République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس جانســون

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 LIGNE FERROVIERE A VOIE UNIQUE (BIR EL ATER-BLED EL HADBA) DU PK00+000 AU PK11+600 AVEC CONCEPTION DE LA GARE DE BIR EL ATER.

Présenté par :

MENNAH Lydia

SAOUD Mohammed

Encadré par :

Mr. TIGUIOUART Azzedine

Mr. HAMADI Kamel

Promotion 2020 / 2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

ملخص

هذا المشروع يدرس التصميم التفصيلي لخط السكة الحديدية الجديد الرابط بين بئر العاتر و بلاد الحدبة. المقطع المدروس يمتد من النقطة الكيلوميترية 00+000 إلى 600+11 بطول 11.6 كلم مع تهيئة محطة توقف قطارات نقل البضائع بمدينة بئر العاتر. صمم المشروع وفقا لمعايير الإتحاد الدولي للسكك الحديدية و توصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية و قد أجريت دراسة هذا المشروع بإستخدام برامج النمذجة الهندسية و الحساب : CIVIL 3D 2020, AUTOCAD 2021, TALREN5, COVADIS 2013 and GOOGLE EARTH PRO

Abstract

The present project synthetizes the conception and study of a project in detail, of a new railway line that links Bir El Ater to Bled El Hadba.

The studied section starts from the kilometric point KP 00+000 to KP 11+600, of 11.6 km, in which a freight train station is planned in Bir El Ater.

The project was elaborated according to the international norms UIC (International Union of Railways), and the recommendations of the Algerian railway company. Using the geometric design software: CIVIL 3D 2020, AUTOCAD 2021, TALREN5, COVADIS 2013 and GOOGLE EARTH PRO.

Résumé

Le présent projet synthétise la conception et l'étude d'avant-projet détaillé de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique reliant Bir El Ater et Bled El Hadba.

Le tronçon étudié prend son origine du PK 00+000 au PK 11+600, sur un linéaire de 11.6 Km, sur lequel on prévoit une conception d'une gare de marchandises de la ville de Bir El Ater.

Le projet a été élaboré suivant les normes international 'UIC' (Union International de chemin de fer), et les recommandations Algériennes de la 'SNTF' (Société Nationale de Transport Ferroviaire) en utilisant les logiciels de conception géométrique et calcul : Civil 3D 2020, AUTOCAD 2021, TALREN5, COVADIS 2013 et GOOGLE EARTH PRO.

REMERCIMENT

On remercie tout d'abord Allah le Tout Puissant de nous avoir aidé et donné force et Patience pour réaliser ce travail.

On tient à exprimer toutes nos gratitudes envers notre meilleur professeur Mr MORSLI Rabah qui a fourni énormément d'efforts pour nous orienter tout au long de ce mémoire, Ses conseils, son écoute, son temps qu'il a consacré malgré ses occupations, Il a su nous expliquer les méthodes de la recherche et conforter notre envie d'en apprendre tous les jours un peu plus.

On remercie également notre encadreur Mr TIGUIOUART Azzedine, et le groupe de SETIRAIL spécialement Mr BELLAHCENE Adam, et Mme MERIDJI Amina, pour leurs soutiens et leurs remarques. Un immense merci pour notre Co-encadreur Mr HAMMADI Kamel pour son temps et ses conseils.

Un grand merci aussi à BENOMRANE Med Takieddine et KOUBA Fatima Ezzahra qui ont toujours su écouter nos remarques afin d'améliorer les formations de logiciels de calcul au BET Delta Consult et de nous avoir énormément aidé.

Enfin un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce document et a tous ceux qui nous ont aidé et qu'ils n'ont pas été cités.

SAOUD & MENNAH

Dédicace

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout Puissant et le Miséricordieux

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère KHARCHI Samia : Maman Merci d'avoir été, depuis ma naissance jusqu'à aujourd'hui, ma plus grande fan, mon support de vie, ma confidente, ma tendresse et ma meilleure amie, tu m'as toujours procuré de la douceur et de l'amour, tu es une merveilleuse mère et une femme extraordinaire, qui a toujours été là pour moi, que dieu te Preserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A mon cher père ADNANE

« J'aurais aimé qu'il soit avec nous pour partager la fin de ce travail et

J'espère qu'il est fière de moi en ce moment. Que son âme repose en paix »

A ma très chère sœur Meriem et mon frère adoré Med Salah, Merci de me suivre et de m'encourager dans mes projets et dans mes rêves, vous me faites toujours sentir que vous êtes derrière moi et que vous croyez en moi.

A mon fiancé Med Achraf qui était toujours à mes côtés et m'a apporté autant d'aide, Merci de prendre soin de moi dans tous les sens du terme et d'avoir cru en moi « Ta présence dans ma vie est un réel cadeau ».

A mon binôme et confrère SAOUD Mohammed, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

A tous ceux qui m'ont accompagné tout au long de ce parcours, ceux qui ont toujours été à mes côtés dans les moments de bonheur et qui m'ont Donné un grand soutien moral dans les moments de détresse, À mes chers amis : SAMAH Omar, AISSOU Lyes, Walid, Fadia, Hadjer, Ikram, Fedoua, Noor, Manel, Fouzi, Cami, Soufiane et toute la promotion S2 DIB.

MENNAH Lydia

DEDICATION

First and foremost, I would like to dedicate my work to my family and friends in my hometown Bir El Ater. Thank you, mom, for all your love and for opening so many doors for me – I hope this thesis completes the dream you had for me years ago when you chose to give me the best education you could. Thank you, Father, for being the prime example in my life of what hard work can achieve and for showing me that it is more important to be kind than to be right – you were my first and most important teachers.

I dedicate my dissertation work to my sisters Ghania, Sihem, Hinda and Monia who have never left my side and they have been always there for me.

Thank you Saber, Haithem and Aymen for your unconditional friendship and reminders that there is so much more to live than doing engineering.

I dedicate this work and give special thanks to my pair MENNAH Lydia, for her efforts, seriousness and especially for her sense of humor during the preparation of this thesis.

I also dedicate this dissertation to my second family that I have had during the past 5 years in our school 'ENSTP', especially, Meriem, Yanis, Bouaouida, Badro, Aghiles, Oussama, Lokmane, Tarik, Amar, Liticia. I will always appreciate all what they have done.

Finally, I will never forget to dedicate all my efforts to the person that still inspiring me, my friend SIRADJ may his soul rest in peace.

SAOUD Mohammed

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

Symbole	Désignation	Unité
R	Rayon de raccordement circulaire	m
Rmin	Rayon minimal	m
Lmin	Longueur minimale de l'alignement droit	m
dmax	Dévers maximum	mm
I	Insuffisance de dévers	mm
Imax	Insuffisance de dévers maximal	mm
E	Excès de dévers	mm
Emax	Excès de dévers maximal	mm
dv	Dévers théorique	mm
L	Longueur de la courbe de transition	m
dp	Dévers pratique	mm
C	Coefficient de dévers	-
L_{RP}	Longueur du clotoïde	m
A	Paramètre de clotoïde	m
R_{vmin}	Rayon verticale minimal	m
dd/dl	Variation de dévers en fonction de la longueur	-
dI/dt	Variation d'insuffisance de dévers	-
dd/dt	Variation de dévers en fonction du temps	-
Rp	Résistance de pointe	-
WP	Limite de plasticité	-
WL	Limite de liquidité	-
IP	Indice de plasticité	-
Ic	Indice de consistance	-
γh	Poids volumique humide	t/m³
γd	Poids volumique sec	t/m
Sr	Degré de saturation	-
ω	Teneur en eau naturel	-
Rc	Résistance à la compression	Mpa
C′	Cohésion fictive du sol	Kpa
ϕ′	Angle de frottement fictif	°
ES	Equivalent de sable	cm
A	Superficie du bassin versant	ha
Qa	Débit d'apport	m³/s
Qs	Débit de saturation	m³/s
DN	Diamètre nominale	m³/s
Cr	Coefficient de ruissèlement	-
I	Intensité de la pluie	mm/h
T	Période de retour de l'averse	ans
Tc	Temps de concentration	h
Sm	Section mouillée	m²
Kst	Coefficient de rugosité	-

Rh	Rayon hydraulique	m
P	Pente moyenne du bassin versant	-
H	Différence entre la cote moyenne et la cote minimale	m
L	Longueur du bassin versant	Km
Qps	Débit a plein section	m^3/s
m	Pente du fossé	-
V	Vitesse d'écoulement	m/s

Abréviation Désignation

SNCFA : Société nationale des chemins de fer français algériens

SNERIF : Société nationale d'études et de réalisations de l'infrastructure ferroviaire

SIF : Société d'engineering et de réalisation des infrastructures ferroviaires

ANESRIF : Agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires

BEH : Bled El Hadba
RN16 : La Route Nationale
CW1 : Le Chemin de Wilaya
CC : Le Chemin Communal
PK : Point Kilométrique
BT : Base Tension
MT : Moyen Tension
GC : Grave Concassé
UIC : Union internationale des Chemins de fer
Qc : Croutes calcaires
Qt2 : Glacis ancien
eA : Eventails alluviaux
Q : Limons horizontaux des fonds des vallées
A : Alluvions actuelles et lits majeurs des oueds.
PIG : Programme d'investigation géotechnique
LRS : Former les longs rails soudés
ADV : Appareils de voie
GTR : Guide terrassement routier
RPA : Règles Parasismiques Algériennes
FS : Facteur de sécurité
Vbg : Valeur de propreté
LA : Essai Los Angelos
MDE : Essai Micro-Deval
A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources en eau
O.N.M : Office National de la Météorologie
BAEL : Béton Armé Etat Limit
RPOA : Règlement parasismique des ouvrages d'art
PS : Passage Supérieure
PI : Passage Inferieur
GF : Gare Franc
EIE : étude d'impact sur l'environnement
IQA : Indice de qualité de l'air
HT : hors taxes
APD : Avant-Projet Détaillé.
BV : Bassin versant.
PU : Puits de reconnaissance.
S : Sondage carotté.
PD : Essai de pénétration dynamique.
QSi : Classe du sol (UIC).
Pi : Classe de la plateforme

Liste des Figures

Figure II-1 Le Réseau ferré Algérien et ses perspectives de développement..... 24
Figure II-2 Carte de la ligne minière Annaba-Djebel Onk..... 25
Figure II-3 Position géographique de la Zone d'étude..... 26
Figure II-4 Carte topographique Bir El Ater, altitude, relief..... 26
Figure II-5 Diagramme ombrothermique - Courbe de température Bir el Ater..... 27
Figure II-6 La Localité des gares marchandises et voyageurs de Bir El Ater..... 29
Figure II-7 LE RACCORDEMENT DU GISEMENT DE BLED EL HADBA en plan synoptique. 32

Figure III-1 éléments du tracé en plan..... 35
Figure III -2 Le tracé en plan..... 42
Figure III -3 les éléments du profil en travers..... 47
Figure III-4 Profil en travers section remblais..... 49
Figure III-5 Profil en travers section deblais..... 50

Figure IV-1 carte géologique du tracé (Extrait de la carte géologique de l'Algérie du Nord-2eme édition- Flandrin Laffite, 1952)..... 53
Figure IV-2 Caractérisation géomorphologique du secteur d'étude..... 54
Figure IV-3 Carte de zonage sismique de l'Algérie du Nord établie après le séisme du 21 mai 2003. (Source CGS)..... 57
Figure IV- 4 Puits de reconnaissance exemple de photo..... 60
Figure IV-5 Sondage F02-CEBH-Caisse n° 01/05, profondeur 0.00 à 2.50m..... 62
Figure IV-6 Courbe pressiométrique de l'essai SP01-CEBH profondeur de 15 m..... 63
Figure IV-7 Profil d'essai au pénétromètre dynamique (PDL01-CEBH)..... 64

Figure V-1 les constituants de la voie ferrée..... 69
Figure V-2 Profil de rail UIC60 E1..... 70
Figure V-3 UIC60 E1..... 71
Figure V-4 Attache élastique de type Nabla..... 71
Figure -5 Traverse bi-bloc en béton armé..... 72
Figure V-6 Roche de ballast utilisée pour la construction de chemins de fer..... 73
FigureV-7 branchement-commande par triangle..... 74
Figure V-8 Représentation schématique d'un branchement..... 74
Figure V-9 traversée rectangulaire..... 75
Figure V-10 traversée oblique..... 75
Figure V-12 Traversée..... 75
Figure V-11 croisement..... 75
Figure V-13 ADV de type branchement..... 76

Figure VI-1 Profile en travers type section remblai..... 78
Figure VI-2 Profile en travers type section remblai..... 80

Figure VI-3 Épaisseurs des composants de la structure d'assise 85

Figure VII-1 Situation du projet de l'embranchement de Blad El Hadba. 88
Figure VII-2 Classes des altitudes de la région de Blad El Hadba. 89
Figure VII-3 Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (Établie d'après Côte M., 1998). 93
Figure VII-4 Ajustement de la pluie annuelle à la loi normale, station de Bir El Ater. 94
Figure VII-5 Ajustement des pluies maximales journalières à la loi Gumbel, Station de Bir El Ater. 95
Figure VII-6 Courbe Intensité-Duré-Fréquence, station de Safsaf El Ouisra. 96
Figure VII-7 Carte des pentes de la région de Bir El Ater. 98
Figure VII-8 Tracé de l'embranchement de Bled El Hadba sur le schéma structural de la région de Bir El Ater. 99
Figure VII-9 Tracé de l'embranchement de Blad El Hadba sur la carte d'affectation des terres (Extrait de la carte de la wilaya de Tébessa). 100
Figure VII-10 Légende la carte d'affectation des terres au niveau de Bir El Ater. 100
Figure VII-11 Profil en travers d'un oued. 104
Figure VII-12 Débits en fonction des hauteurs PK 00+141. 105
Figure VII-13 Débits en fonction des hauteurs PK 04+760. 106
Figure VII-14 Débits en fonction des hauteurs PK 10+568. 107
Figure VII-15 Profil en travers ouvrage hydraulique zone remblai 110
Figure VII-16 Profil en travers ouvrage hydraulique zone courante 111

Figure VIII-1 Modèle de charge LM71 117
Figure VIII-2 Modèle de charge SW0 117
Figure VIII-3 Modèle de charge SW2 117
Figure VIII-4 Profile en travers type sur ouvrage d'art (passage supérieur / RN) 119
Figure VIII-5 Profile en travers type sur ouvrage d'art (passage supérieur / Piste agricole) 119
Figure VIII-6 Profile en travers type sur ouvrage d'art (Protection des pipelines) 120
Figure VIII-8 Profile en travers type sur ouvrage ferroviaire 120
Figure VIII-7 Profile en travers type sur ouvrage d'art (passage supérieur / Piste agricole) 120
Figure VIII-9 Profile en travers type sur ouvrage d'art (passage inférieur / CW) 120
Figure VIII-10 Situation du PK02+500 122
Figure VIII-11 Vue en Plan sur le PS au PK02+500 122
Figure VIII-13 Coupe longitudinale du PS au PK02+500 122
Figure VIII-12 Coupe sur culée du PS au PK02+500 122
Figure VIII-14 Situation du PK02+965 123
Figure VIII-15 Vue en Plan sur le PS au PK02+965 123
Figure VIII-16 Coupe sur culée du PS au PK02+950 124
Figure VIII-17 Coupe longitudinale du PS au PK02+950 124
Figure VIII-18 Situation du PK 04+786.77 124
Figure VIII-19 Vue en Plan sur le PI au PK 04+786.77 125
Figure VIII-20 Coupe transversale du PI au PK 04+786.77 125
Figure VIII-21 Situation du PK 10+812, PK10+829.87 et PK10+853.15 125

