19	1.42	24.65	2.80	0.19	37.60	0.24	3.4	QS1	A2
SC 02	8.00 – 8.60	19.33	1.65	1.97	84.52	45	22	23	70	CD	/	/	1.42	27.98	3.19	/	/	/	/	QS1	A1
	2.70 – 3.00	22.22	1.64	2.0	95.61	51	26	25	86	UU	0.39	06	/	/	/	0.15	28.8	0.24	2.65	QS1	A2
	6.6 – 7.00	18.22	1.62	1.91	75.94	51	25	26	80	CD	0.28	15	1.21	18.65	8.33	/	/	/	/	QS1	A3
SC 03	13 - 13.4	18.36	1.74	2.07	93.01	42	21	21	85	UU	/	/	1.71	21.65	8.92	0.10	40.80	0.28	-	QS1	A1
	3.00 – 3.50	29.02	1.46	1.89	94.35	59	29	30	94	CD	0.26	16	/	/	/	0.2	46	0.28	-	QS1	A3
	7.50 – 7.80	15.71	1.75	2.02	80.95	46	24	22	77	UU	0.24	05	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A2
SC 04	11.7 – 12.0	26.86	1.47	1.87	88.67	46	23	23	89	CD	/	/	1.82	29.65	10.55	0.12	39.60	0.28	-	QS1	A2
	2.45 – 2.80	18.89	1.77	2.10	100	56	29	27	86	UU	0.32	11	/	/	/	0.46	62.8	0.31	8.19	QS1	A3
	7.30 – 7.50	33.57	1.35	1.81	92.38	47	23	24	86	CD	0.32	16	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A3
SC 05	9.80 – 12.0	28.27	1.52	1.95	100	52	26	26	89	UU	/	/	1.65	19.65	6.84	/	/	/	/	QS1	A3
	2.45 – 2.65	23.3	1.64	2.02	100	51	26	25	96	CD	0.24	14	/	/	/	0.28	48	0.31	5.04	QS1	A2
	7.00 – 7.40	31.13	1.47	1.93	102.77	56	28	28	93	UU	0.25	10	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A2
SC 06	10.0 – 10.5	22.76	1.63	2.00	96.36	59	29	30	97	CD	/	/	1.69	18.65	5.21	0.11	44	0.28	-	QS1	A3
	2.60 – 2.80	19.59	1.65	1.98	85.64	53	28	25	84	UU	0.31	20	/	/	/	2.87	38	0.35	51.37	QS1	A3
	4.50 – 5.00	18.99	1.72	2.05	93.07	60	30	30	97	CD	/	/	1.59	23.65	6.19	/	/	/	/	QS1	A3
SC 07	8.30 – 8.70	20.24	1.63	1.96	85.69	51	26	25	91	UU	0.30	10	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A3

Tableau 14:Les résultats des essais au laboratoire.

Les résultats des essais au laboratoire effectués sur les échantillons prélevés des puits sont récapitulés dans les tableaux suivants:

PUITS	PROF (m)	granulo <80µm	VBS	Wn	LIMITES %			PROCTOR		Classification	
					WL	WP	IP	γd (t/m3)	W	GTR	UIC
PU 01	0.00-4.00	89	3.23	9.39	52	26	26	1.64	9.60	A3	QS1
PU 02	0.00-4.00	92	3.20	13.65	56	28	28	1.59	15.10	A3	QS1
PU 03	0.00-4.00	76	3.16	15.26	51	26	26	/	/	A3	QS1
PU 04	0.00-4.00	89	2.90	15.12	53	26	27	/	/	A3	QS1
PU 05	0.00-4.00	88	2.90	16.2	52	27	25	/	/	A3	QS1
PU 06	0.00-4.00	89	4.00	18.87	52	26	26	1.62	15.50	A3	QS1

Tableau 15 : Les résultats des essais au laboratoire.

12. UNITE GEOTECHNIQUE DE PK20 AU PK30:

Argile marneuse plus au moins limoneuse :

Il s'agit des formations quaternaires, cette formation est rencontrée tout le long du tracé, avec une profondeur plus au moins importante qui peut aller jusqu'à 15m, elle est constituée essentiellement d'argile marneuse d'une consistance compacte, revelées du PK 14+800 au PK 46+200, cette formation peut étre gypseuse par endroit : du PK16+018 au PK 26+756, du PK 35+388 au PK 37+540 et au niveau des PK 39+175 et PK 46+910. Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètres	Désignation	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Poids volumique sec	γd (t/m3)	1.57	2.03	1.8
Poids volumique humide	γh (t/m3)	1.92	2.12	2.02
Teneur en eau	W (%)	8.94	23.32	16.13
Degré de saturation	Sr (%)	63.27	98.43	80.85
Granulométrie	< 2mm	96	100	98
	< 80µm	59	100	79.5
Limites d'Atterberg	WL (%	31	71	51
	WP (%)	14	36	25
	IP (%)	14	36	25
VBS	(%)	1.68	6.42	4.05
Compression simple	Rc (Bars)	0.96	23.16	12.06
Compressibilité à l'odomètre	Pc (bars)	0.27	4.46	2.36
	Cc (%)	0.09	0.228	0.16
	Cg (%)	0.013	0.048	0.03
Cisaillement rectiligne UU	Cu (bars)	0.102	0.692	0.397
	φu (°)	3	22	12.5
Analyse chimique	Insolubles (%)	27	58.1	42.5
	Carbonates (%)	29.6	65.65	47.6
	Sulfates (%)	1.03	12.8	6.9

Tableau 16 : Les résultats des essais au laboratoire.

13. CONTRAINTES GEOTECHNIQUES :

a. Les zones inondables :

Le tronçon identifié comme zones inondables est surtout localisé entre Fkirina et Baghai entre les PK 16+600 jusqu'au PK 24+625 et du PK 29+200 jusqu'au PK 39+900.

Pour cela, l'étude de drainage est bien prises en compte pour ce tronçons dont les ouvrages hydrauliques sont plus fréquents.

Du point de vue géotechnique, les remblais en zones inondables doivent être dimensionnés de manière à assurer leur stabilité et leur durabilité, ils doivent être protégés par des enrochements latéraux ou des perrés avec, interposition d'un dispositif anti contaminant entre corps de remblai et enrochement. Le géotextile, améliore la qualité anti-contaminante des structures d'assise; il facilite également la mise en oeuvre des couches d'assise en évitant l'orniérage des couches de forme en sol QS3.
La hauteur de l´eau maximale est supposée être avec la hauteur maximale des dalots.
La hauteur de l´eau assigné pour les calculs géostatiques est un entonnoir de réduction qui s´adapte dans le matériau filtrant de la hauteur maximale au surface.
Les niveaux des plus hautes eaux sont déterminés par l'étude hydraulique comme suit:

Section zone inondable	Niveau NPHE/TN
DU PK16 au PK25	1.10 m
DU PK29 au PK39	0.50m

Tableau 17:NAPHE/TN.

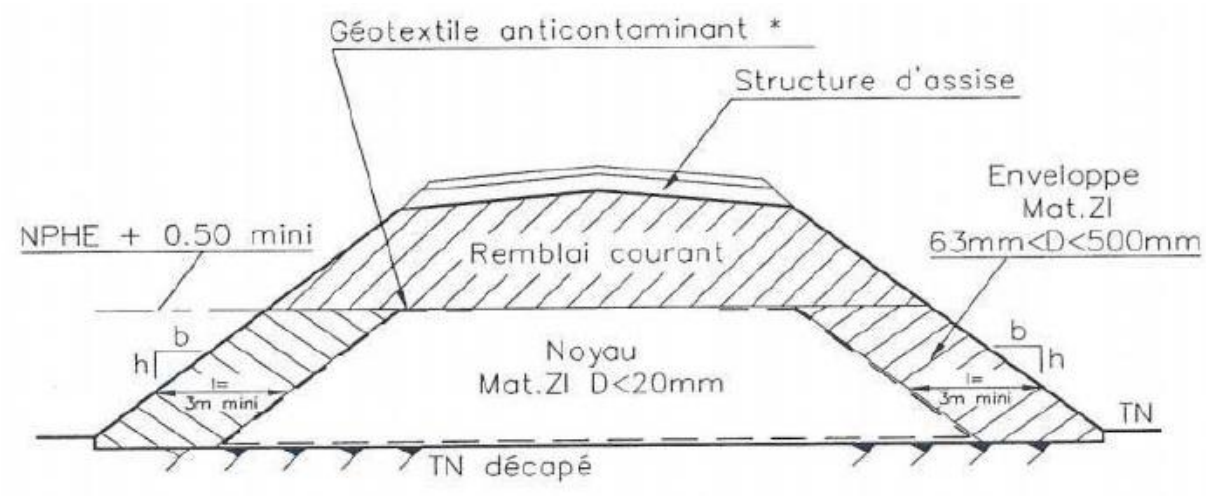


Figure 37 : Remblai en zones inondables avec noyau et enveloppe.

b. Agressivité des sols :

Le niveau d´agressivité du sol ou des eaux, c´est-à-dire les classes d´expositions Ai (attaques chimiques), peut être évalué selon les valeurs de la teneur en sulfates. Selon la norme relative à la classification des environnements agressifs (NF P 18-011, 1992), les classes A1, A2, A3 et A4 correspondent respectivement aux environnements à faible, modérée, forte et très forte agressivité chimique.

Classe d´agressivité	Spécifications [%]	environnement - niveau de protection
A0	0,0 - 0,24	non agressif
A1	0,24 - 0,60	faiblement agressif
A2	0,60 - 1,20	moyennement agressif
A3	1,20 - 2,40	fortement agressif
A4	> 2,40	très fortement agressif

Tableau 18 : Classification des environnements agressifs (NF P 18-011, 1992).

Le Fascicule « bétons classification des environnements agressifs » (FD P 18-011, 1992) fournit des recommandations complémentaires des exigences, pour les bétons soumis aux environnements chimiques agressifs.
La présence des sulfates détectée aux niveaux des échantillons extraits des sondages carottés et des puits de reconnaissance sur une partie considérable du tracé, dénote un sol agressif dont les sulfates varient de 1.03 à 12.8.

Pour cela, il y lieu de prévoir un ciment spécial pour la confection du béton des fondations d'ouvrages projetés et cela aux niveaux des tronçons ou le sol est agressif.

SC N°	PK	Géologie	Prof (m)	Sulfates %	Agressivité
A PARTIE DE L'APS					
PU-OB-11-14	16+625	Sable argileux vaseux jaunâtre	1.0 – 3.0	14.35	A4
PU-OB-12-14	17+225	Sable argileux tufacée et gypseux	0.5 – 3.0	25.08	A4
PU-OB-17-14	24+022	Argile limoneuse gypseuse vaseuse jaunâtre et noirâtre.	0.2 – 3.0	10.53	A4
PU-OB-18-14	24+617	Argile peu limoneuse gypseuse noirâtre.	1.0 – 3.0	11.14	A4

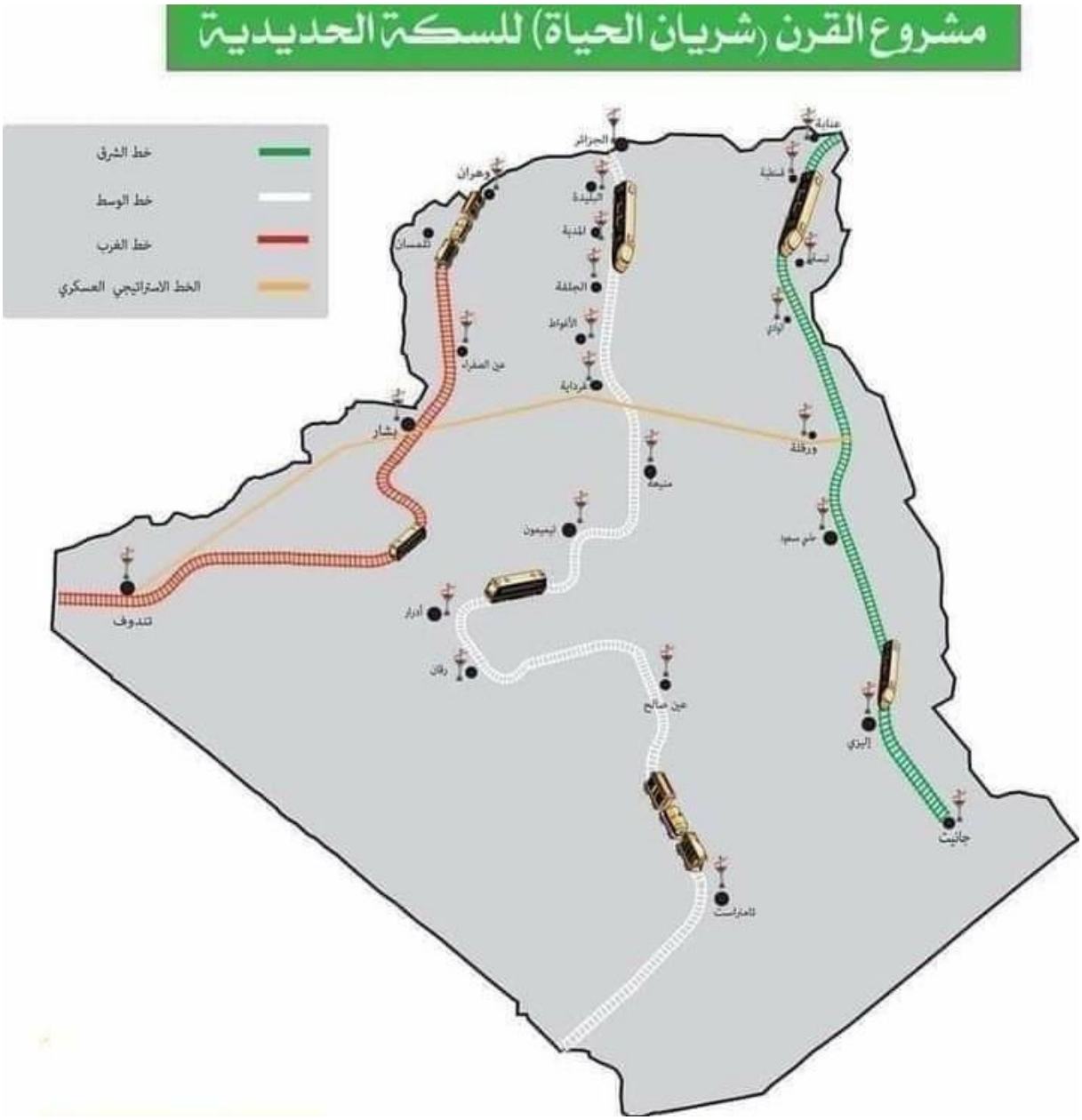
Tableau 19 : agressivités des sols.

14. CONCLUSION :

Dans le cadre de l'investigation géotechnique L'interprétation générale des résultats obtenus à travers les essais permis de conclure que le sol d'assise se caractérise par ce qui suit :

- Selon la description faite à partir des sondages carotté et sondages pressiométriques, le sol est constitué la formation la plus dominante est une argile marneuse plus au moins limoneuse ou cette formation a été rencontré tout le long du tracé avec des profondeurs qui peuvent aller jusqu'à 15 m.
- Selon le R.P.A (2003) et les résultats obtenus à partir des essais in situ, le site est classé dans la catégorie S3 (sol meuble).
- Selon la classification RPA 99/VERSION 2003 faite par le Centre National De Recherche En Génie Parasismique CGS, la zone d'étude est classée en zone I (sismicité faible).

CHAPITRE 4 : PRÉSENTATION ET ETUDE PRÉLIMINAIRE DU PROJET.



1. INTRODUCTION :

La zone intermédiaire entre Oum El Bouaghi et Khenchela Villas est une excellente région agricole, reliée uniquement par les routes nationales 32 et 80. Cette liaison devrait être renforcée par une ligne ferroviaire évitant les perturbations routières pour permettre une meilleure efficacité dans le transport des produits agricoles vers les industriels. (intérêts socio-économiques).Dans ce chapitre, nous présentons également l'élaboration préliminaire de tracé ferroviaire proposé pour la ligne Ain Beida – El Hamma. Leur élaboration s'effectue selon les recommandations suivantes :

• Si les conditions du sol le permettent, utiliser de grands rayons.

•Éviter de franchir la ligne en terrain problématique (terrain compressible, failles géologiques, zones alluviales, etc.).

2. SITUATION ET DESCRIPTION DU PROJET :

Le projet est réparti sur six (6) communes et deux (2) wilayas :
- La wilaya d'Oum El Bouaghi (Communes de : Ain Beida, F'kirina et Oued Nini).
- La wilaya de Khenchela (Communes de : M'Toussa, Baghaï et El Hamma).

Ces wilayates à vocation agricole, se localisent à l'Est du pays et appartiennent au domaine des Hauts Plateaux

La wilaya d'Oum El Bouaghi est limitée au :
- Nord par les wilayas de Guelma et de Constantine ;
- Sud par les wilayas de Khenchela et de Batna ;
- Ouest par la wilaya de Mila ;

- Est par les wilayas de Souk Ahras et de Tébessa.

La wilaya de Khenchela quant à elle est limitée au :
- Nord par la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- Sud par la wilaya d'El Oued ;
- Ouest par les wilayas de Batna et de Biskra ;
- Est par la wilaya de Tébessa

3. ETAT ACTUEL DE LA LIGNE EXISTANTE :

Photos de PK2 AU PK15 :

Figure38 : Piste qui lange l'ancien tracé de la voie métrique.

Figure 39:Trace de l'ancien ligne et piste qui lange.

PHOTOS DE PK18 AU PK32 :

Figure40: Conduite à proximité de l'ancien tracé de la voie métrique.

Figure41:OH de l'ancien tracé de la voie métrique.

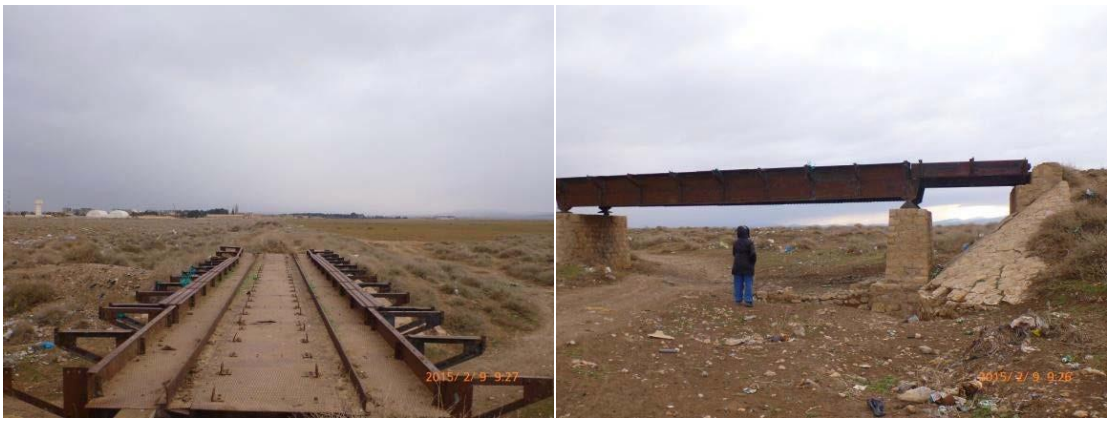


Figure42 : Ouvrage d'Art de l'ancien tracé de la voie métrique.

PHOTOS DE PK35 AU PK45 :

Figure43 : Contournement de Beghai.

Figure44 : Ouvrage d'Art de l'ancien tracé de la voie métrique.

Figure45: l'ancien tracé de la voie métrique PK34.

Figure46 : Les trace du Ballaste de l'ancien tracé de la voie métrique.

