République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغال العمومية

فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de base

Thème

Etude en APD de la nouvelle gare marchandises (Port sec) autour de Biskra sur la ligne El-Ghourzi – Touggourt de PK 16+000 au PK 18+175

Présenté par :

BOULARAOUI Zelikha

GHERABI Safa

Encadré par :

Dr. SIGUERDJIDJENE Hakim

Dr. FEDGHOUCHE Farhat

Promotion 2024 / 2025

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

ملخص

يمثل هذا الملخص دراسة تفصيلية لمشروع انشاء محطة نقل البضائع (الميناء الجاف) الواقعة حول بسكرة على خط الغورزي توقرت والتي تمتد من النقطة الكيلومترية 16+000 الى النقطة الكيلومترية 18+175 بطول 2 كلم.

وبناء على توصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية (UIC) للسكك الحديدية تم اجراء هذه الدراسة وفقا لمعايير الاتحاد الدولي الجزائرية(SNTF).

وتم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع باستخدام برامج النمذجة الهندسية والحساب:
AUTOCAD 2022, CIVIL 3D 2022, Google Earth

RESUME

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude d'avant-projet détaillé (A.P.D) de la nouvelle Gare de marchandises (Port sec) située autour de Biskra, sur la ligne El-GHOURZI – TOUGGOURT entre les PK16+000 et PK 18+175, sur une distance de deux kilomètres (2km).

Le projet a été élaboré conformément aux normes internationales de l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), ainsi qu'aux recommandations nationales de la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF).

La modélisation géométrique du projet a été exécutée à l'aide des logiciels : AUTOCAD 2022, civil3d 2022, Google Earth,

ABSTRACT

This report focuses on a detailed preliminary study (APD) of the new freight station (dry port) around BISKRA on the El-GHOURZI–TOUGGOURT line over a 2km stretch from PK16+000 to PK 18+175.

This study was conducted in accordance with the standards of the International Union of Railways (UIC) and based on the recommendations of the Algerian National Railway Transport Company (SNTF), using the following Software: AUTOCAD 2022, CIVIL 3D 2022, Google Earth,

.

REMERCÎEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements à Monsieur **SIGUERDJIDJENE Hakim**, notre encadreur, pour son accompagnement et ses précieux conseils. Nous remercions également les ingénieurs **Abderrahmane, DJABOUB Mouhamed** et **OULBOUALI Hakim** pour leur aide et leur soutien tout au long de ce travail.

Enfin, nous exprimons notre gratitude mutuelle pour cette belle collaboration en binôme qui nous a permis de surmonter les difficultés et de réussir ensemble.

إهداء.

إهدي هذإ إلعمل إلى شخصيا لكل إلمجهودإت إلى بذلتها طيلة هذه إلس.نوإت .

إلى شمسى وقمري **أمى و أبى** إللذإن بسطا لى إلطريق نحو إلتفوق وإلجسر إلذي لولاه لما عبرت ضفاف إلنجاح رزقهم الله خيري إلدنيا وإلآخرة

إلى إلس.ند إخوتى **هيثم إماى محمد إميمة ومحسن** حسن إلختام كل إلحب لكم ولدعمكم إلدإئم وفقكم الله أينما كنت. إلى رفيقى وشريكى فى

هذإ إلعمل لك جناح ولى جناح وما نطير إلا معا **غرإبى صفاء**

إلى خالتى إلحبيبة لمياء وجميع أفرإد إلعائلة إلكريمة من إلطرفين.

إلى كل من كان لهم فضل علينا فى هذإ إلعمل وخاصة **إلمهندس جعبوب** محمد شكرإ من إلقلب على كل إلدع. إلى كل إزملاء إلذين جمعتى

بهم إلدرإسة فى إلمدرسة إلعليا للتكنولوجيا إلمتقدمة وإلمدرسة إلعليا ل لشغال إلعمومية:

وصال هلال، حفصة، رندة، آآية، كبرة أتمى لكم كل إلتوفيق فى مشوإركم.

إلى لصديق **نبيل أيمن** ، شكرإ على كل إلدع إلمعنوي إلذي قدمته لى، وعلى دعائك إلصادق إلذي كان س.ندإ لى فى كل خطوة. أرجو من كل من يقرأ هذه

إلسطور أن يرحم على روح جدتى حسينة، ووإلد صديقى وصال هلال، وعمى موسى. أسأل الله أن

يتغمدهم بوإسع رحمته، وينير قبورهم، ويجعلها روضة من رياض إلجنة.

أسماء

إهداء

الحمدلله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الل

}وَبِالْوَٰلِدَيْنِ إِحْسَٰنًا{ إلى من كلل العرق جبينه لنصل الى هنا، إلى من مهدت لنا بيدها الخفية، بدعائها، سبل النجاح...

إلى **أبي وأمي**

كل لحظة شقاء عشتها كانت تهون حين اذكركما

}سَنَشُدُّ عَضُدَكَ بِأَخِيك{ إلى من شددت عضدي بهم، وكان لي السند الدائم، إلى صفوة أيامي إخوتي **هاجر، حفصة، مروة، يونس، ولجين**

إلى قطع القلب من كنت ألجئ إليهم حين يذبل داخلي فينبت في الملل من جديد إلى أبناء أخواتي **إبتهال، روان، لقمان، مريم، والسعيد**

إلى شريكتي في هذا العمل كنت رفيقة القلب قبل الدرب إلى من تشاركت معها هموم العيش من كرب ومن حل إلى المهندسة **زليخة**

إلى من إذا ضاقت بي الدنيا وسعت بخطاهم إلى خليلاتي وأخواتي الاتي أنجبتهن اليام إلى **كاميليا، منال، هاجر، فريال، رندة، حفصة، امينة، زهرة، ماريا، سارة، ونعيمة**

إلى من هون علي عقبات الطريق بسؤاله الدائم ودعواته إلى العم **داود**

إلى كل من له فضل علينا إلى كل من قدم لنا يد العون ولو بدعوة في ظهر الغيب إلى كل من سيقرأ هذا العمل المتواضع من بعدنا عسى أن يجد فيه ما يفيده.

غرابي صفاء

Abréviations

A.P.D : Avant-Projet Détaillé
ADV : Appareil De Voie.
ANESRIF : Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires.
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
BV : Bassin versant.
CC : Chemin Communal.
GF : Garage Franc.
IDF : Intensité - Durée – Fréquence.
Lu : Longueur Utile.
PK : Point kilométrique.
GTR : Guide technique « Réalisation des remblais et des couches de forme.
QSi : Classe du sol selon UIC.
PU : Puit de reconnaissance.
RN : Route Nationale.
SC : Sondage Carotté.
SNTF : Société Nationale des Transports Ferroviaires.
SP : Sondage pressiométrique.
UIC : Union Internationale des Chemins de fer.
WP : Limite de plasticité.
WL : Limite de liquidité.
IP : Indice de plasticité.
γ h : Poids volumique humide t/m^3
γ d : Poids volumique sec t/m^3
ES : Equivalent de sable.
Wn : Teneur en eau naturel.
ωopt : Teneur en eau optimum.
ϕ : Angle de frottement.
C : Cohésion du sol.
Sr : Degré de saturation.
Rc : Résistance à la compression.
Caco3 : Carbonate de calcium.
So4 : Sulfate.

Table de matière

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE II : GÉNÉRALITES SUR LE TRANSPORT FEROVIARE

II.1 Introduction 2
II.2 Le transport ferroviaire 2
II.3 Le chemin de fer 2
II.4 Réseau ferroviaire en Algérie 2
II.5 Conclusion 5

CHAPITRE III : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

III.1 Introduction. 6
III.2 Les gares ferroviaires 6
III.2.1 Types des gares 6
III.2.1.1 Gares de voyageurs 6
III.2.1.2 Gares marchandises 6
III.2.1.3 Gares mixtes 6
III.2.1.4 Les haltes 7
III.2.1.5 La gare de bifurcation 7
III.3 Critères de performance technique – Gares de Marchandises 8
III.4 Etude la capacité de transport des trains marchandises 9
III.4.1 Définitions et Concepts 9
III.4.1.1 Capacité de Transport 9
III.4.1.2 Capacité de la gare 9
III.4.2 Méthodologie et paramètres de Calcul 10
III.4.2.1 Type de wagon 10
III.4.2.2 Calcule d capacité de transport 10
III.4.2.3 Calcule de la capacité de la gare 10
III.4.2.4 Interprétation générale de calcule. 11
III.5 Conclusion 11

CHAPITRE IV : PRÉSENTATION DU PROJET

IV.1 Introduction 12
IV.2 Présentation de la ville de Biskra 12
IV.2.1 Relief 13
IV.2.2 Climat 13
IV.2.3 Réseau hydrographique 13
IV.2.4 La sismologie 13
IV.3 Présentation de la zone d'étude 13
IV.4 Présentation du projet 14
IV.5 Objectif de Projet 14
IV.6 Conclusion 15

CHAPITRE V : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

V.1 INTRODUCTION 16
V.2 Les composantes de la voie 16
V.2.1.1 Le Rail 16
V.2.1.2 Le patin 16
V.2.1.3 L'âme 16
Le champignon 16
V.2.1.4 Traverses 17
V.2.1.5 Les attaches 18
V.2.1.6 Pose de la voie 19
- Relevage 19
- Bourrage 19

V.2.1.7 Dressage définitif de la voie 19
- Éclissage 20
- Réglage du ballast 20

V.2.1.8 Procédé de soudure du rail 20
V.3 Conclusion 20

CHAPITRE VI : FONCTIONNALITE DE LA GARE

VI.1 Introduction 21
VI.2 Paramètres d'entrer 21
VI.3 Le choix de l'appareille de voie 21
VI.4 La conception des voies 22
VI.4.1 Garage franc 22

VI.4.2 Marge de glissement 22
VI.4.3 Langueur utile 23
VI.4.4 Choix des voies 24
VI.5 Schéma de principe 26
VI.6 Aménagement de la gare 27
VI.6.1 La zone de stationnement 27
VI.6.2 Poste de contrôle 27
VI.6.3 Voie t bâtiment de service et administratif 28
VI.6.4 Hangar de stockage 29
VI.6.5 Poste d'entretien des voitures et locomotives 29
VI.6.6 Poste lavage locomotives 30
VI.7 Quai 31
VI.7.1 Règlement 31
VI.7.2 Application pour notre projet 31
VI.7.3 Ferraillage de la dalle de quai 32
VI.8 Heurtoir 32
VI.9 Le pont bascule 33
VI.10 Les paramètres de sortie de la gare 33
VI.11 Conclusion 34

CHAPITRE VII : GEOMETRIE DE LA VOIE

VII.1 Introduction 35
VII.2 Plan de la voie 35
VII.2.1 Les conditions et les règles respectant le plan de voie selon SNTF 35
VII.3 L'appareille de voies 35
VII.3.1 Règles d'implantation selon la SNTF 37
VII.3.2 Justification de pose des appareilles de voie dans notre projet 37
VII.4 Profile en long 40
VII.4.1 La déclivité 40
VII.4.2 Description visuelle dans le profil en long 40
VII.4.3 Implications de conception et fonctionnelles d'une gare en palier 40
VII.5 Conclusion 41

CHAPITRE VIII : ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VIII.1 Introduction 42

VIII.2 Étude hydrologique 42
VIII.2.1 La situation hydrologique de la zone d'étude 42
VIII.2.2 Les caractéristiques et données climatiques 42
VIII.2.2.1 Température 42
VIII.2.2.2 Humidité 43
VIII.2.2.3 Vents 43
VIII.2.2.4 Évapotranspiration 43
VIII.2.3 Pluviométrie 43
VIII.2.3.1 Pluies annuelles 43
VIII.2.3.2 Précipitations mensuelles 44
VIII.2.3.3 PLUIES JOURNALIÈRES 44
VIII.2.4 Caractéristiques des bassins versants 45
VIII.2.4.1 Calcul 46
VIII.2.5 Calcul hydraulique 47
VIII.2.5.1 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) 47
VIII.2.5.2 Calcul des temps de concentration 47
VIII.2.5.3 Le coefficient de ruissellement 47
VIII.2.6 Application dans notre projet 49
VIII.3 Etude d'Assainissement de la voie principale 49
VIII.3.1 Introduction 49
VIII.3.2 Les ouvrages transversaux 50
VIII.3.3 Dimensionnement des buses 50
VIII.4 Estimation des débits des eaux pluviales de la gare marchandises 54
VIII.4.1 Introduction 54
VIII.5 Etude hydraulique de la gare 55
VIII.5.1 Calcul hydraulique des réseaux 55
Les hypothèses et base de calcul sont les suivantes 56
VIII.5.2 Dimensionnement des conduites 56
VIII.5.3 Dimensionnement des ouvrages longitudinaux (Les fossés) 59
VIII.5.3.1 Calcul des débits d'apport 59
VIII.5.3.2 Les tranchées drainantes et les tranchées infiltrâtes 62
VIII.6 Conclusion 63

CHAPITRE IX : ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

IX.1 INTRODUCTION 64
IX.2 ETUDE GEOLOGIQUE 64
IX.2.1 Géologie locale de la zone 64
IX.2.1.1 Lithostratigraphie 64
IX.2.2 La séismicité de la zone d'étude 65
IX.3 RISQUES GEOLOGIQUES 65
IX.4 Étude géotechnique 66
IX.4.1 Programme d'essais 66
IX.4.1.1 Lot tracé 66
IX.4.1.2 Résultats essais au laboratoire 68
IX.4.1.3 Interprétation des Résultats 70
IX.5 Conclusion 71

CHAPITRE X : DIMENSIONEMENT DE LA STRUCTURE D'ASSISE

X.1 STRUCTURE D'ASSISE 72
X.2 CONSTRUCTION GÉNÉRALE 72
X.2.1 Couche d'assise 72
X.2.2 Couche de ballast 72
X.2.3 Plate-forme 73
X.2.4 Dimensionnement de la structure d'assise 73
X.3 Conclusion 75

CHAPITRE XI : PROFIL EN TRAVERS

XI.1 INTRODUCTION 76
XI.2 Profil en travers types 76
XI.3 Le profil en travers courant 77
XI.4 Profil en travers de notre projet d'étude 77
XI.5 Calcul des cubatures 78
XI.6 Conclusion 78

CHAPITRE XII : TERRASSEMENTS

XII.1 Introduction 79
XII.2 Objectifs et enjeux des terrassements 79
XII.3 Pente des talus en déblai et en remblai 79
XII.4 Section en déblai 80

XII.5 Section en remblai 80
XII.6 Etude de stabilité 80
XII.7 Le compactage 80
XII.8 Protection des Lignes électriques 81
XII.9 Conclusion 81

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 Introduction 82
XIII.2 CADRE LÉGAL DE L'ÉTUDE 82
XIII.3 Analyse de l'état initial de la zone d'étude 83
XIII.4 Description des milieux 83
XIII.4.1 Ressources physiques biologiques et humaines de la région d'étude 83
XIII.5 L'impact du projet 85
XIII.5.1 Les impacts positifs 85
XIII.5.2 Les impacts négatifs et les solutions d'atténuation envisagées 85
XIII.6 Influence de l'environnement sur la réalisation du projet 87
XIII.7 Conclusion 87

CHAPITRE XIV : SIGNALISATION FERROVIAIRE

XIV.1 INTRODUCTION 88
XIV.2 Rôle des installations de signalisation 88
XIV.3 Risques Ferroviaires 88
XIV.4 Fonction des signaux 89
XIV.5 Implantation longitudinale 89
XIV.6 Les signaux ferroviaires 89
XIV.7 Types de signalisation 89
XIV.7.1 Signalisations de protection 89
XIV.7.2 Signalisations de cantonnement 89
XIV.7.3 Signalisation d'annonce d'arrêt 90
XIV.7.4 Signalisation d'indication de marche 90
XIV.7.5 Signalisation de limitation de vitesse 90
XIV.7.6 Signalisation indicatrice de direction 90
XIV.7.7 Signalisation caractéristique de prescription particulière 90
XIV.8 Les systèmes d'espacement des trains (SNCF) 90

XIV.8.1 Classification des divers systèmes de block ou cantonnement..... 90
XIV.9 Conclusion..... 94
CHAPITRE XV : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF
CONCLUSION GÉNÉRALE..... 97

Liste des figures

Figure II.4.1 : Premier plan du réseau ferroviaire Algérien en 1857 3
Figure II.4.2 : Deuxième plan du réseau ferroviaire Algérien en1874 3
Figure II.4.3 : Plan d'expansion du réseau ferroviaire Algérien en 1879 3
Figure II.4.4 : Carte du réseau ferroviaire Algérien en 1900 4
Figure II.4.5 : Carte du réseau ferroviaire Algérien en1930 4
Figure II.4.6 : Carte du réseau ferroviaire Algérien en 2023 5
Figure III.2.1 : Gare marchandises -source google 6
Figure III.2.2 : Gares mixtes-Biskra. 7
Figure III.2.3 : Halt -source google 7
Figure III.2.4 : Gare de bifurcation-source google 8
Figure III.4.1 : Le wagon couvert à changement de bogies -le plus grand type conforme à la norme SNTF 10
Figure IV.2.1 : Localisation de la wilaya de Biskra. 12
Figure IV.3.1 : Localisation géographique de projet. 13
Figure IV.4.1 : localisations de la gare de marchandises Biskra. 14
Figure V.2.1 : RAIL UIC 54 E1-(UIC 54) utilisé dans le projet 17
Figure V.2.2 : Traverse en bois. 17
Figure V.2.3 : Traverse métallique. 18
Figure V.2.4 : Traverse en béton 18
Figure V.2.5 : Les traverses et les attaches utilisées dans le projet 19
Figure VI.3.1 : Schéma des appareils de voie. 22
Figure VI.4.1 : Schéma illustratif de garage franc. 22
Figure VI.4.2 : Langueur utile voies principale (LU) entre garage franc train marchandises 23
Figure VI.4.3 langueur utile voies de service valeur minimales selon SNTF. 24
Figure VI.6.1 : Poste de contrôle. 28
Figure VI.6.2 : Bâtiment de service et administratif. 28
Figure VI.6.3 : Hangar de stockage. 29
Figure VI.6.4: Poste d'entretien des voitures et locomotives. 30
Figure VI.6.5 : poste de lavage des locomotives dans les gares ferroviaires. 30
Figure VI.7.1: la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie 31
Figure VI.8.1 : Heurtoir. 33
Figure VI.9.1 : Pont-bascule ferroviaire intégré pour le contrôle du poids des wagons. 33
Figure VII.3.1: L'appareil de voie dans notre chantier. 36
Figure VII.3.2 : Schéma d'aiguillage. 36
Figure VII.3.3 : Schéma des Appareils de voie. 37
Figure VIII.2.1 : Carte du réseau hydro climatologique de la région proche du projet 42
Figure VIII.2.2 : Variation des températures moyennes mensuelles. 43
Figure VIII.2.3 : Précipitations mensuelles. 44
Figure VIII.2.4 : La délimitation des bassins versants. 46
Figure VIII.3.1 : Schéma d'un ouvrage busé. 51
Figure VIII.5.1 : Le faussée trapézoïdal. 59
Figure VIII.5.2 : canal à projeté 61

Figure VIII.5.3 : ouvrage existe sur la voie principale. 62
Figure VIII.5.4 : Tranchée de drainage. 63
Figure IX.2.1 : Le trace sur la Carte géologiques de Biskra. 64
Figure IX.2.2 : Classification Sismique des Wilayas et Communes d'Algérie. 65
Figure X.2.1 : schéma illustrative qui montre les épaisseurs de couche d'assise. 73
Figure XIV.8.1 : Schéma explicatif du block manuel. 91
Figure XIV.8.2 : Schéma explicatif du block automatique. 91

Listes des tableaux

Table III.3.1 : Critères de performance technique. 8
Table V.2.1 : Dimensions du rail UIC54 E1. 17
Table VI.4.1 : Caractéristiques des voies de la gare de marchandises : longueurs et fonctions. 25
Table VI.4.2 : Distances entre axes des voies de la gare de marchandises. 25
Table VI.10.1 : Les paramètres de sortie de la gare 34
Table VII.3.1 : Valeurs caractéristiques des ADV pour une Tangente1:9. 37
Table VII.3.2 : Justification de pose des appareilles de voie. 38
Table VIII.2.1 :Températures moyennes mensuelles. 43
Table VIII.2.2 : Pluies annuelles. 44
Table VIII.2.3 : Précipitations mensuelles. 44
Table VIII.2.4 : Pluie journalière maximale. 45
Table VIII.2.5 : Caractéristiques de bassins versants délimités. 46
Table VIII.2.6 : Valeurs de $\boldsymbol{C1}$ 48
Table VIII.2.7 : Valeurs de $\boldsymbol{C2}$ 48
Table VIII.2.8 : Valeurs de $\boldsymbol{C3}$ 48
Table VIII.2.9 : Coefficient de ruissèlement. 48
Table VIII.2.10 : des débits de crue décennaux et centennaux. 49
Table VIII.3.1 : Valeur de KS selon SETRA. 50
Table VIII.3.2 : Dimensionnement des buses. 53
Table VIII.4.1 : Pluie journalière maximale. 55
Table VIII.4.2 : Intensité pluviométrique. 55
Table VIII.5.1 : Les caractéristiques et des débits équivalents des assemblages avec le diamètre 58
Table VIII.5.2 : Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai. 60
Table VIII.5.3 : Dimensions du faussé adopté. 61
Table VIII.5.4 : Dimensions du canal a projeté. 62
Table IX.2.1 : Classification Sismique des Wilayas et Communes d'Algérie 65
Table IX.4.1 : Lithologie de la zone 67
Table IX.4.2 : les travaux de prospection géotechnique exécutés à proximité du site d'implantation de la gare de marchandises. 67
Table IX.4.3 : Les résultats des essais de pénétration dynamique 67
Table IX.4.4 : Les caractéristiques des terres d'appui des fondations déduits. 68
Table IX.4.5 : Synthèse des résultats géotechniques sur les puits de reconnaissances. 69
Table IX.4.6 : Synthèse des résultats géotechniques sur les sondages carottés. 69
Table X.2.1 : Classement des sols UIC 74
Table X.2.2 : Structure de la voie du projet. 75
Table XI.5.1 : Les cubatures de terrassement et les couches d'assises. 78
Table XII.4.1 : section des déblais. 80
Table XII.5.1 : section des remblais. 80
Table XII.8.1 : Liste des lignes électrique 81

Table XIII.2.1 : Quelques Références Légales et Objectifs de la Protection de l'Environnement en Algérie.....82
Table XIII.4.1 : Ressources physiques biologiques et humaines de la région d’étude.....84
Table XIII.5.1 : Les impacts négatifs et les solutions d'atténuation envisagées. 86
Table XIV.8.1 : Les principaux signaux ferroviaires et leurs indications. 92
Table XIV.9.1 : Devis quantitatif et estimatif. 95

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, le secteur du transport est un pilier essentiel du développement, améliorant la communication, la circulation des personnes et des marchandises, et renforçant les échanges économiques.

Le pays a considérablement développé ses infrastructures de transport (routier, aérien, maritime, ferroviaire).

Le transport ferroviaire est une priorité stratégique pour le transport de passagers et de marchandises sur de longues distances, avec des programmes d'expansion, de modernisation (électrification, gares) et l'introduction de trains à grande vitesse.

Ce projet spécifique s'inscrit dans le développement de l'infrastructure ferroviaire autour de Biskra, visant l'étude APD de la nouvelle grande gare marchandise (le port sec) sur la ligne El-Ghourzi – Touggourt sur 2km de PK16+000 à PK 18+175.

Notre projet de fin d'études se concentre précisément sur la conception et la fonctionnalité de cette gare avec l'étude géométrique et le tracé des liges, l'étude hydraulique et géologique-géotechnique et dimensionnement le structure d'assise, le profile en travers type et courant et finalement le devis estimatif de ce projet

La maîtrise d'ouvrage pour la réalisation de ce projet est assurée par l'Agence Nationale d'Étude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF).

Le chemin de fer est un système de transport collectif guidé de personnes et de marchandises. Il constitue une alternative à la voiture, aux camions et à la congestion des portes de nos grandes agglomérations.

Il permet des déplacements efficaces et reste en pratique le mode de transport terrestre dominant dans plusieurs pays.

Il est un mode de transport qui a influencé l'urbanisme, car c'est un facteur essentiel de l'aménagement du territoire.

C'est grâce à lui qu'on a pu transporter facilement des marchandises sur de grandes distances, ce qui a rendu possibles les grandes concentrations de population dans les villes industrielles, avec le développement du tramway et du métro.

Ses aptitudes pour le transport de masse tant de marchandises que de voyageurs et l'encombrement moindre des zones urbaines qu'il occasionne en font un moyen de choix pour satisfaire le prodigieux développement des transports de voyageurs de banlieue, des transports interurbains de voyageurs et du transport de marchandises.

GÉNÉRALITES SUR LE TRANSPORT FEROVIARE

CHAPITRE II : GÉNÉRALITES SUR LE TRANSPORT FEROVIARE

II.1 Introduction

Loin d'être un simple service, le secteur des transports joue un rôle de premier plan dans le développement économique, industriel et culturel d'un État. Son aménagement judicieux est un moteur puissant qui simplifie la communication, intensifie les échanges de toutes sortes entre les zones du pays et favorise les interactions avec d'autres nations, propulsant ainsi la croissance à tous les niveaux.

II.2 Le transport ferroviaire

L'avènement du transport ferroviaire a marqué une étape décisive dans l'histoire de la mobilité terrestre, tissant des liens essentiels entre les villes, les régions et les nations. Aujourd'hui encore, son évolution constante, portée par les avancées technologiques et une conscience accrue des impératifs de durabilité, en fait un mode de transport fondamental. Ses atouts majeurs résident dans son efficience remarquable pour le transport de masse grâce à la faible friction, sa sécurité intrinsèque grâce à un système de guidage rigoureux, l'organisation optimisée du trafic en convois, sa capacité élevée à absorber le trafic, son avantage économique en termes d'infrastructure, son impact environnemental limité, et sa sobriété énergétique notable par rapport aux poids lourds.

II.3 Le chemin de fer

L'histoire du chemin de fer, un système de transport guidé sur des voies ferrées et propulsé par un moteur, a pris son essor en Grande-Bretagne entre la fin du 18ème et le début du 19ème siècle. Des avancées techniques majeures, notamment la machine à vapeur et l'amélioration des rails, ont permis un développement rapide dans les années 1840. Le train est alors devenu le mode de transport terrestre dominant pendant environ un siècle. Bien que des formes antérieures de transport guidé aient existé, l'invention de la locomotive a été décisive. Le chemin de fer a favorisé des déplacements rapides et fiables pour les personnes et les marchandises, jouant un rôle clé dans la révolution industrielle, la croissance économique et l'urbanisation. Son réseau étendu a permis de connecter villes et campagnes. Au-delà de l'économie, il a eu une importance militaire et a suscité l'intérêt des États. Des mesures de sécurité ont été mises en place par suite d'accidents. L'évolution vers plus de vitesse et de confort a conduit à l'abandon de la vapeur pour l'électrification et au développement de la grande vitesse. Au 20ème siècle, on a assisté à une concentration des compagnies ferroviaires et à la régression des petites lignes locales face à la concurrence de la route.

II.4 Réseau ferroviaire en Algérie

L'histoire des chemins de fer en Algérie a débuté en 1857 avec un décret français autorisant 1 357 km de voies. La première ligne, Alger-Blida, a été mise en service en 1862 par la Compagnie des chemins de fer algériens. Une nouvelle phase d'investissement en 1879 a ajouté 1 747 km au réseau, avec la construction de lignes d'intérêt local par des investisseurs privés.

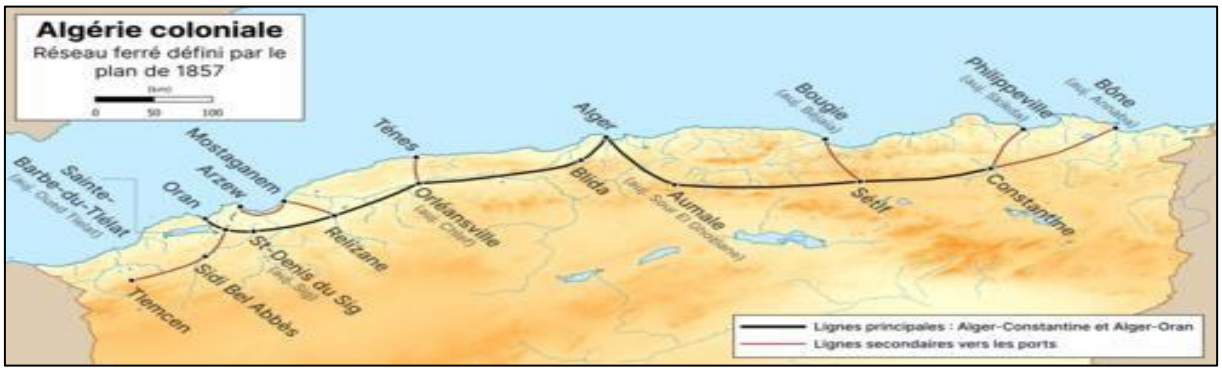


Figure II.4.1 : Premier plan du réseau ferroviaire Algérien en 1857.

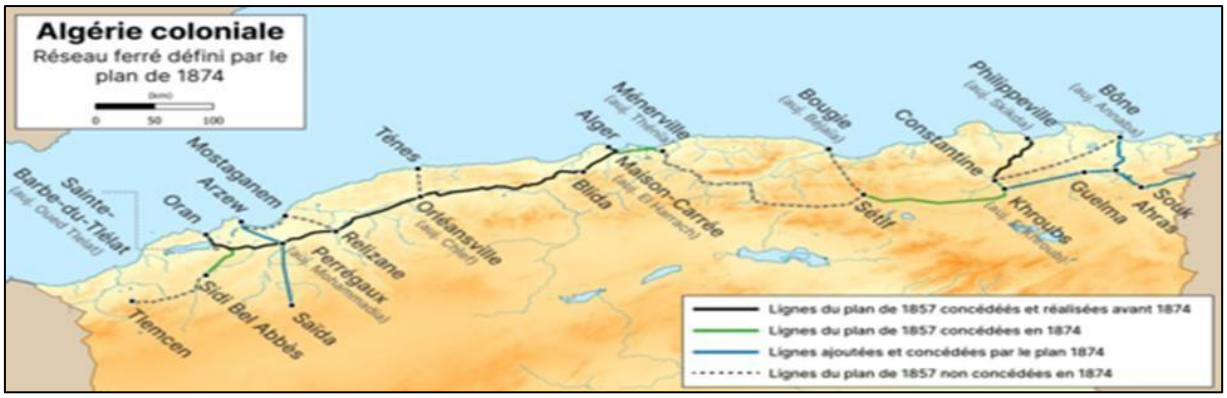


Figure II.4.2 : Deuxième plan du réseau ferroviaire Algérien en1874.

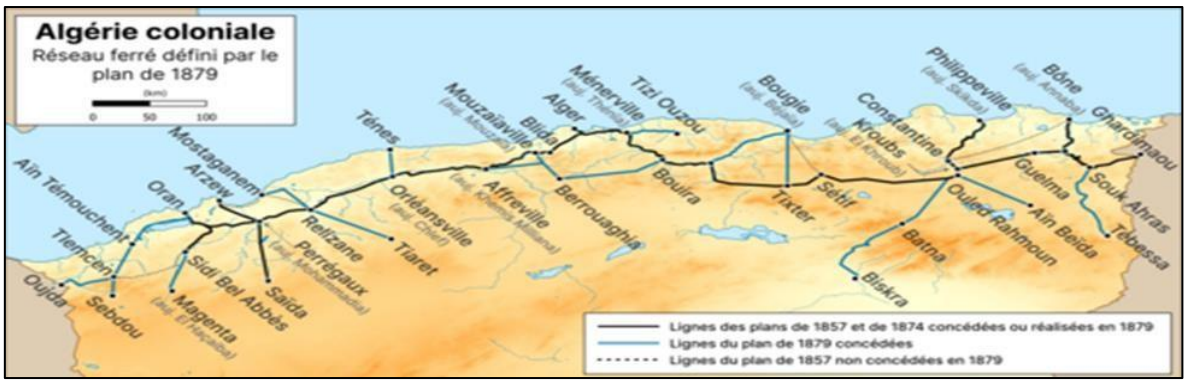


Figure II.4.3 : Plan d'expansion du réseau ferroviaire Algérien en 1879.

En 1900, plusieurs compagnies privées ont fait faillite, et leurs réseaux ont été repris en 1912 par la Compagnie des Chemins de fer algériens de l'État (CFAE), qui a exploité le réseau avec la PLMA. Entre 1907 et 1946, 1 614 km supplémentaires ont été construits. En 1938, les lignes d'intérêt général ont été nationalisées et rattachées à la SNCF, tandis que la gestion en Algérie a été confiée à l'OCFA en 1939. À la fin de la Seconde Guerre mondiale, le réseau atteignait 5 015 km, offrant un service comparable à la métropole.

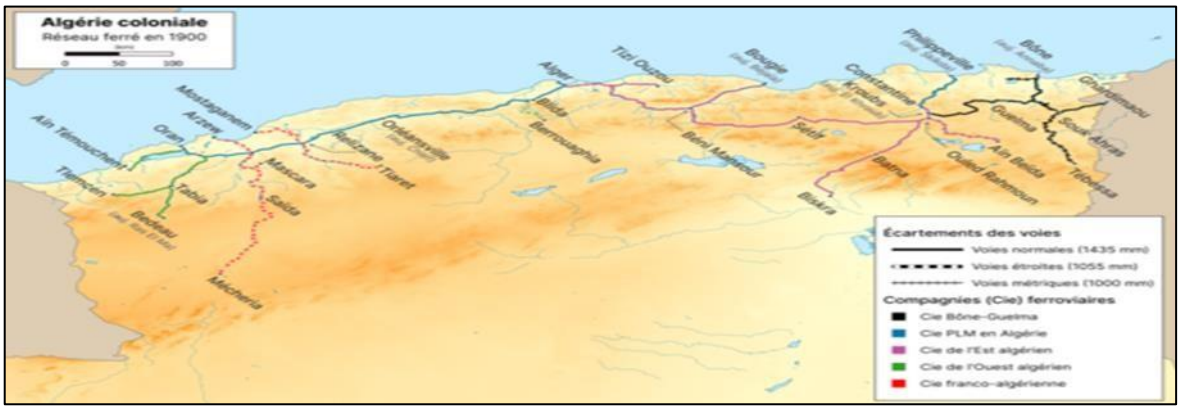


Figure II.4.4 : Carte du réseau ferroviaire Algérien en 1900.

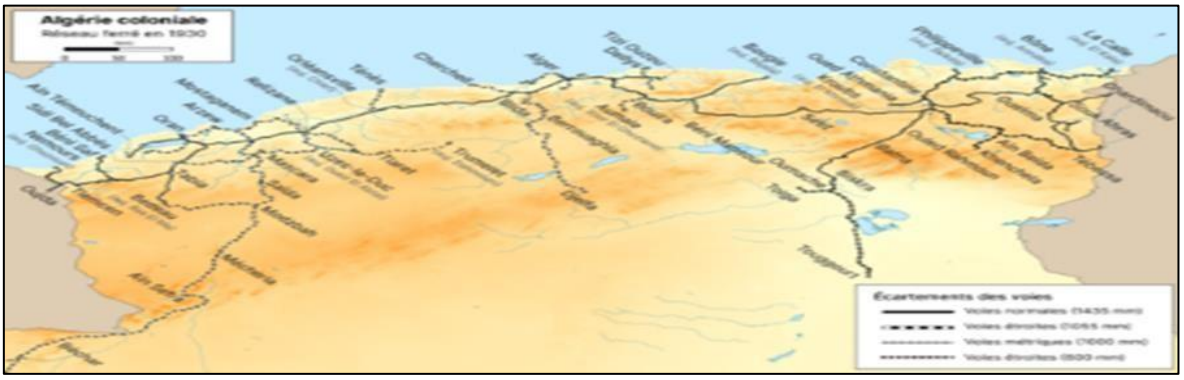


Figure II.4.5 : Carte du réseau ferroviaire Algérien en1930.

En 1959, la SNCFA a été créée, devenant la SNCFA algérienne après l'indépendance en 1963. En 1976, la SNCFA a été divisée en trois entités, dont la SNTF. Un nouveau programme d'investissement a permis la construction de 203 km de nouvelles lignes et la modernisation de 1 400 km. En 1986, la SNTF a repris les prérogatives des autres entités dissoutes. À la fin des années 1990, la SNTF exploitait 3 500 km de réseau.
En 2005, l'ANESRIF a été créée pour gérer un ambitieux programme visant à porter le réseau à 12 500 km en 2030. De nouvelles lignes ont été ouvertes et des électrifications réalisées. En 2019, la ligne Alger-Touggourt a été mise en service, suivie d'autres lignes importantes en 2022 et 2023. Un partenariat avec la Chine en 2023 prévoit la construction de 6 000 km de nouvelles lignes. Des lignes reliant des complexes industriels aux ports ont également été inaugurées récemment.

