République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Superieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructure de Base

Thème

Étude en APD de la nouvelle ligne minière ferroviaire à voie unique GARE DJEBILET (TINDOUF)-BECHAR du PK 80+000 au PK 98+500 avec L'aménagement de la gare ABADLA.

Présenté par :

AMMARI Wafaa

BOUZAIDA Bouchra.

Encadré par :

Mr. BOUZIANE Messaoud.

Promotion 2023/2024

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

congratulations 2024

وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Remerciements

Au premier lieu, je tiens à remercier Dieu le Tout Puissant de m'avoir aidé et donné la force et la volonté Patience pour réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer en particulier mes sincères remerciements pour mes encadreurs
Mr. BOUZIANE MESSAOUD et Mr. KADA, Mme BELHADJ F.Z pour leur patience, leur disponibilité et surtout leurs judicieux conseils qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je remercie aussi tout le personnel de SETIRAIL et COSIDER TP pour leur soutien et leurs remarques pendant toute la période du stage.
Spécialement :

Mes remerciements s'adressent, également, aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils vont porter à mon travail.

Je désire aussi remercier les professeurs de l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux publics, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études.et surtout
Mr. Morsli pour son soutien, son aide, ses conseils avisés et pour le temps qu'il nous a consacré.

J'aimerais exprimer ma gratitude au service de scolarité DIB et en particulier chef de département Mme MAHIAOUI Mahdia Yasmine et et Mme MERDOUD Mme Boumehraz et Mme Makoudi et Mme Bourebia.et tout le personnel de L'ENSTP.

Je tiens à remercier aussi toute l'équipe de la bibliothèque pour leur soutien et pour les nombreux ouvrages qu'ils ont mis à notre disposition.



Dédicace

A mon père et à ma mère ;

Nulles dédicaces ne peuvent exprimer ce que je leur dois, par leur prière,

leurs patiences en moi, ils ont tous fait pour mon bonheur et ma réussite.

Qu'ils veuillent trouve dans ce travail le fruit de leurs sacrifices illimités et

la preuve de mon amour et de ma gratitude éternelle.

A mes chers sœurs ASMAA, RIMA qui sont toujours là pour moi.

A tous ceux qui m'ont accompagné tout au long de ce parcours,

A tous ceux que j'aime.

WAFAA,

Je dédie ce modeste travail

Au meilleur des pères et à ma très chère maman, à mes grands-parents qu'ils trouvent en moi la source de

Leur fierté qui ne cesse de me donner avec amour le nécessaire pour que

Je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui.

Que dieu les protège et que la réussite soit toujours à ma

Portée pour que je puisse vous combler de bonheur.

À mes sœurs et mes frères

À toute ma famille

À tous ceux qui me sont chers, aux personnes qui m'ont aidé et encouragé de près ou de loin, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études.

BOUCHRA.

ملخص

هذا المشروع يدرس التصميم التفصيلي لخط السكة الحديدية الجديد الرابط بين محطة جبيلات (تندوف) و بشار. المقطع المدروس يمتد من النقطة الكيلومترية 000+ 80 إلى500+ 98 بطول 18 كلم مع تهيئة محطة توقف قطارات لنقل المسافرين بمدينة العبادلة .صمم المشروع وفقا لمعايير الإتحاد الدولي للسكك الحديدية وتوصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية .

وتم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع باستخدام برامج النمذجة الهندسية والحساب :

AUTOCAD 2018, CIVIE3D 2024, SUBASSEMBLY COMPOSER2024, ARCGIS et GOOGLE EARTH PRO.

الكلمات المفتاحية: سكة الحديدية، المحطة،SUBASSEMBLY COMPOSER,CIVIL3D

RESUME

Le présent projet consiste essentiellement en étude d'avant-projet détaillé (A.P.D) de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique reliant GARE DJEBILET (TINDOUF)-BECHAR Le tronçon étudié prend son origine du PK 80+000 et prend fin au PK 98+500, sur un linéaire de 18 Km, sur lequel on prévoit la conception d'une gare de voyageurs de la ville de ABADLA.

Le projet a été élaboré suivant les normes internationales 'UIC' (Union Internationale des chemins de fer), et les recommandations Algériennes de la 'SNTF' (Société Nationale de Transport Ferroviaire).

La modélisation géométrique du projet a été exécutée à l'aide des logiciels : AUTOCAD 2018, CIVIE 3D 2024, SUBASSEMBLY COMPOSER 2024, ARCGIS et GOOGLE EARTH PRO.

Mots clés : CIVIL3D, SUBASSEMBLY COMPOSER, Chemin de fer, Gare.

ABSTRACT

This project consists essentially of the detailed design study (APD) of the new single-track railway line linking GARE DJEBILET (TINDOUF)-BECHAR the section studied originates from PK 80+000 to end at PK 98+500, on a linear of 18 km, on which will be construed a station of passengers of the city ABADLA.

The project was developed according to the international standards 'UIC' (International Union of Railways), and the Algerian recommendations of the 'SNTF' (National Railway Transport Company). the geometric modeling of the project was carried out using the software tools: AUTOCAD 2018, CIVIE 3D 2024, SUBASSEMBLY COMPOSER 2024, ARCGIS et GOOGLE EARTH PRO.

Key words: CIVIL3D, SUBASSEMBLY COMPOSER, railway, the station.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE : 1

I. L'ENSABLEMENT : 2

I.1. INTRODUCTION : **2**

I.2. CONSEQUENCE DE L'ENSABLEMENT : **2**

I.3. FACTEURS D'ENSABLEMENT : **3**

I.3.2. LE SOL : 4

I.4 PROTECTION CONTRE L'ENSABLEMENT : **4**

I.4.1 LA STABILISATION MECANIQUE DES DUNES 4

I.4.2 LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR MISE EN PLACE DE LA VEGETATION : 6

I.5. CONCLUSION : **6**

II. PRESENTATION DU PROJET 7

II.1. INTRODUCTION : **7**

II.2 DESCRIPTION DE PROJET : **7**

II.3 LES OBJECTIFS DU PROJET: **8**

II.4 CARACTERISTIQUES DE LA LIGNE : **9**

II.5 PRESENTATION DU SITE : **10**

II.5.1 LES WILAYAS CONCERNEES PAR LE PROJET : 10

III. TRACE EN PLAN 13

III.1 INTRODUCTION : **13**

III.2 TRACE EN PLAN **13**

III.3 REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN : **13**

III.4 LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN **13**

III.4.1 L'ALIGNEMENT : 14

III.4.2 L'ARC DE CERCLE : 14

III.4.3 LA COURBE DE RACCORDEMENT : 14

III.5 PARAMETRES DE CONCEPTION DU TRACE : **14**

III.5.1 CRITERES DE LIMITATION DES PARAMETRES GEOMETRIQUES : 14

III.5.2 LONGUEUR MINIMUM DES ELEMENTS DU TRACE 15

III.5.3 RAYON MINIMUM DE L'ALIGNEMENT CIRCULAIRE (R min) : 15

III.5.4 LE DEVERS : 15

III.5.5 LE RACCORDEMENT PROGRESSIF : 17

III.6 APPLICATION DU PROJET : **17**

IV. PROFILE EN LONG : 21

IV.1 DEFINITION : **21**
IV.2 ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG : **21**
IV.3 REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG : **21**
IV.4 PARAMETRES DU TRACE A RESPECTER : **22**
IV.4.1 DECLIVITE MAXIMALE : 22
IV.4.2 RAYON ADMISSIBLE EN RACCORDEMENTS DE PROFIL EN LONG : 22
IV.4.3 DETERMINATION DE LA LONGUEUR MINIMALE DES PENTES UNIFORMES ET DES RACCORDEMENTS EN PROFIL : 22
V. ETUDE DES CONTRAINTES : 24
V.1. INTRODUCTION : **24**
V.2. LES CONTRAINTES **24**
V.2.1. ROUTES ET CHEMINS: 24
V.2.2 OUED : 25
VI. ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE 27
VI.1. INTRODUCTION : **27**
VI.2 ÉTUDE GEOLOGIQUE : **27**
VI.2 .1 CADRE GEOLOGIQUE GLOBAL DE LA ZONE EXAMINEE : 27
VI.2.2 CADRE GEOLOGIQUE LOCAL : 27
VI.2.3 STRATIGRAPHIE LITHOLOGIQUE 28
VI.2.4 L'ACTIVITE SISMIQUE DE LA REGION EXAMINEE : 30
VI.2.5 RISQUES GEOLOGIQUES 31
VI.6 ETUDE GEOTECHNIQUE : **31**
VI.6.1. PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE DU TRACE : 32
VI.6.2. PLATE-FORME : 32
VI.7. ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE GEOLOGIQUE : **38**
VI.7.1. ÉVALUATION DES ECHANTILLONS GEOLOGIQUES : 38
VI.7.1.1. PUIT DE RECONNAISSANCE : 38
VI.7.1.2. RESULTATS DES ESSAIS AU LABORATOIRE : 39
VI.7.2. ANALYSE DES MATERIAUX DES DEBLAIS REMBLAIS : 40
VI.8 CONTRAINTE GEOTECHNIQUE : **45**
VI.9. CONCLUSION : **45**
VII. DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES D'ASSISE : 46
VII.1. INTRODUCTION : **46**
VII.2. ARMEMENT DE LA VOIE : **46**

VII.2.1. LE RAIL : 46
VII.2.2. LES TRAVERSES : 47
VII.2.3. LE SYSTEME D'ATTACHE : 48
VII.2.4. LES APPAREILS DE VOIE : 49
VII.3. COMPOSITION ET DIMENSIONNEMENT A LA PORTANCE DES COUCHES D'ASSISE : **49**
VII.3.1. STRUCTURE D'ASSISE : 49
VII.4. CONSTRUCTION GENERALE : **50**
VII.4.1. COUCHE D'ASSISE : 50
VIII.4.2. PLATE- FORME : 51
VII.5. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE D'ASSISE : **51**
VII.5.1. CALCUL LES EPAISSEURS DES COUCHES DE BALLAST ET SOUS-COUCHE DE PLEINE VOIE : 51
VII.6. DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME : **52**
VII.7. STRUCTURE D'ASSISE RETENUE : **53**
VIII. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE : 54
VIII.1. INTRODUCTION : **54**
VIII.2. METHODOLOGIE ET CRITERES DE CONCEPTION : **54**
VIII.3. ETUDE HYDROLOGIQUE : **54**
VIII.3.1 PRESENTATION GENERALE ET DESCRIPTION DU CONTEXE HYDROLOGIQUE : 54
VIII.3.2. CARACTERISTIQUE CLIMATIQUE : 55
VIII.4. LES ZONES INONDABLES : **56**
VIII.5. BASSINS VERSANTS : **57**
VIII.5.1 LA DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS : 57
VIII.5.2. ÉVALUATION DES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS : 57
VIII.5.2 LE TEMPS DE CONCENTRATION (Tc) : 59
VIII.5.3 CALCUL DE L'INTENSITE DE PLUIE : 59
VIII.5.4 CALCUL DU DEBIT MAXIMAL DANS LES BASSINS (LES DEBITS DE CRUE) : 60
VIII.5.5 APPLICATION SUR LE PROJET : 61
VIII.6. ETUDE HYDRAULIQUE : **65**
VIII.6.1 INTRODUCTION : 65
VIII.6.2 CRITERES DE DIMENSIONNEMENT A RESPECTER : 65
VIII.6.3 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES TRANSVERSAUX : 65

VIII.6.4 ASSAINISSEMENT LONGITUDINAL : 70
VIII.7 CONCLUSION : **70**
IX. PROFIL EN TRAVERS : 71
IX.1. INTRODUCTION : **71**
IX.2. PROFIL EN TRAVERS TYPE : **71**
IX.3. PROFIL EN TRAVERS COURANT : **71**
IX.4. LES ELEMENTS DE PROFIL EN TRAVERS : **71**
IX.5. CONSTITUANTS DE PROFIL EN TRAVERS : **72**
IX.6. PROFIL TYPE DE NOTRE PROJET : **72**
IX.6.1. PLEINE VOIE : 72
X. TERRASSEMENTS : 74
X.1. INTRODUCTION : **74**
X.2. ETUDE DE STABILITE : **74**
X.3. CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENTS : **74**
X.4. CONCLUSION : **75**
XI. CONCEPTION DE LA GARE : 76
XI.1. INTRODUCTION : **76**
XI.2. TYPES DES GARES : **76**
XI.3 ÉTUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE : **76**
XI.4 AMENAGEMENT DE LA GARE : **76**
XI.4.1 INSTALLATIONS D'UNE GARE A VOYAGEUR 76
XI.4.2 GARAGE FRANC 77
XI.5. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES GARES **77**
XI.5.1 LA LONGUEUR UTILE D'UNE VOIE DE STATIONNEMENT 77
XI.5.2 DECLIVITE DANS LES GARES : 78
XI.5.3 QUAI : 78
XI.6. AMENAGEMENT DE LA GARE ABADLA : **79**
XI.7 ASSAINISSEMENT DE LA GARE : **82**
XI.8 CONCLUSION **82**
XII. SIGNALISATION FERROVIAIRE : 83
XII.1. INTRODUCTION : **83**
XII.8.1. SYSTEME DE SIGNALISATION ERTMS : 88
XII.8.2. LES PRINCIPAUX SIGNAUX POUVANT ETRE UTILISES : 89
XII. 9 CONCLUSION : **89**

XIII. ETUDE D'IMPACT DE L'INFRASTRUCTURE SUR L'ENVIRONNEMENT : 90
XIII.1 INTRODUCTION : **90**
XIII.2 DESCRIPTION DU MILIEU : **90**
XIII.2.1 MILIEU PHYSIQUE : 90
XIII.2.2 MILIEU BIOLOGIQUE : 91
XIII.2.3 MILIEU HUMAIN : 91
XIII.2.4 ACTIVITE ECONOMIQUE : 91
XIII.3 LES INFRASTRUCTURES DE BASE : **92**
XIII.3.1 LES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES : 92
XIII.4 EVALUATION DES IMPACTS : **92**
XIII.4.1 IMPACTS POSITIFS : 92
XIII.4.2 IDENTIFICATION DES IMPACTS : 92
XIII.5 MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES : **94**
XIII.6 CONCLUSION : **94**
XIV. DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF : 95
CONCLUSION GENERALE 97
LA BIBLIOGRAPHIE. 98
ANNEXES. 99

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1: Données générales des wilayas concernées
Tableau III.1: Les valeurs limites géométriques de tracé.
Tableau III.2: Récapitulatif des Paramètres du tracé.
Tableau III.3: Suite récapitulative des Paramètres du tracé.
Tableau IV.1: Les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil en long.
Tableau IV.2: Limites des valeurs de la longueur minimale des déclivités constantes.
Tableau IV.3 : paramètre profil en long.
Tableau V.1: Tableau récapitulatif de rétablissements des passages à niveaux.
Tableau V.2: Tableau récapitulatif des oueds passants par notre tracé.
Tableau VI.1 : programme géotechnique des sections en déblai.
Tableau VI.2: Programme géotechnique des sections en remblai.
Tableau VI.3: Programme géotechnique pour les ouvrages d'art et bâtiment.
Tableau VI.4: Résultats des puis de reconnaissance.
Tableau VI.5: Résultats des essais au laboratoire.
Tableau VI.6: Suite des résultats des essais au laboratoire.
Tableau VI.7: Résultats des sondages effectués sur le tronçon d'étude.
Tableau VI.8: Résultats des essais physiques et chimiques.
Tableau VI.9: Résultats des essais mécaniques.
Tableau VII.1: Valeurs du fuseau de contrôle.
Tableau VII.2: Epaisseurs de couche d'assise.
Tableau VII.3: Epaisseur de la couche de forme (UIC 719R P16).
Tableau VII.4: Les propriétés d'assise de la voie.
Tableau VIII.1 : Les températures mensuelles de la période entre (1992– 2020)
Tableau VIII.2 : Pluies maximales journalières.
Tableau VIII.3: Pluies journalières maximales fréquentielles.
Tableau VIII.4 : Les caractéristiques morphométriques des bassins versants.
Tableau VIII.5 : Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude (voir l'annexe).
Tableau VIII.6 : Débit des bassins versants
Tableau VIII.7: Listing des ouvrages de drainage transversal projetés
Tableau X.1 : Récapitulatif des volumes de terrassement.
Tableau X.2 : Récapitulatif des volumes des couches d'assise.
Tableau XI.1: Longueur utile.
Tableau XI.2: Types de branchement.
Tableau XII.1: Les principaux signaux ferroviaires et leur indication dans BAPR.
Tableau XIV.1: Devis quantitatif estimatif.

LISTE DES FIGURE

Figure I.1: Conséquences de l'ensablement.
Figure I.2: Rose des Vents pour Béchar.
Figure I.3: Variation de vitesse des vents en (m/s) moyennes mensuelles de la région de Bechar durant la période (2000- 2014).
Figure I.4: Schémas de disposition des palissades de défilement et d'arrêt.
Figure I.5: Conception et disposition des Drâas.
Figure II.1 : BECHAR-Port d'ARZEW.
Figure II.2 :Réseau ferroviaire en Algérie.
Figure II.3 : Localisation de la section étudiée.
Figure III.1 : Les éléments de tracé en plan.
Figure III.1: Les éléments de tracé en plan.
Figure III.2: Schéma de dévers installé pour une voie en courbe.
Figures V.1: Intersection au niveau de Pk 96+750.
Figures V.2 : Intersection au niveau de Pk 97+975.
Figures V.3: Intersection de l'Oued Messouar au niveau de PK 80+788 à PK 81+103..
Figures VI.1: Géologie Globale de BECHAR.
Figures VI.2: Carte géologique de la région d'ABADLA.
Figures VI.3: Coupe géologique de BECHAR.
Figures VI.3: Carte zonage sismique du territoire national.
Figures VII.1: Profil et caractéristiques DU RAIL UIC 60 E1-(UIC 60).
Figures VII.2: Traverses utilisées.
Figures VII.3 : Les dimensions extérieures de traverse PCS-IV (unité : mm).
Figures VII.4 : Schéma de calcul du moment de flexion des traverses.
Figures VII.5: Attache élastique.
Figures VII.6: Couches d'assise avec plateforme
Figures VII.5: Fig.9 - Calcul de l'épaisseur minimale "e" des couches d'assise-UIC719RP 30.
Figures VIII.1: Situation géographique de la zone d'étude.
Figures VIII.2: La zone d'inondation 1.
Figures VIII.3 : La zone d'inondation 2.
Figures VIII.4 : La délimitation des bassins versants.
Figures VIII.4: La délimitation des bassins versants.
Figure XI.1: Garage franc.
Figure XI.2: Longueur utile Lu.
Figure XI.3: Prescription d'implantation des bordures des quais.
Figure XI.4: Schéma illustratif d'un quai voyageur en alignement de SNTF.
Figure XI.5: Communication de deux branchements.

Abréviation désignation

SNTF : Société Nationale des Chemins de Fer.

ANESRIF : Agence Nationale des Etudes et Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires.

UIC : Union Internationale des Chemins de fer.

AREMA: American Railway Engineering and Maintenance of Way Association.

ONM : l'Office National de la Météorologie.

RPOA : Règlement Parasismique Algérien des Ouvrages d'Art.

APD : Avant-Projet Détaillé

Pk : Point kilométrique

FSR : Face supérieure de roulement

ADV : Appareils de voie

GF : Garage franc.

VP : Voie principale.

RN : Route nationale.

PS : Passage supérieur

PST : Partie supérieure du terrassement

GTR : Guide technique « Réalisation des remblais et des couches de forme

QSi : Classe du sol selon UIC

LA : Essai Los Angelos

MDE : Essai Micro – deval.

CBR : Essai de CBR

BV : Bassin versant

SP : sondage pressiométrique

SC : sondage carotier.

ORP : origine de raccordement progressif.

FRP : fin de raccordement progressif.

1

INTRODUCTION GENERALE.

INTRODUCTION GENERALE :

Le réseau ferroviaire en Algérie, héritage de l'ère coloniale française, constitue un pilier fondamental de l'infrastructure de transport du pays. Depuis son indépendance en 1962, ce réseau a joué un rôle central dans le développement économique et social de l'Algérie, en facilitant le transport des personnes et des marchandises à travers le territoire national.

La mobilité représente un moteur essentiel du développement économique d'un pays, c'est pourquoi l'Algérie s'engage activement dans ce domaine. Au cours des dernières décennies, le secteur des transports a connu une croissance remarquable, visant à améliorer la mobilité physique des individus ainsi que le transport des marchandises. L'objectif de ces infrastructures est d'accroître l'efficacité des déplacements humains et de la logistique, favorisant ainsi des échanges économiques plus rapides et une économie plus performante. Par conséquent, l'impact des infrastructures sur la croissance et la productivité est significatif.

Le développement global du réseau ferroviaire en Algérie, notamment dans le sud du pays, revêt une importance capitale pour le progrès économique et social de cette région. Historiquement, les investissements dans les infrastructures ferroviaires ont été principalement concentrés sur les axes reliant les grandes villes du nord du pays, laissant le sud avec une connectivité ferroviaire limitée.

Cependant, ces dernières années, une prise de conscience croissante de l'importance de développer le réseau ferroviaire dans le sud de l'Algérie est apparue. Cette région dispose d'importantes ressources naturelles, notamment dans le domaine minier, ainsi que d'un potentiel touristique et agricole à exploiter. Le renforcement de la connectivité ferroviaire dans le sud contribuerait à désenclaver cette région, à faciliter l'exploitation de ses ressources et à promouvoir son développement économique.

Parmi ces projets, on peut citer le plus grand projet ferroviaire de l'histoire de l'Algérie, qui relie Béchar-Tindouf-Gara Djebilet sur une distance de 950 km. Ce projet est divisé en plusieurs tronçons, comprenant des stations et des gares destinées au transport de marchandises et de passagers, contribuant ainsi à dynamiser l'économie et la connectivité de la région.

Le projet fin d'étude a pour objet l'étude APD sur un tronçon de 18 km de la ligne GARE DJEBILET (TINDOUF)-BECHAR, le travail s'articule sur les aspects suivants :

- Etude géométrique, géologique et géotechnique ;
- Etude de phénomène de l'ensablement ;
- Etude des contraintes ;
- Dimensionnement de la structure d'assise et Terrassement ;
- Etude hydrologique et hydraulique ;
- Profils en travers de la ligne projetée ;
- Aménagement de la nouvelle Gare voyageurs de ABADLA ;
- Signalisation et Impact sur l'environnement ;
- Enfin devis estimatif du projet.

CHAPITRE I RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE : ETUDE DE L'ENSABLEMENT.

I. L'ENSABLEMENT :

I.1. INTRODUCTION :

Le phénomène d'ensablement est une manifestation spectaculaire de la désertification, touchant actuellement environ 1 333 775 km², soit 56% de la superficie totale de l'Algérie (estimation par imagerie satellitaire). Depuis des décennies, l'État algérien consacre d'importants moyens financiers pour combattre ce phénomène et stabiliser les dunes, bien que des améliorations soient nécessaires pour optimiser ces efforts.

Dans la wilaya de Béchar, située au sud-ouest de l'Algérie, l'ensablement est particulièrement préoccupant en raison du climat désertique et des vents forts qui transportent de grandes quantités de sable. Cela provoque l'accumulation de sable sur diverses infrastructures, notamment les lignes ferroviaires. Ces accumulations peuvent entraîner des interruptions de service, des coûts de maintenance élevés et des risques pour la sécurité des trains.

I.2. CONSEQUENCE DE L'ENSABLEMENT :

L'ensablement des lignes ferroviaires entraîne plusieurs conséquences graves :

- L'accumulation de sable sur les voies peut bloquer les trains, provoquant des retards ou des arrêts complets des services ferroviaires.
- Le nettoyage régulier et la réparation des infrastructures endommagées par le sable augmentent les coûts de maintenance.
- Le sable sur les rails peut provoquer des déraillements ou des accidents, mettant en danger la sécurité des passagers et des marchandises.
- L'abrasion causée par le sable peut endommager les rails et les équipements associés, réduisant leur durée de vie.



Figure I.1: Conséquences de l'ensablement.

I.3. FACTEURS D'ENSABLEMENT :

Dans la moitié sud de cette wilaya, l'impact significatif de l'ensablement devient particulièrement évident, surtout pendant la période printanière, entre mars et mai. Ce phénomène est une caractéristique bien connue du paysage régional, surtout dans le sud de la wilaya, où la lutte contre l'ensablement est principalement considérée lors des tempêtes de sable, lorsque le sable menace les infrastructures routières et urbaines en les envahissant.

L'érosion éolienne est la principale cause de ce phénomène, avec le vent agissant comme agent érosif, de transport et de dépôt, contribuant ainsi à la formation des dunes.

I.3.1. LE VENT :

Le vent se définit comme un déplacement d'air horizontal, s'orientant des zones de haute pression vers celles de basse pression. Les mouvements des particules du sol sont directement influencés par la direction, la vitesse et la durée du vent.

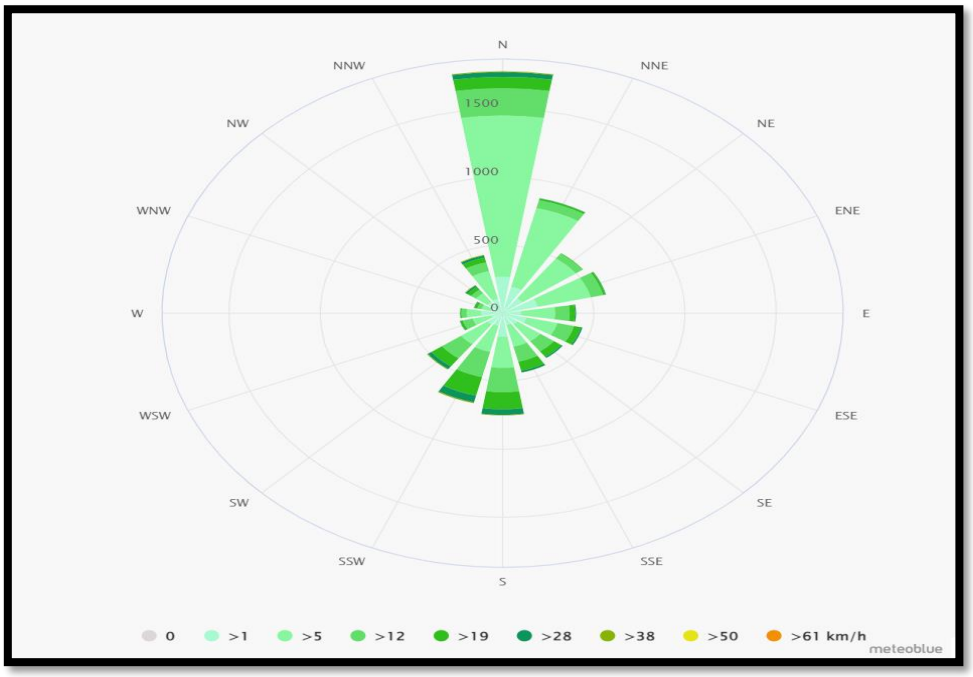


Figure I.2: Rose des Vents pour Béchar.

La Rose des Vents pour Béchar montre combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée.

La vitesse du vent joue un rôle crucial, car elle détermine la puissance avec laquelle le sable est transporté. À mesure que la vitesse du vent augmente, sa capacité à transporter le sable augmente également.

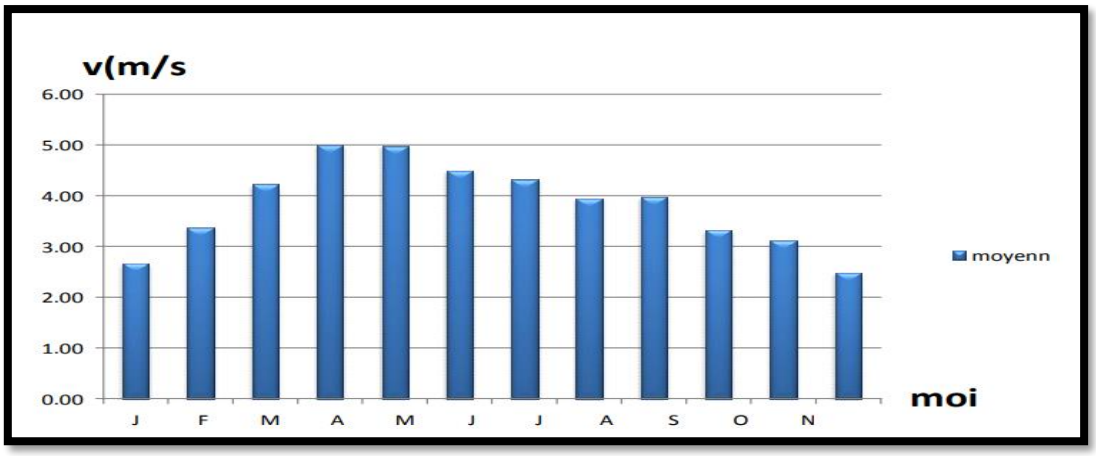


Figure I.3: Variation de vitesse des vents en (m/s) moyennes mensuelles de la région de Bechar durant la période (2000- 2014).

D'après la figure ci-dessus, la vitesse maximale du vent est enregistrée durant le mois d'avril avec une moyenne de 5 m/s, et la vitesse minimale est enregistrée durant le mois de décembre avec une valeur de 2,48 m/s.

- **Dans notre projet, le vent souffle du sud (S) au nord (N) à une vitesse dépassant 28 km/h par rapport à notre tracé.**

I.3.2. LE SOL :

Un deuxième facteur crucial pour l'ensablement est l'érosion éolienne, qui se manifeste lorsque le vent érode le sol. Ce type d'érosion est probable lorsque le sol est meuble, sec et finement émietté, que sa surface est uniforme, que la couverture végétale est absente ou clairsemée, et que la zone exposée au vent est suffisamment vaste. Ce phénomène est particulièrement sévère dans les régions arides et semi-arides, où les sols, desséchés en surface pendant de longues périodes, manquent de protection superficielle.

I.4 PROTECTION CONTRE L'ENSABLEMENT :

La présence de dunes mobiles a été observée tout le long du corridor de la nouvelle ligne ferroviaire, sur une distance de deux kilomètres dans le tracé de notre projet. Ces accumulations de sable se déplacent facilement sous l'effet du vent.

Pour éviter que le sable n'envahisse la nouvelle ligne de chemin de fer, des mesures sont proposées :

I.4.1 LA STABILISATION MECANIQUE DES DUNES

I.4.1.1 PROFILAGE *:*

Le profilage doit porter sur tous les obstacles : amas de sable, blocs de pierre, et même végétation, il est effectué sur une largeur moyenne de 25 m de chaque côté de la voie. L'utilisation d'engins mécaniques pousseurs tel que bulldozer permet une exécution adéquate de ce traitement.

I.4.1.2 TECHNIQUE DE LA PALISSADE :

La palissade est un obstacle linéaire (palme, Plaques de fibrociment ou Grillage synthétique) opposé au vent dominant pour en diminuer la vitesse et provoquer à son niveau l'accumulation du sable en mouvement. Cette accumulation aboutit à la formation d'une dune artificielle qui constitue la première phase de la lutte contre l'ensablement.

Suivant le positionnement de la palissade par apport à la direction du vent dominant, on distingue deux types de dunes artificielles :

• La dune d'arrêt qui est destinée à arrêter la progression de sable. Elle se forme à partir d'une palissade orientée perpendiculairement à la direction du vent le plus dangereux.

• La dune de défilement ou diversion, utilisée pour dévier la progression du sable dans une autre direction que celle du vent dominant. Elle se forme à partir d'une palissade dont l'orientation fait un angle de 120 à 140° avec la direction moyenne du vent dominant.

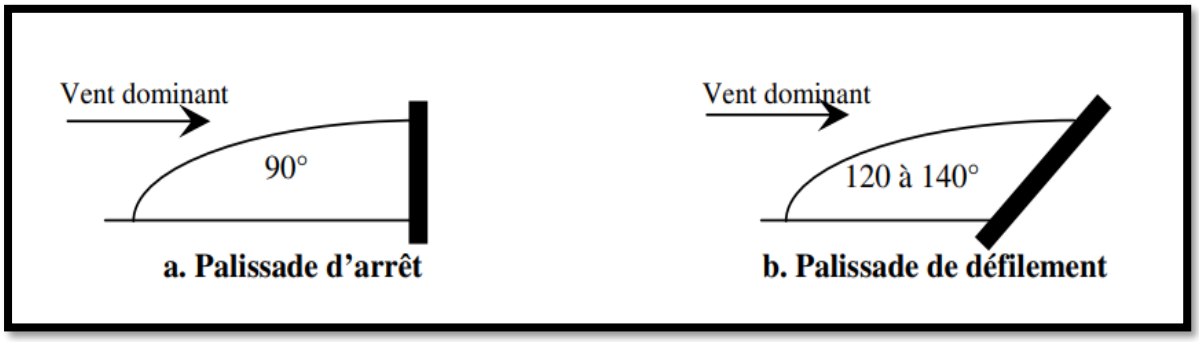


Figure I.4: Schémas de disposition des palissades de défilement et d'arrêt.

Dans notre cas, des palmes sèches constituent le stock des résidus morts, récoltés après une opération de nettoiement des pieds de palmiers. Elles se présentent sous forme de feuilles de palmes de 1 à 3 m de longueur et 5 à 7 m de largeur. La palme sera utilisée complète c'est à dire la tige des feuilles ; ce matériel végétal sera tressé et attaché solidement avec du fil de fer.

I.4.1.3 TECHNIQUE DE DRAA :

Le Drâas est constitué par un tas de sable de forme oblongue stabilisé par des matériaux grossiers et/ou pierres. Ces barrages doivent être orientés d'après la configuration du terrain et l'action des vents dominants. Il faut aménager entre ces Drâas, des couloirs longitudinaux et transversaux qui obligent les vents dominants à travailler contre leurs impulsions naturelles et à chasser le sable qui, sans eux, s'accumulerait.

Le dispositif repose sur un espace laissé entre les tas de remblais (V1 de 3 à 4 m et V2 de 14 à 16 m) en opposition au vent dominant, créant une discontinuité (dispositif en chicane). Les Drâas, situés à 10-15 m de la plateforme, mesurent environ 3 m de hauteur et 14-16 m de longueur. Le vent érosif crée des turbulences autour des Drâas, accélérant le vent et empêchant le dépôt de sable, qui transite au lieu de s'accumuler. Cela provoque un affouillement à la base des remblais, réduisant progressivement la dune.

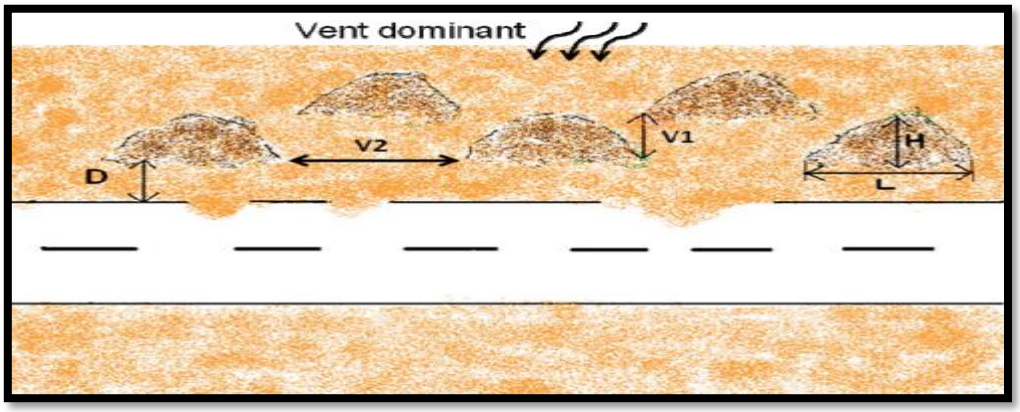


Figure I.5: Conception et disposition des Drâas.

I.4.2 LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR MISE EN PLACE DE LA VEGETATION :

La fixation biologique des dunes complète et remplace la lutte mécanique, souvent limitée dans le temps. Contrairement à la fixation mécanique, la lutte biologique dépend de règles écologiques strictes et consiste à installer une couverture végétale adaptée. Cette opération peut se faire par:

1. Reconstitution de la végétation locale sur des milieux relativement stables et favorables.
2. Installation d'une couverture végétale avec un minimum de dépenses, suivie d'une mise en défens.
3. Utilisation de plants élevés en pépinière ou de boutures, nécessitant un arrosage initial et une couverture de sable pour maintenir l'humidité.

I.5. CONCLUSION :

En raison de son relief et de sa situation géographique, l'Algérie est confrontée à des problèmes d'ensablement et de désertification affectant une grande partie de son territoire. Il est donc nécessaire de mettre en place une stratégie globale de lutte contre l'ensablement, qui inclut les actions suivantes :

- Élaboration d'un guide spécifique pour la conception de tracés ferroviaires en zones dunaires.

- Développement de méthodes pour le suivi et l'évaluation des projets de protection des chemins de fer contre l'ensablement.

CHAPITRE II
PRESENTATION DU PROJET.

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION :

Dans le cadre de l'exploitation de la mine de fer de Gara Djebilet, située au Sud-Ouest de l'Algérie, les autorités de notre pays ont décidé de réaliser une étude de conception pour une nouvelle ligne ferroviaire reliant BECHAR à GARA DJEBILET.
Cette ligne, qui desservira les villes de Béchar, Abadla, Hassi Khebi Oum El Assel et Tindouf, s'étendra sur environ neuf cent cinquante (950) kilomètres.
Dotée d'un caractère stratégique, cette nouvelle infrastructure ouvre des perspectives de développement et d'exploitation pour l'une des plus grandes mines de fer au monde.

II.2 DESCRIPTION DE PROJET :

Notre projet est situé dans le tronçon sud, section 1 (voir l'annexe), dans le cadre de l'extension de la Pénétrante Ouest. L'objectif est de faciliter le transport du minerai de fer extrait à Gara Djebilet vers le port d'Arzew. Il convient de noter que la ligne Arzew / Béchar est déjà opérationnelle.

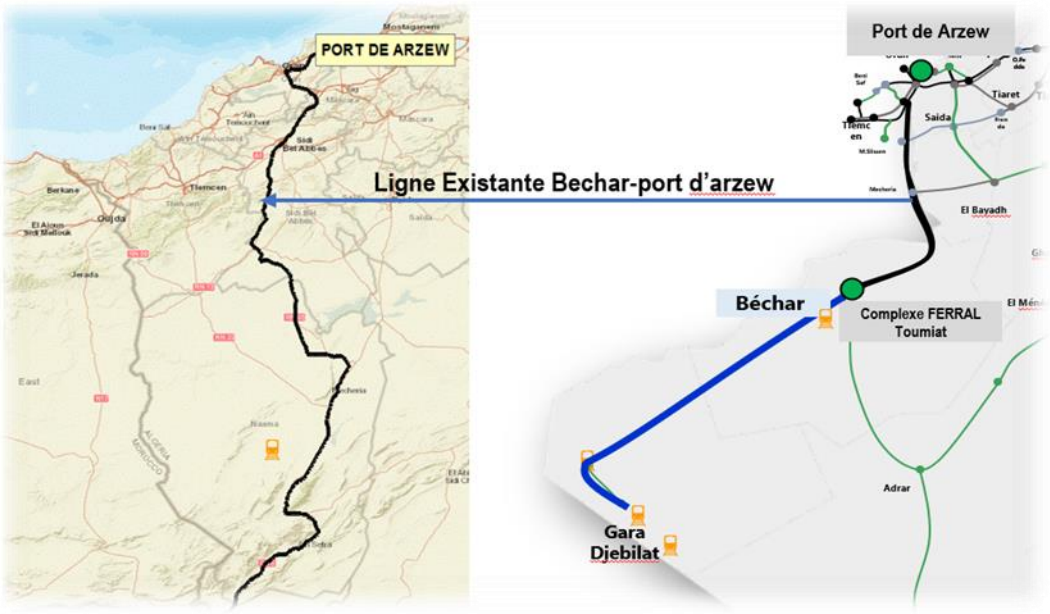


Figure II.1 : BECHAR-Port d'ARZEW.



Figure II.2 : Réseau ferroviaire en Algérie.

II.3 LES OBJECTIFS DU PROJET :

- Ce projet permettra l'acheminement du minerai de fer du gisement de Gara-Djebilet (Tindouf), vers Bechar et Oran. Il vise aussi le développement à l'avenir, du transport ferroviaire des voyageurs par train du Sud-ouest-vers le Nord et du Nord vers le sud-ouest du pays
- Construire de nouvelles lignes ferroviaires et moderniser les infrastructures existantes pour assurer l'efficacité et la sécurité du transport.
- Assurer un moyen de transport rapide, sûr et confortable, reliant le Sud et le Nord de manière efficiente.
- Favoriser le progrès socio-économique des régions traversées par le biais de ces projets.

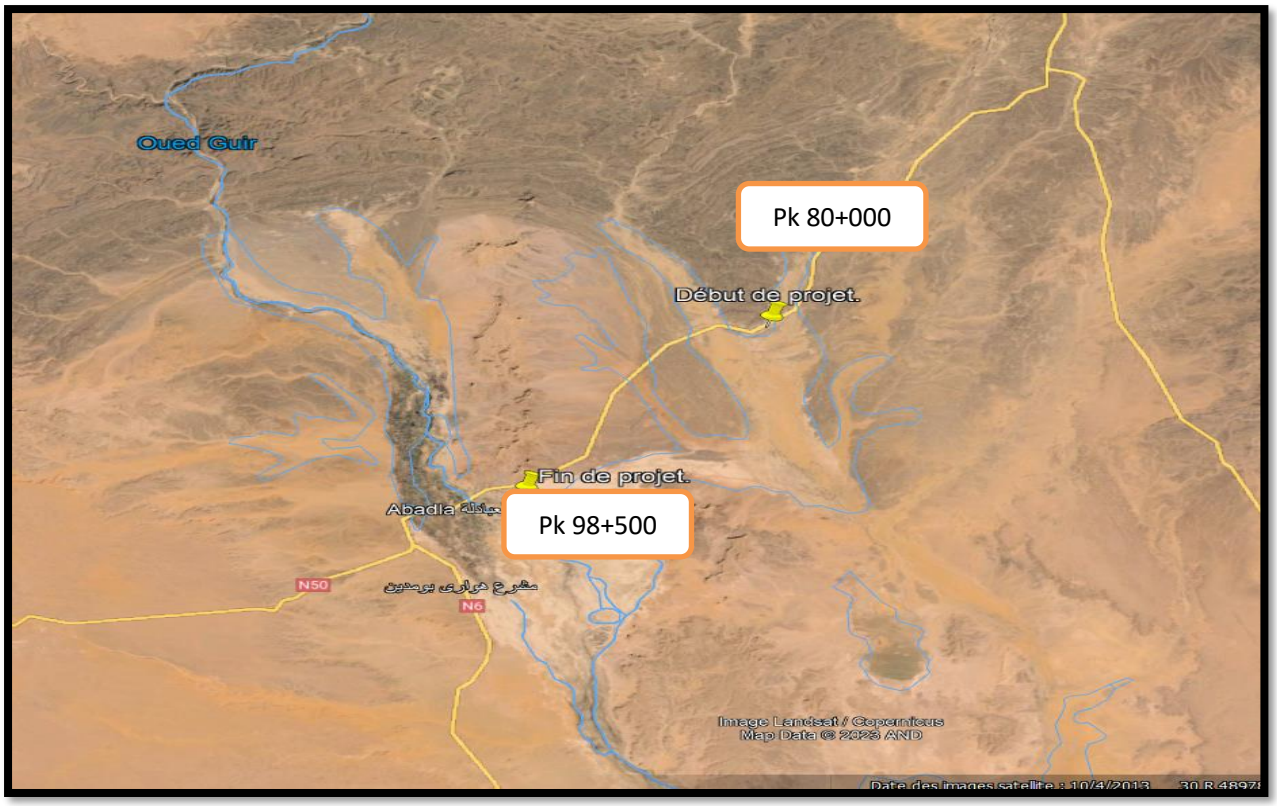


Figure II.3 : Localisation de la section étudiée.