4. DETAILS DE TRACE :

Le projet vise à relier la ville de Ain El-beida de la Wilaya de Oum El Bouaghi à la ville de Khenchela qui rentre dans le cadre de la modernisant la rocade ferroviaire des hauts plateaux (Ain M'lila/Ain Touta/M'Sila Boughezoul- Ain M'lila/Tébessa) et leurs interconnexions (Ain Beida/Khenchela/Batna/Sétif).

Cette nouvelle déserte ferroviaire pour le transport mixte (voyageur, marchandise) sur un linéaire de 51 Km d'environ :

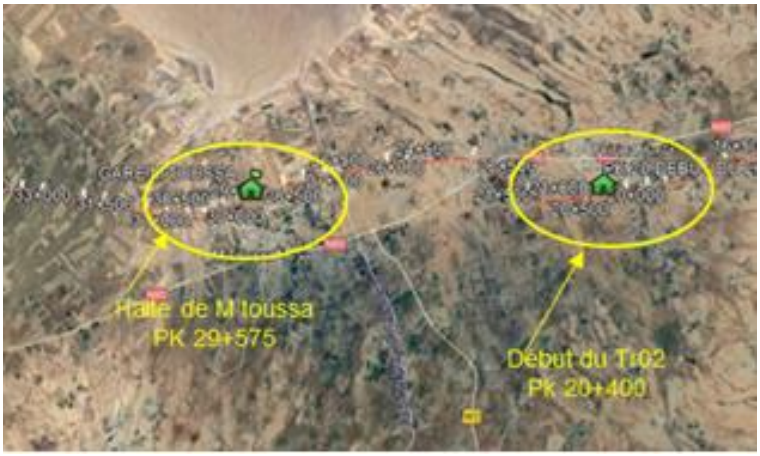
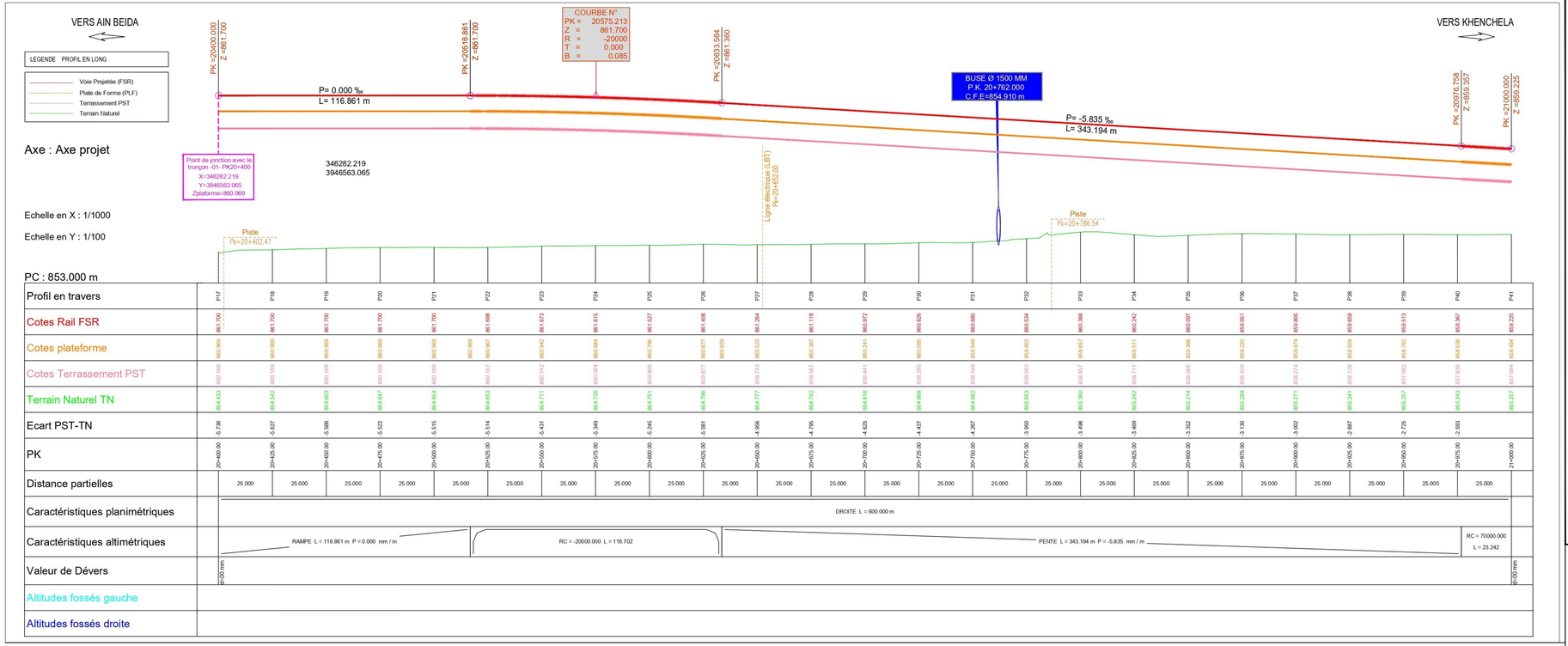
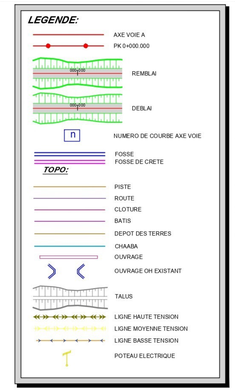


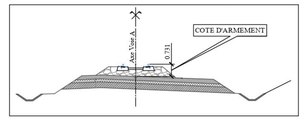
Figure47 : Plan synoptique du la déserte ferroviaire.

- **Expose des profils de PK20 AU PK23 :**



Num.	Abscisse	X	Y
P01	20+400.000	346282.219	3946563.065
P02	20+425.000	346265.363	3946544.602
P03	20+450.000	346248.507	3946526.140
P04	20+475.000	346231.651	3946507.677
P05	20+500.000	346214.795	3946489.214
P06	20+525.000	346197.939	3946470.751
P07	20+550.000	346181.083	3946452.288
P08	20+575.000	346164.227	3946433.825
P09	20+600.000	346147.371	3946415.362
P10	20+625.000	346130.515	3946396.900
P11	20+650.000	346113.659	3946378.437
P12	20+675.000	346096.803	3946359.974
P13	20+700.000	346079.947	3946341.511
P14	20+725.000	346063.091	3946323.048
P15	20+750.000	346046.235	3946304.585
P16	20+775.000	346029.380	3946286.123
P17	20+800.000	346012.524	3946267.660
P18	20+825.000	345995.668	3946249.197
P19	20+850.000	345978.812	3946230.734
P20	20+875.000	345961.956	3946212.271
P21	20+900.000	345945.100	3946193.808
P22	20+925.000	345928.244	3946175.345
P23	20+950.000	345911.388	3946156.883
P24	20+975.000	345894.532	3946138.420
P25	21+000.000	345877.676	3946119.957





TRACE EN PLAN - PROFIL EN LONG DU PK 20+400 AU PK 21+050

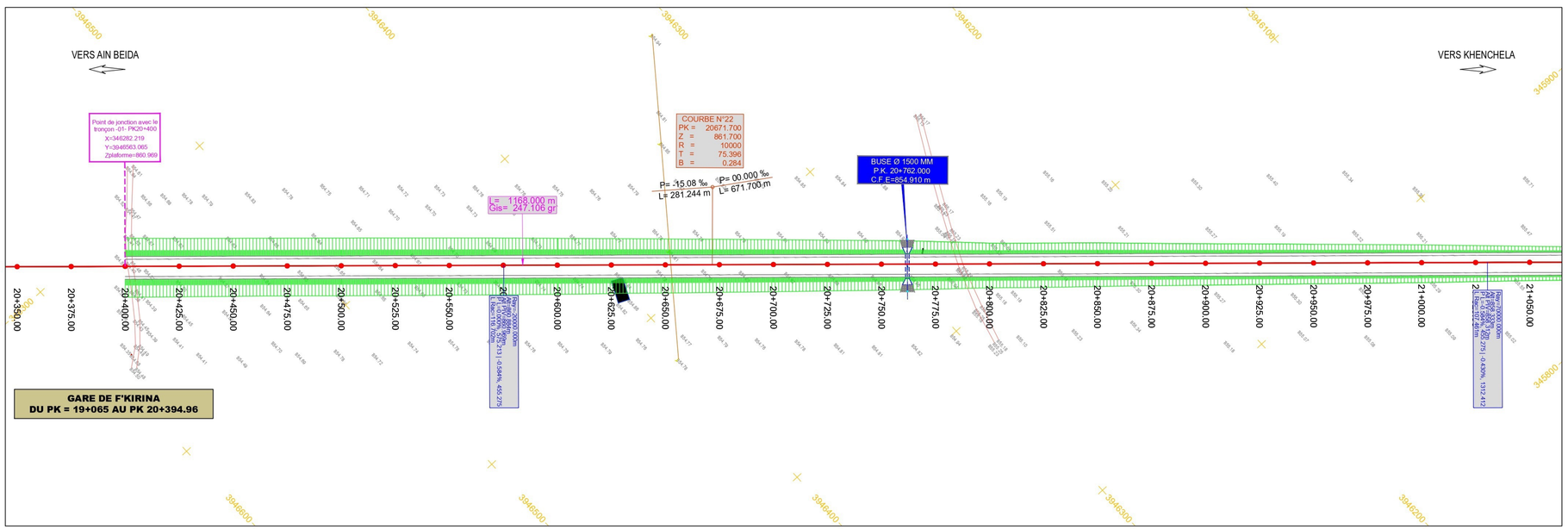


Figure 48

Profil n°: P33

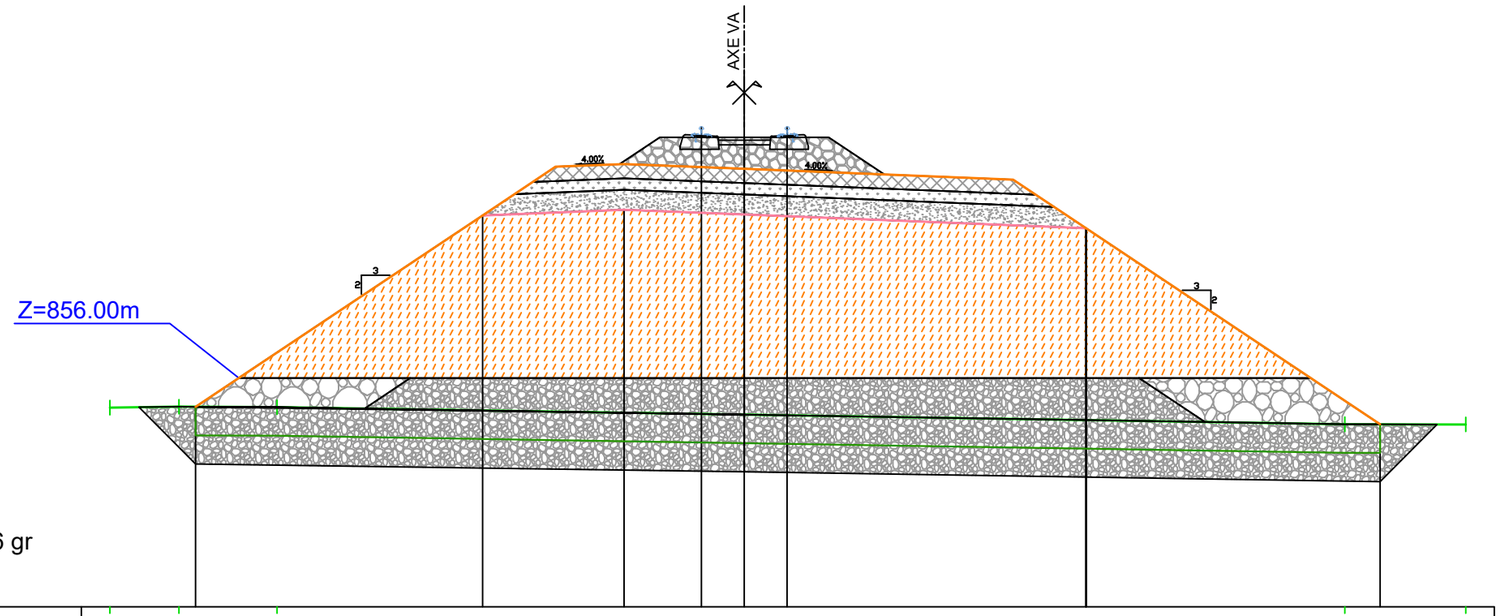
Abscisse : 20+800.00

Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Remblai : 53.657 m²

- BALLAST : 2.091 m²
- SOUS-BALAST : 2.100 m²
- COUCHE DE FONDATION : 1.823 m²
- COUCHE DE FORME : 3.498 m²
- ENROCHEMENT 63-500MM : 3.922 m²
- MATÉRIAUX 0-200MM : 30.716 m²
- REMBLAIS ZI : 40.814 m²

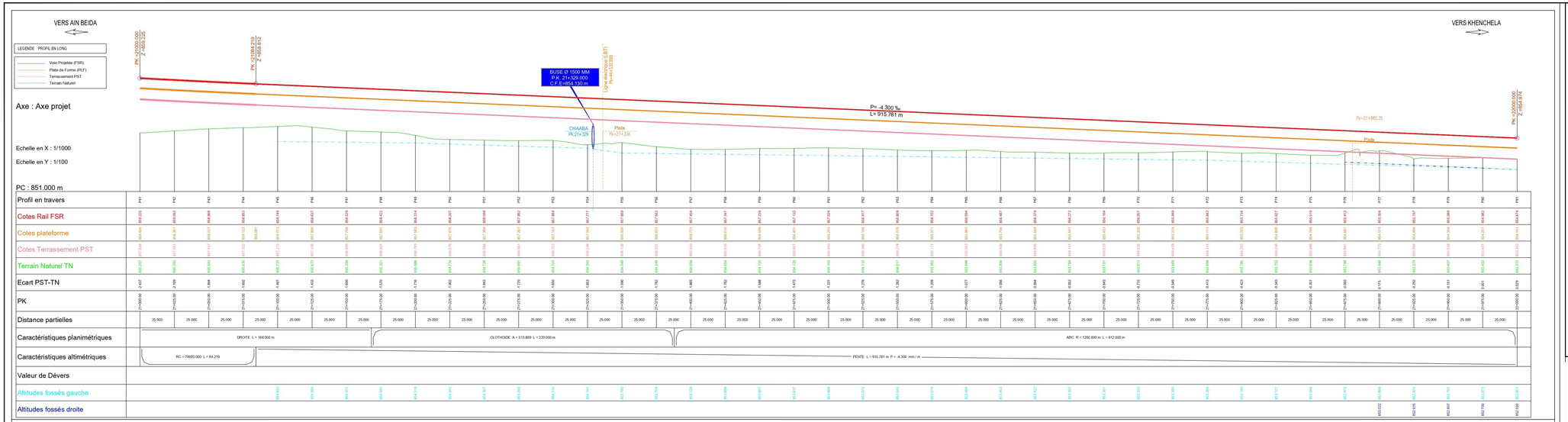
FSR = 859.765 mm
Dévers = 00 mm



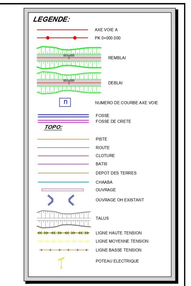
X= 346012.524
Y= 3946267.660
Gisement : 347.106 gr

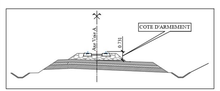
PC : 852.000 m

| | | |



Num.	Abscisse	X	Y
P25	21+000.000	345877.676	3946119.957
P26	21+025.000	345860.820	3946101.494
P27	21+050.000	345843.964	3946083.031
P28	21+075.000	345827.108	3946064.568
P29	21+100.000	345810.252	3946046.105
P30	21+125.000	345793.396	3946027.643
P31	21+150.000	345776.540	3946009.180
P32	21+175.000	345759.684	3945990.717
P33	21+200.000	345743.913	3945972.368
P34	21+225.000	345725.886	3945953.870
P35	21+250.000	345708.880	3945935.564
P36	21+275.000	345691.693	3945917.391
P37	21+300.000	345674.342	3945899.392
P38	21+325.000	345656.768	3945881.612
P39	21+350.000	345638.931	3945864.095
P40	21+375.000	345620.795	3945846.868
P41	21+400.000	345603.326	3945830.040
P42	21+425.000	345583.511	3945813.578
P43	21+450.000	345564.358	3945797.513
P44	21+475.000	345544.873	3945781.849
P45	21+500.000	345525.067	3945766.595
P46	21+525.000	345504.947	3945751.767
P47	21+550.000	345484.523	3945737.341
P48	21+575.000	345463.802	3945723.354
P49	21+600.000	345442.790	3945709.801
P50	21+625.000	345421.510	3945696.689
P51	21+650.000	345399.956	3945684.024
P52	21+675.000	345378.144	3945671.810
P53	21+700.000	345356.085	3945660.053
P54	21+725.000	345333.778	3945648.758
P55	21+750.000	345311.245	3945637.935
P56	21+775.000	345288.482	3945627.574
P57	21+800.000	345265.527	3945617.695
P58	21+825.000	345242.382	3945608.296
P59	21+850.000	345219.006	3945599.387
P60	21+875.000	345195.485	3945590.955
P61	21+900.000	345171.782	3945583.021
P62	21+925.000	345147.894	3945575.583
P63	21+950.000	345123.877	3945568.643
P64	21+975.000	345099.721	3945562.205
P65	22+000.000	345076.436	3945556.272





TRACE EN PLAN - PROFIL EN LONG DU PK 21+050 AU PK 22+125

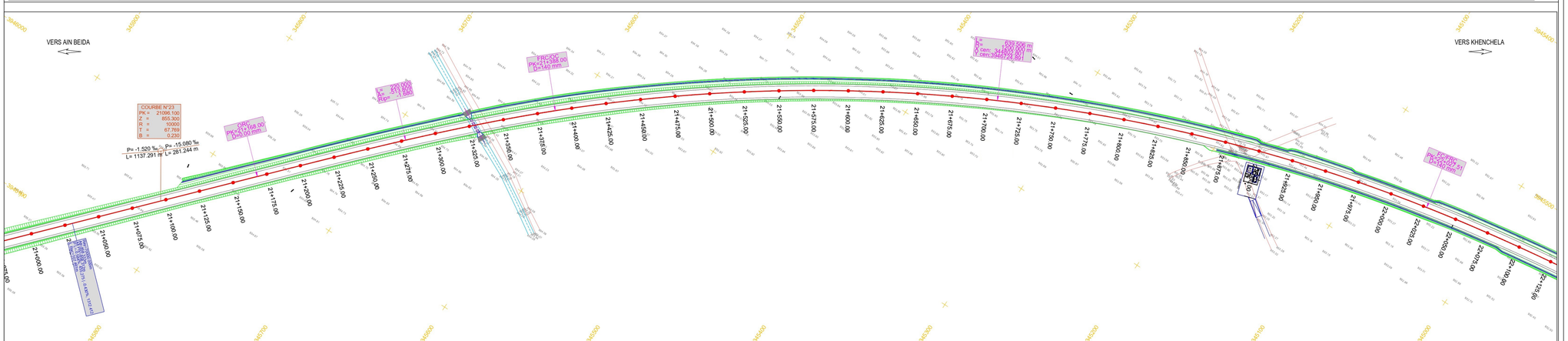


Figure 50

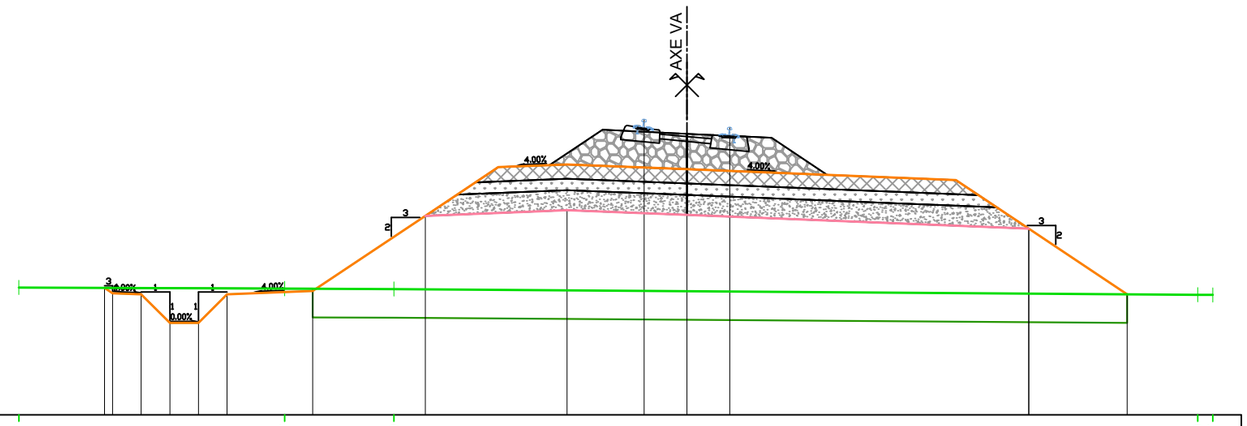
Profil n°: P61

Abscisse : 21+500.00

Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Remblai : 15.758 m²
Déblai : 0.828 m²
BALLAST : 2.412 m²
SOUS-BALAST : 2.100 m²
COUCHE DE FONDATION : 1.823 m²
COUCHE DE FORME : 3.498 m²
Décapage : 7.121 m²