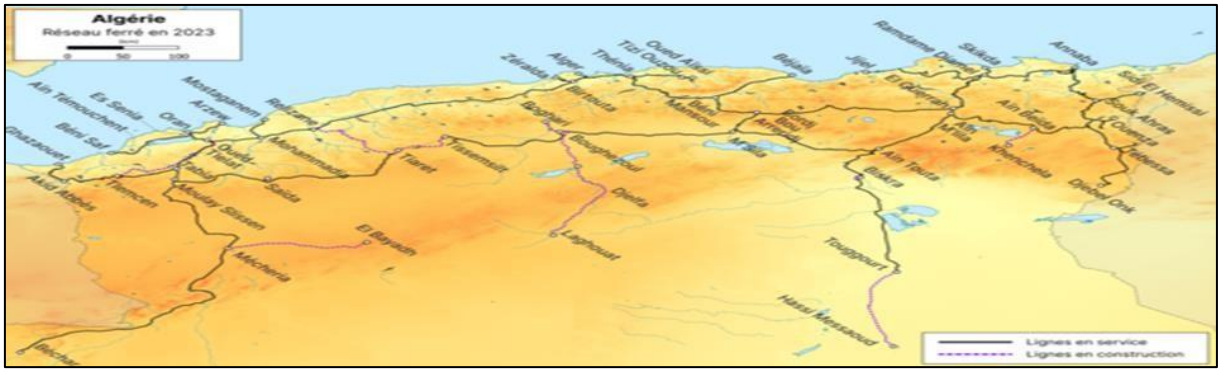


Figure II.4.6 : Carte du réseau ferroviaire Algérien en 2023.

II.5 Conclusion

Le parcours du développement des chemins de fer en Algérie, que nous avons exploré dans ce chapitre depuis l'indépendance jusqu'à ses projets ambitieux d'expansion et de modernisation actuels, demeure un outil vital pour le développement économique et social. Les investissements continus et les plans futurs prometteurs soulignent l'importance fondamentale ² ce secteur dans la réalisation de l'intégration nationale et le renforcement des liens régionaux et internationaux, ce qui en fait un pilier essentiel pour l'avenir et le progrès de l'Algérie.

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE III : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE.

III.1 Introduction.

Le réseau ferroviaire algérien, principalement géré par la SNTF (Société Nationale des Transports Ferroviaires), est en cours de développement afin de moderniser ses infrastructures, d'améliorer la mobilité nationale et de faciliter le transport de marchandises. Les gares occupent une place essentielle dans ce système, agissant comme des points d'accès, de régulation et d'échange pour les flux ferroviaires. Dans ce chapitre, nous examinerons les gares en général et analyserons la capacité des transports ferroviaires et des chemins de fer.

III.2 Les gares ferroviaires

III.2.1 Types des gares

Les gares ferroviaires en Algérie peuvent être classées selon plusieurs critères, notamment leur fonction et leur position dans le réseau.

III.2.1.1 Gares de voyageurs

Elles accueillent le trafic de passagers et peuvent varier en taille, allant des grandes gares de lignes principales aux petites gares locales ou de banlieue (territoire urbain situé en dehors du centre-ville).

III.2.1.2 Gares marchandises

Gares de fret ou gares de triage logistique. Ces infrastructures sont essentielles à la chaîne d'approvisionnement nationale et internationale, notamment dans des pays comme l'Algérie, où le fret ferroviaire joue un rôle stratégique dans l'acheminement des matières premières telles que le phosphate, les céréales, les hydrocarbures et les matériaux de construction.

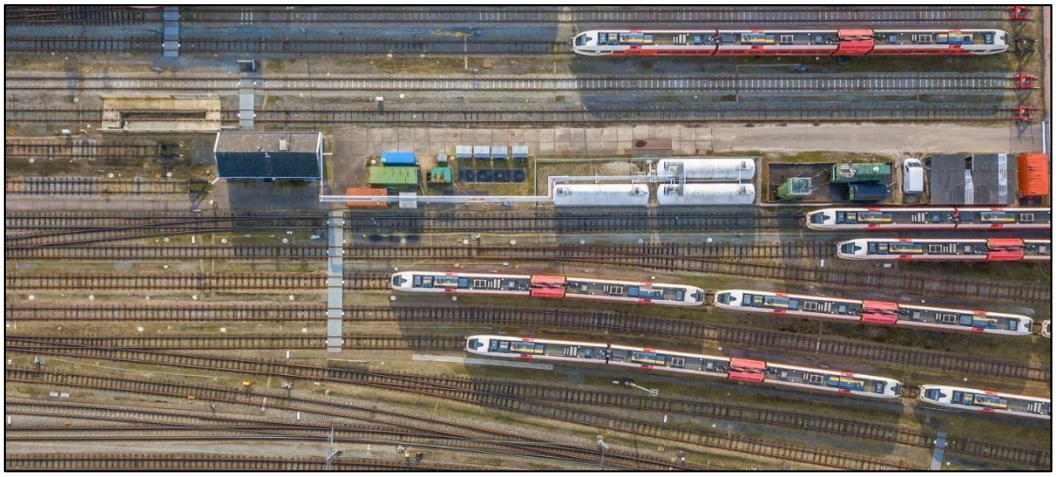


Figure III.2.1 : Gare marchandises -source google-

III.2.1.3 Gares mixtes

Accueillent à la fois des trains de passagers et des trains de marchandises.



Figure III.2.2 : Gares mixtes-Biskra.

III.2.1.4 Les haltes

Les haltes ferroviaires sont des points d'arrêt qui ne disposent ni de bâtiment voyageur ni de personnel présent en permanence. Les infrastructures ferroviaires y sont généralement très limitées, se résumant parfois à un simple quai.



Figure III.2.3 : Halt -source google-

III.2.1.5 La gare de bifurcation

Une gare de bifurcation est une gare où plusieurs lignes de chemin de fer se rejoignent où se séparent. Cela signifie que des trains peuvent venir de différentes directions et changer de ligne pour continuer leur trajet ailleurs. Ce type de gare est très important dans un réseau ferroviaire, car il permet de diriger les trains vers différentes destinations. Elle facilite aussi la gestion du trafic, en permettant par exemple le passage des trains de marchandises vers des zones industrielles ou minières, comme c'est le cas dans notre projet.



Figure III.2.4 : Gare de bifurcation-source google-

III.3 Critères de performance technique – Gares de Marchandises

Table III.3.1 : Critères de performance technique.

Critère	Exigences techniques
Capacité de traitement	Capacité en tonnage/heure ou wagons/jour (souvent ≥ 500 tonnes/jour pour gares régionales).
Longueur des voies à quai	≥ 400 à 1 200 m (selon trains de fret de 10 à 20 wagons).
Nombre de voies de réception	≥ 3 voies (réception, expédition, manœuvre), plus voies de dégagement
Type de quai	Quais hauts (1.10 m) ou bas selon chargement ; modulables pour conteneurs, vrac ou palettes
Temps moyen de traitement	≤ 2 heures / train (chargement ou déchargement complet)
Taux d'occupation des voies	Idéalement < 70 % (au-delà = congestion).
Systèmes de manutention	Présence de grues portiques, ponts roulants, chariots élévateurs, convoyeurs.
Connexion intermodale	Accès direct à la route (camions), parfois aux ports secs ou plates-formes
Signalisation et sécurité	Aiguillage informatisé, caméras, contrôle d'accès, sécurité incendie (zones de stockage de matières).
Disponibilité d'énergie	Systèmes autonomes d'alimentation, transformateurs, éclairage 24/24.
Entretien des voies et quais	Vérifications mensuelles, nivellement, graissage, drainage, inspection des semelles de rail.

III.4 Etude la capacité de transport des trains marchandises

La conception et la modernisation des lignes ferroviaires nécessitent une compréhension approfondie des concepts de capacité de transport et de capacité de trafic. Ces deux paramètres sont essentiels pour évaluer la performance d'une ligne ferroviaire, anticiper les besoins futurs et garantir une exploitation efficace.

III.4.1 Définitions et Concepts

III.4.1.1 Capacité de Transport

La capacité de transport désigne le volume de transport que la gare peut théoriquement supporte en million de tonnes par an et elle a relation avec :

- Type de locomotive
- Masse normative des trains de fret
- Organisation du trafic (horaire, gestion des priorités)

Il y a deux types de trafic :
Trafic de marchandises : exprimé en milliers ou millions de tonnes par an
Trafic de voyageur : exprimé en nombre de voyageurs par an

Dans notre cas on va parler uniquement sur le cas de trafic marchandises.

La relation est définie par :

$$G=\frac{365\times Q\times 10^{-7}}{\gamma}$$

G =capacité de transport possible (en millions de tonnes par an)
365= nombre de jours dans l'année
Q = masse moyenne nette du train (en tonnes)
γ = 1.2 (coefficient d'irrégularité de transport)

III.4.1.2 Capacité de la gare

Nombre maximum de trains (ou paires de trains) que la gare peut accueillir par jour dans des conditions données
La relation est définie par :

$$C=\frac{1440}{t} \qquad t= t'+t''$$

Où :
1440=c'est le temps de minutes dans 24 heures
t=temps d'arrêt du train en gare.
t'=temps d'arrêt de pair de train dans la ligne marchandises.
t''=temps d'arrêt de pair de train dans la ligne voyageurs.

III.4.2 Méthodologie et paramètres de Calcul

III.4.2.1 Type de wagon

Le type de wagon la plus grand Selon la norme SNTF on va choisir le wagon couvert a changement de bougie avec :
Longueur hors tout 14.700m
Longueur utile 13.520m
Largeur VN= 2.780m VE= 2.350m
Superficie 29.6 m^2
Volume 73 m^2
Tare VN= 21.5 tonnes VE= 19.5 tonnes

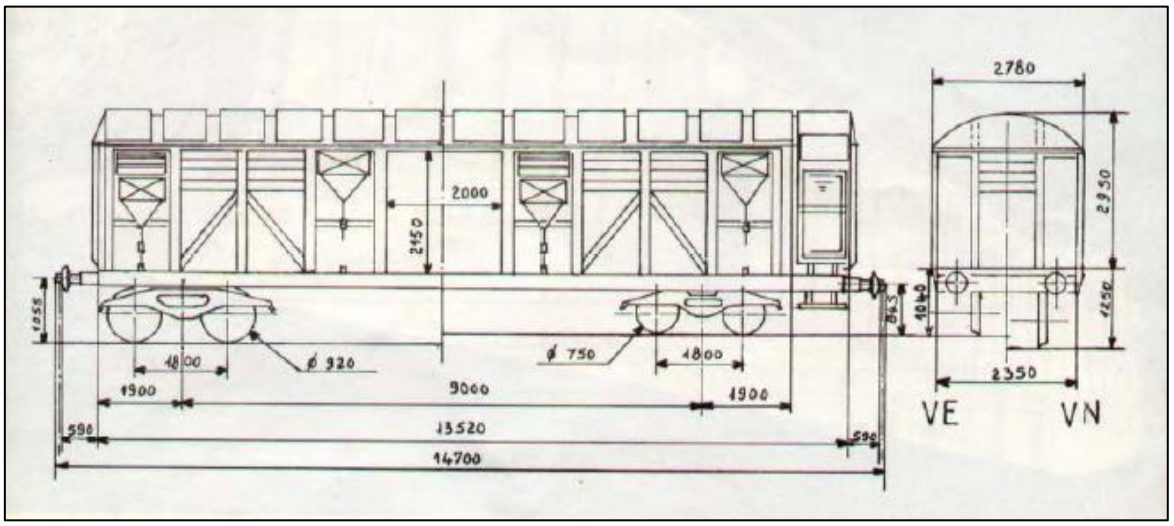


Figure III.4.1 : Le wagon couvert à changement de bogies -le plus grand type conforme à la norme SNTF-.

III.4.2.2 Calcule d capacité de transport.

On a

$G = \frac{365 \times Q \times 10^{-7}}{\gamma}$

Avec : Q=21.5 tonnes

$\gamma = 1.2$

AN $G = \frac{365 \times 21.5}{1.2} \frac{365 \times 21.5}{1.2} = 6539.6$ tonnes par an

Ce résultat indique qu'au regard des conditions d'exploitation actuelles, l'infrastructure analysée permet un transport annuel d'environ 6 540 tonnes de marchandises. Ce volume constitue une estimation réaliste du potentiel logistique annuel de la ligne ainsi que de l'ensemble du système ferroviaire associé, en tenant compte des contraintes techniques et opérationnelles.

III.4.2.3 Calcule de la capacité de la gare.

$C = \frac{1440}{t}$ Où :

t = le temps d'arrêt des trains dans ce cas nous ous considérons une voie principale, c'est-à-dire le temps d'arrêt des trains sur la ligne de marchandises de Biskra vers Touggourt.

Avec : t = 7 heures.

$C = \frac{1440}{168} = 8.5$ approximations de 9 trains par jour.

Dans sa configuration actuelle comportant **une seule voie principale**, la gare peut accueillir jusqu'à **9 trains de marchandises par jour**, sous réserve d'une gestion fluide et sans surcharge. Ce chiffre représente la capacité journalière de traitement et illustre clairement la performance potentielle de la gare.

III.4.2.4 Interprétation générale de calcule.

L'augmentation du nombre de voies permet une amélioration progressive de la capacité de la gare. Cela constitue un paramètre fondamental dans le dimensionnement d'une gare de marchandises à fort trafic, notamment pour les zones logistiques et les plateformes intermodales telles que celle de Biskra-Touggourt.

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les gares en général, en discutant de leurs types, des exigences techniques et des capacités de trafic. Les calculs présentés sont basés sur le livre "Étude et conception ferroviaires" de Virginie Kopylenko. Dans notre recherche bibliographique, nous avons pris en compte le calcul de capacité, car il est très important d'avoir une idée claire pour la conception des gares ferroviaires.

PRSENTATION DU PROJET

CHAPITRE IV : PRESENTATION DU PROJET

IV.1 Introduction

La modernisation et l'extension du réseau ferroviaire algérien, une initiative stratégique menée par l'Agence Nationale d'Étude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires « ANESRIF », constituent un pilier fondamental pour la réalisation du développement économique et le désenclavement des différentes régions du pays, notamment dans le Sud. Dans ce cadre, le développement des infrastructures dédiées au transport de marchandises, à travers la conception et la construction de gares modernes, apparaît comme une priorité. C'est dans cette perspective de développement que s'inscrit notre projet de fin d'études, qui se concentre spécifiquement sur l'étude et la conception d'une nouvelle gare de marchandises dans la wilaya de Biskra, laquelle est prévue dans la zone industrielle nouvellement créée autour de la ville.

IV.2 Présentation de la ville de Biskra

La wilaya de Biskra est située au sud-est de l'Algérie, à environ 230 kilomètres à l'ouest de la frontière tunisienne et à une distance similaire du littoral méditerranéen. Elle est limitée au nord par la wilaya de Batna, au nord-est par la wilaya de Khenchela, au nord-ouest par la wilaya de M'Sila, au sud-ouest par la wilaya de Djelfa, au sud-est par [1] la wilaya d'El Oued, et enfin au sud par la wilaya de Ouargla. Cette position stratégique en fait un point de passage essentiel pour le transport des marchandises et des personnes via la ligne ferroviaire reliant El-Ghourzi à Touggourt, longue de 420 kilomètres, et qui représente une artère vitale connectant le nord et le sud de l'Algérie.

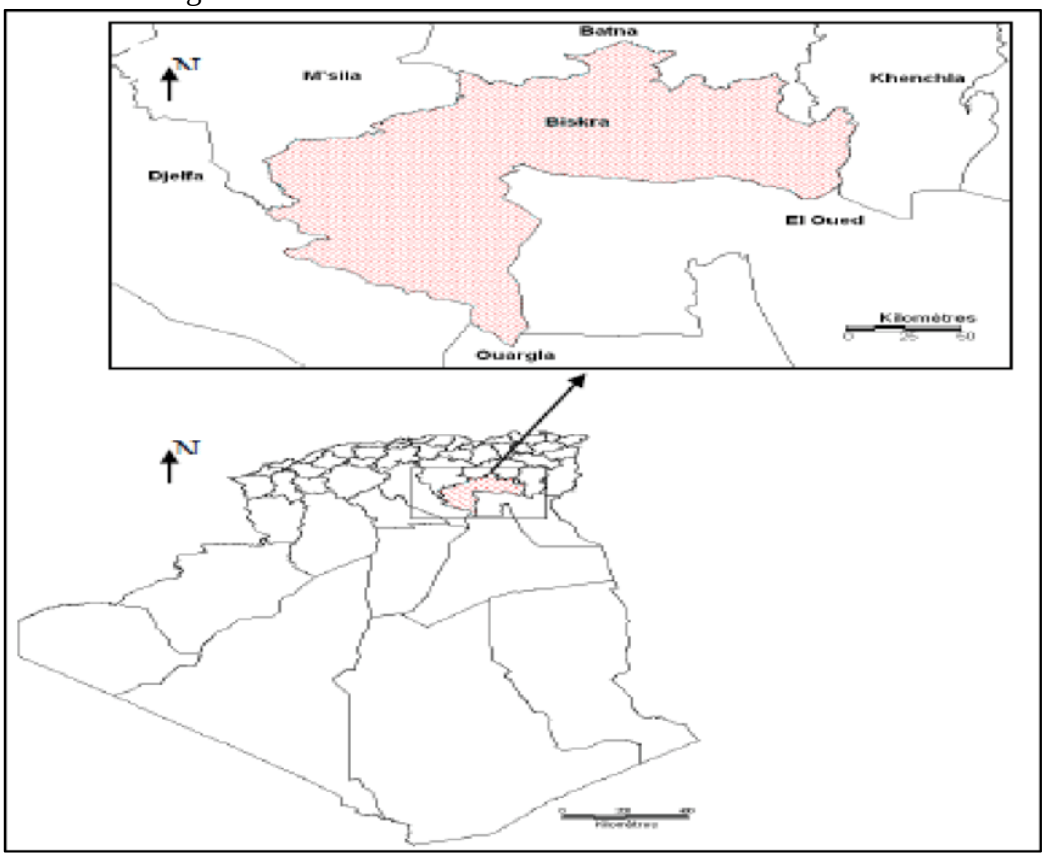


Figure IV.2.1 : Localisation de la wilaya de Biskra.

IV.2.1 Relief

La région de Biskra se caractérise par une diversité de reliefs due à sa position à l'extrémité sud du grand bassin saharien septentrional, entourée par les derniers versants de l'Atlas Saharien au nord. La région comprend trois unités principales : le cadre montagneux (monts du Zab au nord et massif de l'Aurès au nord-est), le piémont sud-atlasique avec des dépôts étalés et un ruissellement formant un glacis continu, et enfin la plaine des Zibans au pied des montagnes, constituée de bassins fermés alimentés par le réseau hydrographique nord et les eaux pluviales.

IV.2.2 Climat

Biskra se caractérise par un climat sec avec des étés chauds et des hivers froids et secs. Les précipitations annuelles moyennes varient de 170 à 200 mm, et la température moyenne annuelle est de 22°C.

IV.2.3 Réseau hydrographique

La zone d'étude est drainée par plusieurs oueds importants, notamment l'Oued Abdi, l'Oued L'Mor, l'Oued Kef El Hammam et l'Oued Hassi Mabrouk. De plus, de nombreux écoulements secondaires alimentent l'Oued Zarzour, le collecteur principal. Il est à noter que l'Oued Abdi longe la voie ferrée au début du projet.

IV.2.4 La sismologie

Selon les données sismologiques représentées, Biskra se situe dans une zone de faible risque de tremblements de terre. Cependant, il convient de rester vigilant quant à la survenue potentielle d'un séisme.

IV.3 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude se situe au piémont ouest de la chaîne montagneuse (Djebel Boughazel) qui borde Biskra. Elle est délimitée au nord et à l'ouest par cette même chaîne (incluant Djebel El Malga), à l'est par la route nationale n°3, l'extension urbaine de Biskra et l'Oued Abdi, et au sud par la palmeraie méridionale de Biskra et la voie ferrée.

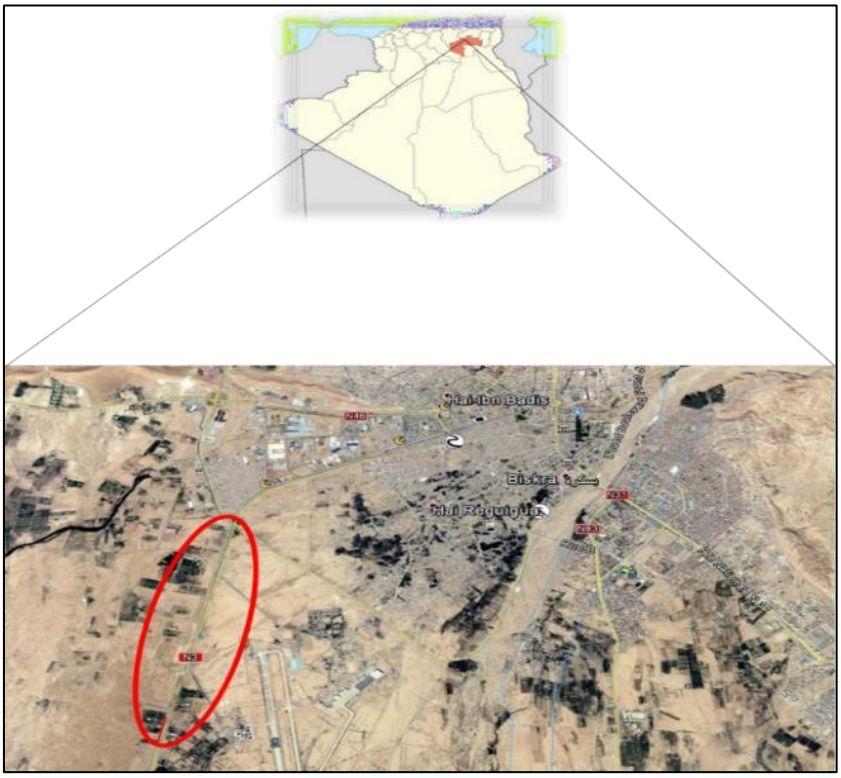


Figure IV.3.1 : Localisation géographique de projet.

IV.4 Présentation du projet

Ce projet de fin d'études porte sur la conception d'une nouvelle gare de marchandises stratégiquement située au sud de la ville, à proximité immédiate de la zone d'activité industrielle. Ce positionnement offre un accès privilégié à toutes les installations essentielles, incluant l'entretien, la maintenance, le chargement et le déchargement, le stockage et le remisage, tout en bénéficiant de vastes emprises au sol et d'une desserte par un réseau routier moderne, facteurs clés pour une montée en puissance rapide de ses activités. Afin d'assurer une exploitation optimale, la gare sera dotée des infrastructures suivantes : un bâtiment de service, un bâtiment administratif, un hangar de stockage, des postes d'entretien et un poste de contrôle. Le raccordement de cette nouvelle infrastructure au réseau existant est prévu aux alentours du P.K. 16+000 par une courbe d'un rayon de 1.275 m et d'une longueur de 410 m, la gare de marchandises elle-même s'étendant sur le côté droit du tracé jusqu'à son terminus situé au P.K. 18+175.



Figure IV.4.1 : localisations de la gare de marchandises Biskra.

IV.5 Objectif de Projet

Compte tenu des défis auxquels est confrontée la ville de Biskra en raison de la congestion du trafic et de l'augmentation du mouvement des marchandises au sein de son centre-ville, les autorités compétentes ont pris une décision stratégique visant à apporter un changement radical dans la gestion du flux de marchandises. Ce projet s'articule autour de la reconstruction et de la modernisation fondamentale de la gare de marchandises.

En effet, au lieu de l'emplacement actuel qui connaît une congestion entravant la circulation générale et affectant négativement l'efficacité des opérations de chargement et de déchargement, il a été décidé de construire une nouvelle gare de marchandises moderne et développée au sein du tracé du contournement urbain spécialement conçu à cet effet.

Cette mesure innovante vise à atteindre plusieurs objectifs principaux :

Réduire considérablement la pression et la congestion sur le centre-ville de Biskra, en éloignant le trafic de marchandises lourdes et des gros camions des rues principales et des zones résidentielles.
Améliorer l'efficacité et la rapidité des opérations de transport de marchandises, car la nouvelle gare, grâce à sa conception moderne et à sa plus grande superficie, pourra accueillir un volume de marchandises plus important et faciliter les opérations de manutention, de chargement et de déchargement de manière plus fluide et organisée.
Développer une infrastructure logistique intégrée en phase avec la croissance économique de la ville et de la région, renforçant ainsi son attractivité pour les investissements et contribuant à la création d'un environnement commercial plus efficace.
Assurer la sécurité routière et réduire les risques d'accidents dus à l'interaction du trafic de camions avec les autres véhicules et les piétons à l'intérieur de la ville.

IV.6 Conclusion

La conception de cette nouvelle gare de marchandises à Biskra montre une approche proactive face aux défis du développement urbain et économique. En déplaçant les activités de fret vers une zone aménagée et connectée, ce projet vise à fluidifier la circulation en centre-ville, à optimiser les opérations logistiques, à stimuler l'attractivité économique régionale et à améliorer la sécurité. L'intégration d'infrastructures modernes et la prévision d'une expansion future soulignent une vision où la gestion efficace des flux de marchandises est essentielle à la croissance durable de Biskra et de sa région.

SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

CHAPITRE V : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

V.1 Introduction

La superstructure de la voie ferrée est un assemblage composé de divers éléments aux caractéristiques physiques et mécaniques distinctes. Son rôle principal consiste à transmettre à l'infrastructure les charges statiques et dynamiques exercées par les roues des véhicules, tout en garantissant un guidage précis de ceux-ci sur leur trajectoire. Pour résister aux sollicitations verticales, transversales et longitudinales, elle intègre deux files de barres d'acier, appelées "rails", dont l'inclinaison et l'écartement sont maintenus par des "traverses" disposées longitudinalement et reposant sur une couche de ballast. Les rails sont fixés aux traverses par des "attaches". De plus, des "appareils de voie" sont intégrés pour permettre la ramification, la jonction et les changements de direction des voies. La résistance naturelle du sol étant généralement insuffisante pour supporter la superstructure et les charges transmises par les traverses, une pose directe entraînerait un enfoncement. De même, dans les zones imperméables, l'eau et le gel provoqueraient des soulèvements locaux des rails. Afin de prévenir ces problèmes, une structure d'assise d'une hauteur adéquate doit être interposée.

V.2 Les composantes de la voie

V.2.1.1 Le Rail

Le rail est un profilé en acier laminé qui sert à la fois de guide et de support de roulement pour les véhicules ferroviaires. Il peut également fonctionner comme conducteur électrique pour la transmission de signaux et le retour du courant de traction.
Les rails se distinguent par leurs types de profils (UIC, Vignole, gorge, doubles champignons, etc.) et par la masse d'acier utilisée par mètre linéaire courant. En général, les rails sont composés de trois parties :

V.2.1.2 Le patin

Il assure la répartition des charges sur la traverse. Il se caractérise par sa largeur, qui influence la rigidité du rail dans le plan horizontal, son épaisseur et la forme de son raccordement avec l'âme.

V.2.1.3 L'âme

Elle assure l'inertie verticale du rail. Son épaisseur, d'environ 17 mm, est déterminée par les efforts tranchants qu'elle supporte.

Le champignon

Il comprend trois faces actives :

- La table de roulement supérieure, qui a un profil en anse de panier.
- Les deux joues latérales, qui permettent le contact avec le boudin de roue.
- La largeur du rail permet d'absorber l'effet de frettage dans la zone où se produisent les contraintes dues au contact roue-rail. Sa hauteur offre une marge d'usure verticale suffisante, de l'ordre de 1 mm pour 80 millions de tonnes (soit 100 000 trains de 800 tonnes).

L'acier utilisé pour les rails doit répondre aux exigences suivantes :

- Résistance à l'abrasion.
- Absence de fragilité.

Soudabilité, afin de permettre la fabrication de barres de grande longueur.

Les termes de références indiquent que la voie sera équipée de rails UIC 60 posés sur des

traverses en béton.

Cependant, ce rail lourd et ces traverses, bien plus onéreux, sont conçus pour des lignes a grandes vitesses (220 km/h), ce qui n´est pas le cas dans ce projet ou la vitesse est limitée a 180 km/h. C´est pour cette raison qu´il a été retenu par l´Anesrif l´utilisation d´un rail UIC54 avec des traverses bi blocs.

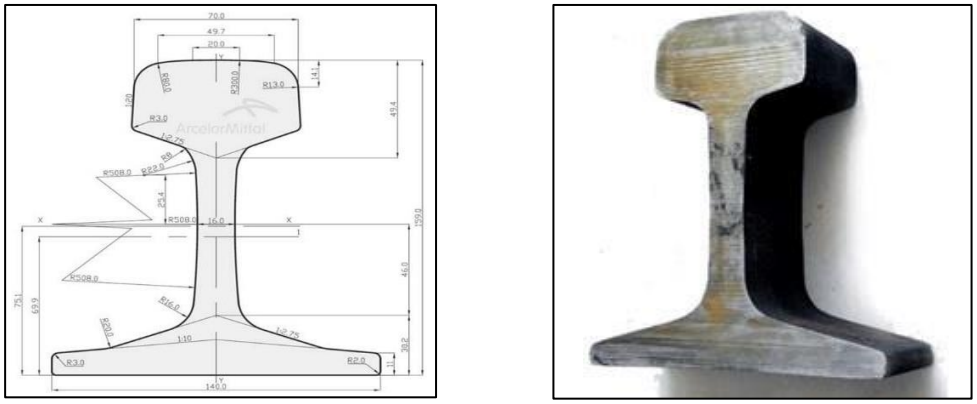


Figure V.2.1 : RAIL UIC 54 E1-(UIC 54) utilisé dans le projet.

Dimensions du rail UIC54 E1 :

Table V.2.1 : Dimensions du rail UIC54 E1.

Profile	Standard	Dimensions mm					Section S cm^2	Masse m Kg/m
		H	B	C	D	E		
54 E1(UIC54)	EN 13674 - 1	159.00	140.00	70.00	49.40	16.00	69.77	54 .77

V.2.1.4 Traverses

On identifie différents types de traverses :

Traverse en bois

Fabriquées à partir de bois dur, elles représentent une part importante des traverses utilisées globalement en raison de leur robustesse, de leur souplesse et de leur simplicité d'installation, bien que leur durée de vie soit plus limitée (20 à 30 ans).



Figure V.2.2 : Traverse en bois.

Traverse métallique

Ce type de traverse est un produit industriel de fabrication aisée. Elle se compose d'un

Profilé laminé en forme de U inversé, dont les extrémités sont estampées pour former des bêches qui s'ancrent dans le ballast et résistent au déplacement latéral de la voie. Le rail y est fixé à l'aide de crampons qui prennent appui sur le bord de la semelle. Ces crampons sont serrés par des écrous sur des boulons, et l'assemblage de deux ou trois modèles permet d'obtenir une gamme progressive d'écartement de la voie.



Figure V.2.3 : Traverse métallique.

Traverse en béton

Face au coût élevé des traverses métalliques et à la difficulté d'obtenir en quantité suffisante des traverses en bois, la traverse en béton, avec sa longue durée de vie, a été adoptée en remplacement. Son poids conséquent assure un bon ancrage de la voie dans le ballast. On distingue deux sous-types de traverses en béton :

-La traverse bibloc **:** Constituée de deux blocs en béton armé, appelés "blochet", reliés par une entretoise métallique qui absorbe les contraintes au centre de la traverse.

-La traverse monobloc : Réalisée en une seule pièce de béton précontraint, plus mince en sa partie centrale et armée de fils à haute résistance.



Figure V.2.4 : Traverse en béton.

V.2.1.5 Les attaches

Sont des éléments divers qui garantissent la connexion entre le rail et les traverses. Leur rôle est de maintenir le rail de manière élastique en toutes circonstances, de faciliter son déplacement sur la semelle sans provoquer d'usure excessive et durable, ainsi que de permettre une pose et une dépose aisées sans nécessiter d'outillage complexe. Il sera employé des attaches élastiques de type NABLA.



Figure V.2.5 : Les traverses et les attaches utilisées dans le projet.

V.2.1.6 Pose de la voie

- **Pose provisoire**
  La première étape de la pose consiste à répartir le ballast sur la plateforme jusqu'au niveau inférieur des futures traverses. Ces dernières sont ensuite positionnées transversalement, approximativement à leur emplacement final. Les rails sont déposés bout à bout, en respectant un écartement conforme aux normes, et assemblés sommairement à l'aide d'éclisses, avec une cale temporaire pour simuler le joint de dilatation.

Une fois cette pose préliminaire stabilisée par quelques tire-fond (un sur trois ou quatre traverses), on procède au positionnement précis et à la fixation définitive des traverses par tire-fonnage.

Le ballast destiné à la couche supérieure est alors ramené sous les traverses, et la voie est progressivement relevée à la hauteur souhaitée à l'aide de pinces de relevage. Cette phase s'achève par un alignement provisoire de la voie.

- **Relevage**

Le relevage consiste à ajuster la hauteur de la voie conformément aux indications des piquets de nivellement, en utilisant des mires ou un instrument de nivellement.

- **Bourrage**

Le bourrage a pour objectif d'assurer une assise stable aux traverses, en consolidant leur position pour prévenir tout affaissement ou inclinaison latérale.

V.2.1.7 Dressage définitif de la voie

Suite au bourrage, de légères déformations peuvent affecter la position de la voie. Le dressage définitif permet de corriger ces imperfections avec les mêmes outils et méthodes que le dressage provisoire, mais avec une précision accrue.

- **Éclissage**

Une fois la voie bourrée et alignée de manière définitive, on procède au serrage complet des éclisses reliant les rails et, si nécessaire, à l'installation des dispositifs anti-cheminant.

- **Réglage du ballast**

La dernière étape de la pose de la voie consiste à profiler et à répartir le ballast conformément aux spécifications, ainsi qu'à nettoyer la voie, les accotements et les fossés.

V.2.1.8 Procédé de soudure du rail

- **Soudure aluminothermique**

Ce procédé courant sur les chantiers de pose et de maintenance consiste à couler un métal en fusion, de même nature que celui des rails, dans un moule entourant le joint pour reconstituer le profil continu du rail.

- **Soudure électrique**

Le soudage par étincelage-forgeage (électrique) est réalisé en atelier fixe ou à l'aide d'équipements mobiles. Il utilise le courant électrique pour chauffer et souder les extrémités des rails, assurant ainsi une continuité du matériau au niveau de la soudure.

V.3 Conclusion

L'importance d'un choix pertinent de la superstructure de la voie ferrée, garantissant un roulement fluide, la sécurité des trains et le confort des voyageurs, est indéniable.

FONCTIONNALITE DE LA GARE

CHAPITRE VI : FONCTIONNALITE DE LA GARE

VI.1 Introduction

Biskra, stratégiquement située dans le nord-est algérien à environ 230 km de la frontière tunisienne et du littoral méditerranéen, constitue un point de transit essentiel des biens et des personnes sur la ligne El nord-sud El-Ghourzi/Touggourt (420 km). Donc le but de ce chapitre est de montrer la conception de notre projet (la répartition des voies, les installation stockage maintenance, …) et la fonctionnalité et le rôle de chaque zone.

VI.2 Paramètres d'entrer

La gare de marchandises ne remplacerait pas l'importance de la route El-Ghourzi/Touggourt, mais elle offrirait une alternative et un complément pour le transport de marchandises. Elle sur un plan de 2km cela pourrait offrir une plus grande flexibilité logistique selon le besoin de la SNTF et le trafic ferroviaire.
Vitesses entre 30 et 50 km/h dans la gare.
Vitesse sur la voie principale de 10 km/h.
Tonnage 25 tonne par essieu.
Type de rail UIC 54 E1.
Écartement des voies de 1435 mm
Type d'appareil de voie

VI.3 Le choix de l'appareille de voie

Un appareil de voie est un dispositif de guidage qui permet le passage d'une voie à une autre tout en garantissant la continuité des voies par extension.
Dans notre projet on a utilisé les appareils suivants :

Appareil UIC54 - 500 - 1/12 (entrée et sortie de gare)
Cet appareil a été installé dans les zones d'entrée et de sortie de la gare, où la vitesse sur voie déviée atteint 60 km/h. Le calcul donne :

$$V = \sqrt{\frac{R \times I}{11.8}} = \sqrt{\frac{500 \times 150}{11.8}} = 79{,}7\ km/h$$

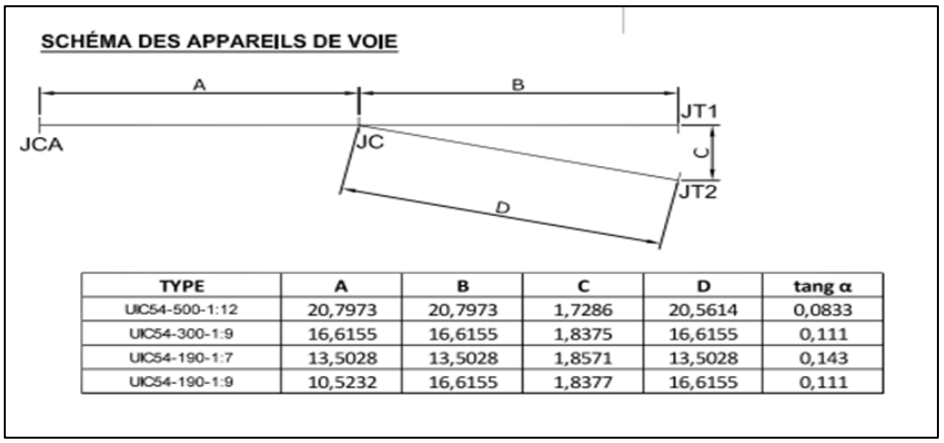
I : L'insuffisance de dévers admissibles(mm).
R : le rayon de courbure (m).