II.4 CARACTERISTIQUES DE LA LIGNE :

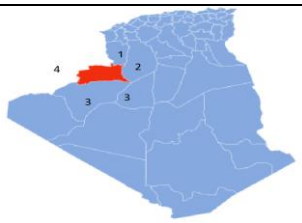
La nouvelle ligne est conçue comme suit :

- Caractéristiques géométriques selon SNTF et les standards UIC.
- Longueur de la ligne Minière :950 km.
- Minerais transporté : le Fer.
- Trafic mixte voyageurs et marchandises.
- Ligne à voie unique posée sur une plateforme de 8m allant BECHAR vers ABADELA.
- Mode de traction prévue : Diesel, avec prévision d'une électrification future.
- Vitesse de circulation des trains chargés (Marchandise) 70 Km/ H
- Vitesse de circulation des trains Vides (Voyageurs) 160 Km/ H.
- Charge à l'essieu pour les voies 32.5 tonnes.
- Le rail utilisé sera du type 60 E10.
- Type des traverses : béton précontraint.
- Ecartement : La voie sera construite avec un écartement normal e=1435mm.
- Gabarit : Le gabarit à dégager est celui des lignes à grande vitesse c'est à dire le Gabarit GC de l'UIC.

➢ Les caractéristiques géométriques et techniques pour cette étude d'APD seront basées sur les résultats des simulations prises en charge dans l'étude du plan de transport par le maître d'ouvrage ANESRIF, ainsi que sur les recommandations européennes UIC et les normes de la SNTF.

II.5 PRESENTATION DU SITE :

II.5.1 LES WILAYAS CONCERNEES PAR LE PROJET :

	La wilaya de BECHAR	La wilaya de TINDOUF
Situation géographique (climat-relief)	 Carte de localisation et des limites de la wilaya de Béchar.	 Carte de localisation de la wilaya de Tindouf.
	➢ La wilaya de Béchar occupe une position géostratégique dans la partie sud-ouest du pays. Elle s'étend sur une superficie de 1610 km2. ➢ Son chef-lieu de wilaya éponyme est situé à 900 Km au sud de la capitale Alger. Elle est limitée : - Au nord, par la wilaya de Naâma. -A l'est, par la wilaya d'El Bayadh. -Au sud, par les wilayas de Béni-Abbès et de Timimoune. - A l'ouest, par le Maroc. ➢ **Un climat** de type désertique continental. Les étés sont très chauds (+ 45°C) et les hivers très rudes (2°C à 3°C). Les précipitations sont de l'ordre de 60 mm/an. Les vents de sable sont fréquents et souvent violents (peuvent atteindre les 100 km/h). ➢ **Reliefs :** Les montagnes : elles sont dénudées et parfois élevées ; djebel Antar(1953m),	➢ La wilaya de Tindouf est située au sud-ouest du pays et occupe une position géostratégique et elle s'étend sur une superficie de 158 874 km2. ➢ Le chef-lieu éponyme de la wilaya est situé à : - 2 248 km de Tamanrasset. - 1 816 km de la capitale Alger. - 1 174 km d'Adrar. - 850 km de Béchar. - 50 km des frontières avec le Maroc. -75 km de la frontière avec la Mauritanie. ➢ **Le climat :** La wilaya de Tindouf est caractérisée par un climat désertique, chaud et aride. Les précipitations sont très faibles. Les pluies maximales sont enregistrées durant le mois de février. ➢ **Le relief :** La wilaya s'intègre dans un ensemble désertique fortement dominé par la hamada, très vaste

	djebel Grouz (1835m) et djebel Béchar (1206 m). ➢ **Les oueds :** Six principaux oueds sillonnent la wilaya du Nord au Sud ; il s'agit d'oued Namous, oued Zouzfana, oued Bechar, oued Guir, oued Saoura et oued Daoura. ➢ **Les vallées :** Ce sont des dépressions façonnées par les cours d'eau importants ; les principales vallées sont celles de la Zouzfana, du Guir et de la Saoura. ➢ **Les regs (Hamada) :** Ce sont de vastes étendues rocailleuses dont les plus importantes sont celles de Guir et de Daoura. ➢ **Les regs :** Ils représentent des massifs dunaires pouvant atteindre 300m de hauteur et s'étalent sur de grandes superficies ; Il s'agit du Grand Erg occidental, erg Erraoui, erg El Atchane et erg Iguidi.	étendue bordée au nord-est par le piémont de l'Atlas. La Hamada se présente par une succession de reliefs monoclinaux : **- La sebkha** qui s'est développée dans la zone de dépression sur une longueur d'environ 100 km et une largeur de 10 à 20 km de direction Ouest Est. **- Le massif** de Yetti-Eglab, situé au Sud de la wilaya, constitué de terrains pénéplaines où le relief fait apparaître des intrusions de diorites et de rhydites. **- L'erg** Iguidi qui s'étend à l'ouest et couvre avec ses dunes le massif Eglab à l'ouest et au nord. Sa structure géologique présente un aspect de la région saharienne formé d'ergs, de plateaux rocailleux et de vallées creusées par les oueds.
Organisation administrative	-Nombre de Daïras : 06 -Nombre de communes : 11	-Nombre de Daïras : 01 -Nombre de communes : 02
Les potentialités naturelles - 2021	Les ressources hydrauliques : -Nombre de forages : 54 -Nombre de retenues collinaires : 15 Capacité des retenues collinaires : 5 892 000 M^3	Les ressources en eau de la wilaya sont constituées d'eaux souterraines.

Les infrastructures de base existantes-2021-	Réseau routier Routes Nationales : 1227 Chemins de wilaya :395 Chemins communaux : 602,7 Réseau ferroviaire longueur du réseau : 142 Km Nombre de gares : 02 Nombre de passagers : 399 103 passagers/an Réseau aéroportuaire Aéroport Boudghene Ben Ali Lotfi Aéroport Ouakda	Le réseau routier Routes Nationales : 1 107 Chemins de wilaya :151 Chemins communaux :483,16 Pistes :115 Réseau aéroportuaire La wilaya dispose d'un aéroport régional, l'aéroport Commandant Ferradj situé à 07 km au nord-ouest du chef-lieu de wilaya.

Tableau II.1: Données générales des wilayas concernées

CHAPITRE III

TRACE EN PLAN.

III. TRACE EN PLAN

III.1 INTRODUCTION :

La voie ferrée a pour fonction principale de diriger le train en déplacement tout en absorbant les forces qu'il exerce et en les transmettant au sol. Il est donc crucial de déterminer la configuration géométrique optimale de la voie et du tracé à adopter, en choisissant la trajectoire la plus rentable tout en respectant les critères et les directives des normes internationales en matière de chemins de fer.

III.2 TRACE EN PLAN :

Le tracé en plan représente la projection de l'axe de la voie ferrée sur un plan horizontal qui peut-être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de sécurité. Le tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra définir et déterminer toutes les caractéristiques géométriques de la voie.

Le tracé en plan de la cette ligne à voie unique est conçu pour une exploitation mixte, marchandises et voyageurs.

La dominance pour les trains circulant sur cette ligne est pour les minéraliers qui se déplacent chargés de Gara Djebilet à Bechar et reviennent vides de Bechar à Ghar Djebilet.

Cette dominance des trains lourds n'est pas sans exigences sur les paramètres de conception.

III.3 REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans les résultats des simulations prises en charge dans l'étude du plan de transport et les fiches UIC.

Il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

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

III.4 LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

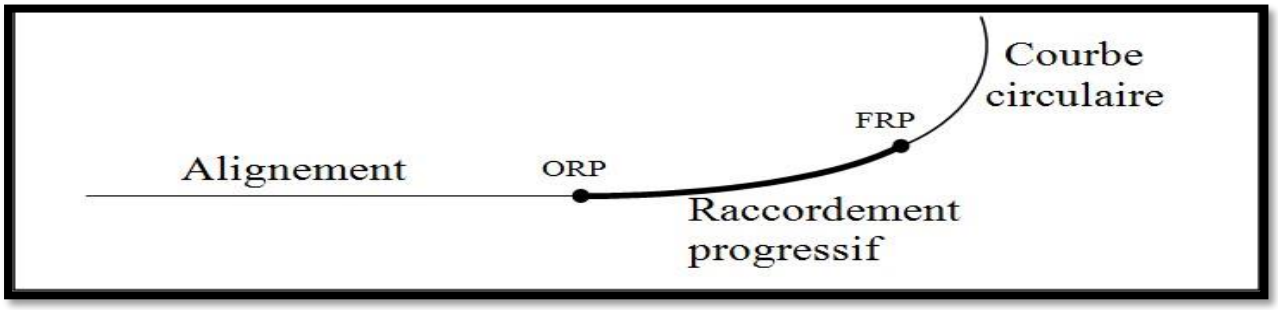


Figure III.1 : Les éléments de tracé en plan.

III.4.1 L'ALIGNEMENT :

La conception d'une voie ferrée avec plus de longs alignements offre un meilleur confort aux usagers ainsi que leur sécurité, donc il est recommandé d'utiliser plus d'alignement dans le tracé en plan quand la topographie de la zone le permet.

III.4.2 L'ARC DE CERCLE :

Le raccordement entre les alignements se fait avec les raccordements circulaires. La valeur du rayon de raccordement est fonction de la vitesse des trains dans la courbe. Le rayon des arcs de cercle et leurs dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence Vr de ne pas déraper.

III.4.3 LA COURBE DE RACCORDEMENT :

Le raccordement entre l'alignement droit et le cercle de raccordement doit être fait avec des courbes de raccordement progressives.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la clothoïde dont la courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne ; dont sa nomination comme courbe curviligne.

On utilise ce type de raccordement afin de :

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

- **Les conditions de raccordement :**

Condition de gauchissement :

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

Condition du confort optique :

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

Condition du confort dynamique :

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

III.5 PARAMETRES DE CONCEPTION DU TRACE :

Ce chapitre présente les critères de conception du projet et les paramètres géométriques du tracé d'une ligne ferroviaire (Trafic Voyageurs : Vitesse 160 km/h et Marchandises : vitesse 70 km/h) et s'encadrent dans les normes généralement utilisées, notamment les codes UIC.

III.5.1 CRITERES DE LIMITATION DES PARAMETRES GEOMETRIQUES :

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

Les valeurs limites suivantes ont été définies pour chaque paramètre géométrique :

- Valeur limite normale : valeur à ne pas dépasser pour les circulations roulant aux Vitesses maximales ou minimales admissibles.
- Valeur limite exceptionnelle : c'est une valeur plus défavorable que la valeur limite Normale, qui peut être utilisée dans des circonstances exceptionnelles tel que Pour la détermination des vitesses maximales sur les lignes existantes, il peut devenir nécessaire, en des zones particulières où, sinon, une limitation de vitesse serait

indésirable du point de vue du trafic, d'utiliser des valeurs plus élevées que les valeurs maximales.

III.5.2 LONGUEUR MINIMUM DES ELEMENTS DU TRACE :

Les longueurs minimales des alignements dans un tracé ferroviaire se réfèrent aux distances minimales requises pour des sections de voie droite entre les courbes, les virages ou d'autres éléments géométriques complexes dans la conception d'une voie ferrée.

Les doucines (arrondis du diagramme des flèches centrées sur une origine ou une fin de raccordement progressif) ont des longueurs normales supérieures à 30 m. Elles ne sont pas nécessaires dans notre cas, étant donné que la vitesse de notre projet ne dépasse pas les 60 m/s.

Selon SNTF, les longueurs minimales des alignements entre deux courbes doivent respecter les valeurs exprimées en mètres ci-après (la vitesse V est exprimée en km/h) :

- Valeur limite normale: V/2,
- Valeur limite exceptionnelle: V/3.

On adopte la longueur minimale dans ce tracé dans le cas normal est : $L_{min} = \frac{V}{2} = \frac{160}{2} = 80\ m.$

III.5.3 RAYON MINIMUM DE L'ALIGNEMENT CIRCULAIRE (R min) :

La détermination du rayon minimum autorisé dépend de la vitesse du projet, ce paramètre étant crucial pour garantir le confort des passagers et limiter les contraintes transversales sur la voie. Ce rayon minimum, qui détermine la courbe la plus serrée pouvant être parcourue à la vitesse maximale autorisée, est défini en fonction de la marge de dévers acceptable pour les vitesses maximales et minimales, tout en veillant à ne pas dépasser le dévers maximal autorisé.

$$\frac{11.8\times Vmin^2}{dmax-Emax} \geq \mathbf{R}_{\mathbf{min}} \geq \frac{11.8\times Vmax^2}{dmax+Imax}$$

R_{min} : Rayon minimum de courbe(m).
Vmax : vitesse des trains rapide (km/h).
Vmin : vitesse des trains lourds (Km/h).
D_{max} : Dévers maximal (mm).
Imax : insuffisance de dévers maximum (mm).
Emax : excès de devers maximum(mm).

III.5.4 LE DEVERS :

Le dévers consiste à installer, dans une courbe, le rail intérieur plus bas que le rail extérieur afin d'équilibrer la force centrifuge s'exerçant sur le train. Il est important de noter que le dévers requis pour une courbe augmente avec le degré de la courbe.

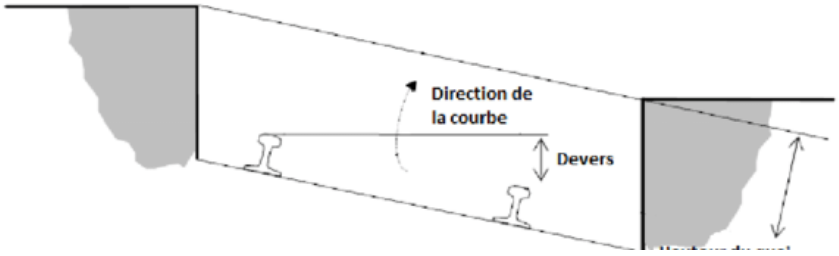


Figure III.2: Schéma de dévers installé pour une voie en courbe.

III.5.4.1 LE DEVERS THEORIQUE :

Prenons en considération un train se déplaçant à une vitesse constante « V » dans une courbe circulaire de rayon « R ». Le dévers théorique, qui compense entièrement l'effet de la force centrifuge lors du passage du train, est déterminé par la formule suivante :

$$\mathbf{d}_{\mathbf{th}} = \frac{11.8\times V^2}{R}$$

Avec : d_{th} : dévers théorique en (mm),
V : vitesse en (km/h), R : rayon en (m).

III.5.4.2 LE DEVERS PRATIQUE :

Dans le cas d'un trafic mixte où les trains circulent à des vitesses variables (pour les passagers et les marchandises), l'application du dévers théorique devient impossible. Cela nous amène à introduire la notion de « dévers pratique dp ».

Ce dévers pratique doit permettre la circulation, dans des conditions de sécurité et de confort normales, aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lents de fret.

Le dévers pratique est calculé selon la formule suivante : $\mathbf{dp} = \frac{C}{R} \times \mathbf{1000}. (mm)$

Avec : R : rayon de courbure en (m).

C : coefficient de dévers ; C= $0.006\times V^2$, C doit être multiple de 15.

Avec : V en (km/h).

Le coefficient C exprime la relation proportionnelle entre le dévers pratique et la courbure. Selon les normes de la SNTF, pour les projets avec des vitesses inférieures ou égales à 220 km/h, le dévers maximal est restreint afin de préserver le confort des voyageurs et de prévenir le déplacement de marchandises lors d'un arrêt imprévu du train de fret dans une courbe.

Ainsi, selon SNTF, ce dévers maximal est limité à une valeur limite normale (mm) égale 120 mm, et une valeur limite exceptionnelle (mm) égale à 160 mm.

Aussi le dévers pratique doit être $0.5dth \leq dp \leq 0.7dth$.

III.5.4.3 VARIATIONS DE DEVERS :

Variation de devers en fonction de la longueur $\frac{\Delta d}{\Delta l}$:

L'installation du dévers se fait progressivement entre l'alignement droit et la pleine courbe (courbe circulaire) sur une certaine longueur "l" qui correspond à la longueur du raccordement parabolique.

La variation du dévers sur une longueur est constante sur toute cette longueur ($\frac{\Delta d}{\Delta l} = \boldsymbol{Cte}$) pour des raisons de facilité de pose, de contrôle et d'entretien.

Variation de devers en fonction de temps $\frac{dd}{dt}$:

Pour une rampe de devers à pente constante, Une limite de la variation de dévers dans les courbes de transition est nécessaire pour que la vitesse de rotation des véhicules autour d'un axe longitudinal ne nuise pas à leur stabilité. Cette variation est donnée par la formule suivante :

$$\frac{\mathbf{dd}}{\boldsymbol{dt}} = \frac{\mathbf{dp}\times\mathbf{Vmax}}{\mathbf{3.6}\times\boldsymbol{lrp}}$$

Où : "lrp" est la longueur de la courbe de transition exprimé en (m).

III.5.4.4 INSUFFISANCE DE DEVERS I :

On appelle insuffisance de dévers, la différence entre le dévers théorique des trains rapide et le dévers normal(pratique). Elle est donnée par : $I = d_{th} - d_p$ (mm).

Pour limiter les effets de la force centrifuge non compensée sur les trains circulant à grande vitesse dans une courbe, on adopte une valeur limite pour l'insuffisance de dévers (pour les trains les plus rapides).

III.5.4.5 EXCES DE DEVERS E :

On appelle excès de dévers, la différence entre le dévers pratique et le dévers théorique des trains rapide, il est donné par : E =dp – dth (mm).

Avec cette valeur, on cherche à limiter les efforts transversaux exercés sur la voie par les trains de marchandises circulant à très faible vitesse dans une courbe.

III.5.5 LE RACCORDEMENT PROGRESSIF :

Longueur du raccordement progressif :

Cette longueur doit être déterminée à partir des valeurs limites imposées par la Variation de l'insuffisance de devers en fonction du temps, Variation de devers en fonction de la longueur, Variation de devers en fonction du temps.

- ✓ $\mathbf{L \geq \frac{dp}{\Delta d}}$.

Paramètre du raccordement progressif :

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

III.6 APPLICATION DU PROJET :

D'après les recommandations de la fiche UIC 703.R et avec un trafic de catégorie II (vitesse maximale de 120Km/h à 200Km/h), on retient les paramètres de conception du tracé géométrique suivantes :

Paramètre	Valeur Normale	Valeur Maximale	Valeur exceptionnelle
Vitesse des trains voyageurs (Km/h)	160	/	/
Vitesse des trains marchandises (Km/h)	70	/	/
Longueur minimum des éléments (m)	80	/	53.33
Rayon minimum en plan (m)	1119	/	975
Excès de dévers (mm)	70	90	110
Insuffisance de dévers (mm)	100	120	150
Dévers max (mm)	120	150	160
Variation de dévers en fonction de la longueur (mm/m)	180/160=1.125	/	216/160=1.35
Variation de dévers en fonction du temps (mm/s)	56	70	/
Variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps (mm/s)	50	75	90

Tableau III. 1 : Les valeurs limites géométriques de tracé.

Application numérique, pour notre projet on obtient :

$\text{Rmin} \geq \frac{11.8 \times 160^2}{90+120}$

$\text{Rmin} \geq 1438.47\ m.$

- On adopte : **Rmin = 1500 m** comme une valeur normale.
- On calcule le dévers associé au rayon minimum :

$d_{\text{Rmin}} = \frac{Vv^2 \times Emax + Vm^2 \times Imax}{Vv^2 - Vm^2}$

AN : $d_{\text{Rmin}} = \frac{160^2 \times 90 + 70^2 \times 120}{160^2 - 70^2} = 139.71 \text{ mm} > dmax = 120mm.$

- Cette valeur n'est pas vérifiée.

Donc on doit augmenter le rayon minimal, soit : Rmin = 2100 m.

- Pour un deuxième calcul, le devers associé au rayon R min = 2100 mm:

$dp_{\text{Rmin}} = \frac{C}{Rmin} \times 1000,$

Avec C : le coefficient de dévers.

$C = 0.006 \times Vmax^2 = 0.006 \times 160^2 = 153.6$

C doit être multiple de 15 ; donc soit C = 165.

D'où : $dp_{\text{Rmin}} = \frac{165}{2100} \times 1000 = 78.57 \text{ mm} < d \text{ max} = 160\ mm \rightarrow bien\ vérifié.$

- Calcul du dévers théorique:

Des trains rapides :

$dth\ r = \frac{11.8 \times Vmax^2}{Rmin} = \frac{11.8 \times 160^2}{2100} = 143.84\ mm.$

$dth\ r \approx 145\ mm.$

Des trains lents :

$dth\ l = \frac{11.8 \times Vmin^2}{Rmin} = \frac{11.8 \times 70^2}{2100} = 27.53\ mm.$

dth l = 28 mm.

- **Remarque :**

Dans le cas classique, ces valeurs seront fixées et il en résulte la valeur du Dévers Pratique en fonction du rayon de la courbe.

Mais dans notre cas, et comme la dominance est pour la circulation des trains lourds avec une charge d'essieu très grande de valeur de 32,5 Tonnes, on a essayé de réduire au maximum l'excès de Devers pour permettre aux trains lourds de circuler avec un contact roue-rail sur la surface maximale, soit un excès de devers très faible, pour minimiser au maximum le problème d'usure du rail et des roues.

C'est à partir de ce Devers Pratique adapté pour les trains lourds qu'on fixera une insuffisance de Devers pour les trains à grande vitesse, on commence par comprendre comment les rails

sont inclinés pour les trains lourds afin de voir où cette inclinaison n'est pas suffisante pour les trains plus rapides et faire les ajustements nécessaires.

- **Donc, Nous adopte un dévers de 33 mm.**

- L'insuffisance et l'excès de devers :

I = dth r – dp $_{adopté}$ = 145 – 33 = 112 mm $< I$ max $= 120\ mm. \rightarrow bien\ vérifié.$

E = dp $_{adopté}$– dth l = 33 – 28 = 5 mm $< E$ max $= 90\ mm. \rightarrow bien\ \ vérifié.$

- Calcul la longueur minimale et le paramètre de raccordement progressif :

Lmin = $\frac{dp}{\frac{dd}{dl}}$,

Avec : $\frac{dd}{dl}$ est la variation de dévers en fonction de la longueur et elle est égale à :

$$\frac{dd}{dl} = \frac{180}{Vmax} = \frac{180}{160} = 1.125\ mm/m$$

D'où : Lmin = $\frac{33}{1.125} = 29.33\ m.$

Soit : Lmin = 100 m.

- Calcul de paramètre du raccordement progressif :

A = $\sqrt{Rmin \times L\ adoptée} = \sqrt{2100 \times 100} = 458.25m \approx 460m.$

- Calcul des variations de dévers :

$\frac{\text{dd}}{\text{dt}} = \frac{\text{dp} \times \text{Vmax}}{3.6 \times \text{L adopté}} = \frac{33 \times 160}{3.6 \times 100} = 14.66\ \frac{\text{mm}}{\text{s}} <$ 70 mm/s

$\frac{dd}{dl} = \frac{dp}{L\ adopté} = \frac{33}{100} = 0.33$ mm/m ≤ 1.125 mm/m

- Variation de l'insuffisance de dévers :

$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I \times Vmax}{3.6 \times L\ adopté} = \frac{112 \times 160}{3.6 \times 100} = 49.78\ mm/s\ < 75mm/s$

Rayon (m)	dth (mm)	dth (mm)	dp calculé (mm)	dp adobté (mm)	I (mm)	E (mm)	maximal	L calculé (m)	L adopté (m)
2300	25	131	66,78	**29**	102	4	**vérifie**	25,78	100
2200	26	137	69,81	**30**	107	4	**vérifie**	26,67	100
2100	28	145	78.57	**33**	112	5	**vérifie**	29,33	100
2200	25	131	69,81	**30**	101	5	**vérifie**	26,67	100

Tableau III.2 : Récapitulatif des Paramètres du tracé.

Rayon (m)	dd/dl (mm/m)	Maximal (dd/dl< lim)	dd/dt (mm/s)	Maximal (dd/dt< lim)
2300	0,29	**vérifié**	21,481	**vérifié**
2200	0,3	**vérifié**	20,513	**vérifié**
2100	0,33	**vérifié**	22,222	**vérifié**
2200	0,3	**vérifié**	25,157	**vérifié**

Tableau III.3 : Suite récapitulative des Paramètres du tracé.

- Pour le raccordement progressif:

Les courbes de raccordement sont obligatoires si :

$\Delta C > \frac{7000}{Vmax^2}$ $avec : V\,\max = 160\ km/h > 100\ Km/h \rightarrow \Delta C > \frac{7000}{160^2} = 0.273.$

Sachant que la valeur de ΔC pour un Alignement / courbe est calculée comme suit :

$\Delta C = \frac{1000}{R}$; R : exprimé en m.

Si R≥ $3665mm$, Les courbes de raccordement ne sont pas obligatoires.

NB : le tracé en plan est réalisé à l'aide de logiciel CIVIL 3D est joint en format A3 dans l'annexe.

CHAPITRE IV
PROFIL
EN LONG.

IV. PROFILE EN LONG :

IV.1 DEFINITION :

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. Ces éléments représentent la ligne rouge ou ligne du projet.

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

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

IV.2 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.

IV.3 REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG :

Selon la norme SNTF l'élaboration du profil en long s'appuiera sur des règles et des recommandations pour assurer la stabilité et la sécurité, confort et l'évacuation des eaux, parmi ces règles on présente :

- Adapter la ligne rouge au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement.
- Concevoir un tracé en plan et un profil en long collant au terrain naturel, ce qui permet de réduire fortement les risques d'ensablement.
- Suivre le terrain en léger remblai, en évitant les dunes.
- Respecter les valeurs géométriques (rayons et déclivités) préconisées par les règlements.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long ; Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long et les rayons en tracé en plan.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais.
- Un profil en long en léger remblai est préférable qu'un profil en long en léger déblai qui complique l'évacuation des eaux et isolé la voie ferrée du paysage.
- Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- Assurer un bon écoulement des eaux. On place les zones des dévers nuls en tracé en plan avec une pente en profil en long.
- Dans les zones inondables, il est obligatoire de passer avec un profil en remblais dont la hauteur est supérieure à NPHE + 0.5m.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Remplacer plusieurs lignes brisées par un cercle unique.

IV.4 PARAMETRES DU TRACE A RESPECTER :

IV.4.1 DECLIVITE MAXIMALE :

En principe, les valeurs admissibles à ne pas dépasser sont indiquées dans la SNTF ; cependant dans le cadre de cette étude Le profil en long de cette ligne est soumis à des exigences plus contraignantes que le tracé en plan.

Les trains minéraliers long de 2200 m et tractant une charge de 22 100 tonnes circulent 8 fois par jour de Ghar Djebilet à Bechar, ce qui demande d'après le plan de transport étudié ;

- ✓ Pente maximale dans le sens chargé : 10 ‰
- ✓ Rampe maximale dans le sens chargé : 8 ‰
- ✓ Pente et Rampe dans les Gares : 0 ‰

IV.4.2 RAYON ADMISSIBLE EN RACCORDEMENTS DE PROFIL EN LONG :

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

a) lorsqu'un véhicule franchit à une vitesse « V » un raccordement de profil en long de rayon Rv, il est soumis à une accélération centrifuge :

$$\mathbf{av} = \frac{Vmax^2}{12.96\ Rv}$$

Cette accélération doit être limitée afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.

b) Les raccordements de profil en long sont définis par des raccordements circulaires, sans courbes de transition entre les pentes et le raccordement. Cela entraîne une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

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

Il en résulte ci-dessous les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter (la vitesse V est exprimée en km/h) :

Valeur normale (m)	**$0.35V^2 = 8960$**
Valeur exceptionnelle (m)	**$0.25V^2 = 6400$**

Tableau IV.1: Les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil en long.

L'application de ces formules permet de limiter l'accélération verticale subie par les voyageurs à respectivement 0,22 et 0,31 m/s².

IV.4.3 DETERMINATION DE LA LONGUEUR MINIMALE DES PENTES UNIFORMES ET DES RACCORDEMENTS EN PROFIL :

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

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

Valeur minimale normale (m)	**V/2 = 160/2= 80**
Valeur minimale exceptionnelle (m)	**V/2.5 = 160 /2.5 = 64**

Tableau IV.2 : Limites des valeurs de la longueur minimale des déclivités constantes.

Les paramètres de notre profil en long comme suit :

Paramètre	Valeur limite normale
La vitesse en (km/h)	160
Rayon vertical minimum de raccordement en profil (m)	8960
Longueurs minimales des déclivités en (m)	80
Pente maximale dans le sens chargé	10‰
Rampe maximale dans le sens chargé	8‰
Déclivité maximum en Gare	**0**‰

Tableau IV.3 : Paramètre profil en long.

IV.5 LE PROFIL EN LONG RETENU

Le terrain de région d'étude est pratiquement plat, avec une dénivellation très faible.
Le profil en long de la pleine voie aura des déclivités au moyenne qui varieront de 0 ‰ jusqu'à 3.38 ‰. Avec un palier de 3 Km.
- La côte est de FSR= 17.2+25.5+0.8+30= 0.731m
- Le profil en long est en remblais plus que déblais à cause des raisons liées à l'ensablement Donc on a que deux zones des déblais.

NB : les éléments du profil en long sont représentés dans l'annexe en format A3

CHAPITRE V
ETUDE
DES
CONTRAINTES.

V. ETUDE DES CONTRAINTES :

V.1. INTRODUCTION :

Pour que les travaux de terrassement et de pose de voie se passent bien, il est essentiel de faire une étude approfondie du site. Cette analyse permet de repérer les obstacles tels que les routes et les réseaux souterrains, qui sont des contraintes à prendre en compte. On doit les éviter si possible, ou sinon les contourner et les protéger pour ne pas perturber leur fonctionnement. C'est une étape cruciale pour garantir le bon déroulement des travaux tout en préservant l'intégrité des infrastructures existantes.

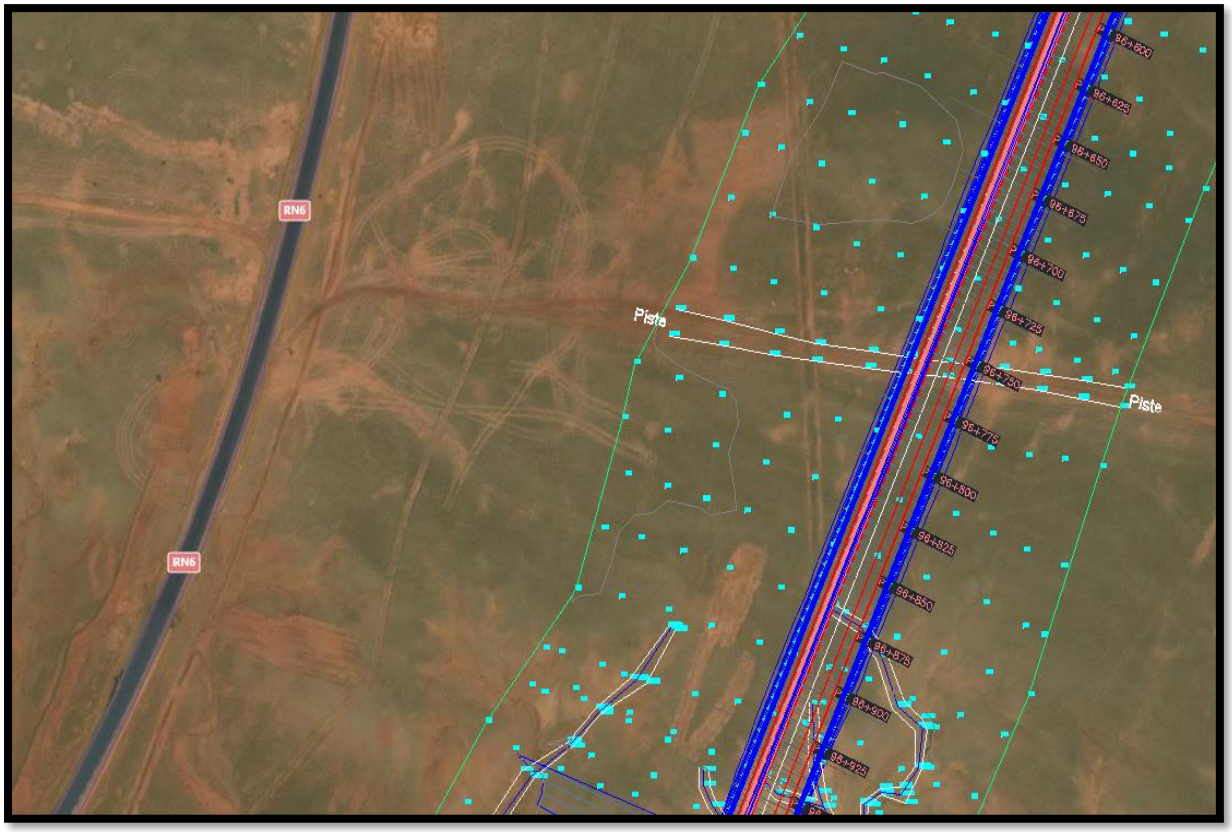
Dans notre tronçon de 18 kilomètres, plusieurs contraintes ont été observées et elles sont liées principalement aux :

- Routes et chemins.
- Oued.

V.2. LES CONTRAINTES:

V.2.1. ROUTES ET CHEMINS:

Dans les lignes ferroviaires à moyenne vitesse, les passages à niveau sont rares. Ainsi, il est indispensable de rétablir les liaisons routières en utilisant des ponts ou des passages souterrains pour franchir la voie ferrée, notamment pour les routes et chemins qui longent la ligne.



Figures V.1 : Intersection au niveau de Pk 96+750.



Figures V.2 : Intersection au niveau de Pk 97+975.

Ci-dessous se trouve un tableau décrivant les différents chemins et routes qui traversent notre itinéraire :

Numéro	Localisation	Type	Solution
01	PK93+800	Ancienne voie ferrée	Passage supérieur
02	PK 95+750	Ancienne voie ferrée	Passage supérieur
03	PK 96+750	Piste	Passage inférieur
04	PK 97+975	Piste	Passage inférieur

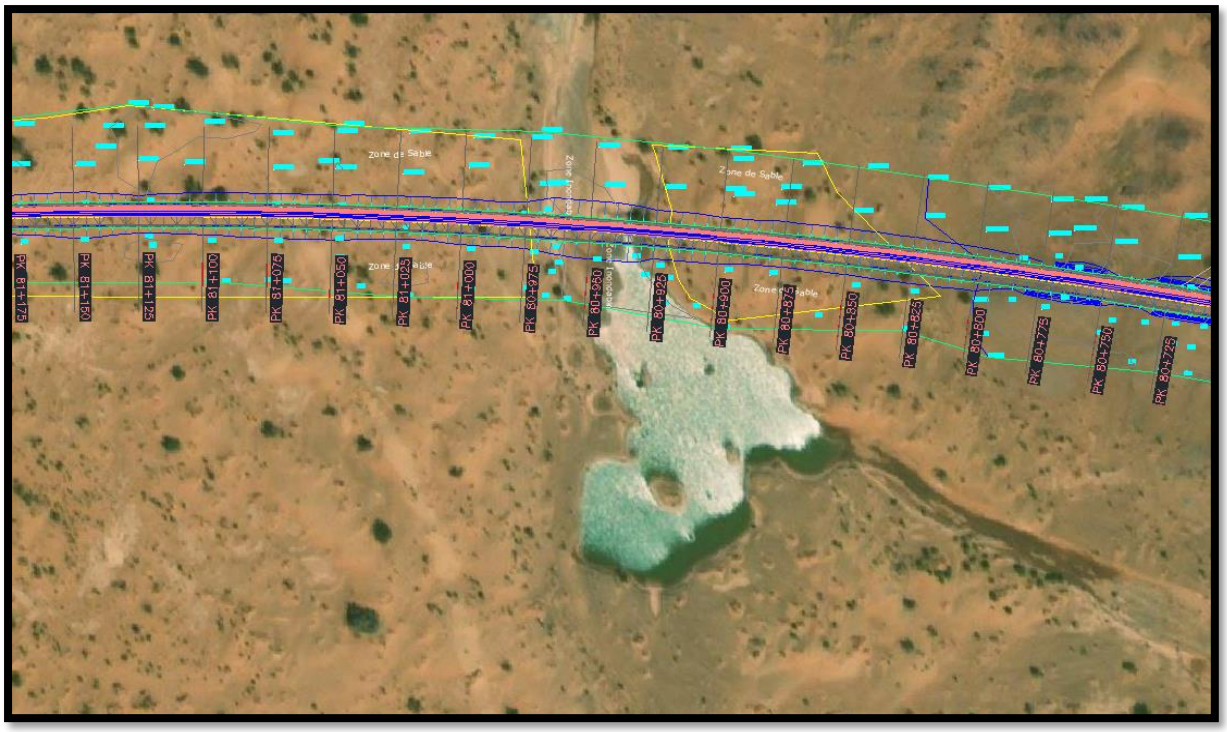
Tableau V.1: Tableau récapitulatif de rétablissements des passages à niveaux.

V.2.2 OUED :

Oued Béchar est un oued du sud-ouest Algérien, prend naissance au sein du massif montagneux au nord-est de Ouakda, Il traverse la ville de Béchar d'où il tire son nom et arrive jusqu'à Ksiksou puis ses eaux se perdent dans la Hamada du Guir.
Ci-dessous se trouve un tableau décrivant les principales Oueds qui traversent notre itinéraire

Oued	Localisation	Solution
Oued Messouar	PK 80+788à PK 81+103	Ouvrage d'art
Oued BECHAR	PK 88+663 à PK 88+963	Ouvrage d'art

Tableau V.2: Tableau récapitulatif des oueds passants par notre tracé.



Figures V.3 : Intersection de l'Oued Messouar au niveau de PK 80+788 à PK 81+103.

CHAPITRE VI
ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE.

VI. ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE :

VI.1. INTRODUCTION :

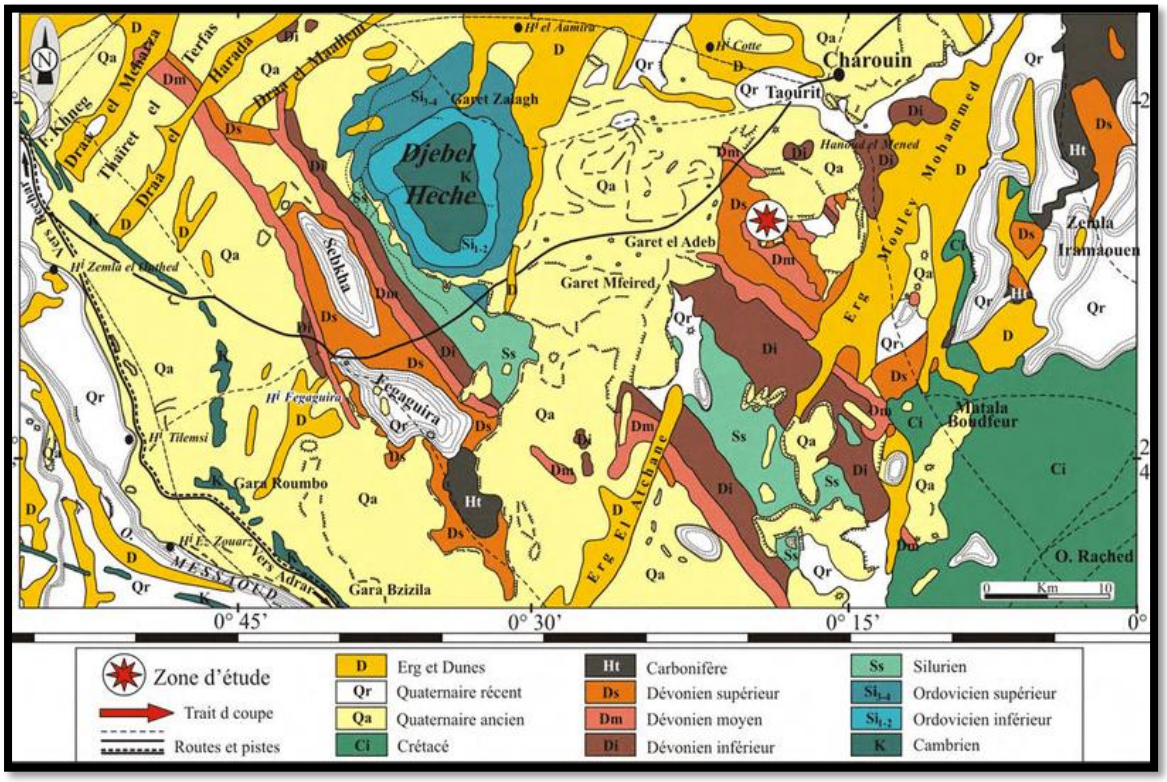
Dans ce chapitre, nous nous attacherons à explorer en détail les caractéristiques géologiques de la zone du projet, afin de mieux comprendre la composition et le comportement du sol et du sous-sol, et étudier les zones de grands déblais en vue de la détermination de la nature de ces déblais (meubles ou rocheux) et des pentes à adopter.

Nous examinerons également les aspects géotechniques pour évaluer les matériaux qui serviront de base à la construction de la nouvelle ligne minière, notamment le tronçon BECHAR-GHAR DJBILLET, s'étendant du PK80+000 au PK98+500.

VI.2 ÉTUDE GEOLOGIQUE :

VI.2 .1 CADRE GEOLOGIQUE GLOBAL DE LA ZONE EXAMINEE :

Le sous-sol de la ville de Béchar est principalement constitué de bancs de grès plus ou moins quartzeux, d'argiles et de schistes avec des couches charbonneuses datant du Westphalien supérieur. Ces formations présentent un pendage moyen de 30° vers le Nord-Ouest, où elles disparaissent sous la cuesta transgressive cénomanienne-turonienne.



Figures VI.1 : Géologie Globale de BECHAR.

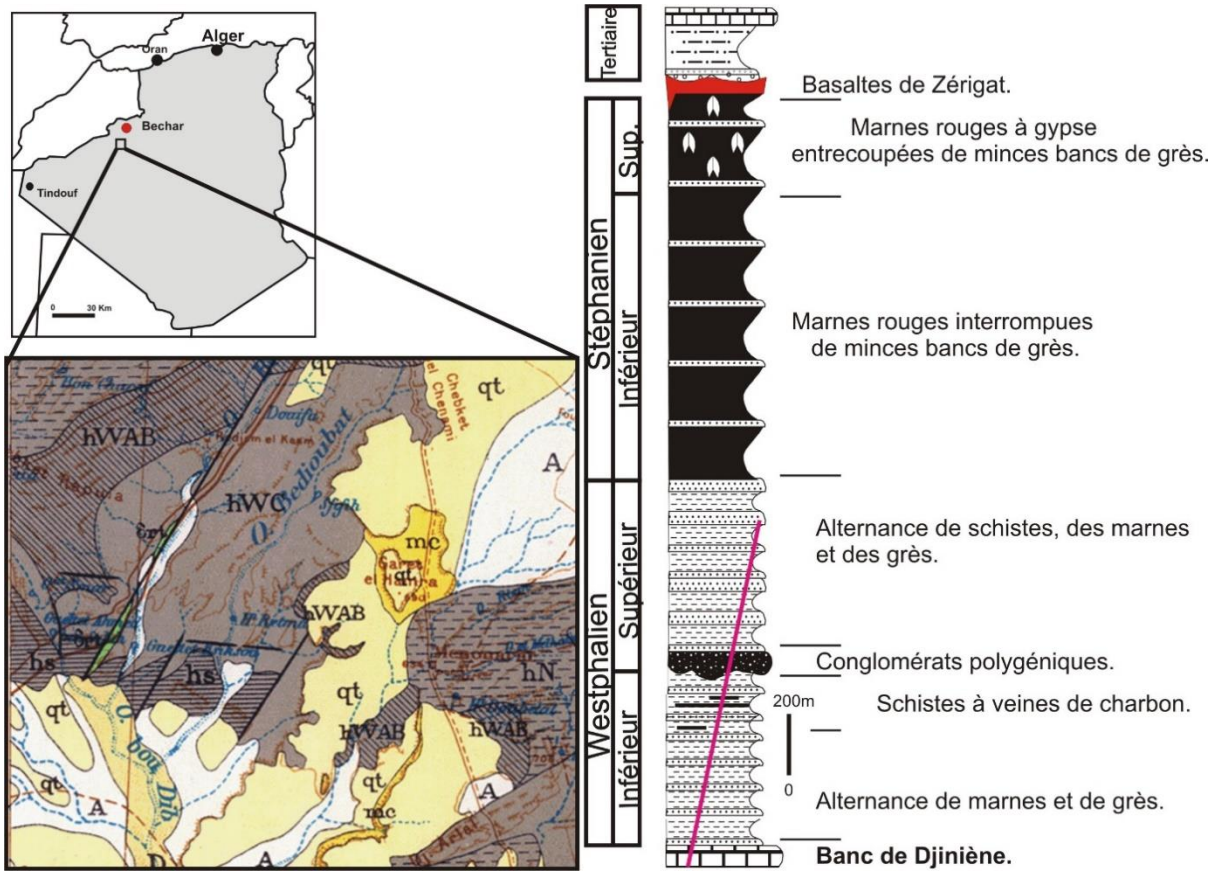
La carte géologique de Béchar révèle la présence visible des formations du Quaternaire, notamment les dunes, le Quaternaire continental et les alluvions actuelles, ainsi que celles du Carbonifère.