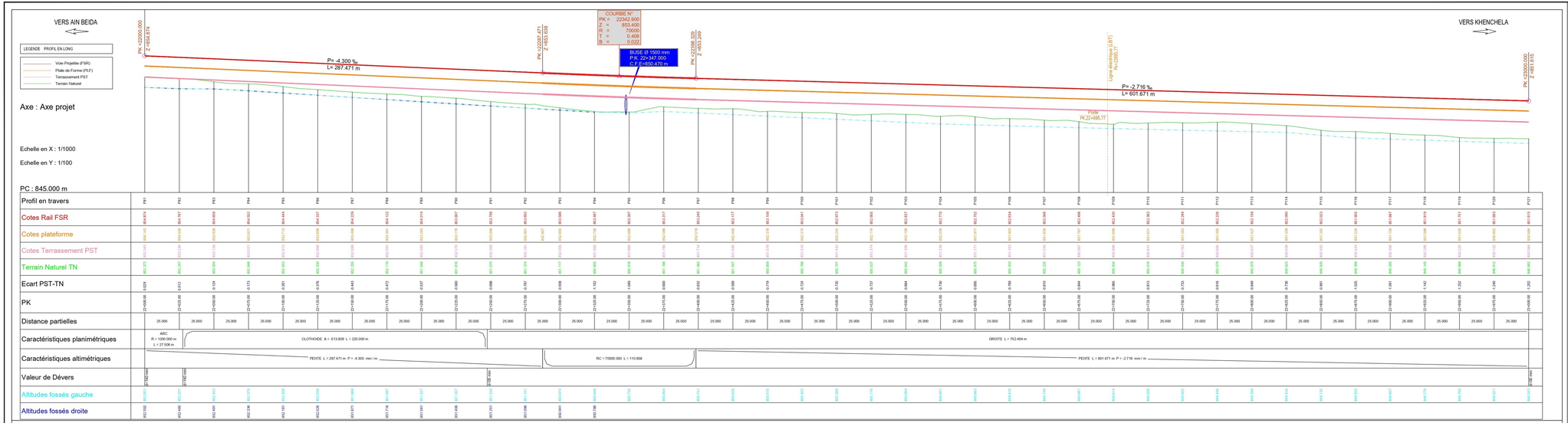
FSR = 857.024 mm
Dévers = 140 mm

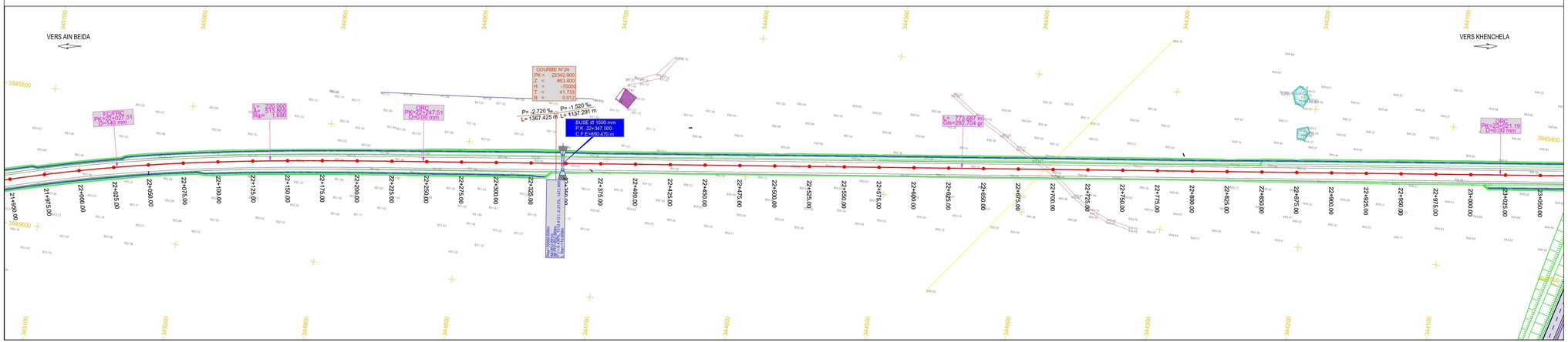


X= 345525.067
Y= 3945766.595
Gisement : 358.883 gr

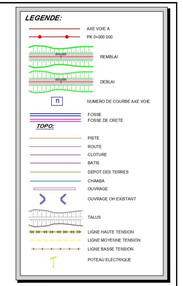
PC : 852.000 m

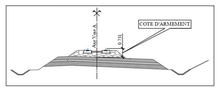
| | | |





Num.	Abscisse	X	Y
P65	22+000.000	345075.436	3945556.273
P66	22+025.000	345051.032	3945550.847
P67	22+050.000	345026.552	3945545.923
P68	22+075.000	345001.924	3945541.459
P69	22+100.000	344977.287	3945537.397
P70	22+125.000	344952.535	3945533.680
P71	22+150.000	344927.771	3945530.251
P72	22+175.000	344902.977	3945527.050
P73	22+200.000	344878.161	3945524.019
P74	22+225.000	344853.332	3945521.100
P75	22+250.000	344828.487	3945518.234
P76	22+275.000	344803.661	3945515.375
P77	22+300.000	344778.825	3945512.516
P78	22+325.000	344753.989	3945509.657
P79	22+350.000	344729.153	3945506.798
P80	22+375.000	344704.317	3945503.939
P81	22+400.000	344679.481	3945501.080
P82	22+425.000	344654.645	3945498.221
P83	22+450.000	344629.809	3945495.362
P84	22+475.000	344604.973	3945492.503
P85	22+500.000	344580.137	3945489.644
P86	22+525.000	344555.301	3945486.785
P87	22+550.000	344530.465	3945483.926
P88	22+575.000	344505.629	3945481.067
P89	22+600.000	344480.793	3945478.208
P90	22+625.000	344455.957	3945475.349
P91	22+650.000	344431.121	3945472.491
P92	22+675.000	344406.285	3945469.632
P93	22+700.000	344381.449	3945466.773
P94	22+725.000	344356.613	3945463.914
P95	22+750.000	344331.777	3945461.055
P96	22+775.000	344306.941	3945458.196
P97	22+800.000	344282.105	3945455.337
P98	22+825.000	344257.269	3945452.478
P99	22+850.000	344232.433	3945449.619
P100	22+875.000	344207.597	3945446.760
P101	22+900.000	344182.761	3945443.901
P102	22+925.000	344157.925	3945441.042
P103	22+950.000	344133.089	3945438.183
P104	22+975.000	344108.253	3945435.324
P105	23+000.000	344083.417	3945432.465





TRACE EN PLAN - PROFIL EN LONG DU PK 22+125 AU PK 23+050

Figure 52

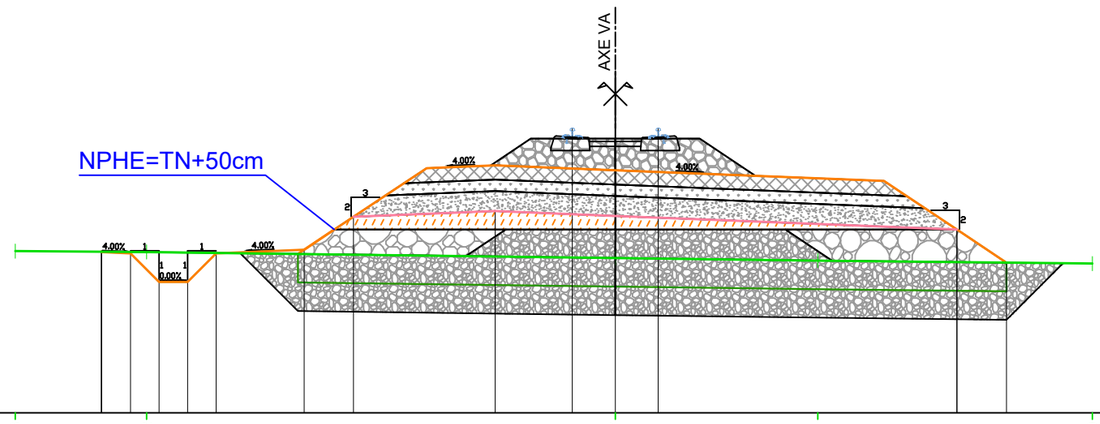
Profil n°: P101

Abscisse : 22+500.00

Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Déblai : 0.534 m²
BALLAST : 2.091 m²
SOUS-BALAST : 2.100 m²
COUCHE DE FONDATION : 1.823 m²
COUCHE DE FORME : 3.498 m²
ENROCHEMENT 63-500MM : 3.015 m²
MATÉRIAUX 0-200MM : 16.225 m²
REMBLAIS ZI : 2.022 m²

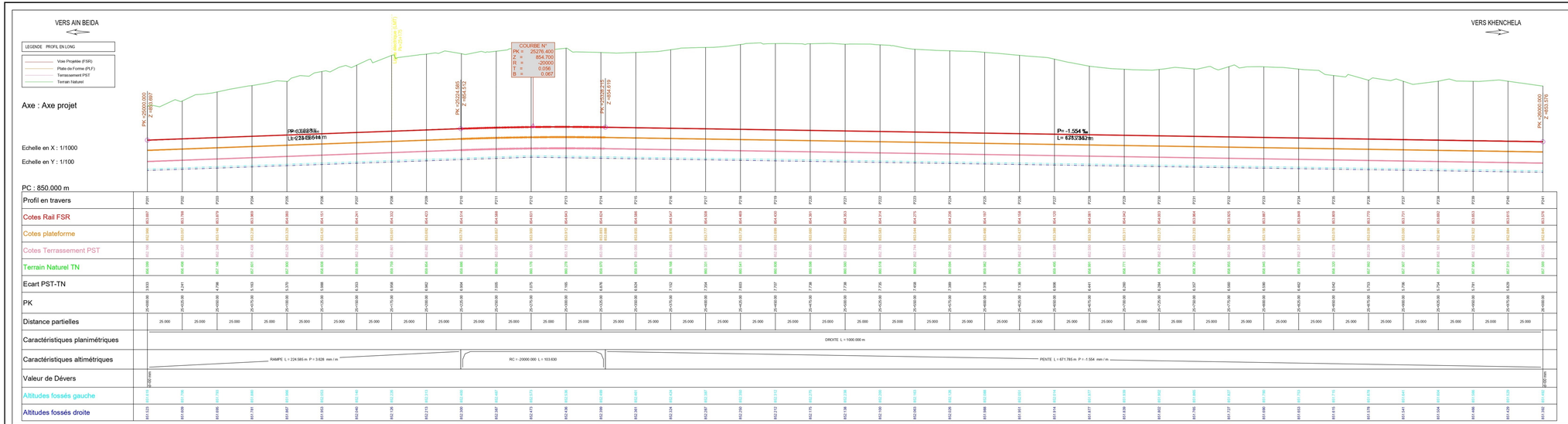
FSR = 852.973 mm
Dévers = 00 mm



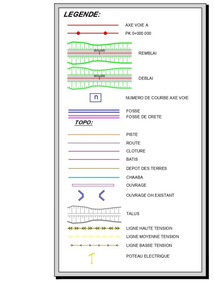
X= 344580.137
Y= 3945489.644
Gisement : 392.704 gr

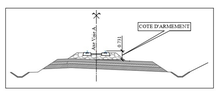
PC : 848.000 m

| | | |



Num.	Abscisse	X	Y
P185	25+000.000	342510.927	3944299.381
P186	25+025.000	342493.784	3944281.184
P187	25+050.000	342476.642	3944262.987
P188	25+075.000	342459.499	3944244.791
P189	25+100.000	342442.356	3944226.594
P190	25+125.000	342425.214	3944208.397
P191	25+150.000	342408.071	3944190.200
P192	25+175.000	342390.928	3944172.003
P193	25+200.000	342373.786	3944153.806
P194	25+225.000	342356.643	3944135.609
P195	25+250.000	342339.500	3944117.412
P196	25+275.000	342322.358	3944099.215
P197	25+300.000	342305.215	3944081.018
P198	25+325.000	342288.072	3944062.821
P199	25+350.000	342270.930	3944044.624
P200	25+375.000	342253.787	3944026.427
P201	25+400.000	342236.644	3944008.230
P202	25+425.000	342219.502	3943990.033
P203	25+450.000	342202.359	3943971.836
P204	25+475.000	342185.216	3943953.639
P205	25+500.000	342168.074	3943935.442
P206	25+525.000	342150.931	3943917.245
P207	25+550.000	342133.788	3943899.048
P208	25+575.000	342116.646	3943880.852
P209	25+600.000	342099.503	3943862.655
P210	25+625.000	342082.360	3943844.458
P211	25+650.000	342065.218	3943826.261
P212	25+675.000	342048.075	3943808.064
P213	25+700.000	342030.932	3943789.867
P214	25+725.000	342013.790	3943771.670
P215	25+750.000	341996.647	3943753.473
P216	25+775.000	341979.504	3943735.276
P217	25+800.000	341962.362	3943717.079
P218	25+825.000	341945.219	3943698.882
P219	25+850.000	341928.076	3943680.685
P220	25+875.000	341910.934	3943662.488
P221	25+900.000	341893.791	3943644.291
P222	25+925.000	341876.648	3943626.094
P223	25+950.000	341859.506	3943607.897
P224	25+975.000	341842.363	3943589.700
P225	26+000.000	341825.220	3943571.503





TRACE EN PLAN - PROFIL EN LONG DU PK 25+050 AU PK 26+050

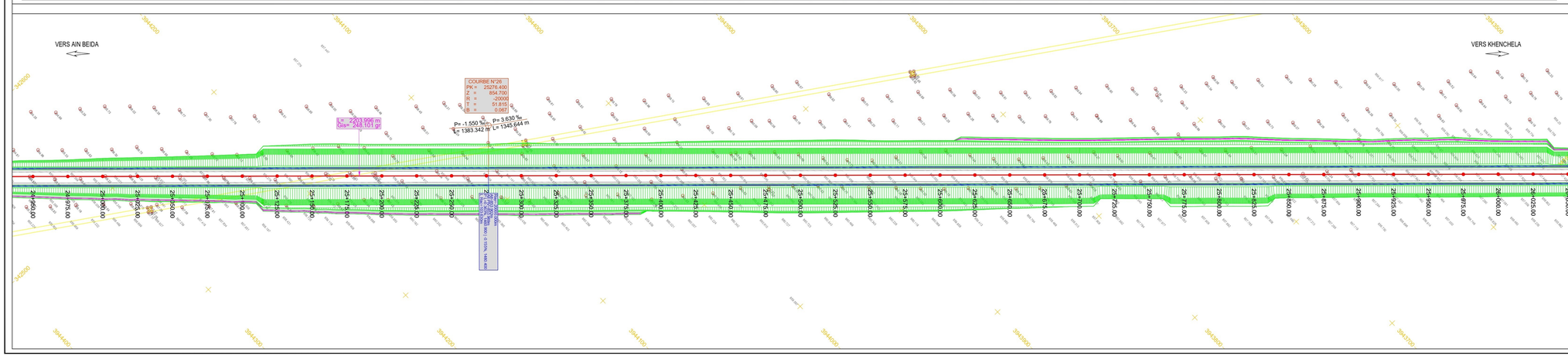


Figure 54

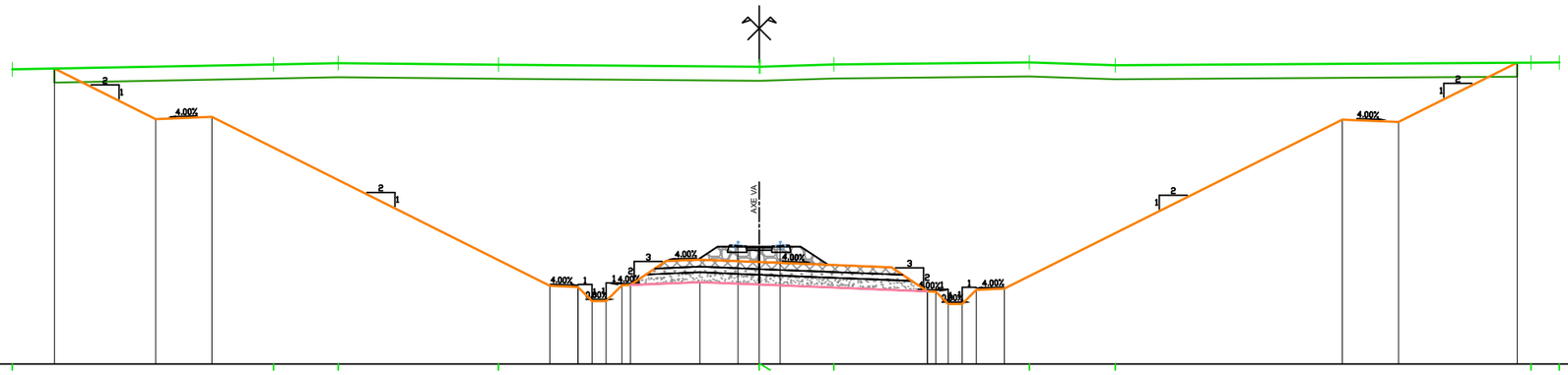
Profil n°: P221

Abscisse : 25+500.00

Echelle des longueurs : 1/200
Echelle des altitudes : 1/200

Déblai : 261.788 m²
BALLAST : 2.091 m²
SOUS-BALAST : 2.100 m²
COUCHE DE FONDATION : 1.823 m²
COUCHE DE FORME : 3.498 m²
Décapage : 25.972 m²