La vitesse théorique admissible est significativement supérieure à la vitesse réelle d'exploitation (60 km/h), ce qui justifie pleinement l'utilisation de ce type d'appareil, garantissant confort, sécurité et fluidité du trafic.

Appareil UIC54 - 190 - 1/9 (voies de stationnement et d'entretien)
Ce type d'appareil a été utilisé dans les voies où les vitesses sont plus faibles, notamment les voies de stationnement et d'entretien (vitesse prévue : 50 km/h). Le calcul donne :

$$V = \sqrt{\frac{R \times I}{11.8}} = \sqrt{\frac{190 \times 150}{11.8}} = 49{,}1\ \text{km/h}$$

La vitesse théorique admissible dépasse significativement la vitesse opérationnelle, ce qui justifie techniquement le choix de ce modèle pour ces zones.



TYPE	A	B	C	D	tang α
UIC54-500-1:12	20,7973	20,7973	1,7286	20,5614	0,0833
UIC54-300-1:9	16,6155	16,6155	1,8375	16,6155	0,111
UIC54-190-1:7	13,5028	13,5028	1,8571	13,5028	0,143
UIC54-190-1:9	10,5232	16,6155	1,8377	16,6155	0,111

Figure VI.3.1 : Schéma des appareils de voie.

VI.4 La conception des voies

La conception des voies est conforme à la norme établie par le fichier de normalisation de la SNTF.

VI.4.1 Garage franc

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les wagons garés. Sur la position du garage franc théorique l'entraxe entre les deux voies est de 3,57 m. En raison de la sécurité, le garage franc sera installé à 1,0 m de distance du garage franc théorique.
Ce dispositif est constitué d'une traverse en bois peinte en blanc.
GF théorétique à calculer sur la base d'un entre axe 3.57m
GF = 3,57 × N + 1, où N = tan(α).
N varie en fonction de l'ouverture de l'appareil de voie.
Application pour notre projet :
On a utilisé les UIC54 500 1/12 UIC54 300 1/9 et UIC54190 1/9 donc :
GF (500 1/12) =3.75×12+1=43.84m
GF (300 190 1/9) =3.75×9+1=33.13m

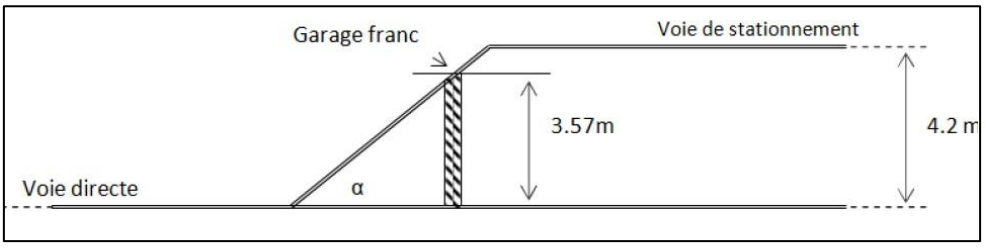


Figure VI.4.1 : Schéma illustratif de garage franc.

VI.4.2 Marge de glissement

Marge de glissement à l'aval des signaux : La marge de glissement désigne la section de voie située en prolongement d'un parcours de train, en aval d'un signal fermé, où aucune autre circulation de train n'est autorisée. Son objectif est de minimiser les conséquences d'un accident et, en cas d'interdiction d'occupation, d'éviter une collision lorsque le train n'a pas pu être arrêté avant cette marge.
Les longueurs de la marge de glissement sont définies par la norme UIC 739 comme suit :
LG = 200 m pour une vitesse V ≥ 60 km/h.
LG = 100 m pour 40 km/h ≤ V

< 60 km/h.
LG = 50 m pour V < 40 km/h.

VI.4.3 Langueur utile

LU : langueur utile c'est la longueur nécessaire est suffisante qui permet au train de stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines.
Elle est donnée par la formule suivante :

LU = LG + LS + LT + LA + LC

- **LU :** longueur utile.
- **LG :** longueur de glissement.
- **LS :** longueur de sécurité.
- **LT :** longueur maximale de train.
- **LA :** marge de tolérance d'arrêt.
- **LC :** tronçon d'isolation pour le système de contrôle

Voies principales : celle sur laquelle reposent les voies de stationnement.

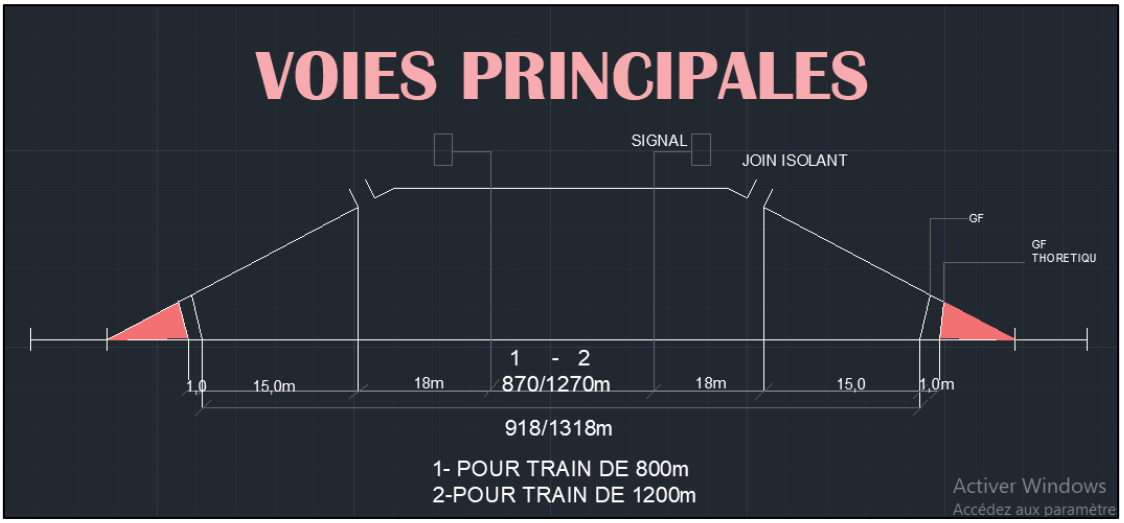


Figure VI.4.2 : Langueur utile voies principale (LU) entre garage franc train marchandises
Valeurs minimales selon la norma SNTF

Voies de services : celle ou les voitures se stationne

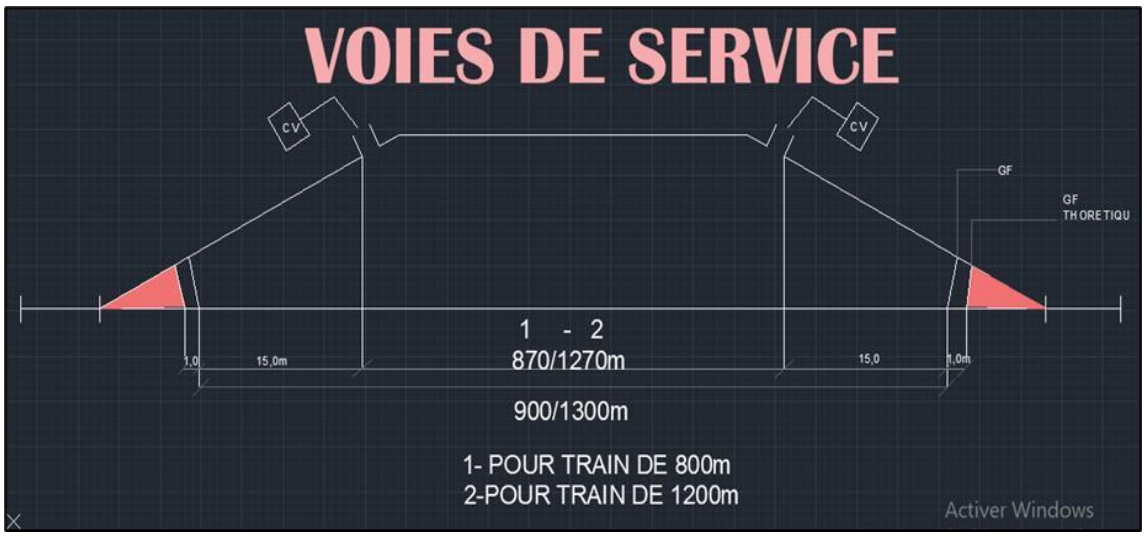


Figure VI.4.3 langueur utile voies de service valeur minimales selon SNTF.

VI.4.4 Choix des voies

Dans notre projet on a choisi plusieurs catégories des voies pour répondre au besoin de plans de transport et aussi la capacité de transport marchandise ferroviaires on a :

- **Voie principale :** de Pk 16.00 a pk 18 .175
- **Voie de sécurité ou bien tiroir.**
- **Fuseau des voies :** Le fuseau représente l'axe principal de circulation ou d'orientation des trains au sein d'une gare. Il correspond généralement à la ligne ferroviaire principale ou à l'axe de passage des trains dans une direction spécifique**.**

Voie sur fuseau, ou comme voie de réception ou de départ, est alignée directement avec la direction principale du trafic.

Voie vers fuseau car elle est orientée en direction de l'axe principal, sans être nécessairement alignée avec lui.

- **Voie de chargement et déchargement :** ce sont des voies de services pour chargement et déchargement des marchandises
- **Vies d'entretien locomotives**
- **Voie d'entretien des voitures**
- **Voie pour lavage locomotives**
- **Voie tiroir** : ce sont conçues pour manœuvrer les trains, les refouler vers des voies de garage ou de triage, et permettre des raccourcis pour les trains.

Table VI.4.1 : Caractéristiques des voies de la gare de marchandises : longueurs et fonctions.

Voies	Longueur (m)	Fonctionnalité
Voie principale	2150	Voie principale.
Voie de sécurité	63	Voie de sécurité.
Voie 4	1698	Sur fuseau.
Voie V10	1450	Vers fuseau.
Voie V12	1400	Vers fuseau.
Voie V14	1375	Vers fuseau.
Voie 16	1300	Sur fuseau.
Voie 20	700	Vers zone de chargement/déchargement.
Voie 22	900	Vers zone de chargement/déchargement.
Voie 24	800	Vers zone de chargement/déchargement.
Voie 26	300	Vers zone de chargement/déchargement.
Voie 28	400	Vers zone de chargement/déchargement.
Voie 30	250	Vers poste d'entretien de voitures.
Voie 32	200	Vers poste d'entretien de voitures.
Voie ENT 24	100	Vers poste d'entretien de voitures.
Voie 36	200	Vers poste d'entretien locomotives.
Voie 38	100	Vers poste d'entretien locomotives.
Voie 40	200	Vers lavage locomotives
Voie 42L	200	Vers lavage locomotives
Voie 6	300	Voie tiroir
Voie tir	100	Voie tiroir
Voie 18	550	Voie tiroir

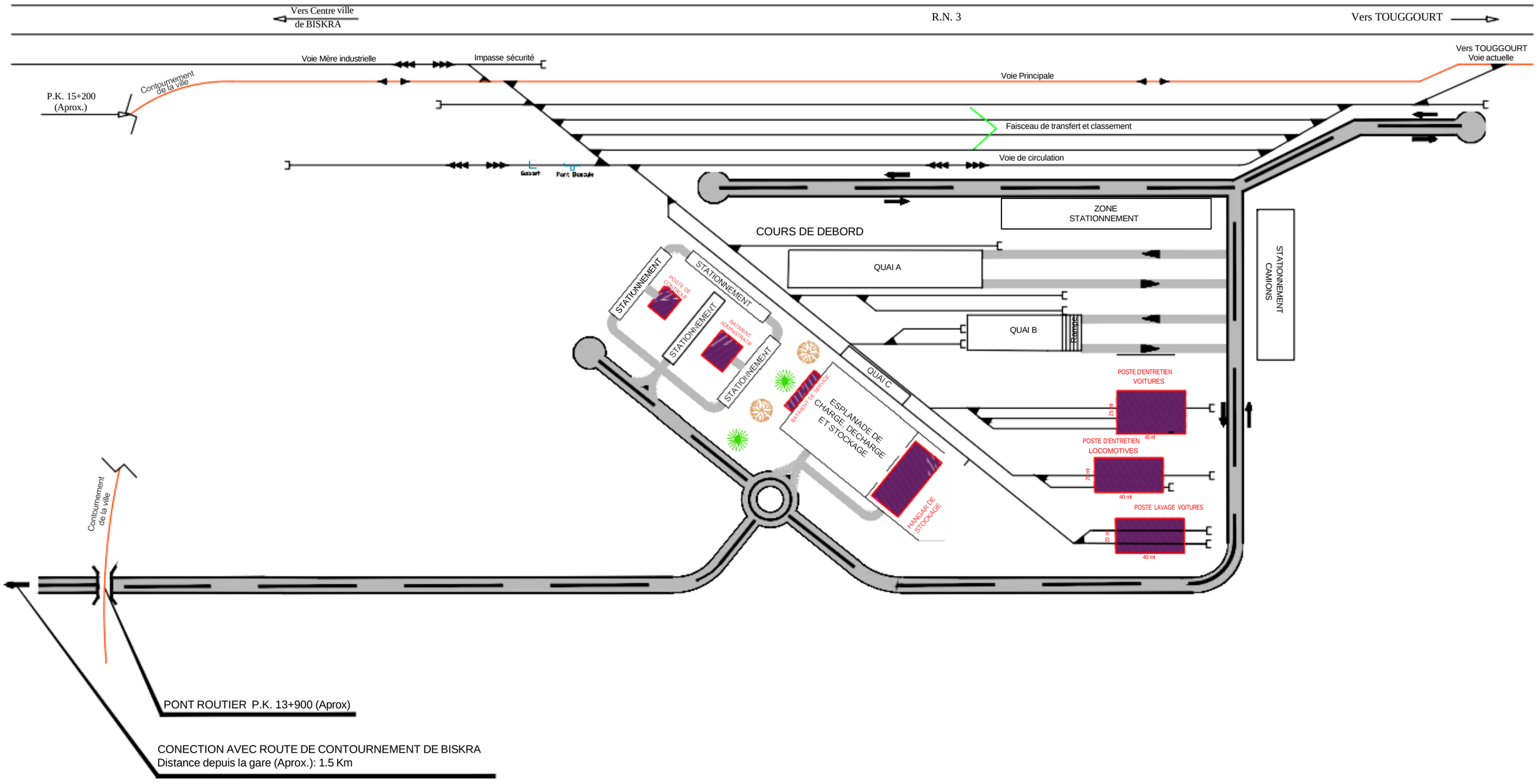
NB : Dans notre projet, nous avons respecté plusieurs contraintes, notamment les normes en vigueur et les exigences des plans de transport. Comme indiqué dans le chapitre 3, nous avons également évalué la capacité de notre gare, ce qui nous a donné une idée préliminaire du nombre de voix nécessaires et de leur longueur.

- **Entre axes :**

Table VI.4.2 : Distances entre axes des voies de la gare de marchandises.

Entre axe	Longueur
Voie principale / Voie 4	15,00m
Voie 4 / Voie V10 / Voie V12 / Voie V14 / Voie V16	4,20m
Voie 16 / Voie 20	50,00m
Voie 20 / Voie 22	30 ,00m
Voie 22 / Voie 24	4,20m
Voie 24 / Voie 26	8,00m
Voie 26 / Voie 28	4,00m
Voie 28 / Voie 30	40,00m
Voie 30 / Voie 32 / Voie ENT24	6,00m
Voie ENT24 / Voie 36	20,00m
Voie E36 / Voie 38	6,00m
Voie 40 / Voie 42L	4,20m

VI.5 Schéma de principe



ENSTP

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger

Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz

Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDE	Réalisé par	Encadré par	N°Planche	Echelle	Année universitaire
Etude en APD de la nouvelle gare marchandises (Port sec) autour de Biskra sur la ligne El-Ghourzi - Touggourt de PK 16+000 au PK 18+175	BOULARAOUI Zelikha GHERABI Safa	MrSiguerdjidjene Hakim	01	1:100	2024 / 2025

VI.6 Aménagement de la gare

Notre projet, stratégiquement située au sud de la ville et à proximité immédiate de la zone industrielle, sera dotée d'installations complètes pour l'entretien, la maintenance, le chargement, le déchargement, le stockage et le remisage.

Son vaste terrain et son raccordement à un réseau routier moderne favorisent un développement rapide de ses activités. Afin d'assurer une exploitation efficace, la gare sera équipée d'un bâtiment de service, d'un bâtiment administratif, d'un hangar de stockage, de postes d'entretien et d'un poste de contrôle.

L'aspect extérieur d'une gare ferroviaire constitue le premier point de contact pour les passagers et le public et voie d'accès pour faciliter le stationnement des camions.

VI.6.1 La zone de stationnement

La conception des quais, prenant en compte les dimensions pour stationnement camions, la hauteur de leur plancher, constitue donc un investissement essentiel impliquée dans le transport et la distribution de marchandises.

Les grandes zones de stationnement et des quais bien conçus diminuent les risques d'accidents lors des manœuvres des camions et des opérations de manutention.

VI.6.2 Poste de contrôle

Le bâtiment est une construction de type R+1, avec une hauteur libre de 2,91 m sous plafond.

Il comprend toutes les salles nécessaires personnel chargé de la signalisation et des télécommunications au sein de la gare.

Le rez-de-chaussée salles dédiées aux installations techniques, tandis que le premier étage est consacré au TCO.

Les locaux suivants sont requis pour l'installation de sécurité :

Une salle d'alimentation en énergie, où seront installés les appareils d'alimentation pour les grandes installations.

Un local pour les batteries fixes de l'installation.

Un local destiné à un groupe électrogène a continuité d'électrique.

Un local de commande (T.C.O) pour l'installation de l'appareillage de commande et de signalisation, généralement occupé par le chef de sécurité.

Une salle de dans laquelle seront installés l'appareillage de signalisation et, les dispositifs d'alimentation en énergie.

Pour des raisons techniques et économiques, il est conseillé des installations techniques de sécurité dans le même bâtiment, formant ainsi un seul bloc.

Cela inclut particulièrement la salle de signalisation, le local de batteries et éventuellement le local d'alimentation en énergie.

Aucune conduite principale d'eau de chauffage ou d'écoulement ne traverse ces locaux.



Figure VI.6.1 : Poste de contrôle.

VI.6.3 Voie t bâtiment de service et administratif

Le bâtiment de service est conçu en sur un seul niveau (rez-de-chaussée) avec une forme géométrique rectangulaire et une hauteur sous plafond de 3,00 m.

Bâtiment administratif

Ce bâtiment administratif est également de plain-pied (rez-de-chaussée).

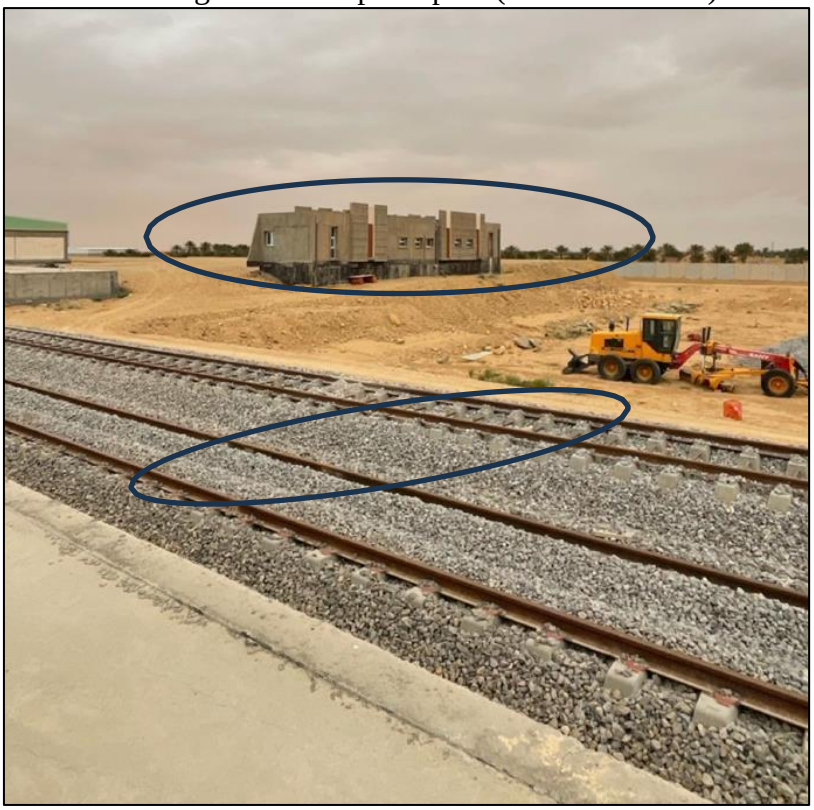


Figure VI.6.2 : Bâtiment de service et administratif.

VI.6.4 Hangar de stockage

Cette grande structure est destinée au stockage pièces industrielles, matériaux d'entretien. Le hall de stockage est conçu sur un seul niveau (double hauteur) et a une forme géométrique rectangulaire. Ses dimensions sont de 48x 24 x 10m.



Figure VI.6.3 : Hangar de stockage.

VI.6.5 Poste d'entretien des voitures et locomotives

L'objectif principal de la conception de ces postes d'entretien, qu'il s'agisse de voitures ou de locomotives, est de créer des espaces fonctionnels et sécurisés, spécifiquement adaptés aux opérations de maintenance et de réparation du matériel roulant ferroviaire.
Le hall est équipé d'un pont roulant de dimensions 40 x 25 x 10 m, de forme rectangulaire.
Le hall d'entretien des wagons dispose de deux voies et d'un fossé de visite.
La hauteur est déterminée comme suit :
- La hauteur maximale des wagons et locomotives ;
- 3 m d'espace utilisable au-dessus du wagon pour le levage de composants ;
- 2 m de hauteur pour la construction de la gare portique.

Cela représente une hauteur totale d'environ 10,50 m.
Poste d'entretien des locomotives
Le poste d'entretien est conçu sur un seul niveau (double hauteur) et présente une forme géométrique rectangulaire.
Il est équipé d'un pont roulant, avec des dimensions de 40 x 20 x 10 m à base rectangulaire.



Figure VI.6.4: Poste d'entretien des voitures et locomotives.

VI.6.6 Poste lavage locomotives

Nous avons proposé dans notre projet une **station de lavage de locomotives**, qui constitue une infrastructure technique essentielle pour l'entretien du matériel roulant ferroviaire de dimensions 45x25x5m.

Fonctions principales d'une station est pour nettoyage extérieur des locomotives :

Élimination des poussières, huiles, sables et salissures accumulées lors des parcours effectués dans des conditions climatiques difficiles (sable du Sahara, pluies, etc.).

Composants techniques typiques :

- **Portique de lavage automatique** : Comprend des brosses, des jets à haute pression et des produits biodégradables.
- **Raccordement ferroviaire** : Voies dédiées équipées d'un système de calage et d'arrêt de sécurité.
- **Station de traitement des eaux** : Comprend un bassin de décantation, des filtres et des récupérateurs d'huiles et de sables.

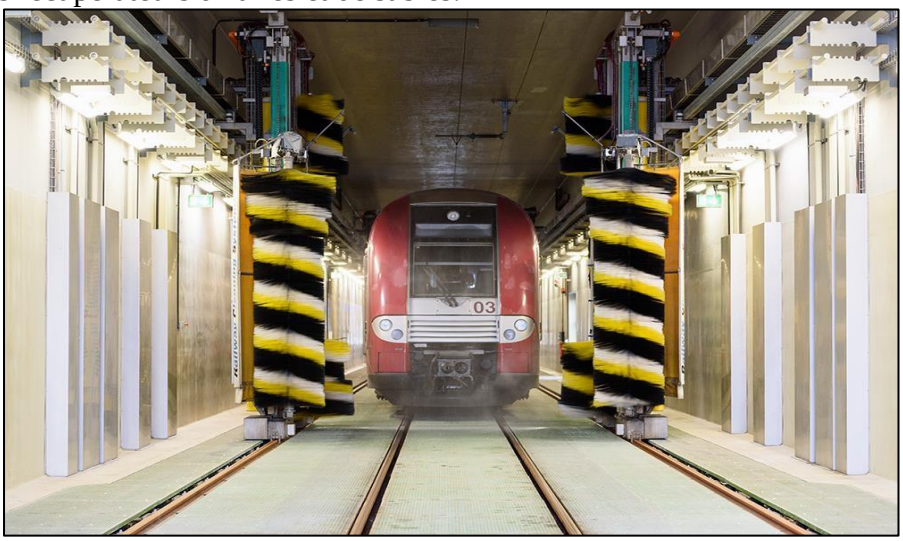


Figure VI.6.5 : poste de lavage des locomotives dans les gares ferroviaires.

VI.7 Quai

VI.7.1 Règlement

La présence de quais dans les gares de marchandises est essentielle, car ce sont eux qui permettent de déposer les marchandises et les biens.

- Longueur des quais (normes SNTF) :

Grande ligne : 450 m
Service régional : 350 m

- Largeur des quais : La SNTF recommande les dimensions suivantes pour une gare :

Quai intermédiaire : B > 8 m
Quai extérieur : B ≥ 6

- Hauteur des quais :

La hauteur nominale des bordures des quais, mesurée au-dessus du plan de roulement, est fixée à 550 mm Cette hauteur peut varier en fonction du type de matériel roulant susceptible de s'arrêter sur ce quai.

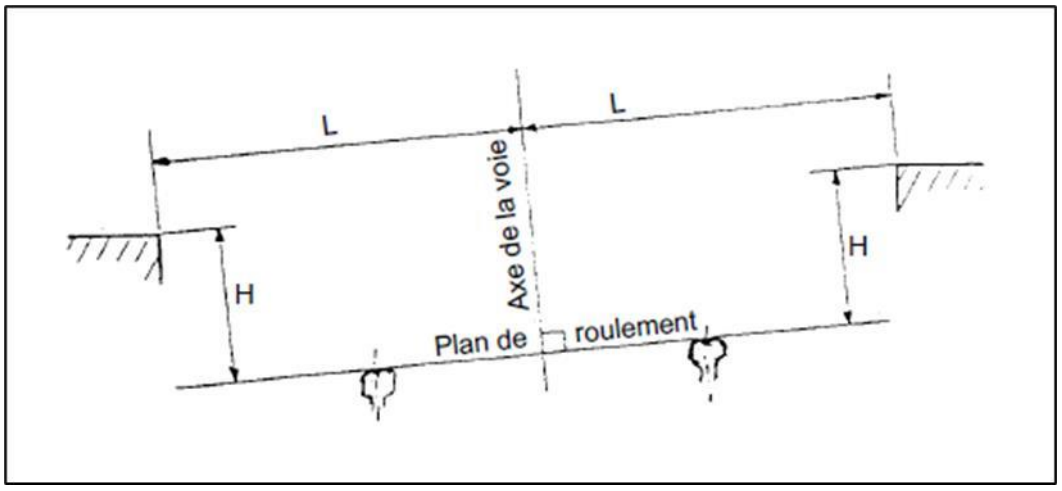


Figure VI.7.1: la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie.

Pour les bordures de quai implantées à la hauteur nominale de 550 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à :
L (mm) = 1650 + S.
La valeur de S est donnée par la formule : S (mm) = $\frac{3750}{R}+\frac{I-1435}{R}$
Où :
R : rayon de la voie (m).
I : écartement de la voie (mm).
L'entre-axe des quais :
e normal > 11.3 m.
e minimal > 9.3 m.

VI.7.2 Application pour notre projet

L (mm)=1650+ (3750/∞) + ((1435-1435) /2) =1650mm.

Dans notre projet, nous avons proposé trois quais :
Quai A : Quai de chargement et de déchargement de dimensions 30 x 520 x 0,55 m.
Quai B : Quai de chargement et de déchargement équipé d'une rampe pour faciliter la circulation des camions, avec des dimensions de 20 x 370 x 0,55 m.
Quai C : Quai de stationnement.20x125x1.10
Afin d'éviter toute stagnation d'eau, les revêtements seront posés en pente de 2% dans la direction indiquée sur les plans.

VI.7.3 Ferraillage de la dalle de quai

Cette structure est coulée sur place et la dalle a les dimensions suivantes :
Longueur : 5,80 m (correspondant à la longueur des murs).
Largeur : 5,0 m.
Épaisseur : 0,20 m.
Béton armé :
-Le béton utilisé est un béton de ciment CPA 325 dosé à 350kg/m³.
-La résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours notée fc28= 25MPa.
-La résistance caractéristique du béton à la traction à 28 jours notée ft28 = 2, 22 MPa.
-La contrainte à l'ELU fbc = $\frac{0.85\ fcj}{\gamma b}$

Avec :

γ_b= 1.5 fbc =15,30 MPa => Situation durable.

γ_b = 1.15 fbc= 19.96 MPa => Situation accidentelle.

La contrainte limite à l'ELU

σbc =0.6fcj=16.2 MPa

Acier :

-Barres à haute adhérence Fe 400 limite d'élasticité Fe = 400MPa.
-Module d'élasticité : Es = 2.10^5 Mpa.
-Contrainte limite à l'ELU $\sigma s = \frac{Fe}{\gamma s}$

Avec :

γs= 1.15 σs=348 MPa => Situation durable.

γs= 1 fbc σs=400 MPa => Situation accidentelle.

Contrainte limite à L'ELS : $\sigma a = [2fe/3 ; 110\sqrt{\eta\, ftj}]$

Fissuration préjudiciable, Acien HA φ> 6 => σa=207.314 MPa.

(η = 1,6 acier haute adhérence)

VI.8 Heurtoir

Les heurtoirs matérialisent la fin d'une voie de garage ou de sécurité. Placés aux extrémités de ces voies, appelées « voies tiroirs » ou « voies en cul-de-sac », ils empêchent les véhicules en mouvement de sortir de la voie. Ces dispositifs sont conçus pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les percutent, grâce aux tampons situés à la même hauteur que l'attelage des trains.

- Dont notre projet les heurtoirs placés au bout des voies en impasse sont construits en béton armé. Ils doivent pouvoir supporter un effort de 50.000 N appliqué à 1060 mm au-dessus du niveau du rail.



Figure VI.8.1 : Heurtoir.

VI.9 Le pont bascule

Dans les gares ferroviaires de marchandises, le pont bascule est un dispositif de pesage servant à mesurer le poids des wagons et de leur chargement. Ces ponts bascules, généralement installés sur des voies ferrées, se composent de plateformes de pesage adaptées aux roues des trains.

Dans notre projet, nous avons proposé d'installer le pont bascule à l'entrée de la gare, a partir de 16,00, en raison de l'importance des marchandises dans ce secteur.

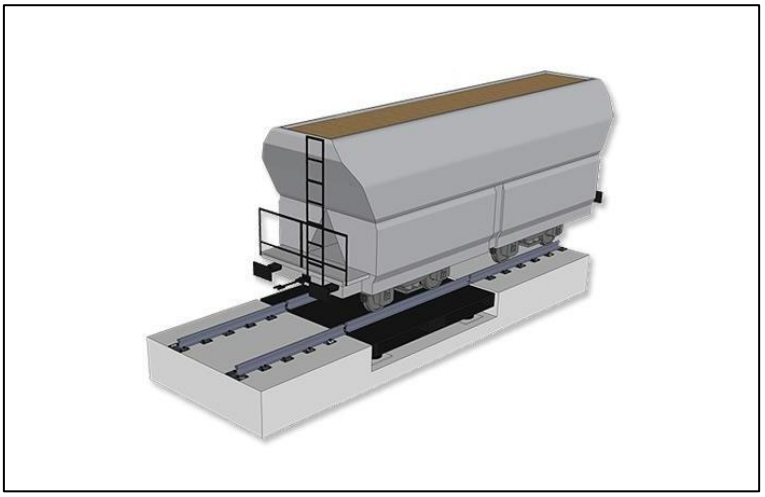


Figure VI.9.1 : Pont-bascule ferroviaire intégré pour le contrôle du poids des wagons.

VI.10 Les paramètres de sortie de la gare

Dans ce point, nous allons vérifier la capacité des voies de la gare en les comparant aux propositions formulées dans le chapitre 3 relatif au calcul de la capacité. Pour cela, nous allons effectuer les calculs pour chaque service en tenant compte de la longueur utile de chaque voie et de la longueur moyenne des wagons, afin de déterminer le nombre de wagons que chaque

voie peut accueillir. Par exemple, pour une voie de sécurité dont la longueur utile (Lu) est de 63 mètres et la longueur des wagons (Lw) est de 15 mètres (nous avons choisi le cas le plus défavorable, à savoir le wagon couvert à changement de bogies), la capacité (C) se calcule par la formule :

$C = \frac{Lu}{Lw} = \frac{63}{15} = 4\ wagons$.

C : capacité de chaque service.
Lu : la longueur utile.
Lw : la langueur des wagons.

Table VI.10.1 : Les paramètres de sortie de la gare.

Voies	Capacité pour chaque service (Wagons)
Voie de sécurité	4
Vers Fuseau	481
Zone de chargement/déchargement.	206
Poste d'entretien de voitures	36
Poste d'entretien locomotives.	20
Vers lavage locomotives	26
Voie tiroir	63

L'analyse de la capacité des différentes voies de la gare, fondée sur le cas le plus défavorable du wagon couvert à changement de bogies, a permis de déterminer avec précision le nombre de wagons que chaque service peut accueillir. Les résultats, résumés dans le tableau ci-dessus, révèlent une répartition adéquate des capacités en fonction des besoins fonctionnels de chaque zone. Cette évaluation constitue une base solide pour vérifier la conformité des infrastructures existantes et orienter les améliorations potentielles à apporter pour optimiser l'exploitation ferroviaire.

VI.11 Conclusion

La gare de marchandises de Biskra a été conçue comme un pôle logistique stratégique, capable d'assurer le traitement, le tri, le chargement et le déchargement des flux de fret ferroviaire de manière efficace. Grâce à une organisation rationnelle des voies, à l'intégration de bâtiments techniques spécialisés (ateliers, entrepôts, bureaux de gestion), ainsi qu'à des installations de maintenance et de sécurité conformes aux normes de la SNTF, cette infrastructure garantit une fonctionnalité optimale. Ce projet vise à améliorer la performance du transport ferroviaire, à encourager le transfert modal route-rail et à soutenir le développement économique local et national. Il répond ainsi aux enjeux contemporains de durabilité, d'efficacité et de compétitivité logistique.

GEOMETRIE DE LA VOIE

CHAPITRE VII : GEOMETRIE DE LA VOIE

VII.1 Introduction

L'étude géométrique du tracé de la voie vise à garantir un bon roulement des véhicules. Il est donc essentiel d'identifier la forme géométrique optimale de la voie et du tracé adopté, en privilégiant un tracé économiquement viable qui respecte les conditions et recommandations des normes internationales ferroviaires.

La géométrie de la gare présente une configuration unique, différente de la géométrie linéaire standard que nous utilisons pour le reste de notre projet ferroviaire. Contrairement à une section de voie classique, qui se compose d'une trajectoire rectiligne ou de courbes à rayon constant, la conception de cette gare intègre des éléments géométriques spécifiques et potentiellement complexes. Ces particularités peuvent.

VII.2 Plan de la voie

Le plan de la voie des gares consiste à positionner les appareils de voie. Le type d'appareil utilisé détermine la configuration des voies et leurs raccordements, en particulier les rayons de courbure. Dans notre projet, le tracé en plan implique la création de lignes de voies et leur raccordement, avec des rayons adaptés aux appareils de voie sélectionnés.

VII.2.1 Les conditions et les règles respectant le plan de voie selon SNTF

Suivre les courbes de niveau afin de réduire les terrassements.

Éviter, dans la mesure du possible, le franchissement des oueds et des routes afin d'éliminer les travaux d'ouvrages d'art. Si cela est inévitable, il est préférable que le franchissement soit perpendiculaire à la ligne d'écoulement des oueds ou qu'il se fasse dans les zones les plus étroites.

Éviter les problèmes liés aux talus :

Talus en déblais : À éviter en cas de présence de nappe phréatique, de terrains plastiques ou de roches fissurées.

Talus en remblais : À éviter en cas de présence de terrain instable (susceptible d'être mis en mouvement par le remblai) ou de sol très compressible.

VII.3 L'appareille de voies

L'exploitation des voies ferrées, en particulier dans les gares, nécessite des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires, communément appelés appareils de voie.

Cet appareil se compose de trois parties : l'aiguillage, la partie intermédiaire et le cœur (croisement).

Les appareils de voie incluent :

Les branchements simples.

Les traversées.

Les traversées jonctions simples (T.J.S) et jonctions doubles (T.J.D).



Figure VII.3.1: L'appareil de voie dans notre chantier.

Les appareils de voie se distinguent par plusieurs caractéristiques :
Leur type : aiguillage simple, branchement double (T.J.S), ou (T.J.D).
Le type de rail.
Le rayon.
La tangente : c'est l'angle formé par la tangente dans l'axe de la courbe, au talon d'aiguille, et l'axe de la voie directe. Cet angle est exprimé par le rapport d'inclinaison des deux axes l'un par rapport à l'autre (1 :9, 1:12, 1 :18.5, etc.)
Le type de lame : articulée, élastique ou flexible.
Le type de traverses : en bois, en acier ou en béton.
Le type de cœur de croisement (Pointe élastique).