VI.2.2 CADRE GEOLOGIQUE LOCAL :

La région d'ABADLA présente les caractéristiques morphologiques d'un bassin houiller du Sud oranais datant du Carbonifère. Située sur le revers Sud de l'Atlas saharien, elle marque le début du Sahara occidental.

Les dépôts dans ce bassin se caractérisent par une stratification régulière, marquée par une importante sédimentation de terrains stériles. Ces terrains stériles se composent d'une alternance de grès stratifiés, de marnes et d'argiles variées. De plus, il existe une variation latérale des faciès au sein de ces terrains stériles.

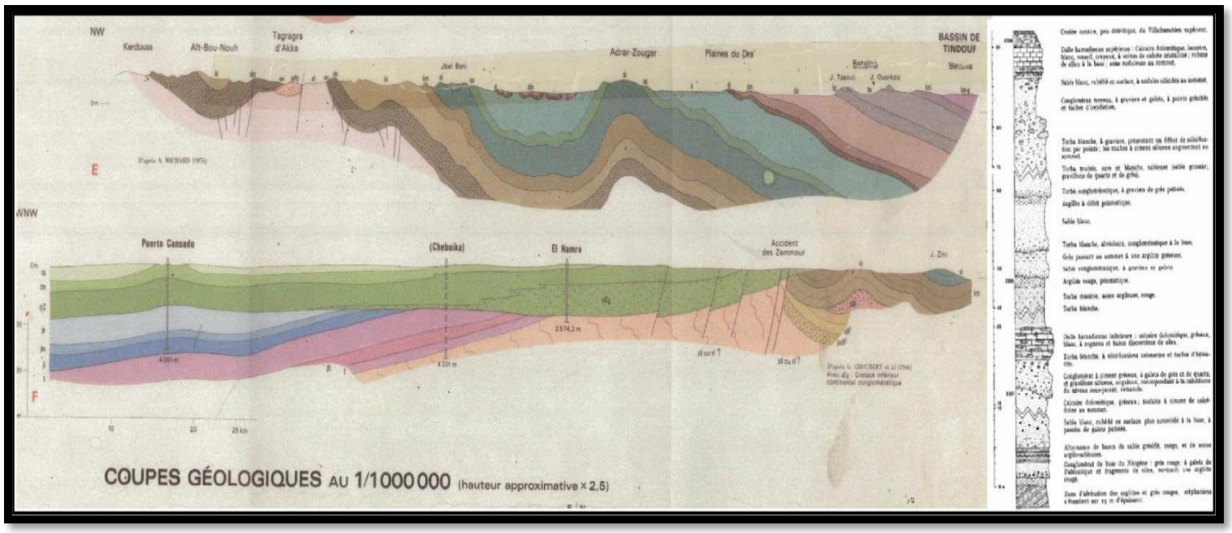
La couverture de la région est principalement constituée de sable graveleux à caillouteux, avec une texture relativement argileuse. Les graviers présents sont des galets mal-arrondis, généralement de nature gréso-calcaire et fortement siliceux, souvent de couleur blanchâtre lorsqu'ils sont cassés.



Figures VI.2: Carte géologique de la région d'ABADLA.

VI.2.3 STRATIGRAPHIE LITHOLOGIQUE :

D'après la coupe géologique de BECHAR (Figure VI.3) ; on distingue sur le couloir de passage de notre tronçon d'étude 4 ères chronologiques de formation des dépôts, ils sont cités ci-dessous du plus ancien au plus récent :



Figures VI.3: Coupe géologique de BECHAR.

VI.2.3.1. LE PALÉOZOÏQUE:

- **Carbonifère :**

Les formations du Carbonifère sont les plus répandues en affleurement et sont bien étudiées, constituant les principaux reliefs de la région comme le Djebel Béchar et Chabket Mennouna. Elles servent également de soubassement à la ville de Béchar.

- **Tournaisien :**

Avec une épaisseur de 200m à 700m, le Tournaisien n'a pas été identifié de manière certaine, semblant être absent au Nord de l'Antar où le Viséen supérieur repose directement sur le Famènien terminal de Theniat El Haïdoura et à Soltane El Betoum.

- **Viséen :**

D'une épaisseur allant de 300m à 1280m, le Viséen est composé de calcaires et de schistes, visible notamment au Djebel Béchar et dans les massifs septentrionaux. Au Nord de Béchar, deux faciès se distinguent, l'un schisteux et l'autre récifal.

- **Namurien :**

D'une épaisseur de 740m à 810m, le Namurien forme les premières pentes de Djebel Béchar, se composant généralement d'alternances de calcaires, de marnes schisteuses et de quelques niveaux de grès.

- **Westphalien :**

Avec une épaisseur variant de 700m à 1600m, le Westphalien est caractérisé par une alternance de bancs de grès, d'argiles schisteuses, de marnes rouges salées, de grès et de conglomérats. On trouve également un niveau marin calcaire et des bancs calcaires de Djeniene qui servent de limite entre le Westphalien et le Namurien.

VI.2.3.2. LE MÉSOZOÏQUE :

- Au Nord de Béchar, le Mésozoïque forme des reliefs notables comme le Grouz méridional et des cuestas au Sud.
- Le Trias est caractérisé par une semelle argilo-conglomératique, avec le conglomérat du Ksar Azoudj comme site notable.
- Le Crétacé se présente en cuestas, parfois en discordance sur le Carbonifère et en concordance sur le Jurassique, avec des formations gréso-argileuses à gypse et une épaisseur dépassant souvent les 1000 mètres.
- Le Cénomanien montre des tâches claires correspondant à des passées gypseuses et des bancs calcaires intercalés.
- Le Turonien est dominé par des calcaires dolomitiques cristallins formant des falaises, tandis que le Sénonien se compose de marnes gypseuses rougeâtres et de calcaires lacustres au sommet.

VI.2.3.3. TERTIAIRE :

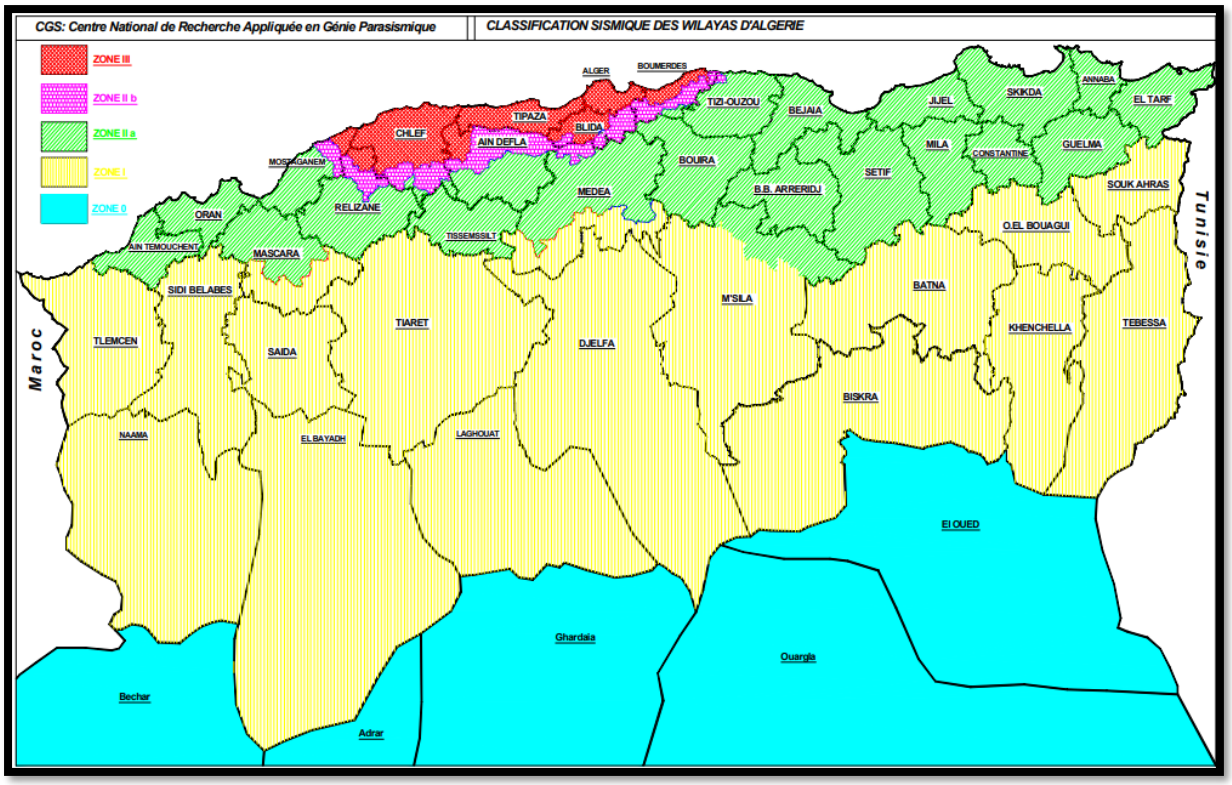
- Les terrains tertiaires, de 25 à 52 mètres d'épaisseur, sont tabulaires et discordants par rapport au Crétacé sous-jacent.
- Ils forment les corniches de la 2ème Barga et le plateau d'Oum EsSeba, avec quelques buttes témoins, dont celle d'Oum Esseba.
- Les terrains tertiaires comprennent des argiles conglomératiques, des grès et des calcaires lacustres.
- Ils se terminent par des formations argilo-sableuses rouges avec des bancs calcaires, présentant un grand développement en surface et en épaisseur.
- À Garet El Betik, une coupe géologique révèle que le Néogène Continental repose directement sur le Carbonifère supérieur (Stéphanien), avec des marnes rouges et des grès rouges.
- Le Néogène est coupé à 95 mètres de profondeur à Garet El Betik, avec plusieurs strates identifiées, dont des conglomérats, des sables, des argiles prismatiques, et des calcaires.
- Les sédiments se sont déposés dans les vallées creusées lors de la dernière phase d'érosion paléogène, nivelant progressivement les reliefs paléozoïques.

VI.2.3.4. QUATERNAIRE :

Le quaternaire est représenté par des niveaux métriques de conglomérats, par des argiles rougeâtres gypsifères, sableuses, alluvions, calcaires et des limons sableux. Le terrain quaternaire le plus ancien est formé dans toute la région des hamadas et dans la zone d'épandage des grands oueds.

VI.2.4 L'ACTIVITE SISMIQUE DE LA REGION EXAMINEE :

Le Règlement Parasismique Algérien des Ouvrages d'Art (R.P.O.A 2008) a mis en place des directives en fonction de l'intensité prévue des séismes dans une région donnée afin de prendre en considération la probabilité de survenue d'un séisme. Ces directives classent le territoire algérien en cinq zones sismiques distinctes.



Figures VI.3: Carte zonage sismique du territoire national.

La wilaya de Béchar est située dans la zone sismique 0, où le risque sismique est négligeable.

VI.2.5 RISQUES GEOLOGIQUES :

Dans ce contexte spécifique, il y a deux principaux types de menaces qui pourraient impacter l'environnement de la zone étudiée :

- ✓ Les tempêtes de sable et les nuages de poussière représentent une préoccupation majeure. Étant donné que le chemin de fer traverse une région désertique, ces événements météorologiques pourraient engendrer des dégâts matériels significatifs.

- ✓ Bien que la région soit généralement aride, elle peut être sujette à des précipitations soudaines et intenses, notamment pendant la saison des pluies. Ces précipitations peuvent entraîner des inondations soudaines, en particulier dans les zones à faible altitude ou le long des lits de rivières asséchées, entraînant des dommages aux rails, aux systèmes électriques et à d'autres infrastructures.

VI.6 ETUDE GEOTECHNIQUE :

Dans tout projet linéaire ou de construction, il est essentiel de mener une reconnaissance géotechnique rigoureuse.

L'investigation géotechnique aborde les aspects suivants :

- ✓ **Dimensionnement de la plate-forme ferroviaire :**

- Un dispositif de reconnaissance comprenant un puits d'une profondeur variant entre 3 et 5 mètres, visant à évaluer la composition du sol conformément aux normes GTR et UIC, afin d'identifier sa nature et de vérifier la présence d'eau.

- Des tests de pénétration dynamique sont réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique lourd, fournissant des informations sur la cohérence et la résistance du sol.
- Des sondages carottés sont effectués pour étudier la stabilité, permettant de caractériser à la fois la composition et l'état des sols, ainsi que de déterminer leur description lithologique.

✓ **Dimensionnement de fondations des ouvrages d'art et les bâtiments;**

L'objectif est d'analyser les propriétés physico-chimiques et mécaniques du sol sur site pour évaluer sa capacité portante et identifier le type de fondation approprié.

Cette évaluation comprend la réalisation de sondages carottés, systématiques pour tous les projets qu'ils impliquent du béton ou de la terre, ainsi que des sondages pressiométriques spécifiques pour les fondations, qu'il s'agisse d'ouvrages d'art ou de bâtiments.

✓ **Gestion des zones à risque géotechnique, les zones d'extraction de matériaux;**

L'objectif est d'identifier des sites propices et d'analyser les propriétés physiques, chimiques et mécaniques afin de trouver des matériaux adaptés pour le remplissage et la préparation des couches de terrain.

VI.6.1. PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE DU TRACE :

VI.6.1.1 ESSAIS EN LABORATOIRE :

- Essais physiques d'identification
  - Teneur en eau naturelle W
  - Masse volumique des particules solides des sols
  - Masse volumique des sols fins
  - Limites d'Atterberg (WL)
  - Analyse granulométrique (tamisage à sec)
  - Analyse granulométrique (par sédimentométrie)
  - Teneur en carbonates ($CaCO_3$)
- Essais mécaniques
  - Essai Proctor normal et modifié
  - Portance CBR imbibée et immédiat

VI.6.1.1 ESSAIS INSITU :

- Sondages carottés.
- Sondages préssiometriques.
- Creusement des puits de reconnaissance.
- Relevés piézométriques.

VI.6.2. PLATE-FORME :

Les terrassements, première phase des travaux de construction, incluent les modifications temporaires du terrain. L'optimisation des volumes longitudinaux de terre prend en compte diverses restrictions. Les essais in situ sur la plateforme, incluant terrassement, déblai et remblai, sont réalisés par des puits de reconnaissance et des sondages carottés.

VI.6.2.1. SECTION DEBLAIS :

En suivant la référence de la trajectoire définie, il est recommandé d'entreprendre la réalisation de puits de reconnaissance d'une profondeur comprise entre 2 et 4 mètres sur les parties excavées, ces travaux étant exécutés à l'aide d'une pelle mécanique.

Une quantité adéquate de matériau remanié sera prélevée pour effectuer les tests d'identification et les essais mécaniques afin d'évaluer la possibilité de réutiliser ces matériaux comme remblai.

De plus, des échantillons intacts enrobés de paraffine seront extraits des puits et des sondages pour déterminer les caractéristiques intrinsèques et comportementales du matériau en place, notamment la teneur en eau, la densité, la cohésion et l'angle de frottement.

Des essais de pénétrométrie dynamique seront également réalisés pour obtenir une estimation continue de la résistance du terrain.

Localisation Pk	**Hauteur moyenne du déblai**	**Longueur de déblai**	**Essai géotechnique**		
			Essai in situ	Profondeur (m)	Essai au laboratoire
80+030	2 m	20 m	- Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR
80+050	1.4 m	8 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR
80+070	2 m	18 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR
De 80+090 à 80+130	2 m	40 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR

			- Essais pénétration Standard.		
De 80+142 à 80+200	2 m	58 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR
80+235	2 m	19 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR
80+480	1.6 m	50 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR
De 81+100 à 81+240	1.5 m	140 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR
81+460	1.5 m	24 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR

De 82+900 à 82+980	1.3 m	80 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR
83+580	5 m	42 m	Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. - Essais pénétration Standard.	4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR
De 86+500 à 86+800	3 m	300 m		4m	- Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). - Proctor modifié. - CBR.

Tableau VI.1 : programme géotechnique des sections en déblai.

VI.6.2.2. SECTION REMBLAIS :

Afin de respecter les normes géométriques requises pour le tracé, certaines zones seront élevées grâce à l'ajout de remblais de hauteurs variées. Pour ce faire, des sondages seront effectués à intervalles réguliers le long de chaque section, en fonction de sa longueur et de la diversité des types de sols rencontrés.

Ces sondages seront réalisés à l'aide d'engins de terrassement sur une profondeur allant de 3 à 4 mètres, tandis que des pénétromètres dynamiques seront utilisés pour évaluer en continu la résistance du terrain.

Des échantillons intacts seront prélevés et préservés dans de la paraffine afin d'analyser les caractéristiques intrinsèques et le comportement du matériau en place, notamment sa teneur en eau, sa densité, sa cohésion, son angle de frottement ainsi que ses paramètres de compressibilité et de consolidation.

Localisation Pk	**Hauteur moyenne du remblai**	**Essai géotechnique**		
		Essai in situ	Profondeur (m)	Essai au laboratoire
80+000 à 80+020	2 m	- Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique.	4m	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.

		-Essais pénétration standard.		
80+130 À 80+150	2.5 m	- Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. -Essais pénétration standard.	4m	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.
80+300 à 80+420	1.5 m	- Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. -Essais pénétration standard.	4m	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.
83+220 à 83+560	4 m	- Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. -Essais pénétration standard.	4m	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.
83+730 à 83+920	3 m	- Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. -Essais pénétration standard.	4m	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.
84+200 à 84+400	2 m	- Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. -Essais pénétration standard.	4m	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.
86+860 à 87+360	3 m	- Puit de reconnaissance. - Pénétromètre dynamique. -Essais pénétration standard.	4m	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.

Tableau VI.2: Programme géotechnique des sections en remblai.

VI.6.2.3 LOT OUVRAGE D'ART ET BATIMENT :

La phase d'investigation géotechnique pour les ouvrages d'art implique la réalisation d'un sondage carotté près de chaque structure, ainsi que des essais de pénétromètre dynamique et des essais pressiométriques. Les données recueillies lors de cette phase seront utilisées pour compléter les informations sur les remblais.

Des échantillons intacts seront prélevés et paraffinés afin de déterminer les propriétés intrinsèques et le comportement du matériau sur site. De plus, l'utilisation de pénétromètres dynamiques permettra d'estimer en continu la résistance du terrain.

Localisation Pk	**Ouvrage**	**Essai géotechnique**		
		Essai in situ	Profondeur (m)	Essai au laboratoire
80+900	OA qui franchit Oued messouar.	- Sondage carotté. - Essai pressiométrique. - Essais pénétromètre dynamique jusqu'au refus.	12	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.
88+620	OA qui franchis Oued BECHAR.	- Sondage carotté. - Essai pressiométrique. - Essais pénétromètre dynamique jusqu'au refus.	12	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.
97+275	Gare de ABADELA.	- Sondage carotté. - Essai pressiométrique. - Essais pénétromètre dynamique jusqu'au refus.	10	-Essais d'identification physique (G, γ, W, Ip..). -Essai cisaillement rectiligne. -Essai Oedométrique.

Tableau VI.3: Programme géotechnique pour les ouvrages d'art et bâtiment.

VI.7. ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE GEOLOGIQUE :
VI.7.1. ÉVALUATION DES ECHANTILLONS GEOLOGIQUES :
VI.7.1.1. PUIT DE RECONNAISSANCE :

Les puits de reconnaissance creusés à ciel ouvert, réalisés à l'aide d'une pelle mécanique avaient pour objectif :

- La détermination des agencements lithologiques des strates rencontrées.
- La prise des échantillons remaniés en vue des essais de laboratoire.

Puit	Localisation	Épaisseur de la couche	Lithologie détaillée
P1	84+000	0.30 m	Sable graveleux brunâtre + TVR
		1.50 m	Marne gréseuse peu argileuse verdâtre devenant consolidée à la base
P2	86+000	0.50 m	Sable argileux rougeâtre
		1.0 m	Formation gréseuse à matrice sable argileuse rougeâtre consolidée à la base
P3	88+000	0.20 m	TVR + galets hétérogènes
		1.50 m	Grés marneux friable et altéré verdâtre à matrice argileuse rougeâtre en état consistant vers la base
P4	90+000	0.20 m	TVR brunâtre
		1.50 m	Marne gréseuse verdâtre a cristaux de gypse à intercalation par des argiles rougeâtre
P5	92+000	0.20 m	Sable caillouteux rougeâtre
		1.00 m	Sable argileux gréseux rougeâtre consolidé à la base
		3.00 m	Argile gréseux rougeâtre en état consolidé et induré
P6	94+000	0.20 m	Sable caillouteux + galets
		2.0 m	Argile gréseuse rougeâtre à inclusion caillouteuse à passées de marnes gypseuse à la base
P7	95+000	0.20 m	Sable graveleux caillouteux brunâtre
		1.00 m	Sable argileux rougeâtre peu gypseux à inclusions caillouteux
		2.00 m	Argile gréseuse rougeâtre en état consolidé et indurée vers la base
P8	97+000	0.20 m	Sable caillouteux brunâtre
		2.00 m	Marne gréseuse peu argileuse verdâtre consolidée à la base

Tableau VI.4: Résultats des puis de reconnaissance.

VI.7.1.2. RESULTATS DES ESSAIS AU LABORATOIRE :

Puit	Profondeur en (m)		Analyse Granulométrique		Limites d'Atterberg		
	De	à	< 2 mm (%)	< 80 µm (%)	W_L (%)	W_P (%)	I_P (%)
P1	0.30	1.50	75	57	35.7	19.9	15.8
P2	0.50	1.00	97	37	23.1	15.1	8
P3	0.20	1.50	73	65	36.5	19.4	17.1
P4	0.20	1.00	79	63	23.2	15.8	7.4
P5	0.20	1.00	93	56	23.3	13.3	10
P6	0.20	2.00	89	62	29.2	17.6	11.6
P7	0.20	1.00	68	32	20	14.2	5.8
P8	0.20	2.00	71	54	35.7	17.3	18.4

Tableau VI.5: Résultats des essais au laboratoire.

Plasticité	Essai Proctor Modifié		CBR	Analyse chimique du sol		Classif GTR	Classif UIC
	Yd_{OPM} (t/m^3)	W_{OPM} (%)		SO_4 (%)	$CaCO_3$ (%)		
Relativement plastique	1.96	8.00	40	/	3.7	A2	QS2
Peu plastique	2.14	6.00	89	/	14.9	A1	QS3
Relativement plastique	2.04	8.00	42	/	10.3	A2	QS2
Plastique	2.06	6.00	37	/	7.5	A2	QS2
Peu plastique	2.08	6.00	67	0.39	9.3	A1	QS3
Peu plastique	2.11	8.00	68	0.77	8.4	A1	QS3
Peu plastique	2.16	6.00	46	0.17	7.5	B4	QS2
Peu plastique	2.03	8.00	45	0.41	10.3	A2	QS2

Tableau VI.6: Suite des résultats des essais au laboratoire.

Concernant les essais en laboratoire, les observations suivantes peuvent être relevées :

-Pour P1, la densité sèche maximale déterminée dans l'essai Proctor Modifié est de 1,96 dont humidité optimale est de 8%. Relativement plastique, L'essai CBR présente une valeur de 40.

Selon GTR et Guide technique « Réalisation des remblais et des couches de forme (Classification norme NF P 11 300) ;

- P1 : classe A2 marnes gréseuses, type S2,

- P2 : classe A1 sol fin (limon), type S3,

- P7 : classe B4 sol sableux et graveleux avec fines, type S2.

Suite au GTR ; Pour les sols sableux, il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par compactage intense, un arrosage ou une humidification avec un malaxage soigné et une quantité d'eau importante.

Pour les sols fins, il faut adopter un compactage intense avec des couches minces avec un arrosage, ou un compactage moyen avec des couches minces avec un traitement à la chaux.

Par les résultats obtenus, on conclut que :

- Les sols ont été classés comme QS2 et QS3 sols moyens et bons. L'analyse de ces échantillons montre une moyenne plasticité avec une moyenne à bonne capacité.

VI.7.2. ANALYSE DES MATERIAUX DES DEBLAIS REMBLAIS :

VI.7.2.1. RESULTATS DE SONDAGE MECANIQUE :

Les sondages carottés et pressiométriques réalisés à l'aide des machines de forage et descendus jusqu'à des profondeurs variantes entre 10 et 12m de profondeur avaient pour objectif :

- ✓ Identifier la lithologie du sol
- ✓ Prélever des échantillons intacts et remaniés pour des essais au laboratoire.
- ✓ Mesurer la profondeur de la nappe d'eau rencontrée dans les sondages.
- ✓ Vérifier la stabilité des remblais.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous (tableau VI.7) :

Sondage	Localisation PK	Objectif	Profondeur (m)	Description lithologique
SC.01	88+225	Ouvrage en terre Remblai	0 - 0.2	Sable fin finement graveleux rougeâtre,
			0.2 - 6	Grés grossiers peu argileux rougeâtre,
			6 - 12	Marne gréseuse rougeâtre en état consolidée à a base.
SC.02	80+500	Ouvrage en terre Déblai	/	L'endroit est situé dans une zone montagneuse, (Point inaccessible).
			/	
			/	
SP.01	83+258	Ouvrage hydraulique	0 - 0.3	Sable graveleux peu caillouteux brunâtre,
			0.3 - 4.90	Encroutement gréso-calcaire brunâtre,

			4.90 - 10	Argile gréseuse rougeâtre consolidé en état fragmenté.
SC.1	97+775	Gare de ABADELA	0 - 0.2	Sable fin graveleux brunâtre,
			0.2 - 0.5	Grés fin friable brunâtre à matrice sableuse,
			0.5 - 10.33	Argile gréseuse rougeâtre consolidé en état fragmenté.

Tableau VI.7: Résultats des sondages effectués sur le tronçon d'étude.

Les sondages carottés réalisés ont révélé un terrain constitué majoritairement, de sable fin et graveleux. On rencontre aussi une formation d'argile gypseuse et gréseuse rougeâtre.

NB : Les coupes lithologiques de ces sondages des caisses à carottes correspondantes sont jointes en annexe de ce chapitre.

VI.7.2.2. ESSAIS DE PENETRATION DYNAMIQUE :

Une campagne de **19** essais de pénétration dynamique a été réalisée, avec un système de coup automatique.

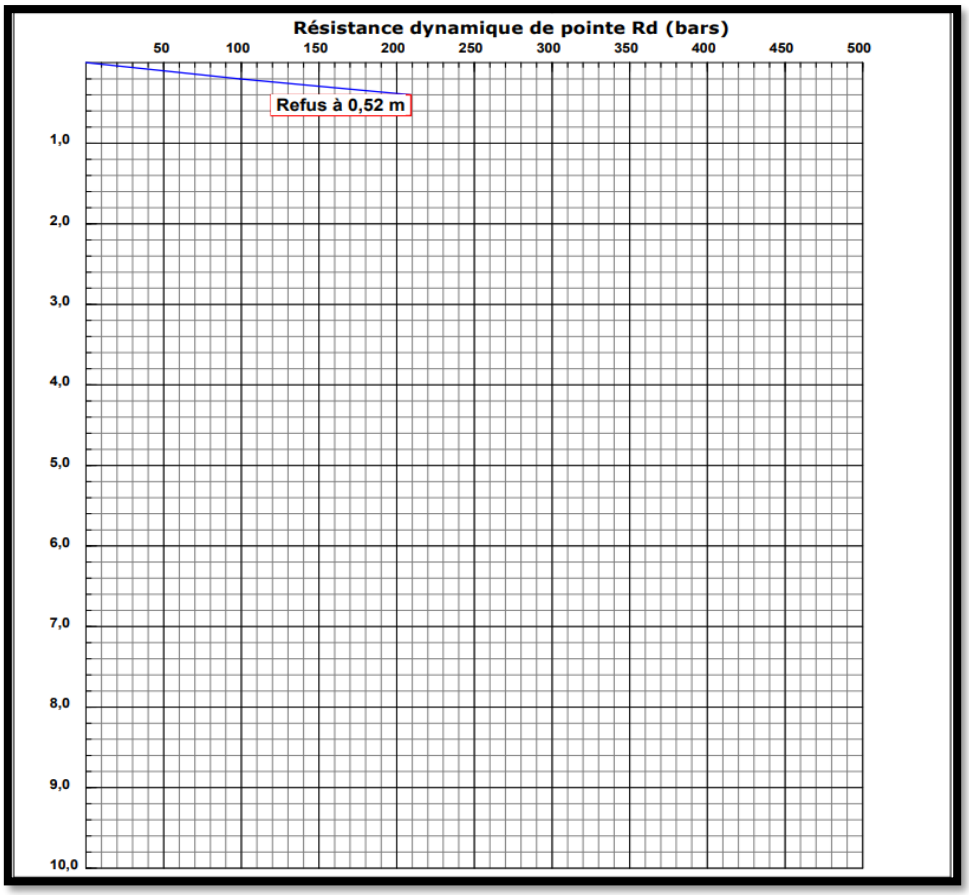
Pour la première partie de 80+000 à 90+000, deux essais consistent à mesurer le nombre de coups nécessaires pour pénétrer de 20 centimètres dans le terrain, une pointe de section carrée de 29 cm^2 et une extrémité de pointe conique de 90° sur la pointe, prolongée sur sa partie supérieure par un prisme de même section et d'une hauteur de 12 centimètres. Une masse de 64 Kg applique les coups avec une hauteur de chute de 75 centimètres.

Pour la deuxième de 90+000 à 98+500, dix-sept essais consistent à mesurer le nombre de coups nécessaires pour pénétrer de 20 centimètres dans le terrain, une pointe de section carrée de 15 cm^2 et une extrémité de pointe conique de 90° sur la pointe, prolongée sur sa partie supérieure par un prisme de même section et d'une hauteur de 12 centimètres. Une masse de 63.5 Kg applique les coups avec une hauteur de chute de 50 centimètres.

Par rapport à d'autres systèmes de reconnaissance, les essais de pénétration ont l'avantage de fournir une estimation continue de la résistance du terrain, en permettant de détecter des discontinuités ou des niveaux de petite épaisseur qui pourraient passer inaperçus avec un autre système de reconnaissance.

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

Les essais au pénétromètre dynamique ont montré que le terrain possède, en général, une bonne capacité portante.



Figures VI.4 : Pénétrogramme.

Remarque : les résultats des essais de pénétromètre dynamique indiquant la résistance de pointe mesurée en bars par rapport à la profondeur sont inclus en annexe du présent chapitre.

D'après les résultats des essais en laboratoire on trouve que : La resistance de terrain a la pénétration est bonne .

Puit / sondage	Pk	Zi (m)	Zf (m)	Essais physiques					Analyse chimique				Classif GTR	Classif UIC
				Granulométrie		Limite d'atterberg (%)			% Insolub	% Caco3	% So4	% Chlor		
				< 2 mm (%)	< 0.08 mm (%)	W_L	W_P	I_P						
SP.01	83+258	0	0.3	87	41	18,50	13,10	5.40	80.05	19.6	0.17	0.18	A2	QS3
		0.3	4.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A1	QS2
		4.90	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A1	QS2
P1	84+000	0.3	1.5	75	57	35.7	19.9	15.8	-	3.7	-	-	A2	QS2
SC.01	88+225	0	0.2	79	27	17.7	13.5	4.2	85,86	14	-	0.14	A2	QS3
		0.2	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A1	QS3
		6	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A2	QS2
P2	86+000	0.5	1	97	37	23.1	15.1	8	-	14.9	-	-	A1	QS3
SC1– Gare	97+775	0	0.2	93	32	32.5	18.10	14.4	96.50	2.8	0.42	0.28	A2	QS3
		0.2	0.5	95	81	-	-	-	-	-	-	-	A2	QS2
		0.5	10.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A2	QS2
P3	88+000	0.2	1.5	73	65	36.5	19.4	17.1	-	10.3	-	-	A2	QS2
P5	92+000	0.20	1.00	87	56	23.3	13.3	10	88.19	9.3	-	0.11	A1	QS3
P6	94+000	0.20	2.00	89	62	29.2	17.6	11.6	92.03	8.4	0.77	0.18	A1	QS3
P7	95+000	0.20	1.00	68	32	20	14.2	5.8	-	10.3	0.41	-	B4	QS2
P8	97+000	0.20	2.00	71	54	35.7	17.3	18.4	-	10.3	0.41	-	A2	QS2

Tableau VI.8: Résultats des essais physiques et chimiques.

Puit / sondage	Pk	Zi (m)	Zf (m)	Essais mécaniques									Classifi UIC
				Wn (%)	γ_d (t/m^3)	γ_h (t/m^3)	Sr (%)	Proctor modifier		Cisaillement		CBR	
								Wopt	γ opt	C(bars)	Φ (°)	à 95 %	
SP.01	83+258	0	0.3	12.5	2.16	2.43	73	-	-			-	
		0.3	4.90	-	-	-	-	-	-			-	
		4.90	10	-	-	-	-	-	-			-	
P1	84+000	0.3	1.5	-	-	-	-	8	1.96	-	-	40	QS2
SC.01	88+225	0	0.2	2.15	1.95	2.00	15	-	-	-	-	-	
		0.2	6	-	-	-	-	-	-	0.84	28.45	-	
		6	12	-	-	-	-	-	-	1.6	23.46	-	
P2	86+000	0.5	1	-	-	-	-	6.00	2.14	-	-	89	QS3
SC1– Gare	97+775	0	0.2	3.28	2.11	2.17	31	-	-	0.85	28.45	-	
		0.2	0.5	-	-	-	-	-	-	1.06	23.46	-	
		0.5	10.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P3	88+000	0.2	1.5	-	-	-	-	8.00	2.04	-	-	42	QS2
P5	92+000	0.20	1.00	-	-	-	-	6.00	2.08	-	-	67	QS3
P6	94+000	0.20	2.00	-	-	-	-	8.00	2.11	-	-	68	QS3
P7	95+000	0.20	1.00	-	-	-	-	6.00	2.16	-	-	46	QS2
P8	97+000	0.20	2.00	-	-	-	-	8.00	2.03	-	-	45	QS2

Tableau VI.9: Résultats des essais mécaniques.

Les sols sont de classe variée entre A et B (Sols fins classe sols sableux et graveleux avec fines) selon GTR et de classe S2-S3 selon UIC avec :

- QS2 : Sols moyens.
- QS3 : Bons sols.

VI.8 CONTRAINTE GEOTECHNIQUE :

Les tronçons identifiés comme zones inondables sont localisés entre les PK80+787 jusqu'au PK81+215 et de PK88+091 au PK88+953 (Voir l'étude hydraulique).
Pour cela, l'étude de drainage est bien prise en compte pour ces 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 en matériaux 200mm <D< 500mm, contre l'érosion de flux de l'inondation avec interposition d'un dispositif anti contaminant entre corps de remblai et enrochement. Le géotextile améliore la qualité anti-contaminant l'orniérage des couches de forme en sol QS3.
La hauteur de l´eau assignée pour les calculs géostatiques est un entonnoir de réduction qui s´adapte dans le matériau filtrant de la hauteur maximale à la surface.
D'après l'étude hydraulique réalisée dans la phase de l'étude d'exécution, les niveaux des plus hautes eaux (NPHE) sont de +1.95 m/TN pour la zone 1 et de +1.19m/TN pour la zone 2:
Les blocs de protection (« Enveloppe ») ainsi que le matériau filtrant ont une hauteur de 0,5 m au-dessus du niveau NPHE.
Le géotextile doit constituer une strate ségrégative filtrant et le matériau filtrant correspond au gravier anguleux sablo-argileux, qui est compacté et moyennement denses, avec une granulométrie vaste échelonnée et une grandeur entre 20 mm et 63 mm. Le matériau d´enveloppe est défini comme 200 – 500 mm.

VI.9. CONCLUSION :

Les sols de la plateforme (PK 80+ 000 – PK 98+500) sont constitués généralement des marnes gréseuses , des sables et des grés.

La classe de portance des sols de plateforme naturelle varie de QS2 à QS3 La solution technico-économique la plus favorable pour le dimensionnement de la struscture ferroviaire, serait d'adopter une plateforme de classe de portance QS3.

Les formations sablo-argileuses et gréseuses sont généralement des terrains peu stables. Les travaux de remblai dans ces zones devront donc être effectués avec soin pour garantir la stabilité du tracé.

D'après les résultats des sondages carottés et des essais in situ (essais pressiométriques) réalisés dans le cadre de cette étude, et compte tenu de la bonne résistance mécanique des sols, les fondations des ouvrages projetés seront de type superficiel.

CHAPITRE VII
ARMEMENT DE LA VOIE ET DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE D'ASSISE.

VII. DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES D'ASSISE :

VII.1. INTRODUCTION :

La conception et la mise en place de la superstructure ferroviaire requièrent une approche méticuleuse, étant donné la variété des contraintes physiques et mécaniques auxquelles elle doit faire face. Les rails, éléments essentiels de cette structure, sont disposés en deux files parallèles, maintenues à une inclinaison spécifique et à un écartement précis par les traverses. Ces dernières reposent sur une couche de ballast, assurant ainsi la stabilité de l'ensemble. Les attaches fixent solidement les rails aux traverses, garantissant un guidage optimal des véhicules le long de leur trajectoire. Par ailleurs, pour permettre les jonctions et les changements de voies, des appareils de voie sont intégrés au système. Toutefois, la résistance naturelle du sol se révèle souvent insuffisante pour supporter les charges transmises par les traverses, particulièrement dans les zones où le sol est imperméable. En effet, sans une structure d'assise appropriée, la superstructure risque de s'enfoncer dans le sol ou de subir des dommages causés par les fluctuations climatiques. Ainsi, une structure d'assise robuste, d'une hauteur adéquate, est indispensable pour garantir la durabilité et la performance de la voie ferrée.

VII.2. ARMEMENT DE LA VOIE :

VII.2.1. LE RAIL :

Le rail utilisé sera du type 60 E1.

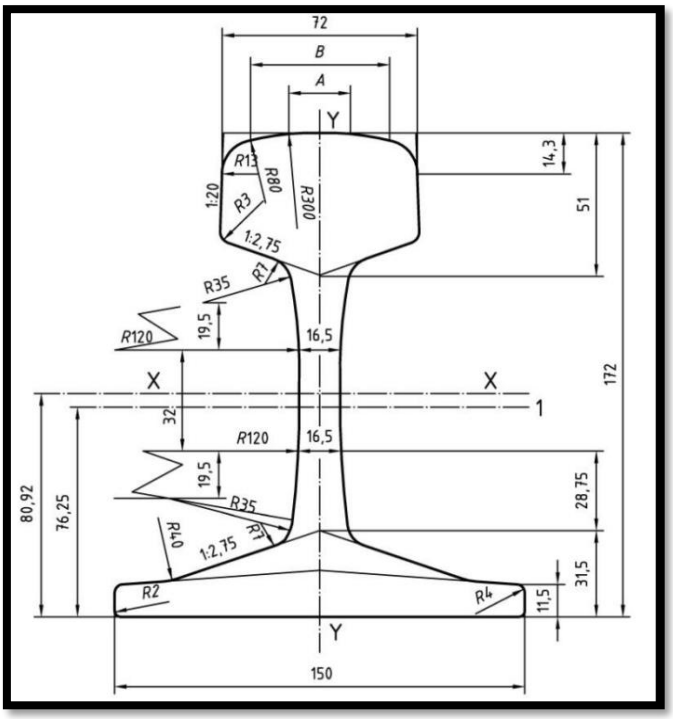
Les caractéristiques de ces rails seront les suivantes :

- Géométrie : rail -60E 1.
- Surface de la section : 76.70 cm^2.
- Moment d'inertie (Axe X – X) : 3038,3 $cm^{4.}$
- Module d'Inertie champignon : 333.6 cm^3.
- Module d'inertie patin : 375.5 cm^3.
- Moment d'inertie (Axe- Y-Y) : 512,3 cm^4.
- Dimension indicative A : 20.456 mm.
- Dimension indicative B : 52.053 mm.
- Dressage : classe A.
- Nuance : 260 (carbone-manganèse).
- Propriétés mécaniques selon la norme EN 13674-1 :
    - Dureté au milieu de la table de roulement entre 260 et 300 HBW,
    - Résistance à la traction $\geq$ 880 N/mm^2,

- Allongement ≥ 10%.

- Longueur minimum des barres élémentaires : 18 m.

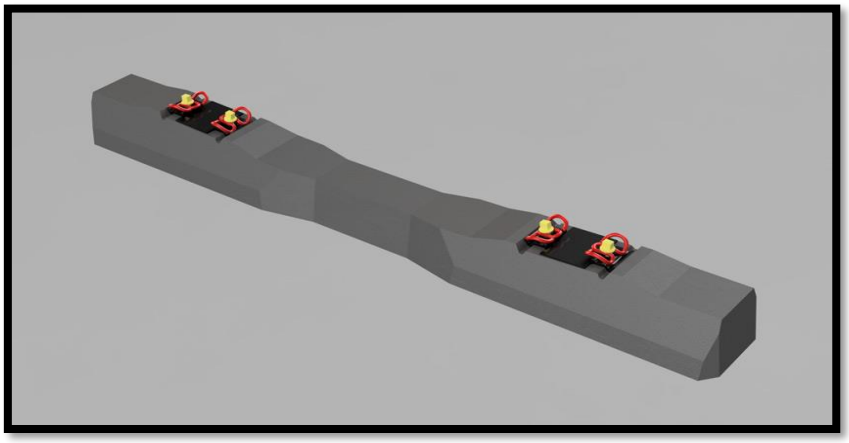
- Barres élémentaires soudées électriquement en atelier en barre continue de longueur ≥ 288 m et soudure aluminothermique en voie.



Figures VII.1: Profil et caractéristiques DU RAIL UIC 60 E1-(UIC 60).

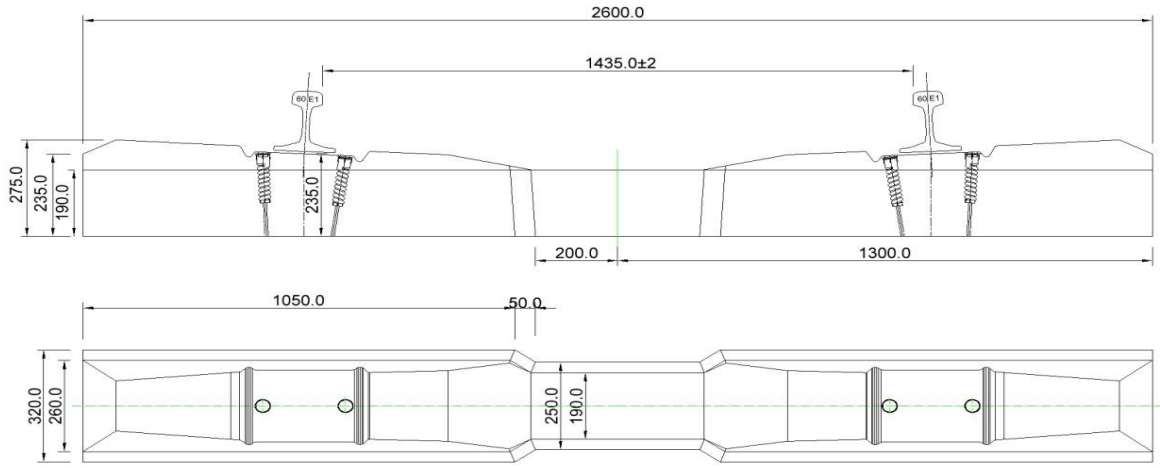
VII.2.2. LES TRAVERSES :

La traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous les rails, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails.
Le travelage, c'est-à-dire le nombre de traverses au kilomètre, est généralement de 1 666 traverses/km.
La Traverse Monobloc est en béton précontraint, amincies dans sa partie centrale, armées de fils à haute résistance.