Figure VIII-22 Vue en Plan sur l'ouvrage 126
Figure VIII-23 Coupe transversale..... 126
Figure VIII-24 L'emplacement des OA en plan synoptique. 127

Figure IX-1 Localisation de la gare de Bir El Ater 129
Figure IX-2 Emplacement de la gare de marchandises de Bir El Ater 130
Figure IX -3 Marque de limite de garage franc..... 132
Figure IX-4 Longueur utile d'une voie de stationnement 133
Figure IX-5 Appareil de voie type UIC 60E1 500 1/12 134
Figure IX-6 Appareil de voie type UIC 60E1 190 1/9..... 135
Figure IX-7 Assainissement transversal de la gare 137
Figure IX-8 Assainissement longitudinale de la gare 138

Figure X- 1 L'élevage dans la région (photo pris au PK1+500)..... 144
Figure X-2 Sus scrofa (Sanglier)..... 150
Figure X-3 Belette (Mustela nivalis)..... 150
Figure X-4 renard (Vulpes rueppelli)..... 150
Figure X-5 Chacal (Canis aureus)..... 150
Figure X-6 Autre mammifères dans la zone d'étude 150

Liste des Tableaux

Tableau II-1 Bir El Ater Diagramme Ombrothermique (de 2005 au 2015) [CLIMATE-DATA.ORG] 28
Tableau II.2 Contraintes liées aux obstacles physiques 29

Tableau III.1 Longueur minimale des alignements Lmin en (m) selon référentiel technique de SNTF 36
Tableau III.2 Valeurs limites du dévers en pleine courbe selon référentiel technique de SNTF ... 37
Tableau III.3 Valeurs limites de l'insuffisance de devers selon référentiel technique de la SNTF 38
Tableau III.4 valeurs limites de la variation de devers selon la SNTF..... 38
Tableau III.5 Valeurs limites de l'insuffisance du dévers Imax selon référentiel technique de la SNTF. 38
Tableau III.6 Limite de variation de dévers en fonction de la longueur recommandes selon référentiel technique de SNTF..... 39
Tableau III.7 Valeurs limites de variation du divers en fonction du temps selon référentiel technique de SNTF 39
Tableau III.8 les valeurs limites normales et exceptionnelles pour les paramètres du tracé..... 41
Tableau III.9 calcul des différents paramètres pour chaque rayon..... 41
Tableau III.10 Éléments géométriques de l'axe en plan 42
Tableau III.11 Valeurs limites de la longueur minimales selon référentiel technique de SNTF ... 44
Tableau III.12 Valeurs limites de rayon minimal vertical du profil en long selon référentiel technique de SNTF..... 44
Tableau III.13 Résultats de divers paramètres utilises pour le profil en long 45
Tableau III.14 Éléments géométriques du profil en long..... 45
Tableau III.15 Caractéristique du notre profil en travers. 48
Tableau III.16 récapitulatif des cubatures. 51

Tableau IV.1 Coefficient d'accélération de la zone A. 58
Tableau IV.2 Tableau récapitulatif des puits de reconnaissances. 60
Tableau IV.3 Tableau récapitulatif des sondages carottés. 61
Tableau IV.4 Tableau récapitulatif des essais pressiomètres 63
Tableau IV.5 Résultats des essais de pénétration dynamique (PDL)..... 64
Tableau IV.6 Tableau récapitulatif des résultats de laboratoire – Unité Tuf 65
Tableau IV.7 Tableau récapitulatif des résultats de laboratoire – Unité Sable Grossier..... 65
Tableau IV.8 Tableau récapitulatif des résultats de laboratoire – Unité Sable Argileux Marneux 66
Tableau IV.9 Tableau récapitulatif des résultats de laboratoire – Unité Argile Sableuse Marneuse 66
Tableau V.1 type de branchement en fonction de vitesse 74
Tableau VI.1 Zone de remblai 79
Tableau VI.2 Les principales zones des déblais..... 80
Tableau VI.3 les résultats de calcul de la stabilité des déblais(H>8m)..... 81
Tableau VI.4 La classe de portance de la plateforme (fiche 719R) 84
Tableau VI.5 Épaisseurs des composants de la structure d'assise 85

Tableau VI.6 Fuseau granulométrique pour ballast (EN13450) 85

Tableau VII.1 Caractéristiques morphométriques des bassins versants des oueds traversés par le projet de l'Embranchement de Blad El Hadba. 91
Tableau VII.2: Moyenne annelles et mensuelles des températures par période pour chacune des stations de Tébessa et El Ma Labiod. 92
Tableau VII.3 Caractéristiques des station hydroclimatiques utilisées pour le calcul hydrologique de l'embranchement de Blad El Hadba. 93
Tableau VII.4 valeurs des pluies annuelles selon les fréquences choisies. 94
Tableau VII.5 valeurs des pluies journalières selon les fréquences choisies pour la station de Bir El Ater. 95
Tableau VII.6 valeurs du paramètre « a » selon les fréquences, au niveau de la station de Safsaf El Ouesra. 96
Tableau VII.7 valeurs du paramètre « b » pour la station de Safsaf El Ouesra. 96
Tableau VII.8 Résultats des valeurs des débits calculés pour l'embranchement de Blad El Hadba. 101
Tableau VII.9 Nature des ouvrages hydraulique en fonction de coefficient de rugosité 102
Tableau VII.10 Dimensions des ouvrages de drainage pour l'embranchement de Blad El Hadba. 103
Tableau VII.11 calcul des sections et périmètres mouillés ainsi que le débit en fonction de la hauteur au PK 00+141. 105
Tableau VII.12 calcul des sections et périmètres mouillés ainsi que le débit en fonction de la hauteur au PK 04+760. 106
Tableau VII.13: calcul des sections et périmètres mouillés ainsi que le débit en fonction de la hauteur au PK 10+568. 107
Tableau VII.14 Dimensions des sections de l'assainissement longitudinal pour l'embranchement de Blad El Hadba 109

Tableau VIII.1 LISTE DES OUVRAGES D'ART 121

Tableau IX.1 Coordonnées des garages francs 131
Tableau IX.2 Les longueurs utiles 133
Tableau IX.3 Coordonnées des heurtoirs 134
Tableau IX.4 Caractéristiques des appareils de voie de la gare de marchandises de Bir El Ater. 135

Tableau X.1 évaluations des impacts prévisibles (Impacts sur les biens de la population) 146
Tableau X.2 Évaluations des impacts prévisibles (Impacts sur les biens de la population) 147
Tableau X.3 évaluations des impacts prévisibles (Risque d'accidents) 147
Tableau X.4 Évaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (Impacts sur la qualité de l'air) 148
Tableau X.5 Evaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (Impact sur les eaux superficielles et les eaux souterraines) 149
Tableau X.6 Impacts sur la faune et la flore 151
Tableau XI.1 DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF 151

SOMMAIRE

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE 19
I.1. INTRODUCTION 19
I.2. Réseau de transport Algérien 19
I.2.1. Le transport routier 19
I.2.2. Le transport portuaire et maritime 20
I.2.3. Le transport aéroportuaire 20
I.2.4. Le transport ferroviaire 20
I.3. Le Chemin de fer 21
I.4. Historique du chemin de fer en Algérie 22

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET 24
II.1. INTRODUCTION 24
II.2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE 26
II.2.1. Situation géographique 26
II.2.2. Le relief 26
II.2.3. Le climat 27
II.2.4. Infrastructures de bases existantes 28
II.3. DESCRIPTION DU PROJET 29
II.3.1. Contraintes liées aux obstacles physiques 29
II.3.2. Caractéristiques techniques du tracé 31
II.4. CONCLUSION 31

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIE 34
III.1. INTRODUCTION 34
III.2. TRACE EN PLAN 34
III.2.1. Définition 34
III.2.2. Eléments du tracé en plan 34
III.2.3. Règles à respecter dans le tracé en plan 35
III.2.4. Condition de raccordement 36
III.2.5. Les paramètres de conception du tracé de la voie 36

III.2.6. Calcul des paramètres et application numérique sur le projet 40
III.3. PROFIL EN LONG 43
III.3.1. Introduction 43
III.3.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long 43
III.3.3. Éléments géométriques du profil en long 43
III.3.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long 45
III.4. PROFIL EN TRAVERS 46
III.4.1. Définition 46
III.4.2. Les éléments du profil en travers 46
III.4.3. Profil en travers type 46
III.4.4. Les profils en travers affectés au projet 46
III.4.5. Calcul des cubatures 51
III.5. CONCLUSION 51

CHAPITRE IV : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE 53
IV.1. INTRODUCTION 53
IV.2. APERÇUE GEOLOGIQUE 53
IV.2.1. Topographie du site 53
IV.2.2. Cadre géologique de la zone d'étude 53
IV.2.3. Cadre lithologique 54
IV.2.4. Cadre sismique 57
IV.2.5. Cadre tectonique 58
IV.2.6. Sectorisation Géologique 58
IV.3. RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE 59
IV.3.1. Essais in situ 59
IV.3.2. Essais au laboratoire 64
IV.4. CONCLUSION 67

CHAPITRE V : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE 69
V.1. INTRODUCTION 69
V.2. Le rail 69
V.2.1. Le LRS et le soudage des rails 70
V.3. Le système d'attache 71
V.4. Les traverses 72

V.5. Le ballast 72
V.6. Les appareils de voie (ADV) 73
V.6.1. Définition 73
V.6.2. Types d'appareils de voie 73

CHAPITRE VI : TERRASSEMNT ET ASSISE DE VOIE. 78
VI.1. INTRODUCTION 78
VI.2. SECTION EN REMBLAI 78
VI.2.1. Matériaux de corps de Remblais 79
VI.3. SECTION EN DEBLAI 80
VI.3.1. Stabilité Des Déblais 80
VI.3.2. Protection Des Talus 82
VI.3.3. Végétalisation 82
VI.3.4. Conditions d'excavabilité / Rippabilité 82
VI.4. REUTILISATION DES SOLS EN REMBLAI 83
VI.5. Structure d'assise et dimensionnement de la plateforme ferroviaire 83
VI.5.1. Plate- Forme Proposée 83
VI.5.2. Méthode de dimensionnement adoptée 83
VI.5.3. Calcul d'épaisseur minimal 84
VI.6. Exigences Sur les Constituants de l'assise 85
VI.6.1. Ballast 85
VI.6.2. Couche de sous ballast 86
VI.6.3. Couche de fondation 86
VI.6.4. Couche de forme de qualité S3 86
VI.7. CONCLUSION 86

CHAPITRE VII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT. 88
VII.1. INTRODUCTION 88
VII.2. PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE 88
VII.2.1. LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE 88
VII.2.2. RELIEF 88
VII.2.3. Caractéristiques hydrologiques de la zone d'étude 89
VII.3. CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS 90
VII.4. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES 92

VII.4.1. Températures ... 92
VII.4.2. Humidité (les zones bioclimatiques) ... 92
VII.4.3. Pluviométrie ... 93
VII.5. LES CRUES ... 96
VII.6. CALCUL HYDRAULIQUE ET DIMENSIONNEMENT ... 101
VII.6.1. Méthode de MANNING STRICKEL ... 101
VII.6.2. CALCUL DU NIVEAU DES PLUS HAUTES EAUX ... 104
VII.6.3. ASSAINISSEMENT LONGITUDINAL ... 108
VII.7. CONCLUSION ... 112

CHAPITRE VIII : CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART. ... 114
VIII.1. INTRODUCTION ... 114
VIII.2. CRITERES ET HYPOTHESES DE CONCEPTION CHOISIES (METHODOLOGIE) ... 114
VIII.3. NORMES ET REFERENCES ... 115
VIII.4. ACTION A PRENDRE EN COMPTE ... 116
VIII.4.1 Actions permanentes ... 116
VIII.4.2 Actions sur les ponts ferroviaires ... 116
VIII.4.3 Actions sur les ponts routes ... 118
VIII.4.4 Actions sismiques ... 118
VIII.4.5 Actions climatiques ... 119
VIII.4.6 Actions accidentelles ... 119
VIII.5. PROFIL EN TRAVERS TYPE DES OUVRAGES D'ART ... 119
VIII.6. LISTE DES OUVRAGES D'ART ... 120
VIII.7. DESCREPTION DES OUVRAGES ... 121
VIII.7.1. SITUATION DU PASSAGE AU PK 02+550 ... 121
VIII.7.2. SITUATION DU PASSAGE AU PK02+965 ... 123
VIII.7.3. SITUATION DU PASSAGE AU PK 04+786.77 ... 124
VIII.7.4. SITUATION DES PAPELINES AU PK 10+812.24, PK 10+829.87 et PK10+853.15 ... 125
VIII.8. CONCLUSION ... 126

CHAPITRE IX : CONCEPTION DE LA GARE DE BIR EL ATER. ... 129
IX.1. INTRODUCTION ... 129
IX.2. L'emplacement de la gare ... 129
IX.3. Conditions de conception des gares ... 130

IX.4. INSTALLATIONS D'UNE GARE MARCHANDISES 130
IX.5. Caractéristiques géométriques de la gare 131
IX.5.1. Déclivité dans la gare 131
IX.5.2. Garage franc 131
IX.5.3 La marge de glissement à l'aval des signaux 132
IX.5.4 La longueur utile d'une voie de stationnement 132
IX.5.5 Les Heurtoirs 133
IX.5.6 Implantation des appareils de voies 134
IX.6. ASSAINISSEMENT DE LA GARE 137
IX.6.1. Assainissement transversale 137
X.6.2. Assainissement longitudinale 138
IX.7. CONCLUSION 138

CHAPITRE X : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT. 140
X.1. INTRODUCTION 140
X.2. L'évaluation environnementale 140
X.3. OBJECTIFS D'UNE ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 141
X.4. IMPACT DES VOIES FERREES SUR L'ENVIRONNEMENT 141
X.5. L'ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT 142
X.5.1. Localisation du projet 142
X.5.2. Le milieu physique 142
X.5.3. Le milieu biologique 143
X.5.4. Le milieu SOCIOCULTUREL 144
X.5.5. Le patrimoine historique et archéologique 145
X.6. Evaluation des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet .. 145
X.6.1. Impacts sonores 145
X.6.2. Impacts sur les biens de la population 146
X.6.3. Effet de coupure 147
X.6.4. Risque d'accidents 147
X.7. Impacts sur la qualité de l'air et de l'eau 148
X.7.1. Impacts sur la qualité de l'air 148
X.7.2. Impact sur les eaux superficielles et les eaux souterraines 149
X.8. Impacts sur le milieu naturel 149
X.8.1. Flore 149

X.8.2. Faune 149
X.8.3. Impacts sur la faune et la flore 151
X.9. CONCLUSION 151

CHAPITRE XI : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF 153

CHAPITRE XII : CONCLUSION GENERALE 157

ANNEXES I : CUBATURES 160

ANNEXES II : FICHES DES MATERIAUX NORME ST590 173

ANNEXES III : NOTE DE CALCULE DES OUVRAGES EN TERRE (TALREN) 177

ANNEXES IV : LES CONDITIONS D'UTILISATION EN REMBLAI DEFINIES PAR LE GTR 186

ANNEXES V : DELIMITATION DES BASSINS VERSSANTS { ZONE D'ETUDE BEH } 188

ANNEXES VI : FICHES D'EVALUATION ENVIRENMENTALE 189

CHAPITRE I
INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I.1. INTRODUCTION

Le chemin de fer est un système de transport guidé servant au transport de personnes et de marchandises. Il se compose d'une infrastructure spécialisée, de matériel roulant et de procédures d'exploitation faisant le plus souvent intervenir l'humain, même si dans le cas des métros automatiques cette intervention se limite en temps normal la surveillance.