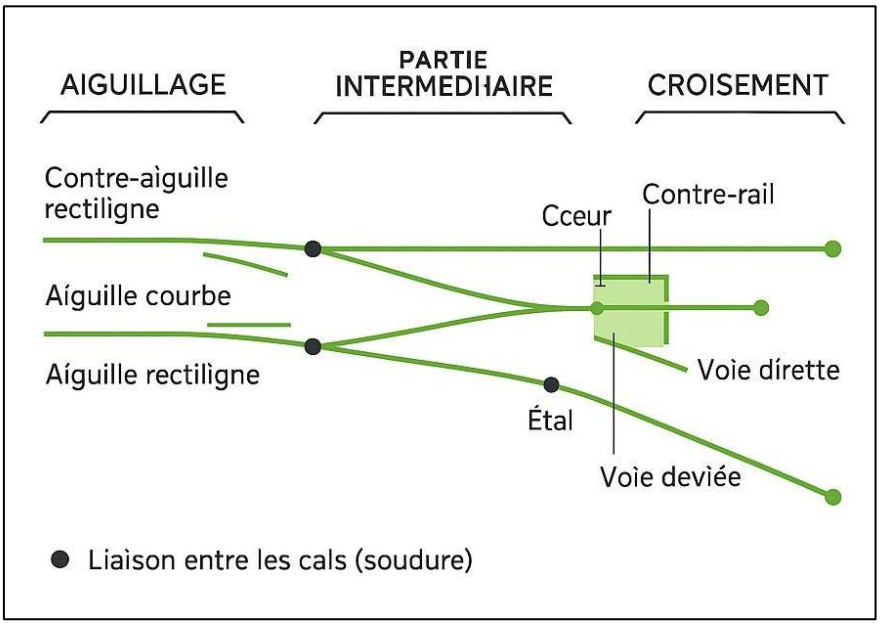


Figure VII.3.2 : Schéma d'aiguillage.

VII.3.1 Règles d'implantation selon la SNTF

En pointe :

La longueur minimale d'alignement droit (L1) avant l'aiguillage doit être au moins égale à la moitié de la vitesse de déviation : L1≥2Vd où Vd est la vitesse en km/h.

En talon de la branche déviée :

Si la sortie de l'appareil est en alignement droit : La longueur minimale d'alignement droit après l'aiguillage doit également être égale à la moitié de la vitesse de déviation : L≥2Vd

Si la sortie de l'appareil est en courbe :

Pour Vd<100 km/h : Il faut prévoir soit un alignement droit d'une longueur minimale de 2Vd, soit prolonger la courbe de l'aiguillage par un raccordement progressif.

VII.3.2 Justification de pose des appareilles de voie dans notre projet

Exemple de calcul :

On prend l'appareil N°39 : UIC54-190 1:9

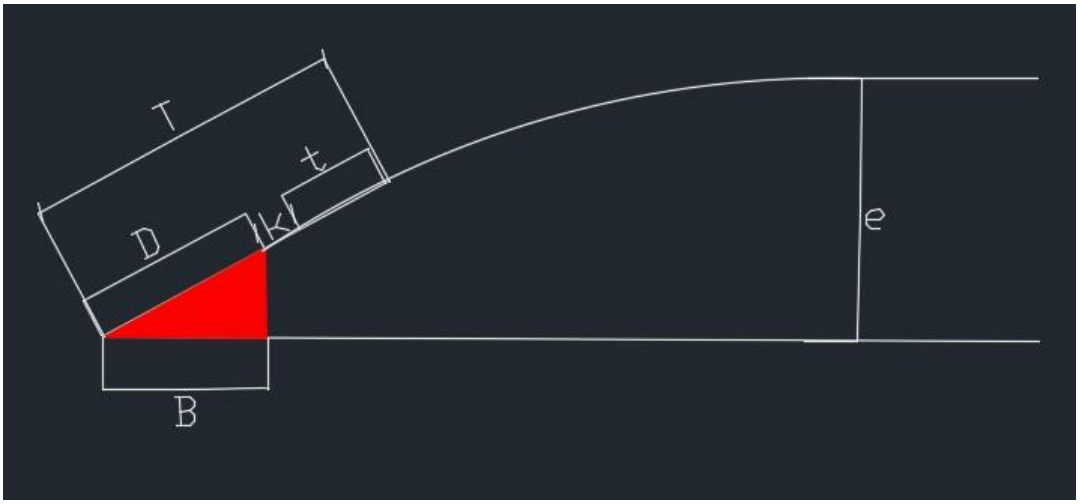


Figure VII.3.3 : Schéma des Appareils de voie.

Table VII.3.1 : Valeurs caractéristiques des ADV pour une Tangente1:9.

Tangente	A	B	C	D
1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155

Langueur de tangente $tan\alpha = 0.111111 \Longrightarrow tan\frac{\alpha}{2} = 0.05532861616$

$t = R\ tan\frac{\alpha}{2} = 190 \times 0.05532861616 = 10.5124$

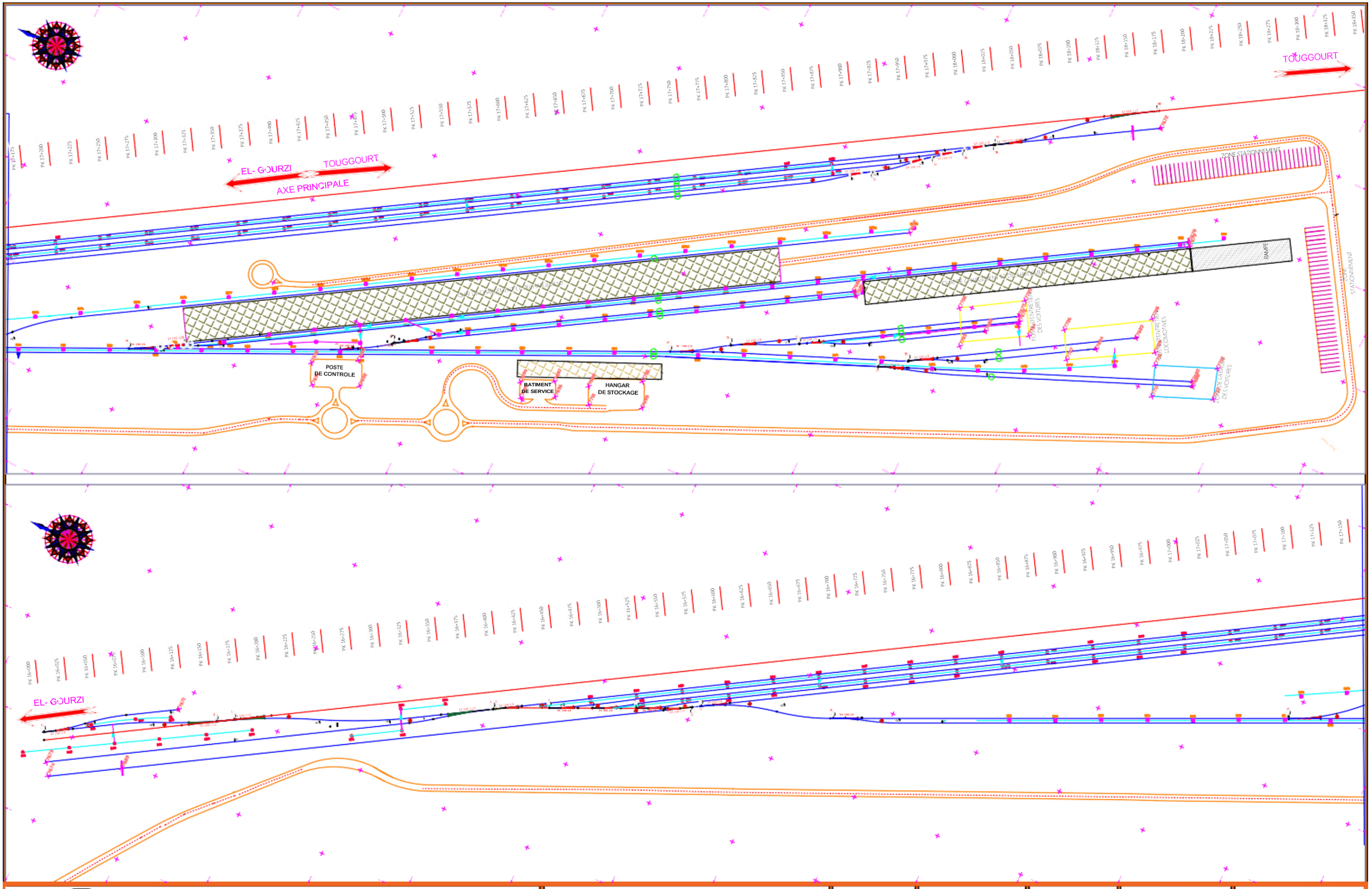
$T = \frac{e}{sin\alpha} = \frac{15}{0.1104} = 135.8696m$

On vérifie : $t + K + D\ doit\ etre\ \leq T$ D'où K=108.7417m $\Longrightarrow$ Tangente vérifie donc pose ADV correcte.

Table VII.3.2 : Justification de pose des appareilles de voie.

N° de l'appareil de voie	Vitesse (km/h)	Type	Déviation	Tangente	A	B	C	D	T (m)	t (m)	K (m)	$t + D + K \leq T$
1	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	63.3877	10.5124	36.2598	Vérifie
2	50	UIC54-500	Droite	1/12	20.7973	20.7973	1.7286	20.5614	84.3255	20.7888	42.9753	Vérifie
3	50	UIC54-500	Droite	1/12	20.7973	20.7973	1.7286	20.5614	180.6974	20.7888	139.3472	Vérifie
4	50	UIC54-500	Droite	1/12	20.7973	20.7973	1.7286	20.5614	180.6974	20.7888	139.3472	Vérifie
5	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
7	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
9	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
11	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
12	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	152.1739	10.5124	125.046	Vérifie
13	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	452.8986	10.5124	425.8956	Vérifie
15	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
17	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	271.7391	10.5124	244.6112	Vérifie
19	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	148.5507	10.5124	154.6538	Vérifie
21	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
23	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	362.3189	10.5124	335.1910	Vérifie
25	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
27	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
29	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	289.8551	10.5124	262.7272	Vérifie
31	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	54.3479	10.5124	27.2199	Vérifie
32	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
33	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	54.3479	10.5124	27.2199	Vérifie
34	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
35	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	54.3479	10.5124	27.2199	Vérifie
36	30	UIC54-190	Droite	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
38	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	38.0435	10.5124	10.9156	Vérifie
39	30	UIC54-190	Gauche	1/9	10.5232	16.6155	1.8377	16.6155	135.8696	10.5124	108.7417	Vérifie
40	50	UIC54-500	Gauche	1/12	20.7973	20.7973	1.7286	20.5614	180.6974	20.7888	139.3472	Vérifie

Après vérification, la pose des ADV a été réalisée conformément aux prescriptions techniques et ne présente aucun défaut d'installation.



ENSTP
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude en APD de la nouvelle gare marchandises (Port sec) autour de Biskra sur la ligne El-Ghourzi - Touggourt de PK 16+000 au PK 18+175	BOULARAOUI Zelikha GHERABI Safa	MrSiguerdjidjene Hakim	1:1000	02	2024 / 2025

VII.4 Profile en long

Le profil en long est un élément essentiel dans la conception et la planification d'infrastructures linéaires telles que les voies ferrées ou les canaux. Il s'agit d'un diagramme graphique qui présente une vue détaillée des variations d'altitude le long de l'axe d'un projet, fournissant ainsi des informations cruciales sur les caractéristiques topographiques du terrain.

Pour les projets ferroviaires, le profil en long est d'une importance capitale. Il guide les ingénieurs dans plusieurs domaines :
La conception géométrique du tracé : Il aide à définir les pentes et les courbes verticales de la voie, garantissant ainsi la sécurité et l'efficacité du transport.
La gestion des contraintes hydrauliques et géotechniques : Il permet d'identifier les zones nécessitant des solutions de drainage ou présentant des défis liés à la stabilité du sol.
L'anticipation des risques naturels : Grâce à lui, les ingénieurs peuvent prévoir et atténuer des risques tels que les glissements de terrain, l'érosion ou les inondations.

VII.4.1 La déclivité

À la gare, il est important de limiter la déclivité en fonction des activités prévues. Dans notre projet, nous avons établi une déclivité de 0 ‰ pour prévenir tout déplacement éventuel des trains.

VII.4.2 Description visuelle dans le profil en long

Apparence horizontale et plane : Sur le dessin du profil en long, la section de la gare se présente comme une ligne horizontale parfaitement droite, se distinguant des pentes ascendantes ou descendantes qui pourraient précéder ou suivre la gare. Cela indique que le niveau du sol dans les limites de la gare est constant et ne présente aucune inclinaison longitudinale notable (la pente est égale à zéro pour mille).
Transitions douces : Les points de début et de fin de cette section horizontale apparaissent comme des transitions douces depuis toute pente existante sur la voie avant et après la gare, garantissant ainsi l'absence de changements brusques d'inclinaison de la voie à l'entrée ou à la sortie de la gare.

VII.4.3 Implications de conception et fonctionnelles d'une gare en palier

Facilité de mouvement pour les voyageurs et les marchandises : L'absence de pente rend le déplacement des voyageurs sur les quais plus sûr et plus confortable, en particulier pour les personnes à mobilité réduite, les personnes âgées et les familles avec enfants ou bagages. Cela facilite également le transport des chariots et des bagages à roulettes.

Stabilité des trains à l'arrêt : Une surface plane offre une plus grande stabilité aux trains stationnés en gare, réduisant ainsi le risque de mouvement involontaire.

Gestion et évacuation des eaux : Bien que la pente longitudinale soit nulle, il est essentiel de porter une attention particulière à la conception technique pour assurer un drainage efficace des eaux pluviales de la zone de la gare afin d'éviter leur accumulation. Cela peut nécessiter de légères pentes transversales ou un système de drainage souterrain.

VII.5 Conclusion

L'étude géométrique appliquée à une station de transport de marchandises est essentielle pour garantir la fluidité des manœuvres, la sécurité des opérations et l'efficacité logistique. Ce chapitre a souligné l'importance des appareils de voie, du tracé en plan et du profil en long dans la conception d'une infrastructure ferroviaire répondant aux besoins spécifiques du transport de fret.

Une conception optimisée de ces éléments assure la stabilité de l'ouvrage, facilite les opérations de triage et de chargement/déchargement, tout en maîtrisant les coûts de construction et d'entretien.

Par ailleurs, l'intégration rigoureuse des normes et réglementations en vigueur dès les premières étapes de l'étude garantit la conformité du projet, tout en répondant aux exigences de sécurité et de performance.

ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VIII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

VIII.1 Introduction

Cette étude est indispensable dans tout projet ferroviaire pour bien comprendre les mécanismes de circulation des eaux superficielles, et souterraines. Du fait que les modifications qu'apporte le projet perturbent les écoulements d'eau naturels.
Ce chapitre a pour objet de fournir les éléments hydrologiques nécessaires et hydraulique pour notre projet

VIII.2 Étude hydrologique

VIII.2.1 La situation hydrologique de la zone d'étude

Du point de vue hydrologique et selon la codification des bassins versants de l'ANRH, la zone d'étude de notre projet se situe principalement dans le bassin versant n°6 et partiellement dans le bassin n°14. Ces deux bassins recouvrent l'ensemble de l'aire d'étude

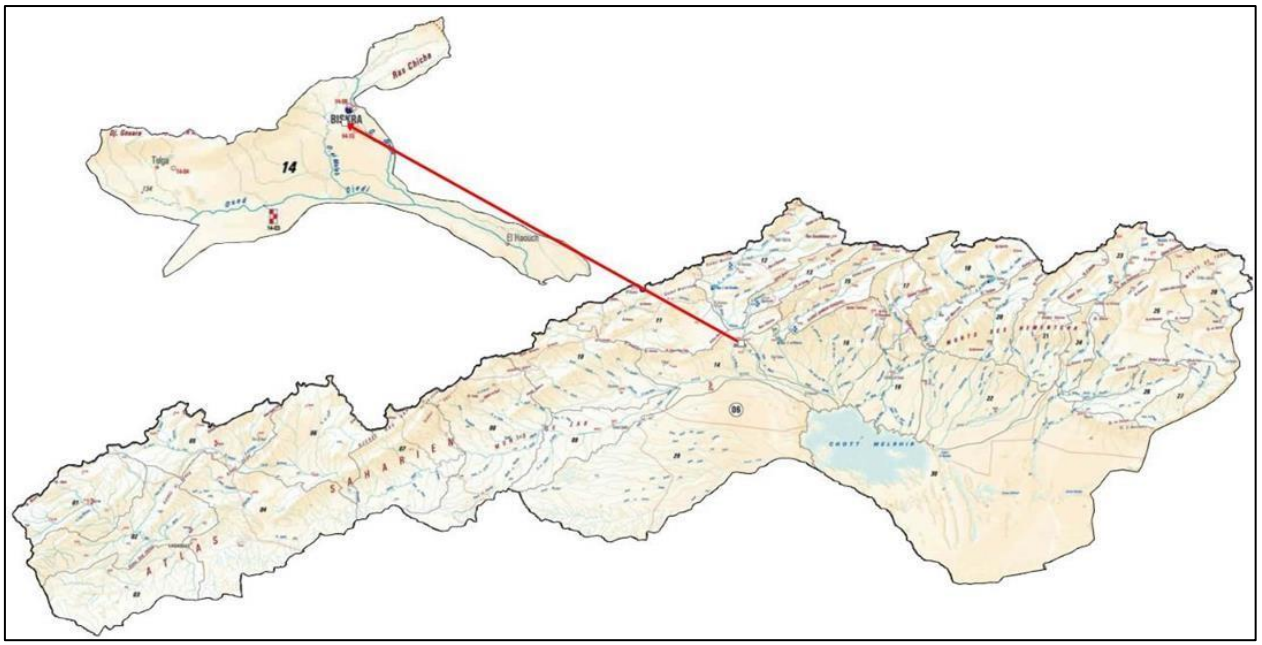


Figure VIII.2.1 : Carte du réseau hydro climatologique de la région proche du projet.

(Source : A.N.R.H)

VIII.2.2 Les caractéristiques et données climatiques

Dans notre étude, nous avons accordé une attention particulière à la pluie, un facteur climatique déterminant dans la réponse hydrologique des bassins versants. Pour caractériser les précipitations de la région étudiée, nous avons utilisé les stations pluviométriques les plus représentatives du réseau de l'ANRH, les stations de Biskra.

VIII.2.2.1 Température

La région se caractérise par une forte température (moyenne annuelle : 21.6°C) avec de fortes variations saisonnières (33°C en juillet et 11.8°C en janvier) Tableau ci-dessous.
Le nombre de jours où la température est inférieure à 35°C est de 86 jours, avec un maximum de jour pendant le moins de juillet (28.8°C).
Le nombre de jours où la température est supérieure à 40°C est de 31 jours avec un maximum de jours pendant le mois juillet.

Table VIII.2.1 :Températures moyennes mensuelles.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T(°C)	11.8	13.5	16.1	19.8	24.8	29.8	33.0	32.6	27.9	21.9	16.1	12.2

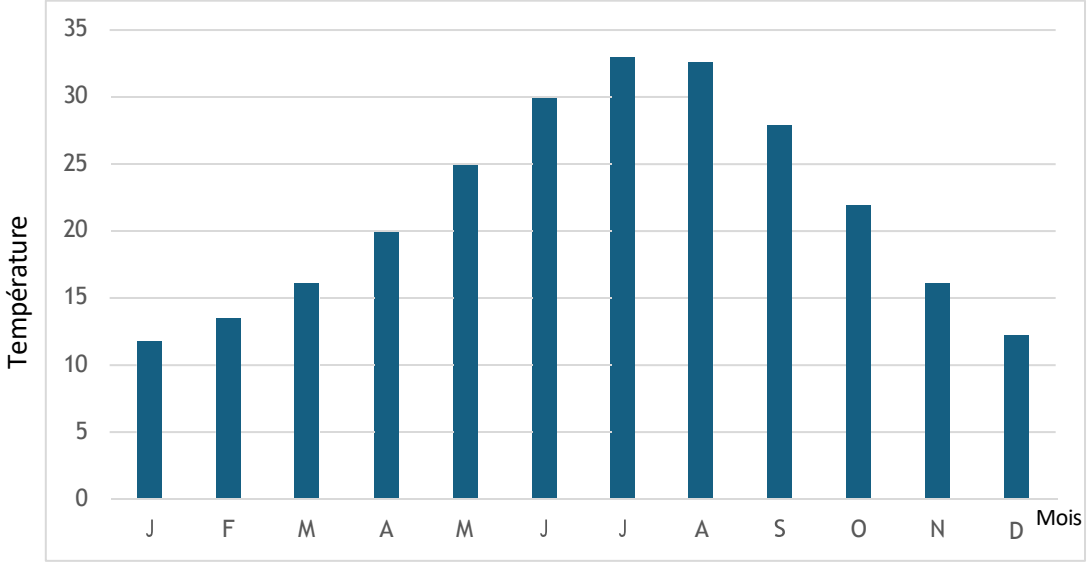


Figure VIII.2.2 : Variation des températures moyennes mensuelles.

VIII.2.2.2 Humidité

L'humidité relative de l'air varie significativement au cours des saisons, atteignant un maximum de 58,64 % en hiver, le mois le plus froid, et diminuant presque de moitié à 32,55 % en été, en raison de l'influence de la température. La moyenne annuelle est de 42,64 %.

VIII.2.2.3 Vents

Dans les zones arides, le vent joue un rôle prépondérant dans la formation des dunes et la dégradation des sols par érosion éolienne. Fréquents au printemps et, en particulier, en été, les vents dominants soufflent du Sud-Est durant cette saison et du Nord-Ouest le reste de l'année, avec des vitesses moyennes comprises entre 2,7 et 5,3 m/s. Le Sirocco, un vent chaud et sec estival, intensifie l'évapotranspiration. Les tempêtes de sable, plus fréquentes au printemps, en été, en hiver et à la fin de l'été (environ 39 jours par an), participent également à la transformation du paysage.

VIII.2.2.4 Évapotranspiration

L’évapotranspiration est très importante dans la région, la méthode de Turc donne une valeur de 2540,85 mm/an.

L’intensité de l’ETP est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds (Sirocco).

VIII.2.3 Pluviométrie

VIII.2.3.1 Pluies annuelles :

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 120 et 150 mm d’après la carte des pluies de l’Algérie du Nord de l’ANRH. Il est pris en considération la valeur de P_{moy} =146 mm/an pour un nombre de 35 jours de pluie environ.

Il faut remarquer une pluviosité annuelle très faible et très irrégulière.

Table VIII.2.2 : Pluies annuelles.

Période de retour	Fréquence	Variable de Gauss	Pluies annuelles maximale
10 ans	0.9	1.282	246.1
20 ans	0.95	1.645	296.5
50 ans	0.98	2.054	365.6
100 ans	0.99	2.327	420.6

VIII.2.3.2 Précipitations mensuelles

Les pluies moyennes mensuelles interannuelles présentées dans le tableau ci-dessous traduisent clairement les variations saisonnières et leur distribution à l'échelle annuelle.
Cette prise de données fait ressortir deux périodes distinctes, une saison sèche et une autre relativement humide.

Table VIII.2.3 : Précipitations mensuelles.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P_{Moy}	14.5	9.8	17.3	12.8	11.8	7.6	1.7	3.6	15.7	14.7	18.9	17.5
P(%)	9.9	6.7	11.8	8.8	8.1	5.2	1.2	2.5	10.8	10.1	12.9	12.0

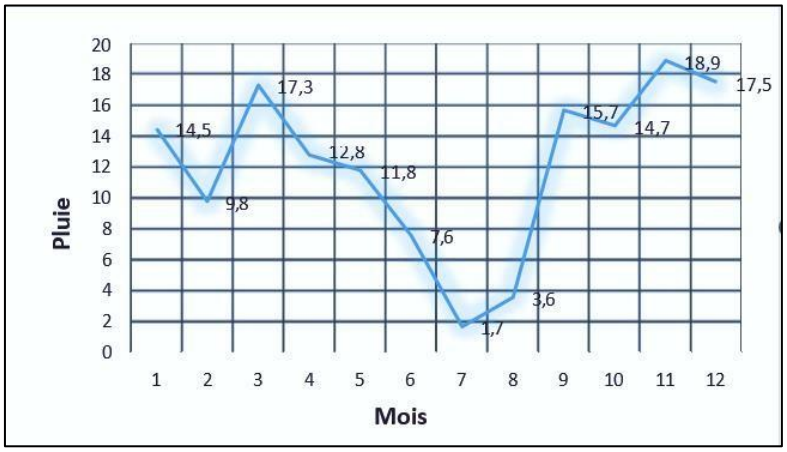


Figure VIII.2.3 : Précipitations mensuelles.

Dans les zones arides, le vent joue un rôle prépondérant dans la formation des dunes et la dégradation des sols par érosion éolienne. Fréquents au printemps et, en particulier, en été, les vents dominants soufflent du Sud-Est durant cette saison et du Nord-Ouest le reste de l'année, avec des vitesses moyennes comprises entre 2,7 et 5,3 m/s. Le Sirocco, un vent chaud et sec estival, intensifie l'évapotranspiration. Les tempêtes de sable, plus fréquentes au printemps, en été, en hiver et à la fin de l'été (environ 39 jours par an), participent également à la transformation du paysage.

VIII.2.3.3 Pluies journalières

Le calcul de la précipitation Pj (%) est obtenu par la formule suivante :

$$Pj(\%) = \frac{Pjmoy}{\sqrt{Cv^2+1}}\ e^{u.\sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

Pj max% : pluie journalière maximum de fréquence décennale.
Cv : coefficient de variation
U : variable de Gauss.
Pj max : Moyenne de pluie maximale Les données climatiques sont données dans le tableau suivant
Les données climatiques sont données dans le tableau suivant :

Table VIII.2.4 : Pluie journalière maximale.

Période de retour	Fréquence	Variable de Gauss	Pluies journalières maximales
10 ans	0.9	1.282	40.0
20 ans	0.95	1.645	47.2
50 ans	0.98	2.054	57.0
100 ans	0.99	2.327	64.6

Calcul de la fréquence d'averse :
Pour obtenir une estimation de la quantité maximale de pluie sur une période de 24 heures, il est nécessaire de multiplier la valeur journalière par un coefficient de majoration.
En l'absence d'autres indications, il convient d'utiliser la valeur recommandée par l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale), qui est de 1,13.

$$P(t) = 1.13Pj\%(\frac{T}{24})^b$$

b: exposant climatique b=0,19.

P : Pluie journalière maximale annuelle.
Tc: Temps de concentration (heure).

Intensité pluviométrique

$$I = \frac{P(t)}{T_c}$$

I : Intensité de la pluie (mm/h).
T$\boldsymbol{c}$: Temps de concentration (h).
P(t) : Hauteur de la pluie de durée T$\boldsymbol{c}$(mm).

VIII.2.4 Caractéristiques des bassins versants
La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer, ou évaluer, les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues.
La superficie (S) des bassins, ainsi que les longueurs d'oueds sont délimitées sur la carte d'état-major et elles sont déterminées avec précision à partir du logiciel civil3D.
Les bassins versants sont au nombre de 7 au droit de la ligne principale de notre projet.

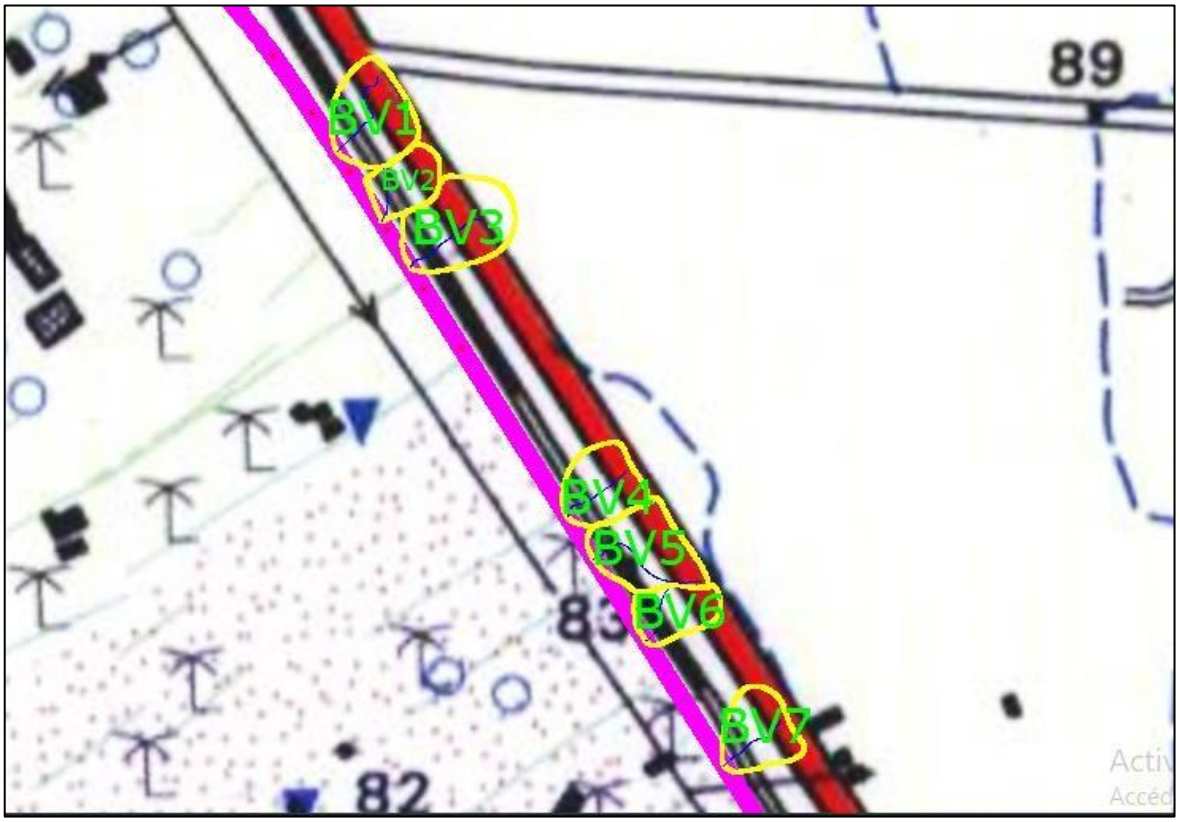


Figure VIII.2.4 : La délimitation des bassins versants.

D'après le tracé des bassins versants, on a calculé de paramètres suivants :
Surface – « S ».
Périmètre – « P ».
Altitude minimale et maximale du bassin versant « Hmin » et « Hmax ».
Longueur de l'oued principal – « L ».
Pente brute de l'oued principal « ΔH ».

VIII.2.4.1 Calcul :

La délimitation des bassins versants est faite à partir de leurs intersections. Les caractéristiques des différents paramètres des bassins versants traversant la nouvelle gare marchandises du PK16+000 au PK18+175 sont données par le tableau récapitulatif suivant :

Table VIII.2.5 : Caractéristiques de bassins versants délimités.

N° BV	Exutoire Au PK	S (Km^2)	P (Km)	L (Km)	K_C	L_r (Km)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{moy} (m)	I(m/m)
1	16+330	0.014	0.437	0.144	1,034	109	89	83	86	0.0417
2	16+400	0.008	0.337	0.080	1,055	84	89	83	86	0.0750
3	16+530	0.017	0.488	O.125	1,048	122	89	83	86	0.0480
4	16+980	0.011	0.381	0.108	1,017	95	88	83	85,5	0.0463
5	17+000	0.015	0.487	0.184	1,113	122	88	83	85,5	0.0272
6	17+200	0.008	0.347	0.083	1,086	87	88	82	85	0.0723
7	17+440	0.011	0.385	0.109	1,028	96	88	82	85	0.0550

Avec :
S (km2) : Surface (km2).

L (km) : Longueur du cours d'eau principal.
H_{max}(m) : Altitude max.
H_{min}(m) : Altitude min.
H_{moy}(m) : Altitude moyenne.
I = pente du talweg principal (m/m).
H(m) : dénivelée spécifique.

VIII.2.5 Calcul hydraulique

VIII.2.5.1 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue)

Pour estimer les débits de crue des différents bassins versant obtenus par délimitation, on utilise plusieurs méthodes qui sont élaborées en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques des bassins versants afin d'évaluer le débit maximal des bassins versants, on a utilisé la formule suivante :

Formule de Turraza :

$$Q_{max,F\%} = \frac{C \times P_{t_c,F\%} \times A}{3.6 \times t_c}$$

Q_{max}, F% : Débit maximal instantané de la crue de fréquence F, (m^3/s),
C : Coefficient de ruissellement du bassin par la crue considérée (pour la même fréquence),
T_c : Temps de concentration du bassin versant (heures),
P_{tc}, F% : Hauteur totale maximale de précipitation correspondant au temps de concentration du bassin pour une fréquence donnée.
A : Aire du bassin versant (km^2).

VIII.2.5.2 Calcul des temps de concentration

Il est essentiel de connaître le temps de concentration, qui correspond à la période pendant laquelle le bassin versant se déversera le plus durant une crue. Son calcul est nécessaire pour déterminer le débit. Pour calculer les temps de concentration des bassins versants, nous avons utilisé les tra formule de ventechow :

Formule de Ventechow :

$$T_c = 0.096 \times L^{0.096} \times I^{-0.32}$$

Tc : temps de concentration (heure) ;
L : longueur du cours d'eau principal (m).
I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

VIII.2.5.3 Le coefficient de ruissellement

Pour caractériser la capacité d'un bassin versant à ruisseler, un indice est toujours utilisé en hyd-rologie de surface, il est désigné en fonction de la pente, la couverture végétale et la nature de terrain.
Comme la couverture végétale de la région nord de la ville de Biskra est en grande partie une terre végétale fertile avec un bon nombre de prairies et le terrain est de nature sableuse alors le Coefficients de ruissellement varie selon la pente comme suit :
$Cr = C_1 + C_2 + C_3$

C_1: Dépend de la pente du cours d'eau principal :

Table VIII.2.6 : Valeurs de $C1$.

La pente du cours d'eau	Coefficient C_1
Pente < 3.5 %	0.01 - 0.05
3.5 % < Pente < 11 %	0.06 - 0.1
11 % < Pente < 35%	0.12 - 0.2
Pente >35%.	0.22 - 0.3

$C2$: Dépend de la perméabilité du terrain :

Table VIII.2.7 : Valeurs de $C2$.

La perméabilité du terrain	Coefficient C_2
Les terrains imperméables.	0.22 – 0.3
Les terrains pas assez perméables.	0.1 – 0.2
Les terrains perméables.	0.06 – 0.1
Les terrains très perméables.	0.06 – 0.05

$C3$: Dépend de la couverture végétale du bassin versant :

Table VIII.2.8 : Valeurs de $C3$.

La couverture végétale du bassin versant	Coefficient C_3
Les terrains rocheux.	0.22 – 0.3
Les Prés.	0.17 – 0.25
Les champs labours.	0.07 – 0.15
Les forêts et les sols sableux.	0.03 – 0.05

Table VIII.2.9 : Coefficient de ruissèlement.

Morphologie	Pente	Coefficient de ruissellement (C)
Presque plat	P<3.5%	0.05
Ondulé	5%<P<10%	0.15
Montagneux	10%<P<30%	0.22

On prend C=0.43.

VIII.2.6 Application dans notre projet

- **Première application**

Nous utiliserons ici la formule rationnelle, prenons en compte le bassin versant numéro 6
S=0.008km²<10km² nous appliquons donc la formule rationnelle Nous avons :
S=0.008km², L=109m, et I=0.0723 (m/m) -Calcul du temps de concentration Tc :

$T_c = 0.096 \times L^{0.096} \times I^{-0.32} = 0.096 \times 109^{0.096} \times 0.0723^{-0.32} = 0.34\text{h}$

Calcul de l'intensité horaire moyenne (Tc 100ans)

$$P(t) = 1.13Pj\%(\frac{T}{24})^b = 1.13 \times 64.6 \times (\frac{0.34}{24})^{0.19} = 32.513mm$$

$$I = \frac{P(t)}{T_c} = \frac{32.513}{0.34} = 95.625mm/h$$

Exemple calcul du de débit maximal Q_{100}

Formule de Turraza :

$$Q_{max} = \frac{C \times P_{t_w,F\%} \times A}{3.6 \times t_c} = \frac{0.43 \times 32.513 \times 0.008}{3.6 \times 0.34} = 0.09m^3/s$$

Table VIII.2.10 : des débits de crue décennaux et centennaux.

BV	PK	TC	Période de retour 10ans				Période de retour 100ans			
			Pjmax(m m)	$P_{t_w,F\%}(m$	I(mm/ h)	Qmax(m^3 /s)	Pjmax(m m)	$P_{t_w,F\%}(m$	I(mm/ h)	Qmax(m^3 /s)
1	16+330	0.427	40	21.02	49.23	0.08	64.6	33.95	79.51	0,13
2	16+400	0.335	40	20.08	59.94	0.06	64.6	32.42	96.78	0,09
3	16+530	0.403	40	20.79	51.59	0.10	64.6	33.58	83.33	0,17
4	16+980	0.402	40	20.78	51.69	0.07	64.6	33.56	83.48	0,11
5	17+000	0.502	40	21.68	43.19	0.08	64.6	35.01	69.74	0,12
6	17+200	0.340	40	20.13	59.21	0.01	64.6	32.51	95.62	0,09
7	17+440	0.381	40	20.57	53.99	0.07	64.6	33.22	87.19	0,11

VIII.3 Etude d'Assainissement de la voie principale

VIII.3.1 Introduction

Afin d'établir un système opérationnel d'évacuation des eaux garantissant la stabilité de l'infrastructure, une étude doit être réalisée.
Ce système doit assurer le captage des eaux de pluie ainsi que celles des nappes phréatiques.
L'assainissement des plateformes ferroviaires comprendra :

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

VIII.3.2 Les ouvrages transversaux

Assurent le passage des eaux de ruissellement provenant des bassins versants d'un côté à l'autre de la plateforme ferroviaire. Ils peuvent être constitués de différents types de structures
Buses : Conduites de section circulaire, installées sous la voie au niveau des points bas du terrain, avec un diamètre variant de 1 à 2 mètres.
Dalots : Structures de section rectangulaire ou carrée, placées sous la voie et caractérisées par leur largeur (B) et leur hauteur (H).
Ponts et viaducs : Ces ouvrages doivent être dimensionnés pour évacuer les débits de crue centennaux, en respectant la condition suivante : Q100<Qs, où Q100 représente le débit de crue centennal (apport) en m³/s et Qs le débit de saturation de l'ouvrage en m³/s.
Des buses et des dalots seront principalement utilisés pour le franchissement des oueds sous la voie.