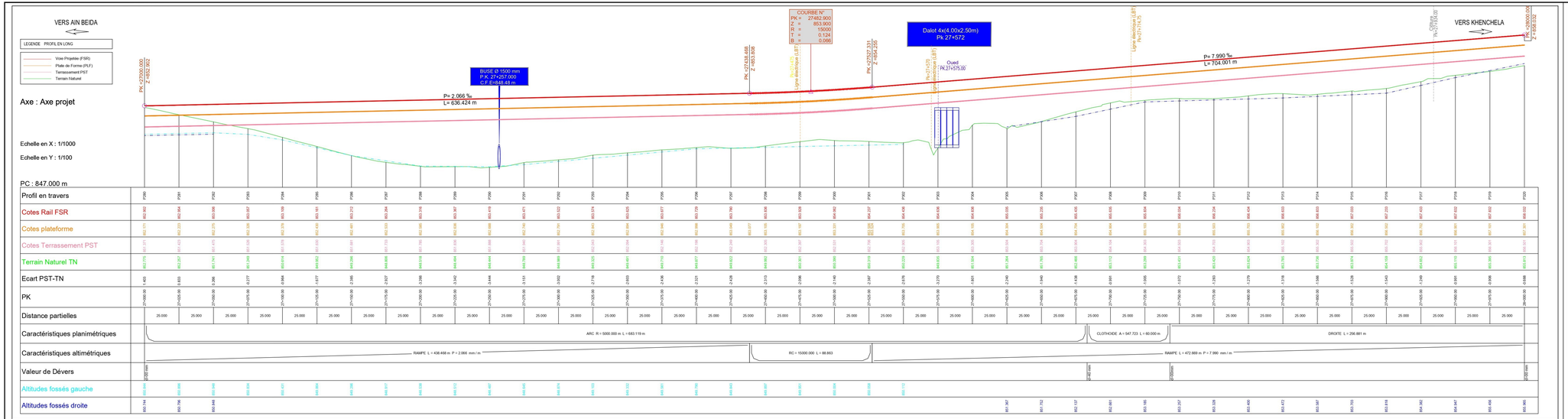
FSR = 854.353 mm
Dévers = 00 mm



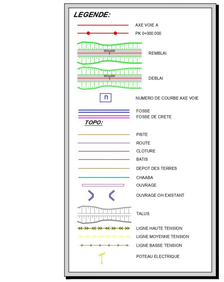
X= 342168.074
Y= 3943935.442
Gisement : 348.101 gr

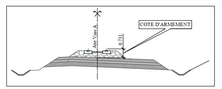
PC : 850.000 m

| | | |



Num.	Abscisse	X	Y
P265	27+000.000	341175.006	3842813.119
P266	27+025.000	341160.556	3842792.718
P267	27+050.000	341146.209	3842772.344
P268	27+075.000	341131.864	3842751.700
P269	27+100.000	341117.822	3842731.084
P270	27+125.000	341103.783	3842710.398
P271	27+150.000	341089.848	3842689.642
P272	27+175.000	341076.017	3842668.817
P273	27+200.000	341062.290	3842647.923
P274	27+225.000	341048.666	3842626.960
P275	27+250.000	341035.150	3842605.929
P276	27+275.000	341021.739	3842584.832
P277	27+300.000	341008.432	3842563.667
P278	27+325.000	340995.232	3842542.436
P279	27+350.000	340982.138	3842521.140
P280	27+375.000	340969.151	3842499.778
P281	27+400.000	340956.270	3842478.351
P282	27+425.000	340943.497	3842456.861
P283	27+450.000	340930.832	3842435.306
P284	27+475.000	340918.274	3842413.689
P285	27+500.000	340905.825	3842392.009
P286	27+525.000	340893.484	3842370.267
P287	27+550.000	340881.252	3842348.464
P288	27+575.000	340869.129	3842326.600
P289	27+600.000	340857.116	3842304.678
P290	27+625.000	340845.213	3842282.692
P291	27+650.000	340833.419	3842260.648
P292	27+675.000	340821.736	3842238.548
P293	27+700.000	340810.162	3842216.387
P294	27+725.000	340798.698	3842194.166
P295	27+750.000	340787.205	3842171.969
P296	27+775.000	340775.746	3842149.749
P297	27+800.000	340764.287	3842127.530
P298	27+825.000	340752.828	3842105.311
P299	27+850.000	340741.370	3842083.091
P300	27+875.000	340729.911	3842060.872
P301	27+900.000	340718.452	3842038.653
P302	27+925.000	340706.994	3842016.433
P303	27+950.000	340695.535	3841994.214
P304	27+975.000	340684.076	3841971.995
P305	28+000.000	340672.618	3841948.773





TRACE EN PLAN - PROFIL EN LONG DU PK 27+050 AU PK 28+050

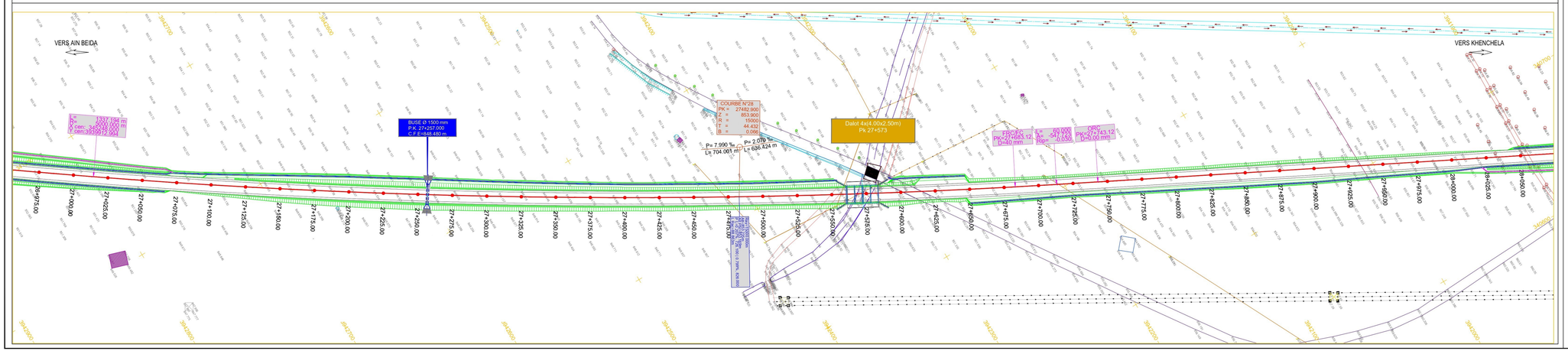


Figure 56

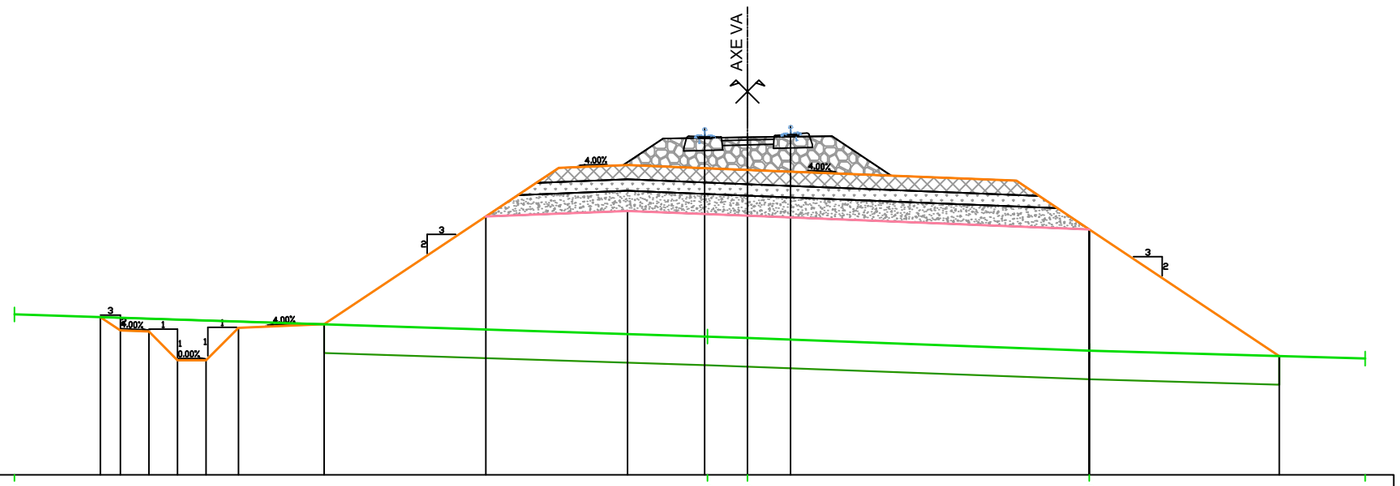
Profil n°: P301

Abscisse : 27+500.00

Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Remblai : 28.671 m²
Déblai : 1.042 m²
BALLAST : 2.190 m²
SOUS-BALAST : 2.100 m²
COUCHE DE FONDATION : 1.823 m²
COUCHE DE FORME : 3.498 m²
Décapage : 8.351 m²

FSR = 854.062 mm
Dévers = 40 mm



X= 340905.825
Y= 3942392.009
Gisement : 333.025 gr

PC : 848.000 m

| | | |

Descriptif :

Se descriptif pour l'étude d'exécution de **la section entre le Pk 20 et le Pk 30**, de la desserte ferroviaire Khenchela - Ain el Beida

Le projet vise à relier la ville de Ain El-beida de la Wilaya de Oum El Bouaghi à la ville de Khenchela

C'est une ancienne ligne dégradée, il reste de cette ligne que des traces, Il ni y a ni rails ni traverses de balastres, quelques structures d'ouvrages d'arts (la plupart en maconnerie).

La ligne rentre dans le cadre de la modernisant la rocade ferroviaire des hauts plateaux (Ain M'lila/Ain Touta/M'Sila Boughezoul- Ain M'lila/Tébessa) et leurs interconnexions (Ain Beida/Khenchela/Batna/Sétif).

Cette nouvelle déserte ferroviaire pour le transport mixte (voyageur, marchandise) sur un linéaire de 51 Km

Zone à problème : Inondation, Type de sole salinité (**Agressivité des sols**) chapitre 3, Virage…

Le tronçon sujet de notre étude est de langueur de 10 km (fkirina a mtoussa)

C'est une zone inondable à proximité du lac (sebkha guerrah el tarf), est surtout localisé entre les PK 20 jusqu'au PK 25 et du PK 28jusqu'au PK 30

Vu que la zone est fortement inondable un soulèvement du tracé est nécessaire (en fonction de la pluviométrie).

Nature du sol : **Argile marneuse plus au moins limoneuse avec** La présence des sulfates et des Gypses (chapitre3)

Le profil en long de la ligne est constitué de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires. LE profil en long se caractérise par :

Palier horizontal, une pente, Déblai remblai (il existe pas mal des pentes, rampe, lignes droites, sur tous le long de la ligne regarde les profils)

Ponts rail de PK24+590 au PK24+650 (60m de langueur)

On note aussi il existe des ouvrages d'arts au niveau des PK23+109, PK26+778, passage supérieur, les pistes au pk21+329, pk21+850 …(regarde le plan).

En ce qui concerne le profil en plan il y a 3 courbes un virage nécessitant un rayon de courbures.

C1 : à un rayon 1200m, langueur 639m, pk

C2 : à un rayon 1200m, langueur 620m, pk23+550.

C3 : à un rayon 3000m, langueur 1338, pk26+345.

C4 : à un rayon 1200m, langueur 630m

Les obstacles naturels autres Présence d oued, les routes les pistes.

Buses PK 21+329, PK22+347, PK24+038,24+220,PK26+563,PK26+563,PK27+257….. au niveau de changement de pente

Un cadre (1.5*1.5)m au pk23+719

Dalot 4*(4*2.5)m au niveau du oued PK27+572

Le profil en travers type de la ligne ferroviaire en fonction du type de sol est défini comme suit :

- Plateforme à voie unique de 08.00 m avec un élargissement de la plateforme sur le côté droit de 2.00 m pour permettre l'implantation de futurs poteaux caténaires.
- La plateforme retenue est un profil en toit excentré, avec un sommet se situant à 1.20m par rapport au bord gauche de la plateforme et 2.10 m par rapport à l'axe pour la future voie.
- Traverse Bi-bloc U31, 17.20 cm Rail E60

Le projet à garder dans sa majorité l'ancienne ligne, mais à couse de présence de ferme, ligne électrique, diminué le nombre de virage il a changé sur des endroits.

Evacuation des eaux pluviales se fait par des fossés ,des fossés de pied de déblai seront implantés sur plateforme afin d'évacuer les eaux de ruissellement en cas de crues, de part et d'autres du rail.

En ce qui concerne la signalisation ainsi que l'énergie proposée sera étudié au chapitre 5

Gare de Fkirina PK20, gare de Mtoussa PK29

Les norme applicables à la conception de projet de la desserte ferroviaire sont :

- Conception du tracé de la voie courante, $V \leq 220$ km/h.
- Référentiel RFF/SNCF IN 00274 ; Mise en œuvre du ballast pour la voie ferrée.
- UIC 720R Pose et entretien de la voie en long Rails Soudés.
- UIC 724R Armement pour voie ballast chargée à 25 t par essieu.
- La norme EN 13674-1 intitulée « Rails Vignole de masse supérieure ou égale à 46 kg/m ».
- La norme EN13481-2 (système de fixation des traverses en béton).
- ceux qui sont fixés par les normes techniques ferroviaires élaborées par l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) sont résumés dans le tableau suivant :

Note : le sol pour les zones de remblai doit être incompressible (tassement =0).

5. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES : [8], [10]

La ligne nouvelle Ain-Beida - Khenchela a été conçue pour trafic mixte, c'est-à-dire pour trafic voyageurs et trafic marchandises. C'est pourquoi il est nécessaire de considérer pour les paramètres de tracé les deux natures de trafic avec leurs vitesses maximales. La ligne a été tracée pour les vitesses maximales suivantes :

- **Vitesse maximale trains voyageurs 160km/h.**
- **Trafic marchandises en plaine et en zone montagneuse 100km/h.**
- La ligne sera conçue avec des caractéristiques selon les standard UIC ; la déserte est à voie unique (ouvrage en double voie).
- Ecartement standard (**1435 mm** en alignement) ;
- Charge à l'essieu

Infrastructure : 22.5 T

Ouvrage d'art : 25 T

- Gabarit d'obstacle : UIC (y compris caténaire en 25 KV) ;
- Voie équipée de rails UIC 60 posés sur traverses en béton armé ;
- Mode de traction : diésel / électrique ;

6. GARES ET BATIMENTS :

Les gares sont des lieux où les trains s'arrêtent pour embarquer et/ou débarquer des passagers et transporter des marchandises. Dans notre projet, nous avons défini six stations pour l'ensemble de l'itinéraire. Ceci est principalement dû à la situation géographique des villes qu'ils protégeront et à leur importance stratégique. Ce sont des zones métropolitaines à forte densité de population, c'est pourquoi la construction de gares de voyageurs est nécessaire. De plus, la région est une zone agricole et industrielle par excellence (L'Entreprise de constructions mécaniques de Khenchela (ECMK) est l'un des principaux fournisseurs en armes d'infanterie des Forces armées algériennes, aviation militaires Oum elboughi, les champ des pomme le 1er en algerie)et donc ces stations sont mixtes, c'est-à-dire mixtes. H équipé d'installations pour le chargement et le déchargement des marchandises.

GARES	**Nombre**	**Surfaces**
Gare de Khenchela	01	560. m^2
Gare de F'kirina	01	152. m^2
Gare de M'Toussa	01	152. m^2
Gare de Baghai	01	152. m^2
Bloc Administratif	01	235. m^2
Poste de Commande	01	410. m^2
Shelter. GSMR	01	09. m^2
Sous Station	01	153. m^2

Tableau 20 : Gares et bâtiments

7. INTERETS SOCIAUX ECONOMIQUES :[8]

7.1. ANALYSE FINANCIERE

La détermination du flux monétaire nécessaire pour la construction et l'exploitation du projet est faite selon la méthode dite d'analyse financière «sommaire » qui prend en compte :

- Coûts des investissements
- Coûts d'exploitation et d'entretien des infrastructures
- Coûts d'exploitation des véhicules supportés par les opérateurs
- Recettes des gestionnaires d'infrastructure et des opérateurs de services

L'évaluation des coûts du projet est plus souvent difficile à élaborer et est caractérisée par une importante incertitude, dérivant à la fois des incertitudes techniques + ou - 30%, sans toutefois que cette fourchette revête un caractère normatif.

L'estimation des coûts d'exploitation ainsi que l'estimation des recettes est liée à la politique tarifaire arrêtée par le gouvernement en fonction de son budget.

7.2. ANALYSE ECONOMIQUE

Les grands projets en général, sont générateurs de croissance économique pour les régions ainsi que dans la création d'emploi. Ils provoquent aussi un grand impact spatial, et normalement induisent une concentration d'activité autour des gares et ont des incidences différentielles sur le territoire, qui se manifestent principalement par des variations des valeurs foncières. Les projets ferroviaires peuvent autant être le point de convergence de stratégies d'investissement plus larges.

Du point de vue de la cohésion sociale et territoriale et afin d'en optimiser son fonctionnement, le projet sera conçu de façon intégré dans le système de transport globale.

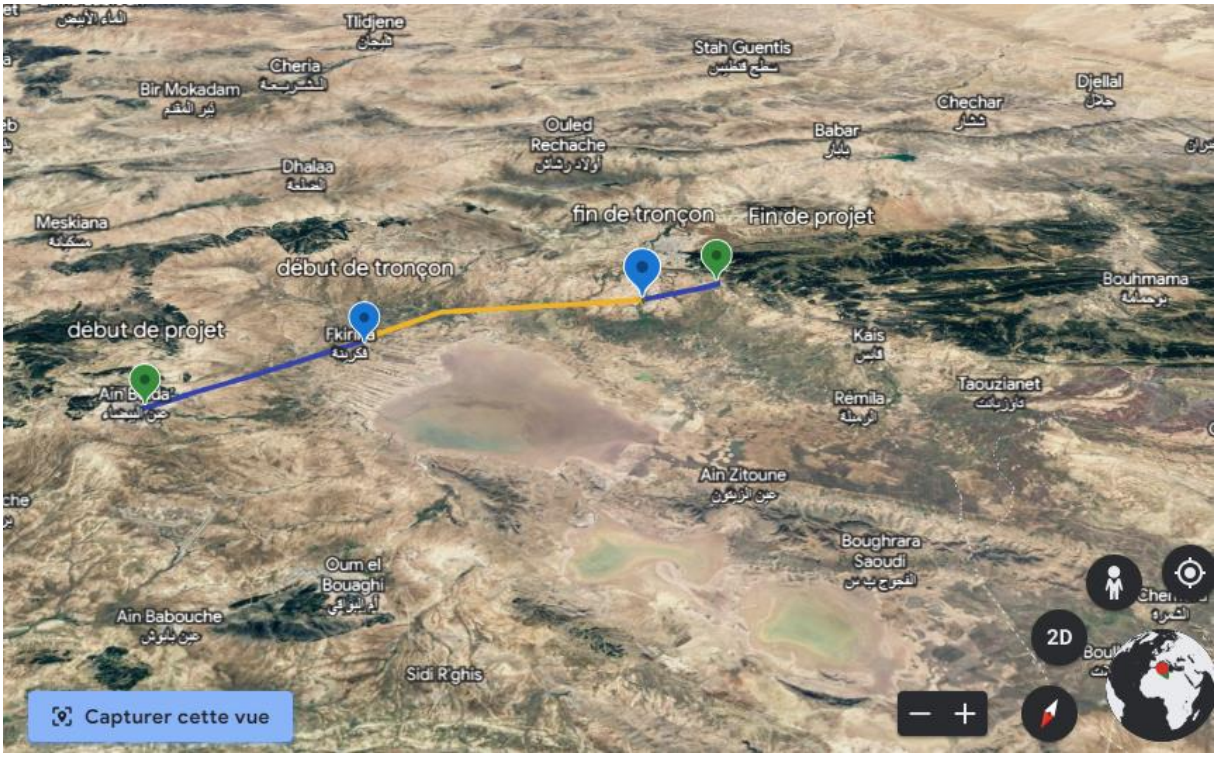
Les principaux bénéfices socio-économiques du projet sont :

- Les gains de temps pour les usagers de la ligne
- La réduction des accidents
- Les économies de coût pour les transporteurs
- La décongestion des routes
- La réduction des émissions de carbone (gaz à effet de serre)
- La réduction des émissions de polluants atmosphériques La réduction de la consommation d'énergie primaire.
- renouveler et / ou renforcer l'économie régionale et urbaine dans le corridor concerné et améliorer le prestige, l'image et l'attractivité pour les investisseurs des régions urbaines dans le corridor.