Par métonymie, « chemin de fer » désigne aussi les sociétés exploitantes, souvent appelées autrefois « compagnies ». Les employés du chemin de fer sont les « cheminots ».

L'expression « chemin de fer » est apparue officiellement dans l'ordonnance royale du 26 février 1824 autorisant la construction de la première ligne française à Saint-Étienne. L'adjectif correspondant, « ferroviaire », qui dérive de l'italien ferrovia, est apparu vers 1911. [1]

Le système ferroviaire est aussi utilisé sous diverses déclinaisons spécialisées : métros, tramways, chemins de fer à crémaillère.

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

Le matériel roulant circule communément en convois, appelé trains ou rames. Les convois sont composés de wagons ou de voitures tractées par des locomotives. Il peut également s'agir de rames autotractées, c'est-à-dire incluant leur propre système de traction.

L'humain est au centre des systèmes ferroviaires couramment rencontrés, que ce soit pour la conduite des trains, l'orientation des convois vers leur destination, la sécurisation des voyageurs ou marchandises transportées. Le travail de l'humain est encadré par des procédures. Très tôt, on a légiféré sur le chemin de fer. En France, la loi du 15 juillet 1845 (encore en vigueur) pose les bases de la Police du Chemin de Fer (statut des voies ferrées, servitudes, droits et devoirs des exploitants et des tiers, contrôle des titres de transport, etc.). Depuis, de nouvelles lois et de nombreux règlements sont venus la compléter, en ce qui concerne la sécurité, l'organisation et le service public.

I.2. Réseau de transport Algérien

Le transport en Algérie est diversifié vu la superficie de l'Algérie.

Même si quelques régions algériennes demeurent encore isolées en raison de l'absence d'infrastructure routière, le réseau routier algérien demeure l'un des plus denses du continent africain, sa longueur est estimée à 108 302 km de routes (dont 76 028 km goudronnées) et plus de 3 756 ouvrages d'art. L'autoroute Est-Ouest de 1 216 km permet de relier la ville d'Annaba de l'extrême Est jusqu'à la ville de Tlemcen à l'extrême Ouest.

I.2.1. Le transport routier

En Algérie, le transport routier depuis l'indépendance a été l'objet d'un intérêt spécial en raison de l'étendue considérable du territoire, de la forte mobilité de la population et de l'importance des échanges commerciaux entre les régions économiques du pays. Il a évolué

graduellement en fonction de la distribution de la population et de ses activités et selon les contraintes de la topographie. Il diminue graduellement vers les Hauts Plateaux et se réduit à un nombre restreint d'axes dans le Sud.

I.2.2. Le transport portuaire et maritime

Si la mer joue un rôle important dans le transport des marchandises (hydrocarbures, produits chimiques, produits miniers,etc.) ; Plus de 95% des échanges économiques extérieurs de l'Algérie se font par voie maritime, d'où la décision d'engager des programmes d'entretien, de développement et de modernisation de ce secteur.

Les infrastructures portuaires se composent de 40 ports dont : 11 ports mixtes (pêche, commerce, hydrocarbures); 03 ports spécialisés en hydrocarbures (SKIKDA, BEJAÎA et ARZEW); 26 ports abris de pêche (dont 06 à l'intérieur des ports de commerce); 01 port de plaisance (SIDI FREDJ).

Les activités portuaires hors hydrocarbures sont importantes à Alger (30 % du total) ; les ports situés à l'Est (Annaba, Skikda, Béjaia) traitent ensemble 50 % de ce trafic et à l'Ouest les ports d'Oran et de Mostaganem en traitent 20 %. Les ports d'Arzew/Bethioua sont affectés exclusivement au transport des hydrocarbures.

Malgré la situation apparemment satisfaisante, au point de vue des capacités de nos ports, certains d'eux ont une conception en général ancienne non adaptée aux normes du trafic moderne et à la taille des navires marchands.

I.2.3. Le transport aéroportuaire

L'Algérie dispose de 53 plates-formes nationales dont 12 aérodromes de classe internationale notamment Alger (Houari Boumediène), Annaba, Constantine, Tlemcen et Oran. ; 10 de classe nationale, 10 de classe régionale et un aérodrome à usage restreint dans le sud de l'Algérie.

Les services internationaux réguliers sont quasiment assurés à partir des 4 principaux aéroports du Nord : Alger, Oran, Constantine et Annaba et couvrent l'Europe, les pays du Maghreb, le Moyen- Orient et l'Ouest de l'Afrique.

Les capacités aéroportuaires actuelles sont suffisantes sauf pour une partie de la zone des Hauts-plateaux et l'extrême sud. Les investissements en cours de réalisation nécessitent des actions de renforcement et de développement des capacités pour les aires de mouvement de certains aérodromes existants.

I.2.4. Le transport ferroviaire

Il joue un rôle important pour la desserte des ports et des grands centres urbains de la bande côtière. Il a évolué en rapport avec les activités agricoles, minières et industrielles, la croissance et le déploiement des populations et en réponse également à des exigences de défense nationale. Les lignes principales sont proches de la côte et pratiquement parallèles à elle, mais le réseau comporte aussi des ramifications reliant des zones moins développées ainsi que des pénétrantes desservant les gisements miniers. Il existe également un trafic important de banlieue au niveau des principales villes du Nord, Alger, Annaba et Oran.

I.3. Le Chemin de fer

Les systèmes ferroviaires nécessitent une infrastructure particulière appelée voie ferrée. Les véhicules sont guidés par une ou plusieurs files de rails fixés sur des traverses au moyen, en France, de tirefonds. Le ballast est une couche drainante sur laquelle reposent les traverses. Il permet d'affiner la géométrie de la voie, par exemple pour créer un dévers en courbe. Les véhicules étant guidés par les rails, ils ne peuvent pas changer de direction sans utiliser une installation particulière. La plupart du temps il s'agit d'un aiguillage, manœuvré soit à pied d'œuvre soit d'un poste d'aiguillages.

Le matériel ferroviaire, de par sa technique de roulement, ne peut pas monter ou descendre de pente trop importante, ni effectuer de courbe trop prononcée. Pour s'adapter au terrain, la construction des lignes de chemin de fer a nécessité l'établissement d'Ouvrages d'art : ponts, viaducs et tunnels. La voie peut aussi croiser la route à un passage à niveau.

La distance entre les deux rails de roulement (cas le plus fréquent) est appelée écartement. Elle est mesurée entre les faces internes du rail. L'écartement le plus communément répandu est celui de la voie normale : 1,435 m (standard UIC). Au-delà, on parle de voie large, en dessous il s'agit de voie étroite.

Certains trains sont mûs par de l'électricité et nécessitent des infrastructures spécifiques dès lors qu'ils ne fournissent pas eux-mêmes leur énergie. Dans la majorité des cas, cette alimentation en énergie se fait par une caténaire suspendue au-dessus des voies, le train venant capter le courant grâce à un pantographe ou une perche. Les métros et certains pays (Angleterre) utilisent un troisième rail latéral : le captage est alors assuré par des patins. D'autres systèmes utilisent un troisième rail central, par exemple le nouveau tramway de Bordeaux.

Dès lors que deux trains peuvent circuler en même temps sur une ligne commune, il est nécessaire d'établir des règles de circulation afin de garantir la sécurité. Comme sur route, une signalisation a été mise en place ainsi que des systèmes de prévention des risques ferroviaires. Un de ces systèmes est le cantonnement, qui interdit à un train d'entrer sur une section de ligne où se trouve déjà un autre train.

Comme tout transport en commun, les trains ne s'arrêtent pas n'importe où. Les voyageurs prennent le train dans une gare pour descendre dans une autre, parfois après avoir eu à effectuer des correspondances. Les marchandises sont chargées sur des wagons dans une gare de fret ou sur un embranchement particulier. Elles changent de direction dans des triages. Les containers sont chargés et déchargés à un terminal de transport combiné.

Les infrastructures ferroviaires nécessitent un entretien constant. Il s'agit d'opérations diversifiées, dont la nature dépend de la nature de la voie elle-même et des conditions dans lesquelles elle se trouve implantée : déneigement, Renouvellement Voie Ballast, inspection des ouvrages d'art, désherbage, etc...

I.4. Historique du chemin de fer en Algérie

L'histoire des chemins de fer algériens commence en 1857 durant la colonisation française de l'Algérie avec la construction de 5 014 km de voies ferrées. Depuis l'indépendance du pays, ce réseau a beaucoup évolué : déclassement de tronçons, construction de nouvelles lignes, doublement de voies, électrification de certains tronçons. Sa longueur est de 4 498 km.

Le 30 juin 1959, l'État français et l'OCFA signent une convention créant la Société nationale des chemins de fer français en Algérie (SNCFA).

La Société nationale des chemins de fer français en Algérie devient la Société nationale des chemins de fer algériens (en gardant le même sigle SNCFA) le 16 mai 1963. Le matériel français est conservé mais, rapidement, des commandes de locomotives et de voitures, provenant des Pays du bloc soviétique, complètent le parc.

En 1975, le révolutionnaire Trans-Maghreb Casablanca-Oran-Alger-Tunis, entièrement composé d'un nouveau matériel INOX construit en France, est mis en service. Mais très rapidement, des problèmes politiques entre les États traversés provoquent sa limitation puis son arrêt définitif dans les années 1980.

Le 31 mars 1976 à la fin de la concession de l'État français, l'état algérien divise la SNCFA en trois organismes distincts, La Société nationale des transports ferroviaires (SNTF), la société nationale d'études et de réalisations de l'infrastructure ferroviaire (SNERIF) et la société d'engineering et de réalisation des infrastructures ferroviaires (SIF).

Un nouveau programme d'investissement permet la réalisation de 203 km de nouvelles lignes, le doublement de 200 km de voie sur la rocade nord et le renouvellement de 1 400 km de voie et ballast.

En 1986, la crise financière poussera à la dissolution de la SNERIF et de la SIF dont les prérogatives sont reprises par la SNTF qui changera de statut en 1990 pour devenir un EPIC.

À la fin des années 1990, la SNTF exploite un réseau de 3 500 km.

En 2005, l'agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires (ANESRIF) est créée pour gérer un nouveau programme d'investissement public avec l'objectif de porter le réseau à 12 500 km en 2025.

En 2010, 315 km de nouvelles voies sont ouverts (Bordj Bou Arreridj à M'Sila, Ain Touta à M'Sila, nouvelle ligne de Béchar), les lignes de banlieue d'Alger ont été électrifiées.

En 2015, sur un programme de 2 300 km de nouvelles lignes, 1 324 km sont en travaux dont la majeure partie concerne la partie ouest de la boucle des hauts plateaux.

Le 10 septembre 2018, la mise en service du système de télécommunication ferroviaire GSM-R pour la première fois en Afrique, ce système de télécommunication vise à sécuriser les communications sur un réseau autonome entre le centre installé à Alger et les trains ainsi qu'entre les trains et les opérateurs chargés de l'entretien du réseau. [1]

CHAPITRE II PRESENTATION DU PROJET

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION

Dans le cadre du développement et de l'évolution du réseau ferroviaire d'Algérie, ANESRIF restructure les réseaux ferroviaires nationaux par la réception des projets des axes principaux suivants :

AXE 01 : Rocade nord

AXE 02 : Rocade des hauts plateaux

AXE 03 : Ligne minière Est

AXE 04 : Pénétrante Ouest

AXE 05 : Pénétrante Est

AXE 06 : Pénétrante Centre

AXE 07 : Boucle Sud-Est

AXE 08 : Boucle Sud-Ouest

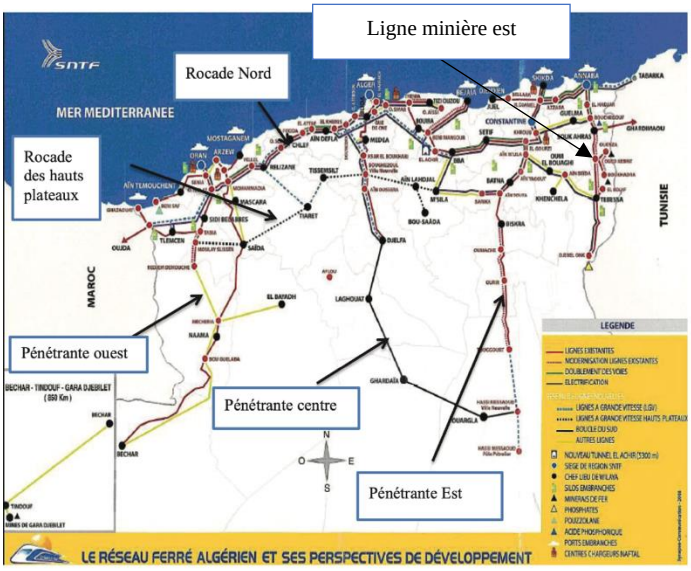


Figure II-1 Le Réseau ferré Algérien et ses perspectives de développement [2]

On s'intéresse à l'AXE 03 Annaba - Djebel Onk qui est composé de trois sections :

- Section 1 : ANNABA/ BOUCHEGOUF
- Section 2 : BOUCHEGOUF / OUED KEBERIT
- Section 3 : OUED KEBERIT / DJEBEL ONK

Le tracé ferroviaire neuf objet de notre mémoire de fin d'étude entre dans le cadre du projet globale "l'étude de dédoublement, modernisation et/ou rectification du tracé pour augmenter le trafic de la ligne minière EST entre Annaba- Djebel Onk", des extensions ont été programmées pour répondre aux besoins de transport de minerais à Tébessa, qui nécessite des embranchements dont l'un est notre projet " EMBRANCHEMENT BIR EL ATER-BLED EL HADBA".

Le projet a pour but d'améliorer la capacitée, la formation, l'expédition, et la réception du phosphate. La raison pour laquelle la décision de créer une nouvelle bifurcation reliant Bir El Ater a la gare de chargement de BEH ou les trains vides destinés à faire le chargement du phosphate et le départ des trains phosphatiers vers Annaba.