La dimension des dalots a été déterminée en fonction du débit d'eau entrant, en appliquant la formule de Manning-Strickler pour le dimensionnement hydraulique :

$$Q_S = K_S \times S_m \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Q : Débit.
A : Superficie de section du dalot.
Ks : Coefficient de rugosité Strickler.
Rh : Rayon hydraulique ;
Rh = Sm/Pm = Section mouillée /Périmètre mouillé
I : Pente =1%.

Table VIII.3.1 : Valeur de KS selon SETRA.

Nature de la surface Ks	Valeur
Terre	**30**
Buses métalliques	**40**
Maçonneries	**50**
Bétons (dalots)	**70**
Bétons (Buses préfabriquées)	**80**

VIII.3.3 Dimensionnement des buses

Pour effectuer le calcul hydraulique des ouvertures circulaires, on utilise la formule de Manning-Strickler pour la section pleine (ou saturation) :

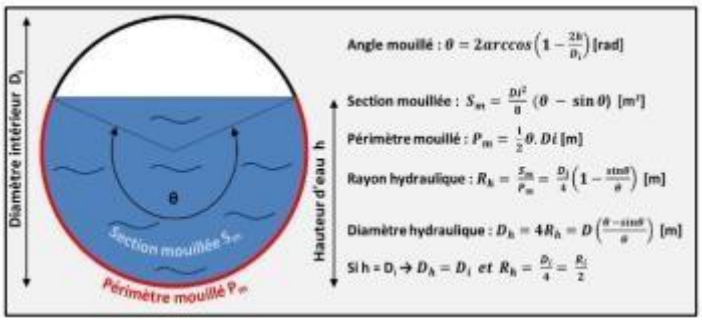


Figure VIII.3.1 : Schéma d'un ouvrage busé.

$$Q_S = K_S \times S_m \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

D'où $$Q_S = K_S \times I^{\frac{1}{2}} \times \frac{\left(\frac{D^2(\theta - Sin\theta)}{8}\right)^{\frac{5}{3}}}{\left(\frac{1}{2}\theta \times D\right)^{\frac{2}{3}}}$$

Tel que : Angle mouillé : $\theta = 2$ arccos (1 - $2h$ /D) (rad).

La hauteur de remplissage (m) : h =0.75D

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

V > 0.6 m/s pour : Q = 0.1 Qps.
V > 0.3 m/s pour : Q = 0.01 Qps.
Vps < 4 m/s

- **Application numérique sur notre projet :**

Prenons le BV N°06 (PK 17+200) :
Soit une buse de Ø = 1500 mm. I=0.0723 m/m
H_r : la hauteur de remplissage., H_r = 0.75 Ø = 0.75m.
- Buse en béton : Kst = 70.

$$Q_{PS} = K_S \times I^{\frac{1}{2}} \times \frac{\left(\frac{D^2(\theta - Sin\theta)}{8}\right)^{\frac{5}{3}}}{\left(\frac{1}{2}\theta \times D\right)^{\frac{2}{3}}} = 2.18 m^3/S$$

Donc : $Q_{PS} = 2.18 m^3/S > Q_{max\,(100)} = 0.09\ m^3/s$

$$V_{PS} = \frac{Q_{PS}}{S_m} = \frac{2.18}{0.79} = 2.78 m/S < 4\ \text{m/s}$$

$$R_q = \frac{Q_{max}}{Q_{PS}} = 0{,}041$$

- **Vérification de la condition d'auto-curage :**

1ere condition :
Pour $Q_{100}/Q_{ps} = R_q = 0.1$ il faut que $V_{écoulement} > 0.6$ m/s.
Rq = 0.1 ➔ Rv = 0.64 = V/V_{PS} ➔ V = 0.64× 2.78= 1.77m/s.
V = 1.77 m/s > 0.6 m/s ➔ la condition est vérifiée
2éme condition :
Pour Q100 /Qps= Rq=0.01 il faut $V_{écoulement} > 0.3$ m/s

Rq = 0.01 ➔ Rv = 0.32= V/V_{PS}➔ V = 0.32× 2.78= 0.89m/s. V = 0.89m/s > 0.3 m/s ➔ la condition est vérifiée**.**

CHAPITRE VIII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

Table 0.1 : Dimensionnement des buses.

N° BV	PK	Q_{100} (m^3/s)	Ks	Pm	$D_{calculé}$ (m)	Dimension de l'ouvrage			Qps (m^3/s)	Rq	Vps	Sm (m)	Vs	V	V	Vérification
													< 4 m/s	>0.6 m/s	>0.3 m/s	
BV.01	16+330	0,13	70	9,42	0,35	2Buse	Φ	1500	40,82	0,003	5,78	7,07	0,02	3,69	1,85	OUI
BV.02	16+400	0,09	70	4,71	0,30	Buse	Φ	1500	6,43	0,014	3,64	1,77	0,05	2,32	1,16	
BV.03	16+530	0,17	70	4,71	0,38	Buse	Φ	1500	6,43	0,026	3,64	1,77	0,10	2,32	1,16	
BV.04	16+980	0,11	70	4,71	0,33	Buse	Φ	1500	6,43	0,017	3,64	1,77	0,06	2,32	1,16	
BV.05	17+000	0,12	70	4,71	0,34	Buse	Φ	1500	6,43	0,019	3,64	1,77	0,07	2,32	1,16	
BV.06	17+200	0,09	70	4,71	0,30	Buse	Φ	1500	6,43	0,014	3,64	1,77	0,05	2,32	1,16	
BV.07	17+440	0,11	70	4,71	0,33	Buse	Φ	1500	6,43	0,017	3,64	1,77	0,06	2,32	1,16	

VIII.4 Estimation des débits des eaux pluviales de la gare marchandises

VIII.4.1 Introduction

La conception d'un réseau d'assainissement performant nécessite une évaluation précise des quantités d'eaux pluviales à évacuer. Cela permet de prévenir la submersion et l'accumulation d'eau dans les zones basses lors d'épisodes pluvieux. La méthode dite "rationnelle", qui consiste à subdiviser le bassin versant en différentes parties, est une approche couramment adoptée pour estimer ces débits.

Le débit des eaux pluviales est donné par l'expression suivante :

$$Q = C. I. A$$

Q : débit eaux pluviales en m3/s.
I : intensité maximale de la précipitation en l/S/h.
A : aire d'apport en hectares.
C : coefficient de ruissellement.

Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement est le rapport de la surface couverte (bâtie ou revêtue) et la surface totale du bassin considéré

$$C = \frac{a}{A}$$

a : aire imperméable.
A : aire du bassin.

Temps de concentration :

Il représente la caractéristique principale de toutes les formules permettant le passage des pluies au débit ; c'est le temps que met une goutte de pluie pour parvenir du point hydraulique le plus éloigné à l'exutoire considéré, dans notre cas il est pris égale à 20 min.

Intensité pluviométrique :

La pluviométrique de la région précitée sera calculée par la méthode statistique de GALTON.

Pluie journalière maximale

$$P_{j\max\%} = \frac{P_{j\max}}{\sqrt{Cv^2+1}} \times e^{U\sqrt{\ln\left(Cv^2+1\right)}}$$

$P_{j\ max\%}$: pluie journalière maximum de fréquence décennale.

Cv : coefficient de variation

U : variable de Gauss.

$P_{j\ max}$: Moyenne de pluie maximale

Les données climatiques sont données dans le tableau suivant

Table VIII.4.1 : Pluie journalière maximale.

période de retour	U Gauss	Pj%	Ptc%
1000	**3.08**	**118.56**	**118.56**
100	**2.327**	**78.09**	**78.09**
50	**2.057**	**67.23**	**67.23**
20	**1,645**	**53.50**	**53.50**
10	**1.282**	**43.75**	**43.75**

Le temps de concentration

En raison des caractéristiques climatiques et du régime pluviométrique de la région d'étude, l'intensité retenue pour le calcul du débit sera celle correspondant à une durée d'averse égale au temps de concentration (Tc = 20 min).

$$T = \frac{t}{60}$$

Ou t : durée de l'orage, **t =15 min**.

$$T = \frac{15}{60} = 0.33\ heures$$

Pluie de concentration :

$$Ptc\,\% = Pj\,\% \left[\left(\frac{T}{24}\right)\right]^{b}$$

$$Ptc\,\% = 67.23 \times \left[\left(\frac{0.33}{24}\right)\right]^{0.19} = 19.37mm$$

Intensité pluviométrique :

$$I_{(t)} = \frac{Ptc}{Tc} = \frac{29.77}{0.33} = 58.71mm/heure$$

Conversion : 1 mm/h =10 m^3/ha/heure =$\frac{10000}{3600} l/s/h$=2.777 $l/s/ha$

Donc :

$$I_{(t)} = 163\ l/s/ha$$

Table VIII.4.2 : Intensité pluviométrique.

Désignation	Pluie décennale(mm)	Pluie de courte durée(mm)	Intensité ($l/s/ha$)
Quantité	43.75	10	163

VIII.5 Etude hydraulique de la gare

VIII.5.1 Calcul hydraulique des réseaux

Pour le dimensionnement des collecteurs (tranches drainant) d'évacuation des eaux pluviales nous avons utilisés les hypothèses et des considérations suivantes :

- La vitesse d'écoulement des eaux doit être supérieure à 0,6m/s (vitesse d'auto-curage) et

inférieure à 4m/s ;

- la pente recommandée pour le collecteur étant de 0.25%, pour ce projet nous avons opté une pente de 0.4% ;
- la hauteur d'eau maximale dans le tuyau pour l'évacuation des eaux pluviales vaut H= (7/10) D avec D=diamètre du tuyau ;

Les hypothèses et base de calcul sont les suivantes :

- L'écoulement dans les conduites est gravitaire et en régime uniforme.
- Les chutes d'eau sont séparées en fonction de leur nature.
- Le calcul s'effectue de l'amont vers l'aval.

VIII.5.2 Dimensionnement des conduites

Les conduites sont dimensionnées de la manière suivante : on retient le diamètre commercial permettant de faire transiter le débit horaire maximal pour chaque tronçon, compte tenu de la pente des conduites et de leur rugosité. Nous avons utilisé la formule de Manning-Strickler suivante :

$$Q = K \times A \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Q : débit d'eau pluviale (m^3/s) ;
K : Coefficient de Strickler, traduisant la rugosité de la conduite ($m^{2/3}/s$)
A : section de la conduite (m^2) ;
R_h : rayon hydraulique (m) ;
I= $\frac{C_{amon}-C_{aval}}{L}$: la pente du canal (m/m)
D'où on déduit le diamètre théorique D permettant de faire transiter ce débit

$$D = \left(\frac{nQ}{\alpha}\right)^{\frac{3}{8}} \times \frac{1}{I_{16}^{\frac{3}{16}}}$$

Avec α = 0.311 ; et numéro de Manning n=0.012
Puis la vitesse pleine :

$$V_P = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Exemple de calcul :

Prenons le BV N°3 : C=0.7 ; $I_{(t)} = 163\ l/s/ha$; La pente I=0.011 ; On procède à la détermination de la surface par logiciel AUTOCAD.

Le débit des eaux pluviales :

$$Q = C.\ I.\ A = 0.7 \times 163 \times 0.069 \times 10^{-3} = 0.008 m^3/S$$

Dimensionnement des conduites :

$$Qps = K \times A \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} = 0{,}106 \text{m}^3/S$$

$$D = \left(\frac{nQ}{\alpha}\right)^{\frac{3}{8}} \times \frac{1}{I_{16}^{\frac{3}{16}}} = \left(\frac{0.012 \times 0.106}{0.311}\right)^{\frac{3}{8}} \times \frac{1}{0.011^{\frac{3}{16}}} = 0.118m$$

Les valeurs de D déterminées sont toutes inférieures à 0,3m. Or le plus petit diamètre acceptable

est 200mm pour un réseau d'eaux pluviales. C'est donc ce diamètre que nous préconisons pour l'ensemble du réseau gravitaire.

Puis la vitesse pleine :

$V_{PS} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4\times0.106}{\pi\times0.118^2} = 1.498\ m/s$

Rq = $\frac{Q}{Qps} = 74.226$

Rv = $\frac{V}{Vps} = 0{,}65$; V = 0,973 m/s

Vr$\leq 4m/s$; $Q \leq Qp$

Table VIII.5.1 : Les caractéristiques et des débits équivalents des assemblages avec le diamètre.

N°BV	Code	I La pente	Regards		Surf. A_{eq}	C.ruis	I	Q	Q	D (calculer)	D (commercial)	Qps	Vps	Q/Qps	V/Vps	H/D	V
/	/	(m/m)	Am	Av	ha	/	(l/s/h)	(l/s)	(m^3/s)	(m)	(mm)	m^3/s	m/s	Rq	(Rv)	(Rh)	m/s
BV01	Coll. AB	0.004	RA1	RA4	0,250	0,700	163,000	28,567	0,014	0.176	300	0,066	0,933	433.048	0,780	0,300	0,728
BV02	Coll. B'	0.005	RA'B'	RB'6	0,114	0,700	163,000	13,024	0,013	0.341	300	0,075	1,056	130.933	0,560	0,180	0,592
BV03	Coll. C	0.011	RC1	RC3	0,069	0,700	163,000	7,857	0,008	0.118	300	0,106	1,498	74.226	0,650	0,220	0,973
BV04	Coll. C’	0.017	RA'1	RA'B'	0,107	0,700	163,000	12,200	0,012	0.127	300	0,133	1,882	483.630	0,960	0,460	1,807
BV05	Coll. D	0.005	RD1	RD4	0,138	0,700	163,000	15,715	0,016	0.174	300	0,075	1,056	365.578	0,800	0,620	0,845
BV06	Coll. D’	0.012	RR1	ROR	0,206	0,700	163,000	23,548	0,024	0.137	300	0,077	1,093	174.411	0,980	0,480	1,071
BV07	Coll.E	0.005	RE1	RE6	0,317	0,700	163,000	18,058	0,018	0.189	300	0,068	0,962	265.501	0,880	0,380	0,847
		0.007	RE6	REG					0,018	0.177	300	0,082	1,158	0.000	0,880	0,380	1,019
BV08	Coll. F	0.008	RF1	RF5	0,272	0,700	163,000	15,543	0,016	0.163	300	0,088	1,239	177.480	0,720	0,260	0,892
		0.007	RF5	RFH					0,016	0.167	300	0,082	1,158	0.000	0,720	0,260	0,834
BV09	Coll. G	0.004	REG	RGI	0,281	0,700	163,000	32,045	0,032	0.236	300	0,066	0,937	483.630	0,960	0,460	0,900
BV10	Coll. H	0.004	RFH	RHJ	0,297	0,700	163,000	33,914	0,034	0.240	300	0,075	1,056	454.143	0,560	0,180	0,592
BV11	Coll. I	0.007	RGI	RIK	0,246	0,700	163,000	28,100	0,028	0.205	300	0,075	1,056	376.288	0,560	0,180	0,592
BV12	Coll. J	0.007	RHJ	RJL	0,265	0,700	163,000	30,243	0,030	0.210	300	0,086	1,221	350.321	0,980	0,480	1,197
BV13	Coll. K	0.009	RIK	RKM	0,281	0,700	163,000	32,085	0,032	0.208	300	0,093	1,320	343.894	0,650	0,220	0,858
BV14	Coll. L	0.009	RJL	RL8	0,303	0,700	163,000	34,522	0,035	0.213	300	0,094	1,336	365.578	0,800	0,620	1,069
BV15	Coll. M	0.017	RM1	RKM	0,056	0,700	163,000	6,422	0,006	0.100	300	0,133	1,885	48.200	0,880	0,380	1,659
BV16	Coll. N	0.004	RN1	RNO	0,187	0,700	163,000	21,323	0,021	0.202	300	0,068	0,955	315.720	0,720	0,260	0,688
BV17	Coll. O	0.007	RNO	ROR	0,161	0,700	163,000	18,423	0,018	0.175	300	0,075	1,056	246.711	0,560	0,180	0,592
BV18	Coll. P	0.023	RP1	RPT	0,095	0,700	163,000	10,799	0,011	0.113	300	0,075	1,056	144.615	0,560	0,180	0,592
BV19	Coll. Q	0.019	RQ1	RQS	0,046	0,700	163,000	5,222	0,005	0.090	300	0,075	1,056	69.925	0,560	0,180	0,592
BV20	Coll. R	0.006	RR1	ROR	0,206	0,700	163,000	23,548	0,024	0.199	300	0,077	1,093	304.708	0,980	0,480	1,071
BV21	Coll. S	0.009	RS1	RQS	0,123	0,700	163,000	14,085	0,014	0.153	300	0,093	1,321	150.839	0,650	0,220	0,859
BV23	Coll. U	0.009	RU1	RU4	0,104	0,700	163,000	11,864	0,012	1.847	300	0,094	1,334	125.787	0,880	0,380	1,174
BV24	Coll. V	0.012	RSV	RVY	0,134	0,700	163,000	15,326	0,015	0.148	300	0,111	1,573	137.866	0,720	0,260	1,132
BV26	Coll. X	0.011	RUX	RU4	0,139	0,700	163,000	15,862	0,016	0.151	300	0,075	1,056	212.413	0,560	0,180	0,592
BV27	Coll. Y	0.010	RVY	RY8	0,175	0,700	163,000	19,983	0,020	0.168	300	0,103	1,456	194.133	0,880	0,380	1,281
BV28	Coll. Z	0.021	RZ1	RZ4	0,099	0,700	163,000	11,342	0,011	0.120	300	0,145	2,045	78.467	0,720	0,260	1,472

VIII.5.3 Dimensionnement des ouvrages longitudinaux (Les fossés) :

Ils assurent la collecte et l'évacuation des ruissellements superficiels générés par la plateforme ferroviaire, les bermes et les talus vers les exutoires naturels ou les ouvrages d'assainissement transversaux, ceci est en fonction des pentes du fossé et de la nature des matériaux du sol support.

Nous avons étudié le profil travers et les caractéristiques du terrain naturel afin de déterminer les surfaces du drainage.

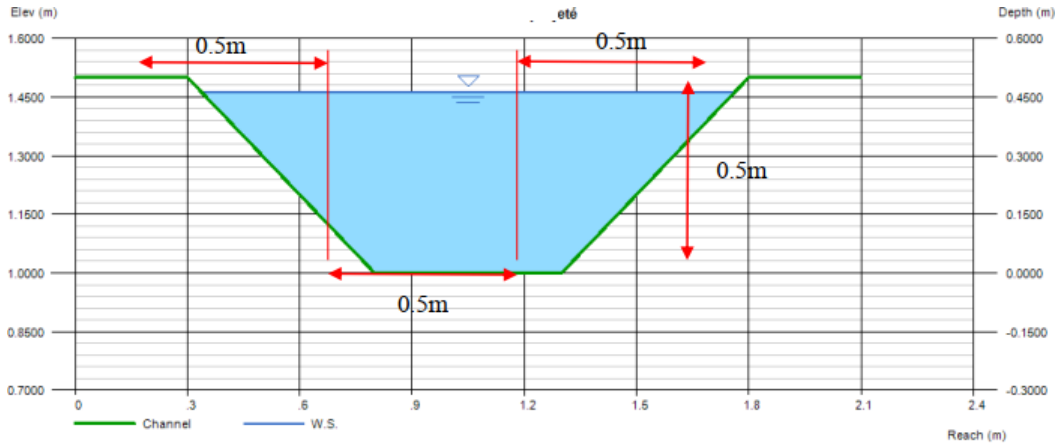


Figure VIII.5.1 : Le faussée trapézoïdal.

VIII.5.3.1 Calcul des débits d'apport

Pour leur dimensionnement on utilise la formule de Manning-Strickler :

$$Q = K \times A \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Avec :

Sm = (b + z × h) × h = (0.5+0.71×0.5) ×0.5 =0.43m^2

Pm = b + 2h. $\sqrt{1 + z^2}$ =0.5+2×0.5×$\sqrt{1 + 0.71^2}$ =1.73m

Le choix du type de fossé est en fonction du débit à évacuer qui est rapporté par la plate-forme, les bermes et les talus :

Nous avons donc l'équation Qa=Qpf+Qb+Qt

Le Calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable où il y a un remblai ou un déblai qui s'étend sur une grande longueur avec une hauteur importante, chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$\boldsymbol{Q = 0.278.C.I.A}$

Q : Débit de crue correspondant au bassin versant, avec une période de retour T (m^3/s). C : Coefficient de ruissellement

I : Intensité de pluie (mm/h).

A : Surface du bassin versant considérer : la plate-forme / les bermes / les talus, en (km^2).

Table VIII.5.2 : Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai.

		CAS REMBLAI	CAS DÉBLAI
		Le cas plus défavorable : Longueur = 1649.268m H talus = 6.413 m Largeur de la plateforme = 8m	**Le cas plus défavorable :Longueur = 912 .17 m H talus = 5.642m Largeur de la plateforme = 8m**
Plateforme	**Cr**	0.43	0.43
	P(m/m)	0.04	0.04
	A(Km2)	0,013194	0,007297
	Tc(h)	$t_c = 0.127\sqrt{\frac{\overline{A}}{P}}$	
		0,0729	0.054
	I (mm/h)	$I = a \times t^{-b}$	
		155.12	194.86
	Qpf (m3/s)	$Q = 0.278 \times C_r \times I \times A$	
		0.244	0.169
Talus	**Cr**	0.43	0.43
	P(m/m)	2/3	1/1
	A(Km2)	0,010576	0,005146
	Tc(h)	$t_c = 0.127\sqrt{\frac{\overline{A}}{P}}$	
		0,01599	0.0091
	I (mm/h)	$I = a \times t^{-b}$	
		491.37	754.16
	QT (m3/s)	$Q = 0.278 \times C_r \times I \times A$	
		0.621	0.464
Qa (m3/s) (totale)		Qpf + QT = 0.865	Qpf + QT =0.633

Le choix de type du fossé se fait en fonction du débit à évacuer rapporté par la plateforme et les talus.

Table VIII.5.3 : Dimensions du faussé adopté.

b	h	Sm (m)	Pm (m)	Rh (m)	La largeur au plafond (m)	La profondeur d'eau (m)	Pente (%)	Vitesse (m/s)	Débit Q (m^3/s)
0 .5	0.5	0 .43	1.73	0.25	1.5	0.46	0.2	3.92	1.75

Les dimensions retenues pour les fossés sont celles qui répondent à la condition suivante :
Qa < Qs :1.49<1.75 OK
En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet de forme trapézoïdal :
(**b = 0.5m, h = 0.5 m).**

NB : à partir du calcul des débits des fossés on adapte une seule dimension (l'exemple du fossé)
pour tous les fossés **(A ; C ; D ; E ; G ; H ; I ; J ; N ; M)**, sauf le fossé « F » de pk=17+050 au pk=18+843 qui comporte un débit important causé par un ouvrage existe sur la voie principale (5Φ1000) AU pk=17+400, ouvrage d'un bassin à une surface de 2km² généré un débit de 6 m^3/s. On adopte un canal à ciel ouvert de B= 2 m Et H=1.5 m.

Canal à projeté (Fossé. F).

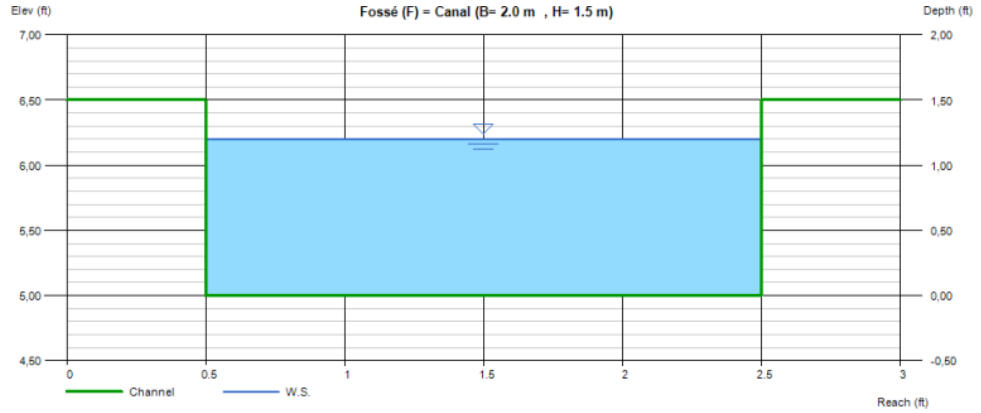


Figure VIII.5.2 : canal à projeté.



Figure VIII.5.3 : ouvrage existe sur la voie principale.

Table VIII.5.4 : Dimensions du canal a projeté.

B (m)	H (m)	La largeur au plafond (m)	La profondeur d'eau (m)	Pente (%)	Vitesse (m/s)	Débit Q (m^3/s)
2	1.5	2.0	1.2	0.2	3.17	7.60

VIII.5.3.2 Les tranchées drainantes et les tranchées infiltrâtes :

Une tranchée est un ouvrage superficiel (entre 1 et 2 mètres de profondeur), linéaire, utilisé pour l'assainissement pluvial des voiries et de toitures.

Elles sont remplies de matériaux poreux (massifs de graviers ou de galets, structure réservoir) et revêtues de dalles de béton ou de pelouse. Elles sont le plus souvent équipées d'un système de drainage.

On note qu'il existe deux principaux types de fonctionnement :

Les tranchées drainantes : système de rétention des eaux. L'eau est évacuée grâce à un drain, selon un débit régulé vers l'exutoire.

Les tranchées infiltrèrent : système d'infiltration, couplé au système de rétention. L'évacuation des eaux pluviales se fait par infiltration directe dans le sol mais on peut également la coupler avec un écoulement régulé. Ceci permettra la vidange complète de l'ouvrage.

Conception :

La collecte des eaux pluviales en amont et l'alimentation de la tranchée sont réalisées par des canalisations séparées par un regard de répartition, un regard visitable ou permettant l'entretien.

Intérieur de la tranchée :

La tranchée est composée par un drain en P.V.C perforé. Diamètre drain tranchée D=300mm,

Interface tranchée/sol :

La mise en place d'un géotextile pour éviter la possibilité de contamination.

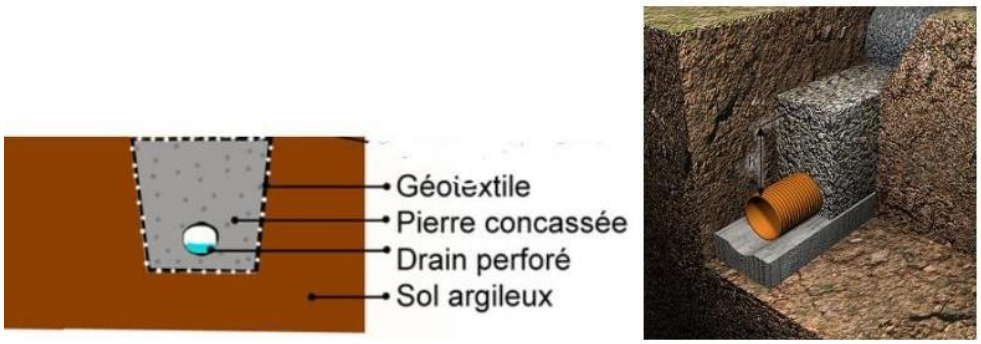


Figure VIII.5.4 : Tranchée de drainage.

Bassin d'infiltration :

Ce type de technique est adapté pour la gestion des eaux pluviales à la fin du fossé « D ».
Principes généraux et fonctionnement :
Ce bassin à ciel ouvert est destiné à contenir les eaux de pluie et de ruissellement générées par le fossé « D ». Leur rôle est d'infiltrer les eaux pluviales sur site. Le dimensionnement de ce basin reposera sur la capacité d'infiltration du sol.

VIII.6 Conclusion

Ce chapitre a abordé l'analyse hydrologique et hydraulique essentielle à la conception du système d'assainissement de la gare de marchandises de Biskra.
Nous avons appliqué la formule rationnelle pour le calcul des débits d'eaux pluviales et dimensionné les conduites afin d'assurer l'auto-curage, en nous basant sur la méthode de Manning-Strickler pour une approche rapide et efficace.
Les principaux choix techniques comprennent des collecteurs de diamètre 300 mm pour les tranchées drainantes et de diamètre 600 mm pour les rejets, ainsi qu'un canal à ciel ouvert et des fossés de dimensions spécifiques.
En résumé, cette étude a confirmé l'importance d'une analyse rigoureuse pour un dimensionnement optimal des infrastructures hydrauliques, garantissant ainsi la sécurité et la durabilité de cette installation ferroviaire.

ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQU

CHAPITRE IX : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

IX.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de fournir une description détaillée des caractéristiques géologiques de la zone du projet, afin d'acquérir une connaissance précise du sous-sol, de sa composition et de son comportement.

Ce chapitre présente les caractéristiques géologiques et géotechniques spécifiques de la zone d'implantation ainsi que des matériaux constitutifs du terrain sur lequel la nouvelle gare de marchandises de Biskra, située entre le PK16+000 et le PK18+175, sera construite.

IX.2 Etude géologique

IX.2.1 Géologie locale de la zone

Dans les environs de Biskra, selon un axe Sud-est - Nord-Est, se trouvent les reliefs datant du Crétacé qui constituent le versant sud de la chaîne de l'Atlas Tellien.

Les reliefs les plus importants se trouvent au Nord-Est de Biskra. Ils sont les dépôts qui comblent les dépressions de ces reliefs et qui génèrent un changement de pente significatif jusqu'à la plaine du Sud, représentés par les ergs du désert d'âge miocène.

Les litho faciès d'âge quaternaire sont représentés par des dépôts alluviaux associés au cours d'eau principal de la zone, l'Oued Biskra. Ils sont aussi représentés par des dépôts aux pieds de la montagne.

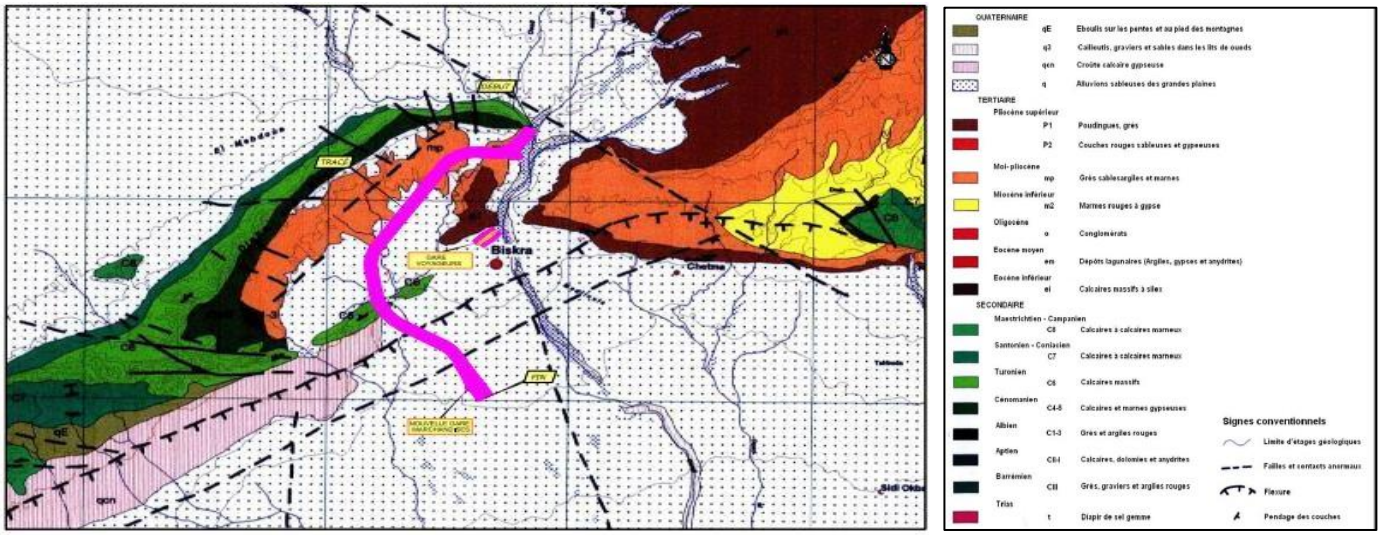


Figure IX.2.1 : Le trace sur la Carte géologiques de Biskra.

IX.2.1.1 Lithostratigraphie

Les dépôts en rapport avec la zone d'étude sont présentés du plus anciens au plus modernes :

Mésozoïque : le Crétacé supérieur, formant les contreforts méridionaux de l'Atlas Tellien, est caractérisé par des calcaires massifs, dolomites et calcaires cristallins (Turonien), des calcaires, calcaires marneux et marnes (Coniacien-Santonien), ainsi que des calcaires, calcaires marneux, dolomites et marnes grisâtres à noires (Campanien-Maastrichtien). Ces unités forment un relief abrupt à fortes pentes et présentent une hydrogéologie semi-perméable à imperméable, variable selon la fracturation.

Tertiaire :se distingue par des zones continentales de marnes et gypses (Miocène), des formations d'argile, sable, gravier et gypses (Mio-Pliocène), et des ensembles de poudingue,

grès et argile avec des proportions variables de sable (Pliocène). Le relief est modéré, avec des pentes faibles à moyennes et des collines entaillées par des vallées et ravines d'érosion. La perméabilité varie : les marnes sont plutôt imperméables (sauf dans les zones fracturées, comme le grès, qui est plus perméable), tandis que les sables et graviers sont semi-perméables avec un drainage par percolation.

Quaternaire : recouvre la majeure partie du tracé et comprend des dépôts alluviaux (graviers et sables) liés à l'Oued Biskra, des dépôts de pied de versants (colluvions calcaires), des croûtes calcaires et évaporitiques, et des dépôts d'érosion éolienne (regs, dunes). À l'exception des croûtes, la plupart de ces dépôts sont semi-perméables à perméables avec un drainage par percolation souvent déficient, formant des morphologies planes et des collines dunaires.

IX.2.2 La séismicité de la zone d'étude

Bien que la région de Biskra présente un risque sismique relativement faible, comme l'indiquent certaines cartographies, il est essentiel de ne pas négliger cette éventualité. L'ensemble du Maghreb, et notamment l'Algérie, se situe dans une zone d'activité sismique significative en raison de la convergence des plaques africaine et européenne, entraînant des mouvements tectoniques au niveau de la zone de subduction en Méditerranée.

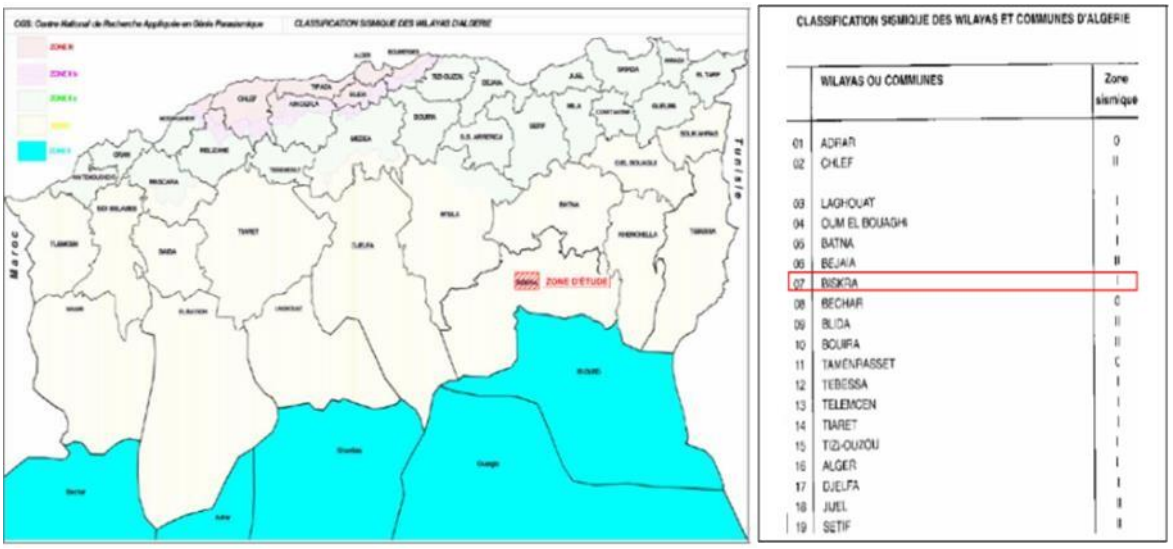


Figure IX.2.2 : Classification Sismique des Wilayas et Communes d'Algérie.

Table IX.2.1 : Classification Sismique des Wilayas et Communes d'Algérie.

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

IX.3 Risques geologiques

Les environs de la zone d'étude sont potentiellement exposés à trois principaux types de risques géologiques :

Tempêtes de sable et de poussière : La proximité des zones désertiques rend la région vulnérable à ces phénomènes, qui peuvent causer des dommages matériels significatifs.
Inondations et coulées de boue : En raison de la nature sporadique et torrentielle des précipitations, ainsi que de la topographie environnante de Biskra, la zone est susceptible aux inondations, crues et torrents de boue issus des reliefs.