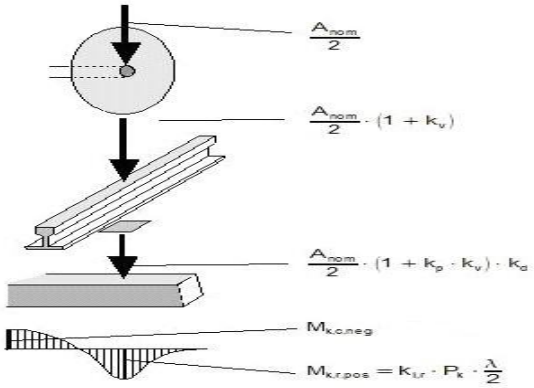
Figures VII.2: Traverses utilisées.

La traverse de type PCS-IV proposée à 2,6 m de longueur (voir l'annexe), utilisant un béton de qualité C50/60, configuré avec 10 fils d'acier de précontrainte de 7 mm de diamètre, la résistance ultime à la traction des fils d'acier de précontrainte est de f_{pk}=1670MPa.



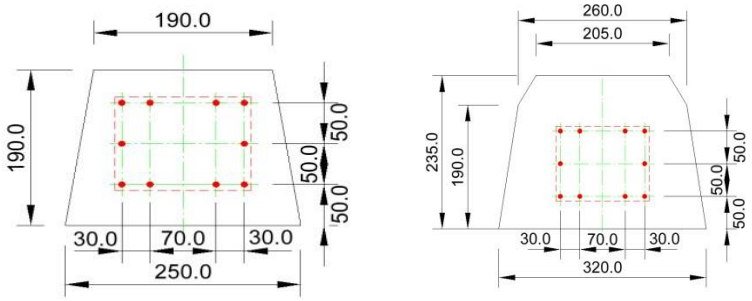
Figures VII.3 : Les dimensions extérieures de traverse PCS-IV (unité : mm).

Le moment de flexion de la traverse est calculé conformément au contenu de l'annexe A de la norme EN13230-6, et le principe de calcul est illustré à la figure VII.4.



Figures VII.4 : Schéma de calcul du Moment de flexion des traverses.

Les fils d'acier de précontrainte doivent être conformes aux exigences de la norme EN10138 avec une résistance à la traction de 1670 MPa.



VII.2.3. LE SYSTEME D'ATTACHE :

Le système d'attache est la partie qui transmet les charges entre le rail et les traverses et qui maintient l'écartement. Le système de fixation du rail appliqué sur ce projet est conforme à la norme EN13481-2 (système de fixation des traverses en béton).

Plusieurs types et techniques d'attache sont disponibles sur le marché, mais l'attache élastique est recommandée selon l'exigence du type de traverse en béton ainsi que pour la pose en LRS. Il sera employé des attaches double élastiques, de telle façon à former un intermédiaire élastique entre le type du rail adopté et la traverse monobloc en béton précontraint requise résistant à la charge adoptée de 32.5 Tonnes par essieu.



Figure VII .5 : Attache élastique.

VII.2.4. LES APPAREILS DE VOIE :

Dans cette étude on a choisi :

- Appareil de voie simple de type UIC 60 500 1/12 dans la gare pour les voies principales.

- Appareil de voie UIC 54 300 1/9 dans les voies de service.

VII.3. COMPOSITION ET DIMENSIONNEMENT A LA PORTANCE DES COUCHES D'ASSISE :

VII.3.1. STRUCTURE D'ASSISE :

La structure d'assise supportant le trafic ferroviaire est un des éléments les plus importants pour assurer la stabilité géométrique de la voie et son bon fonctionnement à long terme.

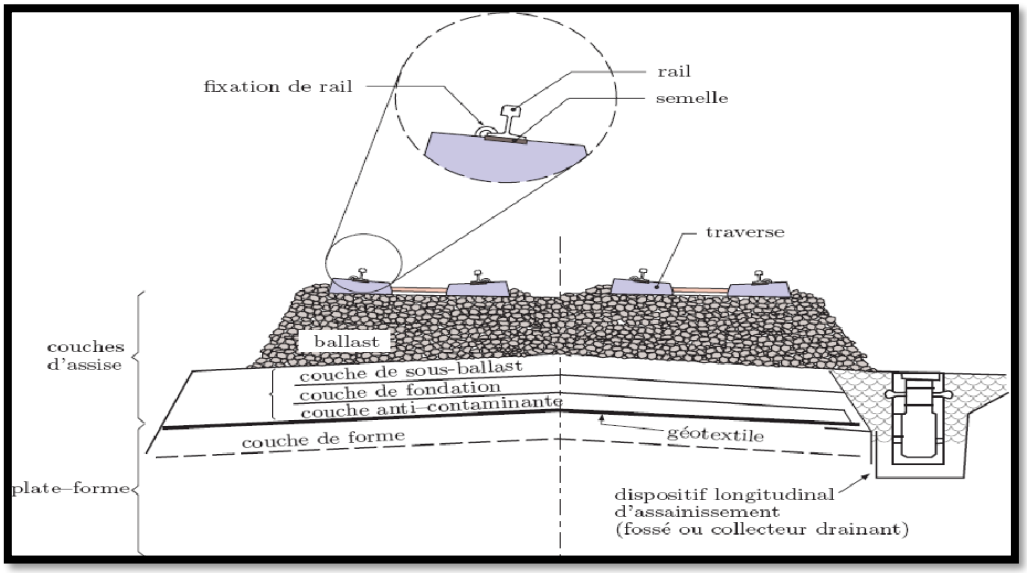


Figure VII.6: Couches d'assise avec plateforme.

La structure de support comprend plusieurs éléments essentiels, notamment ;

- Une couche de ballast,
- Une sous-couche contient une couche de sous-ballast et une couche de fondation,
- Le tout protégé par une couche anti-contaminante.

Les spécificités et l'épaisseur de ces couches dépendent de divers facteurs tels que :

- Les propriétés du sol,
- Les conditions climatiques,
- Le trafic ferroviaire et les caractéristiques de la voie ferrée elle-même.

Il est crucial de considérer l'épaisseur du ballast lors de la conception de la sous-couche pour assurer une stabilité optimale.

VII.4. CONSTRUCTION GENERALE :

D'après la fiche « UIC 719 » la construction de la structure d'assise en principe est constituée comme suit :

VII.4.1. COUCHE D'ASSISE :

VII.4.1.1. COUCHE DE BALLAST :

La couche de ballast est disposée sous les traverses, son épaisseur est de 300 mm à l'aplomb du rail en pleine voie. La couche de ballast a les fonctions suivantes :

- Assurer, en raison de sa granulométrie particulière, le drainage et l'évacuation rapide des eaux zénithales
- Constituer un amortisseur de vibrations très efficace grâce à ses propriétés rhéologiques
- Permettre, au moyen du bourrage
- Dressage mécanisé, la rectification très rapide du nivellement et du tracé.
- Le ballast doit être conforme à la norme EN 53-695.

Le ballast est constitué de concassés de pierres dures de calibre 25/50 provenant des carrières identifiées pour l'exécution du projet. Il doit respecter les valeurs du fuseau de contrôle et être exempt de gangue, poussières, sables fins et débris lorsqu'il est mis en voie. Au besoin, il aura été lavé et dépoussiéré.

Point singulier des fuseaux	Dimension des mailles carrées	Valeur du fuseau de contrôle
D max : 1.25 D	63	Passant 100 %
D	50	85% ≤ passant à D ≤ 99 %
Tamis intermédiaire	40 31,5	40% ≤ passant ≤ 74 % 10% ≤ passant ≤ 35 %
D	25	Passant ≤ 5 %
D min : 0.63 d	16	D min : 0.63

Tableau VII.1: Valeurs du fuseau de contrôle.

Le ballast doit aussi présenter les caractéristiques mécaniques suivantes correspondant au ballast utilisé sur le réseau classique :

- Résistance à l'usure déterminée selon l'essai Micro-Deval : MDA ≤ 10,5.
- Résistance à la fragmentation par chocs déterminée selon l'essai Los Angeles : LA ≤25.
- La valeur LA + 2×MD ≤ 37.

VII.4.1.2. SOUS COUCHE :

Dans une structure d'assise de voie ferrée, couche ou ensemble de couches de matériaux sur lequel va reposer le ballast.

VIII.4.2. PLATE- FORME :

Partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous couche. La plate- forme est constituée de sol rapporté dans cas d'un remblai ou du sol en place en cas d'un déblai.

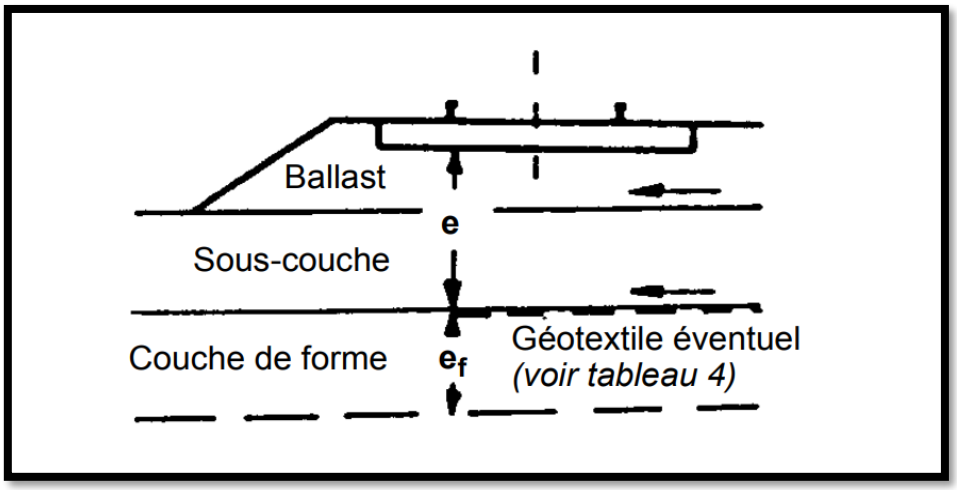
VII.4.2.1. COUCHE DE FORME :

La couche de forme, positionnée entre la Partie Supérieure du Terrassement (PST), joue un rôle essentiel dans l'adaptation des matériaux hétérogènes de la PST (qu'il s'agisse de remblai ou de terrain en place) aux exigences mécaniques, géométriques, hydrauliques et thermiques. Elle remplit diverses fonctions telles que la stabilisation, la substitution, l'amélioration et le drainage, permettant ainsi une intégration harmonieuse et efficace du terrassement dans son environnement.

VII.5. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE D'ASSISE :

VII.5.1. CALCUL LES EPAISSEURS DES COUCHES DE BALLAST ET SOUS-COUCHE DE PLEINE VOIE :

Les épaisseurs des couches de ballast et de sous-couche ont été calculées conformément à la norme UIC-719.R, qui spécifie les épaisseurs nécessaires de ballast et de sous-ballast pour une voie ferrée donnée. Cette information est illustrée dans la Figure VII.7.



Figures VII.7: Fig. 9 - Calcul de l'épaisseur minimale "e" des couches d'assise- UIC719R P30.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante (UIC-719.R page 30) :

e = E + a + b + c + d + f + g (e en mètres).

Avec:

- ✓ **E = 0,45 m ;** pour une plate-forme envisagée de classe de portance P3(élaborée avec des matériaux de classe QS3),
- ✓ **a=0 ;** pour un groupe UIC1 (Tf≥ 120 000 tonnes),
- ✓ **b=** $\frac{2.5-L}{2} = \frac{2.5-2.415}{2}$ **= 0.0425 m ;** pour une traverse en béton de longueur L=2,415m,
- ✓ **c= 0 ;** pour un dimensionnement normal,
- ✓ **d= +0.15m ;** pour une charge nominale d'essieu de 32.5 Tonne/axe (comme la ligne est lourde « chargée à 32,5T»et la norme UIC719.R ne traite pas pour ce genre de ligne , le maitre d'ouvrage préconise de prendre la valeur de 0,15m),
- ✓ **f= 0 ;** pour une ligne de vitesse à 160 km/h,
- ✓ **g= 0 ;** (pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol QS3.

D'où : e = 0.45+0+0.05+0+0.15+0+0 = 0.65 m.

- ➢ Donc l'épaisseur totale des couches d'assise est alors fixée à 70 cm.

L'épaisseur de chaque couche est présentée dans le tableau et la figure suivante :

Couche	Épaisseur (cm)
Ballast	30
Sous couche	40

Tableau VII.2: Epaisseurs de couche d'assise.

Dans les zones inondables on doit faire une disposition de protection de plateforme contre la remontée d'eau donc la pose d'un géotextile plus des enrochements sur les talus.

VII.6. DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME :

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

En fonction de ces paramètres, on distingue trois classes de portance pour les plateformes :

- ➢ P1 pour une qualité médiocre,
- ➢ P2 pour une qualité moyenne,
- ➢ P3 pour une qualité bonne.

Par conséquent, l'épaisseur de la couche de forme sera déterminée par le type de sol support, ainsi que par la classe de portance envisagée pour la plateforme, conformément à la norme UIC 719R.

Classe de qualité du sol	Classe de portance envisagée pour la plate-forme	Couche de forme à mettre en oeuvre pour obtenir cette classe de porteuse	
		Qualité	Epaisseur minimale : "e_f" (en mètres) (voir fig. 9 - page 30)
QS1	P1 P2 P2 P3	QS1 QS2 QS3 QS3	- 0,50 0,35 0,50
QS2	P2 P3	QS2 QS3	- 0,35
QS3	P3	QS3	-

Tableau VII.3: Epaisseur de la couche de forme (UIC 719R P16).

Si on considère que la qualité du sol est QS2, et que la capacité portance requise pour la plateforme est P3 et d´après les caractéristiques géologiques et géotechniques, il en résulte 0.35m d´épaisseur pour la couche de forme.

L'épaisseur adoptée pour cette couche (e_f) est de 35 cm.

VII.7. STRUCTURE D'ASSISE RETENUE :

Une voie ferrée est une composition complexe d'éléments, chacun répondant à des normes spécifiques en fonction de la vitesse et d'autres paramètres. Le choix des composants et des matériaux de la voie est une étape cruciale, ayant un impact significatif sur la sécurité et l'efficacité économique.

Après avoir analysé les données géologiques, géotechniques et les caractéristiques de la voie (telles que les traverses et la charge d'essieu), j'ai élaboré le profil type des couches d'assise du projet de la manière suivante :

Couche	Épaisseur (cm)	Matériaux
Ballast	30	Pierres dures de calibre 25/50
Sous-ballast	20	Grave propre entièrement concassée (une granulométrie de 0 /31.5mm)
Couche de fondation	20	Grave sableuse entièrement concassée
Couche de forme	35	Grave 0/D

Tableau VII.4: Les propriétés d'assise de la voie.

CHAPITRES VIII
ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE .

VIII. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE :

VIII.1. INTRODUCTION :

La création d'une nouvelle ligne peut entraver le flux hydraulique. Par conséquent, il est impératif d'assurer une continuité de débit adéquate pour les cours d'eau en dimensionnant correctement les structures hydrauliques. De plus, pour protéger la plateforme, un drainage efficace est nécessaire.

Ce chapitre se concentre sur l'étude hydrologique et hydraulique. Une analyse hydrologique a été menée afin d'établir les débits des cours d'eau traversant la plateforme ferroviaire. Ensuite, des calculs hydrauliques ont été effectués pour justifier les dimensions de chaque structure (ponts, dalots, buses).

VIII.2. METHODOLOGIE ET CRITERES DE CONCEPTION :

- ✓ Analyse des structures existantes.
- ✓ Détermination des zones drainées par l'itinéraire.
- ✓ Calcul des caractéristiques physiques et géomorphologiques des bassins versants.
- ✓ Estimation des débits de crue pour un événement centennal.
- ✓ Évaluation des débits de saturation pour chaque catégorie d'infrastructure hydraulique.
- ✓ Dimensionnement des structures hydrauliques en termes de profil en long et en travers.

VIII.3. ETUDE HYDROLOGIQUE :

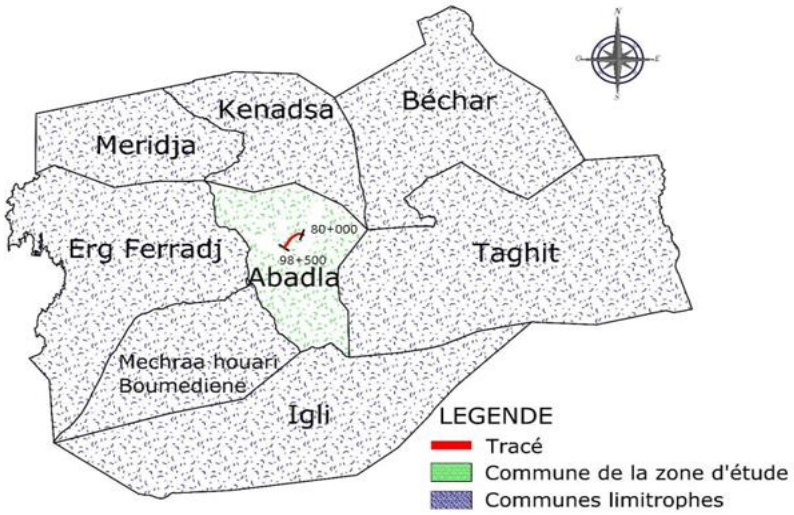
L'étude hydrologique que nous allons entreprendre se résume à la détermination de différents apports de différents oueds, ainsi que la détermination des débits de crues.

Pour cette étude, ont souligné l'importance des bassins versants, la pluviométrie et les caractéristiques du terrain.

VIII.3.1 PRESENTATION GENERALE ET DESCRIPTION DU CONTEXE HYDROLOGIQUE :

Le projet de la ligne ferroviaire est situé dans la région du sud-ouest de l'Algérie. Il se développe le long de la route nationale 06 « RN6 » à voie unique entre la gare existante de la ville de Béchar et Ghar Djebilet, en assurant la liaison avec la ville de Tindouf.

La section concernée par cette étude s'étale : du PK 80+000 au PK 98+500.



Figures VIII.1 : Situation géographique de la zone d'étude.

VIII.3.2. CARACTERISTIQUE CLIMATIQUE :

La wilaya de Béchar est située dans le sud-ouest de l'Algérie en plein désert saharien. Le climat de la wilaya de Béchar est de type désertique continental qui se caractérise par un été très chaud (+45°C) et un hiver très froid.

Les précipitations sont de faible niveau avec 15-200 mm/an.

VIII.3.2.1. TEMPERATURE :

La région de Béchar est caractérisée par des températures moyennes élevées ; la température maximale est enregistrée au mois de juillet ou elle dépasse les 40°C. Le mois de janvier est le plus froid avec une température minimale atteignant les 5°C.

La période la plus chaude de l'année se manifeste pendant quatre mois (Juin, Juillet, Aout, et Septembre).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	0	N	D
T min	3	6	10	14	19	24	28	27	22	16	9	5
T moy	10	12.3	16.4	20.6	25.2	30.2	34.2	33.2	28.2	22.1	15.2	11
T max	17	19	23	27	32	37	41	40	34	28	21	17

Tableau VIII.1 : Les températures mensuelles de la période entre (1992– 2020)

VIII.3.2.2. PLUVIOMETRIE :

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) et de l'Office National de la Météorologie (ONM). On va travailler sur la station de BECHAR qui est la plus proche et la plus représentative du tronçon étudié.

VIII.3.2.3. PRECEPITATIONS JOURNALIERES MAXIMALES :

Les pluies maximales journalières de rares fréquences sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, contre lesquels il faut protéger les différents ouvrages hydrauliques et les dégâts.

Années	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Pj max (mm)	12.8	56	44.3	11.8	26.6	16.8	9.9	42.4	21.9	2.8	14.6
Années	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Pj max (mm)	8.2	21.9	11.7	23	21.9	84.6	38.3	9.2	18.3	58.8	7.8
Années	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	/	
Pj max (mm)	69.7	19	23.7	11.3	12.9	14	6.4	5.8	12.6		

Tableau VIII.2 : Pluies maximales journalières.

Période de retour	Fréquence	Pmax, j (mm)
10 ans	0.90	50.1
20 ans	0.95	61.4
50 ans	0.98	76
100 ans	0.99	86.9

Tableau VIII.3: Pluies journalières maximales fréquentielles.

VIII.4. LES ZONES INONDABLES :

Une inondation est un phénomène naturel caractérisé par le débordement ou l'accumulation d'eau sur des terres normalement sèches.

Les inondations dans les régions désertiques du Sahara algérien posent des défis significatifs pour les infrastructures et les communautés locales.

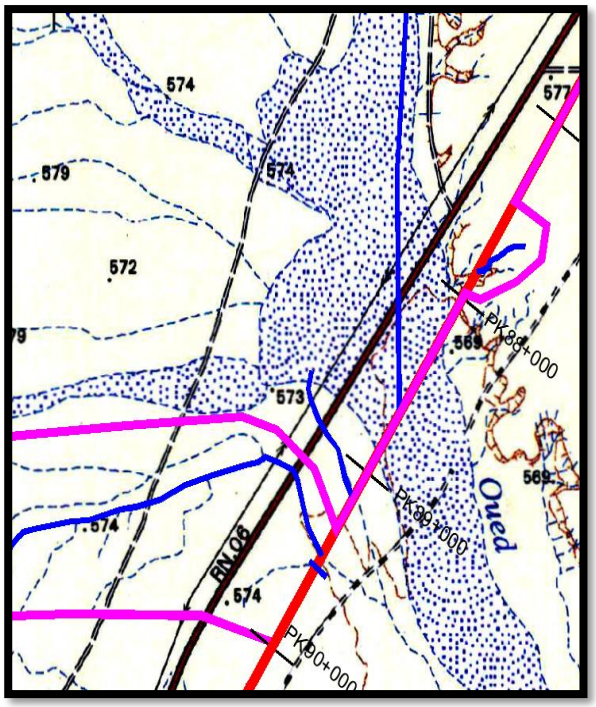
Deux zones à risque d'inondation ont été identifiées sur le long de tracé :

Zone 1 : du PK 80+787 au PK 81+215.

Zone 2 : du PK 88+096 au PK 88+950.



Figures VIII.2 : La zone d'inondation 1.



Figures VIII.3 : La zone d'inondation 2.

VIII.5. BASSINS VERSANTS :

La zone d'étude se situe au Sud-est de l'Algérie, et fait partie du bassin versant du Sahara codé (13) d'après le classement de l'ANRH.

L'Oued Guir est un oued qui prend sa source dans l'Est Marocain depuis le Jebel Timjnatine, puis se prolonge dans le Sud-Ouest Algérien où il rejoint l'Oued Zouzfana à Igli pour former l'Oued Saoura.

VIII.5.1 LA DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS :

La délimitation des bassins versants est établie sur la carte d'Etat Major géoréférencée à l'échelle 1/10 000, en suivant la ligne de crête au dorsal bordant le sous bassin considéré, de telle sorte que la limite ne traverse le cours d'eau qu'au niveau de l'exutoire.

VIII.5.2. ÉVALUATION DES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS :

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

- La surface du bassin versant (Km²).
- La longueur du talweg (Km).
- L'altitude max (m).
- L'altitude min (m).
- La pente moyenne (en m/m).
- Le temps de concentration (heure).
- Le coefficient de ruissellement.

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

- L'altitude moyenne [m]: $Hmoy = (Hmax + Hmin)/2$

- La différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin [m] :
  $\Delta H = Hmax - Hmin$
- La pente du bassin [m/m] : P= ΔH/L.

Les caractéristiques des bassins versants des écoulements qui traversent notre ligne ferroviaire sont données par le tableau récapitulatif suivant :

N°DU BV	PK	S(Km2)	L(Km)	Hmax(m)	Hmin(m)	Hmoy(m)	P(m/m)
1	80+375.00	0,07	0,29	708	590	649	0,041
2	80+953.10	1088.95	81.07	885	574	729,5	0,004
3	81+900.27	0,92	1,79	579	575	577	0,002
4	83+404.00	14,05	10,16	602	574	588	0,003
5	83+902.00	0,45	1,16	579	576	577,5	0,003
6	87+852.10	0,11	0,32	575	571	573	0,013
7	88+900.10	179,32	20,82	848	569	708,5	0,013
8	89+475.00	4,68	6,59	600	570	585	0,005
9	90+679.60	0,28	0,56	574	571	572,5	0,005
10	90+871.60	5,93	8,8	765	571	668	0,022
11	91+905.70	7,13	7,07	721	573	647	0,021
12	92+519.00	2,18	4,32	599	573	586	0,006
13	93+202.57	7,74	5,51	779	574	676,5	0,037
14	94+266.90	3,01	4,45	787	573	680	0,048
15	95+455.80	4,29	4,78	783	574	678,5	0,044
16	96+021.84	2,28	3,37	593	574	583,5	0,006
17	96+219.96	0,39	1,29	582	574	578	0,006
18	97+420.72	0,14	0,59	579	571	575	0,014
19	97+482.56	0,35	1,25	585	571	578	0,011
20	98+162.74	0,54	1,35	585	571	578,0	0,010
21	97+973.14	0,63	1,54	588	571	579,5	0,011
22	98+416.32	0,39	1,74	588	571	579,5	0,010

Tableau VIII.4 : Les caractéristiques morphométriques des bassins versants.

VIII.5.2 LE TEMPS DE CONCENTRATION (Tc) :

Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point le plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

Les formules de calcul ont été choisie en fonction de la superficie du bassin versant :

a) (A < 5Km²) :

Le temps de concentration est calculé par la formule de VENTURA :

$$\mathbf{Tc = 0{,}1272\sqrt{\frac{A}{I}}}$$

b) (5 Km² < A < 25 Km²) :

Tc est calculé par la formule de Passini :

$$\mathbf{Tc = \frac{0{,}108.(A.L)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{I}}}$$

c) (A supérieur à 25 km²) :

Formule de GIANDOTTI :

$$\mathbf{Tc = \frac{4.\sqrt{A}+1{,}5.L}{0{,}8 \times \sqrt{Hmoy-Hmin}}}$$

Tc : Temps de concentration en (heures) ;

A : Superficie du bassin-versant en (Km²) ;

I : Pente moyenne du thalweg principal en (m.p.m)

L : Longueur du thalweg en (Km) ;

Hmoy : Hauteur moyenne du bassin versant en (m).

Hmin : Hauteur minimale du bassin versant en (m)

VIII.5.3 CALCUL DE L'INTENSITE DE PLUIE :

La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est la suivante :

$$\mathbf{I = aT_C^{-b}}$$

I : Intensité de la pluie (mm/h).

Tc : Temps de concentration.

a et b : Paramètres climatiques .

	Temps de retours			
Coefficient	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
a	27.35	33.5	41.4	43.2
b	0.8	0.79	0.79	0.79

Tableau0.5 : Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude (voir l'annexe).

VIII.5.4 CALCUL DU DEBIT MAXIMAL DANS LES BASSINS (LES DEBITS DE CRUE) :

La nécessité de mesurer le débit maximal d'un cours d'eau est évidente en raison des conséquences destructrices largement connues des événements hydrologiques.

VIII.5.4.1 LA METHODE RATIONNELLE :

Le débit de crue pour les bassins versants de superficie inférieure à 10 km² a été calculé en appliquant la méthode rationnelle dont l'expression est de la forme suivante :

$$\mathbf{Q = 0.278 \times C \times i \times S}$$

Q : Débit de crue de fréquence déterminée en (m^3 /s).

C : Coefficient de ruissellement.

S : Surface du bassin versant en (km^2).

i : Intensité moyenne de la pluie maximale tombée sur une durée T et de période de retour T, en mm/h.

Avec : $i = \mathbf{P_{tc}(t)} / \mathbf{tc}$ en (mm/h).

Tel que : $P_{tc}(t)$: Pluie de courte durée de fréquence donnée (mm).

$P_{tc}(t) = Pjmax\% \ (tc/24)^b$

Pjmax% : Pluie journalière de fréquence donnée (mm).

b : exposant climatique (b=0.18 pour T=10ans, voir l'annexe de chapitre).

a) LE COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT :

Le coefficient de ruissellement C signifie le pourcentage des eaux écoulées sur la terre saturée de pluies par rapport à la quantité totale des eaux courantes, il dépend de :

- La couverture végétale
- La perméabilité de terrain.
- La pente du bassin versant.

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels(voir l'annexe) ; $Cr=C_{10}= C_1+C_2+C_3$ avec :

- Les bassins ont une pente inférieure à 3.5% ; La valeur de C1 est value C1= 0.01
- La valeur de C2 est 0,06 qui est associée à un sol peu perméable.
- La valeur de C3 vaut 0,03 correspondant à territoire sableux.

La valeur adoptée de notre projet associé à la période de retour décennal est :

C_{10}= 0.01+0.06+0.03=0.1.

La variabilité du coefficient de ruissellement est fonction de la rétention initiale P0 du BV :

• Pour C (10) < 0,8

On a P 10 : hauteur de la pluie journalière décennale (mm).

P0 = P10 ∗ (1- $\frac{C10}{0,8}$) = P10 ∗ (1- $\frac{0,1}{0,8}$) =43.83

C(T) = 0.8 ∗ (1 - $\frac{P0}{P(t)}$) → C100 = 0.8 ∗ (1 - $\frac{43.83}{86,9}$) = 0,39

VIII.5.4.2 LA FORMULE DE MALLET-GAUTIER :

Le débit de crue pour les bassins versants de superficie supérieure à 25 km² a été calculé par l'expression suivante :

$$\mathbf{Qt = (2\times K) \times \log(1 + A \times P0) \times (\frac{S}{\sqrt{L}})\sqrt{[1 + 4 \times \log(T) - \log(S)]}}$$

Avec : Qt : Débit de pointe de période de retour T (m^3 /S),

S : La surface en Km^2,

P0 : Pluie moyenne annuelle du bassin versant (m) donne par ONM,

A : Coefficient régional du bassin, varie entre 20 et 30 on prend A=25,

K : Coefficient dépendant des caractéristiques géomorphologiques du bassin varie entre 1 et 3 on prend K= 1,5.

T : période de retour.

VIII.5.5 APPLICATION SUR LE PROJET :

VIII.5.5.1 EXEMPLE DE CALCUL DE TEMPS DE CONCENTRATION :

Comme tous les bassins ont des superficies inférieures à 5km2 (S < 5Km²), on utilise la Formule de VENTURA.

Pour BV 01 : S = 0,07 km2 et I = 0.041 m/m → $Tc = 0.1272\sqrt{\frac{0.07}{0.041}} = 0.166\ h$.

- Les résultats de calcul des temps de concentration récapituler dans le (tableau **VIII.6**).

VIII.5.5.2 CALCUL DES DEBITS DE PROJET PAR LES DIFFERENTES METHODES :

Calcul pour le bassin versant 01 avec une période de routeur de 10 ans :

- **Méthode rationnelle:**

Ptc(10) = 50.1× $\left(\frac{0.166}{24}\right)^{0.79} = 0.937$ mm.

i=$\frac{0.93}{0.166} = 5.60\ mm/h$

Q (10) = 0.278× 0.61 × 123.79 × 0.07 =0.042 m^3/s.

- **Methode MALLET-GAUTIER:**
  Pour le bassin versant 07 avec une période de routeur de 100 ans

$$\mathbf{Qt = (2\times K) \times \log(1 + A \times P0) \times (\frac{S}{\sqrt{L}})\sqrt{[1 + 4 \times \log(T) - \log(S)]}}$$

$$\mathbf{AN:\ Qt = (2\times 1,3) \times \log(1 + 25 \times 0,05) (\frac{179,23}{\sqrt{20.82}})\sqrt{[1 + 4 \times \log(100) - \log}\ (179,23)]$$

Qt = 107,83 (m3 /s)

N°DU BV	PK	S(Km2)	Tc (h)	Ptc(mm)		I (mm/h)		Q 10 (m3 /s)		Q 100 (m3 /s)	
				10	100	10	100	Rationnel	GAUTIER	Rationnel	GAUTIER
1	80+375.00	0,07	0,170	20,45	35,47	123,97	214,71	1,49	Non app	2,91	Non app
2	80+953.10	1088,95	25,43	50.62	87.80	1,99	3,45	Non app	155,15	Non app	313,70
3	81+900.27	0,92	2,580	33,53	58,15	13,01	25,97	2,03	Non app	4,04	Non app
4	83+404.00	14,05	10,580	43,36	75,21	4,03	6,79	9,60	Non app	19,11	Non app
5	83+902.00	0,45	1,680	31,03	53,82	18,52	32,12	1,41	Non app	2,81	Non app
6	87+852.10	0,11	0,380	23,72	41,14	62,96	109,20	1,17	Non app	2,34	Non app
7	88+900.00	179,23	8,97	41.97	72.80	4,68	8,11	Non app	59,60	Non app	107,83
8	89+475.00	4,68	4,070	36,41	63,15	8,94	15,51	7,09	Non app	14,11	Non app
9	90+679.60	0,28	0,920	27,84	48,30	30,33	52,60	1,44	Non app	2,86	Non app
10	90+871.60	5,93	2,720	33,85	58,72	12,45	21,60	12,51	Non app	24,91	Non app
11	91+905.70	7,13	2,760	33,94	58,87	12,31	21,35	14,87	Non app	29,6	Non app
12	92+519.00	2,18	2,420	33,14	57,49	13,71	23,78	5,07	Non app	10,08	Non app
13	93+202.57	7,74	1,960	31,90	55,34	16,31	28,29	21,74	Non app	42,57	Non app
14	94+266.90	3,01	1,000	28,30	49,09	28,17	48,85	14,60	Non app	28,59	Non app
15	95+455.80	4,29	1,260	29,47	51,11	23,42	40,63	17,31	Non app	33,89	Non app

16	96+021.84	2,28	2,550	33,47	58,06	13,11	22,37	5,06	Non app	10,08	Non app
17	96+219.96	0,39	1,010	28,31	49,11	28,11	48,76	1,86	Non app	3,7	Non app
18	96+420.72	0,14	0,410	24,06	41,74	58,96	102,27	1,40	Non app	2,78	Non app
19	96+482.56	0,35	0,710	26,58	46,11	37,44	64,95	2,22	Non app	4,42	Non app
20	97+162.74	0,54	0,920	27,83	48,28	30,37	52,68	2,78	Non app	4,84	Non app
21	97+973.14	0,63	0,960	28,06	48,68	29,25	50,68	3,12	Non app	5,39	Non app
22	98+416.32	0,39	0,800	27,18	47,14	33,87	58,75	2,24	Non app	4,45	Non app

Tableau VIII.6 : Débits des bassins versants.

VIII.6. ETUDE HYDRAULIQUE :

VIII.6.1 INTRODUCTION :

L'analyse hydraulique d'un projet de voie ferrée revêt une importance capitale afin d'assurer la sécurité de l'infrastructure ferroviaire face aux divers défis que représente la présence de l'eau, susceptible d'avoir des impacts néfastes sur le projet. En identifiant les risques et en mettant en œuvre des mesures d'adaptation adéquates, il devient possible de prévenir d'éventuels dommages et de maintenir un réseau ferroviaire opérationnel, même dans des conditions hydrauliques défavorables. De plus, cela permet d'acheminer les eaux vers un exutoire situé en dehors du tracé de la voie ferrée, assurant ainsi une évacuation efficace.

VIII.6.2 CRITERES DE DIMENSIONNEMENT A RESPECTER :

- ✓ L'ouvrage doit prévoir évacuer le débit de crue correspondant.
- ✓ La hauteur d'eau correspondante à ce débit ne doit pas dépasser 80 % de la hauteur de l'ouvrage. (Selon la norme SNTF hydraulique drainage).
- ✓ Les conditions d'auto-curage consistent à vérifier les vitesses d'écoulement pour les taux de remplissages de 1% et 10% des débits, afin d'assurer la durabilité des ouvrages.

VIII.6.3 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES TRANSVERSAUX :

VIII.6.3.1 METHODE DE MANNING STRICKLER :

Le principe général consiste à vérifier que le débit à évacuer correspondant à une pluie centennale est inférieur au débit maximal supporté par_de l'ouvrage choisi, tout au long de l'écoulement.

Ce critère permet d'assurer que la voie reste en bon état lors d'un événement pluvieux centennale.

D'autre part, le dimensionnement doit assurer que les vitesses soient inférieures à 4 m/s dans les ouvrages bétonnés.

Le débit maximal à pleine section (saturation) d'un ouvrage hydraulique est estimé par la relation de MANNING STRICKLER :

$$\mathbf{Qs = Ks \times Sm \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}}$$

I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).

Rh : Rayon hydraulique.

Sm : Section mouillée de l'ouvrage b x Hu (m^2).

b : Largeur de l'ouvrage (m).

Hu : Hauteur utile (m).

H_t : Hauteur totale (m).

Ks : Coefficient de rugosité, Pour le béton Ks=70 (voir l'annexe)**.**

Le tirant d'air (différence entre la côte des plus hautes eaux et la côte de l'intrados) doit être ménagé pour laisser le passage des corps flottant détritus, branchages, etc.… qui peuvent au

passage sous un ouvrage hydraulique (pont, dalot) s'accrocher et boucher peu à peu les sections d'écoulement.

Pour un canal rectangulaire (dalot), le dimensionnement consiste à déterminer sa section et sa hauteur utile d'eau tout en évitant les ouvrages profonds en tenant compte des contraintes du projet.

- **Pré-dimensionnement du dalot :**

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8*Ht*b}{1.6Ht+b} \qquad \rightarrow \mathbf{Qs = Ks\ S_m\ Rh^{2/3}\ I^{1/2}}$$

- **Vérification des conditions d'auto-curage :**

L'auto-curage c'est l'aptitude de conduite d'assainissement à transporter la particule solide, donc une bonne auto-curage impose que la capacité de transport des particules solide soit suffisante pour éviter leur sédimentation et leur dépôt.

Pour vérifier ces conditions il faut vérifier :

- V > 0.6 m/s pour : Q = 0.1 $Q_{ps.}$
- V > 0.3 m/s pour : Q = 0.01 Q_{ps}.

VIII.6.3.2. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DRAINAGE TRANSVERSAL :

VIII.6.3.2.1. DIMENSIONNEMENT DES BUSES :

On prend l'écoulement au Pk 80+375 qui corresponde à BV 01, dont le débit Q10 =1,49 m^3/s.

Soit une buse de : Ø = 1500 mm.

D'où S_m = 1.32 m

- Une pente de I = 0.002m/m.

- Buse en béton : Ks= 70.

- Calcul débit de transition avec la formule de MANNING STRICKLER :

$Q_s = 70 \times \sqrt{0.002 \times (0{,}375)\ 2/3 \times 1.32} = 2.16\ m^3/s > Q10 = 1{,}49 m/s$ **→Verifié**.

- **Vérification des condition auto curage :**

Pour: $\frac{Qa}{Qps} = 0.1$ on a: $\frac{V}{Vps} = 0.64$ → V = Vps × 0.638 = **1.038 m/s > 0.6 m/s.**

Pour: $\frac{Qa}{Qps} = 0.01$ on a: $\frac{V}{Vps} = 0.32$ → V = Vps × 0.32 = **0.52 m/s > 0.3 m/s.**

$V = \frac{Qs}{Sm} = \frac{2.16}{1{,}32} = 1{,}63\ m/s < 4\ m/s$

Les conditions auto curage sont vérifiées.

D'où on opte pour une buse de Ø =1500 mm, avec une pente de 0.002m/m pour le BV01. Et avec même méthode de calcul en détermine les ouvrages hydrauliques transversaux adaptés pour chaque bassin.

VIII.6.3.2.2. DIMENSIONNEMENT DES DALOTS :

On prend l'écoulement au Pk 89+475 qui corresponde à BV 08, dont le débit Q100 =14,49 m^3/s.

Après le calcul itératif de l'équation précédente on obtient :
H = 1.345 m on prend H = 2.00 m
Donc les valeurs retenues pour cette section de dalot sont : B = 3.00 m ; H = 2.00 m
Alors : $\boldsymbol{S_m = 4{,}5m^2}$; $\boldsymbol{P_m = 6\ m}$; $\boldsymbol{R_h = 0{,}75\ m}$.
Le débit maximal à pleine section (saturation) d'un dalot est estimé par la relation de MANNING STRICKLER :
$Q_S = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} = 70 \times 4{,}5 \times (0{,}75)^{2/3} \times 0{,}005^{0{,}5} = 18{,}39\ m^3/s$.
Soit deux dalots de dimensions (3*2) avec : Qs = 36,78 $m^3/s > Q_{100}$ =14,49 m^3/s.

VIII.6.3.2.3. RESULTATS DE CALCUL HYDRAULIQUE :

BV	PK	Q(m^3/s)	TYPE O.H	Sm	Pm	Rh	I m/m	Qs (m^3/s)	V (m/s)	Condition Auto-curage	V< 4 m/s
1	80+375.00	1,49	Buse Ø1500	1,32	3,56	0,37	0,002	2,13	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
2	80+953.10	1088,95	VIADUC								
3	81+900.27	4,04	2*Buse Ø1500	2,64	7,13	0,37	0,002	4,26	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
4	83+404.00	9,60	6*Buse Ø1500	7,92	21,4	0,37	0,002	12,78	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
5	83+902.00	1,41	Buse Ø1500	1,32	3,56	0,37	0,002	2,13	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
6	87+852.10	1,17	Buse Ø1500	1,32	3,56	0,37	0,002	2,13	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
7	88+900.00	107,83	VIADUC								
8	89+475,00	14,11	2 DALOT (3,0*2,0)	9	12	0,75	0,005	36,77	3,6	**Vérifié**	**Vérifié**
9	90+679.60	1,44	Buse Ø1500	1,32	3,56	0,37	0,002	2,13	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
10	90+871.60	24,91	3 DALOT (3,0*2,0)	13,5	18	0,75	0,005	55,16		**Vérifié**	**Vérifié**
11	91+905,70	29,6	5 DALOT *(3,0*2,0)	22,5	30	0,75	0,005	91,93	3,6	**Vérifié**	**Vérifié**
12	92+519.00	10,08	2 DALOT (3,0*2,0)	9	12	0,75	0,005	36,77	3,6	**Vérifié**	**Vérifié**
13	93+202,57	42,57	4 DALOT*(3,0*2,0)	18	24	0,75	0,005	73,55	3,6	**Vérifié**	**Vérifié**

Tableau VIII.7: Listing des ouvrages de drainage transversal projetés

14	95+455,80	33,89	3 DALOT*(3,0*2,0)	13,5	18	0,75	0,005	55,16	3,6	**Vérifié**	**Vérifié**
15	96+021,84	10,08	2 DALOT (3,0*2,0)	9	12	0,75	0,005	36,77	3,6	**Vérifié**	**Vérifié**
16	96+219,96	1,86	2 Buse*Ø1500	2,64	7,13	0,37	0,002	4,26	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
17	96+420.72	1,40	Buse Ø1500	1,32	3,56	0,37	0,002	2,13	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
18	97+482.56	2,22	2 Buse*Ø1500	2,64	7,13	0,37	0,002	4,26	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
19	97+762.74	3,53	2 Buse*Ø1500	2,64	7,13	0,37	0,002	4,26	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
20	98+207.29	6,13	4 Buse* Ø1500	5,28	14,27	0,37	0,002	8,52	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**
22	98+416.32	3,12	2 Buse* Ø1500	2,64	7,13	0,37	0,002	4,26	1,63	**Vérifié**	**Vérifié**

VIII.6.4 ASSAINISSEMENT LONGITUDINAL :

Le drainage longitudinal est dimensionné pour les eaux de la plateforme et des talus adjacents du déblai et du remblai de notre projet.