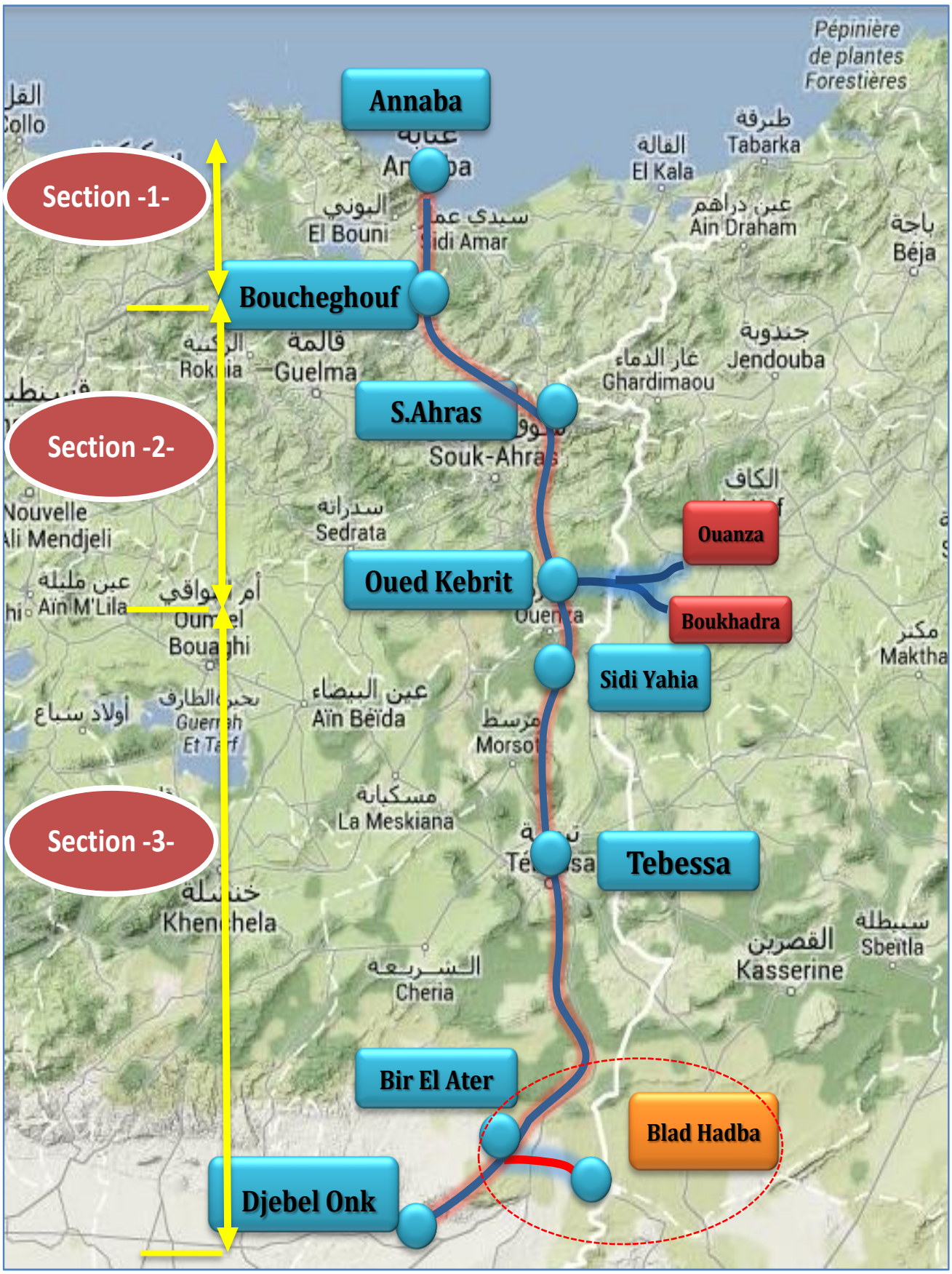


Figure II-2 Carte de la ligne minière Annaba-Djebel Onk

II.2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

Notre région d'étude se situe à l'extrême Est du pays, près des frontières tunisiennes.

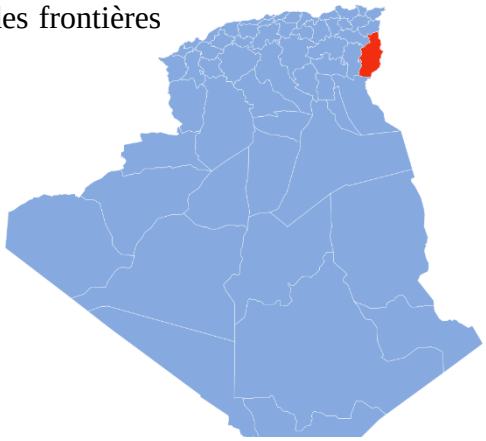


Figure II-3 Position géographique de la Zone d'étude**.**

II.2.1. Situation géographique

Tébessa est située au nord-est du pays et limitée :

- Au Nord par Souk-Ahras.
- A l'Oust par Khenchela et Oum el bouaghi.
- A l'Est par la Tunisie.
- Au Sud par El Oued.

II.2.2. Le relief

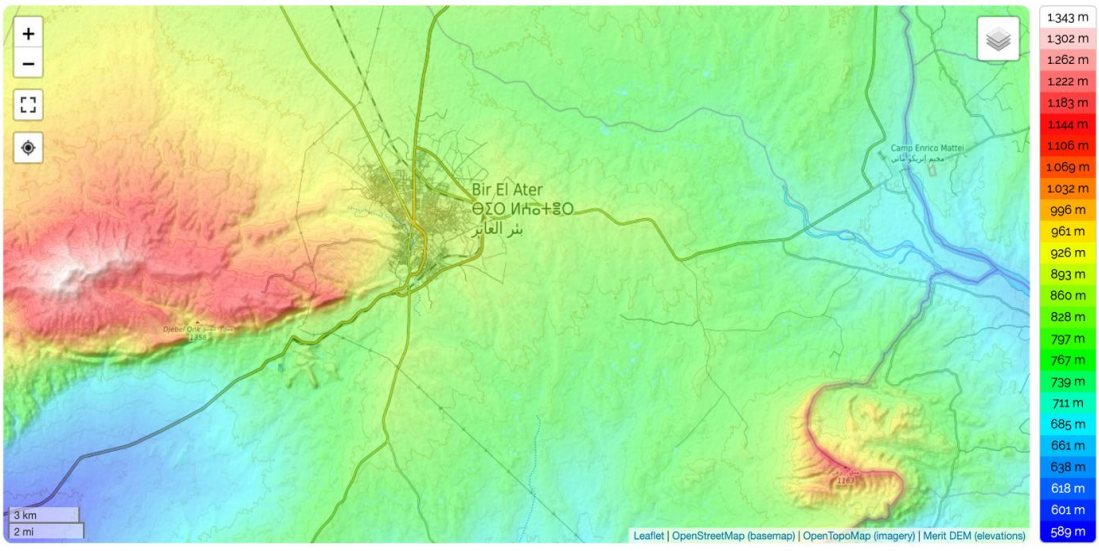
La région est constituée des zones géographiques suivantes :

Au Nord : les monts de Tébessa qui font partie de l'Atlas, les Hauts plateaux et les Hauts plaines.

Au Sud : le domaine saharien constitué par un plateau saharien.

La zone de Bir El Ater) est notre zone d'étude, elle est située entre les deux zones géographiques de Tébessa avec une altitude maximum de 1 482 m, une altitude moyenne de 733 m et une altitude minimum de 267 m.

Le relief de BEH est très peu accidenté par rapport aux autres gisements dans la région de Bir El Ater, Il est caractérisé par de hauts plateaux bien dégagés et disloqués et de basses montagnes ; de larges vallées succèdent à des massifs montagneux et à quelques chaînes isolées dont maximales sont enregistrées à l'Est qui est de 1122m à Djebel Zrega et 1000m à Djebel Djenane Kherouf et s'abaissent en allant vers le Sud-Ouest.



Tébessa, Algérie (35.12495 7.90117)

Figure II-4 Carte topographique Bir El Ater, altitude, relief. [3]

II.2.3. Le climat

La région de Tébessa se caractérise par trois climats différents : Climats froids semi-arides, Climat méditerranéen chaud-été, Climat chaud du désert, son climat dominant est Le climat semi-aride ou climat semi-désertique.

Le climat dominant de Bir El Ater est de type désertique. Au cours de l'année, il n'y a pratiquement aucune précipitation.

❖ **Température / Précipitation :**

- La température moyenne annuelle est de 16.8 °C
- La précipitation moyenne annuelle est de 224 mm.

28.5 °C font du mois de juillet le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de janvier avec une température moyenne de 6.2 °C.

Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 5 mm. Les précipitations records sont enregistrées en avril, elles sont de 27 mm en moyenne.

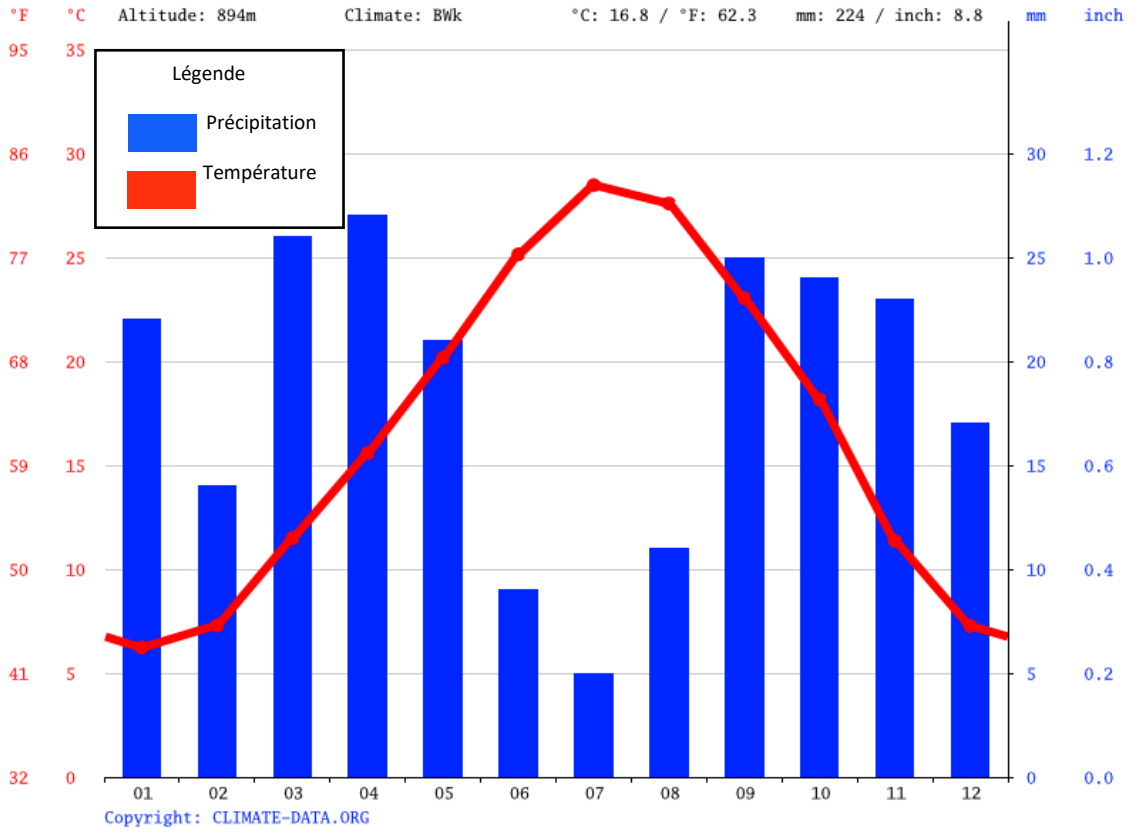


Figure II-5 Diagramme ombrothermique - Courbe de température Bir el Ater [4]

- Entre le plus sec et le plus humide des mois, l'amplitude des précipitations est de 22 mm.

- Entre la température la plus basse et la plus élevée de l'année, la différence est de 22.2 °C.

Tableau II-1 Bir El Ater Diagramme Ombrothermique (de 2005 au 2015) [4]

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température 28oyenne (°C)	6.2	7.3	11.5	15.6	20.2	25.1	28.5	27.6	23	18.2	11.4	7.3
Température minimale moyenne (°C)	1.9	2.4	5.8	9.4	13.4	17.9	21	20.8	17.4	13.1	7	3.1
Température maximale (°C)	11.2	12.5	17	21.4	26.2	31.4	34.7	33.6	28.5	23.4	16.1	12.1
Précipitations (mm)	22	14	26	27	21	9	5	11	25	24	23	17
Humidité(%)	70%	61%	51%	45%	40%	32%	29%	34%	48%	54%	65%	71%
Jours de pluie (jrée)	3	2	3	3	3	2	1	2	4	3	3	3

II.2.4. Infrastructures de bases existantes

❖ **Réseau routier :**

Bir El Ater est desservie par un réseau routier important qui constitue principalement à :

- La Route Nationale **RN16** traversant la ville de Bir el Ater du Nord au Sud**.**
- Le Chemin de Wilaya **CW1** de l'Est à l'Ouest**.**
- Le Chemin Communal **CC** vers Btita.
- L'évitement de Bir El Ater**.**

❖ **Réseau ferroviaire :**

- Ligne Annaba-Frontière Tunisienne par Souk Ahras
- Ligne Souk Aras -El Kouif
- Ligne Tebessa – Djebl El Onk
- Bifurcation Oued Keberit – El Ouenza
- Bifurcation Ain Chenia – Boukhadra

❖ **Infrastructure aéroportuaire :**

- Aéroport national à Tébessa d'une capacité de 450.000 voyageurs/an.

II.3. DESCRIPTION DU PROJET

Bled El Hadba est située à environ 12 Km au Sud-Est de Bir El Ater et à environ 2 Km de la frontière avec la Tunisie, où se trouve le gisement de BEH qui est un grand bassin phosphaté.

Notre tracé prend son origine à partir d'une nouvelle gare de marchandises (**PK 90+750 de la ligne Tenoukla/Djebel Onk**) à proximité de la localité de Bir El Ater dans le cadre de la même étude Section 3 : Oued Keberit / Djebel Onk.

A la sortie de cette nouvelle gare marchandises le tracé vers ce raccordement sera traversé par :la RN16 au PK 2+965, le CW01 au PK 8+825, et plusieurs pistes. Vers le PK 22 le tracé arrive à sa fin avec la projection d'une gare de chargement du produit au niveau du nouveau gisement de Bled El Hadba.

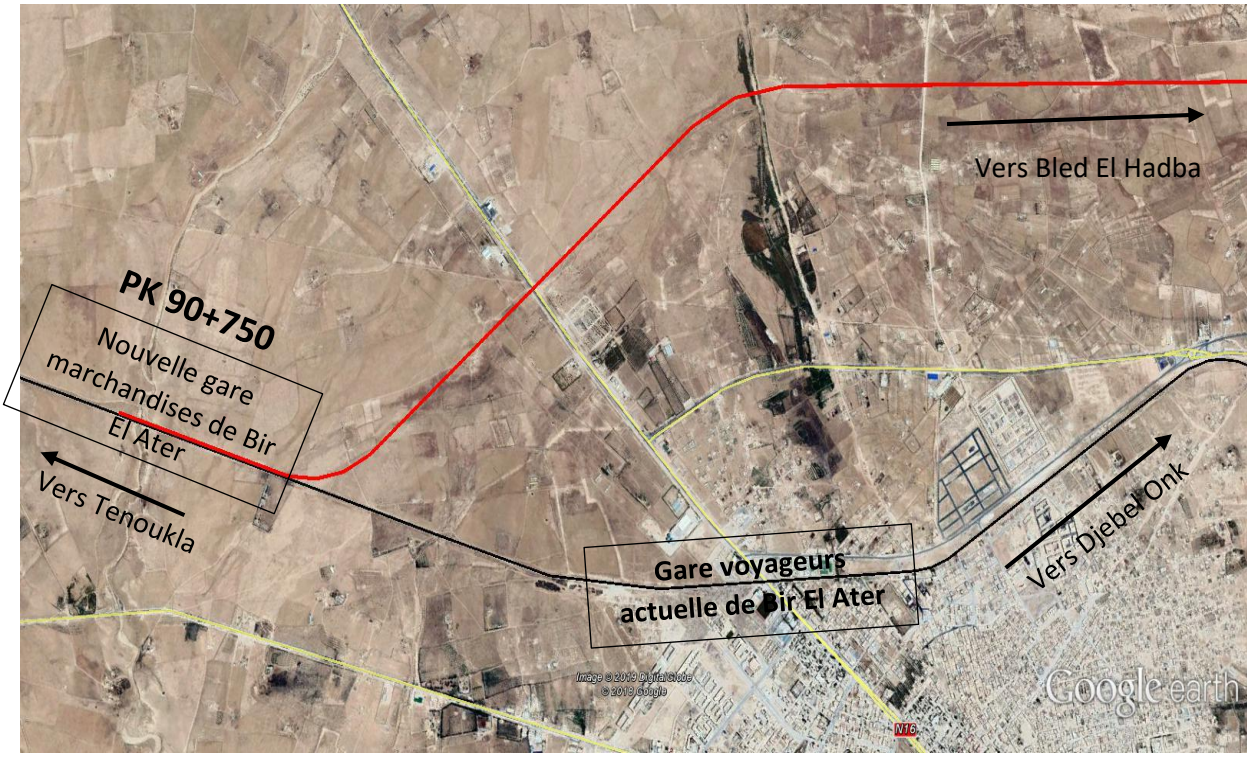


Figure II-6 La Localité des gares marchandises et voyageurs de Bir El Ater.