IX.4 Étude géotechnique

Pour le projet linéaire s'étendant du PK 16+000 au PK 18+175, une reconnaissance et une étude géotechniques approfondies sont indispensables. Cette démarche permettra d'identifier précisément les conditions géologiques et géotechniques le long de ce tronçon, d'évaluer les risques spécifiques à cette zone (comme les mouvements de terrain, les tassements, etc.), et de fournir les données cruciales pour la conception et le dimensionnement des ouvrages. L'objectif est de garantir la faisabilité et la qualité du projet sur cette section particulière en se basant sur une compréhension détaillée des caractéristiques du sol et du sous-sol, obtenue par l'analyse de documents, des essais en laboratoire et des essais in situ réalisés sur le tracé concerné.

IX.4.1 Programme d'essais

IX.4.1.1 Lot tracé

Le programme d'essais de la campagne géotechnique sur le terrain a été conçu en fonction des terrassements prévus le long du tracé. Ci-dessous, la liste des travaux qui ont été réalisés :
- Reconnaissance de surface.
- Puits de reconnaissance.
- Essais de pénétration dynamique type Borro.
- Essais de laboratoire sur les échantillons originaires des puits et des sondages.

Reconnaissance de surface : Le tracé a fait l'objet d'une inspection détaillée, accompagnée d'une collecte systématique d'informations sur les aspects géotechniques pertinents. Une attention particulière a été accordée à l'état des voies avoisinantes, aux intersections routières existantes et à tout indice d'instabilité.
Puits de reconnaissance : La réalisation des travaux sur le terrain a été effectuée sous la supervision d'un responsable. Au cours de cette phase, une description visuelle des matériaux rencontrés, la notation de la présence d'eau et le prélèvement d'échantillons pour analyse en laboratoire ont été réalisés.
Essais de pénétration dynamique type Borro : Ces essais consistent à mesurer le nombre de coups nécessaires pour enfoncer de 20 centimètres dans le sol une pointe carrée de 4 x 4 cm², dotée d'un embout conique à 90°, prolongée par un prisme de même section de 12 cm de hauteur. Une masse de 63,5 kg, chutant de 50 cm, fournit l'énergie, transmise à la pointe par un train de tiges de 32 mm de diamètre. L'avantage de ces essais réside dans leur capacité à offrir une évaluation continue de la résistance du sol, permettant d'identifier des variations ou des couches fines susceptibles d'échapper à d'autres méthodes.

Lithologie de la zone d'étude :
En accord avec les résultats de la campagne géotechnique menée dans la zone d'étude. Les principales formations géologiques traversées par le tracé sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Table IX.4.1 : Lithologie de la zone.

Formation	Lithologie
C6	Calcaires massifs
mp	Grès, sables, argiles et marnes
mp-g	Grès, sables, argiles et marnes à gypse
q	Alluvions sableuses des grandes plaines
q3	Cailloutis, graviers et sables dans les lits des oueds
qcn	Croûte calcaire gypseuse
qec	Dépôt de pieds

Dans le tableau suivant sont résumés les travaux de prospection géotechnique exécutés à proximité du site d'implantation de la gare de marchandises :

Table IX.4.2 : les travaux de prospection géotechnique exécutés à proximité du site d'implantation de la gare de marchandises.

Travaux	Type d'investigation	P.K.	Formation géologique	Profondeur atteinte (m)
SBH-1	Sondage	14+875	q	15,0
PU-16+000	Puits	16+565	q	2,5
PD 16+000	Pénétration dynamique	16+000	q	2,6
PD 16+000 bis	Pénétration dynamique	16+000	q / mp-g	7,0
PD 17+000	Pénétration dynamique	17+000	q	2,4
PD 18+000	Pénétration dynamique	18+000	q / mp-g	7,0

Les résultats des essais de pénétration dynamique :

Table IX.4.3 : Les résultats des essais de pénétration dynamique.

PD Type PK	PD 16+000	PD 16+000 bis	PD 17+000	PD 18+000
	BORRO 16+000	BORRO 16+000	BORRO 17+000	BORRO 18+000
-0,2	5	3	4	5
-0,4	6	4	9	12
-0,6	11	13	15	15
-0,8	39	16	20	29
-1,0	37	9	42	12
-1,2	42	8	52	13
-1,4	35	10	54	15
-1,6	41	14	44	24
-1,8	47	13	53	25
-2,0	50	13	58	26
-2,2	38	15	41	47
-2,4	43	17	63	38
-2,6	64	19		29
-2,8		8		33
-3,0		12		22

-3,2		18		22
-3,4		19		29
-3,6		17		45
-3,8		7		17
-4,0		11		35
-4,2		12		26
-4,4		12		35
-4,6		22		38
-4,8		40		34
-5,0		10		44
-5,2		8		19
-5,4		9		21
-5,6		9		23
-5,8		12		22
-6,0		13		7
-6,2		16		7
-6,4		20		11
-6,6		26		10
-6,8		22		12
-7,0		19		14

Les caractéristiques des terres d'appui des fondations déduits :

Table IX.4.4 : Les caractéristiques des terres d'appui des fondations déduits.

Formation géologies	Caractéristiques géotechniques estimées
q	γ=2,0 t/m^3
	c=0,20 kg/cm^2 ;
	ϕ=25º
	E=250 kg/cm^2 ;
	ν=0,40

IX.4.1.2 Résultats essais au laboratoire

Les résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons prélevés lors des investigations évoquées antérieurement ainsi que la classification du sol selon **GTR** et **UIC 719R**

Table IX.4.5 : Synthèse des résultats géotechniques sur les puits de reconnaissances.

PUITS	PROFIL	PROFONDEUR. (m)		GROUPE	IDENTIFICATION														
		zi	zf		GRANULOMÉTRIE						PLASTICITÉ			H_{nat} (%)	γ_d (T/m³)	SO_3 (%)	Cl (%)	CO_3Ca (%)	M.O. (%) S.S. (%)
					#63	#20	#5	#2	#0,4	#0,08	LL	LP	IP						
PU-16+000	16+565	0,60	2,00	q	100,0	100,0	100,0	100,0	97,0	85,0	38,2	16,0	22,2	12,10	1,30	11,90	13,90		0,08

Table IX.4.6 : Synthèse des résultats géotechniques sur les sondages carottés.

SONDAGE	PROFIL	Zi	Zf	FORMATION	#63UNE	#30UNE	#20UNE	#5UNE	#2UNE	#0,4UNE	#0,08UNE	WL	WP	IP	W (%)	Wsat (%)	Sr (%)	γd (T/m³)	γap (T/m³)	SO3⁻ (%)	Cl⁻ (%)	CO_3Ca (%)	MO (%)	S.S. (%)	CISAILLEMENT RECTILIGNE	c' (Kg/cm²)	ϕ' (°)	COMPRESSION SIMPLE (Kp/cm²)	Deform %	Classification GTR	Classification UIC
SBH.1	14+875	1,50	1,95	q																2,59		7,70 12,40	0,14								Qs1
SBH.1	14+875	2,34	2,67	q								36,6	27,4	9,2	17,3	22,2	78,0	1,68	1,98	3,38					UU	0,75	17,3				Qs1
SBH.1	14+875	3,00	3,45	q	100,0		100,0	100,0	100,0	98,0	78,0				13,2			2,06	2,33	10,51			0,15								Qs1
SBH.1	14+875	3,55	3,85	q	100,0		100,0	100,0	100,0	96,0	83,0	50,4	21,4	29,0	17,7	19,2	92,2	1,78	2,09	3,09			0,02					0,050	4,4	A_3	Qs1
SBH.1	14+875	5,50	5,80	q	100,0		100,0	100,0	100,0	99,0	93,0	31,8	15,2	16,6	10,8	18,6	58,2	1,80	1,99						CD	0,33	13,9			A_2	Qs1
SBH.1	14+875	6,50	6,95	q	100,0		100,0	100,0	100,0	95,0	56,0				8,3			2,59	2,80	19,65		4,30									Qs1
SBH.1	14+875	7,25	7,42	q	100,0		100,0	100,0	100,0	99,0	95,0	50,1	26,0	24,1	17,7	21,1	83,7	1,72	2,03	7,45		5,90	0,09							A_2	Qs1
QUANTITÉ		5	0	5	5	5	5	5	4	4	4	6	4	4	6	6	6	0	4	4	0	0	2	2	1	1					
MOYENNE		100,00	-	100,00	100,00	100,00	97,40	81,00	42,23	22,50	19,73	14,16	20,26	78,04	1,94	2,21	7,78	-	7,58	0,10	-	-	0,54	15,60	0,050	4,41					
MAXIMUM		100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	99,00	95,00	50,40	27,40	29,00	17,70	22,17	92,18	2,59	2,80	19,65	0,00	12,40	0,15	0,00	0,00	0,75	17,30	0,050	4,41					
MINIMUM		100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	95,00	56,00	31,80	15,20	9,20	8,30	18,55	58,22	1,68	1,98	2,59	0,00	4,30	0,02	0,00	0,00	0,33	13,90	0,050	4,41					
DÉVIATION		0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,82	15,64	9,47	5,50	8,67	4,03	1,68	14,43	0,35	0,32	6,58	-	3,50	0,06	-	-	0,30	2,40	-	-					

- Il s'agit de sables très fins limoneux et argileux, généralement d'origine alluviale, avec une grande proportion en gypse, qui peuvent provenir de l'encroûtement. Quelques graves dispersées peuvent êtres rencontrés occasionnellement.

IX.4.1.3 Interprétation des Résultats

- D'après la classification française GTR, les sols de classe A3 et A2 prédominent principalement les sols argileux marneux et les sables argileux. Leur diamètre maximum (Dmax) est inférieur à 50 mm avec un pourcentage de passant à 80 µm compris entre 83 % et 100 %.
- Ces sols sont hautement sensibles aux conditions météorologiques pouvant interrompre rapidement les travaux en raison d'un excès d'humidité ou à l'inverse d'une sécheresse rendant la compaction difficile.
- Quant aux conditions d'utilisation de ces sols, ils ne peuvent être employés dans des états soit trop secs, soit trop humides.
- Dans les autres états hydriques, les matériaux des divers groupes géotechniques pourront être réutilisés en suivant les recommandations de la GTR adaptées aux conditions météorologiques.
- Selon les résultats de l'essai des limites d'Atterberg, le sol est caractérisé comme étant une argile plastique.
- Notre zone d'étude révèle la présence des sols de classe QS1 c'est-à-dire des sols médiocres, acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage.

L'ensemble des investigations géotechniques UIC réalisées sur le site de la gare de marchandises, comprenant des essais de pénétration dynamique (PD) et le sondage SBH-1, permet d'établir un tableau précis des caractéristiques du sous-sol et de sa résistance à la pénétration. L'interprétation qui suit tient compte des propriétés estimées de la formation géologique "q" et des données détaillées issues du sondage.

Synthèse des Caractéristiques de la Formation "q" (Sondage SBH-1) :

Les données du sondage SBH-1 révèlent une variabilité des propriétés de la formation "q" en fonction de la profondeur :

Granulométrie : La prédominance de fractions fines (limons et argiles) suggérée par les limites d'Atterberg non nulles indique un comportement potentiellement cohérent, bien que la cohésion effective mesurée soit faible dans certains horizons. La présence de fractions plus grossières (sables fins) est également notée.

Plasticité : L'indice de plasticité (IP) varie, indiquant des sols de plasticité faible à moyenne, ce qui influence leur compressibilité et leur sensibilité à la teneur en eau.

Densité : Le poids volumique sec (γd) varie avec la profondeur, reflétant des changements de compacité au sein de la formation "q". Des valeurs plus élevées de γd indiquent une plus grande densité.

Résistance au Cisaillement : Les valeurs de cohésion effective (c') sont généralement faibles, tandis que les angles de frottement effectif (ϕ′) sont modérés, suggérant une résistance au cisaillement principalement frictionnelle, mais avec une composante cohésive variable.

Résistance à la Compression Simple (q_u) : Les valeurs mesurées indiquent une résistance variable, corrélée à la compacité et à la plasticité du sol.

Corrélation avec les Essais de Pénétration Dynamique (PD) :

En comparant les résultats des essais PD avec les données du sondage SBH-1, on peut établir les corrélations suivantes (avec les limitations dues à l'absence d'un étalonnage spécifique pour l'essai "BORRO" dans ce contexte) :

Zones de faible résistance à la pénétration (N faible) : Ces zones pourraient correspondre à des horizons dans le sondage SBH-1 caractérisés par une faible densité (γd faible), une plasticité plus élevée (IP élevé), et une résistance au cisaillement plus faible (c'et ϕ′ bas, q_u bas). La présence de sols plus mous ou remaniés est également possible.

Zones de forte résistance à la pénétration (N élevé) : Ces zones pourraient indiquer des horizons avec une densité plus élevée (γd élevé), une plasticité plus faible (IP faible), et une résistance au cisaillement plus élevée (c'et ϕ′ plus élevés, q_u plus élevé). La présence de couches plus compactes ou légèrement indurées au sein de la formation "q" est envisageable.

IX.5 Conclusion

L'étude géologique et géotechnique de la zone de la future gare de marchandises de Biskra révèle un sol hétérogène, principalement constitué de sables fins limoneux et argileux, avec une proportion significative de gypse. Les propriétés de ce sol (plasticité, densité) varient en fonction de la profondeur, influençant ainsi sa résistance et sa portance potentielle. Classé QS1 ("sol médiocre") selon l'UIC, il nécessitera une attention particulière en matière de drainage et une éventuelle amélioration. Les essais de pénétration dynamique indiquent une résistance variable avec la profondeur et signalent la présence d'une couche "mp-g" plus profonde dans certaines zones. L'étude recommande une analyse approfondie des données, l'application de corrélations empiriques locales et la réalisation d'investigations complémentaires si nécessaire, afin de garantir une conception stable et durable de la gare.

DIMENSIONNEMENT DE COUCHE d'ASSISE

CHAPITRE X : DIMENSIONNEMENT DE COUCHE d'ASSISE

X.1 Structure d'assise

L'infrastructure sur laquelle repose la voie est désignée sous le terme de structure d'assise. Sa fonction principale est de répartir les charges des traverses sur la plateforme et d'atténuer les vibrations. De plus, elle contribue à la stabilisation de la voie tant dans le sens longitudinal que latéral, assurant ainsi une performance optimale en matière de rigidité, de maintien du nivellement et d'évacuation des eaux.

La couche d'assise comprend une

- Couche de ballast.
- Couche de sous ballast.
- Couche de fondation.

} Sous couche

- Couche anti -Contaminante.

Plusieurs facteurs influencent l'épaisseur et la nature des couches d'assise. Nous pouvons distinguer :
Les propriétés du sol de la plateforme : sa nature, sa portance, ainsi que sa sensibilité à l'eau et au gel.
Les caractéristiques générales de la plateforme, qui résultent d'une combinaison des propriétés du sol et des conditions hydrogéologiques locales.
Les conditions environnementales, notamment le climat du site.
Les sollicitations liées au trafic, telles que les tonnages, les charges par essieu et les vitesses des trains.
Les composants de la voie (l'armement), incluant le profil des rails, ainsi que le type et l'espacement des traverses.
L'épaisseur de la couche de ballast, un paramètre essentiel à considérer lors du dimensionnement de la sous-couche.

X.2 Construction générale

X.2.1 Couche d'assise

X.2.2 Couche de ballast

Conformément à la fiche UIC 719, le ballast est un élément essentiel de la superstructure de la voie.
Cette couche de ballast est composée de gravier à granulométrie grossière, variant de 31,5 à 50 mm, avec une épaisseur de 25 à 30 cm. Elle est positionnée dans la partie supérieure des structures d'assise et entre les traverses. Le ballast est obtenu par le concassage de roches dures.
Il est fondamental que le ballast possède des qualités de haute résistance et de durabilité.
De plus, il doit satisfaire aux caractéristiques mécaniques suivantes, conformes à celles utilisées sur le réseau classique :
Résistance à l'usure déterminée selon l'essai Micro-Deval : MDA $\leq$ 10,5.
Résistance à la fragmentation par chocs déterminée selon l'essai Los Angeles : LA $\leq$ 25.
Valeur LA + 2×MD $\leq$ 37.
Le ballast utilisé doit être conforme à la norme NF EN 53-695.
Sous-couche
La sous-couche est une couche d'adaptation interposée entre le ballast et la plate-forme. Elle

comprend les éléments suivants : sous-ballast, couche de fondation et couche anti-contaminant (composée de sable propre et complétée si nécessaire par un géotextile). Ses rôles sont multiples :
Amélioration de la portance et meilleure répartition des charges transmises.
Contribution à l'amélioration des propriétés vibratoires.
Anticontamination entre la plate-forme et le ballast.
Protection contre l'érosion et le gel.
Évacuation des eaux.

X.2.3 Plate-forme :

Représente la surface supérieure de l'ouvrage en terre destinée à recevoir la sous-couche. Elle est constituée de remblais ou de sol en place (déblais). L'évaluation de sa qualité nécessite l'analyse des sols individuels ainsi que de la plateforme complète (couche de forme + sol sous-jacent). La qualité d'un sol (Qsi) est déterminée par sa nature géotechnique et les conditions hydrogéologiques/hydrologiques locales. Ces conditions sont considérées comme satisfaisantes si la couche supérieure se trouve hors nappe phréatique (mesurée en période défavorable), sans percolations nuisibles, et avec une évacuation efficace des eaux pluviales. En fonction de ces conditions (satisfaisantes ou non) et de la nature du sol, quatre classes de qualité sont établies:

- Qs0 (impropre, nécessitant des mesures correctives).
- Qs1 (médiocre, acceptable avec un drainage soigné et potentiellement améliorables par traitement).
- Qs2 (moyen).
- Qs3 (bon).

La classe de sol prépondérante dans cette zone est de classe QS1.

On peut distinguer trois classes de portance de plateforme :

- P1 : plate-forme insuffisante.
- P2 : plate-forme acceptable.
- P3 : plate-forme optimale.

Selon les normes techniques (SNTF), le maitre d'ouvrage a exigé une plateforme de
Classe P2 tenant compte des bonnes conditions de drainage et la situation hydrographie de la région.

X.2.4 Dimensionnement de la structure d'assise

Calcul de l'épaisseur minimale de la couche d'assise :

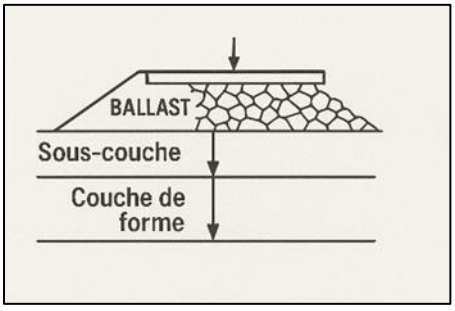


Figure X.2.1 : schéma illustrative qui montre les épaisseurs de couche d'assise.

Pour déterminer l'épaisseur de la couche de forme, on doit utiliser le tableau suivant (UIC 719 R page 34).

Table X.2.1 : Classement des sols UIC.

Classe de qualité du sol	Classe de portance de la plateforme Classe de portance de la plate-forme	Couche de forme mettre en œuvre pour avoir cette portance	
		Qualité	Épaisseurs min de la couche de forme (m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0.50
	P2	QS3	0.35
	P3	QS3	0.50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0.35
QS3	P3	QS3	-

Épaisseur minimale est calculée en utilisant la formule suivante (Normes UIC 719R-P57) :

$$e = E + a + b + c + d + f + g \qquad \text{En (m)}$$

- E : facteur dépendant des classes de portance (P1, P2 ou P3).
- a : facteur dépendant de l'UIC groupes ou la vitesse (V > 160km/h).
- b : facteur dépendant de type de traverse.
- c : facteur dépendant des conditions de travail.
- d : facteur dépendant de la charge maximale d'essieu des véhicules.
- f : facteur dépendant de la vitesse.
- g : facteur dépendant de l'installation de géotextiles.

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

-La capacité portante de sol support envisagée est de classe P2. D'où E=0.55 m.
- le groupe de trafic fictif selon la classification de la norme UIC 714 R est le Groupe 3 donc a = -0.05 m.
- Pour notre projet les traverses utilisées sont les traverses en béton de L = 2.245m

$$b = \frac{2.5-L}{2} = \frac{2.5-2.245}{2} = 0.1275\text{m}$$ Soit la valeur de b sera b = 0.13 m.

- Le cas de dimensionnement normale donc le paramètre c aura une valeur c = 0 m.
-la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 kN donc la valeur de facteur d est de. d = 0.05 m.
-pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues à grande vitesse f=0.00m.
- Pas de géotextile g=0.

- D'où e = 0.55 - 0.05 + 0.13 + 0 + 0.05 + 0.00 + 0 = 0.68 m

Voici nos propositions d'épaisseurs pour les couches d'assise adaptées à une portance P2 :

Table X.2.2 : Structure de la voie du projet.

Couches	Épaisseur (cm)	Matériaux
Ballast	30	GC (grave concassée) (25/50 mm)
Sous-ballast	20	Grave propre (0 /31.5 mm) bien graduée
Couche de fondation	18	Grave sableuse entièrement concassée
Couche de forme de type QS3	50	GNT

X.3 Conclusion

Ce chapitre a démontré que le dimensionnement approprié des couches d'assise constitue un pilier essentiel pour garantir la durabilité et la performance à long terme des voies ferrées. En examinant les différents types de couches et les méthodes de dimensionnement pour une gestion optimale des charges et des contraintes, nous avons souligné l'importance d'une approche individualisée pour chaque projet, guidée par les normes et l'expertise. Pour l'avenir, l'investissement continu dans la recherche sur le dimensionnement des assises est crucial afin de permettre aux chemins de fer de relever les défis futurs et de maintenir leur rôle en tant que mode de transport durable et efficace.

PROFIL EN TRAVER

CHAPITRE XI : PROFIL EN TRAVERS

XI.1 Introduction

Le profil en travers est une coupe transversale réalisée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée. Il précise les dévers appliqués à la voie et inclut tous les éléments de la superstructure, de l'infrastructure et d'assainissement, permettant ainsi de visualiser :

- Les différentes couches constituant l'assise ferroviaire.
- Les gabarits, entraxes et clôtures.
- Les dispositifs hydrauliques ainsi que les équipements de signalisation et de télécommunications.

Il permet également de calculer les paramètres suivants :
La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

Un projet de voies ferrées comprend le dessin d'un grand nombre de profils en travers. Afin d'éviter de rapporter sur chacun d'eux les dimensions générales qui se répètent ainsi que des détails constructifs communs, un profil unique, appelé « profil en travers type », est d'abord établi. Ce dernier contient toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, autres bandes, dimensions des couches de la superstructure).
Ainsi, on distingue deux types de profil :

XI.2 Profil en travers types

Un profil distinct est établi pour chaque section du projet, documentant de manière exhaustive l'ensemble des dimensions et des spécifications constructives. Cela inclut les largeurs des voies, les pentes des surfaces et des talus, les dimensions des couches composant la superstructure et l'infrastructure, ainsi que les systèmes d'évacuation des eaux pluviales et d'autres détails pertinents.
Les éléments du profil type :
En chemin de fer, le profil en travers type doit indiquer tous les éléments suivants :
Éléments de l'infrastructure :
Les épaisseurs et la dénomination de chaque couche.
Les pentes de chaque couche.
La pente latérale de la plate-forme.
Éléments de la superstructure :
Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie.
Le type de traverses utilisées.
L'épaisseur de la couche de ballast.
La longueur des butées du ballast.
La valeur du devers maximal en courbe.
Éléments du talus :
La pente de chaque talus.
Les ouvrages de consolidation éventuels
Éléments d'assainissement :
Types et dimensions du fossé ou des drains.

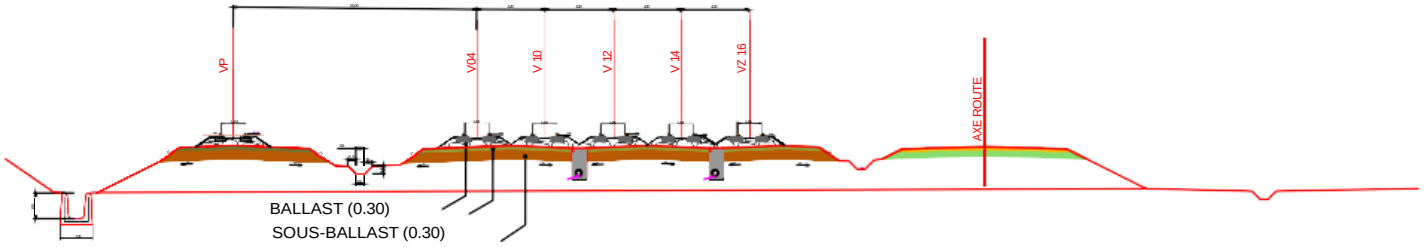
XI.3 Le profil en travers courant

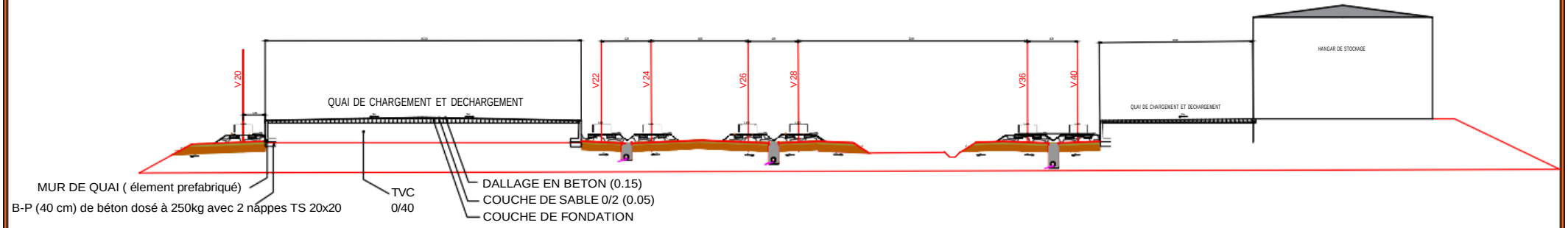
Constitue une composante essentielle des projets d'infrastructure. Appliqué à un point kilométrique spécifique, il consigne l'ensemble des informations descriptives de la section transversale de la voie à cet emplacement précis, notamment les cotes altimétriques du terrain naturel et du projet, ainsi que les inclinaisons de la plate-forme. Ces données sont indispensables pour la réalisation des calculs de cubatures relatifs aux terrassements.

Les éléments du profil en travers :
La plate-forme : C'est la partie sur laquelle repose la voie, jouant un rôle primordial dans la stabilité de cette dernière. De plus, elle permet le drainage des eaux de surface vers l'extérieur.
L'emprise : C'est la surface du terrain naturel affectée à la voie, délimitée par le domaine public.
La voie : C'est la partie de la voie ferrée consacrée à la circulation des trains.
La berme : Elle supporte des équipements tels que des barrières de sécurité et des signalisations. Sa largeur dépend de l'espace requis pour le fonctionnement du type de barrière de sécurité à installer.
Le fossé : C'est un ouvrage hydraulique conçu pour recueillir les eaux de ruissellement provenant de la voie et des talus, ainsi que les eaux de pluie.

XI.4 Profil en travers de notre projet d'étude

PROFILS EN TRAVERS TYPE





Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail** : enstp@enstp.edu.dz

PROJET	Réalisé par	Encadré par	N°Planche	Echelle	Année universitaire
Etude en APD de la nouvelle gare marchandises (Port sec) autour de Biskra sur la ligne El-Ghourzi - Touggourt de PK 16+000 au PK 18+175	BOULARAOUI Zelikha GHERABI Safa	MrSiguerdjidjene Hakim	03	1:100	2024 / 2025

XI.5 Calcul des cubatures

Les volumes de terrassement correspondent aux quantités de déblais et de remblais nécessaires pour façonner le terrain dans le cadre d'un projet, afin de créer une surface uniforme conforme à l'axe du tracé prévu.
Ces volumes sont déterminés en fonction de plusieurs critères essentiels :
Les profils en long
Les profils en travers
La distance entre les profils

Dans notre projet, les volumes de terrassement ont été calculés à l'aide du logiciel **CIVIL 3D 2022**.

Les détails de calcul résumés dans le tableau suivant :

Table XI.5.1 : Les cubatures de terrassement et les couches d'assises.

Nature	Remblai	Déblais	Sous ballast Vp	Sous ballast S	Couche de forme Vp	Couche de forme S
Volume(m3)	212 784.190	117 232.500	5 204.400	24 979.000	9895.400	44 298.300

XI.6 Conclusion

Les profils en travers sont essentiels pour assurer la précision dans la planification et l'exécution des projets d'infrastructure. Ils permettent de concilier les impératifs de sécurité, d'efficacité économique et de durabilité.

TERRASSEMENTS

CHAPITRE XII : TERRASSEMENTS

XII.1 Introduction

Le terrassement représente la phase initiale et essentielle de tout projet de construction, ayant pour objectif de préparer et de façonner le terrain avec précision avant le début des travaux d'édification. Cette opération d'envergure comprend des déplacements significatifs de matériaux, notamment la création d'ouvrages en terre, qu'il s'agisse de remblais ou de déblais, afin de garantir la stabilité du terrain final.

XII.2 Objectifs et enjeux des terrassements

Assurer la stabilité et l'uniformité de la plateforme pour la circulation ferroviaire.
Utiliser des matériaux de qualité conformes aux spécifications techniques (granulométrie, compacité, etc.).
Mettre en œuvre des mesures de protection des zones sensibles, telles que les zones humides et les habitats naturels.
Prévenir les risques de glissements de terrain par un modelage approprié des talus et des remblais.
Établir une gestion efficace du drainage pour combattre l'érosion et l'accumulation d'eau.
Réduire les nuisances sonores et vibratoires afin de minimiser l'impact sur l'environnement et les riverains.
Respecter les normes environnementales pour limiter l'empreinte sur les écosystèmes locaux.
Garantir la sécurité des travailleurs durant toutes les phases des opérations de terrassement.
La préservation des ressources naturelles telles que l'eau et les sols fertiles.

XII.3 Pente des talus en déblai et en remblai

Pour garantir la sécurité et la stabilité globale de la construction, des études géotechniques sont menées afin de déterminer la pente optimale du talus. Cela dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- caractéristiques géotechniques des sols.
- La hauteur de l'ouvrage.
- La topographie du site et les risques naturels.

Les pentes de talus généralement utilisées et exprimées en fraction base (V) sur hauteur (H) sont les suivantes :

- En déblai : 2/3, 3/2, 1/1

Dans les déblais où les terres qui seront excavées présentent une consistance rocheuse les talus de déblai seront projetés avec une pente de 2 H/3V, pour ceux dont les hauteurs dépassent 5,0 mètres. Un talus de 3H/2V sera réalisé sur les 5 derniers mètres avant la crête de talus, pour les talus qui démarrent avec un pied de talus de 1H/1V et une altitude maximale supérieure à 20 mètres ainsi que pour les talus dans les formations rocheuses qui présentent une altitude totale inférieure à 5,0 mètres.
Dans les déblais où l'altitude dépasse 20,0 mètre il est recommandé la disposition de bermes intermédiaires d'une largeur de 4,0 mètres tous les 10,0 mètres ou 15,0 mètres (en fonction de l'altitude totale du déblai et des matériaux qui ont été détectés dans les reconnaissances de terrain réalisées), avec pour but d'augmenter la stabilité et principalement pour contrôler la chute de blocs. Il sera recommandé de disposer des fossés revêtus dans les bermes pour recueillir les eaux d'écoulement et éviter son infiltration dans les déblais.

- En remblai : 2/1.

XII.4 Section en déblai

Les déblais consistent à abaisser le niveau du train par enlèvement des terres appelés aussi fouilles ou extraction.

Table XII.4.1 : section des déblais.

PK Début	PK Fin	L (m)	H_{max} (m)	Pente Proposé
16+000	**16+250**	250	5.642	2H/1V
16+275	**16+350**	75	3.579	
16+375	**16+525**	150	2.624	
16+550	**16+900**	350	0.963	

XII.5 Section en remblai

Les remblais consistent à apporter des terres afin de rehausser le niveau, également désigné sous le terme de remblaiement. Le tracé se situe sur des zones de remblais dont la hauteur varie de 0 à 6 m.

Table XII.5.1 : section des remblais.

PK Début	PK Fin	L (m)	H_{max} (m)	Pente Proposé
16+925	**17+050**	125	0.958	2H/1V
17+075	**17+175**	100	2.950	
17+200	**17+275**	75	4.104	
17+725	**18+100**	800	5.956	
18+125	**18+566**	436.438	6.413	

Vue la spéciéité de la région le profil en long est fait de sort que le tracé être en remblai le maximum si c'est est possible.

XII.6 Etude de stabilité

Selon UIC 719 R la sécurité au glissement tant à court qu'à long terme, doit être vérifiée par le calcul à partir des caractéristiques mécaniques et hydrogéologiques et géotechniques des matériaux.

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'.

Pour les calculs des stabilités, les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération

- Fs $\geq$ 1.3 à court terme.
- Fs $\geq$ 1.5 à long terme.
- Fs $\geq$ 1.1 situation accidentelle (séisme).

  - Dans le cas de projet les déblais et les remblais ont des hauteurs inférieures à huit mètres (8m) donc sont considérés comme stables.

XII.7 Le compactage

Le compactage est une étape essentielle dans la construction des ouvrages en terre influençant

directement leur durabilité et leur stabilité. Plusieurs facteurs techniques doivent être pris en compte pour assurer une qualité optimale. Voici les points clés à considérer :
- La nature du sol, le type de compacteur et l'état d'humidité déterminent les taux de compactage et les modules de déformation minimaux prescrits.
- L'épaisseur des couches élémentaires et l'énergie de compactage nécessaire doivent être soigneusement planifiées.
- Des mesures spécifiques comme l'arrosage et l'essorage peuvent être nécessaires.
- La technique de compactage est définie par des essais sur le terrain.

XII.8 Protection des Lignes électriques

La traversée des lignes électriques par le tracé de la gare de marchandises représente un enjeu majeur en matière de sécurité. Afin d'assurer la protection des travailleurs et des populations avoisinantes, des solutions techniques appropriées ont été proposées pour chaque point de croisement identifié. Le tableau ci-dessous présente les principales lignes à franchir, accompagnées d'une description des enjeux ainsi que des solutions envisagées pour garantir une exécution sécurisée et conforme aux normes.

Table XII.8.1 : Liste des lignes électrique.

Obstacles à franchir	**PK**	DESCRIPTION DE L´AFFECTION	SYNTHÈSE DE LA SOLUTION PROPOSÉE
LIGNES ELECTRIQUES	16+000	Croisement entre deux appuis avec un angle de 108º	Ligne aérienne avec deux nouveaux appuis. L=89,02m
LIGNES ELECTRIQUES	17+432	Croisement entre deux appuis avec un angle de 87º	Deux lignes aériennes avec six nouveaux appuis. L=384,14m

XII.9 Conclusion

Pour conclure ce chapitre, il est essentiel de souligner que les travaux de terrassement constituent la pierre angulaire de tout projet ferroviaire réussi. Ces étapes nécessitent une précision rigoureuse et une collaboration étroite entre tous les acteurs impliqués.
En respectant scrupuleusement ces principes fondamentaux, nous garantissons l'établissement d'un réseau ferroviaire sûr, fiable et performant. Investir dans la qualité des terrassements et des ouvrages d'art, c'est investir dans l'avenir et le progrès de notre société.

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMEN

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 Introduction

Grâce à sa localisation stratégique, la ville de Biskra assure une liaison essentielle entre le nord et le sud de l'Algérie, facilitant les échanges grâce à ses infrastructures de transport clés : aéroport, réseau ferré et routes. Face aux enjeux cruciaux du développement économique régional, le renforcement des infrastructures d'échange par voie ferrée s'avère indispensable. La gare de Biskra constitue un point de passage fondamental pour les marchandises et les personnes sur la ligne El Ghourzi-Touggourt, longue de 418 kilomètres. C'est dans ce contexte que le projet de contournement et de réaménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra s'inscrit pleinement dans le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la ville. L'Agence Nationale d'Études et de Suivi de Réalisation des Investissements Ferroviaires a ainsi mandaté le groupement GETINSA/SETIRAIL/SAETI (chef de file GETINSA) pour mener à bien l'étude de ce projet. Conformément à la législation algérienne, le projet de contournement et d'aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra (ligne El Gourzi – Touggourt) est soumis à une étude d'impact sur l'environnement, dont le présent rapport constitue la version finale. Une attention particulière est accordée au rôle central que jouera la future gare de marchandises dans la dynamisation de l'économie locale et régionale.

XIII.2 CADRE LÉGAL DE L'ÉTUDE

Table XIII.2.1 : Quelques Références Légales et Objectifs de la Protection de l'Environnement en Algérie.