8. CONCLUSION :

Ce travail préliminaire devrait être complété par une étude d'avant-projet sommaire (APS). Ce travail de l'APS n'a pas été réalisé à cause de manque de carte topographique fiable pour l'ensemble de la zone d'étude. Nous avons pu avoir des levés topographiques détaillés pour notre projet. Ce tronçon PK20 au PK28, de la ligne Ain El-beida de la Wilaya de Oum El Bouaghi à la ville de Khenchela qui rentre dans le cadre de la modernisant la rocade ferroviaire des hauts plateaux
(Ain M'lila/Ain Touta/M'Sila Boughezoul- Ain M'lila/Tébessa) et leurs interconnexions (Ain Beida/Khenchela/Batna/Sétif) a fait l'objet d'une étude d'avant-projet détaillé qui sera présenté dans ce qui suit.

CHAPITRE 5:AVANT-PROJET DETAILLE (APD).



1. INTRODUCTION :

Le présent projet s'étend de la Wilaya d'Oum Bouaghi (ain beida) à la Wilaya de Khenchela (el hamma). Mais notre étude se situera que sur le tronçon de fkirina-el hamma -khenchela. Cette étude a pour but de définir avec précision le détail des différents éléments du squelette du projet du tronçon étudié. L'ensemble des résultats présentés dans ce qui suit ont été obtenus par l'application de la partie théorique présentée dans le chapitre 2 (Paramètres géométrique du tracé ferroviaire), portera aussi : topographie, Tracé de voie, Ouvrage d'Art, Ouvrage hydraulique, gares voyageurs et gares marchandises, signalisation, télécommunication et energie.

2. PARAMETRES DE CONCEPTION UTILISES :

Les paramètres basiques utilisés dans la conception du tracé de l'APD de la nouvelle ligne ferroviaire Ain Beida / Khenchela ont été adoptés conformément à ceux qui sont fixés par les normes techniques ferroviaires élaborées par l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) sont résumés dans le tableau suivant : **[9]**

Objet	caractéristique
Vitesse de conception du tracé -Trafic voyageur	160 Km/h
Vitesse de conception du tracé -Trafic marchandise	100 Km/h
Charge à l'essieu de conception en pleine voie	22.5 t
Charge à l'essieu de conception pour les ouvrages	25.0 t
Plateforme	8.00 m pour voie unique
Ouvrage d'art	Pour double voie
Ecartement standard	1.435 m
Type rail	UIC 60 E1

Tableau 20– Paramètres de conception.

3. PARAMETRES GEOMETRIQUE :

D'après les codes de l'Union Internationale des Chemins de fer (**UIC**), Les valeurs de différents paramètres cinématiques sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Désignation	Valeur Max Normal	Valeur Max Excep.
Vitesse (Km/h)	100/160	/
Dévers maximum (mm)	150	160
Insuffisance de dévers (mm)	120	150
Excès de dévers (mm)	90	110
Rayon minimum en plan (m)	1118	1007
Taux de variation du dévers/longue clothoïde (mm/m)	180/V=1.125	216/V=1.350
Taux de variation du dévers/temps (mm/s)	35	50

Taux de variation de l'insuffisance de dévers/temps (mm/s)	70	/
Longueur minimum des éléments (m)	V/3=53.33	V/5=32
Rayon de raccordement en profil minimum (m)	9877	6585
Longueurs minimales des pentes et rampes (m)	V/2=80	V/2.50=64
Déclivité maximum des pentes et rampes en pleine voie	16°/₀₀	18°/₀₀

Tableau 21 : Paramètres géométriques utilisé dans l'étude.

3.1. Rayon minimum en plan Rmin :

Le rayon minimum (normal et exceptionnel), sera défini à partir de l'insuffisance de dévers admissible pour les vitesses maximales et à partir de l'excès de dévers pour les vitesses minimales sans que le dévers maximum ne soit dépassé.

Il se traduit par la formule suivante :

$$\frac{11.80 \text{ x } V^2\text{min}}{dmax-E} \geq R_{min} \geq \frac{11.80 \text{ x } V^2\text{max}}{dmax+I}$$

$$5034.67 \geq R_{min} \geq 1118.82$$

R_{min} = Rayon minimum (m)

V_{max} = Vitesse des trains rapide (voyageurs) (160 km/h).

V_{min} = Vitesse des trains lent (marchandise) (100 km/h)

dmax = Dévers maximal exceptionnel (160 mm).

Imax = Insuffisance de dévers exceptionnel (150 mm).

Emax = Excès de dévers maximal (110 mm).

Pour une circulation à 160 Km/h, le rayon minimum calculé $\mathbf{R_{min}1118.82}$ qui sera arrondi à **1200 m**, correspondant au dévers maximal normal de 140 mm et à une insuffisance de dévers exceptionnel de 120 mm.

3.2. Raccordements progressifs :

Les formules pour le calcul des longueurs de raccordement progressif sont données ci-dessous :

- ✓ La longueur de raccordement progressif en fonction de variation de dévers

$$Lrp = \frac{\text{D x Vmax}}{3.6\ x\ dd/dt}$$

- ✓ La longueur de raccordement progressif en fonction de variation de l'insuffisance de dévers

$$Lrp = \frac{\text{D x Vmax}}{3.6\ x\ dI/dt}$$

V : vitesse maximale

dI/dd : Variation de l'insuffisance de devers en fonction du temps

dd/dt : Variation de devers en fonction du temps

D : dévers pratique.

4. TABLEAU RECAPITULATIF DES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN :

Ci-dessous le tableau récapitulatif des rayons en plan établis pour la section du Pk 20+400 au Pk 30+000, avec longueurs de clothoïde correspondantes, aussi leurs dévers associent, ainsi que toutes les vérifications nécessaires notamment:

- ✓ Variation de dévers en fonction de la longueur de raccordement progressif Lrp.
- ✓ Variation de dévers en fonction du temps.
- ✓ Variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps.

	TYPE	Vitesse (km/h)	Courbe (m)	Dévers Théorique (mm)	Dévers Proposé (mm)	Lrp (m)	Insuffi (mm)	dD/dL (mm/m)	dD/dt (mm/s)	dI/dt (mm/s)
C1	RP	160	1200	251,73	140	220	111,73	0,64	28,28	22,57
C2	RP	160	1200	251,73	140	220	111,73	0,64	28,28	22,57
C3	RC	160	5000	60,416	40	60	20.42	0.67	15.12	29.63
C4	RP	160	1200	251,73	140	200	111,73	0,70	24.83	31.11

Tableau 22 : Tableau récapitulatif des éléments du tracé en plan du Pk 20+400 au Pk 30+000.

5. Surface d'expropriation de tout le projet : [9]

Désignations	Surfaces d'Expropriation Willaya de Oum Bouaghi Du pk 0+530 au pk 20+400					
	PK Début	PK Fin	Longueur	Terrain Privée	Terrain domaniale	Total
	05+500	20+300	14800 m	27Ha	77 ha	104 ha

Commune de Fkirina	23+300	26+700	3400 m	75a 82ca	02 ares 77 ca	78 ares 59 ca
Commune de Oued Nini	20+300	23+300	3000 m	00 Ha 00 a 00 ca	15 Ha 10 a 82 ca	15 Ha 10 a 82 ca

Désignations	**Surfaces d'Expropriation Willaya de Khenchela Du pk 20+700 au pk 51+675**					
	PK Début	**PK Fin**	**Longueur**	**Terrain Privée**	**Terrain domaniale**	**Total**
Commune de M'Toussa	26+700	34+860	8160 m	09 ha 36 ares 04 ca	37 ha 38 ares 52 ca	46Ha 74 a 56 ca
Commune de Beghai	34+860	43+880	9020 m	34Ha 60 a 50 ca	19 ha 33 ares 30 ca	53Ha 93 a 80 ca
Commune de El Hamma	43+880	51+675	7795 m	22Ha 49 a 97ca	35 Ha 28 a 96 ca	57 Ha 78 a 93 ca

Tableau 23 : Surfaces d'Expropriation de projet.

6. Les CONTRAINTES :

Ligne électrique Ht à 420m, ligne électrique Mt à 553m, conduite de Gaz 313m, conduite AEP 120m

Il y a aussi oppositions des citoyens dans les endroits suivant:

- PK 23+800au PK23+400(construction).
- PK 26+500 au PK26+900 (ferme).

7. PROFIL EN TRAVERS DE LA PLATEFORME FERROVIAIRE DU PROJET :

Les travaux de terrassements correspondent aux actions nécessaires pour garantir la matérialisation des profils transversaux au type de référence ayant recours à l'exécution de déblais et de remblais.

Les profils transversaux de référence implémentés dans ce projet ont été établis ayant pour base ce qui est spécifié dans l'APD.

Le profil transversal de référence en pleine voie, correspondant à un profil pour voie unique, avec écartement de la voie 1,435 m. Il présente une largeur de plateforme de 08.00 m soit en déblai soit en remblai.

La superstructure est formée par des rails 60E1 et des traverses bi-bloc en béton armé B440 (ancienne VAXU31), sur ballast dont l'épaisseur minimal est de 0,30 m sous le rail de rangée baisse.

La plateforme de la voie, à partir du fond de déblai ou de la surface nivelée du top de remblai, est formée par des couches continues de couché de forme (35 cm), couche de fondation (20 cm), et de sous-ballast (25 cm) en chapeau de chinois excentré, avec des inclinaisons transversales de 4%.

Dans les zones de déblai, les talus ont été établis avec différentes inclinaisons, en fonction des caractéristiques géotechniques des différents types de sols ou de roche, étant prévue la colocation de fossés longitudinaux entre la banquette d'attente et le talus pour le drainage des eaux de ruissellement.

Dans les zones de remblai les talus ont été définis avec différentes inclinaisons en fonction des caractéristiques géotechniques des différents types de sols utilisés ou type de carrières, étant prévue la pose de fossés longitudinaux de pied de talus.

Les caractéristiques géométriques des profils transversaux type de référence prennent en compte les gabarits nécessaires pour la future électrification (caniveaux des câbles et appuis de poteau porte-caténaires).

Une bande (tranché) sera prévue pour l'implantation des équipements de signalisation, télécommunications et électrification.

Un cheminement de 0.70 m implanté de 3.85 à partir de l'axe d la voie sera aussi implanté pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie dans le cas des voies à l'air libre uniquement;

L'extrémité gauche des poteaux caténaires devra se situer à un minimum de 2.96 m de l'axe de la voie;

L'épaisseur totale de l'armement est de 73.10 cm (la hauteur entre la FSR et la partie supérieure de la couche sous-ballast a l'axe de la voie).

Dans les figure ** sont représentés les différents profils en travers type :

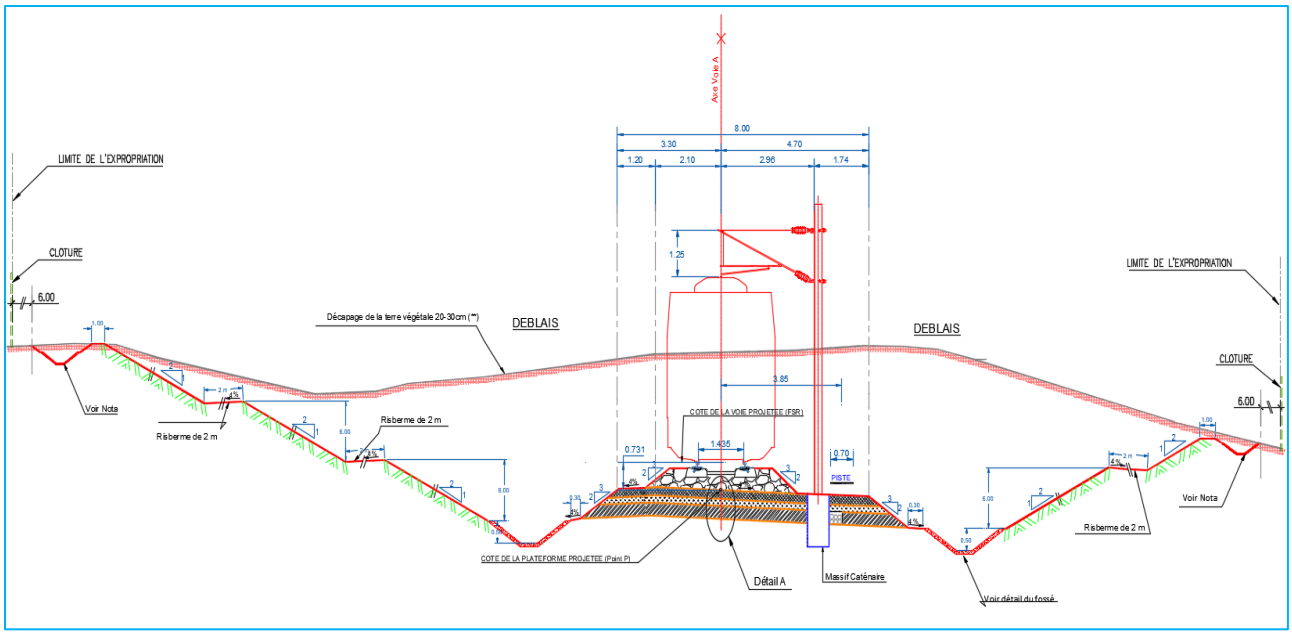


Figure 58 : Profil en travers type – cas de déblais.

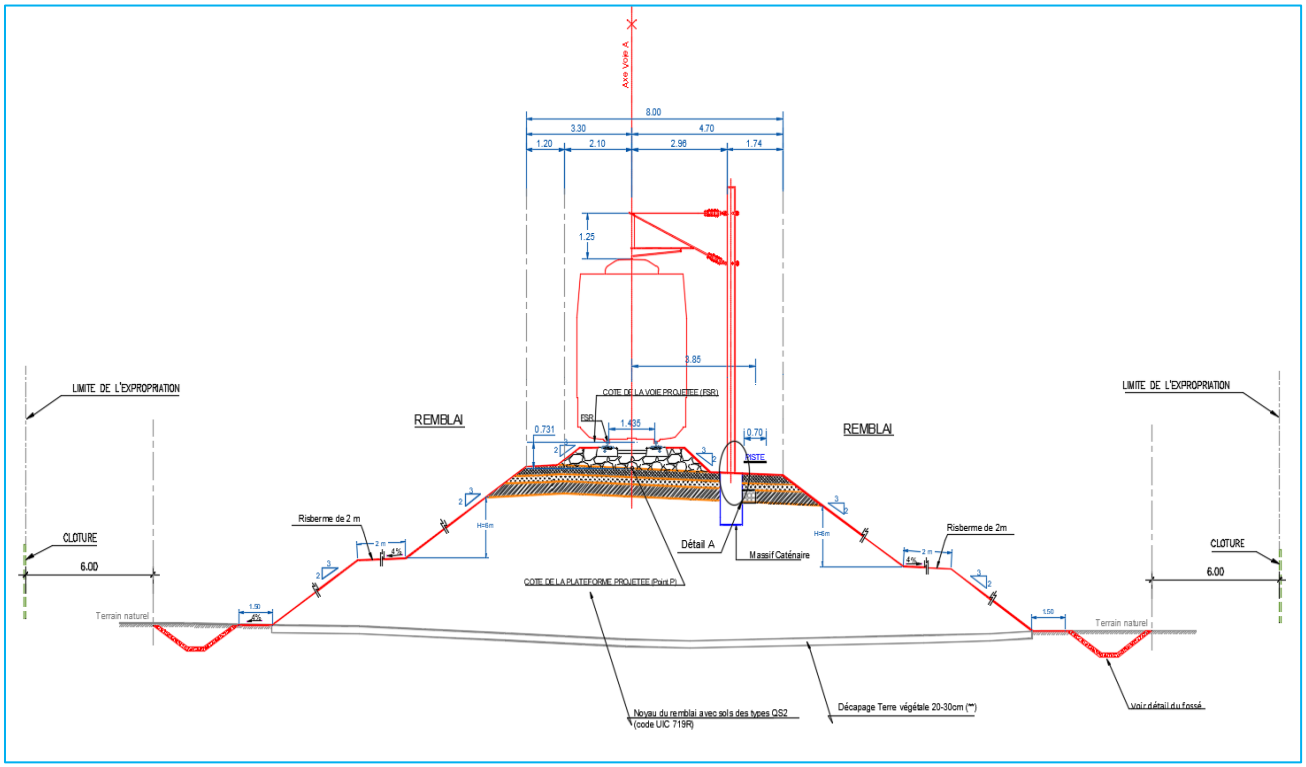


Figure 59: Profil en travers type – cas de remblais.

8. CALCUL DES CUBATURES :

Les volumes sont l'évaluation des cubes coupés et remplis que le dessin contient pour obtenir une surface lisse et parallèle à côté de la ligne du dessin. Les profils longitudinaux, les coupes transversales et les distances entre les profils permettent cette évaluation. Il existe plusieurs méthodes pour calculer le volume de remplissage, notamment :

- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne.

Dans ce travail, nous avons utilisé dernier méthode.

8.1. Description de la méthode des aires :

Le principe de la méthode de l'aire moyenne est de calculer le volume entre deux profils consécutifs à l'aide de la formule suivante :

$$V = H_m/6 * (S_1 + S_2 + 4 * S_m)$$

H_m : hauteur moyenne entre deux profils ; S_m : surface limitée à mi- distances des profils.
S_1 : surface de profil en travers P1 ; S_2 : surface de profil en travers P2.

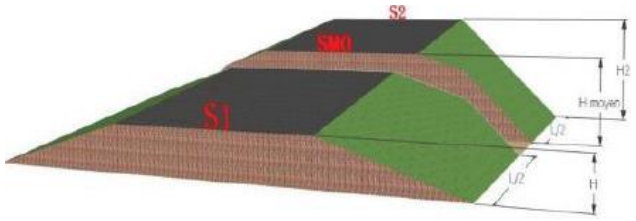


Figure 60: Les sections des profils en travers d'un tracé donné.

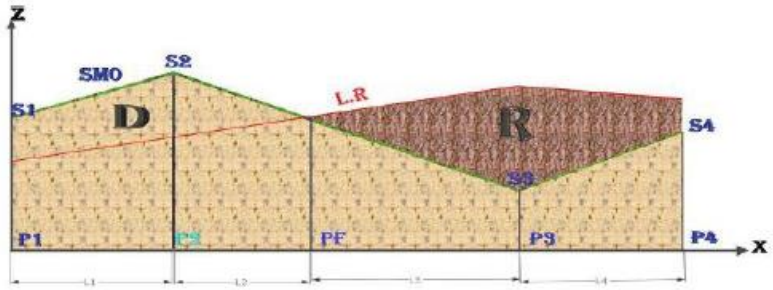


Figure 61 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné.

8.2. Exemple de calcul :

Pour le cas des figures présentées précédemment.

$$Vi = li/6 * (Si + Si + 1 + 4 * Sm) \quad \text{avec} \quad Sm = 1/2 * (Si + Si + 1)$$

Entre P1 et P2 : $V1 = l1/2 * (S1 + S2)$
Entre P2 et PF : $V2 = l2/2 * (0 + S2)$
Entre PF et P3 : $V3 = l3/2 * (S3 + 0)$
Entre P3 et P4 : $V4 = l4/2 * (S3 + S4)$
VTotal = V1+V2+V3+V4

Le résumé de calcul de cubature automatique figure dans le tableau ci- dessous :

Remblai	1 371 721,08 M^3
Déblai	1 773 347,37 M^3
Couche d'assise	
Couche de sous-ballast	205 155 M^3
Couche de fondation	179 078 M^3
Couche de forme	343 534 M^3

Tableau 24: Tableau récapitulatif des valeurs de déblais et remblais

NB : Les résultats de calcul des cubatures sont joints en annexe.