II.3.1. Contraintes liées aux obstacles physiques

Tableau II.2 Contraintes liées aux obstacles physiques

PK	TYPE D'OBSTACLE
PK 00+130	Croisement cours d'eau
PK 01+125	Croisement cours d'eau
PK 01+425	Croisement cours d'eau
PK 02+235	Croisement ligne électrique BT

PK 02+340	Croisement piste
PK 02+550	Croisement piste
PK 02+625	Croisement ligne électrique BT
DU PK 02+850 AU PK 02+930	Mur en maçonnerie
PK 02+950	Croisement piste
PK 02+925	Croisement route RN16
PK 03+025	Croisement piste
PK 03+045	Croisement ligne électrique MT
PK 03+060	Croisement ligne électrique MT
PK 03+100	Croisement ligne électrique MT
PK 04+060	Croisement piste
PK 04+140	Croisement cours d'eau
PK 04+240	Croisement cours d'eau
PK 04+250	Croisement ligne électrique BT
PK 04+360	Croisement cours d'eau
PK 04+760	Croisement piste
PK 04+780	Croisement piste
PK 04+800	Croisement ligne électrique BT
PK 04+850	Croisement cours d'eau
PK 05+560	Croisement ligne électrique BT
PK 05+725	Croisement ligne électrique MT
PK 05+835	Croisement piste
PK 07+135	Croisement ligne électrique BT
PK 07+150	Croisement ligne électrique MT
DU PK 07+400 AU PK 07+475	Croisement baraque
PK 07+510	Croisement piste
PK 07+525	Croisement ligne électrique MT
PK 07+600	Croisement piste
PK 08+285	Croisement cours d'eau
PK 08+375	Croisement cours d'eau
PK 08+585	Croisement cours d'eau
PK 08+825	Croisement route CW01

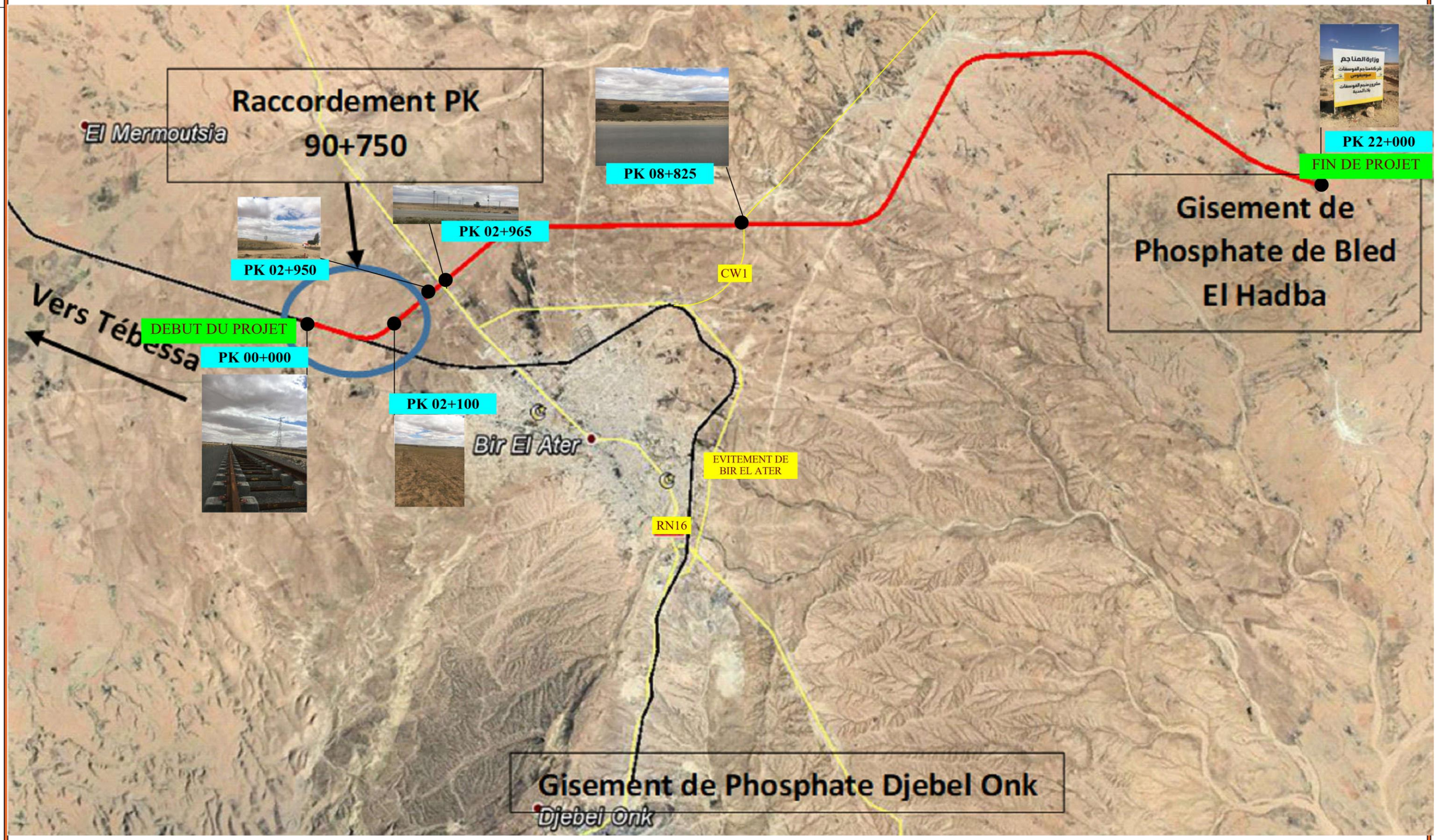
PK 08+865	Croisement cours d'eau
PK 08+930	Croisement cours d'eau
PK 09+115	Croisement ligne électrique BT
PK 09+125	Croisement cours d'eau
PK 09+170	Croisement cours d'eau
PK 09+445	Croisement cours d'eau
PK 09+660	Croisement ligne électrique BT
PK 10+570	Croisement cours d'eau
du PK 10+800 au PK 10+875	Croisement Pipes line
PK 10+880	Croisement piste
PK 11+200	Croisement piste

II.3.2. Caractéristiques techniques du tracé

- Trafic mixte voyageurs et marchandises ;
- Vitesse voyageurs : V_R = 120 Km/h
- Vitesse marchandises : V_m = 80 Km/h
- Rampes verticales maximales de 16 ‰ ;
- L'écartement standard 1435 mm
- Le gabarit GC de l'UIC ;
- Les gares sont conçues pour garer des trains de marchandises de 600m et des trains de voyageurs de 300m ;
- Charges à l'essieu de 22 ½ T pour la voie et des charges à l'essieu de 25T pour les ouvrages d'art.

II.4. CONCLUSION

Notre projet consiste à réaliser une étude en APD de la nouvelle ligne à voie unique reliant Bir El Ater a Bled El Hadba du PK 00+000 au PK 11+600 avec la conception de la gare de marchandises Bir El Ater.



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

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 LIGNE FERROVIERE A VOIE UNIQUE (BIR EL ATER-BLED EL HADBA) DU PK00+000 AU PK11+600 AVEC AMENAGEMENT DE LA GARE DE BIR EL ATER	SAOUD & MENNAH	Mr TIGHIOUART	ECH V : 1/400	DU PK 00+000 AU PK 22+000	2020 / 2021

Figure II-7 PLAN SYNOPTIQUE DU RACCORDEMENT DE GISEMENT DE BLED EL HADBA.

CHAPITRE III
Etude Géométrique de la voie

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIE

III.1. INTRODUCTION

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

Il faut définir géométriquement trois groupes d'éléments du tracé qui sont :

- L'axe en plan ;
- Le profil en long ;
- Le profil en travers.

III.2. TRACE EN PLAN

III.2.1. Définition

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession de droites, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement.

Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

Dans les chemins de fer on trouve deux vitesses caractéristiques, à partir desquelles on pourra définir et déterminer toutes Les caractéristiques géométriques de la voie qui doivent être homogènes pour assurer les conditions de confort et de sécurité :

Vr : vitesse des trains rapides des voyageurs.

Vm : vitesse des trains lents des marchandises.

III.2.2. Eléments du tracé en plan

Le tracé en plan est constitué de 3 éléments :

- Des Alignements (droites) ;
- Des arcs de cercle ;
- Des courbes de raccordement de courbures progressives.

Alignement :

C'est un tracé droit, il est considéré comme étant le meilleur tracé pour le confort
Et la sécurité qu'il offre aux voyageurs.

La courbe :

Par cette appellation, on désigne les courbes dans le plan ainsi que les éléments de transition qui y sont associés (cercle et courbe de raccordement), les paramètres de la courbe sont définis par rapport à l'axe de la voie.

- **Arcs de cercles (R=constante)** :

Dans les endroits où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on a recourt aux raccordements circulaires. Vu le poids important des convois, le rayon sera le plus grand possible et sa valeur minimale dépend de la vitesse de base d'où le raccordement entre les alignements se fait avec les arcs de cercles, ces derniers doivent assurer un passage sécurisé et confortable des trains afin d'éviter le déraillement.

- **Courbes de raccordement (R=variable)** :

C'est un élément géométrique qui raccorde l'alignement à un arc de cercle dont la courbure varie progressivement d'un rayon R=∞ à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur R constante au début de l'arc de cercle.

Il y a plusieurs types de courbes de raccordement mais la plus utilisable est la Clothoïde qui assure, grâce à sa variation linéaire de courbure, la stabilité et le confort, Elle présente en plus un aspect esthétique satisfaisant.

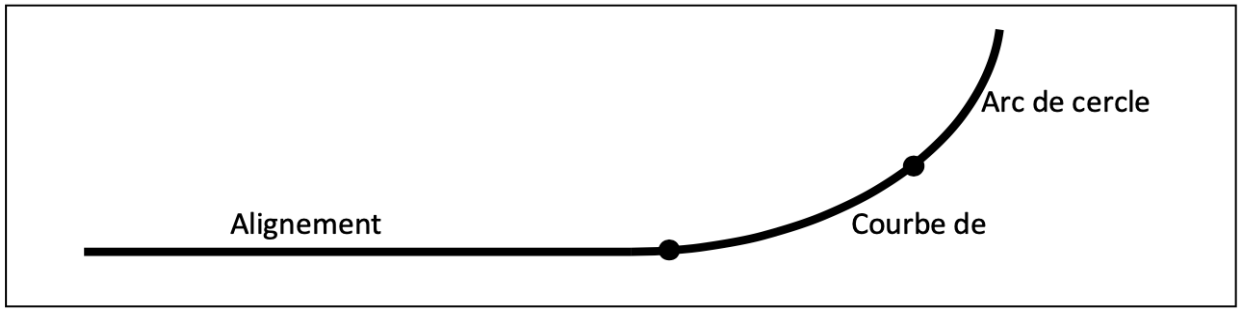


Figure III-1 éléments du tracé en plan

III.2.3. Règles à respecter dans le tracé en plan

Pour faire un tracé technico-économique, dans les normes il est recommandé de respecter les règles suivantes :

- Eviter de passer sur des terrains agricoles, des zones forestières et des propriétés privées
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement droits et respecter la longueur minimale

- Eviter le passage sur les zones de grande importance tel-que les centrales à gaz, des transformateurs électriques.

III.2.4. Condition de raccordement

Paramètres relevant de confort et de cout de maintenance :

- Excès de dévers.
- Variation de l'insuffisance de dévers.
- Longueur des éléments du tracé.

Paramètres relevant de la sécurité :

- Le rayon de la courbe.
- La variation de courbure.
- L'insuffisance de dévers.

III.2.5. Les paramètres de conception du tracé de la voie

Données de base :

Vitesse des trains de voyageurs : Vr = 120 Km/h

Vitesse des trains de marchandises V_m = 80km/h.

III.2.5.1. Longueurs minimales des éléments de tracé

Les longueurs minimales des alignements doivent respecter les valeurs exprimées en mètres ci-après :

Tableau III.1 Longueur minimale des alignements Lmin en (m) selon référentiel technique de SNTF

Valeur limite normale (km/h)	Vr/2
Valeur limite exceptionnelle (km/h)	Vr/3

III.2.5.2. Le dévers

Le devers est la différence d'altitude entre les deux files de rails en un point de la voie. Une courbe est posée en devers lorsque la file de rail extérieur a la courbe est surélevée par rapport à la file de rail intérieur a la courbe et en contre-dévers lorsque la file de petit rayon est surélevée par rapport à l'autre. Ce surhaussement permet de compenser une partie de la force centrifuge qui tend à déporter les trains vers l'extérieur de la courbe circulaire.

III.2.5.2.1. Devers pratique (d_p) :

Le dévers réel est normalement limité à une valeur inferieure à la valeur théorique ce qui donne une insuffisance de dévers pour les trains les plus rapide, et un excès de dévers pour les trains lents.

Le dévers pratique est : **dp = 1000×C / R**. (**d** en mm, **R** en m).

Coefficient de devers C :

La valeur de C doit être une multiple de 15 et doit répondre à la relation suivante :

$C = 0{,}006 \times V_r^2$ Ou C = Rmin × d(Rmin)/1000

A.N : $C = 0{,}006 \times V_r^2$ C=90

III.2.5.2.2. Dévers théorique (d_{th}):

Afin de réduire la force centrifuge, il est nécessaire de surélever la file du rail extérieur au niveau de l'autre, d'une valeur appropriée. C'est le dévers d'équilibre. Il est exprimé en mm, La valeur du devers théorique sera donnée par la relation suivante :

$$d_{th} = \frac{11{,}8 \times V^2}{R}$$

Avec (d en mm, R en m et V km/h).

Tableau III.2 Valeurs limites du dévers en pleine courbe selon référentiel technique de SNTF

Valeur maximale normale (mm)	**110**
Valeur maximale exceptionnelle (mm)	130

III.2.5.3. L'insuffisance de dévers

Lorsque le dévers pratique d_p installé est inférieur au dévers théorique d_{th} nécessaire pour compenser l'accélération centrifuge, il subsiste une accélération résiduelle correspondant à la différence d_{th}-d_p. Cette différence est appelée insuffisance de dévers I, sa valeur maximale se détermine en fonction des conditions de confort et donnée par :

$$I = \frac{11{,}8V_r^2}{R} - d_p \text{ [mm]}$$

Tableau III.3 Valeurs limites de l'insuffisance de devers selon référentiel technique de la SNTF

Valeur maximale normale (mm)	**150**
Valeur maximale exceptionnelle (mm)	160

III.2.5.4. Variation de l'insuffisance de dévers

Lors du passage d'un train d'un alignement à la pleine courbe et si la vitesse du train est supérieure à la vitesse d'équilibre, le voyageur va subir peu à peu l'action de la force centrifuge non compensée dû à l'insuffisance de dévers.

Le taux de variation d'insuffisance de dévers doit être limité pour permettre une adaptation progressive et si possible inconsciente du voyageur à ces effets. Cette variation d'insuffisance de dévers « ΔI » pendant un temps « Δt » s'exprime en (mm/s), elle s'écrit :

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

Tableau III.4 valeurs limites de la variation de devers selon la SNTF

Valeur limite normale (mm)	**160**
Valeur limite exceptionnelle (mm)	180

III.2.5.5. L'excès de dévers

Lorsque la vitesse d'un train en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers pratique, ce dernier est soumis à une force centripète non compensée. Le dévers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieur de la courbe. On appelle excès de dévers la différence entre le dévers théorique des trains lents et le dévers normal :

$E = d_p - \frac{11{,}8 \times Vm^2}{R}$ [mm].