Principaux objectifs	Références légales et réglementaires
Protection de l'environnement et développement durable	Loi No 03 – 10 algériennes sur la protection de l'environnement
détermine le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement	Décret n° 07-145 du 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbations des études et des notices d'impact sur l'environnement
Lutte contre la pollution des eaux	Loi No 05 – 12, relative à l'eau

fixer les modalités de gestion, de contrôle et de traitement de déchets.	- Loi No 01 – 19 relative à la gestion des déchets
définir la réglementation aplicable aux établissements classés pour la protection de l´environnement	Décret exécutif n° 06-198 du 28 février 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection environnemental.
définit les règles et les principes généraux pour la protection des personnes, des biens et de l'environnement	Décret No 90 – 79 sur le transport des matières dangereuses

XIII.3 Analyse de l'état initial de la zone d'étude

La zone d'étude se trouve au piémont de la chaîne montagneuse qui entoure la ville de Biskra de son côté ouest et qui est représentée par Djebel Boughazel.
Elle est délimitée :
- Au Nord à l'Ouest par la chaîne montagneuse (Djebel Boughazel et Djebel El Malga).
- A l'Est par la route nationale n°3, l'extension de la ville de Biskra et l'Oued Abdi.
- Au sud par la palmeraie du sud de Biskra et la voie ferrée existante.

XIII.4 Description des milieux

XIII.4.1 Ressources physiques biologiques et humaines de la région d'étude

Table XIII.4.1 : Ressources physiques biologiques et humaines de la région d'étude.

Ressource	Type	Description
Physique	**Géomorphologie**	Elle varie entre des piémonts de la chaîne montagneuse, des bassins versants et des terrains plats. L'altitude moyenne varie entre 100 à 150 m.
	Climat	- Selon la monographie de Biskra, cette dernière est caractérisée par un climat sec avec un été chaud et un hiver froid. Les précipitations moyennes annuelles variant de 170 à 200 mm par an. Par ailleurs, les températures ont enregistré une moyenne de 22°c.
	Hydrologie et hydrogéologie	- La zone d'étude est traversée par les plus importants oueds : L'oued Abdi, L'oued L'Mor, L'oued Kef El Hammam et L'oued Hassi Mabrouk. En plus, plusieurs écoulements secondaires se jettent dans le collecteur principal l'Oued Zarzour. L'Oued Abdi longe la voie ferrée au niveau du début de projet.
	Sismologie	-Dans le cas de Biskra, le risque de tremblements de terre est bas, mais au cours des dernières années la wilaya de Biskra a connu de considérables tremblements de terre qu'il faut prendre en considération.
Biologique	**Flore**	-La région abrite une flore variée notamment une strate herbacée comprenant des espèces telles que l'Alpha, l'armoise et le sparte, ainsi que des herbes communes dans les zones montagneuses. -Selon la visite du terrain, les sols traversés par le tracé sont touchés par le phénomène d'érosion hydrique qui est accentué par l'absence partielle du couvert végétal.
	Faune	- La région de Biskra est caractérisée par la faune du sud constantinois composée essentiellement par les mammifères et les oiseaux d'eaux chaudes. On site particulièrement : ▪ L'outarde ▪ La gazelle ▪ Le fennec Le projet doit prendre en considération les habitats naturels ainsi que les itinéraires de déplacement de ces espèces.
Humaine	**Cadre administratif**	- Administrativement, le projet appartient aux deux communes de Biskra et d'El Hadjeb. Elles sont classées parmi les communes les plus développées économiquement de la wilaya de Biskra vu la localisation des plus importantes activités industrielles et commerciales.
	Les infrastructures de base existantes	-L'infrastructure ferroviaire : La ligne ferroviaire El Ghourzi – Touggourt passe par la ville de Biskra où sont assurées les transports des passagers et des marchandises. - Il est à signaler que le transport de voyageurs a été gelé depuis 1993 à cause de la dégradation des infrastructures existantes. Ces dernières font l'objet actuellement de travaux de réhabilitation. - Les routes : Deux routes nationales RN 3 (évitement de la ville de Biskra) et RN 46 sont concernées par le présent projet du contournement. - Les réseaux d'énergie : Il s'agit de gazoduc (existant et projeté), de l'oléoduc et des pylônes électriques.

	L'industrie	-La ville de Biskra est caractérisée par une zone industrielle située au sud. Elle compte des unités de conditionnement de dattes, une minoterie, et les matériaux de construction. Au niveau de la commune d'El Hadjeb et faisant partie de cette zone d'étude, on rencontre les briqueteries ALB et BMAB. Il s'agit d'unités de production de briques en Assurant l'alimentation pour toute la région à savoir les wilayas de Batna, M'sila et ElOued.
	L'agriculture	-L'activité agricole la plus importante de Biskra est représentée par la production de dattes. La zone d'étude renferme une palmeraie très dense située au sud de la ville qui composée d'environs 1000 palmiers.

XIII.5 L'impact du projet

XIII.5.1 Les impacts positifs

Le projet de construction d'une nouvelle gare de marchandises présente de nombreux impacts positifs, tant sur le plan urbain qu'environnemental, économique et social. Les principaux avantages attendus sont les suivants :

- **Réduction du trafic ferroviaire au centre-ville de Biskra :**

Le déplacement des activités de fret vers une gare située en périphérie permet de diminuer le nombre de trains de marchandises traversant le centre-ville. Cela contribue à alléger la congestion ferroviaire et routière, facilitant ainsi la circulation des personnes et des biens au sein de la ville.

- **Atténuation des nuisances sonores et amélioration de la sécurité :**

Le retrait des trains de fret des zones densément peuplées permet de réduire considérablement les nuisances sonores subies par les riverains. En parallèle, cela diminue les risques d'accidents ferroviaires, notamment dans les zones résidentielles et à proximité des infrastructures publiques.

- **Libération et réaménagement de l'espace de l'ancienne gare de Biskra :**

Le transfert du trafic de marchandises a permis de libérer un espace important au sein de l'ancienne gare. Cet espace a été intelligemment réaménagé pour accueillir une nouvelle gare voyageuse, moderne et mieux adaptée aux besoins croissants en matière de transport de passagers. Cette reconversion représente un atout majeur pour la ville, en offrant des installations plus efficaces, confortables et accessibles, tout en valorisant le patrimoine ferroviaire existant.

XIII.5.2 Les impacts négatifs et les solutions d'atténuation envisagées

Table XIII.5.1 : Les impacts négatifs et les solutions d'atténuation envisagées.

Catégorie d'impact	Impacts négatifs		Solutions d'atténuation proposées
Impacts liés à la phase de construction	-Qualité des sols des palmeraies : Risque de contamination par des fuites d'hydrocarbures. -Sols productifs voisins : Possibilité de pollution par des hydrocarbures. -Bassins d'irrigation : Risque de contamination de l'eau d'irrigation. -Loge électrique : Nécessité de délocalisation pour libérer l'emprise de la future gare. -Habitations individuelles (PK 14 à 18) : Exposition aux risques liés aux travaux, représentant une menace pour les résidents. - Dans la zone où la gare de marchandises de Biskra a été construite, un verger de palmiers significatif était présent. La destruction de ce verger a entraîné une diminution des espaces verts, une augmentation de la pollution et des températures, impactant ainsi négativement l'environnement et la qualité de vie dans la région.		Pollution des sols : Prévention des fuites, surveillance du sol, décontamination rapide. Pollution de l'eau d'irrigation : Analyse de l'eau, prévention de la contamination, alternatives d'irrigation. Relocalisation électrique : Transfert sûr et efficace avant construction. Risques habitations : Plans de sécurité, information des résidents, réduction des risques.
Impacts liés à la phase d'exploitation	Impacts sur le déplacement des animaux	Les itinéraires habituels des animaux circulant dans la zone du projet et sa périphérie vont être interrompus définitivement à cause de l'installation de l'infrastructure	Déplacement des animaux : Mise en place de passages fauniques et de clôtures de guidage. Stockage des marchandises : Amélioration de la manutention, mise en œuvre de mesures de confinement, surveillance accrue, élaboration de plans d'urgence. Sécurité des riverains : Renforcement de la sécurité, formation du personnel, information des riverains, élaboration de plans d'évacuation. Activité des briqueteries : Réduction des vibrations, optimisation des horaires de production, amélioration du transport interne, promotion du dialogue. Qualité de l'air : Électrification des installations, mise en place d'une surveillance continue, promotion des modes de transport durables, gestion proactive des émissions.
	Impacts sur les lieux de stockage au niveau de la gare de marchandises	Pendant les manœuvres ou les stationnements, les wagons transportant des carburants présentent un impact sur la qualité des sols productifs de dattes à proximité du site désigné pour l'installation de la gare de marchandises.	
	Impacts sur la sécurité des riverains	Au moment des manœuvres au niveau de la gare de marchandises, la sécurité des riverains proches du site peut être menacée par des accidents et des incendies.	
	Impacts sur l'activité au niveau des briqueteries	Les vibrations des wagons peuvent gêner la circulation des engins transportent la matière première entre le gisement et les unités de production.	
	Impacts sur la qualité de l´air	À Biskra, la pollution de l'air par le train est estimée faible grâce à la distance de la ville, la perspective d'électrification et la bonne dispersion des polluants, malgré la présence d'autres sources industrielles et une pollution routière plus importante.	

XIII.6 Influence de l'environnement sur la réalisation du projet

Dans le cadre des projets de gares de marchandises, les conditions météorologiques extrêmes et les risques naturels peuvent entraver de manière significative le déroulement des opérations et retarder l'achèvement. Les périodes de fortes chaleurs peuvent affecter l'efficacité du personnel et des équipements, nécessitant des ajustements des horaires de travail. De plus, les tempêtes de sable peuvent entraver les mouvements de transport et exiger des efforts de maintenance supplémentaires. Par ailleurs, la nature instable du sol sur le site de la gare peut compliquer les travaux de construction et de nivellement, imposant des solutions d'ingénierie spécifiques pour garantir la sécurité des fondations.

XIII.7 Conclusion

Dans ce chapitre, l'analyse des impacts environnementaux de la gare de marchandises a mis en évidence des éléments essentiels. L'intégration précoce des considérations environnementales dans la planification a permis d'identifier et d'anticiper les défis écologiques, offrant ainsi une évaluation plus précise de la viabilité du projet.
En définitive, le succès de ce projet repose sur un engagement soutenu envers la durabilité environnementale et une adaptation proactive des mesures d'atténuation face aux évolutions futures.

LA SIGNIALISATION FERROVIARES

CHAPITRE XIV : LA SIGNALISATION FERROVIARES.

XIV.1 Introduction

La signalisation ferroviaire constitue un élément essentiel pour l'organisation, la sécurité et l'efficacité des circulations sur le réseau ferroviaire. À Biskra, gare logistique stratégique du sud-est algérien, le système de signalisation doit s'adapter aux contraintes climatiques du désert tout en répondant à l'évolution des besoins logistiques régionaux, notamment dans les secteurs de l'agriculture, de l'industrie et des matériaux. Ce rapport vise à présenter une étude complète de la signalisation ferroviaire appliquée à cette gare, en tenant compte des normes SNTF et des perspectives d'intégration dans le système ferroviaire moderne.

XIV.2 Rôle des installations de signalisation

Les installations de signalisation ferroviaire sont importantes et fonctionnent pour garantir la sécurité des opérations dans le transport ferroviaire ainsi que pour assurer un flux optimal. Ces installations permettent :

- Maîtriser le volume du trafic ferroviaire pour éviter les litiges et assurer une fluidité optimale.
- Informer les conducteurs des dangers de la conduite sur voie ferrée et des moyens de réduire les risques d'accidents et de déraillements.
- Réguler la circulation dans les deux sens sur une seule voie.
- Indiquer la sécurité de toutes les personnes impliquées y compris les passagers. Le personnel et les marchandises.
- Contribuer à améliorer la communication entre les trains et le centre de contrôle.

XIV.3 Risques Ferroviaires

La sécurité des circulations ferroviaires est primordiale. Les principaux risques associés à ce mode de transport sont les suivants :

- **Rattrapage** : Risque de collision par l'arrière lorsqu'un train percute un autre train se trouvant devant lui.
- **Prise en écharpe** : Collision latérale entre des trains circulant sur des itinéraires convergents.
- **Nez à nez** : Collision frontale entre des trains circulant en sens inverse sur la même voie.
- **Déraillement** : Incident ou accident au cours duquel un véhicule ferroviaire sort des rails, que ce soit totalement ou partiellement. Les causes peuvent être diverses, comme un excès de vitesse, la manœuvre d'un appareil de voie lors du passage du train, une panne du système d'aiguillage ou un mauvais état de la voie ou du matériel roulant.
- **Collision avec un obstacle** : Risque de rencontre avec un obstacle non ferroviaire.

La prévention de ces risques repose sur plusieurs mesures, notamment :

- La mise en place d'une signalisation appropriée.
- L'établissement d'un régime d'exploitation de la ligne (double voie, voie banalisée, voie unique).
- L'implémentation d'un système d'espacement des trains.
- La mise en œuvre de procédures d'exploitation rigoureuses.

XIV.4 Fonction des signaux

Les signaux ferroviaires sont essentiellement déployés pour remplir trois fonctions primordiales :

- La signalisation d'arrêt qui informe les conducteurs de trains des emplacements nécessitant un arrêt complet.
- La signalisation de limitation de vitesse qui indique les tronçons de voie où les vitesses doivent être réduites pour des raisons de sécurité.
- La signalisation de direction qui guide les conducteurs sur la voie à suivre.

Chaque fonction est typiquement associée à deux types de signaux : ceux qui préviennent de l'action à venir, et ceux qui la mettent en œuvre ou la rappellent. Il est également à noter que l'expression "signalisation d'arrêt" est spécifiquement réservée à l'action de stopper le train.

XIV.5 Implantation longitudinale

Pour assurer une réaction adéquate des mécaniciens aux signaux d'arrêt ou aux limitations de vitesse dans des zones spécifiques, il est essentiel de les avertir à l'avance. Cela est réalisé par l'intermédiaire de signaux d'avertissement à distance, positionnés stratégiquement en fonction de plusieurs critères :

- **La distance d'arrêt :** influencée par le profil moyen de la voie, notamment sa pente, afin de garantir un freinage efficace.
- **La distance de ralentissement :** déterminée par la vitesse maximale à laquelle le signal est approché et les capacités de freinage des trains.

Ces signaux sont conçus pour communiquer de manière claire et anticipée avec les conducteurs, leur permettant de réagir de façon appropriée aux indications ferroviaires.

XIV.6 Les signaux ferroviaires

Pour transmettre au conducteur des ordres et informations liées à la sécurité des circulations, il est fait usage de signaux.
Les signaux sont habituellement installés à gauche de la voie à laquelle ils s'adressent, ou dans la partie gauche au-dessus de cette voie, ils peuvent être mécaniques ou bien lumineux.
En signalisation mécanique, il est fait usage de signaux réalisés au moyen d'une aile ou d'une cocarde de couleur.
En signalisation lumineuse, il est fait usage de panneaux portant un ou plusieurs feux de couleur, généralement disposés sur un écran noir bordé d'un liseré blanc de forme oblongue ou circulaire.

XIV.7 Types de signalisation

XIV.7.1 Signalisations de protection

La signalisation de protection et destinée à interdire l'accès à un itinéraire, à une aiguille, à un passage à niveau etc… elle est généralement manœuvrée depuis des postes par des agents de Réseau.

XIV.7.2 Signalisations de cantonnement

La signalisation de cantonnement et destinée à assurer l'espacement des circulations de même sens.
Sur les sections de lignes équipées en block automatique, la Signalisation de cantonnement se ferme automatiquement dès l'occupation du canton et restent fermée jusqu'à sa complète

libération.
Sur les sections de lignes équipées en block manuel, Signalisation de cantonnement est manœuvrée depuis des postes par des agents du service de la gestion des infrastructures chargé de la gestion des circulations.

XIV.7.3 Signalisation d'annonce d'arrêt

Le carré, le sémaphore et le feu rouge clignotant sont normalement annoncés à distance par un avertissement qui peut lui même être précédé en signalisation lumineuse, par un feu jaune clignotant.

XIV.7.4 Signalisation d'indication de marche

Le feu vert indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée, s'y rien ne s'y oppose.
Sur les sections de ligne où la vitesse des trains est supérieure à 160 km/h, un feu vert clignotant précède généralement l'avertissement ou un feu jaune clignotant.

XIV.7.5 Signalisation de limitation de vitesse

Ils limitent à un taux déterminé la vitesse des trains sur une partie de voie ou au franchissement de certains points particuliers (aiguille, traversée de gare, etc…).

Les limitations permanentes de vitesse :

Sur des parties de voie par tableau indicateur de vitesse ordinaire.
Au franchissement de certains points particuliers.

Les limitations temporaires de vitesse :

Cette signalisation s'applique sur des parties de voie (chantiers de travaux, etc.) sur Lesquelles une limitation temporaire de vitesse doit être observée.

XIV.7.6 Signalisation indicatrice de direction

Elle renseigne les conducteurs sur la direction géographique qui leur est donnée.

XIV.7.7 Signalisation caractéristique de prescription particulière

Ils renseignent les conducteurs sur des particularités. On trouve :

- Des tableaux.
- Des pancartes.
- La bande lumineuse jaune.
- La croix de Saint-André (annulation des signaux).
-

XIV.8 Les systèmes d'espacement des trains (SNCF)

Le système d'espacement des trains de même sens, est destiné à éviter les rattrapages et consiste à fractionner la ligne en plusieurs cantons dont l'entrée est protégée par un signal d'arrêt, chaque canton admet normalement qu'un seul train.

XIV.8.1 Classification des divers systèmes de block ou cantonnement

- Les blocks manuels

II existe deux types de block manuel :

1. Le cantonnement téléphonique : les deux postes encadrant le canton sont reliés par téléphone, le garde du poste amont rouvre le signal d'entrée du canton qui peut être

simplement un signal d'arrêt à main, lorsque le garde du poste aval l'avise du dégagement, par la totalité du train, du canton intéressé.

2. Les blocks par appareils ou blocks enclenchés : les deux postes encadrant le canton, reliés par une liaison électrique, sont dotés d'appareillages électromécaniques commandés manuellement, mais dotés de certains enclenchements, le levier du signal d'entrée est enclenché électro- mécaniquement à la fermeture lorsque le canton est occupé. La libération, envoyée électriquement par action manuelle du poste aval, est généralement subordonnée à un contrôle électrique de passage de la circulation.

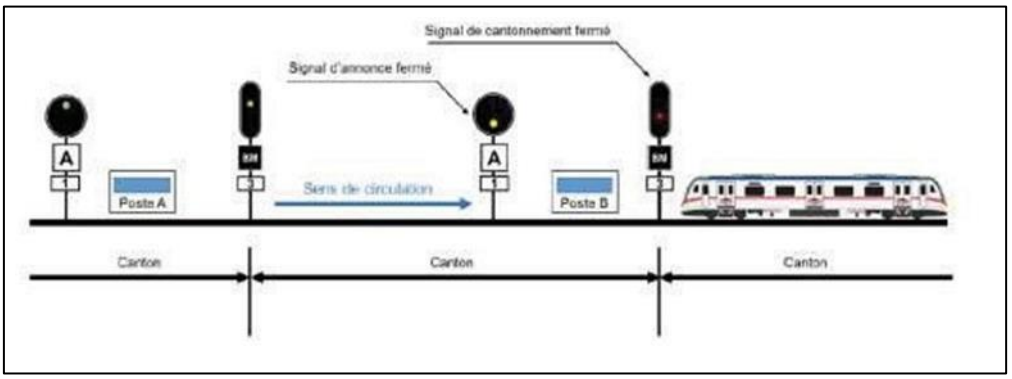


Figure XIV.8.1 : Schéma explicatif du block manuel.

- Les blocks automatiques

II existe actuellement deux types de block automatique :

1. Le block automatique lumineux permissif à cantons courts (BAL) : installé lorsque le trafic journalier approche ou dépasse pour le total des deux sens de circulation une centaine de mouvements sur les lignes à double voie, une quarantaine de mouvements sur les lignes à une seule voie, c'est un système automatique qui représente des avantages de sécurité par rapport au block manuel (risque d'erreur humaine diminué), les cantons sont courts et les espacements des trains sont réduits (1 500m sur un ligne de 160km/h), il est donc plus couteux (plus de signaux).
2. Le block automatique à permissivité restreinte (BAPR) : utilisé sur des lignes secondaires ou les lignes à moindre débit où les cantons sont longs et les espacements des trains sont plus importants (jusqu'à 15km ou plus).

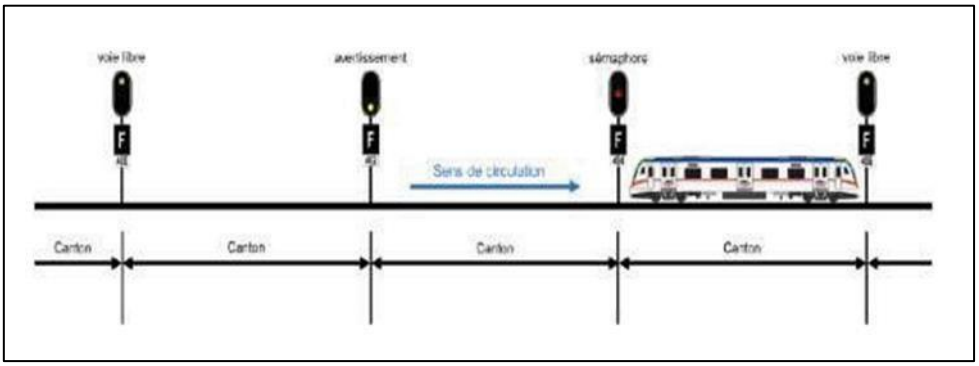
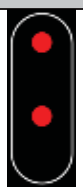
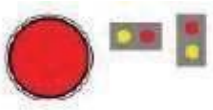


Figure XIV.8.2 : Schéma explicatif du block automatique.

Table XIV.8.1 : Les principaux signaux ferroviaires et leurs indications.

Classification des signalisations	Signal	Indication	Signalisation lumineuse	Signalisation mécanique
Signaux de protection	Carré	Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi.		
	Carré violet	Commande l'arrêt, il est installé sur les voies de service, son ouverture seule.		
	Disque	Il commande au mécanicien de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré		
	Guidon d'arrêt	Le guidon d'arrêt fermé commande au mécanicien		
		l'arrêt avant te signal.		
Signaux de cantonnement	Sémaphore/feu Rouge	Il commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal		
	Feu rouge clignotant	Marche sans dépasser la vitesse de 15km/h au franchissement de ce signal		
	Avertissement	L'avertissement fermé commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le ou les signaux d'arrêts		

Signaux d'annonce d'arrêt		: carré ou sémaphore annoncés, ou d'observer un feu rouge clignotant.		
	Feu jaune clignotant	Le feu jaune clignotant commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par l'avertissement suivant.		
Signaux d'indication de marche	Feu vert	Le feu vert indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée		
	Feu vert clignotant	Sur les sections de ligne où la vitesse des trains est supérieure à 160 km/h, un feu vert clignotant précède généralement l'avertissement ou le feu jaune clignotant.		
	Tableau indicateur de vitesse	Indication sur la vitesse à respecter		

Signaux de limitation de vitesse	Pancarte Z	Signal d'exécution indiquant le début de la zone à parcourir à vitesse limitée		
	Pancarte R	Signal de reprise indiquant la fin de la zone à parcourir à vitesse limitée		
	Le ralentissement 30 Fermé	Ralentissement à 30km/ à distance		
	Le rappel 30 fermé	Rappel à 30km/h qui précède l'aiguillage		
Signaux indicateurs de direction	Tableau indicateur de direction à distance			
	Tableau indicateur de direction			

XIV.9 Conclusion

Ce chapitre souligne l'importance de la signalisation ferroviaire pour garantir la sécurité des usagers des chemins de fer. Elle contribue à la fluidité et à l'organisation du trafic ainsi qu'au transport de marchandises, tout en minimisant les risques pouvant affecter la sécurité et les performances du réseau ferroviaire.

Il est impératif de moderniser le système de signalisation ferroviaire actuel et de l'adapter aux dernières technologies. Cela améliorera les performances du transport ferroviaire et le rendra plus efficace, permettant ainsi une exploitation sécurisée de notre réseau ferroviaire.

DEVIS QUANTITATIF ETESTIMATIF

CHAPITRE XV : Devis quantitatif et estimatif

Table XIV.9.1 : Devis quantitatif et estimatif.

N°	DESIGNATIONS	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant HT
1	**INSTALLATIONS GENERALES**				
1.01	AMENEE DU MATERIEL ET INSTALLATION GENERALE DU CHANTIER	F	1	280 000 000,00	280 000 000,00
1.02	REPLI DU MATERIEL ET DES INSTALLATIONS DE CHANTIER	F	1	40 000 000,00	40 000 000,00
1.03	FOURNITURE ET INSTALLATION D'UN LABORATOIRE DE CHANTIER	F	1	80 000 000,00	80 000 000,00
	TOTAL 1				**400 000 000.00**
2	**TERRASSEMENTS GENERAUX**				
2.01	Etudes d'execution	F	1	77 300 000,00	77 300 000,00
2.02	Décapage des terres végétale	M3	1 560 000.56	440.00	686 400 000.00
2.03	Déblais	M3	117 232.500	1107.00	129 776 377.5
2.04	Remblais	M3	212 784.190	620.00	131 926 197.8
2.05	Couche de forme	M3	54193,70	700,00	37 953 590,00
2.06	Couche de sous ballast	M3	30183,40	3 500,00	105 641 900,00
	TOTAL2				**1 168 998 065,30**
3	**DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT**				
3.01	Etudes d'execution	F	1	7 600 000,00	7 600 000,00
3.02	Buses en béton arme diamètre (1000)	ML	8	150 700.00	11 205 600.00
3.03	Regards	U	172	143 400.00	24 664 800.00
3.04	Drain en PVC Perfore Ø 300	ML	7 705,00	4 500,00	34 672 500,00
3.05	Fossés en béton armé	ML	18 946.00	2900.00	54 943 400.00
3.06	Fossé de crête	ML	1212.00	2 800,00	3 393 600.00
	TOTAL 3				**136 479 900.00**
4	**TRAVAUX DE VOIE ET DE GARE**				
4.01	Etudes d'execution	F	1	94 000 000,00	94 000 000,00
4.02	Pose de voie en UIC 54 E1	ML	29 472.00	26 127,79	770 038 226.88
4.03	RAIL UIC 54	T	1 614.181	120 000,00	193 701 772,80
4.04	Fourniture des travers BI-BLOC	U	35 366.4	5 900,00	208 661 760.00
4.05	Appareil de voie 1/12 UIC 54-500	U	04,00	13 870 000,00	55 480 000,00
4.06	Appareil de voie 1/9 UIC 54-190	U	23,00	12 350 000,00	284 050 000,00
4.07	Travers garage franc	U	27,00	9 500,00	256 500,00
4.08	Soudage aluminothermique	U	102.33	12 500.00	1 279 166.66
4.09	Heurtoir	U	16,00	475 000,00	7 600 000,00
4.10	Attache pour Rail UIC 54	U	141 465.60	850.00	120 245 760.00
4.11	Ballast et ballastage des voies nouvelle	M3	35 366.4	5 500,00	194 515 200.00
	TOTAL 4				**1 929834386.34**
5	**TRAVAUX DE QUAIS**				
5.01	Installation et études	F	1	57 000 000,00	57 000 000,00
5.02	Quais	ML	750,00	15 420,00	11 565 000,00
5.03	Abris de quais	M2	250,00	41 129,00	10 282 250,00

5.04	Eclairage	U	24,00	250 000,00	6 000 000,00
5.05	Rampe de chargement	ML	200,00	55 000,00	11 000 000,00
5.06	Cours de débord	M2	6 000,00	72 500,00	435 000 000,00
TOTAL 5					**530 847 250.00**
6	**QUAIS DE CHARGEMENT**				
6.01	REALISATION DE MUR DE QUAI EN BETON ARME DOSE A 350 KG/M3 H= 1,80M	M3	190	55 000,00	10450000
6.02	F/POSE DE GROS BETON EN CIMENT CPJ EP = 0,40M	M3	330	20 000,00	6600000
6.03	F/POSE DE BETON ARME DOSE A 350KG/M3 POUR DALLE FLOTTANTE, ACIER EN DOUBLE NAPPE T12	M3	250	46 000,00	11500000
6.04	F/ POSE DE TVN Y COMPRIS TOUTES SUJETIONS DE POSE Y COMPRIS TRANSPORT	M3	200	1 100,00	220000
6.05	F/POSE D'UNE COUCHE DE FONDATION EN GNT 0/31,5 EP= 0,20M Y COMPRIS TOUTE SUJETIONS	M3	250	3 500,00	875000
6.06	F/POSE DE COUCHE DE SABLE 0/2 EP=0,02M	M3	25	3 000,00	75000
6.07	F/POSE FILM DE POLYANE SUR TOUTE LA SURFACE DE LA DALLE	M2	1500	100,00	150000
6.08	F/POSE JOINT DE DELATATION EN POLYSTER EP= 2CM	M2	50	180,00	9000
6.09	REMPLISSAGE DES JOINTS EN BITUME	ML	250	200,00	50000
6.10	PROTECTION DES PAREMENTS ENTERRES	m2	80	950,00	76000
TOTAL 6					**30 005 000.00**
7	**BATIMENTS DES GARES**				
7.01	Hangar de stockage	U	1	73 665 720,81	9 665 720,81
7.02	Poste entretien voitures	U	1	65 733 441,51	6 733 441,51
7.03	Poste entretien locomotives	U	1	57 808 320,37	10 808 320,37
7.04	Bâtiment de service	U	1	20 298 883,28	2 298 883,28
7.05	Bâtiment administratif	U	1	18 204 430,50	6 204 430,50
7.06	Poste de contrôle	U	1	3 994 977,12	3 994 977,12
7.07	poste de lavage	U	1	81 250 000.00	96 250 000.00
TOTAL 7					**347 955 773,59**
Total en HT					**4 544 120 375.23**
MMONTANT TVA					**863 382 871.29**
MONTANT TOTAL EN TTC					**5 407 503 246.52**

Montant total en TTC (en lettres) :

Cinq milliards, quatre cent sept millions, cinq mille, deux cent quarante-six dinars algériens et cinquante-deux centimes.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CHAPITRE XVI : CONCLUSION GÉNÉRALE

Le présent mémoire de fin d'études propose l'étude de l'Avant-Projet Détaillé (APD) d'une nouvelle Gare de marchandises (Port sec) aux alentours de Biskra, sur la ligne El-Ghourzi – Touggourt, couvrant le tronçon allant du PK 16+000 au PK 18+175. Cette étude s'inscrit dans le cadre de la dynamique nationale d'amélioration et d'optimisation de l'état et des conditions du transport ferroviaire, visant à accompagner et promouvoir le développement socio-économique du pays.

Notre étude s'est concentrée sur plusieurs aspects essentiels à la réalisation de ce projet. Nous avons mené des études géométriques approfondies pour déterminer avec précision le tracé de la nouvelle infrastructure, en tenant compte des caractéristiques topographiques de la région étudiée. Des études géologiques et géotechniques ont également été réalisées pour évaluer les conditions du sol et les complications potentielles de construction. De plus, des études hydrauliques ont été effectuées pour concevoir les structures nécessaires à la gestion des eaux pluviales et souterraines, garantissant ainsi le succès et la durabilité du projet.

Différents logiciels tels que l'AutoCAD 2022 et Civil 3D ont été utilisés pour réaliser la modélisation, visualisation réalistes et simulation des différentes parties de ce projet. Ils nous ont permis la prise de décision et l'interaction avec les intervenants. L'application des normes de l'UIC (Union Internationale des Chemins de fer) et les réglementations de la SNTF (Société Nationale des Transports Ferroviaires) a constitué une étape essentielle pour assurer un projet conforme et sécurisé. Toutes nos opérations ont été guidées par ces lignes directrices, depuis le premier croquis jusqu'aux plans de construction.

En conclusion, ce projet représente une avancée significative pour l'amélioration du réseau ferroviaire dans la région de BISKA. Il répond à l'augmentation de la demande en matière de transport de marchandises en offrant une mobilité durable et efficace. En outre ce mémoire nous a permis de renforcer nos compétences et nos connaissances de manière substantielle, tant sur le plan théorique que pratique. Cela nous donnera l'opportunité d'évaluer les projets de manière critique et créative dans nos futures activités d'ingénierie. Ce travail est d'une grande utilité pour notre avenir en tant qu'ingénieurs dans le domaine ferroviaire.

Bibliographie

[1] : Document SNTF, Référentiel technique, version02 Choi de wagon.
[2] : UIC 719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 2ème Edition.
[3] : UIC 719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 3ème Edition.
[4] : Anesrif « Rapport de l'étude géologique et géotechnique : Mission C1 Géologie Géotechnique ».
[5] : Anesrif « Rapport de l'étude hydrologique et hydraulique ».
[6] : Référentiel Infrastructure *Procédure Conditions d'implantation des appareils de voie unifiés.*
[7] : Société d'études techniques de Sétif « Assainissement des eaux pluviales de la gare marchandises »
[8] : Cours hydraulique et assainissement de Mr. Rahmani ENSTP.
[9] : SNTF, Appareils de vois.
[10] : ST N°590 B-Oct 95.
[11] : IN-3278-Tome 2 – Ouvrage en terre.
[12] : Dimensionnement des structures d'assise pour la construction et la réfection des voies ferrées.
[13] : Cours voie ferrée Mr. Morsli, école nationale supérieure des travaux publics.
[14] : UIC (741 OR), Quais des gares.
[15] : Mémoires de voie ferrée école nationale supérieure des travaux publics.
[16] : Hakim SIGUERDJIDJENE. Cours de Traction ferroviaire, Université M`Hamed Bougara Boumerdes, UMBB. 2016
[17] : Hakim SIGUERDJIDJEN. Polycopie « Étude et conception ferroviaires ». Université M`Hamed Bougara Boumerdes, UMBB. 2017.