9. OUVRAGES D'ART :

La conception des ouvrages d'art repose sur la détermination des centrales les plus adaptées à un site donné et à des conditions d'exploitation données, en prenant en compte tous les aspects, à savoir la sécurité, le confort, l'économie et l'esthétique.

9.1. Description de l'ensemble des ouvrages d'art :

Le choix du type d'ouvrage dépend des conditions aux limites imposées, par exemple le type d'obstacle, la longueur de la brèche, les exigences techniques, nature du sol etc.

Les ouvrages d'art sont sélectionnés pour supporter en toute sécurité toutes les activités permanentes, les surcharges opérationnelles du trafic ferroviaire et routier, et les activités sismiques et climatiques. Les effets de freinage, démarrage, dynamique et force centrifuge sont également pris en compte.

On sélectionne cinq (5) catégories d'ouvrages d'art :

- ✓ Ponts et viaducs ferroviaires
- ✓ Murs de soutènements
- ✓ Dalots
- ✓ Ponts routes
- ✓ Trachées couvertes.

9.2. Ouvrages a realiser :

En fonction des contraintes et des obstacles à franchir et Après l'analyse du tracé en profil, Les ouvrages d'art prévus dans ce projet sont (voir tableau ci-dessous).

Ouvrage d'art	Nombre	Longueur totale
Ouvrage Ferroviaire	06	423 m
Ouvrage Routier	15	670 m

Ouvrage Hydraulique	06	324 m

Tableau 25: Tableau récapitulatif des ouvrages.

10. DIMENSIONNEMENT DU TRONÇON PK20 OU PK30 :

Une plateforme ferroviaire est constituée généralement par un ensemble de sous couches à savoir :
Une couche de ballast, Une sous-couche qui comprend les couches de sous ballast, couche de fondation, couche
anti-contaminant et géotextile. L'épaisseur de l'ensemble ballast + sous-couche, conformément à la fiche UIC
719 est donnée par l'expression suivante :
e = E + a + b + c + d + f + g Avec:
− E = (classe de la plateforme P1, P2, P3),
− a = classe de la voie (groupe de 1 à 6 voir UIC 714).
− b = type et longueur de la traverse
− c = (type de dimensionnement)
− d = (la charge maximale à l'axe)
− g = Géotextile

D'où :

E = 0,55 m pour une plate-forme de classe de portance P2
a = -0.05 pour les groupes UIC 3 et 4.
b = 0.13 cm pour les traverses en béton de longueur L = 2,24 m
c = 0 pour un dimensionnement normal.
d = 0,12 m (pour la charge nominal d'essieu de 25 ton/axe)
f = 0
g = + un géotextiles pour couches de forme de qualité de sol QS1
L'épaisseur des couches d'assise est à : e= 0.75 m soit : e= 75 cm

Couches	Epaisseur (cm)
Ballast	30
Sous-ballast	25
Couche de fondation	20
Couche de forme de type QS3	35

Tableau 26 : Épaisseurs des composants de la structure d'assise.

10.1. Exigences sur les constituants de l'assise : [9]

10.1.1. **Ballast :**

- ✓ Le Ballast sera constitué par de la roche concassée. Les exigences suivantes devront être satisfaites (selon le référentiel technique SNTF et la norme NF P53-695) :
- ✓ Résistance à la fragmentation Los-Angeles : ≤ 19 %.
- ✓ Résistance à l'usure Micro deval : ≤ 6 %.
- ✓ La granulométrie doit être comprise dans le fuseau suivant (25/50mm) et devra respecter les limites mentionnées dans la catégorie" A de la Norme Européenne CEN/TC/154 AD HOC Group Aggregates for Railway ballast,

Maille(mm)	% de la masse passante
63	100
50	70-99
40	30-65
31.5	1-25
22.4	0-3
31.5-50	≥50

Tableau 27 : Fuseau granulométrique pour ballast (EN13450).

- ✓ Résistance à la compression : RC ≥ 1200 kg/cm²
- ✓ Les éléments doivent avoir une forme polyédrique et à arêtes vives
- ✓ Propreté : les matériaux doivent être expurgés de toute matière impropre. La masse relative des éléments passant au tamis à maille carrées de 1.6mm ne doit pas excéder 0.5 %.

10.1.2. **Sous-ballast :**
Pour la construction du sous-ballast et conformément au document des spécifications techniques (ST590B) il est prévu l'emploi de grave propre entièrement concassée (0 /31.5mm), bien graduée avec une valeur de propreté Vbg≤1 et un coefficient de forme A ≤25.
10.1.3. **Couche de fondation :**
La couche de fondation conformément à la spécification technique ST590B, est exécutée en grave sableuse entièrement concassée, avec une valeur de propreté Vbg ≤1 et un coefficient de forme A ≤25 et LA+MDE ≤ 50.
Entre autres, les matériaux employés peuvent être issus soit des sous-produits des carrières à ballast, soit des alluvions d'oued.
10.2. **Couche de forme de qualité S3 :**
Conformément au document des spécifications techniques (ST590b). Elle est exécutée en grave 0/D. avec une résistance LA+MDE ≤ 60 et une valeur de propreté Vbg ≤2

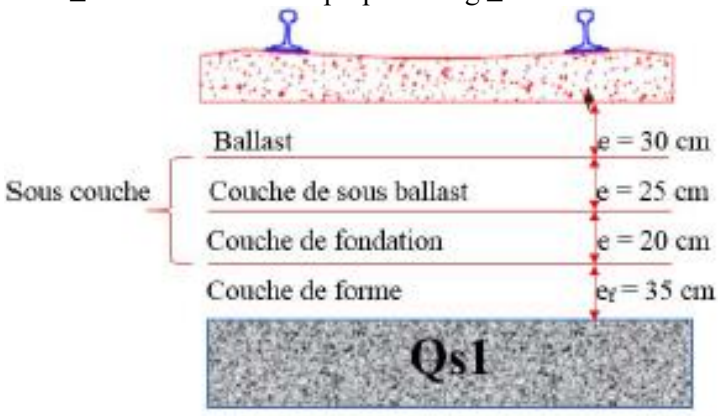


Figure 62 : les différentes couches.

11. L'ASSAINISSEMENT DE LA VOIE : [7]

L'objectif de la réhabilitation de l'infrastructure ferroviaire est d'assurer l'évacuation de toutes les eaux de surface et souterraines et d'éviter que la voie ferrée ne soit inondée. Cela se fait par divers systèmes de drainage (bus, ponceaux, fossés, etc.)

11.1. Objectifs de l'assainissement et du drainage :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales.
- ✓ Coûts de maintenance réduits.

- ✓ Sécurisation de la route contre les inondations (réparation des dégâts nécessairepour arrêter la circulation pendant les réparations à ulsur la difficulté de créer une déviation spontanée le long de ce chemin).
- ✓ Prévention des problèmes d'érosion sur les éléments de revêtement de voie (rails, etc.)et barrages en pierre concassée et fossés.
- ✓ Prélèvement d'eau souterraine.

11.2. Les ouvrages hydrauliques :

La réhabilitation des voies comprend tous les équipements qui doivent être planifiés et mis en œuvre pour la collecte et l'élimination de toutes les eaux de surface et souterraines, c'est-à-dire :

11.2.1. En déblai :

- fossés de drainage des deux côtés de la parcelle de fondation, dim. calculé à partir de la quantité d'eau.

- Des tranchées faîtières avec des brises.

-lames de protection au sommet de la pente sont creusées.

- chutes d'eau dans le barrage pour les évacuations transversales de ulpoints bas de fossés faîtiers.

- Bassins de rétention/infiltration à la fin de chaque fouille.

11.2.2. En remblai :

- buse sous la chenille aux points bas du sol, d'un diamètre de 600-2000 mm,

- Ponceaux sous les routes traversant des oueds, avec un diamètre calculé par sur l'importance de l'oued et la quantité d'eau qui y coule.

– fossés de drainage au pied du remblai.

-descends d'eau.

11.2.3. Gares :

11.2.3.1. **ASSAINISSEMENT TRANSVERSALE** Tous les quais sont pentes transversalement de (2%) vers les voies de circulation, la plateforme de la voie est pente de sa part de (2%), l'eau est captée dans des conduites percées et enterrées pour assainir longitudinalement.

11.2.3.2. ASSAINISSEMENT LONGITUDINALE Cela se fait par des tuyaux posés longitudinalement et inclinés et enterrés sont utilisés pour purifier l'eau jusqu'au point de rejet final, généralement des tuyaux découverts sur leurs sommets.

Figure 63: Conduite percée.

12. OUVRAGES DE DRAINAGE :

12.1. OUVRAGES DE DRAINAGE LONGITUDINAUX:

12.1.1. Fossés de drainage au pied des remblais

Fossés de drainage au fond des remblais : lorsqu'il n'y a pas de possibilité de changer de direction eaux de pluie sur de vastes propriétés environnantes, fossés de drainage Pour l'évacuation contrôlée, personnes sont déployées de part et d'autre, au pied du talusdont eau de pluie. Ces tranchées ont une largeur de 0,5 m et une profondeur de 0,5 m (Lataille minimale proposée par le SNTF). Ils ne sont consolidés que par zone en faible pente pour améliorer le drainage et en forte pente un prévenir l'érosion.

- Fossés faîtiers au bord supérieur de la fosse de construction : Les fossés faîtiers sont créés0,5 m de large et 0,5 m de profondeur.

- Le fossé de crête est renforcé sur toute sa longueur pour éviter l'érosion.

- Les fossés de crête sont adaptés à la pente naturelle du terrain.

- Les fossés faîtiers sont surélevés aux points bas naturels du terraindu bord du remblai de fouille.

- Si les canaux de drainage naturels se dirigent vers le fossé, ils seront par ex. B. redirigé conduit aux fossés sur la crête. Dans les zones buccales de la région crêtes de tranchées sont brisées.

- Banques pour remblais achevées. Vous avez ces bancs caniveaux de drainage pour la collecte des eaux de surface (demi-conduites DN500). Le dégagement transversal s'effectue en direction des fossés situés en pied de remblai en utilisant des cascades établies.

12.1.2. Les fossés de drainage dans les zones en déblai[10]

Dans les zones en tranchée, des fossés de drainage sont aménagés de part et d'autre de la Plate-forme de la voie. Leurs dimensions diffèrent selon les quantités d'eau à évacuer.
Ces fossés sont répartis en 3 types :

- ✓ Type 1 et type 4 : Q < 0,5 m³/s, largeur / profondeur : type = 0,5 / 0,6m, type 4 = 0,5 / 0,5m.
- ✓ Type 2: 0,5 ≤ Q < 1,0 m³/s, largeur / profondeur = 0,7 / 0,7m.
- ✓ Type 3: 1.0 ≤ Q < 2.0 m³/s, largeur / profondeur = 0,8 / 0,9m.

Pour éviter l'érosion, les fossés sont renforcés par une couche de béton d'environ 5 mm d'épaisseur. Épaisseur 10 cm. Pour les pentes les plus raides et les courants les plus rapides, traverses en béton ont été installées dans les tranchées. En bordure des zones d'excavation lorsque les conditions locales du sol l'exigent bassins d'infiltration sont utilisés là où par ex. s'infiltre dans l'eau depuis la zone du fossé. La pente des pentes de la piscine est pour 1:3. Les bassins sont entourés d'un mur d'argile de 0,5 m de haut.

12.1.3. Collecteurs sous fossés latéraux :

Les collecteurs sous les fossés latéraux sont en béton. leur diamètre dépend de la quantité d'eau provenant des bassins versants/zones divisées correspondants. Les tuyaux dirigent l'eau vers l'oued le plus proche ou là bassin d'infiltration.

12.2. Les ouvrages de drainages transversaux :

Le remblai ferroviaire est protégé de l'eau par un ouvrage corrigé. Ces ouvrages assurent l'écoulement des rivières de captage qui se croisent sous les voies ferrées, généralement représentés par des caniveaux, dalot, des caissons, ponts. Chaque traversée de ponceau est identifiée par :

- ✓ Sa position en conformité avec le profil longitudinal ;
- ✓ Le niveau d'eau dans le ponceau ;
- ✓ La vitesse de ruissellement.

Pour obtenir ces deux derniers éléments, à savoir la hauteur d'eau et la vitesse dans le ponceau, on adoptera que :

- ✓ La pente du bassin dans le ponceau par approximation soit 0,5 % ou 1 % ou bien 2 %;
- ✓ L'ouverture d'élément préfabriqué selon le type ;
- ✓ La hauteur d'élément préfabriqué selon le type ;
- ✓ La rugosité (Coefficient de Manning Strickler pour béton= 65) ;
- ✓ Le débit d'apport Q100

12.2.1. Les buses :

Figure 64: Une buse.

Sont des éléments circulaires préfabriqués en béton armé de dimensions standardisés désignés par le diamètre intérieur de la buse.
Les éléments préfabriqués proposés sont des types des buses suivants :
Buses ayant les dimensions de diamètre : Φ1500mm.

12.2.2. LES DALOTS :

Figure 65: Dalot sous remblai.

Ce sont des œuvres d'art in situ, généralement composées d'un ou deux panne aux murs et plafond ; De forme généralement rectangulaire pour évacuer des débits plus importants plus important que les jets. Ils étaient subordonnés aux banques. Les unités préfabriquées proposées sont des types de caissons suivants :

- C1 aux dimensions 1,50 m x 2,00 m ;

- C2 de 2,00m x 2,50m ;

- C3 avec des dimensions de 3,00m x 3,00m ;

- D4 aux dimensions 4,00m x 3,00m ;

- D5 de dimensions 5.00m x 2.50m;Dans certains endroits, cela semble être une solution étant donné le flux d'approvisionnement L'hydraulique est respectée et accède au passage par un petit ponceau. D'autre part, à certains endroits, vous pouvez voir que la hauteur de l'arbre est supérieure à10m. Pour cette raison, nous recommandons de traverser un pont pour éviter les remblais très raides.

1.1. Ouvrages de drainage :

Ouvrage de drainage	Nombre	Longueur totale
Buse	54	794.06 ml
Dalot	26	485.60 ml

Tableau 28:ouvrage de drainage.

13. SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATION : [13]

13.1. SIGNALISATION

La ligne et l'ensemble des gares seront équipées d'une nouvelle signalisation qui comprendra une signalisation latérale lumineuse classique et des postes d'enclenchements. Les principaux éléments considérés au sein du système de signalisation :

- Enclenchements électroniques (PAI).
- ETCS niveau 1
- Poste de commande central (PCC) à Khenchela.
- Postes de commandes locaux.
- Système de cantonnement de double voie BAL avec IPCS

- Système de cantonnement voie unique BAVU
- Compteurs d'essieux.
- Installations à la voie (répartiteurs, boîtiers d'autorisations AUAG et ATR, signaux, moteurs d'aiguilles, pédales des compteurs d'essieux, balises, détecteurs de boites chaudes, détecteurs d'objets trainants et appareil de pesage.)
- Systèmes d'aide à la maintenance des installations de signalisation (SDM).

13.1.1. TÉLÉCOMMUNICATION :[13]

Réseau SDH+LAN

- La gares du projet seront équipées d'un réseau de transmission SDH supporté sur deux câble 72 FO installés le long de la voie.

  Le commutateur LAN réalise l'agrégation des sous-systèmes :

  - Téléphonie de Gestion,
  - Téléphonie de Sécurité,
  - Control d'accès,
  - Anti Intrusion,
  - SMC
  - Détection incendie

- Le réseau GSM-R va assurer la couverture de ce tronçon de ligne
- La figure suivante montre la composition du réseau de transmission.

13.1.2.ÉNERGIE :

Le concept d'alimentation en énergie est le suivant :

Une alimentation principale basée sur le réseau public de la SONELGAZ, en triphasé 400 V. Cette alimentation doit se faire en ligne dédiée ou bien en coupure d'artère avec passage manuel et automatique d'une source sur l'autre.

Une autonomie primaire de 6 heures en zone urbaine (s'il y a un ensemble de supervision) aussi bien pour les installations de Signalisation que pour celles des Télécommunications au moyen de batteries d'accumulateurs.

Une autonomie secondaire au moyen de groupes électrogènes de secours Fixe (24 heures de réserve minimum avec la citerne interne),

La disponibilité d'un parc de groupes électrogènes de secours mobiles aux ateliers de maintenance (24 heures de réserve minimum avec la citerne interne).

Conclusion générale :

Le travail réalisé, qui a consisté à l'étude de la ligne ferroviaire , Ain El-beida de la Wilaya de Oum El Bouaghi à la ville de Khenchela qui est d'une importance capitale pour la région.
Nous avons réalisé un aperçu sur la revue bibliographique qui nous a permis d'élaborer notre tracé et une vue générale de la voie ferrée en Algérie.

Après la présentation de notre projet nous avons fait une étude préliminaire.

Pour notre étude nous avons utilisé de logiciel Civil 3 d, Covadis en respectant toutes les recommandations de la SNTF. Le confort, la sécurité des usagers ainsi que l'environnement ont été pris en compte dans le tracé.

Ce projet de voie ferrée nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant les années de notre formation,

Ce travail est juste une étude d'avant- projet donc d'autres études complémentaire seront nécessaires à son élaboration finale.

ANNEXES

ANNEXE 1 :

Chronostratigraphie: Ain Beida		
Quaternaire		
e	Récent	Eboulis à blocs
A	Récent	Alluvions récentes ou actuelles
Q	Récent	Terres arables, alluvions anciennes et Quaternaires indéterminé
Q^r	Récent	Glacis polygéniques nappant les reliefs
Q^c	Récent	Villafranchien probable croûtes calcaires
Mio- Pliocène		
mp	Mio-Pliocène continental	calcaires lacustres et conglomérats
Miocène		
m^2	Tortonien	gréseux
m^1	Miocene inférieur ou moyen	biomicrites gréseuses ou glauconieuses organogènes
m^{1a}	Miocene	conglomératique
Crétacé		
c^{6b}	Maestrichtien supérieur	calcaires à Inocérames
c^{6a}	Maestrichtien inférieur	marneux
c^5	Campanien	marnes beiges et calcaires crayeux
c^4	Santonien	alternances de calcaires noduleux et de marnes grises
c^3	Coniacien	alternances de marnes grises et de calcaires noduleux
c^2	Turonien	marno-calcaires avec des calcaires en plaquettes à la base
c^{1c}	Cénomanien supérieur	marneux à Rotalipores
c^{1b}	Vranconien et Cénomanien inf.	marnes et biomicrites
n^{5a}	Aptien	récifal à Orbitolines de la Koudiat el Hadjel
Trias		
t	Trias	argileux varicolore et gypseux

source: Carte géologique de l'Algérie, Ain Beida, 1:50.000, Ministère de l'Industrie et de l'Énergie, Direction des Mines et de la Géologie, Service de la carte géologique de l'Algérie, 1972

Chronostratigraphie: Khenchela		
Quaternaire		
e	Récent	Eboulis à blocs
A	Récent	Alluvions récentes ou actuelles
Q	Récent	Terres arables, alluvions anciennes et Quaternaires indéterminé
Q^1	Récent	Glacis polygéniques nappant les reliefs
Q^c	Récent	Villafranchien probable croûtes calcaires
Miocène		
m^3	Tortonien supérieur continental	argiles silteuses beiges et rouges, grès
m^2	Tortonien	grès-eux blanc
m^1	Langhien-Serravalien	marnes, biomicrites, biomicrosparites et grès blancs
m^{1a}	Aquitano-Burdigalien	conglomérats rouges
Crétacé		
c^{6b}	Maestrichtien supérieur	calcaires à Inocérames
c^{6a}	Maestrichtien inférieur	à dominante marneuse
c^5	Campanien	marnes et calcaires crayeux
c^4	Santonien	**(1)** faciès marneux de la moitié Est de la feuille, marnes gris-bleu et calcaires marneux à Inocérames; **(2)** faciès récifal des Djebels el Krouma et Knif
c^3	Coniacien	marnes grises et marno-calcaires
c^{2b}	Turonien "moyen et supérieur"	marnes beiges et calcaires noduleux
c^{2a}	Turonien basal	marno-calcaires bitumineux en plaquettes, alternances de marnes et de petits bancs marno-calcaires
c^{1c}	Cénomanien supérieur	calcaire formant corniche
c^{1b}	Cénomanien moyen	marnes grises et biomicrites
c^{1a}	Cénomanien inférieur	marnes gris-bleuté à Rotalipores
n^9	Albien	de l'anticinal de Khenchela: marnes, dolomies et grès
n^{5bc}	Aptien	calcaire à Orbitolines de l'anticlinal de Khenchela
n^{5a}	Aptien	marneux gris
Trias		
t	Trias	argiles varicolores et **gypses** chaotiques à glacons, calcaro-dolomitiques et cameugles
source: Carte géologique de l'Algérie, Khenchela, 1:50.000, Ministère de l'Industrie et de l'Energie, Direction des Mines et de la Géologie, Service de la carte géologique de l'Algérie, 1977;		

- « **Q** » **:** Ils correspondent à des alluvions anciennes à morphologie très plate ou des limons anciens bruns ou gris sur laquelle un sol brun permet une culture plus efficace que sur les glacis steppiques. Leur âge est difficile à préciser.
- « **Qc** »**:** Ces formations perchées par rapport aux surfaces précédentes sont très faciles à repérer. Entaillées par les cycles qui ont suivi, leurs témoins forment des petites mesas très caractéristiques. Leur abrupt périphérique est suffisamment marqué pour que le fond topographique le représente presque systématiquement. L´aspect le plus fréquemment réalisé est celui de croûtes massives (blanches) développées au-dessus d´horizons tuffacés surmontant euxmêmes des niveaux à poupées calcaires. Entaillées et probablement karstifiées (ou dissoutes) elles forment soit de petites mesas, soit des surfaces taraudées de dépressions de formes variées.