En Algérie, la SNTF utilise les valeurs suivantes pour les voies courantes dont la vitesse est inférieure à 220 km/h.

Tableau III.5 Valeurs limites de l'insuffisance du dévers Imax selon référentiel technique de la SNTF.

Valeur limite normale	**50[mm/s]**
Valeur limite exceptionnelle [mm/s]	60

III.2.5.6. Variation de dévers

III.2.5.6.1. Variation en fonction de la longueur (Δd/Δl)

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

Pour régler le problème, on doit limiter cette rampe par unité de longueur, le rapport (Δd/Δl) appelé « gauche » exprime cette variation en (mm/m) , La formule qui nous donne cette variation est :

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{3{,}6 \times \Delta d}{V_m \times \Delta t} = \frac{d}{L} \qquad \text{[mm]}$$

Selon la SNTF sa limite est donnée en fonction de la vitesse comme suit :

Tableau III.6 Limite de variation de dévers en fonction de la longueur recommandes selon référentiel technique de SNTF.

Valeur limite normale	**180/V**
Valeur limite exceptionnelle	216/V

III.2.5.6.2. Variation en fonction du temps (Δd/Δt)

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

$$\frac{\mathbf{\Delta d}}{\mathbf{\Delta t}} = \frac{\mathbf{d \times V_r}}{\mathbf{3{,}6 \times L}} \qquad \mathbf{[mm/s]}$$

Tableau III.7 Valeurs limites de variation du divers en fonction du temps selon référentiel technique de SNTF

Valeur maximale normale	**75 mm/s**
Valeur maximale exceptionnelle	90 mm/s

III.2.5.7. Rayon minimale normale (R_{min})

Les paramètres à prendre en considération pour la détermination des rayons de courbure minimaux sont :

- Les vitesses maximales et minimales d'exploitation.
- Le dévers appliqué ou dévers normal.
- Les valeurs limites d'insuffisance et d'excès de devers.

Il est calculé par cette formule :

$$R_{min} = \frac{11{,}8 \times V_r^2}{d_{(Rmin)} + I_{max}}$$

AN:

$$R_{min} = \frac{11{,}8 \times 120^2}{160 + 150} = 548{,}12\text{m , on retient un rayon minimal de } 600\text{m}$$

R_{min}= 600 m

Avec : d_{max}=160 mm

Tel que : $d = \frac{V_r^2 \times E_{max} + V_m^2 \times I_{max}}{V_r^2 - V_m^2}$

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

A.N:

$$d = \frac{120^2 \times 110 + 80^2 \times 150}{120^2 - 80^2} = 318\ mm > 160mm\ donc\ on\ opte\ pour\ un\ d = 160mm$$

III.2.5.8. Longueur de la clothoïde

La longueur de clothoïde doit être déterminée à partir de cette formule :

$$\frac{D}{L} \leq R_p$$

III.2.6. Calcul des paramètres et application numérique sur le projet

Les valeurs calculées pour notre projet respectent les valeurs limites exigées par le référentiel technique de SNTF.

On a les données **SNTF** du projet :

Tableau III.8 les valeurs limites normales et exceptionnelles pour les paramètres du tracé

Valeurs limites admissibles	Normales	Exceptionnelles
Devers maximum	dmax=160mm	180mm
Variation de devers en fonction du temps	$\frac{\Delta d}{\Delta t}$=50mm/s	60mm/s
Variation de devers en fonction de la longueur	$\frac{\Delta d}{\Delta l}$=1,5mm/m	1,8mm/m
Variation de l'insuffisance de devers	$\frac{\Delta I}{\Delta t}$=75mm/s	90mm/s
Longueur minimale des éléments	L_{min}=60m	40m
Excès de devers	E=110mm	130mm
Insuffisance de devers	I=150mm	160mm

Dans le cadre de notre projet on a utilisé 3 rayons R1=600m, R2=1000m et R3= 800m.

Les résultats récapitulatifs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau III.9 calcul des différents paramètres pour chaque rayon

Coefficient de devers C	90	90	90	Vérification
Rayon R (m)	600	1000	800	≥ 600
Devers pratique d_p (mm)	150	90	140	< 160
Devers théorique d_{th} (mm) voyageurs	283,2	169,92	212,4	/
Devers théorique d_{th} (mm) marchandises	125,86	75,52	94,4	/
Longueur de clothoïde L (m)	110	80	100	/
Insuffisance de devers I (mm)	143,3	79,92	80,4	<150
Excès de devers E (mm)	24,11	14,48	45,6	<110
Variation de devers (mm/m)	1,36	1,125	1,4	< 1,5
Variation de l'insuffisance de devers (mm/s)	**43,42**	**33,3**	**26,8**	**< 75**

Tableau III.10 Éléments géométriques de l'axe en plan

Parabole 1 **R= 600 m**	**Alignement (m)**	**1031.573**
	RP_1(m)	110.000
	Courbe C_1 (m)	507.512
	RP_1(m)	110.000
Parabole 2 **R= 1000 m**	Alignement (m)	2512.497
	RP_1 (m)	80.000
	Courbe C_1(m)	634.891
	RP_1 (m)	80.000
Parabole 3 **R= 800 m**	Alignement (m)	5993.700
	RP_1 (m)	140.000
	Courbe C_1(m)	773.651
	RP_1 (m)	140.00

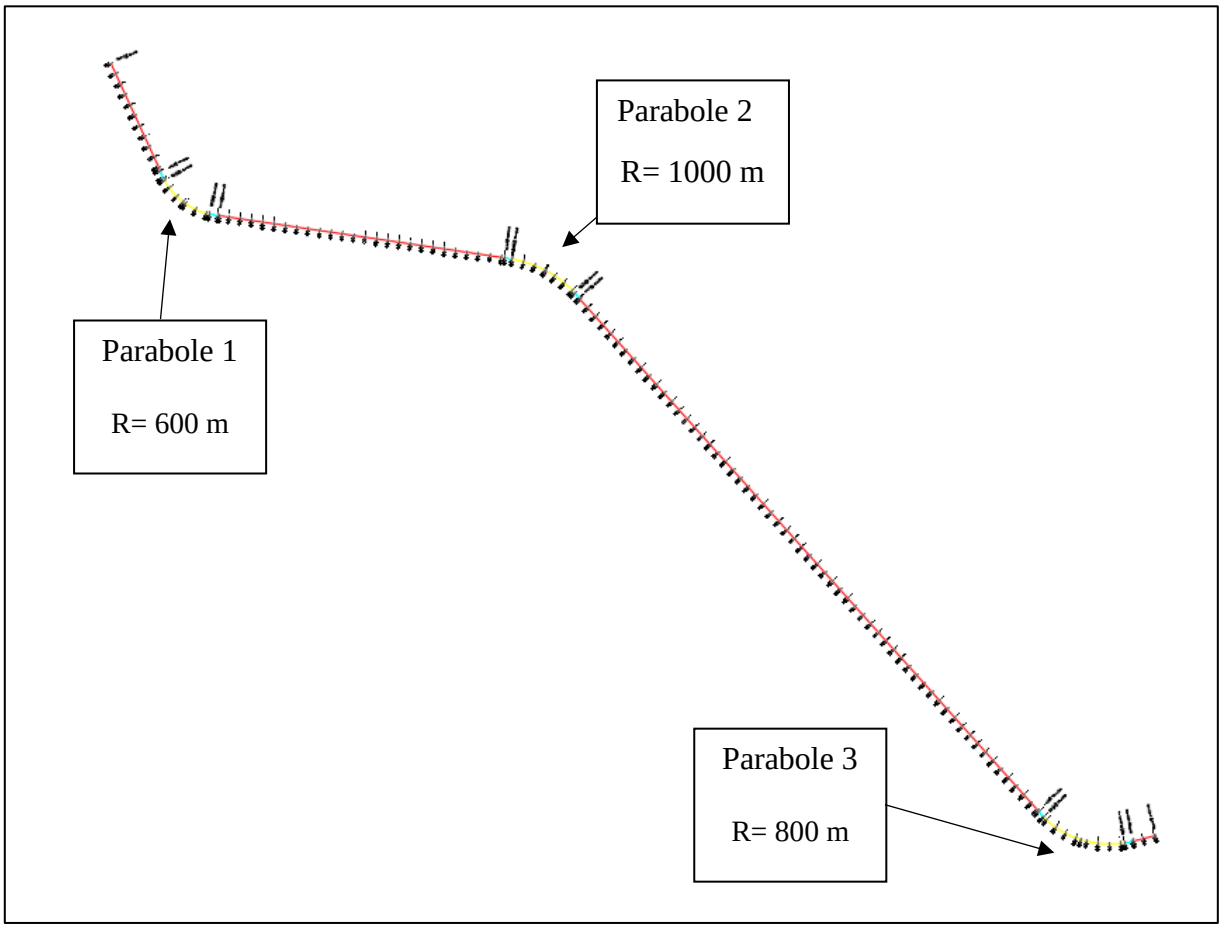


Figure III -2 Le tracé en plan

III.3. PROFIL EN LONG

III.3.1. Introduction

Le profil en long est une coupe verticale fictive passant par l'axe de la voie, développée et représentée sur un plan avec une échelle. Il est constitué de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires.

III.3.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Le profil en long est établi sur l'axe de l'ouvrage dans la zone souterraine, et prolongé de tel façon qu'on assure la même pente de la sortie du tunnel vers la zone aérienne. Et pour le bon tracé du profil en long il faut respecter les règles suivantes :

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles.
- Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long et les rayons en tracé en plan.
- Ne pas dépasser les déclivités maximales.
- Respecter les pentes minimales pour assurer un bon écoulement des eaux.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Eviter les hauteurs excessives en remblai et respecter les hauteurs maximales en déblai.

En voie ferrée, on recherche toujours à avoir les paliers dans le tracé pour faciliter la traction du train.

III.3.3. Éléments géométriques du profil en long

• Pente : tronçon de voie où l'altitude est décroissante dans le sens de circulation (descente).

• Rampe : tronçon de voie où l'altitude est croissante dans le sens de circulation (montée).

• Palier : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.

• Courbes de raccordement verticales : ce sont des arcs de cercles qui assurent la liaison entre les éléments de la ligne rouge

III.3.3.1. Déclivités maximales :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Une déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale, appelée pente pour les descentes et rampe pour les montées.

Ces dernières doivent respectés les recommandations exigées par le référentiel du SNTF en raison de sécurité́ et de confort dont :

1. Pour une longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰. Et Exceptionnellement 18‰.

2. Pour une longueur compris entre 3000 m et 15000 m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ a 13‰, exceptionnellement de 18‰ a15‰.

3. Pour une longueur supérieure à 15000m, elle ne doit pas dépasser 13‰. Et exceptionnellement 15‰.

III.3.3.2. Longueur minimale des éléments du profil :

Afin de permettre l'amortissement des oscillations des suspensions, il convient de définir une longueur minimale des éléments :

Tableau III.11 Valeurs limites de la longueur minimales selon référentiel technique de SNTF

Valeur maximale normale (m)	Vr/2=60
Valeur maximale exceptionnelle (m)	Vr/2,5=48

Sauf cas exceptionnel il ne doit pas y avoir d'interférences entres les courbes de transition en plan (clothoïde) et les courbes de raccordement en profil en long (raccord circulaire).

III.3.3.3. Rayon de raccordement en profil (raccord circulaire)

La succession de deux déclivités en profil en long nécessite un raccordement circulaire permettant d'assurer le confort et la sécurité en réduisant l'accélération centrifuge due à la vitesse des véhicules, les raccords de déclivité du profil en long doivent respecter les valeurs de rayon du tableau suivant :

Tableau III.12 Valeurs limites de rayon minimal vertical du profil en long selon référentiel technique de SNTF

Valeur maximale normale (m)	0.35 V^2 =5040
Valeur maximale exceptionnelle (m)	**0.25 V^2 = 3600**

Tableau III.13 Résultats de divers paramètres utilisés pour le profil en long

Paramètres géométriques du profil en long		
Rayon de raccordement minimal utilisé (m)	60	48
Longueur minimale de déclivité (m)	5040	3600
Pente maximale (‰)	16	18

III.3.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long

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

- ✓ Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long avec les rayons en tracé en plan.
- ✓ Ne pas placer une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan.
- ✓ Eviter de coïncidence un raccordement progressif avec un rayon vertical.

Tableau III.14 Éléments géométriques du profil en long

N	Pk	Déclivité (‰)	Rayon (m)	Longueurs (m)
1	0+000.00m	00,0	10423.629m	140.174m
2	1+278.09m	-13,4	8000.000m	103.764m
3	4+173.23m	-0,5	10036.330m	165.372m
4	4+728.00m	16,0	10000.000m	260.070m
5	7+648.03m	-10,0	10017.273m	169.097m
6	9+248.40m	6,9	10036.910m	229.486m
7	10+093.66m	-16,0	1499.999m	0.025m
8	11+122.64m	-16,0	8488.700m	158.754m
9	12+002.99m	2,7	/	/

III.4. PROFIL EN TRAVERS

III.4.1. Définition

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée. Un projet ferroviaire comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé profil en travers type contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs.

III.4.2. Les éléments du profil en travers

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

III.4.3. Profil en travers type

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles voies ou l'aménagement des voies existences.

Il contient et détaille d'une manière précise tous les éléments constituants la voie, dans toutes les situations (remblai, déblai, mixte), notamment les dimensions de la voie, ses dépendances, la structure de la couche d'assise, sa composante ainsi que les épaisseurs.

Il doit donc indiquer les éléments suivants :

1. Éléments d'infrastructure :

- Les épaisseurs et la nomination de chaque couche.
- Les pentes de chaque couche.
- La pente latérale de la plate-forme.

2. Éléments de superstructure :

- La distance entre les axes des deux voies.
- L'épaisseur du ballast.

- La longueur des butées du ballast.
- La valeur du devers maximale en courbe.

3. Éléments du talus :

- La pente de chaque talus qui est de 3H/2V.
- Les ouvrages de consolidations éventuelles.

4. Éléments d'assainissement :

- Type et dimension du fossé ou des drains.