Un système de drainage à ciel ouvert avec une géométrie trapézoïdale est privilégié, les fossés de drainage longitudinal sont revêtus en terre pour faciliter leur curage et assurer leur durabilité.

Le drainage longitudinal consiste à implanter les dispositifs de drainage (fossé) suivant la nécessité et suivant les caractéristiques du terrain naturel au droit de la plateforme.

VIII.6.4.1 DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :

Pour le calcul hydraulique des fossés a été utilisée la formule de Manning-Strickler :

$$\mathbf{Qs = Ks\ Sm\ Rh^{2/3}\ I^{1/2}}$$

Où: La surface mouillée : Su = (b + m×h) h.

Avec m = $1/tan\alpha$

- Le périmètre mouillé : Pu = b+2h $\sqrt{1 + m^2}$.

- La hauteur maximale admissible de remplissage pour l'écoulement dans les fossés est la hauteur totale.

$$QS = Ks \times I^{1/2} \times [(b+m\times h)\times h] \times \left[\frac{(b+m\times h)\times h}{b+2h\sqrt{1+m2}}\right]^{2/3}$$

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

Calcul du débit max pour un talus de déblai :

Q max = 0.067 m3 /s (formule du Turraza)

Avec : Ks = 70

I = 1 % (pente de l'ouvrage)

n = 1.5 et b = 0.5 m

Après un calcul itératif, on trouve h = 0.3 Pour des raisons de sécurité on choisit un fossé pour tout le projet, de dimensions : h = 0.5 m et b = 0.5 m

VIII.7 CONCLUSION :

Dans notre projet, l'étude hydraulique revêt une importance capitale en matière de contrôle des eaux de surface, garantissant ainsi la pérennité de la ligne ferroviaire à long terme.

CHAPITRE IX
PROFIL
EN
TRAVERS.

IX. PROFIL EN TRAVERS :

IX.1. INTRODUCTION :

Le profil en travers d'une ligne ferroviaire constitue un outil essentiel dans la planification et la réalisation des infrastructures ferroviaires. Il offre une représentation détaillée de la configuration transversale de la voie, permettant ainsi de visualiser les différents éléments qui composent la structure de la voie ainsi que les installations associées.

En plus de définir les dévers appliqués à la voie, le profil en travers inclut également les spécifications relatives aux gabarits, aux entraxes et aux clôtures, offrant ainsi une vision complète de l'aménagement de la voie.

De plus, il prend en compte les dispositifs hydrauliques nécessaires ainsi que les équipements de signalisation et de télécommunications indispensables au bon fonctionnement du réseau ferroviaire. En fournissant des informations précises sur la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements et l'assiette du projet par rapport au terrain naturel, le profil en travers facilite le calcul des cubatures, permettant ainsi une estimation précise des volumes de déblais et de remblais nécessaires.

Afin d'optimiser le processus de conception, un profil en travers type est généralement établi en amont, intégrant toutes les dimensions et les détails constructifs communs à l'ensemble du projet de voie ferrée.

IX.2. PROFIL EN TRAVERS TYPE :

Un profil en travers type est une représentation graphique standardisée de la section transversale d'une voie ferrée, il illustre les dimensions typiques de la voie, y compris la position des rails, des traverses, des épaules, et d'autres composants de la voie.

Le profil en travers est composé ordinairement selon la position de la plateforme par rapport au terrain de deux demis - profil juxtaposé : l'un « en remblai » l'autre « en déblai ».

IX.3. PROFIL EN TRAVERS COURANT :

Il concerne le point kilométrique spécifié, en reprenant et en faisant référence à toutes les informations décrivant la configuration transversale de la voie à ce point, telles que le niveau du terrain naturel, le niveau du projet et l'inclinaison de la plate-forme.

IX.4. LES ELEMENTS DE PROFIL EN TRAVERS :

Le dessin d'un profil en travers est composé, d'une manière générale par les éléments suivants :

- **La voie :** C'est la partie de la voie ferrée où les trains circulent. Elle est généralement constituée de rails, de traverses et de ballast.
- **La plate-forme :** C'est la surface plane située entre les épaules. Elle peut être inclinée pour favoriser le drainage des eaux de pluie.
- **Les talus :** Ce sont les pentes situées entre la plate-forme et les fossés ou les talus adjacents. Ils peuvent être inclinés pour stabiliser le terrain et empêcher l'érosion.
- **Les fossés :** Ce sont des canaux situés le long des épaules ou des talus pour collecter et évacuer les eaux de ruissellement.

- **Les ouvrages d'art :** Ce sont des structures spéciales telles que les ponts, les tunnels ou les passages à niveau qui permettent à la voie ferrée de franchir des obstacles naturels ou artificiels.

IX.5. CONSTITUANTS DE PROFIL EN TRAVERS :

Un profil en travers doit contenir tous les éléments dans le tableau suivant :

Eléments de superstructure	- Le type de rail utilisé. - La valeur de l'écartement de la voie. - La distance entre les axes (cas de plusieurs voies), pour notre projet on a une seule voie. - Le type de traverse utilisé. - La valeur de devers en courbe (maximum). - L'épaisseur de la couche de ballast.
Eléments de l'infrastructure	- Les épaisseurs et la nomination des chaque couche. - Les pentes transversales de chaque couche. La pente latérale de la plate-forme.
Eléments du talus	- La pente de chaque talus. - Les ouvrages de consolidation Eventuels
Eléments d'assainissement	- Le type et dimension des ouvrages d'assainissement et/ou des draines

IX.6. PROFIL TYPE DE NOTRE PROJET :

Le profil type utilisé sur notre tronçon a été choisi selon les exigences de la SNTF, il est :

IX.6.1. PLEINE VOIE :

Les spécifications applicables au profil en travers Type en pleine voie sont :

- La superstructure se compose de rails UIC-60 E1 avec un écartement de 1435 mm et de traverses en monobloc sur le ballast.
- La largeur de la plate-forme est de 8.00 m.
- Épaisseur du ballast 30cm.
- Épaisseur de la sous-couche 40cm.
- L'épaisseur de la couche de forme est de 35cm.
- Chaque couche présente une pente de 4 % vers l'extérieur du corps de la plateforme.
- Les talus de déblais et de remblais 1H/1V et 2H/1V respectivement.

- Une bande 0.70 m sera prévue pour l'implantation des équipements de signalisation, télécommunications et électrification.
- L'axe des poteaux caténaires devra se situer à un minimum de 3.15 m de l'axe de la voie.
- Un cheminement de 0.70 m à partir de l'axe du poteau de la caténaire sera aussi implanté pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie dans le cas des voies à l'air libre uniquement.

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

CHAPITRE X
TERRASSEMENTS.

X. TERRASSEMENTS :

X.1. INTRODUCTION :

Le terrassement est l'étape préalable à la construction où le terrain est préparé et modelé. Ce processus implique des travaux de grande envergure, consistant à déplacer de grandes quantités de matériaux pour créer des structures en terre, soit par remblai, soit par déblai, tout en assurant la stabilité de l'ensemble.

-Le remblai : c'est rapporter des terres, afin de relever ce niveau.

-Le déblai : consiste à abaisser le niveau du terrain par enlèvement des terres.

X.2. ETUDE DE STABILITE :

Vérification de la stabilité des talus :

Au-delà de certaines limites de niveau de remplissage, il existe un risque de rupture, principalement sous forme de glissements de terrain. La méthode d'étude de la stabilité des pentes permet de déterminer cette hauteur limite pour un facteur de sécurité donné, sachant :

- Propriétés géométriques des couches de remblai et de sous-sol
- Remblai et propriétés mécaniques du sous-sol.
- Régime hydroélectrique (le plus souvent la définition de la nappe phréatique).

Les principaux paramètres géotechniques déterminés pour chaque lithologie qui sont employés dans les analyses de stabilité des déblais remblais sont les suivants :

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

Les pentes de talus principalement utilisées selon le référentiel technique de SNTF chapitre 07.2.2 « OUVRAGES EN TERRE », et exprimées en fraction base (V) sur hauteur (H), sont :

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

Dans le cas de projet les déblais et les remblais ont des hauteurs inférieures à huit mètres (8m) donc sont considérés comme stables avec des pentes de 1H/2V.

X.3. CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENTS :

Les volumes de terrassement sont déterminés une fois la ligne rouge du projet définie et les différentes altitudes du terrain naturel établies, en se basant sur le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

Le calcul des cubatures des terrassements a été fait à l'aide du logiciel « CIVIL 3D 2024 », les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :

Terrassement	Volume total(m^3)
Déblais	144 143
Remblais	862 777
Décapage de terre végétale	32 000

Tableau X.1 : Récapitulatif des volumes de terrassement.

Couche	Volume m^3
Sous ballast	39 536
Couche de fondation	41 897
Couche de forme	78 991

Tableau X.2 : Récapitulatif des volumes des couches d'assise.

X.4. CONCLUSION :

Le couloir du tracé se caractérise par un terrain presque plat et très peu accidenté, avec des déblais et remblais de moins de 8 m de hauteur, ce qui les rend tous stables et avec des pentes de 1H/1V et 2H/1V respectivement. Sur les chantiers, le rapport entre déblais et remblais est souvent déséquilibré. De plus, la nature des sols du couloir, constitués de sables fins contenant du gypse, rend les matériaux des déblais impropres à la réutilisation pour les remblais et la couche de forme. Cela nécessite l'importation ou l'exportation de terres pour la mise en place des remblais.

CHAPITRE XI
CONCEPTION
DE
LA GARE.

XI. CONCEPTION DE LA GARE :

XI.1. INTRODUCTION :

Une gare ferroviaire est un lieu où les trains s'arrêtent qui comprend diverses installations ayant une double fonction, elle permet l'embarquement et le débarquement des passagers ainsi que le chargement et le déchargement des marchandises.

Ces infrastructures, construites avec le développement du chemin de fer, peuvent se situer en ville ou à la campagne et varier en taille et en importance.

L'objectif de ce chapitre est de décrire les fonctionnalités de la gare et de présenter une conception des voies et des quais de la nouvelle gare de ABADLA.

XI.2. TYPES DES GARES :

On distingue plusieurs types des gares :

- Gare de voyageurs : regrouper toutes les fonctions centrées sur l'accès au train, dont l'information sur le voyage, l'achat des titres de transport, ainsi que divers services commerciaux liés au voyage.
- Gare de marchandises Ferroviaire.
- Gare mixte.
- Gare de croisements : afin de permettre à deux trains de se croiser ou de se dépasser généralement à des points d'arrêt à fréquentation réduite dans des zones à faible densité de population, les gares deviennent des haltes.

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

XI.3 ÉTUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE :

La conception de la gare s'effectue en tenant compte des fonctions de toutes les installations de base qui la constituent. On distingue (03) éléments qui sont nécessaires pour l'étude du plan de masse :

- **Catégories de la voie :** elle permet de déterminer le rôle et les constituants de la gare.
- **Le trafic :** c'est un élément très important pour estimer et évaluer l'importance de la gare afin de l'aménager d'une manière convenable.
- **L'emplacement de la gare :** généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

XI.4 AMENAGEMENT DE LA GARE :

XI.4.1 INSTALLATIONS D'UNE GARE A VOYAGEUR :

Une gare ferroviaire s'aménage différemment selon son type, on peut donc distinguer plusieurs installations :

- **Le bâtiment de voyageurs (B.V) :** c'est un espace réservé aux voyageurs dans lequel on peut trouver une salle d'attente, guichet de billet, poste de sécurité, kiosque...etc.
- **Le bâtiment à usages divers (B.U.D) :** c'est un espace de service réservé aux agents de chemins de fer.

- **Quai :** c'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.
- **Abris de quais :** c'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.
- **Les passages sous terrain et les passerelles :** ils sont construits dans les gares afin de permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer le quai en pleine sécurité.

XI.4.2 GARAGE FRANC :

Il marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gare. Il évite toute collision ou risque de prise en écharpe entre le train dévié et le train dans la voie principale.

La valeur théorique du garage franc est de 3.57 m entre l'entraxe de la voie directe et la voie déviée, en raison de sécurité, le garage franc sera installé à 1.0 m de la distance de garage franc théorique.

$GF = 3.57 \times N + 1$; $N = \frac{1}{\tan(\alpha)}$ dépend type de l'appareil de voie.

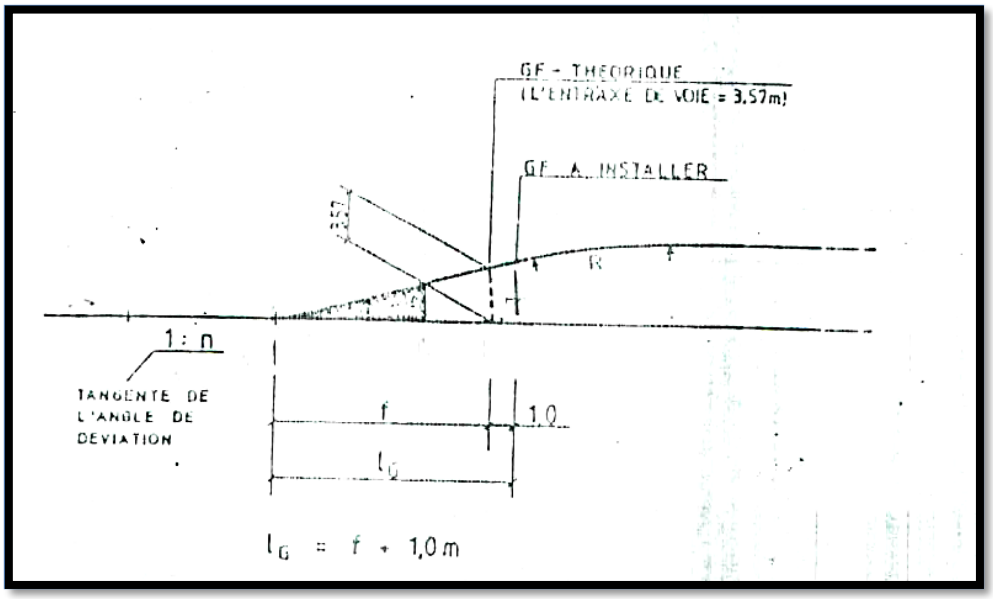


Figure XI.1: Garage franc.

XI.5. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES GARES :

XI.5.1 LA LONGUEUR UTILE D'UNE VOIE DE STATIONNEMENT :

C'est la longueur nécessaire permettant au train de se stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines.

Les valeurs minimales de la longueur utile sont représentées dans la norme SNTF (aménagement des gares et tracé des voies) telles qu'elles sont expliquées dans les figures suivantes :

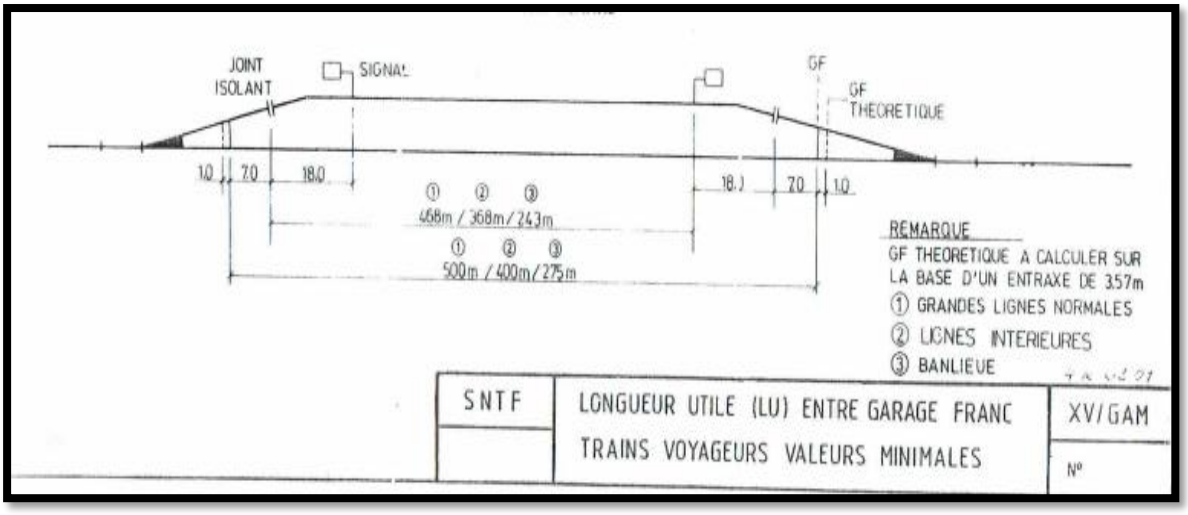


Figure XI.2: Longueur utile lu.

XI.5.2 DECLIVITE DANS LES GARES :

En gare, la déclivité est à limiter en fonction des activités qui y sont prévues. Dans notre projet, la déclivité est de 0 ‰ afin d'éviter tout déplacement possible des trains.

XI.5.3 QUAI :

Nous vous présentons ci-dessous un schéma illustratif détaillant les prescriptions relatives à l'implantation des bordures des quais.

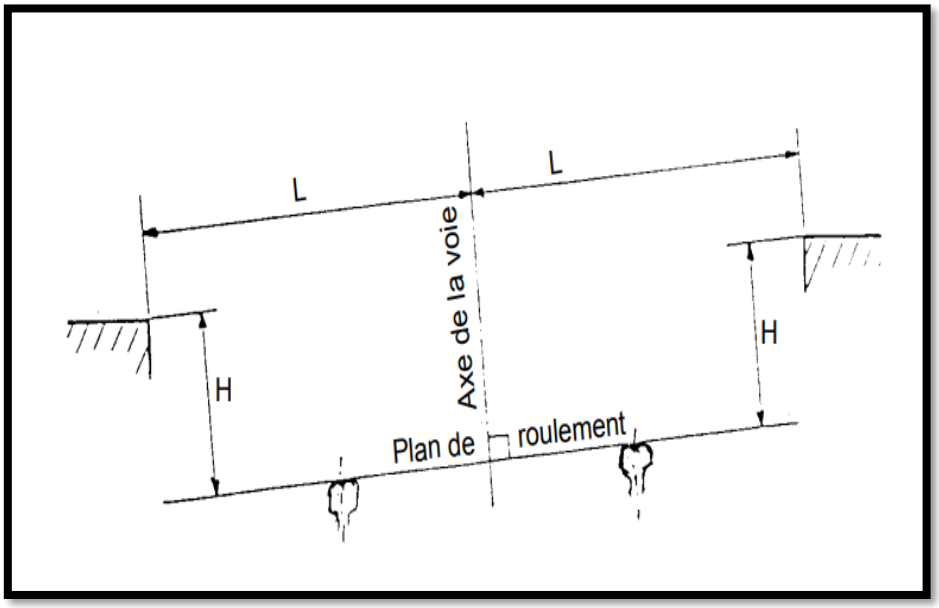


Figure XI.3: Prescription d'implantation des bordures des quais.

Les éléments principaux à considérer dans ce schéma incluent :

H = hauteur au-dessus du plan de roulement, perpendiculaire au plan de roulement.

L = distance par rapport à l'axe de la voie, parallèle au plan de roulement.

XI.5.3.1 LA HAUTEUR DU QUAI (H) :

Selon la fiche UIC 741OR :

- La hauteur nominale du bord du quai devra être de 550 mm.
- Sous certaines conditions, une hauteur de 760 mm par exemple les quais concernés par le trafic voyageurs dans les grandes lignes et banlieue.

XI.5.3.2 DISTANCE PAR RAPPORT A L'AXE DE LA VOIE :

Pour les bordures de quais implantées à la hauteur nominale de 550 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à :

L (mm) = 1 650 + S.

La valeur de S est donnée par la formule : $S(mm)= \frac{3750}{R} + \frac{I-1435}{2}$.

R : étant le rayon de la voie en (m).

I : étant l'écartement de la voie en (mm).

XI.5.3.3 L'ENTRE AXE DES QUAIS :

Selon SNTF :

- Entraxe normal en ≥ 11.3.

- Entraxe minimal en ≥ 9.3.

XI.6. AMENAGEMENT DE LA GARE ABADLA :

La nouvelle gare de ABADLA située entre le PK 96+235 et PK 98+766 avec une longueur de 2531 mètres, est une gare mixte qui comprend une gare de voyageurs, de marchandises et de croisement des trains.
Elle est composée de deux voies principales ; voie VA et voie VB, et deux voies de service ; voie V3 et voie V5 plus deux voies tiroirs (une voie courte en impasse, c'est-à-dire se terminant par un heurtoir, qui permet de manœuvrer les trains ou les wagons sans perturber le trafic principal).

- Les quais des voyageurs A et B sont localisés en alignement droit et possèdent une longueur de 300m.
- Selon les instructions recommandées par la SNTF et L'ANESRIF Pour les quais on prend une largeur de 8m pour un quai intermédiaire B, et 6m pour un quai extérieur A.

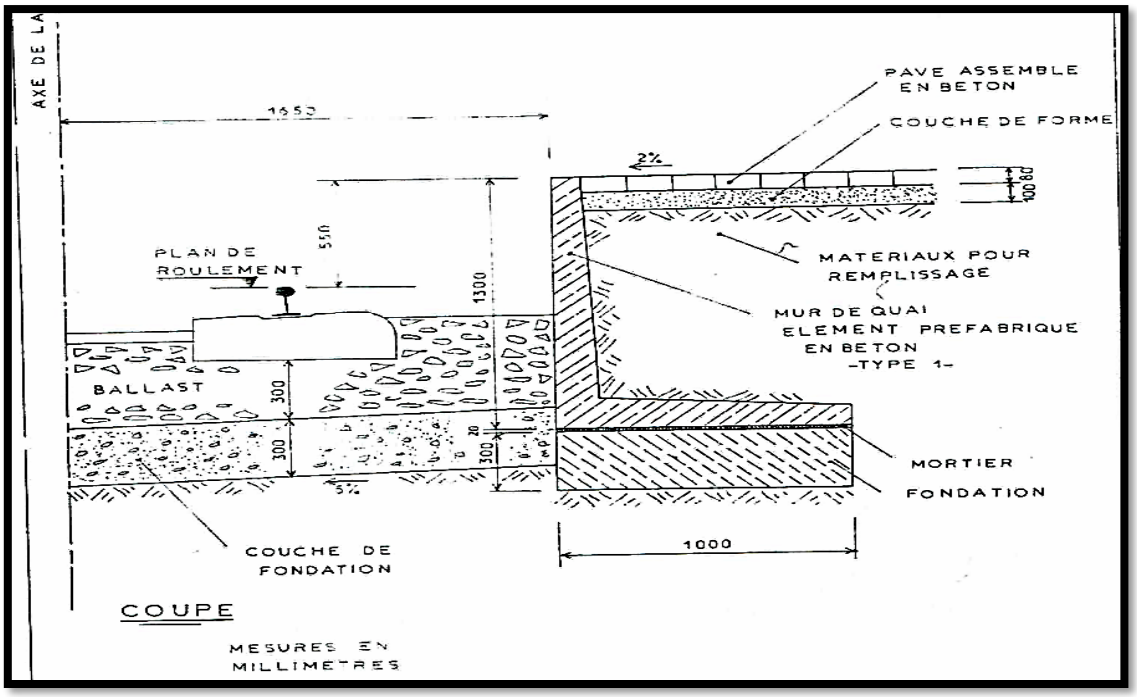


Figure XI.4: Schéma illustratif d'un quai voyageur en alignement de SNTF.

- Pour la hauteur nominale des quais, on préconise une hauteur de 550m.
- Leur distance par rapport à l'axe de la voie Selon UIC741 est donnée par :

$$L\ (mm) = 1\ 650 + S = 1650 + \frac{3750}{R} + \frac{I-1435}{2}$$

Où : R est le rayon de la voie (le tracé dans la gare est droit R = ∞).

I est l'écartement de la voie I = 1435 mm

AN : $L\ (mm) = 1650 + \frac{3750}{\infty} + \frac{1435-1435}{2} = 1650$ mm.

Donc : La distance de la bordure de quai par rapport à l'axe de la voie est L= 1650mm.

- Entraxe nominal en ≥ 11.3 m.
- Soit dans un quai de 350, deux abris de hauteur 3m.
- La distance du garage franc :

En utilisant la formule suivante : $GF = (3.57 \times N) + 1$

Où : N dépend de type d'appareil de voie utilisée.

Au niveau de la gare de ABADLA ; nous avons utilisé 02 types d'appareils :

- UIC 60 500 1/12 : Ce type d'appareil assure une vitesse de roulement maximale de 70 km/h et posé entre deux voies principales.
- UIC 60 300 1/9 : ce type assure une vitesse max de 50 km/h, on le pose entre la voie principale et la voie de service.

Donc la distance de GF est :

- Pour ADV UIC 60 500- 1/12: GF = (3.57×N) + 1= (3.57× 12) +1 = 43.84m.
- Et pour ADV UIC 60 300- 1/9 : GF = (3.57×N) + 1= (3.57× 9) +1 = 33.13m.

- Longueur utile de 2400 ml.

Voie	Longueur utile (ml)
V A	2336.40
V B	2400
V3	2053.80
V5	2053.80
Voie tiroir	25

Tableau XI.1: Longueur utile.

- Implantation des appareils des voies :

Voie directe	Voie dédiée	Vitesse de branchement (Km/h)	Type d'ADV	Déviation
V B	V A	70	UIC 60 500- 1/12	Gauche vers BECHAR, Droite vers TINDOUF.
V A	V3	50	UIC 60 300- 1/9	Droite vers BECHAR, Gauche vers TINDOUF.
V3	V5	50	UIC 60 300- 1/9	Droite vers BECHAR, Gauche vers TINDOUF.

Tableau XI.2: Types de branchement.

Remarque :

Dans l'aménagement de notre gare, nous avons installé une liaison entre deux appareils de voie :

-UIC 60 500 - 1/12, qui relient les deux voies principales (VA et VB).

-UIC 60 300 - 1/9, qui relient les deux voies de service (V3 et V5) entre eux et aux deux voies de tiroir.

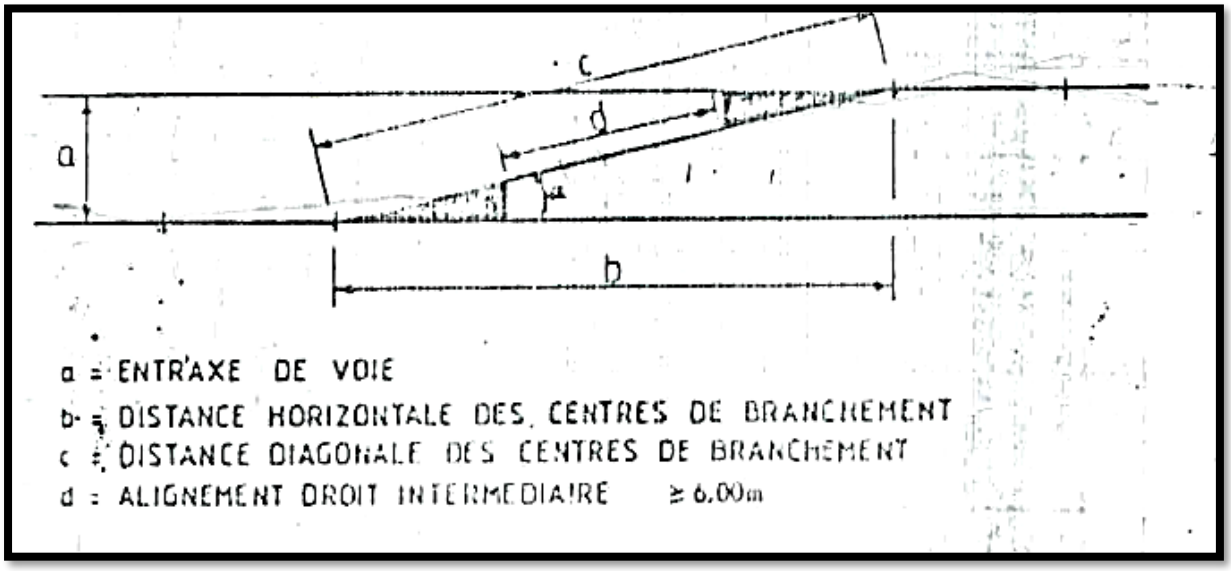


Figure XI .5 : Communication de deux branchements.

Dans notre cas, on a :

$\tan(\alpha) = 1/9$,

$d = 10.22$ m ,

$a = 5.5$ m ,

$b = a/\tan(\alpha) = 49.5$ m ,

$c = 49.805$ m (ADV-SNTF P.69).

XI.7 ASSAINISSEMENT DE LA GARE :

- Implantation des regards de visite (type 1 (1.20 ×1.20)) et les regards de raccordement de type 2 (08 ×0.8)) tous les 50 m.

- Le drainage longitudinal se fait par la mise en place de conduites perforées circulaires (PVC ϕ =300 mm).

- Les fossés bétonnés avec (b= 0.5m et h= 0.5m).

- Pour assurer un bon drainage des eaux pluviales dans la gare, les plates formes doivent avoir une pente de 4%.

XI.8 CONCLUSION :

L'aménagement de la gare d'ABADLA a été réalisé avec pour objectif de répondre efficacement aux exigences socio-économiques de la région, que ce soit en termes de transport de passagers ou de minerai

CHAPITRE XII
SIGNALISATION.

XII. SIGNALISATION FERROVIAIRE :

XII.1. INTRODUCTION :

La signalisation ferroviaire, composée de signaux visuels, auditifs, de systèmes de contrôle de la vitesse, de communication, de signalisation au sol, de systèmes de gestion du trafic, ainsi que de formations et réglementations, est un système essentiel pour assurer la sécurité et l'efficacité du trafic ferroviaire. En coordonnant les mouvements des trains, en fournissant des indications claires aux conducteurs et en évitant les collisions, la signalisation ferroviaire garantit des déplacements sûrs et fluides sur les réseaux ferroviaires à travers le monde.

XII.2. ROLE DES INSTALLATIONS DE SIGNALISATION :

La sécurité des circulations est la première priorité d'un système ferroviaire. On identifie cinq grandes problématiques de sécurité, principalement gérées par la signalisation ferroviaire.

Les risques majeurs liés aux circulations ferroviaires sont les suivants :

- Le franchissement des voies ferrées par des routes au un même niveau ;
- L'espacement des circulations pour éviter les rattrapages ;
- Les risques de déraillement par excès de vitesse ;
- La protection des circulations dans les établissements, convergence ou cisaillement ;
- La collision frontale de trains qui circulent en sens contraire sur la même voie, nez-à-nez.

Les installations de signalisation ferroviaire permettent de résoudre les grands problèmes précédents.

Lorsque toutes les conditions de sécurité sont vérifiées, le système ferroviaire cherche ensuite à assurer la fluidité du trafic et le respect des horaires et des débits.

XII.3. GENRE ET ETALON DE SIGNALISATION :

Sur les lignes à double voie la circulation des trains se faisant normalement à gauche, les signaux implantés à demeure sont habituellement installés à gauche de la voie à laquelle ils s'adressent, ou dans la partie gauche de cette voie.

La signalisation peut être :

- Mécanique : il est fait usage de signaux réalisés au moyen d'une aile ou d'une cocarde de couleur.
- Lumineuse : il est fait usage de panneaux portant un, ou plusieurs feux de couleur, généralement disposées sur un écran noir bordé d'un liseré blanc de forme oblongue ou circulaire.
- Fixe : lorsqu'il présente un aspect invariable.
- Mobile : lorsqu'il présente au moins deux aspects distincts.

Ces deux derniers signaux correspondent respectivement à la position « signal ouvert » et à

la position « signal fermé ».

La signalisation peut comporter en outre :

- Des tableaux lumineux ;
- Des tableaux mécaniques fixes ou effaçables ;
- Des pancartes réfléchissantes ;
- Des guidons d'arrêt **.**

XII.4. EQUIPEMENTS DE LA SIGNALISATION :

Les signaux lumineux latéraux sont disposés le long de la voie pour transmettre des informations aux agents de conduite. Ils composent la « signalisation latérale ».la SL comporte deux principaux types de signaux :

Les signaux de sécurité (Carré) : Ils protègent les appareils de voie ou certaines parties de voie. Le SC est positionné en amont de la zone à protéger.

NB : lorsque le signal carré est « ouvert », le train est autorisé à franchir le signal.

Lorsque le carré est « fermé », le train doit s'arrêter en amont du signal.

Les signaux d'espacement : Ils gèrent l'espacement des trains de même sens (les sections de lignes sont divisées en cantons et les signaux d'espacement sont utilisés pour gérer l'accès aux cantons).

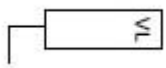
NB : le block automatique lumineux est un système de signaux d'espacement largement

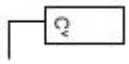
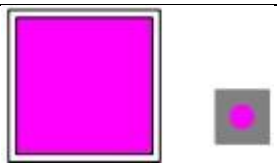
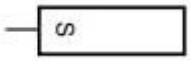
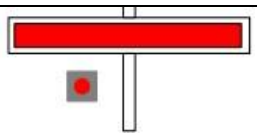
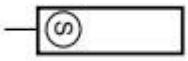
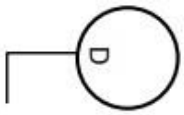
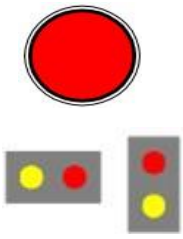
déployé sur le RFN.

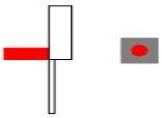
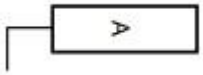
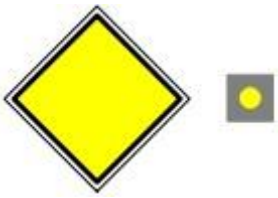
Circuits de voie sont des circuits électriques situés sur la voie. Le cdv permet de détecter automatiquement la présence ou l'absence d'un train sur une portion de voie déterminée donc il est utilisé pour la détection des circulations.

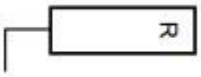
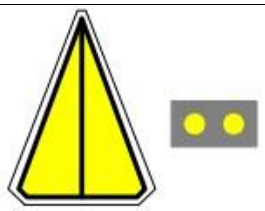
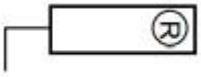
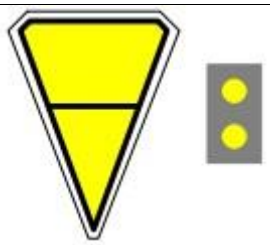
Appareils de voie, plus communément appelés aiguillages, permettent au train de circuler d'une voie à une autre, ou sur une voie qui en croise une autre. Ils peuvent aussi assurer une fonction de protection vis-à-vis d'itinéraires incompatibles.

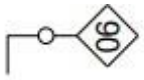
XII.5. DIFFERENTES FONCTIONS DES SIGNAUX :

Nom du signal et représentation schématique	Indication présentée	Signification	Signalisation mécanique
Signaux d'indication de marche			
Feu vert  Voie Libre		Le feu vert indique au mécanicien que la marche normale est autorisée.	
Feu vert clignotant 		Commande au conducteur d'un train a vitesse limite plus élevée de réduire sa vitesse à 160km/h.	
Signalisation d'arrêt			

Carré  violet(Cv)	 Présente un feu violet	Le carré violet fermé commande au mécanicien l'arrêt avant le signal. Il est utilisé sur voies de service.	
Le sémaphore  (S)	 Un feu rouge	Il commande au mécanicien l'arrêt avant le signal.	
Le feu rouge clignotant. 		Est franchissable sans arrêt à la vitesse maximale de 15 km/h. Il commande au mécanicien de circuler en marche à vue.	
 Disque		Commande au mécanicien de se mettre aussitôt que possible en marche à vue et de marquer l'arrêt au premier signal ou appareil de voie rencontré	

 Guidon d'arrêt		Il commande l'arrêt différé après marche à vue.	
Signalisation d'annonce d'arrêt			
L'avertissement A 		Il commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant ou les signaux d'arrêt annoncés.	
Le feu jaune clignotant (A) 		Commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal d'arrêt annoncé à distance réduite par l'avertissement suivant	

Bande lumineuse jaune horizontale		Indiquer au mécanicien qu'il va entrer sur voie principale à quai courte ou raccourcie	
Signalisation de limitation de vitesse			
 Ralentissement 30		Commande au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse de 30km/h au franchissement de l'aiguillage correspondant.	
Ralentissement 60 		Commande au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse de 60 km/h au franchissement de l'aiguille correspondant.	
 Rappel 30		Le rappel 30 fermé confirme au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse de 30 km/h au franchissement de l'aiguillage.	

 Rappel 60		Le rappel 60 fermé confirme au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse de 60 km/h au franchissement de l'aiguillage.	
TIV mobile à distance 		Commande au mécanicien de ne pas dépasser la vitesse indiquée par ce tableau, en km/h, au franchissement de l'aiguillage (ou des aiguillages) correspondant	

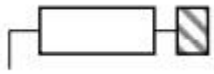
 TIV de rappel		confirme au mécanicien de ne pas dépasser ta vitesse indiquée par ce tableau, en km/h, au franchissement de l'aiguillage	
Pancartes Z et R		Repèrent s'il y a lieu, l'origine et la fin de la partie de voie à franchir à vitesse limitée.	
Signaux utilisés pour les manœuvres			
Le feu blanc (M)		Commandant au mécanicien la marche en manœuvre sans dépasser la vitesse de 30 km/h; il autorise le départ en ligne.	
		Commandant au mécanicien la marche en manœuvre sans dépasser la vitesse de 30 km/h, mais sur un parcours	
		généralement de faible étendue ; il n'autorise pas le départ en ligne	
Limite de manœuvre «LM»		Pancarte limite la zone manœuvre	

Tableau XII.1: Les principaux signaux ferroviaires et leur indication dans BAPR.

XII.6. IMPLANTATION DES SIGNAUX :

Afin de permettre au mécanicien de s'arrêter devant un signal d'arrêt (au point à protéger) ou de respecter une limitation de vitesse dans une zone délimitée, il est nécessaire de le prévenir à une distance suffisante pour que le freinage puisse être mis en œuvre dans les conditions normales, c'est le rôle des signaux d'annonce à distance. Ces distances sont appelées respectivement :

- distance d'arrêt

- distance de ralentissement

La distance d'implantation d'un signal à distance est en fonction :

- Du profil moyen de la partie de la voie intéressée (déclivité moyenne)

- De la vitesse maximale à laquelle est abordé le signal à distance

- Des caractéristiques de freinage des circulations.

La déclivité moyenne « i » est le quotient de la différence de niveau entre les deux positions kilométriques exprimées en millimètres par leur distance exprimée en mètres. Le quotient est affecté :

- Du signe + s'il s'agit d'une pente.
- Du signe – s'il s'agit d'une rampe.

XII.7. VISIBILITE DES SIGNAUX :

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

-Visibilité des signaux hauts :

Les signaux hauts, supposés implantés à droite ou à gauche à 2,42 m de l'axe de la voie, et dont la hauteur est comprise entre 2,800 m au-dessus 6,3 m au-dessus du plan de roulement doivent être visibles à une distance supérieure ou à 10 m du plan de front des tampons.

-Visibilité des signaux bas :

Les signaux bas, supposés implantés à droite ou à gauche, à 1,75 m de l'axe de la voie et à 0,240 m au-dessus du plan de roulement, doivent rester continus éléments visibles jusqu'à une distance du front des tampons.

XII.8. SYSTEME DE SIGNALISATION PROPOSE POUR LE PROJET :

La pleine voie est une voie unique. Sur cette ligne, la vitesse sera de 160 km/h maximum pour les trains de voyageurs et de 70 km/h pour les trains de marchandises. Les principaux éléments considérés au sein du système de signalisation :

XII.8.1. SYSTEME DE SIGNALISATION ERTMS :

Européen Railways Traffic Management System signifie en Français système européen de la gestion de la circulation ferroviaire. C'est un système de contrôle et de commande assurant un trafic ferroviaire standardisé et interopérable.

Les fonctions d'ERTMS :

• Contrôler l'aspect de la signalisation latérale par la balise standard qui communique avec un autre système à bord de train.

• Donner l'autorité de déplacement jusqu'au prochain système de signalisation latérale en se basant sur le principe de blocage fixé.

• Transformer les informations de signalisation latérale à travers l'unité de contrôle latéral

(LEU) afin de transmettre par la balise jusqu'au train.

Plaque d'identification

• Permet au train de transmettre via une antenne sa position et sa vitesse de manière continue

à n'importe quel moment.

• Protection des trains : Communication intermittente voie-train via les balises

XII.8.2. LES PRINCIPAUX SIGNAUX POUVANT ETRE UTILISES :

Les signaux qui seront utilisés dans la gare :

- Signaux d'indication de marche : VL.
- Signalisation d'annonce d'arrêt : A
- Signalisation d'arrêt : S, CV.
- Signaux utilisés pour les manœuvres : LM, M.
- Signalisation de limitation de vitesse : R

Cette signalisation concerne la gare, pour la pleine voie on n'installe que des balises.

XII. 9 CONCLUSION :

Le système de signalisation ferroviaire est différent des autres systèmes de transport en raison du niveau élevé de sécurité exigé par le système ferroviaire. Dans ce chapitre, nous avons examiné les différents niveaux de signalisation existants ainsi que le système proposé pour notre tracé.

CHAPITRE XIII
ETUDE D'IMPACT
SUR
L'ENVIRONNEMENT .

XIII. ETUDE D'IMPACT DE L'INFRASTRUCTURE SUR L'ENVIRONNEMENT :

XIII.1 INTRODUCTION :

L'étude d'impact de l'infrastructure sur l'environnement est une démarche essentielle qui vise à évaluer les répercussions potentielles d'un projet sur son environnement naturel et humain. En effet, toute infrastructure, qu'elle soit routière, ferroviaire, énergétique ou autre, peut avoir des conséquences significatives sur les écosystèmes, les ressources naturelles, la biodiversité, ainsi que sur les communautés locales. Cette étude permet de comprendre, d'anticiper et de gérer ces impacts afin de favoriser un développement durable et respectueux de l'environnement. En analysant les différentes dimensions écologiques, sociales et économiques, elle fournit une base solide pour la prise de décision et la mise en œuvre de mesures d'atténuation et de compensation.

L'étude d'impact sur l'environnement dans le projet GARE DJEBILET (TINDOUF)-BECHAR et particulièrement le tronçon du PK 80+000 au PK 98+500 comporte :

- Description initiale du site et de son environnement.
- Évaluation des impacts positifs et négatifs du projet.
- Identification des risques, des vulnérabilités et des opportunités associés à l'infrastructure proposée.
- Envisagement de mesures de compensation pour restaurer ou renforcer les fonctions écologiques affectées.

XIII.2 DESCRIPTION DU MILIEU :

XIII.2.1 MILIEU PHYSIQUE :

Le projet se situe dans la région ouest de l'Algérie, entre les villes de Tindouf et Béchar. Cette zone est située à la lisière du désert du Sahara, dans une région semi-aride.

- **Climat :**

Le climat de la wilaya de Béchar est de type désertique continental qui se caractérise par un été très chaud (+45°C) et un hiver très froid. Les précipitations sont de faible niveau avec 15-200 mm/an.

- **Géologie et lithologie :**

La région se situe dans la partie occidentale de l'Algérie, caractérisée par des formations géologiques anciennes comprenant des séquences sédimentaires, des roches métamorphiques et des intrusions ignées.

Les roches présentent différentes compositions, textures et structures, ce qui peut influencer les travaux de construction. Il est important de tenir compte des roches friables ou altérées qui pourraient nécessiter des mesures spéciales lors des travaux.

- **Hydrologie et hydrogéologie :**

La nouvelle ligne traversé un certain nombre de bassins versants hydrologiques qui appartiennent aux Bassins du Sahara, Le bassin versant de l'Oued Bechar est l'un des plus

grands bassins d'Algérie en général, du sud-ouest en particulier et dont la surface est de 6858 km^2 ; il comporte un immense réseau hydrographique. La pente assez forte de 3.21 m/km et la longueur du cours d'eau principal de 140 km permettent à l'eau de se déplacer rapidement vers la ville (Tc=26.5 heures), provoquant de grandes inondations, lorsque les précipitations sont trop importantes.

- **Sismologie :**

L'analyse de la carte révèle que tout le périmètre d'étude se trouve sur un axe d'activité sismique négligeable (zone 0).