ANNEXE

Coupes de puits de reconnaissance

ETUDE : Ligne ferroviaire
LIEU : Biskra

Puits : Puit PK 16+000
COORDONNEES : X = Y =
Z =
DATE : 13/04/2008

Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie			Essais d'identification					Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 2 µ (%)	γ_d (g/cm³)	W_N (%)	W_L (%)	IP (%)	IC	W_{opt} (%)	γ_{opt} (g/m³)		
0,25		Sable hétérogranulaire, traces de débris végétaux.													
0,5															
0,75		0,80													
1,0		Sable argileux, précipitation et concrétion de gypse.													
1,25															
1,5															
1,75															
2,0		2,80													
2,25															
2,5															

ETUDE : Ligne ferroviaire
LIEU : Biskra

Puits : Puit PK 17+000
COORDONNEES : X = Y =
Z =
DATE : 13/04/2008

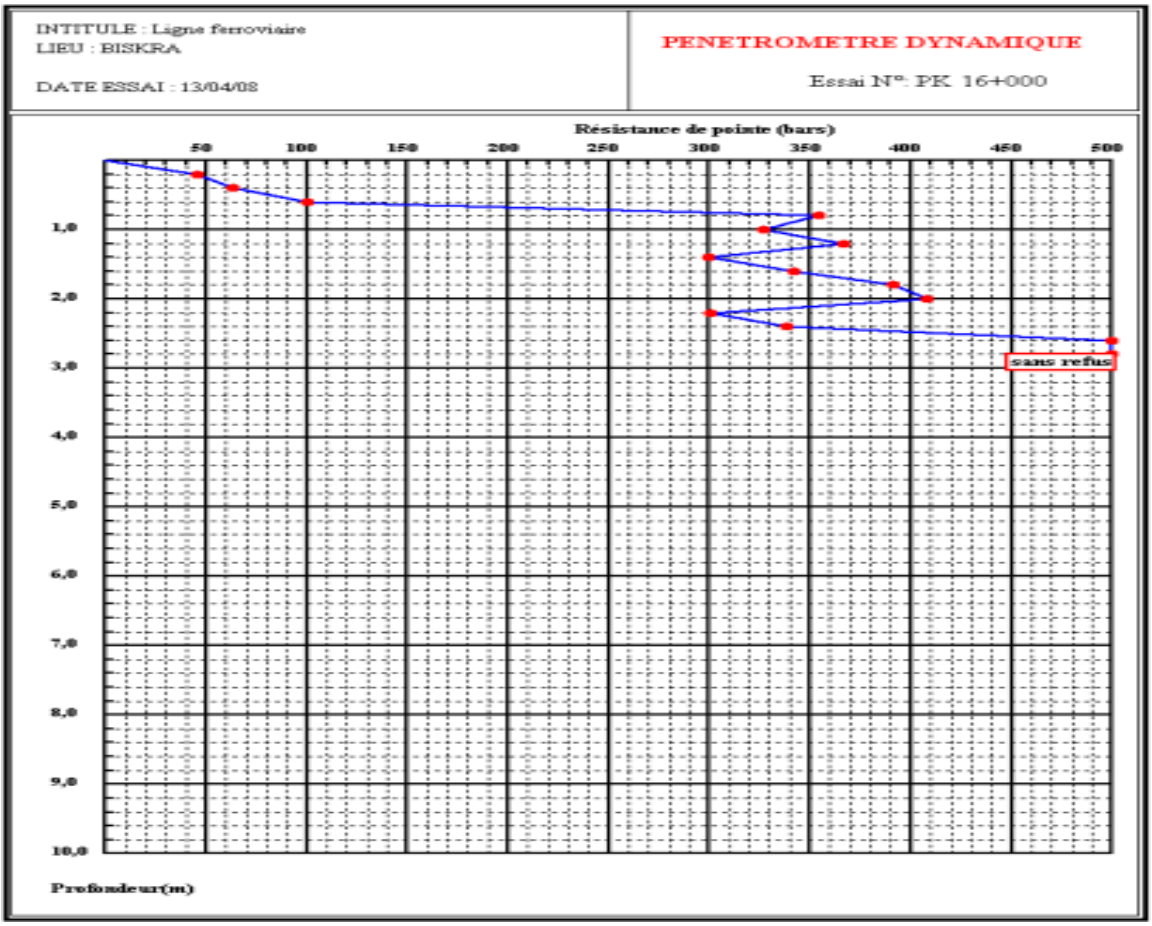
Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie			Essais d'identification					Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 2 µ (%)	γ_d (g/cm³)	W_N (%)	W_L (%)	IP (%)	IC	W_{opt} (%)	γ_{opt} (g/m³)		
0,25		Sable hétérogranulaire.													
0,5															
0,75		0,80													
1,0		Sable argileux, précipitation et concrétion de gypse.													
1,25															
1,5															
1,75															
2,0															
2,25															
2,5		2,50													

ETUDE : Ligne ferroviaire
LIEU : Biskra

Puits : Puit PK 18+000
COORDONNEES : X = Y =
Z =
DATE : 13/04/2008

Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie			Essais d'identification					Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 2 µ (%)	γd (g/cm³)	Wn (%)	Ws (%)	IP (%)	IC	Wopt (%)	γdopt (g/cm³)		
0,25		Remblai													
0,5															
0,75		Sable argileux													
1,0															
1,25															
1,5		Argile, peu de sable													
1,75															
2,0															
2,25															
2,5															

Pénétration dynamique



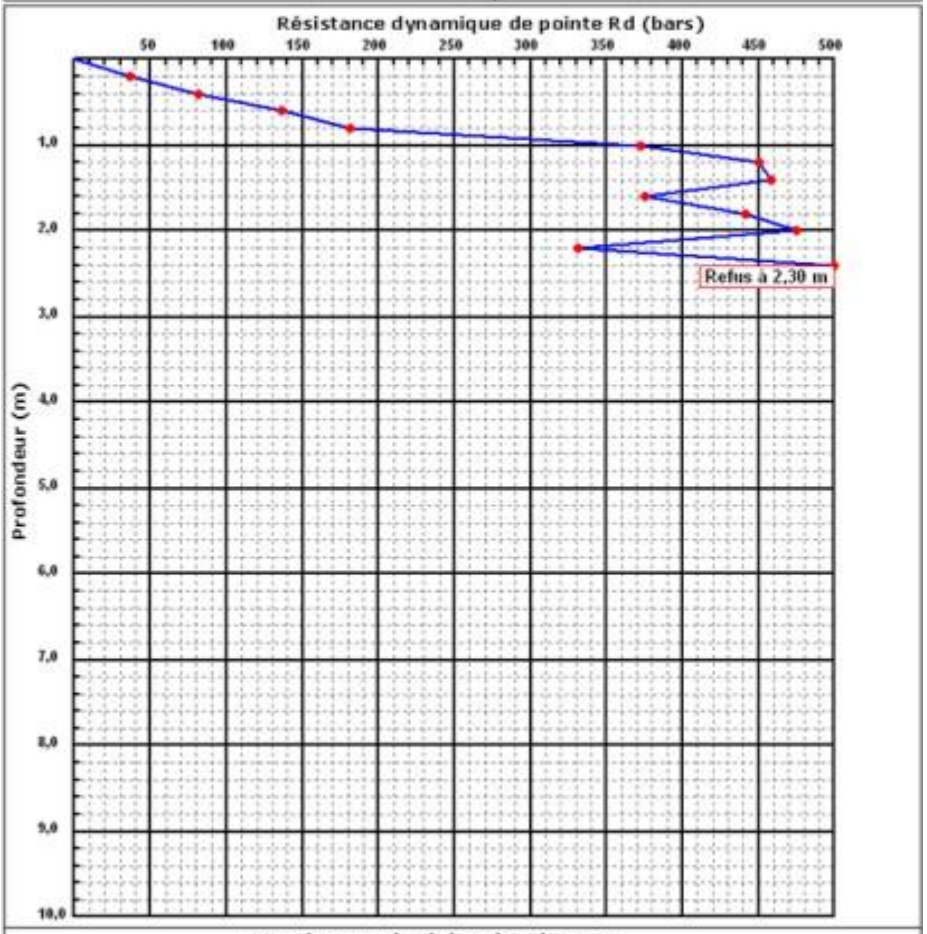
INTITULE : Ligne férroviaire
N°DOSSIER : 01
LIEU : Biskra

x = 746.708.325
y = 3855.570.475
Z = 84.362

DATE ESSAIS : 28/05/2008

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Essai N°: PK 17+000



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 0 kg
Masse du Mouton (m) : 63,5 kg
Hauteur de chute (H) : 50 cm
Aire de la section droite de la pointe (A) : 15 cm²

Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 6,28 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

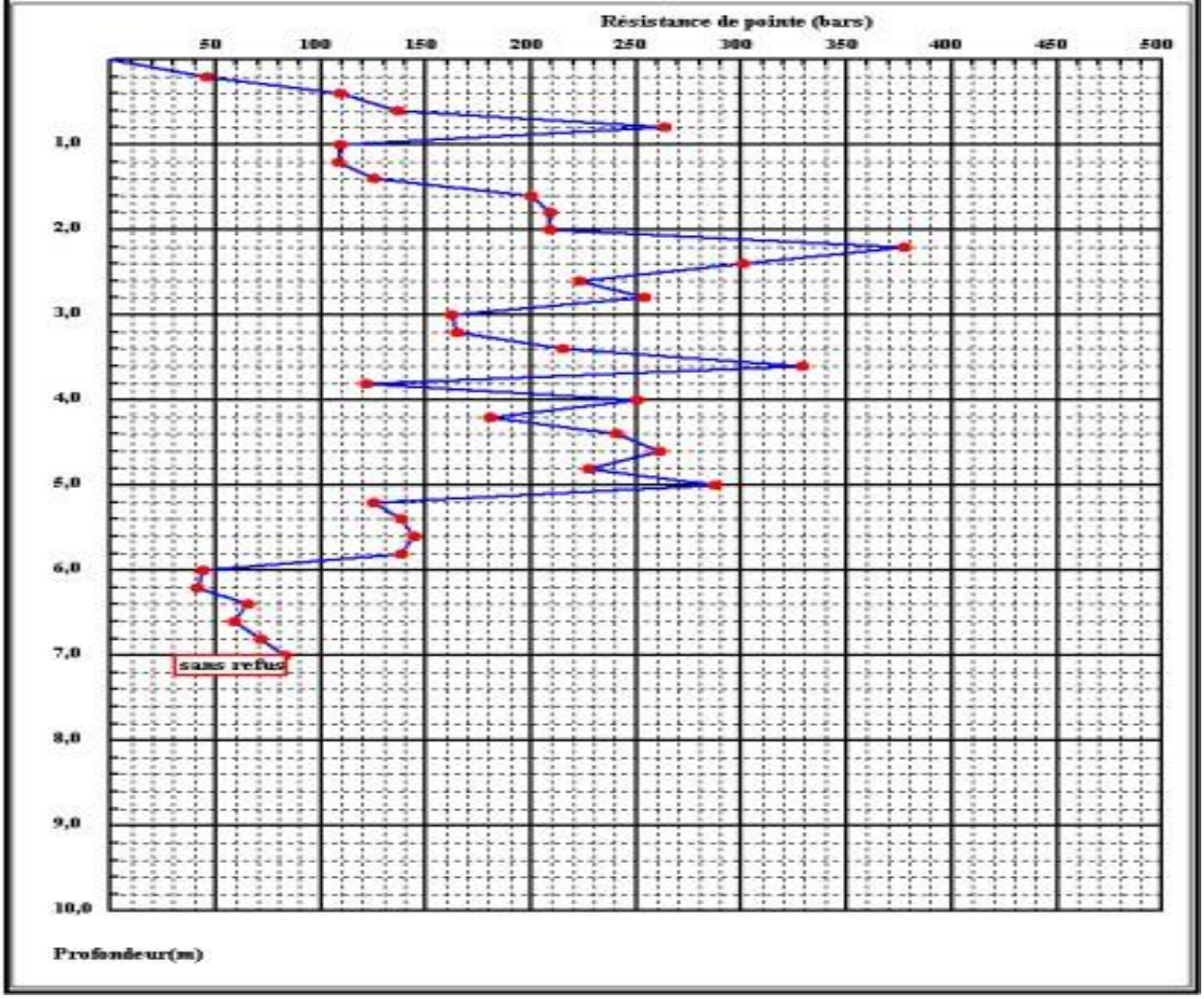
$$R_d = \frac{m^2 \times H}{A \times e \times (m + \sum m')}$$

INTITULE : Ligne féroviaire
LIEU : BISKRA

DATE ESSAI : 12/04/08

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Essai N°: 18+000



Classes de qualité des sols UIC 719R

Classification des sols (identification géotechnique)		Classe de qualité des sols
0.1	Sols organiques	QS0
0.2	Sols fins (comportant plus de 15 % de fines[a]) foisonnés, humides et donc non compactables	
0.3	Sols thixotropes[b] (quick-clay par exemple)	
0.4	Sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse)	
0.5	Sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels, par exemple)	
0.6	Sols mixtes "minéraux organiques"[b]	
1.1	Sols comportant plus de 40 % de fines[a] (sauf sols 0.2)	QS1
1.2	Roches très évolutives Par exemple : - Craies de ρ_d < 1,7 t/m^3 et de friabilité forte - Marnes - Schistes altérés	
1.3	Sols comportant de 15 à 40 % de fines[a] (sauf sols 0.2)	QS1[c]
1.4	Roches évolutives Par exemple : - Craies de ρ_d < 1,7 t/m^3 et de friabilité faible - Schistes altérés	
1.5	Roches tendres Par exemple : Si microdeval en présence d'eau (MDE) > 40 et Los Angeles (LA) > 40	
2.1	Sols comportant de 5 à 15 % de fines[a]	QS2[d]
2.2	Sols comportant moins de 5 % de fines[a] mais uniformes ($C_U \leq 6$)	
2.3	Roches moyennement dures Par exemple : Si 25 < MDE ≤ 40 et 30 < LA ≤ 40	

Les épaisseurs minimales de la couche d'assise

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

(e en mètres)

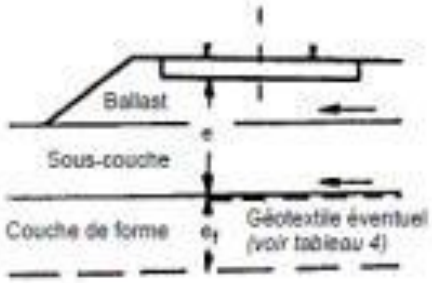


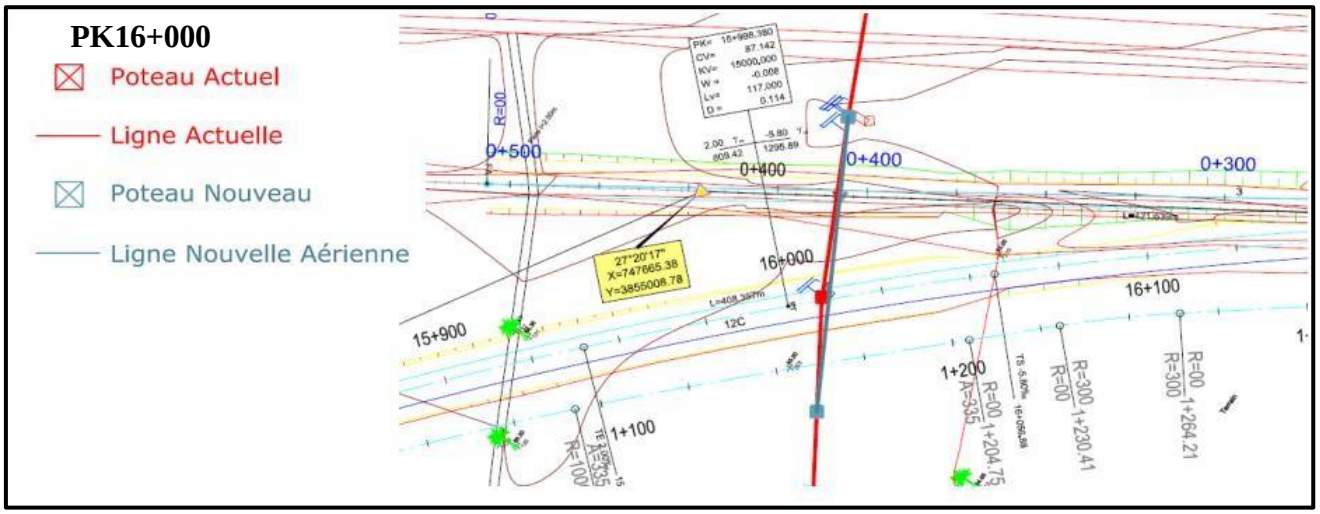
Fig. 9 - Calcul de l'épaisseur minimale "e" des couches d'assise

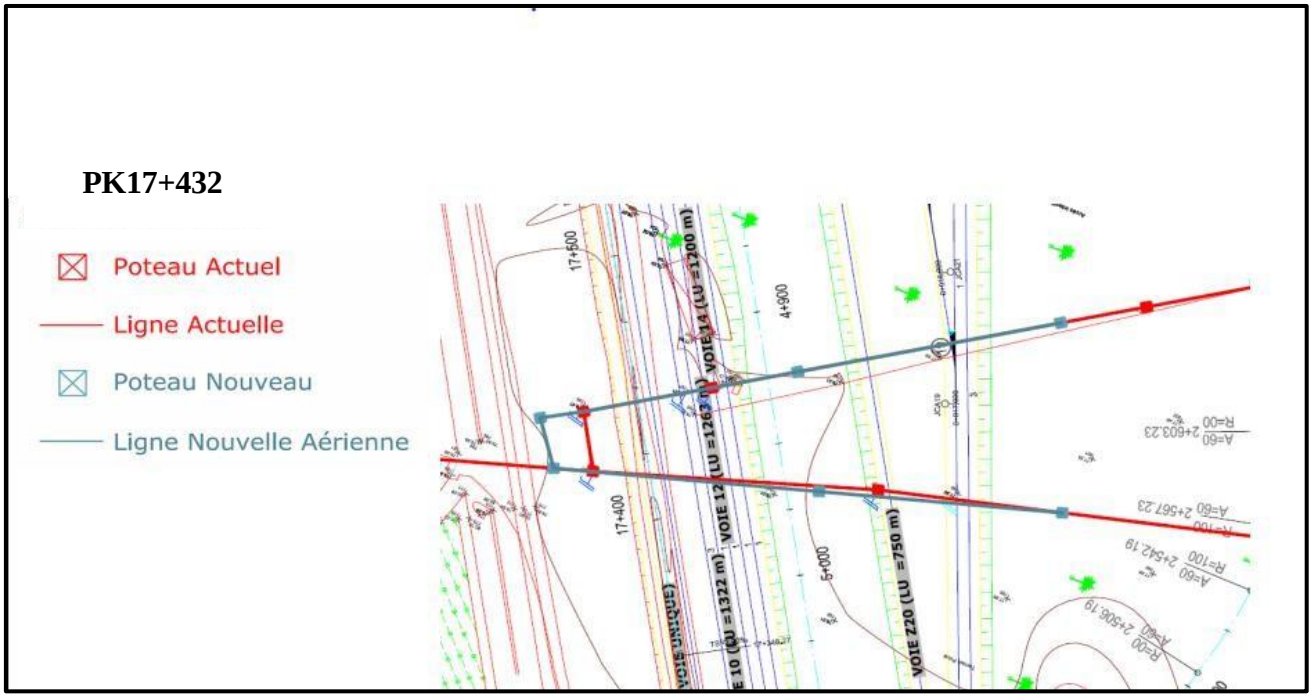
E	= 0,70 m	pour les plates-formes de classe de portance P1[a]
E	= 0,55 m	pour les plates-formes de classe de portance P2[a]
E	= 0,45 m	pour les plates-formes de classe de portance P3[a]
a	= 0	pour les groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V > 160 km/h, quel que soit le groupe UIC)[b]
a	= - 0,05 m	pour les 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) (voir Bibliographie).
c. Les classes de qualité des sols sont définies au tableau 3.

Protection des lignes électriques

PLAN DE SITUATION





Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client :	**Prepared by: Z. BOULAOUI S. CHERABI**
Client	Preparer
Client Company	Your Company Name : ENSTP
Address 1	123 Main Street

Date: 18/05/2025 12:42:27

Axe en plan: Alignment - (1)
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 0+173

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000	747776.9916	3854797.5475
ARC1	XC=747614.2408				
	YC=3854699.5058				
	R=190.000	21.025			
			0+021	747786.8230	3854778.9750
DR2	ANG=172.5281 (g)	131.084			
			0+152	747841.6502	3854659.9077
ARC3	XC=748014.2324				
	YC=3854739.3770				
	R=190.000	21.025			
			0+173	747851.4817	3854641.3352

c

Axe en plan: AXE 42 L
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+076, Fin: 0+199

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+076	748399.0125	3853412.0366
ARC1	XC=748223.5946				
	YC=3853339.0395				
	R=190.000	21.129			
			-0+055	748406.0299	3853392.1182
ARC2	XC=748886.1229				
	YC=3853531.7992				
	R=500.000	54.975			
			0+000	748424.2559	3853340.2819
DR3	ANG=174.9758 (g)	198.521			
			0+199	748500.2961	3853156.9017

Axe en plan: AXE ENT 32
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+060, Fin: 0+193

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+060	748361.6311	3853536.5383
ARC1	XC=748198.8470				
	YC=3853438.5519				
	R=190.000	29.889			
			-0+030	748374.9719	3853509.8261
ARC2	XC=748551.0968				
	YC=3853581.1003				
	R=190.000	29.889			
			0+000	748388.3128	3853483.1139
DR3	ANG=165.5050 (g)	192.921			
			0+193	748487.8057	3853317.8271

Axe en plan: AXE ENT 36
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 0+200

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000	748414.8698	3853390.2438
DR1	ANG=165.4834 (g)	199.995			
			0+200	748518.0693	3853218.9311

Axe en plan: AXE ENT24
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+068, Fin: 0+101

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+068	748385.3063	3853487.6468
ARC1	XC=748222.5555				
	YC=3853389.6050				
	R=190.000	33 808			
			-0+034	748400.0901	3853457.2915
ARC2	XC=748577.6247				
	YC=3853524.9781				
	R=190.000	33 808			
			0+000	748414.8740	3853426.9363
DR3	ANG=165.4834 (g)	100.714			
			0+101	748466.8433	3853340.6665

Axe en plan: AXE ENT30
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+052, Fin: 0+253

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+052	748334.7427	3853580.6645
ARC1	XC=748506.9526				
	YC=3853660.9374				
	R=190.000	36.248			
			-0+015	748353.0888	3853549.4658
ARC2	XC=748207.3230				
	YC=3853443.8611				
	R=180.000	15.322			
			0+000	748361.5395	3853536.6904
DR3	ANG=165.5050 (g)	253.032			
			0+253	748492.0325	3853319.9035

Axe en plan: AXE ENTR38
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+068, Fin: 0+096

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+068	748414.9321	3853390.1405
ARC1	XC=748252.1813				
	YC=3853292.0987				
	R=190.000	33.808			
			-0+034	748429.7159	3853359.7853
8740	XC=748607.2505				
	YC=3853427.4718				
	R=190.000	33.808			
			0+000	748444.4997	3853329.4300
DR3	ANG=165.4834 (g)	96.311			
			0+096	748494.1971	3853246.9316

Axe en plan: AXE PRINCIPAL
Description:
Plage d'abscisse : Début: 16+000, Fin: 18+566

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			16+000	747587.4100	3855141.3250
DR1	ANG=165.4834 (g)	2565.618			
			18+566	748911.2923	3852943.6604

Axe en plan: AXE10
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 1+519

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y

			0+000	748593.6675	3853435.1298
DR1	ANG=365.4514 (g)	1452.514			
			1+453	747843.5310	3854678.9517
ARC2	XC=747677.1825				
	YC=3854578.7427				
	R=194.200	14.926			
			1+467	747835.3452	3854691.4290
ARC3	XC=748624.0671				
	YC=3855209.7464				
	R=943.788	51.486			
			1+519	747808.2570	3854735.2055

Axe en plan: AXE12
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+050, Fin: 1+460

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+050	747814.0844	3854719.7719
ARC1	XC=747986.6667				
	YC=3854799.2412				
	R=190.000	35.779			
			-0+015	747832.0120	3854688.8693
ARC2	XC=747677.3574				
	YC=3854578.4975				
	R=190.000	14.666			
			0+000	747840.0626	3854676.6148
DR3	ANG=165.4538 (g)	1424.352			
			1+424	748575.6080	3853456.8801
DR4	ANG=158.2626 (g)	36.000			
			1+460	748597.5553	3853428.3436

Axe en plan: AXE14
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+051, Fin: 1+398

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+051	747830.2187	3854684.7332
ARC1	XC=748002.8010				
	YC=3854764.2025				
	R=190.000	36.013			
			-0+015	747848.2826	3854653.6401
ARC2	XC=747693.7641				
	YC=3854543.0776				
	R=190.000	14.989			

			0+000	747856 5149	3854641.1193
DR3	ANG=165.4834 (g)	1375.542			
			1+376	748566.3073	3853462.8533
ARC4	XC=748638.8091				
	YC=3853510.0830				
	R=86528	22.372			
			1+398	748580.7928	3853445.8859

Axe en plan: AXE18
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 2+024

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000	747560.1707	3855124.9159
DR1	ANG=165.4834 (g)	1910.820			
			1+911	748546.1714	3853488.1398
ARC2	XC=748708.9222				
	YC=3853586.1815				
	R=190.000	56.708			
			1+968	748582.1960	3853444.6171
ARC3	XC=748455.4699				
	YC=3853303.0526				
	R=190.000	56.708			
			2+024	748618.2207	3853401.0944

Axe en plan: AXE20
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+126, Fin: 0+734

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+126	748063.1948	3854166.4224
ARC1	XC=748235.2175				
	YC=3854247.0959				
	R=190.000	72.771			
			-0+053	748105.8073	3854107.9808
ARC2	XC=747976.3971				
	YC=3853968.8657				
	R=190.000	53.074			
			0+000	748139.1479	3854066.9075
DR3	ANG=165.4834 (g)	734.282			
			0+734	748518.0439	3853437.9343

Axe en plan: AXE22
Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 0+903

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000	748614.7246	3853214.3626
DR1	ANG=365.4469 (g)	902.824			
			0+903	748148.4163	3853987.4389

Axe en plan: AXE24
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 0+884

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000	748611.1269	3853212.1954
DR1	ANG=365.4834 (g)	827.776			
			0+828	748183.9871	3853921.2541
ARC2	XC=748346.7378				
	YC=3854019.2958				
	R=190.000	28.275			
			0+856	748171.2495	3853946.4683
ARC3	XC=747995.7612				
	YC=3853873.6407				
	R=190.000	28.275			
			0+884	748158.5120	3853971.6825

Axe en plan: AXE26
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+097, Fin: 0+346

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+097	748208.9425	3853851.2785
ARC1	XC=748380.9651				
	YC=3853931.9520				
	R=190.000	40.637			
			-0+056	748229.9852	3853816.6045
ARC2	XC=748079.0052				
	YC=3853701.2570				
	R=190.000	10.303			
			-0+046	748236.0151	3853808.2518
ARC3	XC=748393.0251				
	YC=3853915.2466				
	R=190.000	17.638			
			-0+028	748246.6095	3853794.1579
ARC4	XC=748100.1939				
	YC=3853673.0692				

	R=190.000	28.275			
			0+000	748262.9446	3853771.1109
DR5	ANG=165.4834 (g)	346.418			
			0+346	748441.6996	3853474.3750

Axe en plan: AXE28
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 0+404

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000	748229.4670	3853818.5450
DR1	ANG=165.4834 (g)	404.210			
			0+404	748438.0430	3853472.3055

Axe en plan: AXE36
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+115, Fin: 1+251

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+115	747855.8766	3854635.9490
ARC1	XC=747693.1258				
	YC=3854537.9073				
	R=190.000	67.616			
			-0+047	747879.8376	3854573.1021
ARC2	XC=748066.5495				
	YC=3854608.2970				
	R=190.000	47.261			
			0+000	747894.2487	3854528.2195
DR3	ANG=172.3035 (g)	1081.147			
			1+081	748349.9098	3853547.7847
ARC4	XC=748186.6774				
	YC=3853471.9218				
	R=180.000	7.816			
			1+089	748353.0491	3853540.6273
DR5	ANG=175.0679 (g)	161.960			
			1+251	748414.8687	3853390.9301

Axe en plan: AXE40
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+057, Fin: 1+192

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+057	747894.6814	3854525.5594
ARC1	XC=747722.6588				

	YC=3854444.8859				
	R=190.000	28 881			
			-0+028	747904.9135	3854498.5817
ARC2	XC=748087.1681				
	YC=3854552.2775				
	R=190.000	28.242			
			0+000	747914.8753	3854472.1827
DR3	ANG=172.2971 (g)	968.614			
			0+969	748323.1960	3853593.8393
ARC4	XC=748159.9712				
	YC=3853517.9601				
	R=180.000	7.348			
			0+976	748326.1565	3853587.1152
DR5	ANG=174.8958 (g)	216.417			
			1+192	748409.3030	3853387.3076

Axe en plan: AXE6
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 0+394

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			0+000	747570.9636	3855131.4176
DR1	ANG=165.4834 (g)	318.308			
			0+318	747735.2133	3854858.7607
ARC2	XC=747897.9641				
	YC=3854956.8024				
	R=190.000	20.974			
			0+339	747747.0050	3854841.4276
ARC3	XC=747349.7441				
	YC=3854537.8097				
	R=500.000	55.196			
			0+394	747778.0357	3854795.8143

Axe en plan: VOIE DE CONTOUR
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+073, Fin: 0+046

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			-0+073	747593.9378	3855144.0544
ARC1	XC=747756.6886				
	YC=3855242.0961				
	R=190.000	36.525			
			-0+037	747615.6674	3855114.7658
ARC2	XC=747474.6462				

	YC=3854987.4354				
	R=190.000	36.525			
			0+000	747637.3970	3855085.4771
DR3	ANG=165.4834 (g)	46.156			
			0+046	747661.2139	3855045.9407

Axe en plan: VOIE DE TIR
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 0+122

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000	748692.1667	3853277.9101
DR1	ANG=365.6050 (g)	122.389			
			0+122	748629.2130	3853382.8672

Axe en plan: VOIE4
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0+173, Fin: 1+843

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0+173	747665.5775	3855011.5658
ARC1	XC=747237.2859				
	YC=3854753.5612				
	R=500.000	86.711			
			-0+087	747703.6729	3854933.7922
ARC2	XC=748170.0599				
	YC=3855114.0232				
	R=500.000	86.711			
			0+000	747741.7683	3854856.0186
DR3	ANG=165.4834 (g)	1698.665			
			1+699	748618.2953	3853400.9705
ARC4	XC=748781.0461				
	YC=3853499.0122				
	R=190.000	39.690			
			1+738	748642.1651	3853369.3509
ARC5	XC=748276.6888				
	YC=3853028.1368				
	R=500.000	104.447			
			1+843	748704.9803	3853286.1414

Axe en plan: VOIES DE Sécurité
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 0+169

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000	747593.4061	3855144.9371
DR1	ANG=165.4834 (g)	63.097			
			0+063	747625.9647	3855090.8893
ARC2	XC=747368.9898				
	YC=3854936.0865				
	R=300.000	39.715			
			0+103	747644.1498	3855055.6146
ARC3	XC=748102.7498				
	YC=3855254.8281				
	R=500.000	66.192			
			0+169	747674.4583	3854996.8235

Profil : Abscisse Sommets et Raccordements

Client :	**Prepared by: Z. BOULAOUI S. CHERABI**
Client	Preparer
Client Company	Your Company Name : ENSTP
Address 1	123 Main Street

Date : 29/05/2025 02 :45 :42

Profil en long : FSR
Description :
Plage d'abscisse : Début : 15+996, Fin: 18+561
LONGUEUR DE L'AXE : 2565.000m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			15+996	82.726
D1	PENTE= 0.00%	2565.339		
			18+561	82.737

Profil en long : PLT
Description :
Plage d'abscisse : Début: 15+996, Fin: 18+561
LONGUEUR DE L'AXE : 2565.000m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			15+996	82.653
D1	PENTE= 0.00%	2565.339		
			18+561	82.664

LES CORDONES DES APPAREILS DE VOIES.

ADV	Points	X	Y	Déviation
(1) UIC 54 190 1/9	**a**	747593.9378m	3855144.0544m	**Droite**
	b	747599.3679m	3855135.0404m	
	c	747604.7979m	3855126.0265m	
	d	747605.7601m	3855126.6812m	
(2) UIC 54 500 1/12	**a**	747676.5671m	3854993.3229m	**Droite**
	b	747665.5775m	3855011.5658m	
	c	747663.7267m	3855014.6381m	
	d	747652.9951m	3855032.4527m	
(3) UIC 54 500 1/12	**a**	747654.5116m	3855033.2824m	**Droite**
	b	747685.5242m	3854975.1069m	
	c	747687.0406m	3854975.9366m	
	d	747767.0461m	3854814.0572m	
(4) UIC 54 190 1/9	**a**	747767.3041m	3854813.6289m	**Droite**
	b	747756.5725m	3854831.4435m	
	c	747755.1301m	3854830.4907m	
	d	747777.0772m	3854797.5991m	
(5) UIC 54 190 1/9	**a**	747777.9841m	3854795.8999m	**Gauche**
	b	747782.4216m	3854788.5335m	
	c	747786.8230m	3854778.9750m	
	d	747787.8517m	3854779.5196m	
(7) UIC 54 190 1/9	**a**	747798.8797m	3854753.9871m	**Gauche**
	b	747802.8270m	3854744.2195m	
	c	747807.2284m	3854734.6610m	
	d	747808.6611m	3854734.9110m	
(9) UIC 54 190 1/9	**a**	747814.5386m	3854719.9810m	**Droite**
	b	747818.4858m	3854710.2134m	
	c	747822.8872m	3854700.6549m	
	d	747823.9159m	3854701.1994m	
(11) UIC 54 190 1/9	**a**	747830.2187m	3854684.7332m	**Droite**
	b	747834.6879m	3854675.6701m	
	c	747838.8124m	3854666.0704m	
	d	747840.0502m	3854666.1608m	
(12) UIC 54 190 1/9	**a**	747848.5480m	3854646.4354m	**Droite**
	b	747846.0516m	3854650.3492m	
	c	747840.6215m	3854659.3632m	
	d	747841.6920m	3854659.8169m	
(13) UIC 54 190 1/9	**a**	747856.1119m	3854633.8609m	**Droite**
	b	747861.1965m	3854625.2084m	
	c	747865.5980m	3854615.6499m	
	d	747866.6266m	3854616.1944m	
(15) UIC 54 190 1/9	**a**	747899.2383m	3854516.0319m	**Gauche**
	b	747895.2229m	3854525.7717m	
	c	747902.6270m	3854506.0693m	
	d	747903.3851m	3854506.5044m	

(17) UIC 54 190 1/9	**a**	747593.9378m	3855144.0544m	**Gauche**
	b	747599.3679m	3855135.0404m	
	c	747604.7979m	3855126.0265m	
	d	747605.7601m	3855126.6812m	
(19) UIC 54 190 1/9	**a**	748061.7284m	3854165.7408m	**Droite**
	b	748069.1757m	3854150.1825m	
	c	748073.3405m	3854140.8157m	
	d	748074.6423m	3854141.2926m	
(21) UIC 54 500 1/12	**a**	748147.1668m	3853985.9185m	**Droite**
	b	748147.1668m	3853985.9185m	
	c	748147.1668m	3853985.9185m	
	d	748147.1668m	3853985.9185m	
(23) UIC 54 500 1/12	**a**	748147.1668m	3853985.9185m	**Droite**
	b	748147.1668m	3853985.9185m	
	c	748152.6364m	3853978.4487m	
	d	748157.0089m	3853967.3517m	
(25) UIC 54 190 1/9	**a**	748158.0372m	3853967.8968m	**Droite**
	b	748138.3876m	3853999.9951m	
	c	748143.5482m	3853990.1541m	
	d	748144.0928m	3853990.5666m	
(27) UIC 54 190 1/9	**a**	748208.2766m	3853850.3906m	**Gauche**
	b	748211.9366m	3853842.8912m	
	c	748216.3127m	3853833.4742m	
	d	748217.3935m	3853833.7986m	
(29) UIC 54 190 1/9	**a**	748236.9493m	3853802.6991m	**Gauche**
	b	748242.4757m	3853794.1417m	
	c	748247.8094m	3853784.6712m	
	d	748248.5525m	3853784.9212m	
(31) UIC 54 190 1/9	**a**	748334.4367m	3853581.5169m	**Droite**
	b	748340.4043m	3853567.4058m	
	c	748344.8502m	3853557.8679m	
	d	748346.1391m	3853558.7374m	
(32) UIC 54 190 1/9	**a**	748360.9020m	3853535.9827m	**Droite**
	b	748370.8719m	3853519.4166m	
	c	748375.0536m	3853510.3073m	
	d	748376.5056m	3853510.0573m	
(33) UIC 54 190 1/9	**a**	748390.6979m	3853478.0818m	**Droite**
	b	748387.5321m	3853482.6440m	
	c	748394.6335m	3853468.7971m	
	d	748396.1514m	3853469.0743m	
(36) UIC 54 190 1/9	**a**	748398.5374m	3853411.8805m	**Droite**
	b	748403.2475m	3853401.8594m	
	c	748406.0007m	3853392.2185m	
	d	748406.7097m	3853392.4685m	
(38) UIC 54 190 1/9	**a**	748414.9321m	3853390.1405m	**Gauche**
	b	748420.3621m	3853381.1265m	
	c	748424.7636m	3853371.5680m	
	d	748425.7922m	3853372.1125m	

(39) UIC 54 190 1/9	**a**	748618.2207m	3853401.0944m	**Gauche**
	b	748623.7909m	3853392.3783m	
	c	748629.1614m	3853382.9529m	
	d	748630.1749m	3853383.5225m	
(40) UIC 54 500 1/12	**a**	748705.4086m	3853286.3994m	**Gauche**
	b	748694.2487m	3853303.9560m	
	c	748683.5171m	3853321.7706m	
	d	748682.0747m	3853320.8179m	

LES CORDONES DE S HURTOISES

Table des points				
Point n°	Description brute	Altitude	Ordonnée	Abscisse
7671			3855045.9407	747661.2139
7672			3853277.8779	748692.1860
7673			3855131.1596	747570.5353
7674			3855125.1739	747560.5990
7675			3853320.0214	748490.8961
7676			3853317.3572	748487.0250
7677			3853437.0721	748516.1888
7678			3853213.4673	748613.0981
7679			3853211.0678	748608.9677
7680			3853459.5740	748448.8394
7681			3853455.5100	748446.4688
7682			3853340.6634	748466.8353
7683			3853219.3681	748517.8061
7684			3853246.7600	748493.7275
7685			3853158.6885	748504.1020
7686			3853156.8624	748500.3548

LE PONT BASCULE

Table des points				
Point n°	Description brute	Altitude	Ordonnée	Abscisse
7689		0.000	3855069.0920	747593.7996

SURFACES BATIMENT.

HANGAR	**24x48=1152m^2**
BATIMENT DE SERVICE	**30x6=180m^2**
POSTE DE CONTROLE	**15x12=180m^2**

POSTE D'ENTRETIEN VOITURES	**40x26=1040m^2**
POSTE D'ENTRETIEN LOCOMOTIVES	**20x40=800m^2**
POSTE DE LAVAGE	**20x40=800m^2**

LES CORDONES DES BATIMENTS.

POST D CONTROL

Table des points				
Point n°	Description brute	Altitude	Ordonnée	Abscisse
7691		0.000	3853851.1349	748173.8361
7690		0.000	3853860.0732	748191.0341
7692		0.000	3853813.3886	748190.7327
7693		0.000	3853823.9273	748210.2543

BATIMENT SERVICE

Table des points				
Point n°	Description brute	Altitude	Ordonnée	Abscisse
7695		0.000	3853682.0458	748241.5381
7694		0.000	3853688.3176	748253.6056
7696		0.000	3853655.3061	748254.7708
7697		0.000	3853661.5780	748266.8383

POST ENTRETIEN DES VOITRURES

Table des points				
Point n°	Description brute	Altitude	Ordonnée	Abscisse
7702		0.000	3853369.8605	748475.4715
7703		0.000	3853355.3727	748445.3907
7704		0.000	3853304.7451	748479.2735
7705		0.000	3853320.9815	748505.6078

POSTE ENTRETIEN LOCOMOTIVES

Table des points				
Point n°	Description brute	Altitude	Ordonnée	Abscisse
7706		0.000	3853279.2569	748497.3297
7707		0.000	3853266.1760	748474.4509
7708		0.000	3853213.9537	748538.7200
7709		0.000	3853199.1066	748513.0477

HANGAR DE STOCKAGE

Table des points				
Point n°	Description brute	Altitude	Ordonnée	Abscisse
7698		0.000	3853632.9161	748275.5870
7701		0.000	3853625.8397	748261.1064
7699		0.000	3853582.7974	748278.4520
7700		0.000	3853592.1621	748299.3724

LAVAGES

Table des points				
Point n°	Description brute	Altitude	Ordonnée	Abscisse
7711		0.000	3853185.3950	748477.3759
7710		0.000	3853194.4194	748503.1166
7712		0.000	3853143.9340	748523.8330
7713		0.000	3853135.8676	748497.7703