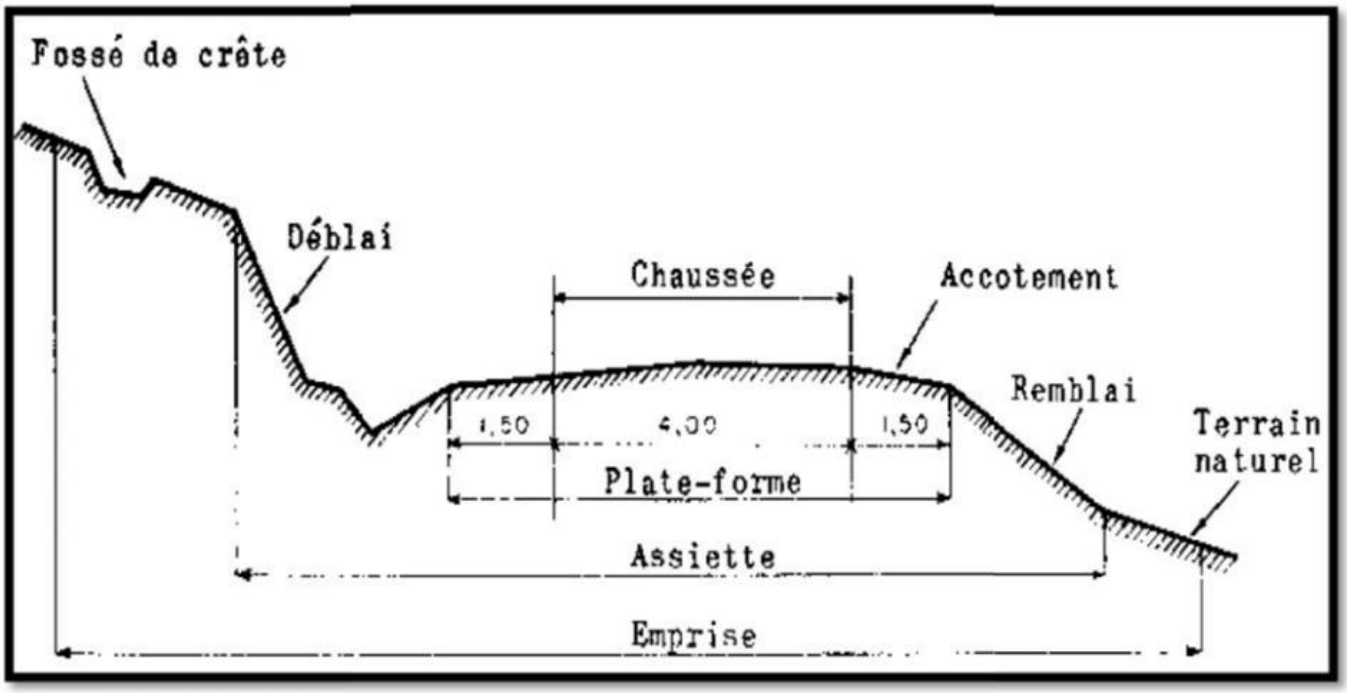


Figure III -1 les éléments du profil en travers **[8]**

III.4.4. Les profils en travers affectés au projet

Pour notre projet, on a opté pour les sections de profils en travers types exigées par La SNTF:

Tableau III.15 Caractéristique du notre profil en travers.

Type de ligne	Voie unique mixte électrifiée
Type de rails	UIC-60 E1
Écartement de la voie	1.435 m (standard)
Largeur de la plate-forme	8 m
Pente latérale de la plate-forme	4%
Pente latérale de la couche du ballast	3H /2V
Épaisseur du ballast	30cm
Épaisseur du sous-ballast	20 cm
Epaisseur de la couche de fondation + forme	50 cm
Fossé trapézoïdale	b= 0.60 m ; h= 0.50 m avec une berme de 3H/2V

Les talus de remblai et de déblais auront des pentes définies selon les différents types du sol (voir ci-après étude géotechnique)

Dans les zones de déblais, des fossés capteurs sont prévus à côté du corps de la voie pour l'évacuation des eaux de ruissellement. De même, pour la protection des pieds de talus de remblai contre le trempage, des fossés d'écoulement ont été prévus.

Tous les ouvrages d'art seront conçus pour une ligne à voie unique, à écartement standard, à vitesse maximale de 120km/h.

Au niveau des gares, le nombre des voies et les distances entre les voies peuvent varier. Le gabarit GC détermine l'aire à réserver aux véhicules, aménagement des quais et espaces de sécurité. De chaque côté des voies, des éléments garde ballast, des conduites pour câbles, des trottoirs et des garde-corps ont été pris en considération. Sur les ponts, comme dans les sections de pleine voie, un ballastage est prévu.

L'épaisseur de chaque couche de la plateforme est définie selon le rapport géotechnique Les détails du profil en travers type en section courante se trouvent dans les figures suivantes :

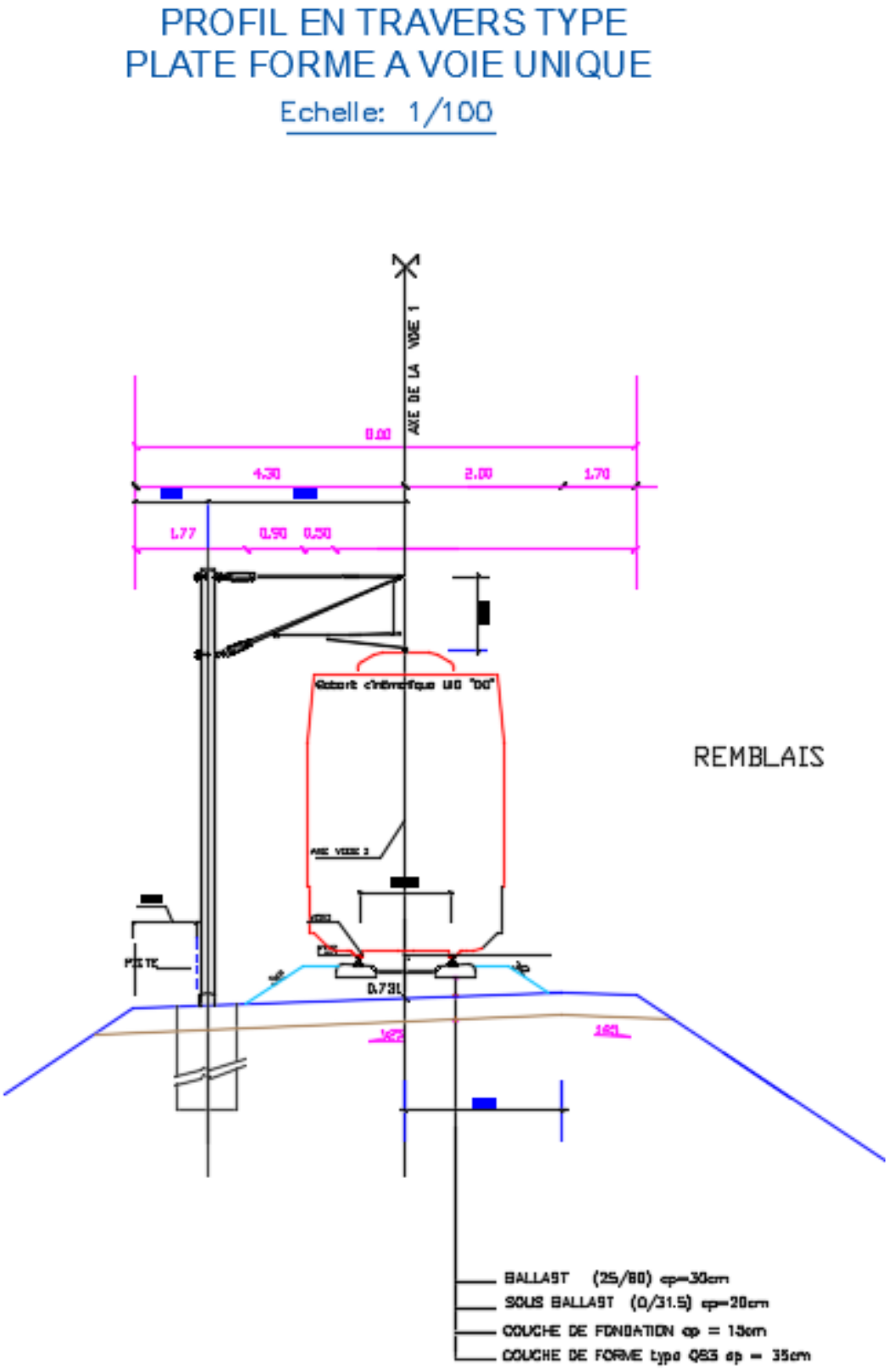


Figure III-2 Profil en travers type en remblais

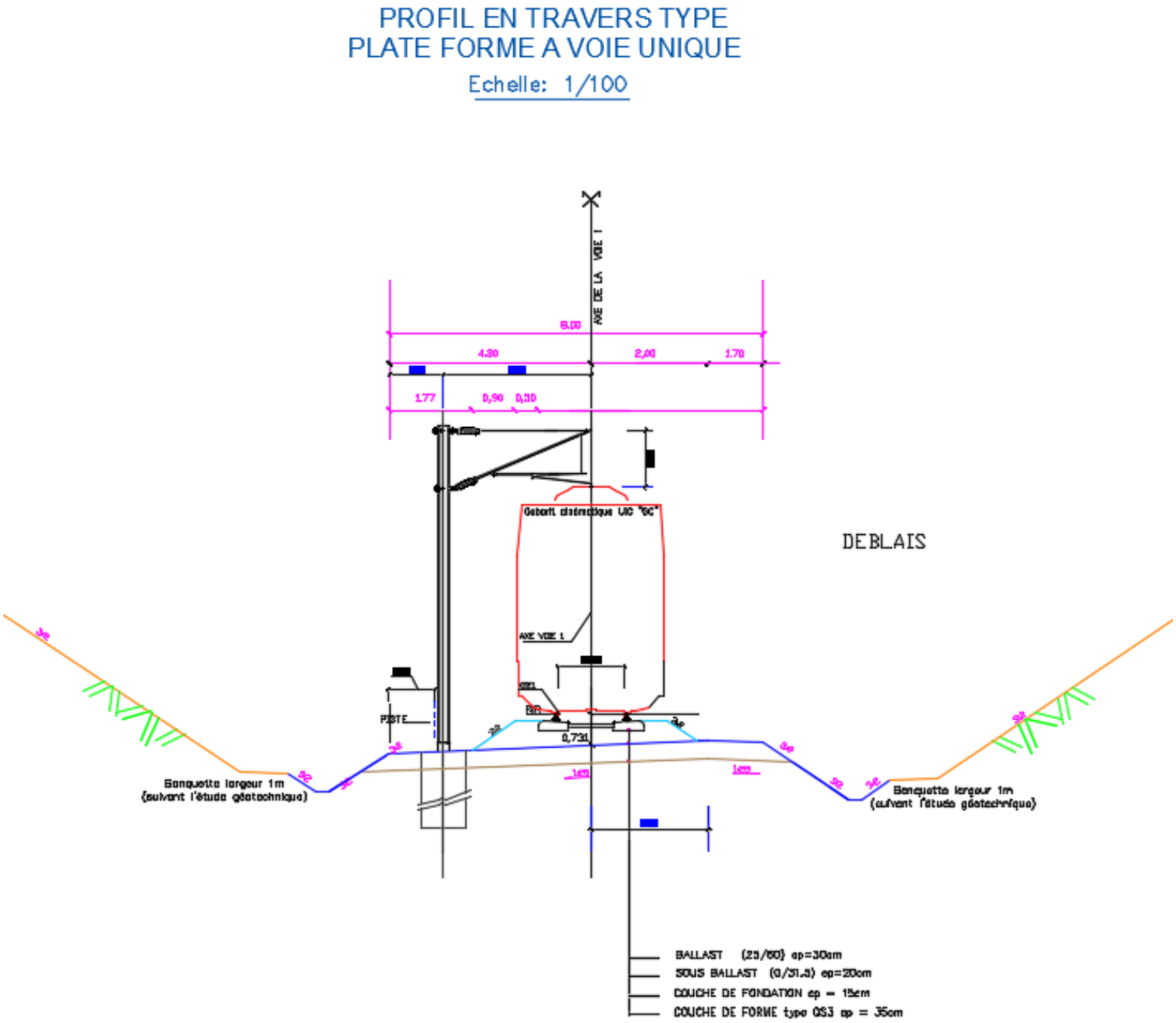


Figure III-3 Profil en travers type en déblais

III.4.5. Calcul des cubatures

Les cubatures de terrassement présente l'évolution des quantités de terre (volume) à déblayer et celle à remblayer, dans le but d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet.

- Les cubatures des terrassements sont calculées après définition du terrain naturel, et du projet par : un tracé en plan et un profil en long.

Le calcul des cubatures nous permet d'établir le calcul du devis quantitatif estimatif, il a été fait à l'aide du logiciel « CIVIL 3D ».

Tableau III.16 récapitulatif des cubatures.

Matériaux	Volumes (m3)
Remblais	285115.5
Déblais	283191.5 ou 9757.7
Arable	19779.54
Végétale	66706.49
Couche de fondation	15754.37
Couche de forme (GNT)	33676.39
Sous-Ballast	19255.34
Ballast	26257.29

III.5. CONCLUSION

Les résultats et la méthode de calcul sont conformes aux normes de l'UIC et aux exigences du référentiel technique de la SNTF.

CHAPITRE IV
Etude Géologique et Géotechnique.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

IV.1. INTRODUCTION

L'étude géologique a pour objectif de prévenir tous les risques naturels (chute de bloc, glissement de terrain, inondation, sismicité, phénomène de retrait-gonflements des argiles, remontée de nappe phréatique, tassement excessif de sol compressible…) qui pourraient déstabiliser l'ouvrage et ceux environnants.

La géotechnique est une science expérimentale qui se fait en partie sur les données recueillies lors des essais in situ et en laboratoire.

L'étude géotechnique du site s'est basée essentiellement sur la description géomorphologique et lithologique, l'interprétation des mouvements gravitaires et l'estimation des tassements, le recensement des gîtes a matériaux et en fin le dimensionnement de l'assise.

IV.2. APERÇUE GEOLOGIQUE

IV.2.1. Topographie du site

La topographie de notre région d'étude est très peu accidentée par rapport aux autres gisements dans la région de Bir El Ater. Le relief est caractérisé par de hauts plateaux bien dégagés et disloqués et de basses montagnes ; de larges vallées succèdent à des massifs montagneux et à quelques chaînes isolées surtout à l'Est de la zone d'étude et s'abaissent en allant vers le Sud-Ouest et qui sont comprises entre 770 et 720 mètres.

IV.2.2. Cadre géologique de la zone d'étude

Le projet de l'embranchement de la région de Bled el Hadba se situe dans la commune de Bir El Ater Wilaya de Tébessa. Elle est située au Sud-Est de l'Algérie, sur le territoire de la wilaya de Tébessa, à 100 kilomètres au Sud de chef- lieu, et à 20 km de la frontière Algéro-Tunisienne, sur la route qui relie Tébessa à El Oued.

La région de Bir El Ater constitue la limite géographique naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le domaine saharien. Le massif du Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20 Km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya.

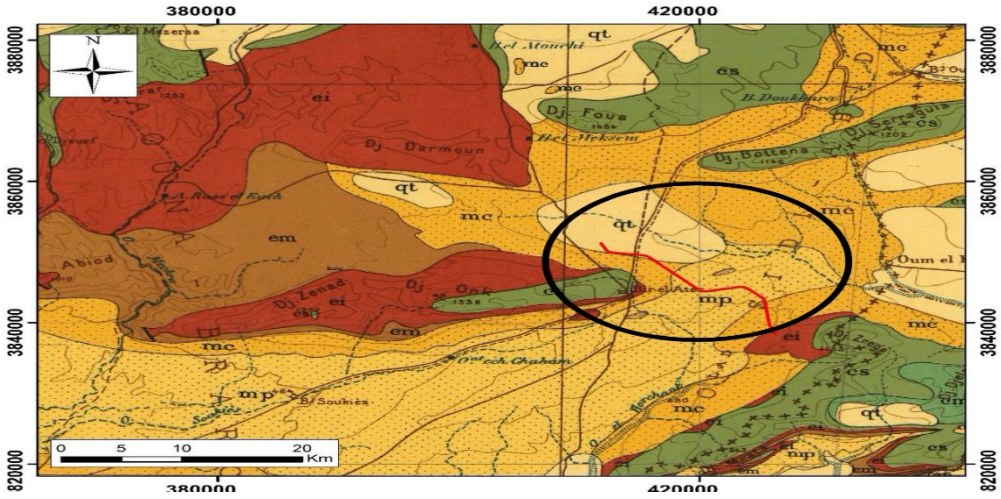


Figure IV-1 carte géologique du tracé [5]

Ce massif constitue l'extrémité orientale des monts des Nememcha qui prolongent vers l'Est de massif des Aurès.