XIII.2.2 MILIEU BIOLOGIQUE :

- **Faune :**

Malgré les conditions extrêmes, la région abrite une diversité d'espèces animales adaptées à la vie dans le désert. On y trouve notamment des mammifères tels que le fennec (renard du désert), le chacal doré, le dromadaire et des rongeurs adaptés à la chaleur et à la sécheresse. Parmi les reptiles, on trouve des lézards, des serpents et des tortues, tandis que les oiseaux comprennent des espèces adaptées à la vie désertique telles que les outardes, les faucons et les hiboux.

XIII.2.3 MILIEU HUMAIN :

- **Démographie :**

Selon, les résultats du recensement général de la population et de l'habitat de 2021 l'ensemble des communes de la wilaya de BECHAR a enregistré une population totale de 302 917 habitants, soit une densité moyenne de 2,28 habitants au km^2. (Source Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires)

XIII.2.4 ACTIVITE ECONOMIQUE :

- **Agriculture :**

Malgré son climat aride, la wilaya de Béchar pratique une agriculture souvent adaptée aux conditions désertiques. Les oasis le long des oueds permettent la culture de dattes, de fruits, de légumes et de céréales. L'irrigation est essentielle pour soutenir cette activité.

- **Commerce :**

Béchar, en tant que chef-lieu de la wilaya, est un centre commercial important pour la région. Des marchés locaux et des souks traditionnels offrent une variété de produits, tandis que des commerces modernes répondent aux besoins des habitants.

- **Tourisme :**

La wilaya de Béchar possède un potentiel touristique important, notamment grâce à ses paysages désertiques spectaculaires, ses sites archéologiques et ses traditions culturelles riches. Le tourisme saharien, axé sur les activités telles que le trekking, le camping et la découverte des cultures nomades, contribue à l'économie locale.

- **Exploitation minière :**

La région est également connue pour ses ressources minérales, notamment le phosphate et le fer. L'exploitation minière constitue donc une activité économique significative dans certaines zones, générant des revenus et des emplois pour la région.

- **Énergie renouvelable :**

Avec son ensoleillement abondant et son potentiel éolien, la wilaya de Béchar explore également les énergies renouvelables, en particulier le solaire et l'éolien, pour répondre à ses besoins énergétiques et contribuer à la transition vers une économie plus durable

XIII.3 LES INFRASTRUCTURES DE BASE :

XIII.3.1 LES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES :

Le long de notre tronçon d'étude, la nouvelle ligne minière croise l'ancienne ligne ferroviaire algérienne qui reliait Colomb-Béchar (actuelle Béchar) à Abadla dans le nord-ouest du Sahara algérien, au PK 95+750.

XIII.4 EVALUATION DES IMPACTS :

XIII.4.1 IMPACTS POSITIFS :

Les impacts positifs du projet de la gare Djebilet (Tindouf)-Béchar sont nombreux et peuvent avoir des répercussions bénéfiques sur plusieurs aspects

Le projet tendra d'atteindre les objectifs suivants :

- Revitaliser les échanges commerciaux entre l'Algérie et les pays de l'Afrique de l'Ouest en utilisant le poste frontalier terrestre algéro-mauritanien.

- L'extension de son réseau ferroviaire vise à exploiter et à acheminer plus facilement ses ressources minières vers les installations industrielles, stimulant ainsi la relance des projets d'investissement dans le Grand Sud du pays.

- Approvisionner les entités industrielles nationales en matières premières de fer et d'acier, contribuer au renforcement des revenus nationaux hors hydrocarbures et générer près de 3 000 emplois dès le début des travaux de construction.

- Contribuer au développement socioéconomique de la région.

XIII.4.2 IDENTIFICATION DES IMPACTS :

L'identification des impacts du projet repose sur une analyse approfondie des possibles conflits entre le milieu environnant et l'infrastructure à construire. Cette démarche vise à explorer les différentes facettes et conséquences associées aux phases pré-construction, construction et exploitation d'une voie ferrée, en tenant compte des divers éléments du milieu susceptibles d'être touchés. En examinant attentivement ces interactions, nous pouvons mieux comprendre les implications du projet sur l'environnement, la société et l'économie, ce qui nous permettra de mettre en place des mesures d'atténuation efficaces et de favoriser un développement durable de l'infrastructure ferroviaire.

- **Milieu physique :**

L'élément affecté	Impact
Géologie et géomorphologie	Les principales causes des altérations géologiques et géomorphologiques locales incluent les terrassements, l'exploitation des carrières et des emprunts, la création de décharges. Ces activités entraînent : - Une augmentation des risques d'instabilité des versants. - Des modifications de la géomorphologie locale.
Sur les eaux souterraines	Le fonctionnement des engins lors des travaux nécessite des carburants, des huiles et des graisses, qui dans le cas de déversement accidentel de ces derniers peuvent causer une contamination des eaux souterraines.
Qualité de l'air	Lors des travaux de terrassement, il y a une émission de poussières et de particules de différentes tailles. Pollution de l'air à cause de combustion des carburants et d'échappement des engins

- **Milieu biologique :**

L'élément affecté	Impact
Faune	La destruction et la fragmentation des habitats naturels, réduisant les zones de vie et de reproduction pour de nombreuses espèces. Les perturbations sonores et lumineuses, qui peuvent effrayer les animaux et modifier leurs comportements. Les collisions avec les trains, qui peuvent causer des blessures ou la mort de la faune. La barrière physique créée par les rails, limitant les déplacements et migrations des animaux. La pollution de l'air, du sol et de l'eau, affectant la santé des espèces locales.

XIII.5 MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES :

- **Milieu physique:**

La première mesure de prévention est la limitation du nombre des moteurs thermiques en utilisant des moteurs électriques chaque fois que cela est possible.

Des mesures particulières (arrosage des pistes d'accès) sont à envisager. Bâchage de camions ; durant le transport de matériaux.

Procédures rigoureuses de gestion des déchets.

- **Milieu biologique :**

- Passages et barrières pour la Faune :

Prévoir et localiser des passages et des barrières pour la faune, notamment pour les mammifères, en se basant sur des observations sur site et des informations obtenues auprès des structures forestières et agricoles.

Utiliser les ouvrages hydrauliques comme passages pour certaines catégories de faune.

XIII.6 CONCLUSION :

En conclusion, le projet de la gare Djebilet (Tindouf)-Béchar revêt une importance cruciale pour le développement régional et national. À travers une évaluation minutieuse des impacts, nous avons pu mettre en lumière les bénéfices potentiels de cette infrastructure. De plus, le projet représente une opportunité de renforcer les échanges commerciaux entre l'Algérie et les pays de l'Afrique de l'Ouest, favorisant ainsi une intégration régionale plus étroite. Cependant, il est essentiel de prendre en compte les défis et les risques associés, notamment en matière de préservation environnementale, de protection des communautés locales et de gestion responsable des ressources naturelles. En adoptant une approche holistique et équilibrée, nous pouvons garantir que ce projet contribuera de manière significative au développement durable et à l'amélioration de la qualité de vie dans la région de Béchar et au-delà.

CHAPITRE XIV
DEVIS QUANTITATIF
ET ESTIMATIF.

XIV. DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF :

N°DES PRIX	DESIGNATIONS	UNITE	PRIX UNITAIRE	QUANTITÉ	MONTANT
1 - INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1-1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	500 000 000,00	1,00	500 000 000,00
1-2	Repli du matériel et des installations du chantier	F	30 000 000,00	1,00	30 000 000,00
1-3	Encadrement de chantier	F	60 000 000,00	1,00	60 000 000,00
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					**590 000 000,00**
2 - ETUDES D'EXECUTION					
2-1	Études d'exécution des terrassements généraux	F	117 000 000,00	1,00	117 000 000,00
2-2	Études d'assainissement	F	6 443 928,00	1,00	6 443 928,00
2-3	Études d'exécution des Bâtiments voyageurs et aménagement extérieur	F	12 000 000,00	1,00	12 000 000,00
TOTAL ETUDES D'EXECTION					**135 443 928,00**
3 - TERRASSEMENT GENEREAUX					
3-1	Décapage de terre végétale	M3	460,00	32 000,00	14 720 000,00
3-2	Déblais mise en remblai	M3	500,00	862 777,08	431 388 540,00
3-3	Déblais mise en dépôt	M3	560,00	144 143,11	80 720 141,60
3-4	Préparation des surfaces d'assise des remblais	M2	300,00	415 837,16	124 751 148,00
3-5	Mise en remblai des matériaux issus des déblais	M3	400,00	862 777,08	345 110 832,00
3-6	Mise en remblai de terrain meuble issu de lieux d'emprunt	M3	700,00	695 493,90	486 845 730,00
3-7	Couche de forme	M3	800,00	78 991,52	63 193 216,00
3-8	Couche de fondation	M3	2 000,00	41 897,14	83 794 280,00
3-9	Sous ballast	M3	3 400,00	39 536,55	134 424 270,00
3-10	Geogrille	M2	1 000,00	11 268,78	11 268 780,00
3-11	Geotextil	M2	1 000,00	51 574,86	51 574 860,00
3-12	Materiaux drainant D200	M3	3 000,00	59 050,20	177 150 606,00
TOTAL TERRASSEMENT GENEREAUX					**2 004 942 403,60**
4 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					
4-1	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1500mm	ML	156 800,00	200,00	31 360 000,00
4-2	Fossé de plateforme en béton armé	ML	11 400,00	18 500,00	210 900 000,00
4-3	Fossé au pied de talus en béton armé	ML	11 400,00	18 500,00	210 900 000,00
4-4	Dalot en béton armé type 1; coupe transversale 3X 2,00 m/2 cellule	M3	147 000,00	168,00	24 696 000,00
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					**477 856 000,00**
5 - TRAVAUX DE VOIE					
5-1	Ballastage voie nouvelle	M3	6 305,00	27 750,00	174 963 750,00
5-2	Fourniture des traverses mono-bloc	U	8 245,00	30 840,00	254 275 800,00
5-3	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	Tonne	12 500,00	2 000,00	25 000 000,00
5-4	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	500,00	123 360,00	61 680 000,00
5-5	Pose de la voie	ML	5 800,00	45 803,47	265 660 144,56
5-6	Fourniture d'un branchement simple UIC 60-300-1:9	U	10 000 000,00	6,00	60 000 000,00
5-7	Fourniture d'un branchement simple UIC 60-500-1:12	U	15 000 000,00	2,00	30 000 000,00
5-8	Pose d'un appareil de voie simple UIC 60-500 1:12	U	553 627,00	9,00	4 982 643,00
5-9	Traverses de Garage Franc	U	40 800,00	8,00	326 400,00
5-10	Heurtoir	U	475 000,00	2,00	950 000,00
TOTAL TRAVAUX DE VOIE					**877 838 737,56**
6 - BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR					
6-1	Réalisation du bâtiment Voyageurs de la gare de ABADLA	M2	167 017 299	1,00	167 017 299,00
6-2	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare de ABADLA	M2	40 000,00	5 366,76	214 670 400,00
TOTAL BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR					381 687 699,00
7 - OUVRAGE D'ART					
7-1	Passage supérieur/Inférieur	U	638 000 000	4,00	2 552 000 000,00
7-2	VIADUC	U	900 000 000,00	2,00	1 800 000 000,00
TOTAL OUVRAGE D'ART					**4 352 000 000,00**
TOTAL GENERAL (DA) HT					**12 790 081 069,16**
Montant du projet en TTC (avec taux de TVA =19%)					**15 220 196 472,30**

Tableau XIV.1: Devis quantitatif estimatif.

MONTANT TOTAL EN TTC : 15 220 196 472

Quinze milliards deux cent vingt millions cent quatre-vingt-seize mille quatre cent soixante-douze .

CONCLUSION GENERALE.

CONCLUSION GENERALE

Aujourd'hui, les infrastructures de transport symbolisent le niveau de développement des pays en facilitant les échanges commerciaux, les déplacements et les communications. C'est pourquoi l'État a investi dans le secteur ferroviaire en lançant un programme de modernisation des anciennes lignes et de création de nouvelles lignes.

Le tronçon étudié fait partie du projet de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique reliant la gare DJEBILET (TINDOUF)-à BECHAR. Ce tronçon étudié s'étend du PK 80+000 au PK 98+500 avec une vitesse maximale de 160 km/h et minimale de 70 km/h incluant la conception de la nouvelle gare voyageurs de ABADLA. L'étude de l'avant-projet détaillé nous a permis de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises pendant nos années de formation à l'ENSTP et de nous préparer à l'intégration dans la vie professionnelle.

Ce travail nous a permis de concilier les conditions et les exigences des normes (UIC, SNTF) avec les conditions spécifiques rencontrées dans la zone d'étude, et permis de comprendre la conception du tracé en plan, du profil en long et des profils en travers, afin de cerner tous les problèmes techniques tout en assurant le confort, la sécurité, l'économie et le respect de l'environnement.

Un chapitre « bibliographie » a été élaboré sur le risque d'ensablement dans le SAHARA.

Finalement, cette expérience nous a permis d'acquérir une meilleure compréhension du milieu professionnel dans le domaine des travaux publics.

LA BIBLIOGRAPHIE.

[1] UIC 703.R Caractéristiques de tracé des voies parcourues par les trains de voyageurs rapides.

[2] SNTF : REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF Chapitre 6 Géométrie de la voie Version 2 du 22/12/2005.

[3] Spécification technique SNCF-ST 590 IndiceB.

[4] Cours voie ferrée Mr. Morsli. ENSTP.

[5] UIC (741 OR). Quais des gares à voyageurs-Règles pour l'implantation des bordures des quais par rapport à la voie. 3e Edition.

[6] UIC 719 R a et b, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 2e Edition.

[7] SETIRAIL, « Rapport de l'étude géologique et géotechnique ».

[8] SETIRAIL, « Rapport de l'étude hydrologique et hydraulique ».

[9] Cours hydraulique et assainissement de Mr. Rahmani ENSTP.

[10] Guide technique assainissement routier Sétra-GTR.

[11] Roger Rétiveau : la signalisation ferroviaire 2eme édition.

[12] Document pédagogique EPSF Les signaux – Les régimes d'exploitation des lignes – Les systèmes d'espacement des trains.

[13] IN 1482 Signaux – Titre I : Signalisation au sol, version 1 Édition du 05 octobre 2005. propriété de la SNCF.

[14] Guide des techniques de lutte contre l'ensablement au Sahara Algérien.

ANNEXES.

Listing Axe En Plan

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			80+000	543442.7772	3448010.6487
DR1	ANG=324.0340 (g)	201.060			
			80+201	543255.8756	3448084.7638
CLO2	A=479.583				
	R=2300.000	100.000			
			80+301	543162.6549	3448120.9506
ARC3	XC=542361.5024				
	YC=3445964.9926				
	R=2300.000	2074.121			
			82+375	541167.1628	3447930.5849
CLO4	A=479.583				
	R=2300.000	100.000			
			82+475	541082.4656	3447877.4251
DR5	ANG=263.8562 (g)	1745.244			
			84+220	539611.0227	3446938.9509
CLO6	A=469.042				
	R=2200.000	100.000			
			84+320	539527.1229	3446884.5417
ARC7	XC=540751.9805				
	YC=3445057.0506				
	R=2200.000	799.295			
			85+120	538957.6315	3446329.9652
CLO8	A=469.042				
	R=2200.000	100.000			
			85+220	538901.0154	3446247.5385
DR9	ANG=237.8331 (g)	6782.050			
			92+002	535103.6573	3440628.2619
CLO10	A=458.258				
	R=2100.000	100.000			
			92+102	535048.3268	3440544.9671
ARC11	XC=536815.7845				
	YC=3439410.9066				
	R=2100.000	1086.155			
			93+188	534718.7617	3439522.6888
CLO12	A=458.258				
	R=2100.000	100.000			
			93+288	534715.0244	3439422.7611
DR13	ANG=201.8745 (g)	1991.273			

			95+279	534656.3994	3437432.3512
CLO14	A=469.042				
	R=2200.000	100.000			
			95+379	534652.6983	3437332.4220
ARC15	XC=532455.6918				
	YC=3437447.1494				
	R=2200.000	755.906			
			96+135	534485.6351	3436599.0161
CLO16	A=469.042				
	R=2200.000	100.000			
			96+235	534445.6909	3436507.3427
DR17	ANG=226.6418 (g)	2530.930			
			98+500	533417.1712	3434194.8214

Listing Profil En Long : FSR

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			80+000	581.061
D1	PENTE= -0.34%	607.845		
			80+608	579.008
ARC1	S= 80+650 Z=578.864			
	R= -27044.628	85.000		
			80+693	578.854
D2	PENTE= -0.02%	3401.265		
			84+094	578.058
ARC2	S= 84+137 Z=578.048			
	R= -203644.592	85.000		
			84+179	578.020
D3	PENTE= -0.07%	2297.608		
			86+477	576.523
ARC3	S= 86+519 Z=576.495			
	R= -110473.804	85.000		
			86+562	576.501
D4	PENTE= 0.01%	9630.886		
			96+193	577.635
ARC4	S= 96+235 Z=577.640			
	R= -721308.936	85.000		
			96+278	577.640
D5	PENTE= -0.00%	2488.430		
			98+500	577.640

Listing Profil En Long : PLT

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			80+000	580.330
D1	PENTE= -0.34%	607.845		
			80+608	578.277
ARC1	S= 80+650 Z=578.133			
	R= -27044.628	85.000		
			80+693	578.123
D2	PENTE= -0.02%	3401.265		
			84+094	577.327
ARC2	S= 84+137 Z=577.317			
	R= -203644.591	85.000		
			84+179	577.289
D3	PENTE= -0.07%	2297.608		
			86+477	575.792
ARC3	S= 86+519 Z=575.764			
	R= -110473.804	85.000		
			86+562	575.770
D4	PENTE= 0.01%	9630.886		
			96+193	576.904
ARC4	S= 96+235 Z=576.909			
	R= -721308.982	85.000		
			96+278	576.909
D5	PENTE= 0.00%	2488.430		
			98+500	576.909

Tableau des dimensions principales des traverses en béton pour les chemins de fer à charge lourde dans différents pays :

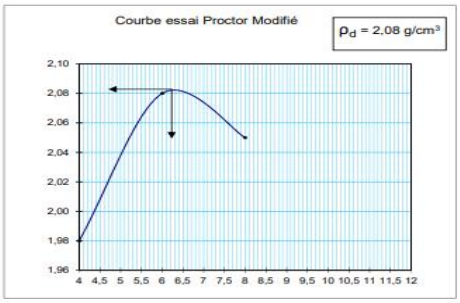
Pays	Amérique du Nord	Allemagne	Chine		UIC
Poids par essieu/kN	＞250	250	250	＞300	250
Longueur / m	≯2.74	2.6~2.8	2.6	2.6	2.5~2.6
Largeur du fond/m	≯0.33	0.3~0.33	0.3	0.32	0.3
Hauteur / m	≯0.25	0.21~0.24	0.23	0.235	0.2~0.3

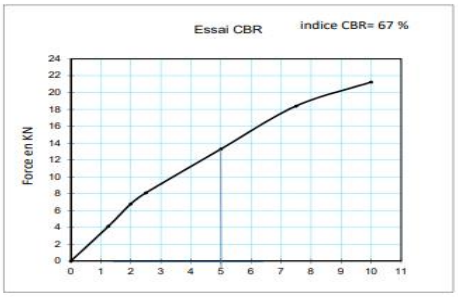
Proctor modifier.

L.T.P.O. - Unité de BECHAR

CLIENT :
PROJET:

ECHANTILLON : puits PK 92

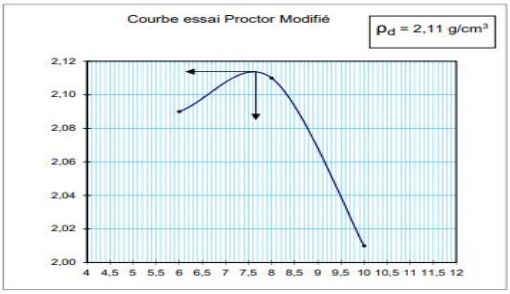


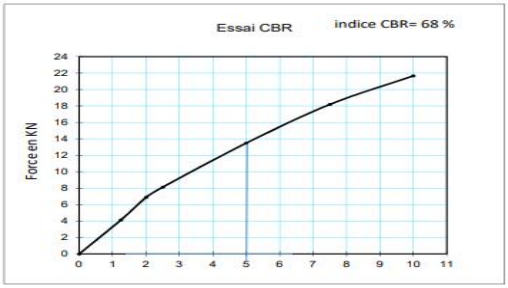


L.T.P.O. - Unité de BECHAR

CLIENT :
PROJET:

ECHANTILLON : puits PK 94

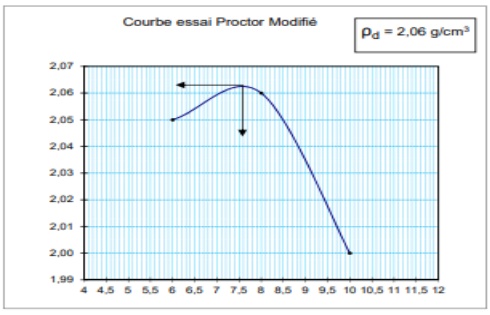


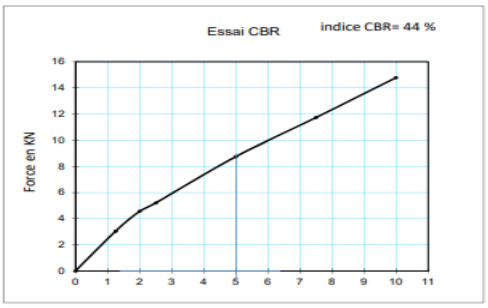


L.T.P.O. - Unité de BECHAR

CLIENT :
PROJET:

ECHANTILLON : puits PK 97

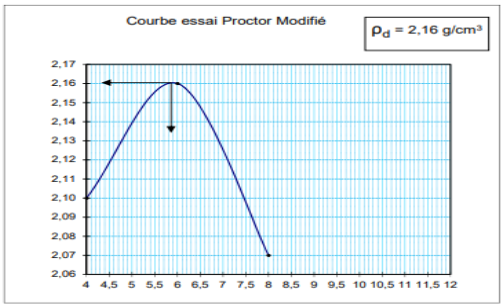


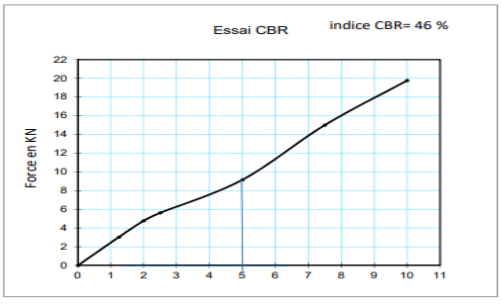


L.T.P.O. - Unité de BECHAR

CLIENT :
PROJET:

ECHANTILLON : puits PK 95





Cissaillement.

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST
Entreprise Publique Economique au capital social de 1 090 000 000 DA

RAPPORT D'ESSAI
ESSAI DE CISAILLEMENT
Mode opératoire MS.L3 - LCPC

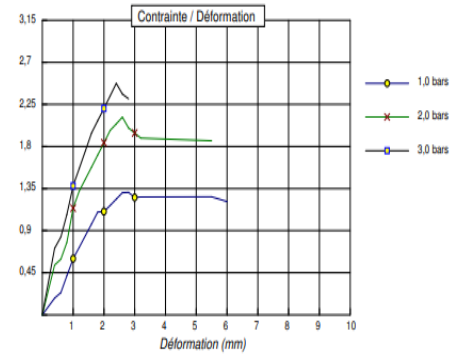
Client : SETO — N° Projet : PIS-23-0016

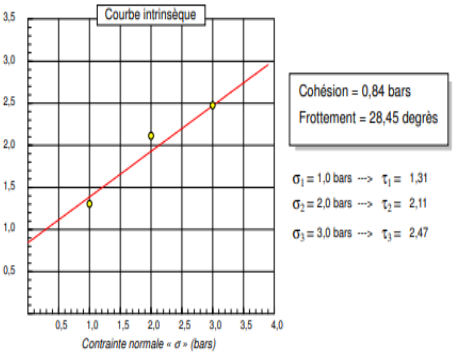
Projet : Etude d'execution de la nouvelle linge ferroviaire Bechar Tindouf (Gara Djebilet) sur 950km

Section 01 du [illegible]200+000
Tronçon du PK 38+000 au PK 60+000
Endroit : Tindouf

Sondage n° : PK 88+225
Profondeur : 5,65-6,9
Nature :
Date essais : 26.11.2023

Type d'essai : UU
Vitesse de cisaillement : 1 mm/mn





© Soft elis 2013

Remarque :

Préparé par :	Approuvé par :	Date :
F.GHERMAOUI	S.LEFDJA	27.11.2023

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST
Entreprise Publique Economique au capital social de 1 090 000 000 DA

RAPPORT D'ESSAI
ESSAI DE CISAILLEMENT
Mode opératoire MS.L3 - LCPC

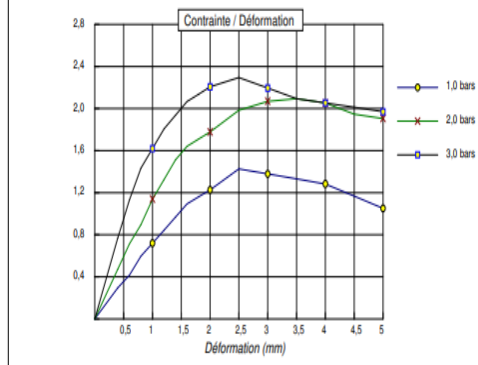
Client : SETO — N° Projet : PIS-23-0016

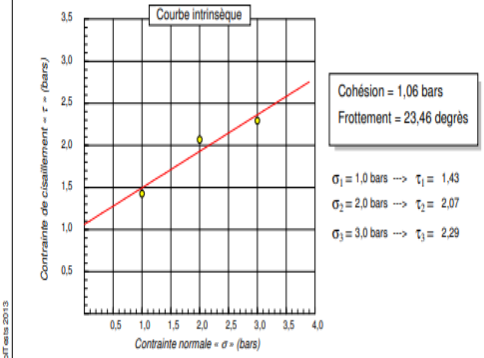
Projet : Etude d'execution de la nouvelle linge ferroviaire Bechar Tindouf (Gara Djebilet) sur 950km

Section 01 du [illegible]200+000
Tronçon du PK 38+000 au PK 60+000
Endroit : Tindouf

Sondage n° : PK 88+225
Profondeur : 8,7-9
Nature :
Date essais : 26.11.2023

Type d'essai : UU
Vitesse de cisaillement : 1 mm/mn



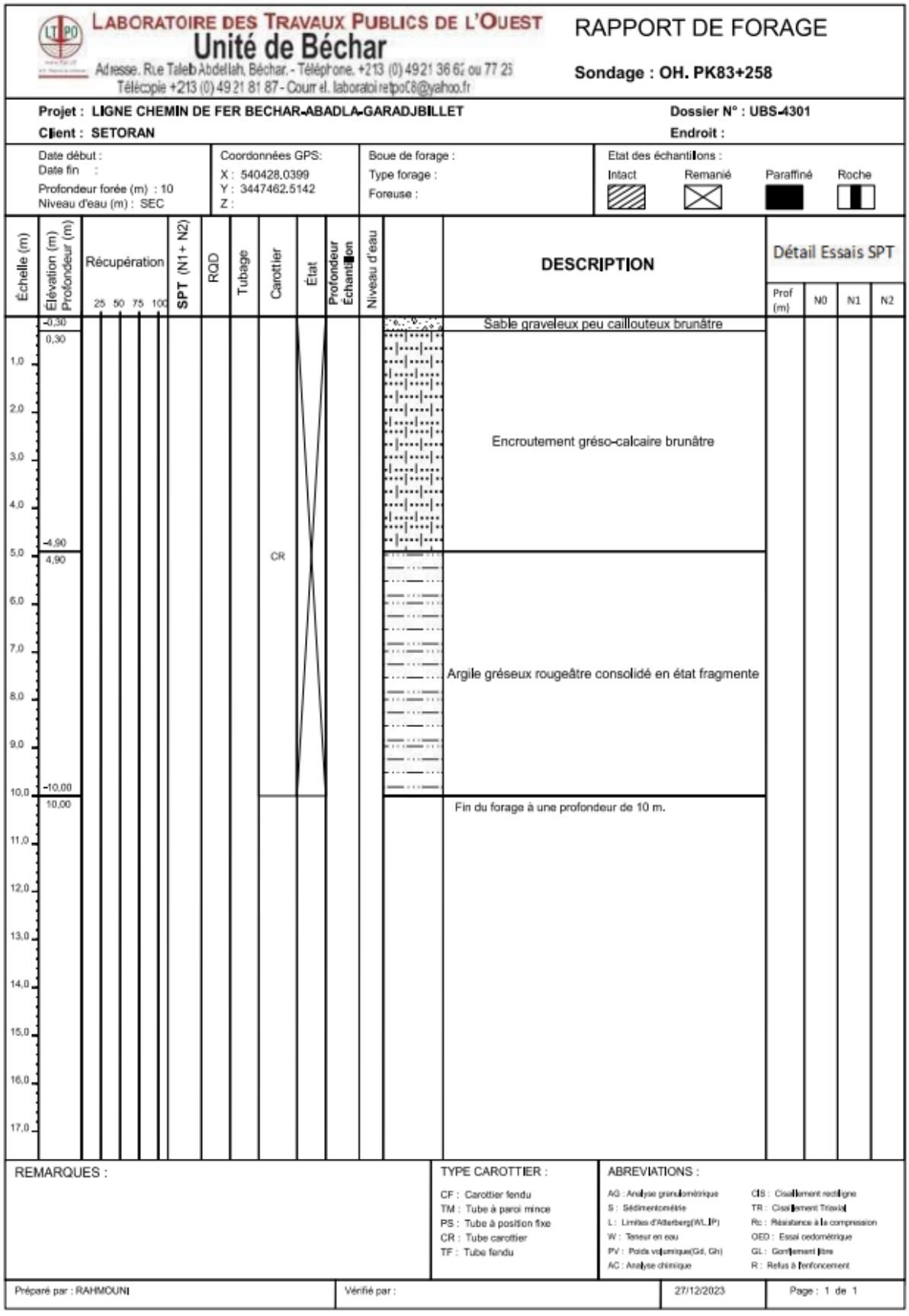


© Soft elis 2013

Remarque :

Préparé par :	Approuvé par :	Date :
F.GHERMAOUI	S.LEFDJA	27.11.2023

Logs de sondages des caisses à carottes.



LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST
Unité de Béchar
Adresse. Rue Taleb Abdellah, Béchar. - Téléphone. +213 (0) 49 21 36 62 ou 77 25
Télécopie +213 (0) 49 21 81 87 - Courriel. laboratoiretpoc8@yahoo.fr

RAPPORT DE FORAGE

Sondage : OH. PK83+258

Projet : LIGNE CHEMIN DE FER BECHAR-ABADLA-GARADJBILLET — **Dossier N° : UBS-4301**
Client : SETORAN — **Endroit :**

Date début :
Date fin :
Profondeur forée (m) : 10
Niveau d'eau (m) : SEC

Coordonnées GPS:
X : 540428.0399
Y : 3447462.5142
Z :

Boue de forage :
Type forage :
Foreuse :

Etat des échantillons : Intact ▨ — Remanié ☒ — Paraffiné ■ — Roche ◧

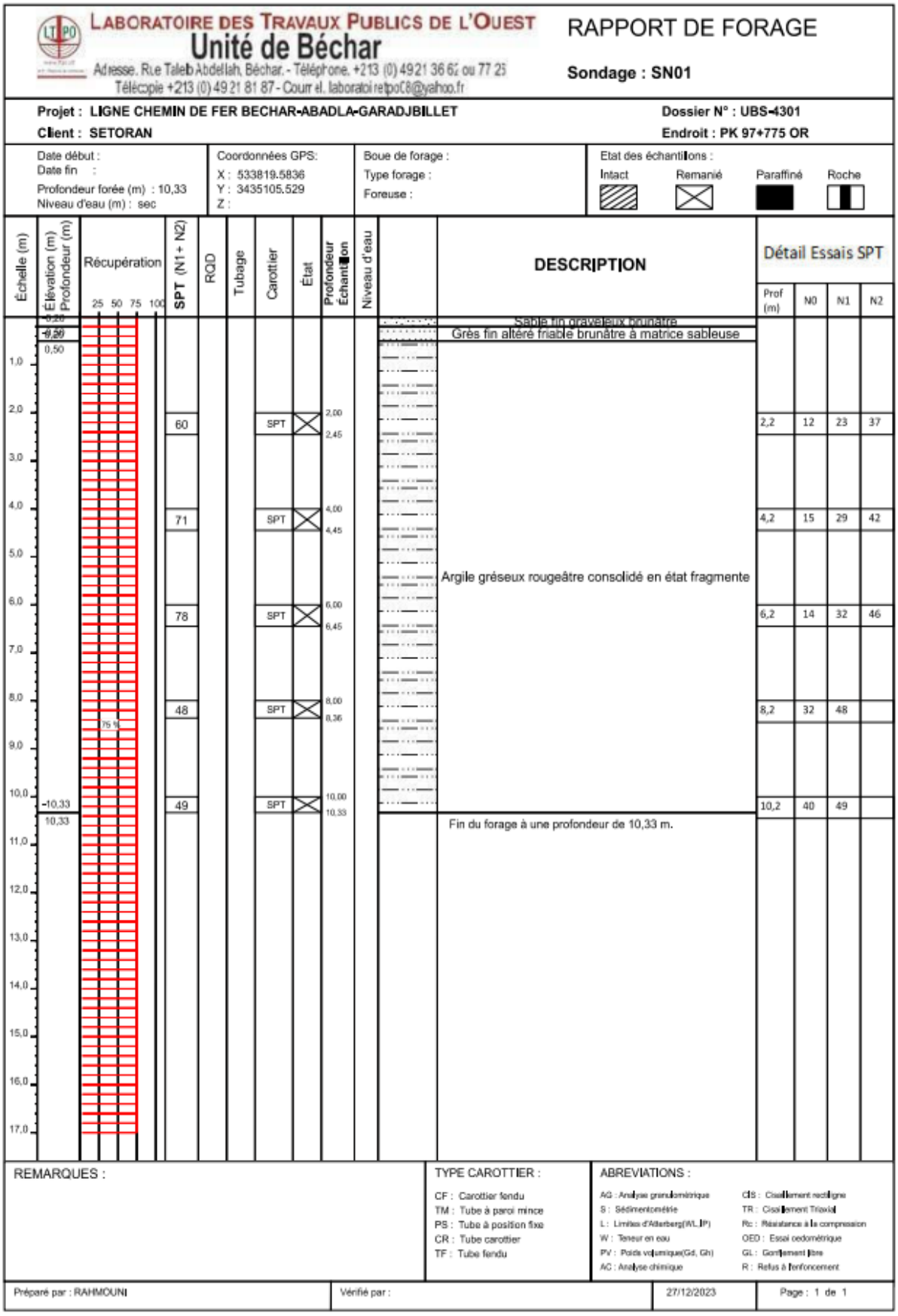
Échelle (m)	Élévation (m) / Profondeur (m)	Récupération (25 50 75 100)	SPT (N1+ N2)	RQD	Tubage	Carottier	État	Profondeur Échantillon	Niveau d'eau	DESCRIPTION	Détail Essais SPT — Prof (m)	N0	N1	N2
0	-0,30									Sable graveleux peu caillouteux brunâtre				
1,0	0,30													
2,0										Encroutement gréso-calcaire brunâtre				
3,0														
4,0														
5,0	-4,90					CR								
6,0	4,90									Argile gréseux rougeâtre consolidé en état fragmenté				
7,0														
8,0														
9,0														
10,0	-10,00									Fin du forage à une profondeur de 10 m.				
11,0	10,00													
12,0														
13,0														
14,0														
15,0														
16,0														
17,0														

REMARQUES :

TYPE CAROTTIER :
CF : Carottier fendu
TM : Tube à paroi mince
PS : Tube à position fixe
CR : Tube carottier
TF : Tube fendu

ABREVIATIONS :
AG : Analyse granulométrique — CIS : Cisaillement rectiligne
S : Sédimentométrie — TR : Cisaillement Triaxial
L : Limites d'Atterberg(WL,IP) — Rc : Résistance à la compression
W : Teneur en eau — OED : Essai oedométrique
PV : Poids volumique(Gd, Gh) — GL : Gonflement libre
AC : Analyse chimique — R : Refus à l'enfoncement

Préparé par : RAHMOUNI — Vérifié par : — 27/12/2023 — Page : 1 de 1



LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST
Unité de Béchar
Adresse. Rue Taleb Abdellah, Béchar. - Téléphone. +213 (0) 49 21 36 62 ou 77 25
Télécopie +213 (0) 49 21 81 87 - Courriel. laboratoirelpo08@yahoo.fr

RAPPORT DE FORAGE

Sondage : SN01

Projet : LIGNE CHEMIN DE FER BECHAR-ABADLA-GARADJBILLET — **Dossier N° : UBS-4301**

Client : SETORAN — **Endroit : PK 97+775 OR**

Date début :
Date fin :
Profondeur forée (m) : 10,33
Niveau d'eau (m) : sec

Coordonnées GPS:
X : 533819.5836
Y : 3435105.529
Z :

Boue de forage :
Type forage :
Foreuse :

Etat des échantillons :
Intact — Remanié — Paraffiné — Roche

Échelle (m)	Élévation (m) / Profondeur (m)	Récupération (25 50 75 100)	SPT (N1+ N2)	RQD	Tubage	Carottier	État	Profondeur Échantillon	Niveau d'eau	DESCRIPTION
1,0	0,20 / 0,50									Sable fin graveleux brunâtre
2,0			60			SPT		2,00 / 2,45		Grès fin altéré friable brunâtre à matrice sableuse
3,0										
4,0			71			SPT		4,00 / 4,45		
5,0										Argile gréseux rougeâtre consolidé en état fragmente
6,0			78			SPT		6,00 / 6,45		
7,0										
8,0		75 %	48			SPT		8,00 / 8,36		
9,0										
10,0	-10,33 / 10,33		49			SPT		10,00 / 10,33		Fin du forage à une profondeur de 10,33 m.
11,0										
12,0										
13,0										
14,0										
15,0										
16,0										
17,0										

Détail Essais SPT

Prof (m)	N0	N1	N2
2,2	12	23	37
4,2	15	29	42
6,2	14	32	46
8,2	32	48	
10,2	40	49	

REMARQUES :

TYPE CAROTTIER :
CF : Carottier fendu
TM : Tube à paroi mince
PS : Tube à position fixe
CR : Tube carottier
TF : Tube fendu

ABREVIATIONS :
AG : Analyse granulométrique
S : Sédimentométrie
L : Limites d'Atterberg(WL,IP)
W : Teneur en eau
PV : Poids volumique(Gd, Gh)
AC : Analyse chimique
CIS : Cisaillement rectiligne
TR : Cisaillement Triaxial
Rc : Résistance à la compression
OED : Essai oedométrique
GL : Gonflement libre
R : Refus à l'enfoncement

Préparé par : RAHMOUNI | Vérifié par : | 27/12/2023 | Page : 1 de 1

Pénetrations dynamiques.