Ces formations sont habituellement rapportées au Villafranchien, bien daté plus au Nord-Ouest dans les régions de Sétif.

- **« Qt »:** Ces glacis couvrent de très vastes surfaces. Leur organisation en pente douce est tout à fait caractéristique. Ils ravinent le cycle antérieur de glacis, facile à reconnaître puisqu´il est caractérisé par des croûtes massives. C´est un nappage complexe à débris bien calibrés, parfois encroûtés. L´aspect est alors celui des croûtes rosâtres feuilletées classiquement attribuées au Tensiftien.
- **« Qd »:** Les formations dunaires forment un cordon presque continu par exemple à l´Est de la Garaet Guellif. C´est un agglomérat sableux de poussières et de petits débris, raviné par l´érosion actuelle.
- **« Qs »:** Les sols salés anciens correspondent aux zones plates qui bordent la Garaet Guellif.
Ce sont des sols nettement hydromorphes qui supportent une végétation caractéristique de Salsolacées.
- **« S »:** Ce sont les vases salées inondées périodiquement de la Garaet Guellif et du Nord de la Garaet et Tarf.

N° forage	Profondeur	W	Densité (mm)		SR	Limites d'Atterberg (%)			granulo	Gonflement			Oedométre			Analyse chimique				Classification	
		%				WL	Wp	Ip	<80 µm	type	C (bars)	δ (%)	Pc	Cc	Cg	SO4	CaCO3	CL	gypse	GTR	UDC
SC 01	3.50-3.60	19.87	1.74	2.09	100	52	28	24	97	TRI	0.41	11	1.39	17.61	5.75	/	/	/	/	QS1	A3
	4.80-5.00	18.95	1.74	2.07	96.02	36	20	23	86	CD	/	/	/	/	/	0.23	44.8	0.33	4.83	QS1	A3
	8.80-9.20	20.45	1.74	2.09	100.49	50	29	23	90	TRI	0.52	10	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A3
SC 02	1.50 – 2.00	19.20	1.71	2.04	94	50	27	26	91	CD	0.39	10	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A3
	5.45 – 6.00	19.84	1.71	2.03	94.68	45	23	22	78	TRI	0.35	19	1.42	24.65	2.80	0.19	37.60	0.24	3.4	QS1	A2
	8.00 – 8.60	19.39	1.68	1.97	84.57	45	22	23	70	CD	/	/	1.42	27.08	3.19	/	/	/	/	QS1	A1
SC 03	3.70 – 4.00	22.22	1.64	2.0	92.61	51	26	25	86	TRI	0.39	00	/	/	/	0.15	28.8	0.24	2.65	QS1	A2
	6.6 – 7.00	18.22	1.61	1.91	75.94	51	25	26	90	CD	0.28	15	1.21	18.05	8.33	/	/	/	/	QS1	A3
	13 – 13.4	18.15	1.71	2.07	93.01	42	21	21	85	TRI	/	/	1.71	23.05	8.92	0.10	40.80	0.28	-	QS1	A3
SC 04	7.00 – 7.50	20.02	1.46	1.89	94.35	39	29	10	94	CD	0.78	16	/	/	/	0.7	45	0.28		QS1	A3
	7.50 – 7.80	23.71	1.73	2.02	90.89	46	24	22	77	TRI	0.24	05	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A2
	11.7 – 12.0	20.89	1.47	1.81	88.67	46	23	23	89	CD	/	/	1.03	28.62	10.33	0.12	39.60	0.28	-	QS1	A2
SC 05	2.45 – 2.80	18.89	1.77	2.10	100	56	29	27	86	TRI	0.32	11	/	/	/	0.46	62.8	0.31	8.19	QS1	A3
	7.30 – 7.50	33.57	1.35	1.81	92.38	47	23	24	86	CD	0.32	16	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A3
	9.80 – 12.0	28.27	1.53	1.93	100	52	26	26	89	TRI	/	/	1.65	19.65	6.84	/	/	/	/	QS1	A3
SC 06	2.45 – 2.65	23.3	1.64	2.02	100	51	26	25	96	CD	0.24	14	/	/	/	0.28	48	0.31	5.84	QS1	A2
	7.00 – 7.40	31.19	1.47	1.93	102.77	56	28	28	93	TRI	0.25	10	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A2
	10.0 – 10.5	22.76	1.63	2.00	90.36	59	29	30	97	CD	/	/	1.09	18.65	5.21	0.21	44	0.28	-	QS1	A3
SC 07	2.80 – 3.00	19.19	1.65	1.98	92.61	53	28	25	84	TRI	0.31	50	/	/	/	2.87	98	0.35	51.37	QS1	A3
	4.50 – 5.00	18.89	1.72	2.03	93.07	60	32	28	91	CD	/	/	1.59	23.61	6.59	/	/	/	/	QS1	A3
	8.50 – 8.70	20.24	1.62	1.96	83.68	51	28	23	91	TRI	0.30	10	/	/	/	/	/	/	/	QS1	A1

Annexe 2 :

Axe en plan :

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	247.106gr	1168,000	20+000.000	346551,914	3946858,471
Clothoïde 1	Paramètre	-513,809	220,000	21+168.000	345764,404	3945995,887
Arc 1	Rayon	-1200.000 m	639,506	21+388.000	345611,235	3945838,060
	Centre X	344802.601 m				
	Centre Y	3946724.891 m				
Clothoïde 2	Paramètre	513,809	220,000	22+027.506	345048,580	3945550,331
Droite 2	Gisement	292.704gr	773,667	22+247.506	344830,975	3945518,519
Clothoïde 3	Paramètre	513,809	220,000	23+021.193	344062,364	3945430,042
Arc 2	Rayon	1200.000 m	620,736	23+241.193	343844,750	3945398,230
	Centre X	344090.538 m				
	Centre Y	3944223.669 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-513,809	220,000	23+861.929	343296,074	3945123,017
Droite 3	Gisement	248.101gr	2203,996	24+081.929	343140,455	3944967,625
Clothoïde 5	Paramètre	547,723	60,000	26+285.925	341629,160	3943363,385
Arc 3	Rayon	5000.000 m	1337,194	26+345.925	341588,105	3943319,630
	Centre X	345248.000 m				
	Centre Y	3939912.994 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-547,723	60,000	27+683.119	340617,966	3942231,356
Droite 4	Gisement	230.312gr	2040,635	27+743.119	340790,359	3942178,085
Clothoïde 7	Paramètre	-489,898	200,000	29+783.754	339655,030	3940064,420
Arc 4	Rayon	-1200.000 m	416,649	29+983.754	339758,497	3940189,337
	Centre X	338741.452 m				
	Centre Y	3940826.221 m				
Clothoïde 8	Paramètre	489,898	200,000	30+400.403	339481,092	3939881,269
Droite 5	Gisement	263.026gr	399,791	30+600.403	339317,048	3939766,967
				31+000.193	338982,811	3939547,609

Profil en long projet:

Fils Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.000 %	516.861	20+000.000	860.969
Cercle 1	Rayon	-20000.000 m	116.702	20+516.861	860.969
	Sommet Absc.	20+516.861 m			
	Sommet Alt.	860.969 m			
Pente 2	Pente	-0.584 %	343.194	20+633.564	860.629
Cercle 2	Rayon	70000.000 m	107.461	20+976.758	858.626
	Sommet Absc.	21+385.216 m			
	Sommet Alt.	857.434 m			
Pente 3	Pente	-0.430 %	1203.252	21+084.219	858.061
Cercle 3	Rayon	70000.000 m	110.858	22+287.471	852.907
	Sommet Absc.	22+688.468 m			
	Sommet Alt.	852.260 m			
Pente 4	Pente	-0.272 %	1353.729	22+398.329	852.518
Cercle 4	Rayon	20000.000 m	126.683	23+752.058	848.841
	Sommet Absc.	23+806.384 m			
	Sommet Alt.	848.768 m			
Pente 5	Pente	0.363 %	1345.644	23+878.941	848.899
Cercle 5	Rayon	-20000.000 m	103.630	25+224.585	853.781
	Sommet Absc.	25+297.143 m			
	Sommet Alt.	853.913 m			
Pente 6	Pente	-0.155 %	1383.342	25+328.215	853.888
Cercle 6	Rayon	25000.000 m	90.486	26+711.557	851.739
	Sommet Absc.	26+750.398 m			
	Sommet Alt.	851.709 m			
Pente 7	Pente	0.207 %	636.424	26+802.043	851.762
Cercle 7	Rayon	15000.000 m	88.863	27+438.468	853.077
	Sommet Absc.	27+407.480 m			
	Sommet Alt.	853.045 m			
Pente 8	Pente	0.799 %	704.001	27+527.331	853.524
Cercle 8	Rayon	-10000.000 m	155.136	28+231.332	859.149
	Sommet Absc.	28+311.233 m			
	Sommet Alt.	859.466 m			
Pente 9	Pente	-0.752 %	382.110	28+386.468	859.185
Cercle 9	Rayon	15000.000 m	112.846	28+768.578	856.311
	Sommet Absc.	28+881.430 m			
	Sommet Alt.	855.886 m			
Pente 10	Pente	-0.000 %	1793.336	29+881.424	855.886
Pente 11	Pente	-0.154 %	325.433	30+674.760	855.885
				314+000.193	855.385

Cubatures déblai remblai

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P17	20+400.000	25.000	0.00	120.30	0.0	3007.4	0.0	3007.4
P18	20+425.000	25.000	0.00	117.79	0.0	2944.6	0.0	5952.1
P19	20+450.000	25.000	0.00	116.00	0.0	2900.1	0.0	8852.2
P20	20+475.000	25.000	0.00	114.80	0.0	2870.1	0.0	11722.2
P21	20+500.000	25.000	0.00	114.69	0.0	2867.4	0.0	14589.6
P22	20+525.000	25.000	0.00	114.38	0.0	2859.5	0.0	17449.1
P23	20+550.000	25.000	0.00	112.16	0.0	2804.1	0.0	20253.2
P24	20+575.000	25.000	0.00	110.03	0.0	2750.7	0.0	23003.9
P25	20+600.000	25.000	0.00	107.09	0.0	2677.2	0.0	25681.1
P26	20+625.000	25.000	0.00	102.29	0.0	2557.3	0.0	28238.4
P27	20+650.000	25.000	0.00	99.23	0.0	2480.8	0.0	30719.2
P28	20+675.000	25.000	0.00	95.10	0.0	2377.5	0.0	33096.7
P29	20+700.000	25.000	0.00	90.76	0.0	2268.9	0.0	35365.7
P30	20+725.000	25.000	0.00	85.78	0.0	2144.4	0.0	37510.1
P31	20+750.000	25.000	0.00	81.67	0.0	2041.7	0.0	39551.8
P32	20+775.000	25.000	0.00	74.17	0.0	1854.2	0.0	41406.0
P33	20+800.000	25.000	0.00	64.01	0.0	1600.3	0.0	43006.3
P34	20+825.000	25.000	0.00	63.07	0.0	1576.7	0.0	44583.1
P35	20+850.000	25.000	0.00	60.55	0.0	1513.7	0.0	46096.7
P36	20+875.000	25.000	0.00	55.92	0.0	1398.1	0.0	47494.8
P37	20+900.000	25.000	0.00	53.15	0.0	1328.9	0.0	48823.7
P38	20+925.000	25.000	0.00	50.76	0.0	1269.0	0.0	50092.7
P39	20+950.000	25.000	0.00	47.53	0.0	1188.3	0.0	51281.0
P40	20+975.000	25.000	0.00	44.92	0.0	1123.0	0.0	52404.0
P41	21+000.000	25.000	0.00	41.92	0.0	1047.9	0.0	53451.9
P42	21+025.000	25.000	0.00	36.92	0.0	923.0	0.0	54374.9
P43	21+050.000	25.000	0.00	32.10	0.0	802.6	0.0	55177.5
P44	21+075.000	25.000	0.00	28.86	0.0	721.6	0.0	55899.1

P46	21+125.000	25.000	0.00	24.59	0.0	614.7	0.0	57152.1
P47	21+150.000	25.000	0.00	27.22	0.0	680.6	0.0	57832.7
P48	21+175.000	25.000	0.00	26.90	0.0	672.6	0.0	58505.3
P49	21+200.000	25.000	0.00	29.35	0.0	733.6	0.0	59238.9
P50	21+225.000	25.000	0.00	32.22	0.0	805.5	0.0	60044.4
P51	21+250.000	25.000	0.00	31.22	0.0	780.4	0.0	60824.8
P52	21+275.000	25.000	0.00	29.93	0.0	748.0	0.0	61572.8
P53	21+300.000	25.000	0.00	28.02	0.0	700.3	0.0	62273.2
P54	21+325.000	25.000	0.00	31.40	0.0	784.7	0.0	63057.9
P55	21+350.000	25.000	0.00	27.07	0.0	676.4	0.0	63734.3
P56	21+375.000	25.000	0.00	30.19	0.0	754.5	0.0	64488.7
P57	21+400.000	25.000	0.00	31.59	0.0	789.5	0.0	65278.2
P58	21+425.000	25.000	0.00	29.81	0.0	744.9	0.0	66023.2
P59	21+450.000	25.000	0.00	26.84	0.0	670.6	0.0	66693.8
P60	21+475.000	25.000	0.00	25.04	0.0	625.7	0.0	67319.5
P61	21+500.000	25.000	0.00	22.85	0.0	571.0	0.0	67890.5
P62	21+525.000	25.000	0.00	22.01	0.0	550.1	0.0	68440.6
P63	21+550.000	25.000	0.00	21.72	0.0	542.7	0.0	68983.3
P64	21+575.000	25.000	0.00	20.91	0.0	522.6	0.0	69505.9
P65	21+600.000	25.000	0.00	18.97	0.0	474.1	0.0	69979.9
P66	21+625.000	25.000	0.00	18.59	0.0	464.6	0.0	70444.6
P67	21+650.000	25.000	0.00	17.82	0.0	445.3	0.0	70889.8
P68	21+675.000	25.000	0.00	17.10	0.0	427.3	0.0	71317.1
P69	21+700.000	25.000	0.00	15.48	0.0	387.0	0.0	71704.1
P70	21+725.000	25.000	0.00	13.76	0.0	343.8	0.0	72047.9
P71	21+750.000	25.000	0.00	11.48	0.0	286.9	0.0	72334.8
P72	21+775.000	25.000	0.00	9.70	0.0	242.4	0.0	72577.2
P73	21+800.000	25.000	0.00	9.77	0.0	244.2	0.0	72821.4
P74	21+825.000	25.000	0.00	8.83	0.0	220.6	0.0	73041.9
P75	21+850.000	25.000	0.00	8.90	0.0	222.4	0.0	73264.4
P76	21+875.000	25.000	0.07	6.80	1.8	170.0	1.8	73434.4
P77	21+900.000	25.000	0.00	4.11	0.0	102.5	1.8	73536.9
P78	21+925.000	25.000	0.00	9.00	0.0	224.8	1.8	73761.7
P79	21+950.000	25.000	0.04	7.01	1.0	175.1	2.8	73936.8
P80	21+975.000	25.000	0.18	4.50	4.5	112.4	7.2	74049.2
P81	22+000.000	25.000	0.19	4.24	4.8	106.0	12.1	74155.2
P82	22+025.000	25.000	0.21	4.35	5.2	108.5	17.2	74263.8
P83	22+050.000	25.000	0.07	6.70	1.8	167.3	19.0	74431.1
P84	22+075.000	25.000	0.00	7.45	0.0	186.2	19.0	74617.3

P95	22+350.000	25.000	0.00	18.58	0.0	464.5	19.0	78195.6
P96	22+375.000	25.000	0.00	12.27	0.0	306.8	19.0	78502.4
P97	22+400.000	25.000	0.00	12.67	0.0	316.8	19.0	78819.2
P98	22+425.000	25.000	0.00	12.50	0.0	312.6	19.0	79131.8
P99	22+450.000	25.000	0.00	13.91	0.0	347.7	19.0	79479.5
P100	22+475.000	25.000	0.00	13.86	0.0	346.6	19.0	79826.1
P101	22+500.000	25.000	0.00	14.08	0.0	351.9	19.0	80177.9
P102	22+525.000	25.000	0.00	14.06	0.0	351.4	19.0	80529.4
P103	22+550.000	25.000	0.00	13.01	0.0	325.3	19.0	80854.6
P104	22+575.000	25.000	0.00	13.68	0.0	342.1	19.0	81196.7
P105	22+600.000	25.000	0.00	13.46	0.0	336.4	19.0	81533.1
P106	22+625.000	25.000	0.00	14.40	0.0	360.1	19.0	81893.2
P107	22+650.000	25.000	0.00	15.13	0.0	378.2	19.0	82271.4
P108	22+675.000	25.000	0.00	15.76	0.0	394.0	19.0	82665.4
P109	22+700.000	25.000	0.00	16.72	0.0	418.1	19.0	83083.5
P110	22+725.000	25.000	0.00	15.06	0.0	376.6	19.0	83460.1
P111	22+750.000	25.000	0.00	13.85	0.0	346.2	19.0	83806.3
P112	22+775.000	25.000	0.00	12.46	0.0	311.5	19.0	84117.8
P113	22+800.000	25.000	0.00	12.90	0.0	322.5	19.0	84440.3
P114	22+825.000	25.000	0.00	14.02	0.0	350.5	19.0	84790.7
P115	22+850.000	25.000	0.00	17.67	0.0	441.8	19.0	85232.6
P116	22+875.000	25.000	0.00	18.25	0.0	456.4	19.0	85688.9
P117	22+900.000	25.000	0.00	19.00	0.0	474.9	19.0	86163.8
P118	22+925.000	25.000	0.00	19.72	0.0	493.1	19.0	86656.9
P119	22+950.000	25.000	0.00	21.55	0.0	538.7	19.0	87195.6
P120	22+975.000	25.000	0.00	21.29	0.0	532.2	19.0	87727.8
P121	23+000.000	25.000	0.00	20.78	0.0	519.5	19.0	88247.3
P122	23+025.000	25.000	0.00	19.54	0.0	488.4	19.0	88735.7
P123	23+050.000	25.000	0.00	19.11	0.0	477.8	19.0	89213.6
P124	23+075.000	25.000	0.00	18.27	0.0	456.7	19.0	89670.3
P125	23+100.000	25.000	0.00	14.78	0.0	369.5	19.0	90039.8
P126	23+125.000	25.000	0.00	18.81	0.0	470.4	19.0	90510.1
P127	23+150.000	25.000	0.00	18.87	0.0	471.9	19.0	90982.0
P128	23+175.000	25.000	0.00	19.13	0.0	478.3	19.0	91460.3
P129	23+200.000	25.000	0.00	16.79	0.0	419.8	19.0	91880.1
P130	23+225.000	25.000	0.00	16.48	0.0	412.2	19.0	92292.3
P131	23+250.000	25.000	0.00	16.83	0.0	420.9	19.0	92713.2
P132	23+275.000	25.000	0.00	21.41	0.0	535.4	19.0	93248.6
P133	23+300.000	25.000	0.00	23.38	0.0	584.7	19.0	93833.2