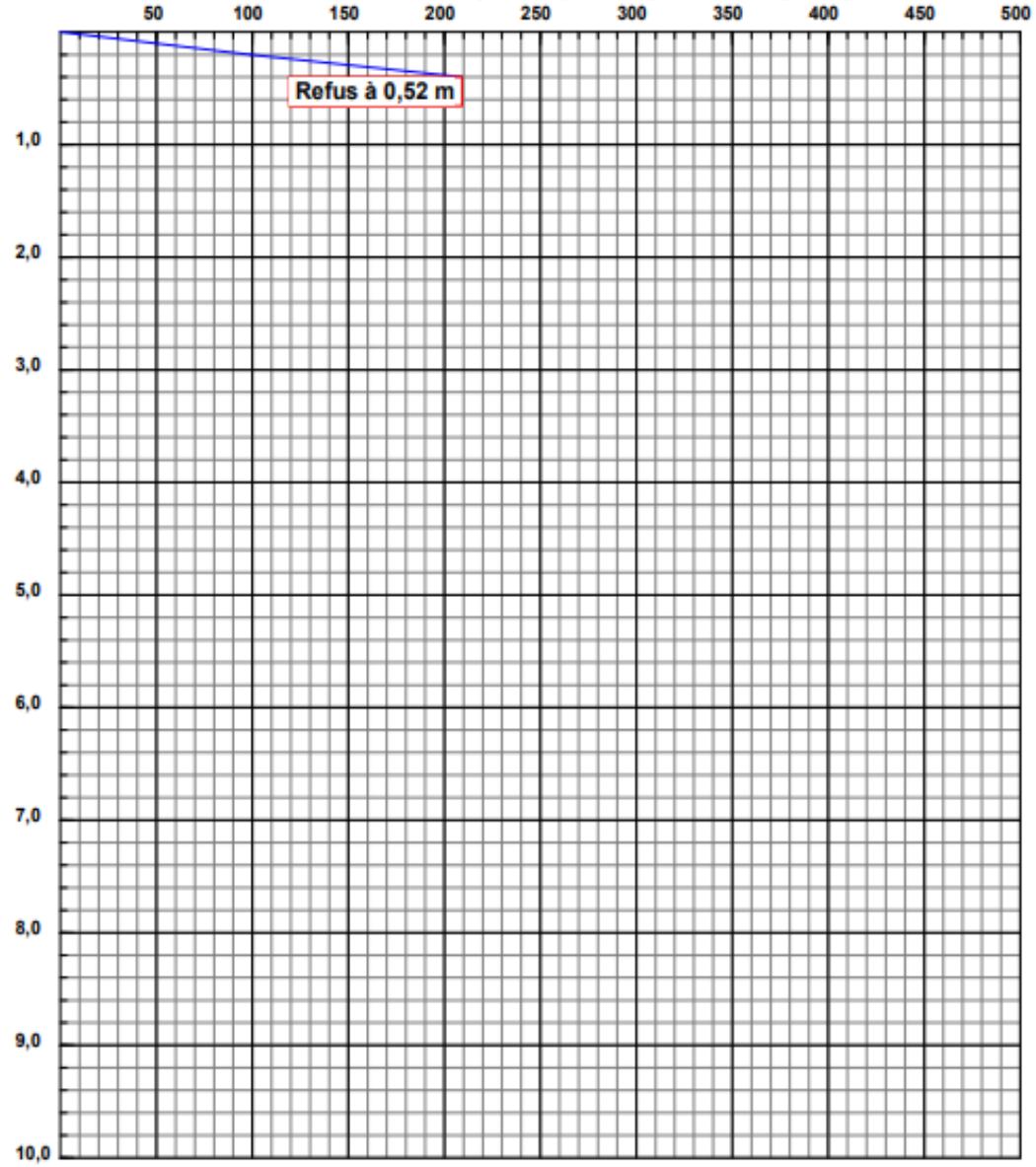
LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST
Unité de Béchar
Adresse. Rue Taleb Abdellah. Béchar. - Téléphone. +213 (0) 49 21 36 62 ou 77 25
Télécopie +213 (0) 49 21 81 87 - Courriel. laboratoire.tpo08@yahoo.fr

Essai de Pénétration Dynamique

INTITULE : CHEMIN DE FER BECHAR-ABADLA-GARADJBILLET
N°DOSSIER : UBS-4301
LIEU : BECHAR-ABADLA-TINDOUF
CLIENT : S E T O R
DATE ESSAIS : 26/10/2023

Référence essai : N1-OH.PK83+258
Localisation :
Coordonnées GPS :
X : Z :
Y :

Résistance dynamique de pointe Rd (bars)



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 75 cm
Aire de la section droite de la pointe (A) : 29 cm²

Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 4 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$Rd = \frac{m^2 \times H}{A \times e/N \times (m + \sum m')}$$

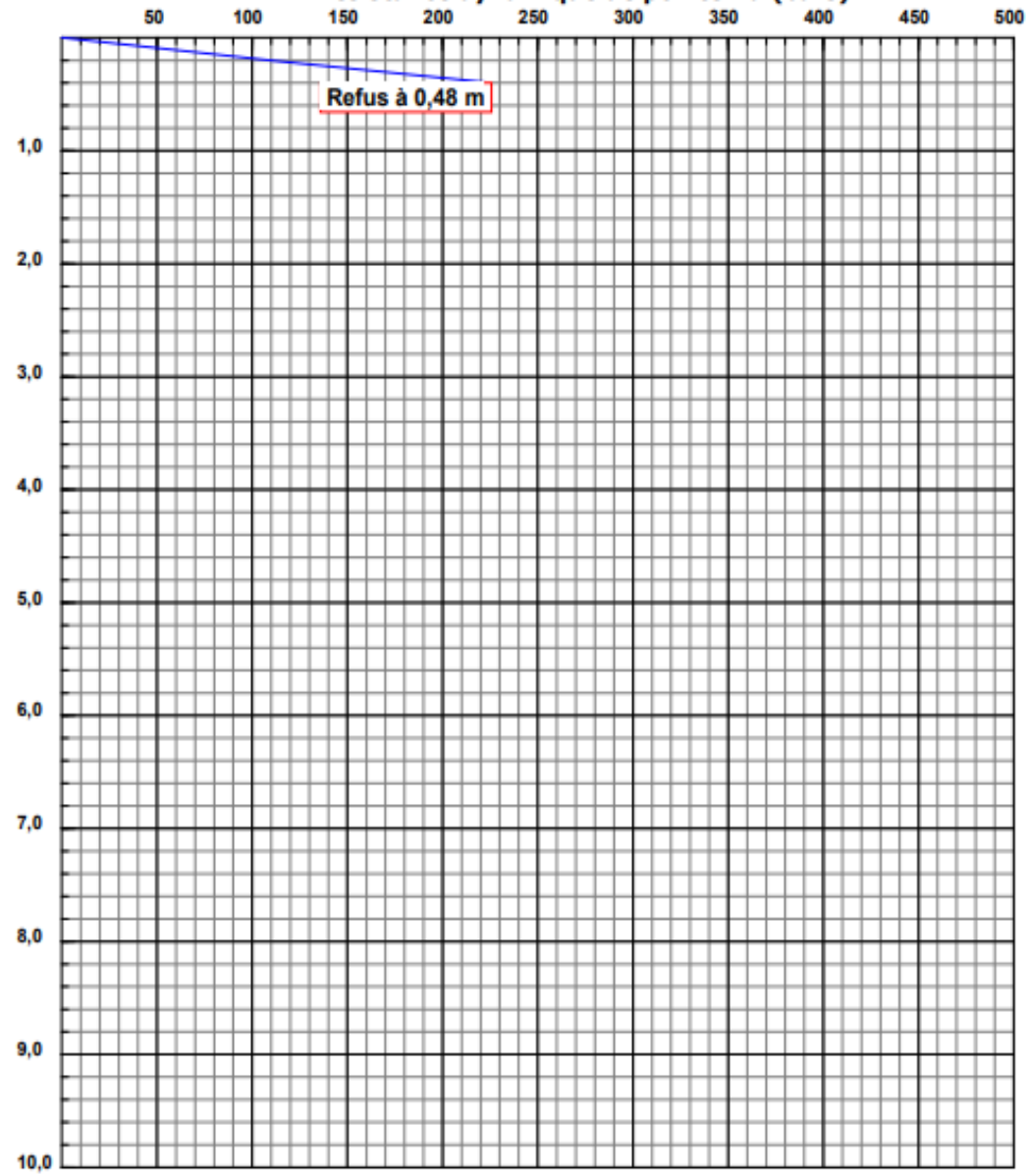
LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST
Unité de Béchar
Adresse. Rue Taleb Abdellah. Béchar. - Téléphone. +213 (0) 49 21 36 62 ou 77 25
Télécopie +213 (0) 49 21 81 87 - Courriel. laboratoiretpo08@yahoo.fr

Essai de Pénétration Dynamique

INTITULE : CHEMIN DE FER BECHAR-ABADLA-GARADJBILLET
N°DOSSIER : UBS-4301
LIEU : BECHAR-ABADLA-TINDOUF
CLIENT : S E T O R
DATE ESSAIS : 26/10/2023

Référence essai : N2-OH.PK83+258
Localisation :
Coordonnées GPS :
X : Z :
Y :

Résistance dynamique de pointe Rd (bars)



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 75 cm
Aire de la section droite de la pointe (A) : 29 cm²

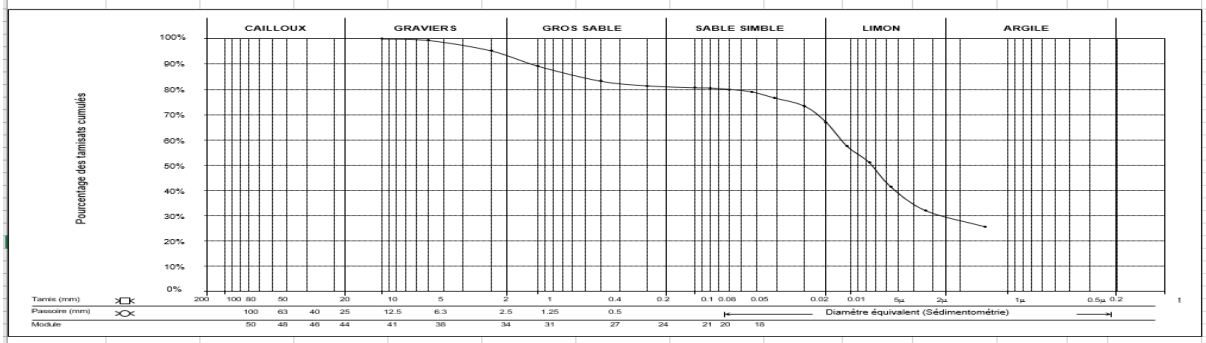
Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 4 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$Rd = \frac{m^2 \times H}{A \times e/N \times (m + \sum m')}$$

Analyse granulométrique.

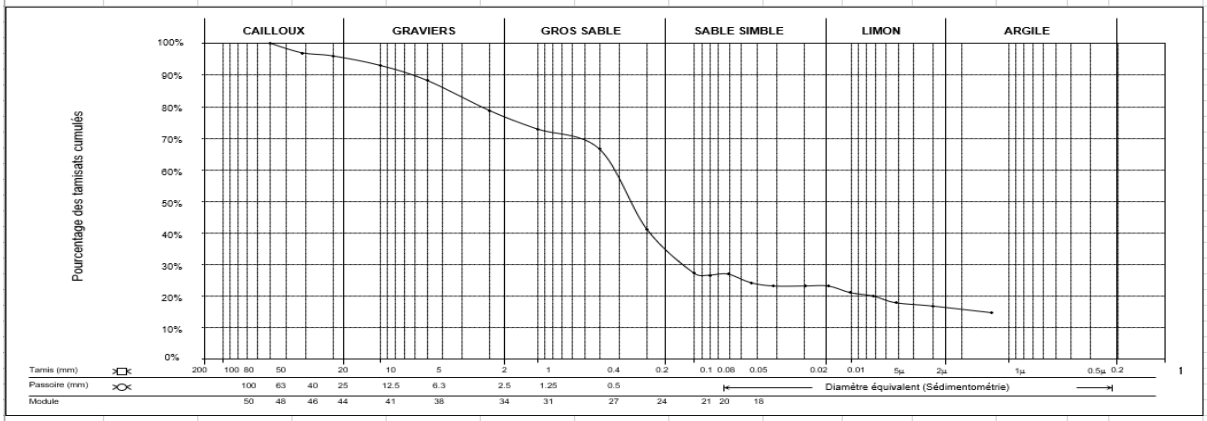
ANALYSE GRANULOMETRIQUE- UBS/ PK 97+775 (1,00-3,00)



Tamisat à 2 mm	Tamisat à 80 µ	S.8 – Limites d'Atterberg WL	IP	LP	Argile	S.20 – ES	VBS 100g/g	γd Opm t/m³	CACO3	CHLORURE	SULFATE		INSOLUBLE
95%	81%	32,50%	14,40%	18,10%			0,00	-	2,80%	0,28%	4223	mg/K	96,50%

LTPO-Unité de Béchar			
Etabli le	14/12/2023	ETUDE DE SOL	
Révisé le	14/12/2023	CHEMINE DE FER BECHAR TDF	DEPT AM/HM/BA
indice de Révision	1		

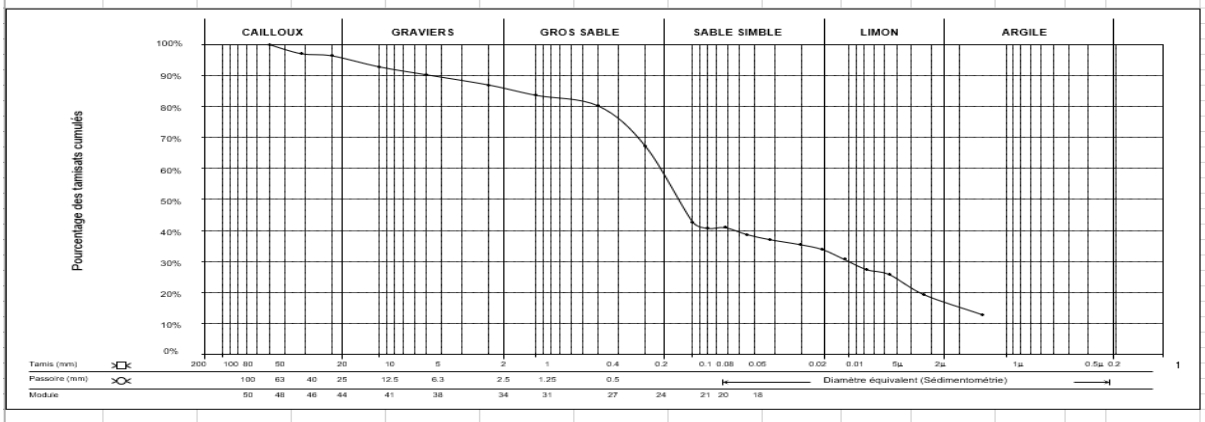
ANALYSE GRANULOMETRIQUE- UBS/4301 PK 88+255



Tamisat à 2 mm	Tamisat à 80 µ	S.8 - Limites d'Atterberg WL	IP	LP	Argile	S.20 - ES	VBS 100g/g	γd Opm t/m³	CACO3	CHLORURE	SULFATE		INSOLUBLE
79%	27%	17,70%	4,20%	13,50%			0,00	-	14,00%	0,14%	NUL	mg/K	85,86%

LTPO-Unité de Béchar			
Etabli le	28/11/2023	ETUDE DE SOL	
Révisé le	28/11/2023	CHEMIN DE FER PK 80-100 BECHAR -TINDOUF	DEPT AM/HM/BA
indice de Révision	1		

ANALYSE GRANULOMETRIQUE- UBS/4301 83+258 (3,50-4,50)



Tamisat à 2 mm	Tamisat à 80 µ	S.8 - Limites d'Atterberg WL	IP	LP	Argile	S.20 - ES	VBS 100g/g	γd Opm t/m³	CACO3	CHLORURE	SULFATE		INSOLUBLE
87%	41%	18,50%	5,40%	13,10%			0,00	-	19,60%	0,18%	1722	mg/K	80,05%

LTPO-Unité de Béchar			
Etabli le	28/11/2023	ETUDE DE SOL	
Révisé le	28/11/2023	CHEMIN DE FER PK 80-100 BECHAR -TINDOUF	DEPT AM/HM/BA
indice de Révision	1		

Tableau de coefficient de rugosité k dans les ouvrages d'assainissement.

Fréquences de retour	Hauteur en mm
Ouvrages enherbés plats peu profonds	
h ≤ 0,15 m	10
h ≤ 0,20 m	15
h : hauteur d'eau dans l'ouvrage en m	
Fossés enherbés (fossés trapézoïdaux et triangulaires)	25
Ouvrages superficiels en béton (fossés, cunettes et caniveaux)	70
Canalisations lisses (béton, PVC, PEHD, etc.)	80

Courbes IDF pour la région de l'étude.

Tableau N°5 : Estimation des coefficients de Montana :

	Temps de retour				
Coefficient de Montana	2ans	5ans	10ans	20ans	50ans
b	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79
a	11,29	20,96	27,35	33,49	41,43

Tableau N°6: Estimation des intensités maximales par le model de Montana, en mm/h, à la station pluviométrique de **BECHAR** pour différents temps de retour.

	Intensité de Montana en mm/h				
Durée d (h)	2ans	5ans	10ans	20ans	50ans
24	0,9	1,7	2,2	2,7	3,3
48	0,5	1,0	1,3	1,5	1,9
72	0,4	0,7	0,9	1,1	1,4
96	0,3	0,6	0,7	0,9	1,1
120	0,2	0,5	0,6	0,7	0,9

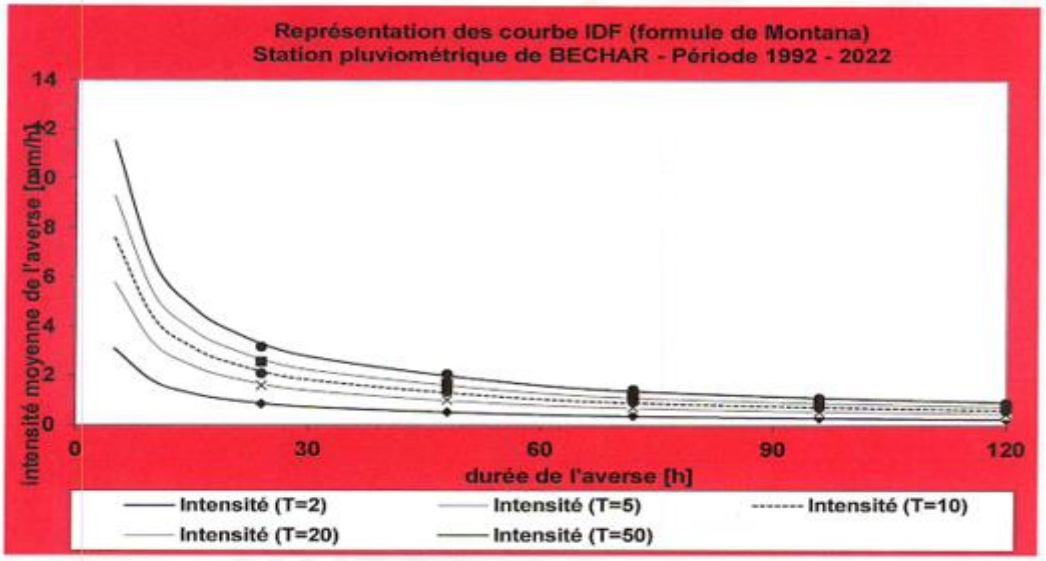


Figure 3 : Représentation des couples durée – intensité de Montana déterminées à la station météorologique de **BECHAR** pour la période **1992– 2022**.

Coefficient C1 : dépendant de la pente du bassin versant.

Pente	C1		
3,5 %	**0,01**	**0,03**	**0,05**
Entre 3,5 et 11 %	**0,06**	**0,08**	**0,10**
Entre 11 et 35 %	**0,12**	**0,16**	**0,20**
> à 35 %	**0,22**	**0,26**	**0,30**

Coefficient C2 : dépendant de la perméabilité de terrain.

Nature du sol	C2		
Imperméable	**0,22**	**0,26**	**0,30**
Peu perméable	**0,10**	**0,15**	**0,20**
Perméable	**0,06**	**0,08**	**0,10**
Très perméable	**0,03**	**0,04**	**0,05**

Coefficient C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.

Couverture végétale	C3		
Rocheux	**0,22**	**0,26**	**0,30**
Prairie	**0,17**	**0,21**	**0,25**
Labours champs	**0,07**	**0,11**	**0,15**
Forêt et territoire sableux	**0,03**	**0,04**	**0,05**

Période de retour	Fréquence	Pmax, j (mm)	Variable de Gumbel
10 ans	0.90	50.1	2.25
20 ans	0.95	61.4	2.97
50 ans	0.98	76	3.902
100 ans	0.99	86.9	4.6

Tableau VIII. 3 : Variable Gumbel

Tableau : Les paramètres de dimensionnements et leurs valeurs (UIC 719R).

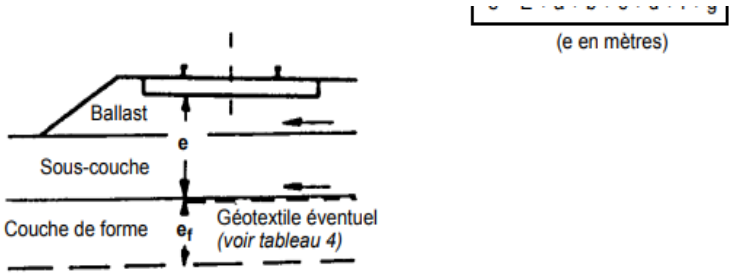


Fig. 9 - Calcul de l'épaisseur minimale "e" des couches d'assise

E	= 0,70 m	pour les plates-formes de classe de portance P1[a]
E	= 0,55 m	pour les plates-formes de classe de portance P2[a]
E	= 0,45 m	pour les plates-formes de classe de portance P3[a]
a	= 0	pour les groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V > 160 km/h, quel que soit le groupe UIC)[b]
a	= - 0,05 m	pour les groupes UIC 3 et 4[b]
a	= - 0,10 m	pour les groupes UIC 5 et 6[b]
b	= 0	pour les traverses bois de longueur 2,60 m
b	$= \frac{2,50 - L}{2}$	pour les traverses béton de longueur L (b en m, L en m, b peut être négatif si L > 2,50 m)
c	= 0	pour un dimensionnement normal
c	= - 0,10 m	à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autres que "7, 8, 9 sans voyageur"[b]
d	= 0	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 200 kN
d	= + 0,05 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 kN
d	= + 0,12 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 250 kN
f	= 0	pour toutes les lignes parcourues à V ≤ 160 km/h et pour les plates-formes de portance P3 des lignes parcourues à grande vitesse[a]
f	= + 0,05 m	pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues à grande vitesse[a]
f	= + 0,10 m	pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse[a]
g	= +	géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2[c]
g	= 0	(pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol QS3[c]

a. Les classes de portance des plates-formes sont définies au tableau 4.
b. Les groupes UIC sont définis dans la fiche n° 714 (édition du 01.01.89) (v oir Bibliographie).
c. Les classes de qualité des sols sont définies au tableau 3.

CUBATURES

Surface de déblai (m^2)	Volume de déblai (m^3)	Volume réutilisable (m^3)	Surface de remblai (m^2)	Volume de remblai (m^3)	Vol. déblai cum. (m^3)	Vol. réutilisable cum. (m^3)	Vol. remblai cum. (m^3)
0.00	0.00	0.00	17.35	0.00	0.00	0.00	0.00
50.50	631.27	631.27	6.90	303.04	631.27	303.04	303.04
54.77	652.84	652.84	6.90	85.55	1,284.11	388.59	388.59
88.18	900.37	900.37	6.90	86.89	2,184.48	475.48	475.48
107.55	2,446.52	2,446.52	6.90	172.44	4,631.00	647.92	647.92
76.13	1,405.06	1,405.06	6.90	105.53	6,036.06	753.45	753.45
54.27	632.45	632.45	6.90	66.91	6,668.52	820.36	820.36
46.54	1,260.14	1,260.14	6.90	172.44	7,928.66	992.80	992.80
28.57	938.81	938.81	6.90	172.44	8,867.46	1,165.24	1,165.24
43.91	905.94	905.94	6.90	172.44	9,773.40	1,337.68	1,337.68
57.53	1,267.95	1,267.95	6.90	172.44	11,041.35	1,510.12	1,510.12
38.26	1,197.32	1,197.32	6.90	172.44	12,238.66	1,682.56	1,682.56
86.11	1,554.57	1,554.57	6.90	172.44	13,793.23	1,855.00	1,855.00
84.88	2,137.30	2,137.30	6.90	172.44	15,930.53	2,027.44	2,027.44
104.26	2,364.23	2,364.23	6.90	172.44	18,294.76	2,199.89	2,199.89
102.97	2,590.44	2,590.44	6.90	172.44	20,885.20	2,372.33	2,372.33
0.00	1,287.19	1,287.19	14.68	269.77	22,172.38	2,642.10	2,642.10
18.93	236.68	236.68	6.90	269.77	22,409.06	2,911.86	2,911.86
107.14	1,575.89	1,575.89	6.90	172.44	23,984.95	3,084.31	3,084.31
120.51	2,845.60	2,845.60	6.90	172.45	26,830.55	3,256.76	3,256.76
180.50	3,762.65	3,762.65	6.90	172.45	30,593.20	3,429.21	3,429.21
197.07	4,719.60	4,719.60	6.94	172.95	35,312.80	3,602.16	3,602.16
102.49	3,744.45	3,744.45	6.90	172.96	39,057.26	3,775.12	3,775.12
42.94	1,817.82	1,817.82	6.90	172.45	40,875.07	3,947.57	3,947.57
62.63	1,319.56	1,319.56	6.90	172.45	42,194.63	4,120.02	4,120.02
12.00	932.82	932.82	6.90	172.45	43,127.45	4,292.47	4,292.47
48.94	761.75	761.75	6.90	172.46	43,889.21	4,464.93	4,464.93
21.89	885.46	885.46	6.90	172.45	44,774.66	4,637.38	4,637.38
1.33	290.36	290.36	10.60	218.70	45,065.03	4,856.08	4,856.08
5.29	82.79	82.79	6.94	219.22	45,147.81	5,075.30	5,075.30
31.96	465.59	465.59	6.90	172.98	45,613.41	5,248.28	5,248.28
5.02	462.25	462.25	6.90	172.46	46,075.66	5,420.74	5,420.74
4.46	118.53	118.53	8.07	187.13	46,194.19	5,607.87	5,607.87
0.00	55.77	55.77	33.58	520.71	46,249.95	6,128.58	6,128.58
0.00	0.00	0.00	40.24	922.86	46,249.95	7,051.44	7,051.44
0.00	0.00	0.00	39.14	992.32	46,249.95	8,043.77	8,043.77
0.00	0.00	0.00	39.87	987.64	46,249.95	9,031.41	9,031.41
0.00	0.00	0.00	38.31	977.20	46,249.95	10,008.61	10,008.61
0.00	0.00	0.00	38.07	954.65	46,249.95	10,963.26	10,963.26
0.00	0.00	0.00	65.73	1,297.39	46,249.95	12,260.65	12,260.65
0.00	0.00	0.00	38.10	1,297.82	46,249.95	13,558.47	13,558.47

0.00	0.00	0.00	38.10	952.56	46,249.95	14,511.03	14,511.03
0.00	0.00	0.00	31.41	868.96	46,249.95	15,379.99	15,379.99
0.00	0.00	0.00	36.72	851.67	46,249.95	16,231.66	16,231.66
0.00	0.00	0.00	34.27	887.37	46,249.95	17,119.03	17,119.03
0.00	0.00	0.00	31.25	818.95	46,249.95	17,937.98	17,937.98
0.00	0.00	0.00	25.00	703.08	46,249.95	18,641.06	18,641.06
0.00	0.00	0.00	37.17	777.08	46,249.95	19,418.14	19,418.14
0.00	0.00	0.00	27.16	804.07	46,249.95	20,222.21	20,222.21
0.00	0.00	0.00	17.09	553.06	46,249.95	20,775.27	20,775.27
13.58	169.76	169.76	6.90	299.81	46,419.72	21,075.08	21,075.08
2.12	196.31	196.31	7.98	185.99	46,616.03	21,261.08	21,261.08
0.00	26.55	26.55	11.30	240.99	46,642.57	21,502.07	21,502.07
0.00	0.00	0.00	27.26	482.01	46,642.57	21,984.08	21,984.08
0.00	0.00	0.00	23.34	632.57	46,642.57	22,616.64	22,616.64
0.00	0.00	0.00	20.88	552.74	46,642.57	23,169.39	23,169.39
0.00	0.00	0.00	38.06	736.71	46,642.57	23,906.10	23,906.10
0.00	0.00	0.00	30.95	862.68	46,642.57	24,768.78	24,768.78
0.00	0.00	0.00	34.63	819.83	46,642.57	25,588.61	25,588.61
0.00	0.00	0.00	30.69	816.52	46,642.57	26,405.13	26,405.13
0.00	0.00	0.00	28.43	738.96	46,642.57	27,144.09	27,144.09
0.00	0.00	0.00	29.27	721.21	46,642.57	27,865.30	27,865.30
0.00	0.00	0.00	28.44	721.40	46,642.57	28,586.70	28,586.70
0.00	0.00	0.00	33.76	777.55	46,642.57	29,364.25	29,364.25
0.00	0.00	0.00	35.02	859.72	46,642.57	30,223.97	30,223.97
0.00	0.00	0.00	30.09	813.79	46,642.57	31,037.76	31,037.76
0.00	0.00	0.00	32.83	786.41	46,642.57	31,824.17	31,824.17
0.00	0.00	0.00	32.83	820.68	46,642.57	32,644.85	32,644.85
0.00	0.00	0.00	30.51	791.66	46,642.57	33,436.51	33,436.51
0.00	0.00	0.00	30.11	757.69	46,642.57	34,194.20	34,194.20
0.00	0.00	0.00	30.78	761.10	46,642.57	34,955.30	34,955.30
0.00	0.00	0.00	31.89	783.37	46,642.57	35,738.67	35,738.67
0.00	0.00	0.00	28.79	758.57	46,642.57	36,497.24	36,497.24
0.00	0.00	0.00	32.01	760.08	46,642.57	37,257.32	37,257.32
0.00	0.00	0.00	33.77	822.26	46,642.57	38,079.58	38,079.58
0.00	0.00	0.00	35.68	868.10	46,642.57	38,947.68	38,947.68
0.00	0.00	0.00	36.78	905.69	46,642.57	39,853.37	39,853.37
0.00	0.00	0.00	31.93	858.83	46,642.57	40,712.20	40,712.20
0.00	0.00	0.00	33.35	815.96	46,642.57	41,528.16	41,528.16
0.00	0.00	0.00	35.22	857.03	46,642.57	42,385.19	42,385.19
0.00	0.00	0.00	30.94	826.91	46,642.57	43,212.10	43,212.10
0.00	0.00	0.00	29.55	756.06	46,642.57	43,968.15	43,968.15
0.00	0.00	0.00	28.76	728.88	46,642.57	44,697.03	44,697.03
0.00	0.00	0.00	29.88	732.99	46,642.57	45,430.02	45,430.02
0.00	0.00	0.00	31.34	765.18	46,642.57	46,195.20	46,195.20
0.00	0.00	0.00	30.20	769.24	46,642.57	46,964.44	46,964.44
0.00	0.00	0.00	31.04	765.47	46,642.57	47,729.92	47,729.92

0.00	0.00	0.00	31.27	778.84	46,642.57	48,508.75	48,508.75
0.00	0.00	0.00	31.62	786.15	46,642.57	49,294.90	49,294.90
0.00	0.00	0.00	29.45	763.45	46,642.57	50,058.35	50,058.35
0.00	0.00	0.00	29.64	738.64	46,642.57	50,796.99	50,796.99
0.00	0.00	0.00	31.27	761.36	46,642.57	51,558.36	51,558.36
0.00	0.00	0.00	33.01	803.50	46,642.57	52,361.85	52,361.85
0.00	0.00	0.00	32.89	823.77	46,642.57	53,185.62	53,185.62
0.00	0.00	0.00	32.19	813.61	46,642.57	53,999.22	53,999.22
0.00	0.00	0.00	31.33	794.05	46,642.57	54,793.27	54,793.27
0.00	0.00	0.00	23.72	688.10	46,642.57	55,481.37	55,481.37
0.00	0.00	0.00	9.52	415.53	46,642.57	55,896.90	55,896.90
1.04	12.96	12.96	8.20	221.56	46,655.53	56,118.46	56,118.46
3.99	62.81	62.81	6.93	189.08	46,718.35	56,307.55	56,307.55
5.41	117.44	117.44	6.90	172.78	46,835.78	56,480.33	56,480.33
0.54	74.38	74.38	9.88	209.76	46,910.17	56,690.09	56,690.09
0.00	6.81	6.81	18.82	358.81	46,916.97	57,048.90	57,048.90
0.00	0.00	0.00	34.17	662.34	46,916.97	57,711.23	57,711.23
0.00	0.00	0.00	42.48	958.09	46,916.97	58,669.33	58,669.33
0.00	0.00	0.00	44.62	1,088.74	46,916.97	59,758.06	59,758.06
0.00	0.00	0.00	44.29	1,111.36	46,916.97	60,869.42	60,869.42
0.00	0.00	0.00	44.90	1,114.94	46,916.97	61,984.36	61,984.36
0.00	0.00	0.00	43.11	1,100.19	46,916.97	63,084.55	63,084.55
0.00	0.00	0.00	42.53	1,070.54	46,916.97	64,155.09	64,155.09
0.00	0.00	0.00	41.18	1,046.33	46,916.97	65,201.42	65,201.42
0.00	0.00	0.00	38.63	997.56	46,916.97	66,198.98	66,198.98
0.00	0.00	0.00	32.97	895.06	46,916.97	67,094.04	67,094.04
0.00	0.00	0.00	25.46	730.42	46,916.97	67,824.46	67,824.46
0.00	0.00	0.00	12.18	470.51	46,916.97	68,294.98	68,294.98
4.28	53.55	53.55	6.90	238.53	46,970.52	68,533.51	68,533.51
0.88	64.49	64.49	7.50	179.96	47,035.01	68,713.47	68,713.47
0.00	10.95	10.95	9.97	218.35	47,045.96	68,931.82	68,931.82
0.00	0.00	0.00	11.45	267.73	47,045.96	69,199.55	69,199.55
0.00	0.00	0.00	12.32	297.08	47,045.96	69,496.64	69,496.64
0.00	0.00	0.00	9.64	274.46	47,045.96	69,771.10	69,771.10
0.00	0.00	0.00	10.25	248.62	47,045.96	70,019.72	70,019.72
0.00	0.00	0.00	11.61	273.32	47,045.96	70,293.04	70,293.04
0.00	0.00	0.00	11.58	289.90	47,045.96	70,582.94	70,582.94
0.00	0.00	0.00	11.94	293.95	47,045.96	70,876.89	70,876.89
0.00	0.00	0.00	18.30	377.94	47,045.96	71,254.83	71,254.83
0.00	0.00	0.00	24.64	536.69	47,045.96	71,791.52	71,791.52
0.00	0.00	0.00	28.61	665.55	47,045.96	72,457.07	72,457.07
0.00	0.00	0.00	29.31	723.91	47,045.96	73,180.97	73,180.97
0.00	0.00	0.00	27.47	709.74	47,045.96	73,890.71	73,890.71
0.00	0.00	0.00	30.41	723.55	47,045.96	74,614.26	74,614.26
0.00	0.00	0.00	35.77	827.25	47,045.96	75,441.51	75,441.51
0.00	0.00	0.00	37.35	913.96	47,045.96	76,355.47	76,355.47

0.00	0.00	0.00	36.90	928.09	47,045.96	77,283.56	77,283.56
0.00	0.00	0.00	41.42	979.01	47,045.96	78,262.57	78,262.57
0.00	0.00	0.00	39.19	1,007.60	47,045.96	79,270.17	79,270.17
0.00	0.00	0.00	38.28	968.30	47,045.96	80,238.46	80,238.46
0.00	0.00	0.00	40.10	979.71	47,045.96	81,218.17	81,218.17
0.00	0.00	0.00	39.18	991.03	47,045.96	82,209.20	82,209.20
0.00	0.00	0.00	40.57	996.89	47,045.96	83,206.09	83,206.09
0.00	0.00	0.00	40.41	1,012.22	47,045.96	84,218.30	84,218.30
0.00	0.00	0.00	40.93	1,016.79	47,045.96	85,235.10	85,235.10
0.00	0.00	0.00	40.45	1,017.22	47,045.96	86,252.32	86,252.32
0.00	0.00	0.00	38.17	982.64	47,045.96	87,234.96	87,234.96
0.00	0.00	0.00	34.65	910.26	47,045.96	88,145.21	88,145.21
0.00	0.00	0.00	30.75	817.50	47,045.96	88,962.72	88,962.72
0.00	0.00	0.00	27.40	726.80	47,045.96	89,689.52	89,689.52
0.00	0.00	0.00	18.07	568.37	47,045.96	90,257.89	90,257.89
4.93	61.68	61.68	6.90	312.12	47,107.64	90,570.01	90,570.01
0.57	68.76	68.76	8.54	192.97	47,176.39	90,762.97	90,762.97
0.00	7.08	7.08	11.15	246.13	47,183.47	91,009.10	91,009.10
0.00	0.00	0.00	16.65	347.56	47,183.47	91,356.66	91,356.66
0.00	0.00	0.00	19.89	456.85	47,183.47	91,813.50	91,813.50
0.00	0.00	0.00	19.85	496.81	47,183.47	92,310.31	92,310.31
0.00	0.00	0.00	24.24	551.18	47,183.47	92,861.50	92,861.50
0.00	0.00	0.00	25.14	617.25	47,183.47	93,478.74	93,478.74
0.00	0.00	0.00	24.95	626.14	47,183.47	94,104.88	94,104.88
0.00	0.00	0.00	25.36	628.90	47,183.47	94,733.78	94,733.78
0.00	0.00	0.00	24.51	623.29	47,183.47	95,357.07	95,357.07
0.00	0.00	0.00	24.44	611.79	47,183.47	95,968.86	95,968.86
0.00	0.00	0.00	25.24	620.93	47,183.47	96,589.79	96,589.79
0.00	0.00	0.00	23.84	613.50	47,183.47	97,203.29	97,203.29
0.00	0.00	0.00	15.82	495.84	47,183.47	97,699.13	97,699.13
9.78	122.27	122.27	6.90	284.08	47,305.74	97,983.21	97,983.21
25.48	440.71	440.71	6.90	172.51	47,746.45	98,155.72	98,155.72
26.62	651.14	651.14	6.90	172.44	48,397.59	98,328.16	98,328.16
23.47	626.07	626.07	6.90	172.44	49,023.66	98,500.60	98,500.60
28.63	651.26	651.26	6.90	172.44	49,674.92	98,673.04	98,673.04
32.67	766.26	766.26	6.90	172.44	50,441.18	98,845.48	98,845.48
30.51	789.73	789.73	6.90	172.44	51,230.91	99,017.92	99,017.92
30.03	756.74	756.74	6.90	172.44	51,987.65	99,190.36	99,190.36
31.35	767.21	767.21	6.90	172.44	52,754.86	99,362.80	99,362.80
35.05	829.92	829.92	6.90	172.44	53,584.78	99,535.24	99,535.24
41.25	953.73	953.73	6.90	172.44	54,538.51	99,707.68	99,707.68
50.95	1,152.52	1,152.52	6.90	172.44	55,691.03	99,880.12	99,880.12
57.27	1,352.82	1,352.82	6.90	172.45	57,043.85	100,052.57	100,052.57
59.01	1,453.59	1,453.59	6.90	172.46	58,497.44	100,225.04	100,225.04
54.85	1,423.23	1,423.23	6.90	172.46	59,920.67	100,397.49	100,397.49
51.82	1,333.32	1,333.32	6.90	172.44	61,253.99	100,569.93	100,569.93

46.00	1,222.78	1,222.78	6.90	172.44	62,476.77	100,742.38	100,742.38
47.04	1,163.02	1,163.02	6.90	172.44	63,639.79	100,914.82	100,914.82
38.06	1,063.78	1,063.78	6.90	172.44	64,703.57	101,087.26	101,087.26
22.67	759.15	759.15	6.90	172.44	65,462.72	101,259.70	101,259.70
21.13	547.45	547.45	6.90	172.45	66,010.17	101,432.15	101,432.15
27.46	607.32	607.32	6.90	172.46	66,617.49	101,604.61	101,604.61
24.70	651.98	651.98	6.90	172.46	67,269.47	101,777.07	101,777.07
16.00	508.74	508.74	6.90	172.45	67,778.20	101,949.52	101,949.52
16.91	411.35	411.35	6.90	172.45	68,189.55	102,121.98	102,121.98
16.64	419.44	419.44	6.90	172.45	68,608.99	102,294.43	102,294.43
17.49	426.73	426.73	6.90	172.45	69,035.72	102,466.88	102,466.88
18.29	447.37	447.37	6.90	172.44	69,483.09	102,639.32	102,639.32
16.15	430.62	430.62	6.90	172.44	69,913.71	102,811.76	102,811.76
17.49	420.50	420.50	6.90	172.45	70,334.21	102,984.21	102,984.21
16.37	423.19	423.19	6.90	172.45	70,757.40	103,156.66	103,156.66
18.01	429.76	429.76	6.90	172.45	71,187.16	103,329.10	103,329.10
17.75	447.03	447.03	6.90	172.45	71,634.19	103,501.56	103,501.56
17.51	440.72	440.72	6.90	172.45	72,074.91	103,674.00	103,674.00
17.31	435.23	435.23	6.90	172.44	72,510.14	103,846.44	103,846.44
17.91	440.30	440.30	6.90	172.44	72,950.44	104,018.89	104,018.89
18.22	451.61	451.61	6.90	172.44	73,402.05	104,191.33	104,191.33
15.66	423.45	423.45	6.90	172.44	73,825.51	104,363.77	104,363.77
17.44	413.78	413.78	6.90	172.45	74,239.28	104,536.23	104,536.23
18.17	445.22	445.22	6.90	172.46	74,684.50	104,708.69	104,708.69
18.22	454.96	454.96	6.90	172.45	75,139.46	104,881.14	104,881.14
18.49	458.89	458.89	6.90	172.45	75,598.35	105,053.58	105,053.58
19.55	475.46	475.46	6.90	172.45	76,073.80	105,226.03	105,226.03
19.70	490.54	490.54	6.90	172.44	76,564.35	105,398.47	105,398.47
20.31	500.01	500.01	6.90	172.44	77,064.36	105,570.91	105,570.91
19.39	496.15	496.15	6.90	172.44	77,560.51	105,743.35	105,743.35
23.09	530.93	530.93	6.90	172.44	78,091.44	105,915.79	105,915.79
26.05	614.24	614.24	6.90	172.44	78,705.68	106,088.23	106,088.23
29.25	691.32	691.32	6.90	172.44	79,397.00	106,260.67	106,260.67
28.91	727.07	727.07	6.90	172.44	80,124.08	106,433.11	106,433.11
28.27	714.74	714.74	6.90	172.44	80,838.82	106,605.55	106,605.55
26.67	686.77	686.77	6.90	172.44	81,525.59	106,777.99	106,777.99
26.77	668.05	668.05	6.90	172.44	82,193.64	106,950.43	106,950.43
24.65	642.77	642.77	6.90	172.44	82,836.41	107,122.87	107,122.87
23.18	597.87	597.87	6.90	172.44	83,434.28	107,295.31	107,295.31
23.11	578.55	578.55	6.90	172.44	84,012.83	107,467.75	107,467.75
23.34	580.58	580.58	6.90	172.44	84,593.41	107,640.19	107,640.19
23.02	579.47	579.47	6.90	172.44	85,172.89	107,812.63	107,812.63
22.05	563.33	563.33	6.90	172.44	85,736.22	107,985.07	107,985.07
19.08	514.13	514.13	6.90	172.44	86,250.34	108,157.51	108,157.51
18.77	473.17	473.17	6.90	172.44	86,723.52	108,329.95	108,329.95
18.91	470.99	470.99	6.90	172.44	87,194.50	108,502.39	108,502.39

19.48	479.82	479.82	6.90	172.44	87,674.33	108,674.83	108,674.83
19.38	485.75	485.75	6.90	172.44	88,160.08	108,847.27	108,847.27
19.64	487.74	487.74	6.90	172.44	88,647.82	109,019.71	109,019.71
20.06	496.29	496.29	6.90	172.44	89,144.11	109,192.15	109,192.15
20.34	505.04	505.04	6.90	172.44	89,649.15	109,364.59	109,364.59
21.20	519.25	519.25	6.90	172.44	90,168.41	109,537.03	109,537.03
21.42	532.73	532.73	6.90	172.44	90,701.13	109,709.47	109,709.47
23.25	558.32	558.32	6.90	172.44	91,259.46	109,881.91	109,881.91
27.04	628.67	628.67	6.90	172.44	91,888.12	110,054.36	110,054.36
28.65	696.12	696.12	6.90	172.44	92,584.24	110,226.80	110,226.80
29.47	726.45	726.45	6.90	172.44	93,310.69	110,399.24	110,399.24
29.03	731.27	731.27	6.90	172.44	94,041.96	110,571.68	110,571.68
28.39	717.70	717.70	6.90	172.44	94,759.66	110,744.12	110,744.12
28.38	709.53	709.53	6.90	172.44	95,469.19	110,916.56	110,916.56
30.14	731.48	731.48	6.90	172.44	96,200.67	111,089.00	111,089.00
31.95	776.12	776.12	6.90	172.44	96,976.78	111,261.44	111,261.44
31.22	789.54	789.54	6.90	172.44	97,766.33	111,433.88	111,433.88
29.25	755.82	755.82	6.90	172.44	98,522.15	111,606.32	111,606.32
27.45	708.76	708.76	6.90	172.44	99,230.90	111,778.76	111,778.76
26.78	677.85	677.85	6.90	172.44	99,908.76	111,951.20	111,951.20
25.14	649.01	649.01	6.90	172.44	100,557.77	112,123.64	112,123.64
22.82	599.49	599.49	6.90	172.44	101,157.25	112,296.08	112,296.08
19.71	531.53	531.53	6.90	172.44	101,688.78	112,468.52	112,468.52
16.38	451.02	451.02	6.90	172.44	102,139.80	112,640.96	112,640.96
13.75	376.56	376.56	6.90	172.44	102,516.37	112,813.40	112,813.40
12.47	327.79	327.79	6.90	172.44	102,844.16	112,985.84	112,985.84
11.78	303.21	303.21	6.90	172.44	103,147.37	113,158.28	113,158.28
10.62	280.05	280.05	6.90	172.44	103,427.42	113,330.72	113,330.72
9.94	257.01	257.01	6.90	172.44	103,684.43	113,503.16	113,503.16
9.47	242.63	242.63	6.90	172.44	103,927.06	113,675.60	113,675.60
10.32	247.33	247.33	6.90	172.44	104,174.40	113,848.04	113,848.04
10.59	261.30	261.30	6.90	172.44	104,435.70	114,020.48	114,020.48
11.75	279.25	279.25	6.90	172.44	104,714.95	114,192.92	114,192.92
13.65	317.56	317.56	6.90	172.44	105,032.52	114,365.36	114,365.36
17.02	383.45	383.45	6.90	172.44	105,415.97	114,537.80	114,537.80
21.41	480.44	480.44	6.90	172.44	105,896.41	114,710.24	114,710.24
25.72	589.20	589.20	6.90	172.44	106,485.61	114,882.68	114,882.68
25.66	642.31	642.31	6.90	172.44	107,127.92	115,055.12	115,055.12
22.54	602.53	602.53	6.90	172.44	107,730.45	115,227.56	115,227.56
18.07	507.66	507.66	6.90	172.44	108,238.11	115,400.00	115,400.00
13.54	395.11	395.11	6.90	172.44	108,633.21	115,572.44	115,572.44
12.78	329.00	329.00	6.90	172.44	108,962.22	115,744.88	115,744.88
14.89	345.91	345.91	6.90	172.44	109,308.12	115,917.32	115,917.32
13.40	353.67	353.67	6.90	172.44	109,661.79	116,089.76	116,089.76
8.17	269.71	269.71	6.90	172.44	109,931.50	116,262.20	116,262.20
3.77	149.25	149.25	6.90	172.44	110,080.75	116,434.64	116,434.64