P144	23+575.000	25.000	0.00	24.96	0.0	624.3	19.0	100959.6
P145	23+600.000	25.000	0.00	23.64	0.0	591.3	19.0	101550.8
P146	23+625.000	25.000	0.00	22.94	0.0	573.6	19.0	102124.4
P147	23+650.000	25.000	0.00	20.96	0.0	524.2	19.0	102648.6
P148	23+675.000	25.000	0.00	21.29	0.0	532.2	19.0	103180.9
P149	23+700.000	25.000	0.00	45.87	0.0	1147.3	19.0	104328.1
P150	23+725.000	25.000	0.00	48.94	0.0	1223.8	19.0	105552.0
P151	23+750.000	25.000	0.00	21.97	0.0	549.8	19.0	106101.7
P152	23+775.000	25.000	0.00	19.51	0.0	488.1	19.0	106589.9
P153	23+800.000	25.000	0.00	45.21	0.0	1130.9	19.0	107720.8
P154	23+825.000	25.000	0.00	36.02	0.0	901.4	19.0	108622.3
P155	23+850.000	25.000	0.00	52.45	0.0	1311.9	19.0	109934.2
P156	23+875.000	25.000	0.00	52.96	0.0	1324.8	19.0	111258.9
P157	23+900.000	25.000	0.00	49.78	0.0	1244.8	19.0	112503.8
P158	23+925.000	25.000	0.00	45.96	0.0	1149.4	19.0	113653.1
P159	23+950.000	25.000	0.00	41.78	0.0	1044.8	19.0	114697.9
P160	23+975.000	25.000	0.00	34.97	0.0	874.4	19.0	115572.3
P161	24+000.000	25.000	0.00	45.38	0.0	1134.9	19.0	116707.2
P162	24+025.000	25.000	0.00	57.84	0.0	1446.3	19.0	118153.5
P163	24+050.000	25.000	0.00	52.96	0.0	1324.1	19.0	119477.6
P164	24+075.000	25.000	0.00	45.21	0.0	1130.3	19.0	120607.9
P165	24+100.000	25.000	0.00	48.71	0.0	1217.8	19.0	121825.7
P166	24+125.000	25.000	0.00	51.57	0.0	1289.2	19.0	123114.9
P167	24+150.000	25.000	0.00	50.38	0.0	1259.4	19.0	124374.3
P168	24+175.000	25.000	0.00	51.54	0.0	1288.4	19.0	125662.7
P169	24+200.000	25.000	0.00	51.01	0.0	1275.2	19.0	126937.9
P170	24+225.000	25.000	0.00	55.91	0.0	1397.6	19.0	128335.5
P171	24+250.000	25.000	0.00	49.37	0.0	1234.3	19.0	129569.8
P172	24+275.000	25.000	0.00	43.62	0.0	1090.4	19.0	130660.2
P173	24+300.000	25.000	0.00	35.70	0.0	892.5	19.0	131552.7
P174	24+325.000	25.000	0.00	27.62	0.0	690.5	19.0	132243.1
P175	24+350.000	25.000	0.00	23.37	0.0	584.3	19.0	132827.4
P176	24+375.000	25.000	0.00	21.58	0.0	539.5	19.0	133366.9
P177	24+400.000	25.000	0.00	22.84	0.0	571.1	19.0	133938.0
P178	24+425.000	25.000	0.00	25.85	0.0	646.4	19.0	134584.3
P179	24+450.000	25.000	0.00	31.87	0.0	796.8	19.0	135381.1
P180	24+475.000	25.000	0.00	37.89	0.0	947.3	19.0	136328.4
P181	24+500.000	25.000	0.00	47.09	0.0	1177.3	19.0	137505.7

P193	24+825.000	25.000	0.38	5.03	9.6	125.9	28.7	154770.8
P194	24+850.000	25.000	5.49	1.16	137.4	29.0	166.0	154799.9
P195	24+875.000	25.000	16.42	1.16	410.6	29.1	576.6	154828.9
P196	24+900.000	25.000	27.81	1.12	695.4	27.9	1272.0	154856.8
P197	24+925.000	25.000	41.86	1.09	1046.4	27.1	2318.4	154884.0
P198	24+950.000	25.000	50.78	1.11	1269.6	27.7	3588.0	154911.7
P199	24+975.000	25.000	60.09	1.16	1502.4	29.1	5090.3	154940.8
P200	25+000.000	25.000	75.90	1.12	1897.5	27.9	6987.8	154968.7
P201	25+025.000	25.000	82.11	1.12	2052.7	28.1	9040.5	154996.8
P202	25+050.000	25.000	95.11	1.14	2377.7	28.4	11418.2	155025.2
P203	25+075.000	25.000	104.45	1.14	2611.3	28.5	14029.5	155053.6
P204	25+100.000	25.000	114.70	1.11	2867.5	27.8	16896.9	155081.4
P205	25+125.000	25.000	153.01	2.52	3825.4	63.0	20722.3	155144.4
P206	25+150.000	25.000	169.82	1.32	4245.5	32.9	24967.8	155177.3
P207	25+175.000	25.000	187.56	1.22	4689.1	30.4	29656.9	155207.7
P208	25+200.000	25.000	196.92	1.28	4922.9	32.0	34579.8	155239.7
P209	25+225.000	25.000	193.41	1.20	4835.3	30.1	39415.2	155269.7
P210	25+250.000	25.000	198.71	1.21	4967.6	30.2	44382.8	155299.9
P211	25+275.000	25.000	200.38	1.21	5009.6	30.4	49392.4	155330.3
P212	25+300.000	25.000	201.60	1.21	5040.1	30.1	54432.5	155360.4
P213	25+325.000	25.000	198.97	1.23	4974.3	30.7	59406.8	155391.1
P214	25+350.000	25.000	196.90	1.21	4922.6	30.4	64329.4	155421.5
P215	25+375.000	25.000	201.61	1.21	5040.2	30.3	69369.6	155451.8
P216	25+400.000	25.000	212.72	0.48	5317.9	11.9	74687.5	155463.7
P217	25+425.000	25.000	222.52	0.48	5563.1	12.0	80250.6	155475.6
P218	25+450.000	25.000	230.28	0.48	5757.0	12.1	86007.6	155487.7
P219	25+475.000	25.000	233.94	0.49	5848.4	12.2	91856.0	155499.9
P220	25+500.000	25.000	236.65	0.49	5916.2	12.4	97772.2	155512.3
P221	25+525.000	25.000	238.02	0.50	5950.4	12.4	103722.6	155524.7
P222	25+550.000	25.000	226.54	0.50	5663.5	12.4	109386.2	155537.1
P223	25+575.000	25.000	220.59	0.50	5514.7	12.5	114900.8	155549.6
P224	25+600.000	25.000	216.65	0.50	5416.2	12.6	120317.1	155562.1
P225	25+625.000	25.000	207.52	1.23	5188.0	30.6	125505.1	155592.8
P226	25+650.000	25.000	193.88	1.22	4846.9	30.5	130352.0	155623.3
P227	25+675.000	25.000	176.20	1.47	4405.0	36.8	134757.0	155660.1
P228	25+700.000	25.000	167.74	2.20	4193.5	55.0	138950.5	155715.1
P229	25+725.000	25.000	159.01	1.18	3975.1	29.4	142925.6	155744.5
P230	25+750.000	25.000	161.91	1.13	4047.8	28.3	146973.4	155772.8
P231	25+775.000	25.000	178.35	2.05	4458.7	51.2	151432.2	155824.0

P242	26+050.000	25.000	114.83	1.12	2870.8	27.9	190553.4	156232.8
P243	26+075.000	25.000	106.14	1.12	2653.6	28.0	193206.9	156260.8
P244	26+100.000	25.000	107.70	1.11	2692.5	27.8	195899.4	156288.5
P245	26+125.000	25.000	106.40	1.11	2660.1	27.8	198559.4	156316.4
P246	26+150.000	25.000	96.74	1.11	2418.5	27.9	200977.9	156344.2
P247	26+175.000	25.000	90.22	1.16	2255.5	29.1	203233.4	156373.3
P248	26+200.000	25.000	89.10	1.14	2227.6	28.6	205461.0	156401.9
P249	26+225.000	25.000	86.60	1.16	2165.0	28.9	207626.0	156430.8
P250	26+250.000	25.000	84.50	1.14	2112.4	28.5	209738.4	156459.3
P251	26+275.000	25.000	74.18	1.13	1854.4	28.1	211592.8	156487.4
P252	26+300.000	25.000	66.13	1.12	1653.2	28.1	213226.0	156515.5
P253	26+325.000	25.000	53.65	1.11	1341.2	27.7	214567.2	156543.2
P254	26+350.000	25.000	41.18	1.11	1029.5	27.7	215596.7	156570.9
P255	26+375.000	25.000	27.87	1.10	696.8	27.5	216293.5	156598.4
P256	26+400.000	25.000	15.26	1.11	381.5	27.7	216675.0	156626.1
P257	26+425.000	25.000	2.43	1.11	60.7	27.6	216735.7	156653.7
P258	26+450.000	25.000	0.00	8.24	0.0	206.1	216735.7	156859.8
P259	26+475.000	25.000	0.00	18.16	0.0	454.0	216735.7	157313.8
P260	26+500.000	25.000	0.00	28.06	0.0	701.7	216735.7	158015.5
P261	26+525.000	25.000	0.00	32.73	0.0	818.4	216735.7	158833.9
P262	26+550.000	25.000	0.00	30.78	0.0	769.5	216735.7	159603.4
P263	26+575.000	25.000	0.00	32.35	0.0	808.8	216735.7	160412.2
P264	26+600.000	25.000	0.00	19.54	0.0	488.6	216735.7	160900.8
P265	26+625.000	25.000	0.10	7.19	2.6	179.7	216738.2	161080.5
P266	26+650.000	25.000	13.34	0.38	333.5	9.5	217071.8	161090.0
P267	26+675.000	25.000	29.37	0.37	734.4	9.3	217806.2	161099.3
P268	26+700.000	25.000	45.55	0.37	1139.1	9.3	218945.3	161108.6
P269	26+725.000	25.000	52.90	0.36	1322.9	9.1	220268.3	161117.7
P270	26+750.000	25.000	60.31	0.37	1507.9	9.3	221776.2	161127.0
P271	26+775.000	25.000	62.39	0.38	1560.1	9.5	223336.3	161136.5
P272	26+800.000	25.000	52.58	0.37	1314.9	9.3	224651.2	161145.7
P273	26+825.000	25.000	51.97	1.10	1297.1	27.4	225948.3	161173.1
P274	26+850.000	25.000	46.96	1.10	1174.1	27.4	227122.4	161200.6
P275	26+875.000	25.000	46.32	1.10	1158.1	27.4	228280.5	161228.0
P276	26+900.000	25.000	38.51	1.12	962.8	28.0	229243.3	161256.0
P277	26+925.000	25.000	37.45	1.12	936.4	28.0	230179.7	161284.0
P278	26+950.000	25.000	29.74	1.12	743.4	28.0	230923.1	161312.0
P279	26+975.000	25.000	23.38	1.12	584.4	28.0	231507.6	161340.0
P280	27+000.000	25.000	17.07	1.12	426.7	28.0	231934.3	161368.0

P291	27+275.000	25.000	0.00	56.80	0.0	1420.3	232135.1	171173.6
P292	27+300.000	25.000	0.00	53.71	0.0	1343.0	232135.1	172516.6
P293	27+325.000	25.000	0.00	48.32	0.0	1208.3	232135.1	173724.9
P294	27+350.000	25.000	0.00	45.58	0.0	1139.8	232135.1	174864.7
P295	27+375.000	25.000	0.00	42.67	0.0	1066.9	232135.1	175931.6
P296	27+400.000	25.000	0.00	40.32	0.0	1008.2	232135.1	176939.9
P297	27+425.000	25.000	0.00	41.89	0.0	1047.6	232135.1	177987.4
P298	27+450.000	25.000	0.00	40.12	0.0	1003.3	232135.1	178990.7
P299	27+475.000	25.000	0.00	36.42	0.0	910.7	232135.1	179901.4
P300	27+500.000	25.000	0.00	37.02	0.0	925.7	232135.1	180827.2
P301	27+525.000	25.000	0.00	40.92	0.0	1023.3	232135.1	181850.4
P302	27+550.000	25.000	0.00	46.20	0.0	1155.3	232135.1	183005.7
P303	27+575.000	25.000	0.00	56.17	0.0	1404.2	232135.1	184409.9
P304	27+600.000	25.000	0.00	35.85	0.0	896.5	232135.1	185306.4
P305	27+625.000	25.000	0.00	34.15	0.0	853.7	232135.1	186160.0
P306	27+650.000	25.000	0.00	32.46	0.0	811.5	232135.1	186971.5
P307	27+675.000	25.000	0.00	24.50	0.0	612.6	232135.1	187584.1
P308	27+700.000	25.000	0.00	17.99	0.0	449.7	232135.1	188033.8
P309	27+725.000	25.000	0.00	17.56	0.0	439.0	232135.1	188472.8
P310	27+750.000	25.000	0.00	18.53	0.0	463.1	232135.1	188935.9
P311	27+775.000	25.000	0.00	21.52	0.0	537.9	232135.1	189473.8
P312	27+800.000	25.000	0.00	21.81	0.0	545.2	232135.1	190019.0
P313	27+825.000	25.000	0.00	22.52	0.0	562.9	232135.1	190581.9
P314	27+850.000	25.000	0.00	25.87	0.0	646.9	232135.1	191228.8
P315	27+875.000	25.000	0.00	26.22	0.0	655.5	232135.1	191884.2
P316	27+900.000	25.000	0.00	26.05	0.0	651.3	232135.1	192535.6
P317	27+925.000	25.000	0.00	21.22	0.0	530.6	232135.1	193066.1
P318	27+950.000	25.000	0.00	17.61	0.0	440.2	232135.1	193506.7
P319	27+975.000	25.000	0.00	15.96	0.0	398.9	232135.1	193903.5
P320	28+000.000	25.000	0.00	12.85	0.0	321.3	232135.1	194224.8
P321	28+025.000	25.000	0.47	7.45	11.8	186.4	232147.0	194411.2
P322	28+050.000	25.000	2.34	3.59	58.4	89.8	232205.4	194501.0
P323	28+075.000	25.000	6.07	1.24	151.9	31.1	232357.3	194532.1
P324	28+100.000	25.000	12.89	1.12	322.3	28.0	232679.5	194560.1
P325	28+125.000	25.000	22.61	1.15	565.1	28.8	233244.7	194589.0
P326	28+150.000	25.000	36.77	1.09	969.2	27.3	234213.8	194616.3
P327	28+175.000	25.000	43.61	1.15	1095.2	28.7	235309.0	194645.0
P328	28+200.000	25.000	56.07	1.13	1401.8	28.2	236710.8	194673.2

P350	28+750.000	25.000	33.74	1.12	843.5	26.1	318580.2	195347.8
P351	28+775.000	25.000	25.71	1.12	642.7	27.9	319222.9	195375.7
P352	28+800.000	25.000	19.12	1.11	478.1	27.8	319701.0	195403.5
P353	28+825.000	25.000	9.27	1.12	231.8	27.9	319932.8	195431.4
P354	28+850.000	25.000	0.56	4.33	14.1	108.3	319946.8	195539.8
P355	28+875.000	25.000	0.00	11.22	0.0	280.5	319946.8	195820.3
P356	28+900.000	25.000	0.00	33.51	0.0	837.7	319946.8	196658.0
P357	28+925.000	25.000	0.00	23.56	0.0	589.1	319946.8	197247.1
P358	28+950.000	25.000	0.00	29.62	0.0	740.6	319946.8	197987.7
P359	28+975.000	25.000	0.00	33.39	0.0	834.8	319946.8	198822.3
P360	29+000.000	25.000	0.00	34.93	0.0	873.2	319946.8	199695.5
P361	29+025.000	25.000	0.00	36.67	0.0	916.7	319946.8	200612.2
P362	29+050.000	25.000	0.00	35.92	0.0	897.9	319946.8	201510.1
P363	29+075.000	25.000	0.00	35.18	0.0	879.4	319946.8	202389.5
P364	29+100.000	25.000	0.00	36.56	0.0	914.1	319946.8	203303.6
P365	29+125.000							
P366	29+150.000							
P367	29+175.000							
P368	29+200.000							
P369	29+225.000							
P370	29+250.000							
P371	29+275.000							
P372	29+300.000							
P373	29+325.000							
P374	29+350.000							
P375	29+375.000							
P376	29+400.000							
P377	29+425.000							
P378	29+450.000							
P379	29+475.000							
P380	29+500.000							
P381	29+525.000							
P382	29+550.000							
P383	29+575.000							
P384	29+600.000							
P385	29+625.000							
P386	29+650.000							
P387	29+675.000							

GARE DE M'TOUSSA

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]www. Wikipédia. com, Histoire des chemins de fer algériens.

[2]Dr. BOUTELDJA FATHE, Mémoire de Master, Thème : ETUDE DE LA LIGNE FERROVIAIRE BOUCHEGOUF – EL KHROUB, 2016

[3]Bouteldja F, COURS DE CHEMIN DE FER master 1 Voies et Ouvrages d'Art, 2014/2015

[4] ISFF ROUIBA**, LA VOIE FERREE tome 1**

[5] ISFF ROUIBA, **LA VOIE-TRACE-DEVERS-RACCORDEMENT**

[6] H. SIGUERDJIDJENE , MEMOIRE DE FIN D'ETUDE, Etude De L'exécution De La Ligne SENIA-ARZEW Tronçon EL- MOUHGOUN-ARZEW Ville, 2017/2018.

[7] M. Kerfouf Hamid, Mémoire de Master, ETUDE EN APD DE LA LIGNE FERROVIAIRE A VOIE UNIQUE DJELFA-LAGHOUAT (du PK90+000 au PK 105+450) AVEC CONCEPTION DE LA GARE DE VOYAGEURS DE LAGHOUAT, 2016

[8] Groupent SETIRAIL, PROJET D'ETUDE DE LA LIGNE FERROVIAIRE (ain baida-khenchela).

[9] Groupe cosider

[10] www.ANESRIF.dz

[11] STAIFI Leila, Modélisation hydrogéologique de la plaine de Rémila-Khenchela, 2017.

[12] Document technique réglementaire DTR B C 248, règlement parasismique Algérien (RPA 99/ Version 2003), modifié et complimenté le 28 Juin 2003, publié par le Centre national de recherche appliquée en Génie-Parasismique (CGS).

[13] www.SNTF.dz