0.98	59.33	59.33	7.63	181.63	110,140.08	116,616.27	116,616.27
0.00	12.23	12.23	9.05	208.53	110,152.31	116,824.80	116,824.80
0.00	0.00	0.00	9.43	231.02	110,152.31	117,055.82	117,055.82
0.00	0.00	0.00	10.07	243.71	110,152.31	117,299.53	117,299.53
0.00	0.00	0.00	10.43	256.19	110,152.31	117,555.72	117,555.72
0.00	0.00	0.00	11.07	268.71	110,152.31	117,824.43	117,824.43
0.00	0.00	0.00	12.57	295.46	110,152.31	118,119.89	118,119.89
0.00	0.00	0.00	13.43	324.96	110,152.31	118,444.86	118,444.86
0.00	0.00	0.00	13.75	339.66	110,152.31	118,784.52	118,784.52
0.00	0.00	0.00	13.46	340.03	110,152.31	119,124.55	119,124.55
0.00	0.00	0.00	13.64	338.65	110,152.31	119,463.20	119,463.20
0.00	0.00	0.00	14.37	350.08	110,152.31	119,813.29	119,813.29
0.00	0.00	0.00	14.30	358.43	110,152.31	120,171.71	120,171.71
0.00	0.00	0.00	14.43	359.20	110,152.31	120,530.91	120,530.91
0.00	0.00	0.00	14.54	362.18	110,152.31	120,893.08	120,893.08
0.00	0.00	0.00	14.47	362.65	110,152.31	121,255.74	121,255.74
0.00	0.00	0.00	14.69	364.45	110,152.31	121,620.19	121,620.19
0.00	0.00	0.00	14.61	366.16	110,152.31	121,986.35	121,986.35
0.00	0.00	0.00	14.51	363.92	110,152.31	122,350.26	122,350.26
0.00	0.00	0.00	13.52	350.35	110,152.31	122,700.61	122,700.61
0.00	0.00	0.00	11.91	317.90	110,152.31	123,018.52	123,018.52
0.00	0.00	0.00	10.02	274.07	110,152.31	123,292.59	123,292.59
0.56	7.05	7.05	8.24	228.20	110,159.36	123,520.78	123,520.78
0.77	16.62	16.62	7.73	199.68	110,175.97	123,720.46	123,720.46
0.00	9.57	9.57	9.16	211.18	110,185.54	123,931.64	123,931.64
0.00	0.00	0.00	9.85	237.68	110,185.54	124,169.32	124,169.32
0.00	0.00	0.00	10.62	255.98	110,185.54	124,425.31	124,425.31
0.00	0.00	0.00	11.22	273.03	110,185.54	124,698.34	124,698.34
0.00	0.00	0.00	12.81	300.38	110,185.54	124,998.72	124,998.72
0.00	0.00	0.00	16.61	367.83	110,185.54	125,366.55	125,366.55
0.00	0.00	0.00	21.51	476.50	110,185.54	125,843.05	125,843.05
0.00	0.00	0.00	27.05	606.96	110,185.54	126,450.01	126,450.01
0.00	0.00	0.00	29.91	712.02	110,185.54	127,162.03	127,162.03
0.00	0.00	0.00	34.97	810.97	110,185.54	127,973.00	127,973.00
0.00	0.00	0.00	32.68	845.62	110,185.54	128,818.63	128,818.63
0.00	0.00	0.00	36.05	859.13	110,185.54	129,677.75	129,677.75
0.00	0.00	0.00	40.42	955.88	110,185.54	130,633.63	130,633.63
0.00	0.00	0.00	43.79	1,052.67	110,185.54	131,686.30	131,686.30
0.00	0.00	0.00	44.75	1,106.77	110,185.54	132,793.07	132,793.07
0.00	0.00	0.00	49.02	1,172.12	110,185.54	133,965.20	133,965.20
0.00	0.00	0.00	46.40	1,192.73	110,185.54	135,157.93	135,157.93
0.00	0.00	0.00	44.73	1,139.09	110,185.54	136,297.01	136,297.01
0.00	0.00	0.00	48.90	1,170.35	110,185.54	137,467.36	137,467.36
0.00	0.00	0.00	62.12	1,387.71	110,185.54	138,855.07	138,855.07
0.00	0.00	0.00	68.55	1,633.34	110,185.54	140,488.41	140,488.41
0.00	0.00	0.00	74.13	1,783.53	110,185.54	142,271.93	142,271.93

0.00	0.00	0.00	76.37	1,881.26	110,185.54	144,153.20	144,153.20
0.00	0.00	0.00	82.98	1,991.84	110,185.54	146,145.03	146,145.03
0.00	0.00	0.00	66.63	1,870.04	110,185.54	148,015.08	148,015.08
0.00	0.00	0.00	74.07	1,758.66	110,185.54	149,773.73	149,773.73
0.00	0.00	0.00	62.49	1,706.99	110,185.54	151,480.72	151,480.72
0.00	0.00	0.00	61.23	1,546.52	110,185.54	153,027.25	153,027.25
0.00	0.00	0.00	61.47	1,533.70	110,185.54	154,560.94	154,560.94
0.00	0.00	0.00	73.71	1,689.69	110,185.54	156,250.63	156,250.63
0.00	0.00	0.00	108.07	2,272.17	110,185.54	158,522.80	158,522.80
0.00	0.00	0.00	114.30	2,779.64	110,185.54	161,302.44	161,302.44
0.00	0.00	0.00	115.40	2,871.28	110,185.54	164,173.72	164,173.72
0.00	0.00	0.00	117.49	2,911.12	110,185.54	167,084.85	167,084.85
0.00	0.00	0.00	118.21	2,946.22	110,185.54	170,031.07	170,031.07
0.00	0.00	0.00	120.25	2,980.64	110,185.54	173,011.71	173,011.71
0.00	0.00	0.00	119.92	3,002.04	110,185.54	176,013.74	176,013.74
0.00	0.00	0.00	120.92	3,010.44	110,185.54	179,024.19	179,024.19
0.00	0.00	0.00	125.21	3,076.61	110,185.54	182,100.79	182,100.79
0.00	0.00	0.00	126.19	3,142.55	110,185.54	185,243.35	185,243.35
0.00	0.00	0.00	127.00	3,164.86	110,185.54	188,408.20	188,408.20
0.00	0.00	0.00	127.39	3,179.77	110,185.54	191,587.98	191,587.98
0.00	0.00	0.00	127.46	3,185.53	110,185.54	194,773.50	194,773.50
0.00	0.00	0.00	133.23	3,258.52	110,185.54	198,032.02	198,032.02
0.00	0.00	0.00	134.95	3,352.19	110,185.54	201,384.21	201,384.21
0.00	0.00	0.00	132.23	3,339.71	110,185.54	204,723.92	204,723.92
0.00	0.00	0.00	136.19	3,355.25	110,185.54	208,079.17	208,079.17
0.00	0.00	0.00	134.76	3,386.96	110,185.54	211,466.13	211,466.13
0.00	0.00	0.00	131.27	3,325.43	110,185.54	214,791.57	214,791.57
0.00	0.00	0.00	115.68	3,086.90	110,185.54	217,878.47	217,878.47
0.00	0.00	0.00	136.09	3,147.20	110,185.54	221,025.67	221,025.67
0.00	0.00	0.00	130.74	3,335.39	110,185.54	224,361.07	224,361.07
0.00	0.00	0.00	128.24	3,237.23	110,185.54	227,598.30	227,598.30
0.00	0.00	0.00	130.36	3,232.57	110,185.54	230,830.87	230,830.87
0.00	0.00	0.00	124.53	3,186.13	110,185.54	234,017.00	234,017.00
0.00	0.00	0.00	131.31	3,197.96	110,185.54	237,214.96	237,214.96
0.00	0.00	0.00	141.05	3,404.54	110,185.54	240,619.49	240,619.49
0.00	0.00	0.00	141.96	3,537.63	110,185.54	244,157.12	244,157.12
0.00	0.00	0.00	141.52	3,543.52	110,185.54	247,700.64	247,700.64
0.00	0.00	0.00	143.30	3,560.28	110,185.54	251,260.92	251,260.92
0.00	0.00	0.00	143.91	3,590.14	110,185.54	254,851.06	254,851.06
0.00	0.00	0.00	144.95	3,610.75	110,185.54	258,461.81	258,461.81
0.00	0.00	0.00	145.51	3,630.68	110,185.54	262,092.49	262,092.49
0.00	0.00	0.00	148.45	3,674.48	110,185.54	265,766.97	265,766.97
0.00	0.00	0.00	94.88	3,041.69	110,185.54	268,808.66	268,808.66
48.37	604.66	604.66	6.90	1,272.27	110,790.20	270,080.94	270,080.94
34.66	1,037.91	1,037.91	6.90	172.44	111,828.11	270,253.38	270,253.38
2.91	469.65	469.65	7.14	175.46	112,297.77	270,428.84	270,428.84

0.00	36.41	36.41	25.90	412.93	112,334.17	270,841.77	270,841.77
0.00	0.00	0.00	53.89	997.37	112,334.17	271,839.14	271,839.14
0.00	0.00	0.00	68.74	1,532.95	112,334.17	273,372.08	273,372.08
0.00	0.00	0.00	78.89	1,845.40	112,334.17	275,217.48	275,217.48
0.00	0.00	0.00	85.09	2,049.76	112,334.17	277,267.24	277,267.24
0.00	0.00	0.00	64.36	1,868.13	112,334.17	279,135.37	279,135.37
0.00	0.00	0.00	32.89	1,215.66	112,334.17	280,351.03	280,351.03
0.00	0.00	0.00	28.33	765.35	112,334.17	281,116.38	281,116.38
0.00	0.00	0.00	44.43	909.61	112,334.17	282,025.99	282,025.99
0.00	0.00	0.00	58.29	1,284.12	112,334.17	283,310.10	283,310.10
0.00	0.00	0.00	73.99	1,653.51	112,334.17	284,963.61	284,963.61
0.00	0.00	0.00	76.99	1,887.18	112,334.17	286,850.79	286,850.79
0.00	0.00	0.00	85.15	2,026.75	112,334.17	288,877.54	288,877.54
0.00	0.00	0.00	91.19	2,204.33	112,334.17	291,081.86	291,081.86
0.00	0.00	0.00	96.22	2,342.73	112,334.17	293,424.59	293,424.59
0.00	0.00	0.00	101.09	2,466.44	112,334.17	295,891.03	295,891.03
0.00	0.00	0.00	113.21	2,678.78	112,334.17	298,569.82	298,569.82
0.00	0.00	0.00	113.36	2,832.09	112,334.17	301,401.91	301,401.91
0.00	0.00	0.00	109.22	2,782.26	112,334.17	304,184.17	304,184.17
0.00	0.00	0.00	112.08	2,766.35	112,334.17	306,950.52	306,950.52
0.00	0.00	0.00	113.24	2,816.57	112,334.17	309,767.10	309,767.10
0.00	0.00	0.00	108.83	2,775.88	112,334.17	312,542.98	312,542.98
0.00	0.00	0.00	106.27	2,688.78	112,334.17	315,231.75	315,231.75
0.00	0.00	0.00	104.85	2,639.11	112,334.17	317,870.86	317,870.86
0.00	0.00	0.00	104.29	2,614.33	112,334.17	320,485.20	320,485.20
0.00	0.00	0.00	102.04	2,579.10	112,334.17	323,064.30	323,064.30
0.00	0.00	0.00	99.86	2,523.75	112,334.17	325,588.05	325,588.05
0.00	0.00	0.00	99.01	2,485.90	112,334.17	328,073.96	328,073.96
0.00	0.00	0.00	96.56	2,444.59	112,334.17	330,518.55	330,518.55
0.00	0.00	0.00	93.90	2,380.76	112,334.17	332,899.31	332,899.31
0.00	0.00	0.00	86.55	2,255.65	112,334.17	335,154.96	335,154.96
0.00	0.00	0.00	84.05	2,132.46	112,334.17	337,287.42	337,287.42
0.00	0.00	0.00	83.83	2,098.46	112,334.17	339,385.89	339,385.89
0.00	0.00	0.00	79.24	2,038.35	112,334.17	341,424.24	341,424.24
0.00	0.00	0.00	74.48	1,921.50	112,334.17	343,345.73	343,345.73
0.00	0.00	0.00	69.31	1,797.46	112,334.17	345,143.19	345,143.19
0.00	0.00	0.00	64.68	1,674.92	112,334.17	346,818.11	346,818.11
0.00	0.00	0.00	64.36	1,613.04	112,334.17	348,431.15	348,431.15
0.00	0.00	0.00	58.93	1,541.20	112,334.17	349,972.35	349,972.35
0.00	0.00	0.00	48.70	1,345.38	112,334.17	351,317.72	351,317.72
0.00	0.00	0.00	37.62	1,079.00	112,334.17	352,396.73	352,396.73
0.00	0.00	0.00	27.64	815.75	112,334.17	353,212.47	353,212.47
0.00	0.00	0.00	25.98	670.24	112,334.17	353,882.71	353,882.71
0.00	0.00	0.00	26.79	659.61	112,334.17	354,542.33	354,542.33
0.00	0.00	0.00	28.48	690.79	112,334.17	355,233.11	355,233.11
0.00	0.00	0.00	29.28	721.98	112,334.17	355,955.09	355,955.09

0.00	0.00	0.00	32.99	778.46	112,334.17	356,733.55	356,733.55
0.00	0.00	0.00	39.20	902.44	112,334.17	357,635.99	357,635.99
0.00	0.00	0.00	46.07	1,065.90	112,334.17	358,701.89	358,701.89
0.00	0.00	0.00	52.55	1,232.83	112,334.17	359,934.72	359,934.72
0.00	0.00	0.00	54.54	1,338.70	112,334.17	361,273.42	361,273.42
0.00	0.00	0.00	59.27	1,422.69	112,334.17	362,696.11	362,696.11
0.00	0.00	0.00	64.06	1,541.72	112,334.17	364,237.84	364,237.84
0.00	0.00	0.00	62.70	1,584.54	112,334.17	365,822.38	365,822.38
0.00	0.00	0.00	64.42	1,588.95	112,334.17	367,411.32	367,411.32
0.00	0.00	0.00	70.46	1,685.90	112,334.17	369,097.22	369,097.22
0.00	0.00	0.00	70.14	1,757.50	112,334.17	370,854.72	370,854.72
0.00	0.00	0.00	71.63	1,772.13	112,334.17	372,626.86	372,626.86
0.00	0.00	0.00	76.47	1,851.19	112,334.17	374,478.04	374,478.04
0.00	0.00	0.00	82.13	1,982.45	112,334.17	376,460.49	376,460.49
0.00	0.00	0.00	77.32	1,993.03	112,334.17	378,453.52	378,453.52
0.00	0.00	0.00	75.12	1,905.46	112,334.17	380,358.99	380,358.99
0.00	0.00	0.00	78.03	1,914.36	112,334.17	382,273.35	382,273.35
0.00	0.00	0.00	79.63	1,970.75	112,334.17	384,244.10	384,244.10
0.00	0.00	0.00	86.90	2,081.61	112,334.17	386,325.72	386,325.72
0.00	0.00	0.00	87.21	2,176.36	112,334.17	388,502.07	388,502.07
0.00	0.00	0.00	87.79	2,187.51	112,334.17	390,689.58	390,689.58
0.00	0.00	0.00	85.29	2,163.47	112,334.17	392,853.05	392,853.05
0.00	0.00	0.00	84.94	2,127.84	112,334.17	394,980.89	394,980.89
0.00	0.00	0.00	88.43	2,167.07	112,334.17	397,147.96	397,147.96
0.00	0.00	0.00	87.14	2,194.65	112,334.17	399,342.61	399,342.61
0.00	0.00	0.00	86.70	2,173.11	112,334.17	401,515.72	401,515.72
0.00	0.00	0.00	88.49	2,189.92	112,334.17	403,705.64	403,705.64
0.00	0.00	0.00	87.53	2,200.23	112,334.17	405,905.87	405,905.87
0.00	0.00	0.00	85.20	2,159.19	112,334.17	408,065.06	408,065.06
0.00	0.00	0.00	86.93	2,151.70	112,334.17	410,216.76	410,216.76
0.00	0.00	0.00	77.15	2,051.06	112,334.17	412,267.81	412,267.81
0.00	0.00	0.00	72.60	1,871.96	112,334.17	414,139.77	414,139.77
0.00	0.00	0.00	70.32	1,786.60	112,334.17	415,926.37	415,926.37
0.00	0.00	0.00	78.22	1,856.82	112,334.17	417,783.19	417,783.19
0.00	0.00	0.00	70.30	1,856.46	112,334.17	419,639.65	419,639.65
0.00	0.00	0.00	61.80	1,651.18	112,334.17	421,290.83	421,290.83
0.00	0.00	0.00	56.76	1,481.97	112,334.17	422,772.80	422,772.80
0.00	0.00	0.00	58.52	1,441.04	112,334.17	424,213.84	424,213.84
0.00	0.00	0.00	58.40	1,461.56	112,334.17	425,675.40	425,675.40
0.00	0.00	0.00	60.22	1,482.78	112,334.17	427,158.18	427,158.18
0.00	0.00	0.00	59.17	1,492.44	112,334.17	428,650.62	428,650.62
0.00	0.00	0.00	57.63	1,460.03	112,334.17	430,110.65	430,110.65
0.00	0.00	0.00	56.14	1,422.07	112,334.17	431,532.72	431,532.72
0.00	0.00	0.00	55.11	1,390.63	112,334.17	432,923.36	432,923.36
0.00	0.00	0.00	54.50	1,370.14	112,334.17	434,293.50	434,293.50
0.00	0.00	0.00	53.66	1,351.91	112,334.17	435,645.41	435,645.41

0.00	0.00	0.00	52.52	1,327.14	112,334.17	436,972.55	436,972.55
0.00	0.00	0.00	51.25	1,297.04	112,334.17	438,269.59	438,269.59
0.00	0.00	0.00	51.69	1,286.75	112,334.17	439,556.34	439,556.34
0.00	0.00	0.00	52.38	1,300.89	112,334.17	440,857.23	440,857.23
0.00	0.00	0.00	51.29	1,295.84	112,334.17	442,153.08	442,153.08
0.00	0.00	0.00	51.31	1,282.45	112,334.17	443,435.53	443,435.53
0.00	0.00	0.00	50.36	1,270.87	112,334.17	444,706.40	444,706.40
0.00	0.00	0.00	51.46	1,272.74	112,334.17	445,979.13	445,979.13
0.00	0.00	0.00	53.01	1,305.86	112,334.17	447,285.00	447,285.00
0.00	0.00	0.00	55.47	1,356.03	112,334.17	448,641.02	448,641.02
0.00	0.00	0.00	57.77	1,415.54	112,334.17	450,056.56	450,056.56
0.00	0.00	0.00	56.09	1,423.35	112,334.17	451,479.91	451,479.91
0.00	0.00	0.00	50.41	1,331.27	112,334.17	452,811.18	452,811.18
0.00	0.00	0.00	51.45	1,273.24	112,334.17	454,084.43	454,084.43
0.00	0.00	0.00	47.92	1,242.15	112,334.17	455,326.58	455,326.58
0.00	0.00	0.00	43.35	1,140.92	112,334.17	456,467.50	456,467.50
0.00	0.00	0.00	44.55	1,098.84	112,334.17	457,566.33	457,566.33
0.00	0.00	0.00	47.32	1,148.35	112,334.17	458,714.68	458,714.68
0.00	0.00	0.00	43.42	1,134.21	112,334.17	459,848.89	459,848.89
0.00	0.00	0.00	43.11	1,081.68	112,334.17	460,930.57	460,930.57
0.00	0.00	0.00	38.17	1,016.06	112,334.17	461,946.63	461,946.63
0.00	0.00	0.00	36.77	936.80	112,334.17	462,883.43	462,883.43
0.00	0.00	0.00	46.02	1,034.84	112,334.17	463,918.27	463,918.27
0.00	0.00	0.00	40.91	1,086.52	112,334.17	465,004.79	465,004.79
0.00	0.00	0.00	38.16	988.28	112,334.17	465,993.07	465,993.07
0.00	0.00	0.00	35.45	920.10	112,334.17	466,913.17	466,913.17
0.00	0.00	0.00	36.73	902.22	112,334.17	467,815.40	467,815.40
0.00	0.00	0.00	37.99	933.97	112,334.17	468,749.36	468,749.36
0.00	0.00	0.00	36.41	930.06	112,334.17	469,679.43	469,679.43
0.00	0.00	0.00	43.40	997.67	112,334.17	470,677.10	470,677.10
0.00	0.00	0.00	43.14	1,081.68	112,334.17	471,758.78	471,758.78
0.00	0.00	0.00	44.70	1,097.92	112,334.17	472,856.70	472,856.70
0.00	0.00	0.00	42.85	1,094.39	112,334.17	473,951.09	473,951.09
0.00	0.00	0.00	43.87	1,083.98	112,334.17	475,035.07	475,035.07
0.00	0.00	0.00	40.60	1,055.79	112,334.17	476,090.86	476,090.86
0.00	0.00	0.00	39.60	1,002.52	112,334.17	477,093.38	477,093.38
0.00	0.00	0.00	36.09	946.12	112,334.17	478,039.50	478,039.50
0.00	0.00	0.00	33.76	873.12	112,334.17	478,912.62	478,912.62
0.00	0.00	0.00	31.27	812.90	112,334.17	479,725.53	479,725.53
0.00	0.00	0.00	31.14	780.16	112,334.17	480,505.68	480,505.68
0.00	0.00	0.00	32.79	799.13	112,334.17	481,304.81	481,304.81
0.00	0.00	0.00	39.10	898.61	112,334.17	482,203.42	482,203.42
0.00	0.00	0.00	42.08	1,014.80	112,334.17	483,218.21	483,218.21
0.00	0.00	0.00	41.95	1,050.36	112,334.17	484,268.58	484,268.58
0.00	0.00	0.00	37.61	994.47	112,334.17	485,263.04	485,263.04
0.00	0.00	0.00	32.48	876.07	112,334.17	486,139.11	486,139.11

0.00	0.00	0.00	38.61	888.61	112,334.17	487,027.73	487,027.73
0.00	0.00	0.00	44.51	1,038.99	112,334.17	488,066.72	488,066.72
0.00	0.00	0.00	43.76	1,103.34	112,334.17	489,170.05	489,170.05
0.00	0.00	0.00	42.16	1,073.96	112,334.17	490,244.01	490,244.01
0.00	0.00	0.00	40.85	1,037.56	112,334.17	491,281.57	491,281.57
0.00	0.00	0.00	40.12	1,012.09	112,334.17	492,293.66	492,293.66
0.00	0.00	0.00	40.40	1,006.43	112,334.17	493,300.10	493,300.10
0.00	0.00	0.00	39.45	998.04	112,334.17	494,298.14	494,298.14
0.00	0.00	0.00	37.74	964.83	112,334.17	495,262.96	495,262.96
0.00	0.00	0.00	36.89	932.90	112,334.17	496,195.86	496,195.86
0.00	0.00	0.00	36.54	917.86	112,334.17	497,113.73	497,113.73
0.00	0.00	0.00	34.10	882.91	112,334.17	497,996.64	497,996.64
0.00	0.00	0.00	34.69	859.81	112,334.17	498,856.44	498,856.44
0.00	0.00	0.00	33.10	847.41	112,334.17	499,703.85	499,703.85
0.00	0.00	0.00	33.01	826.48	112,334.17	500,530.33	500,530.33
0.00	0.00	0.00	32.74	821.94	112,334.17	501,352.27	501,352.27
0.00	0.00	0.00	33.25	824.87	112,334.17	502,177.15	502,177.15
0.00	0.00	0.00	35.00	853.13	112,334.17	503,030.28	503,030.28
0.00	0.00	0.00	32.70	846.29	112,334.17	503,876.56	503,876.56
0.00	0.00	0.00	32.49	814.89	112,334.17	504,691.45	504,691.45
0.00	0.00	0.00	31.74	802.92	112,334.17	505,494.37	505,494.37
0.00	0.00	0.00	32.26	799.99	112,334.17	506,294.36	506,294.36
0.00	0.00	0.00	31.56	797.70	112,334.17	507,092.06	507,092.06
0.00	0.00	0.00	33.75	816.34	112,334.17	507,908.41	507,908.41
0.00	0.00	0.00	33.37	838.99	112,334.17	508,747.39	508,747.39
0.00	0.00	0.00	33.59	837.02	112,334.17	509,584.41	509,584.41
0.00	0.00	0.00	32.92	831.41	112,334.17	510,415.82	510,415.82
0.00	0.00	0.00	32.62	819.34	112,334.17	511,235.16	511,235.16
0.00	0.00	0.00	32.43	813.14	112,334.17	512,048.30	512,048.30
0.00	0.00	0.00	31.52	799.38	112,334.17	512,847.68	512,847.68
0.00	0.00	0.00	31.42	786.74	112,334.17	513,634.42	513,634.42
0.00	0.00	0.00	31.11	781.60	112,334.17	514,416.02	514,416.02
0.00	0.00	0.00	29.54	758.18	112,334.17	515,174.21	515,174.21
0.00	0.00	0.00	29.85	742.46	112,334.17	515,916.67	515,916.67
0.00	0.00	0.00	23.08	661.71	112,334.17	516,578.38	516,578.38
0.00	0.00	0.00	25.95	612.95	112,334.17	517,191.32	517,191.32
0.00	0.00	0.00	27.35	666.35	112,334.17	517,857.68	517,857.68
0.00	0.00	0.00	26.95	678.80	112,334.17	518,536.48	518,536.48
0.00	0.00	0.00	25.01	649.44	112,334.17	519,185.92	519,185.92
0.00	0.00	0.00	25.24	628.10	112,334.17	519,814.02	519,814.02
0.00	0.00	0.00	23.11	604.39	112,334.17	520,418.40	520,418.40
0.00	0.00	0.00	16.64	496.83	112,334.17	520,915.23	520,915.23
0.00	0.00	0.00	16.88	418.96	112,334.17	521,334.20	521,334.20
0.00	0.00	0.00	16.86	421.72	112,334.17	521,755.92	521,755.92
0.00	0.00	0.00	17.60	430.67	112,334.17	522,186.59	522,186.59
0.00	0.00	0.00	22.18	497.24	112,334.17	522,683.83	522,683.83

0.00	0.00	0.00	17.69	498.40	112,334.17	523,182.23	523,182.23
0.00	0.00	0.00	20.02	471.40	112,334.17	523,653.62	523,653.62
0.00	0.00	0.00	26.44	580.84	112,334.17	524,234.47	524,234.47
0.00	0.00	0.00	17.71	551.95	112,334.17	524,786.42	524,786.42
0.00	0.00	0.00	28.78	581.11	112,334.17	525,367.53	525,367.53
0.00	0.00	0.00	24.94	671.46	112,334.17	526,039.00	526,039.00
0.00	0.00	0.00	17.37	528.86	112,334.17	526,567.85	526,567.85
0.00	0.00	0.00	17.02	429.81	112,334.17	526,997.67	526,997.67
0.00	0.00	0.00	19.58	457.49	112,334.17	527,455.15	527,455.15
0.00	0.00	0.00	19.28	485.79	112,334.17	527,940.95	527,940.95
0.00	0.00	0.00	19.91	489.91	112,334.17	528,430.85	528,430.85
0.00	0.00	0.00	24.48	554.86	112,334.17	528,985.71	528,985.71
0.00	0.00	0.00	22.41	586.10	112,334.17	529,571.81	529,571.81
0.00	0.00	0.00	26.64	613.13	112,334.17	530,184.94	530,184.94
0.00	0.00	0.00	25.88	656.48	112,334.17	530,841.42	530,841.42
0.00	0.00	0.00	23.64	618.99	112,334.17	531,460.41	531,460.41
0.00	0.00	0.00	18.59	527.89	112,334.17	531,988.29	531,988.29
0.00	0.00	0.00	26.05	558.02	112,334.17	532,546.31	532,546.31
0.00	0.00	0.00	27.37	667.76	112,334.17	533,214.07	533,214.07
0.00	0.00	0.00	30.39	722.03	112,334.17	533,936.10	533,936.10
0.00	0.00	0.00	32.54	786.64	112,334.17	534,722.74	534,722.74
0.00	0.00	0.00	40.06	907.49	112,334.17	535,630.23	535,630.23
0.00	0.00	0.00	34.25	928.90	112,334.17	536,559.14	536,559.14
0.00	0.00	0.00	33.84	851.12	112,334.17	537,410.25	537,410.25
0.00	0.00	0.00	39.33	914.63	112,334.17	538,324.88	538,324.88
0.00	0.00	0.00	38.81	976.74	112,334.17	539,301.63	539,301.63
0.00	0.00	0.00	37.61	955.23	112,334.17	540,256.86	540,256.86
0.00	0.00	0.00	36.60	927.66	112,334.17	541,184.52	541,184.52
0.00	0.00	0.00	32.30	861.29	112,334.17	542,045.81	542,045.81
0.00	0.00	0.00	34.47	834.66	112,334.17	542,880.46	542,880.46
0.00	0.00	0.00	38.50	912.19	112,334.17	543,792.66	543,792.66
0.00	0.00	0.00	30.08	857.29	112,334.17	544,649.95	544,649.95
0.00	0.00	0.00	28.79	735.87	112,334.17	545,385.82	545,385.82
0.00	0.00	0.00	35.23	800.29	112,334.17	546,186.11	546,186.11
0.00	0.00	0.00	30.92	826.95	112,334.17	547,013.06	547,013.06
0.00	0.00	0.00	31.84	784.49	112,334.17	547,797.55	547,797.55
0.00	0.00	0.00	29.33	764.62	112,334.17	548,562.17	548,562.17
0.00	0.00	0.00	28.05	717.27	112,334.17	549,279.44	549,279.44
0.00	0.00	0.00	25.89	674.20	112,334.17	549,953.65	549,953.65
0.00	0.00	0.00	24.13	625.28	112,334.17	550,578.93	550,578.93
0.00	0.00	0.00	26.02	626.98	112,334.17	551,205.90	551,205.90
0.00	0.00	0.00	26.40	655.33	112,334.17	551,861.23	551,861.23
0.00	0.00	0.00	24.61	637.66	112,334.17	552,498.90	552,498.90
0.00	0.00	0.00	21.80	580.17	112,334.17	553,079.06	553,079.06
0.00	0.00	0.00	19.27	513.39	112,334.17	553,592.45	553,592.45
0.00	0.00	0.00	18.66	474.16	112,334.17	554,066.61	554,066.61

0.00	0.00	0.00	15.30	424.52	112,334.17	554,491.13	554,491.13
0.00	0.00	0.00	12.10	342.50	112,334.17	554,833.63	554,833.63
0.00	0.00	0.00	11.82	298.99	112,334.17	555,132.62	555,132.62
0.00	0.00	0.00	12.43	303.13	112,334.17	555,435.75	555,435.75
0.00	0.00	0.00	13.28	321.40	112,334.17	555,757.16	555,757.16
0.00	0.00	0.00	13.78	338.26	112,334.17	556,095.42	556,095.42
0.00	0.00	0.00	14.66	355.55	112,334.17	556,450.97	556,450.97
0.00	0.00	0.00	15.42	376.02	112,334.17	556,826.99	556,826.99
0.00	0.00	0.00	16.35	397.06	112,334.17	557,224.05	557,224.05
0.00	0.00	0.00	17.22	419.54	112,334.17	557,643.59	557,643.59
0.00	0.00	0.00	17.71	436.58	112,334.17	558,080.17	558,080.17
0.00	0.00	0.00	18.09	447.49	112,334.17	558,527.66	558,527.66
0.00	0.00	0.00	19.32	467.68	112,334.17	558,995.34	558,995.34
0.00	0.00	0.00	21.90	515.28	112,334.17	559,510.62	559,510.62
0.00	0.00	0.00	23.22	563.93	112,334.17	560,074.55	560,074.55
0.00	0.00	0.00	24.63	598.06	112,334.17	560,672.61	560,672.61
0.00	0.00	0.00	28.01	657.99	112,334.17	561,330.61	561,330.61
0.00	0.00	0.00	29.39	717.47	112,334.17	562,048.08	562,048.08
0.00	0.00	0.00	31.24	757.89	112,334.17	562,805.97	562,805.97
0.00	0.00	0.00	32.37	795.14	112,334.17	563,601.11	563,601.11
0.00	0.00	0.00	32.21	807.20	112,334.17	564,408.32	564,408.32
0.00	0.00	0.00	33.55	821.98	112,334.17	565,230.29	565,230.29
0.00	0.00	0.00	34.91	855.79	112,334.17	566,086.08	566,086.08
0.00	0.00	0.00	35.30	877.65	112,334.17	566,963.73	566,963.73
0.00	0.00	0.00	35.50	884.95	112,334.17	567,848.68	567,848.68
0.00	0.00	0.00	35.38	885.97	112,334.17	568,734.65	568,734.65
0.00	0.00	0.00	36.95	904.18	112,334.17	569,638.83	569,638.83
0.00	0.00	0.00	37.87	935.30	112,334.17	570,574.13	570,574.13
0.00	0.00	0.00	37.49	942.02	112,334.17	571,516.15	571,516.15
0.00	0.00	0.00	35.72	915.11	112,334.17	572,431.26	572,431.26
0.00	0.00	0.00	35.00	883.94	112,334.17	573,315.20	573,315.20
0.00	0.00	0.00	36.25	890.67	112,334.17	574,205.87	574,205.87
0.00	0.00	0.00	35.58	897.92	112,334.17	575,103.79	575,103.79
0.00	0.00	0.00	30.79	829.68	112,334.17	575,933.47	575,933.47
0.00	0.00	0.00	31.45	778.11	112,334.17	576,711.59	576,711.59
0.00	0.00	0.00	27.77	740.34	112,334.17	577,451.93	577,451.93
0.00	0.00	0.00	29.90	720.90	112,334.17	578,172.83	578,172.83
0.00	0.00	0.00	25.22	688.93	112,334.17	578,861.76	578,861.76
0.00	0.00	0.00	20.98	577.40	112,334.17	579,439.16	579,439.16
0.00	0.00	0.00	27.13	601.28	112,334.17	580,040.43	580,040.43
0.00	0.00	0.00	27.08	677.60	112,334.17	580,718.04	580,718.04
0.00	0.00	0.00	26.39	668.40	112,334.17	581,386.44	581,386.44
0.00	0.00	0.00	26.19	657.28	112,334.17	582,043.72	582,043.72
0.00	0.00	0.00	26.09	653.56	112,334.17	582,697.28	582,697.28
0.00	0.00	0.00	26.52	657.59	112,334.17	583,354.87	583,354.87
0.00	0.00	0.00	26.06	657.18	112,334.17	584,012.05	584,012.05

0.00	0.00	0.00	25.96	650.24	112,334.17	584,662.29	584,662.29
0.00	0.00	0.00	25.87	647.83	112,334.17	585,310.12	585,310.12
0.00	0.00	0.00	25.51	642.20	112,334.17	585,952.32	585,952.32
0.00	0.00	0.00	25.73	640.53	112,334.17	586,592.85	586,592.85
0.00	0.00	0.00	25.56	641.17	112,334.17	587,234.01	587,234.01
0.00	0.00	0.00	24.03	619.82	112,334.17	587,853.84	587,853.84
0.00	0.00	0.00	23.49	593.99	112,334.17	588,447.82	588,447.82
0.00	0.00	0.00	22.50	574.91	112,334.17	589,022.73	589,022.73
0.00	0.00	0.00	21.84	554.26	112,334.17	589,576.99	589,576.99
0.00	0.00	0.00	21.99	547.91	112,334.17	590,124.90	590,124.90
0.00	0.00	0.00	22.12	551.44	112,334.17	590,676.34	590,676.34
0.00	0.00	0.00	20.92	538.03	112,334.17	591,214.37	591,214.37
0.00	0.00	0.00	20.04	511.93	112,334.17	591,726.30	591,726.30
0.00	0.00	0.00	22.69	534.06	112,334.17	592,260.36	592,260.36
0.87	10.88	10.88	20.82	543.90	112,345.05	592,804.27	592,804.27
3.31	52.26	52.26	19.68	506.28	112,397.31	593,310.55	593,310.55
8.71	150.27	150.27	18.72	480.00	112,547.58	593,790.55	593,790.55
16.66	317.15	317.15	18.95	470.87	112,864.72	594,261.42	594,261.42
20.58	465.45	465.45	19.51	480.69	113,330.17	594,742.11	594,742.11
30.69	640.86	640.86	20.06	494.61	113,971.03	595,236.72	595,236.72
34.89	819.76	819.76	20.62	508.54	114,790.79	595,745.26	595,745.26
40.68	944.55	944.55	21.18	522.47	115,735.34	596,267.73	596,267.73
48.34	1,112.71	1,112.71	21.73	536.40	116,848.05	596,804.13	596,804.13
52.88	1,265.25	1,265.25	22.05	547.29	118,113.30	597,351.42	597,351.42
57.58	1,380.70	1,380.70	22.05	551.22	119,494.00	597,902.64	597,902.64
60.43	1,475.08	1,475.08	22.05	551.22	120,969.08	598,453.86	598,453.86
63.21	1,545.56	1,545.56	22.05	551.22	122,514.64	599,005.08	599,005.08
68.77	1,649.75	1,649.75	22.05	551.22	124,164.40	599,556.29	599,556.29
73.93	1,783.73	1,783.73	22.05	551.22	125,948.13	600,107.51	600,107.51
76.04	1,874.71	1,874.71	22.05	551.22	127,822.84	600,658.73	600,658.73
72.73	1,859.74	1,859.74	22.05	551.22	129,682.58	601,209.94	601,209.94
66.03	1,734.50	1,734.50	22.05	551.22	131,417.08	601,761.16	601,761.16
62.91	1,611.64	1,611.64	22.05	551.22	133,028.72	602,312.38	602,312.38
69.42	1,654.02	1,654.02	22.05	551.22	134,682.73	602,863.60	602,863.60
72.99	1,780.10	1,780.10	22.05	551.22	136,462.83	603,414.81	603,414.81
70.68	1,795.95	1,795.95	22.05	551.22	138,258.78	603,966.03	603,966.03
59.59	1,628.44	1,628.44	22.05	551.22	139,887.22	604,517.25	604,517.25
53.07	1,408.33	1,408.33	22.05	551.22	141,295.54	605,068.47	605,068.47
56.68	1,371.96	1,371.96	22.05	551.22	142,667.50	605,619.68	605,619.68
25.41	1,026.21	1,026.21	22.05	551.22	143,693.71	606,170.90	606,170.90
5.27	383.54	383.54	23.11	564.46	144,077.25	606,735.36	606,735.36
0.00	65.86	65.86	34.26	717.12	144,143.11	607,452.49	607,452.49
0.00	0.00	0.00	32.88	839.24	144,143.11	608,291.73	608,291.73
0.00	0.00	0.00	40.93	922.57	144,143.11	609,214.30	609,214.30
0.00	0.00	0.00	52.53	1,168.20	144,143.11	610,382.49	610,382.49
0.00	0.00	0.00	68.23	1,509.50	144,143.11	611,891.99	611,891.99

0.00	0.00	0.00	79.69	1,849.07	144,143.11	613,741.06	613,741.06
0.00	0.00	0.00	89.73	2,117.81	144,143.11	615,858.86	615,858.86
0.00	0.00	0.00	101.27	2,387.46	144,143.11	618,246.32	618,246.32
0.00	0.00	0.00	107.73	2,612.42	144,143.11	620,858.74	620,858.74
0.00	0.00	0.00	112.45	2,752.22	144,143.11	623,610.97	623,610.97
0.00	0.00	0.00	118.07	2,881.54	144,143.11	626,492.50	626,492.50
0.00	0.00	0.00	124.32	3,029.94	144,143.11	629,522.44	629,522.44
0.00	0.00	0.00	132.86	3,214.76	144,143.11	632,737.20	632,737.20
0.00	0.00	0.00	138.07	3,386.65	144,143.11	636,123.85	636,123.85
0.00	0.00	0.00	144.12	3,527.45	144,143.11	639,651.29	639,651.29
0.00	0.00	0.00	153.84	3,724.56	144,143.11	643,375.86	643,375.86
0.00	0.00	0.00	165.29	3,989.13	144,143.11	647,364.99	647,364.99
0.00	0.00	0.00	177.09	4,279.76	144,143.11	651,644.75	651,644.75
0.00	0.00	0.00	184.56	4,520.62	144,143.11	656,165.37	656,165.37
0.00	0.00	0.00	185.85	4,630.14	144,143.11	660,795.50	660,795.50
0.00	0.00	0.00	191.96	4,722.67	144,143.11	665,518.17	665,518.17
0.00	0.00	0.00	192.54	4,806.29	144,143.11	670,324.46	670,324.46
0.00	0.00	0.00	175.90	4,605.48	144,143.11	674,929.94	674,929.94
0.00	0.00	0.00	170.79	4,333.59	144,143.11	679,263.53	679,263.53
0.00	0.00	0.00	170.84	4,270.43	144,143.11	683,533.96	683,533.96
0.00	0.00	0.00	178.47	4,366.43	144,143.11	687,900.40	687,900.40
0.00	0.00	0.00	184.20	4,533.43	144,143.11	692,433.83	692,433.83
0.00	0.00	0.00	194.32	4,731.48	144,143.11	697,165.31	697,165.31
0.00	0.00	0.00	195.13	4,868.10	144,143.11	702,033.40	702,033.40
0.00	0.00	0.00	191.84	4,837.13	144,143.11	706,870.53	706,870.53
0.00	0.00	0.00	199.23	4,888.34	144,143.11	711,758.87	711,758.87
0.00	0.00	0.00	213.04	5,153.31	144,143.11	716,912.18	716,912.18
0.00	0.00	0.00	213.07	5,326.35	144,143.11	722,238.53	722,238.53
0.00	0.00	0.00	185.34	4,980.17	144,143.11	727,218.70	727,218.70
0.00	0.00	0.00	184.77	4,626.41	144,143.11	731,845.11	731,845.11
0.00	0.00	0.00	189.52	4,678.69	144,143.11	736,523.80	736,523.80
0.00	0.00	0.00	175.34	4,560.83	144,143.11	741,084.63	741,084.63
0.00	0.00	0.00	166.57	4,273.88	144,143.11	745,358.51	745,358.51
0.00	0.00	0.00	158.05	4,057.77	144,143.11	749,416.28	749,416.28
0.00	0.00	0.00	160.66	3,983.87	144,143.11	753,400.15	753,400.15
0.00	0.00	0.00	179.97	4,257.81	144,143.11	757,657.96	757,657.96
0.00	0.00	0.00	192.23	4,652.43	144,143.11	762,310.39	762,310.39
0.00	0.00	0.00	195.99	4,852.73	144,143.11	767,163.12	767,163.12
0.00	0.00	0.00	198.57	4,932.01	144,143.11	772,095.13	772,095.13
0.00	0.00	0.00	210.71	5,115.93	144,143.11	777,211.06	777,211.06
0.00	0.00	0.00	200.74	5,143.14	144,143.11	782,354.20	782,354.20
0.00	0.00	0.00	202.84	5,044.86	144,143.11	787,399.05	787,399.05
0.00	0.00	0.00	209.73	5,157.16	144,143.11	792,556.22	792,556.22
0.00	0.00	0.00	218.59	5,353.95	144,143.11	797,910.17	797,910.17
0.00	0.00	0.00	215.22	5,422.53	144,143.11	803,332.70	803,332.70
0.00	0.00	0.00	212.24	5,343.13	144,143.11	808,675.83	808,675.83

0.00	0.00	0.00	211.31	5,294.27	144,143.11	813,970.10	813,970.10
0.00	0.00	0.00	210.64	5,274.32	144,143.11	819,244.42	819,244.42
0.00	0.00	0.00	209.43	5,250.83	144,143.11	824,495.25	824,495.25
0.00	0.00	0.00	206.86	5,203.58	144,143.11	829,698.83	829,698.83
0.00	0.00	0.00	204.77	5,145.30	144,143.11	834,844.14	834,844.14
0.00	0.00	0.00	202.08	5,085.61	144,143.11	839,929.74	839,929.74
0.00	0.00	0.00	201.43	5,043.92	144,143.11	844,973.66	844,973.66
0.00	0.00	0.00	179.63	4,763.24	144,143.11	849,736.90	849,736.90
0.00	0.00	0.00	175.07	4,433.68	144,143.11	854,170.58	854,170.58
0.00	0.00	0.00	171.90	4,337.05	144,143.11	858,507.64	858,507.64
0.00	0.00	0.00	169.66	4,269.45	144,143.11	862,777.08	862,777.08