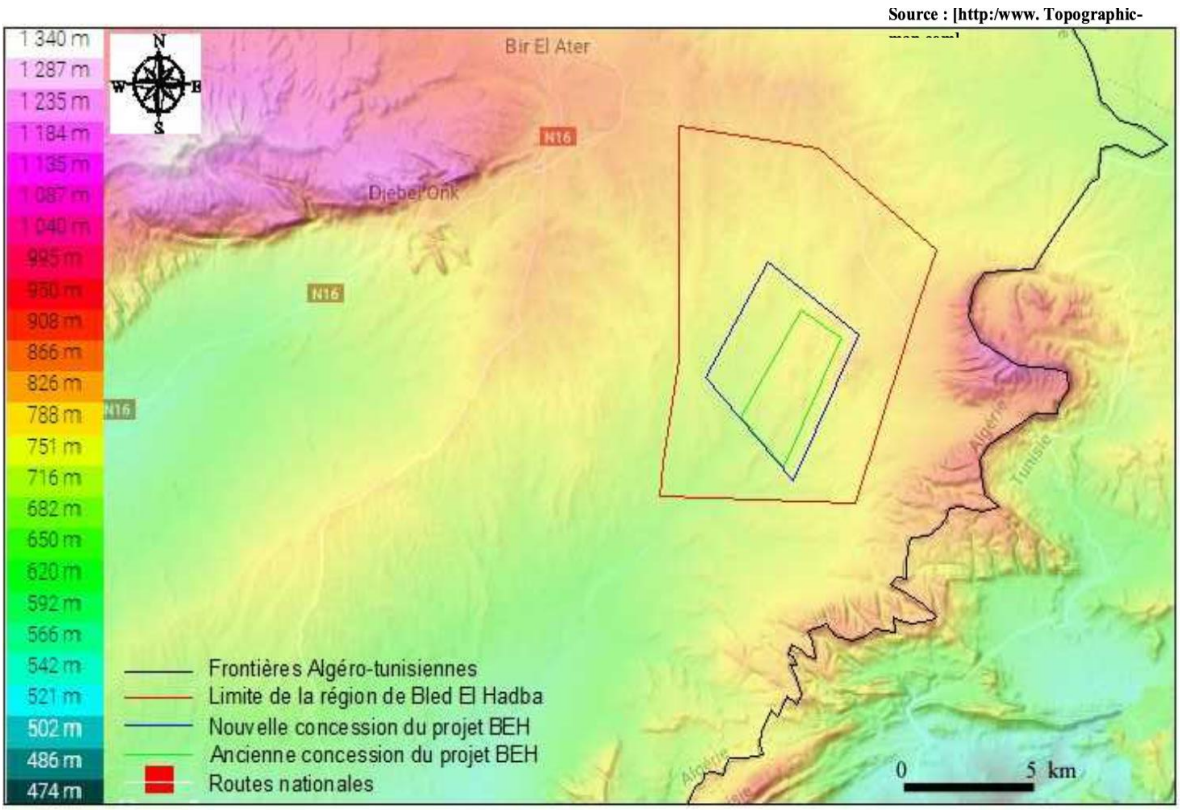


Figure IV-2 Caractérisation géomorphologique du secteur d'étude [6]

IV.2.3. Cadre lithologique

La série sédimentaire affleurant dans la région de Bir El Ater est exprimée par une succession stratigraphique allant du crétacé supérieur (Maestrichtien) à l'Eocène moyen (Lutétien), surmonté par une série sablo-argileuse continentale datée du Miocène et du Quaternaire.

IV.2.3.1 Les formations crétacées

- Maestrichtien C6 Les sédiments de cet âge, affleurent au cœur de Djebel Onk. Ils sont représentés par des massifs de calcaires blancs avec des intercalations marneuses au cœur de l'anticlinal de djebel Onk. Le sommet est marqué par une surface ferrugineuse et taraudée.

- Campanien – Maestrichtien Basal (C^{5-6}) Les sédiments de cet âge, affleurent au périclinal de djebel Zrega à l'Est de Blad El Hadba. Ils sont constitués de calcaires marneux, de calcaires et de marnes en alternance.

- Santonien – Campanien inférieur à moyen (C^{5-4}) Les sédiments de cet âge, affleurent au périclinal de djebel Zrega à l'Est de Blad El Hadba. Ils sont constitués d'argiles et des calcaires blancs.

- Turonien – Coniacien (C^{2-3}) Les sédiments de cet âge, affleurent au périclinal de djebel Zrega à l'Est de Blad El Hadba. Ils sont constitués d'argiles, de calcaires, des lumachelles et des calcaires à rudistes.

IV.2.3.2 Les formations Paléogène

IV.2.3.2.1 Formations paléocènes

Ce sont des sédiments marins représentés par des calcaires, des phosphates et de gypse, dans la région, le Paléogène atteint d'assez grandes épaisseurs de 350 m, les variations lithologiques et les restes des organismes ont permet d'en faire les subdivisions stratigraphiques suivantes :

IV.2.3.2.2 Danien

Il est différent du Crétacé, il est conventionnellement adopté au contacte calcaire Maestrichtien série argilo – marneuse. Cette différence lithologique est présentée par une subdivision en deux séries distinctes, où on note la séparation entre le Danien supérieur et le Danien inferieur. L'épaisseur totale du Danien est d'environ 100 m :

- Danien inférieur : Il est représenté par des argiles marneuses schisteuses, de couleur grise foncée à brun vert, intercalé par des marnes dures et irrégulières. L'ensemble est traversé par des filons de gypses de différentes orientations.

- Danien supérieur : Il est formé par des calcaires durs blancs, très fins souvent à cassure conchoïdale, avec des intercalations de marnes tendres, argileuses et schisteuses. Dans la partie supérieure du Danien, on note la présence d'un banc caractéristique de 1 à 2 m d'épaisseur, formé de calcaire beige à lumachelle surmontés par des marnes en plaquettes blanches. C'est dans cet étage qu'apparaissent les premiers minces niveaux (10 à 30 cm) de marne phosphatée.

IV.2.3.2.3 Montien

Cet étage est marqué par la présence d'une série de calcaire, calcaires détritiques, calcaires à lumachelle avec des intercalations de marne et dolomie, ces sédiments se caractérisent par une absence ou une faible quantité de silex. Les huîtres sont abondantes, en bancs gris à noire.

IV.2.3.2.4 Thanétien

C'est l'horizon porteur de la minéralisation. Il est visible sur le flanc de l'anticlinale de Djebel Onk avec une épaisseur de 72 m. Il se subdivise en deux parties :

Thanétien inférieur : Caractérisé par des schistes marneux irrégulièrement intercalés de calcaire. Ces schistes sont de couleur grise foncée à noir. A la base, on trouve des conglomérats à gastéropodes, et des minces passées phosphatées et d'une série d'intercalation de marnes à faunes caractéristiques riche en matière organique. Dans la partie supérieure du Thanétien inférieur apparaissent des intercalations phosphatées atteignant jusqu'à 2 m d'épaisseur, et très riche en matière organique surmontées par des calcaires et des marnes à gros gastéropodes. La puissance varie de 30 à 40 m.

Thanétien supérieur : il débute par un niveau dolomitique à gastéropodes, sous – jacent à une couche phosphatée de 30 m d'épaisseur en moyenne à Djebel Onk et à Bled El Hadba, et qui diminue jusqu'à la disparition vers le Nord, l'Ouest et le sud de ce gisement de termine généralement par un niveau lumachelliques. La limite entre le Thanétien et l'Yprésien est obtenue seulement par le changement du faciès phosphaté à celui de calcaire marneux à une épaisseur de0 à 50 m.

IV.2.3.3 Formations Eocènes

Les sédiments de cet âge reposent directement sur les dépôts du Thanétien et affleure dans la carrière de Djemi –Djema et au Nord du Djebel Onk, il a une épaisseur de 32 m, on note :

IV.2.3.3.1 Yprésien inférieur

Il est représenté à la base, par des conglomérats marquant la limite avec le Thanétien et sous – jacent une couche à alternance de calcaire, marne, dolomie et de la couche phosphatée. On note la présence de couches minces de silex dans les calcaires. L'épaisseur moyenne de l'Yprésien Inferieur est de 30 m au maximum.

IV.2.3.3.2 Yprésien supérieur

Il est constitué par l'alternance de calcaires, calcaire dolomitique et marnes, sa puissance est de 2 à 3 m.

IV.2.3.3.3 Lutétien

Les formations de cet étage recouvrent en concordance les séries Yprésiennes ; elles sont répandues dans la région de Djebel Onk, on distingue :

- Lutétien inférieur : il est marqué par un changement de faciès ou les marnes remplacent le calcaire, il est assez riche en matière organique.

- Lutétien supérieur : il est représenté par une alternance de marnes blanches et d'argiles, il est caractérisé par la présence de gypse, son épaisseur peut atteindre 100 m, ce type de faciès termine le cycle de la sédimentation marine Tertiaire inferieur (Paléogène).

IV.2.3.4 Les formations miocènes

La datation des roches de Miocène a été faite grâce à la découverte des rares fossiles (HelixTissiti), il est formé essentiellement par des sédiments représentés par des roches terrigènes (conglomérats, grès, sables, argile) et des schistes argilo – gréseux. Tandis que les sédiments de la région de Bled El Hadba sont composés de nombreux fragments silicifiés.

Le Miocène est subdivisé en trois unités de bas en haut :

Miocène inférieur : débute par des conglomérats, sable à gros grain présentant une épaisseur d'une dizaine de centimètres à quelque mètre, surmontés par des sables blancs avec intercalation d'argile bruns, ou gris beige, sa puissance atteint plus de 200 m ;

Miocène moyen : il est constitué d'argile marron, d'argile à structure schisteuse, brune, la puissance est d'environ 100 m ;

Miocène supérieur : on constate la présence des sables, grès à blanc de graviers, le matériel est très grossier nettement stratifié.

IV.2.3.5 Les formations quaternaires

Les formations Quaternaires couvrent de vastes surfaces dans la région ; elles sont essentiellement représentées par des éboulis, de dépôts sableux éoliens, fluviaux et des dépôts alluviaux. Les formations Quaternaires couvrent de vastes surfaces dans la région ; elles sont essentiellement représentées par des éboulis, de dépôts sableux éoliens, fluviaux et des dépôts alluviaux.

- Qc : croutes calcaires
- Qt2 : glacis ancien
- eA : éventails alluviaux
- Q : limons horizontaux des fonds des vallées
- A : alluvions actuelles et lits majeurs des oueds.

IV.2.4. Cadre sismique

Le territoire national est subdivisé en quatre zones de sismicité croissante, définies sur la carte de zonage sismique ci jointe (d`après la RPA 99/2003), on distingue :

Zone 0 : sismicité négligeable ; Zone I : sismicité faible ;

Zone IIa, IIb : sismicité moyenne ; Zone III : sismicité élevée.

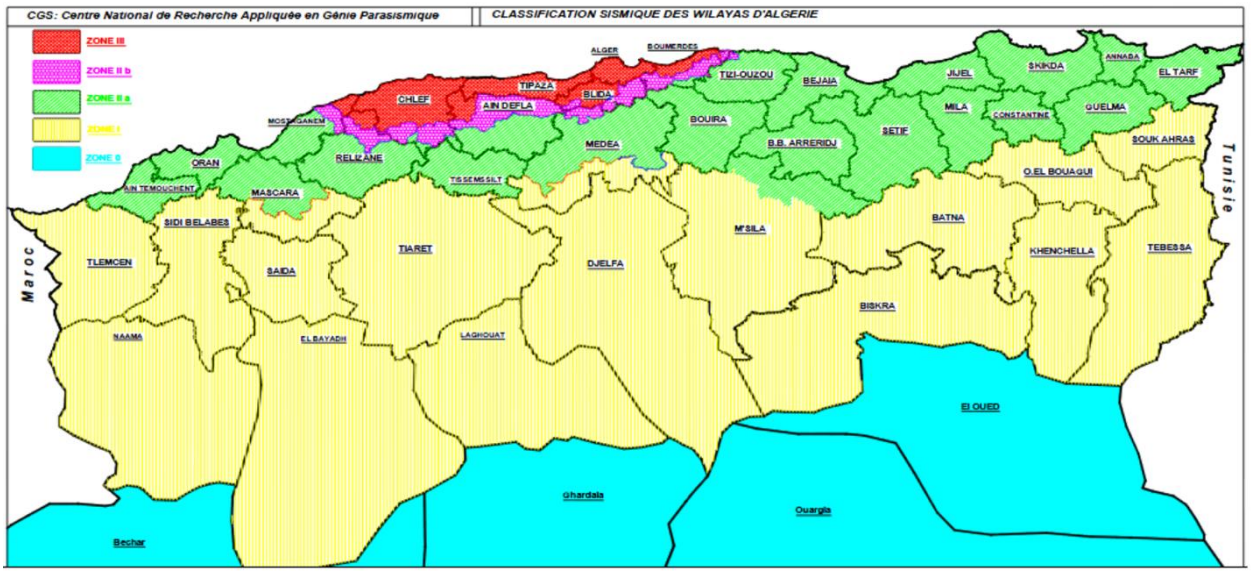


Figure IV-3 Carte de zonage sismique de l'Algérie du Nord établie après le séisme du 21 mai 2003. [7]

D'après ce découpage, le projet est situé dans une région ayant une activité sismique faible (Zone I).

• **Coefficient d'accélération de zone**

Le coefficient d'accélération de zone A est défini en fonction de la zone sismique et de l'importance du pont, est indiqué dans e tableau ci-dessous :

Tableau IV.1 Coefficient d'accélération de la zone A.

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**

En Conclusion, le projet est situé sur une zone sismique de classe « I » à faible sismicité. Le coefficient d'accélération retenu pour les calculs de stabilité est A = 0,15 qui correspond aux ouvrages de groupe 1 (Pont stratégique) vu que le présent projet correspond à une liaison ferroviaire.

IV.2.5. Cadre tectonique

La région de Bir El Ater appartient à l'extrémité orientale de l'Atlas Saharien. La série supérieure de l'Eocène du bassin de Djebel Onk est structurée en une suite d'anticlinaux et de synclinaux dissymétriques, généralement faillés dans leurs flancs, d'axe le plus souvent SW-NE et décrochés par des accidents transverses

N120°à N 140°E.

La chronologie des déformations responsables de la structuration actuelle est résumée en 3 phases essentielles :

- Tectonique synsédimentaire
- Tectonique post-Eocène moyen et anti-Miocène
- Tectonique tardi-Miocène à Pliocène-Pléistocène

IV.2.6. Sectorisation Géologique

Les formations géologiques traversées par le projet de l'embranchement de Blad El Hadba sont des formations quaternaires et miocènes. La sectorisation géologique du tracé du projet est résumée comme suit :

Du PK 08+925 au PK 09+000 : Quaternaire, Limons horizontaux des fonds de vallées :Les limons sont clairs assez fins, organisés en surfaces assimilables à une basse terrasse.

Du PK 09+775 au PK 11+500 : Miocène , Des argiles rouges et des grès mal consolidés : Le matériel gréseux, fortement hétérométrique (de quelques dixièmes de mm jusqu'à des dragées de 2 cm) est mal cimenté et fortement éolisé. En surface, seuls sont visibles des sables ocres ou rougeâtres.

IV.3. RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE

Ce sont des reconnaissances qui permettent de définir l'ensemble des caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques des terrains en place.

Leur but est de fournir les éléments nécessaires pour les études et les travaux de terrassement et de fondation.

L'ensemble des travaux réalisés et les résultats obtenus de la campagne géotechnique ont été synthétisés et exposés de telle manière à déterminer :

- La nature et les propriétés des sols en place avec la classification des matériaux ;
- Le dimensionnement de la structure de plateforme ferroviaire ;
- L'identification et la localisation des problèmes et/ou des contraintes techniques du point de vue géologique rencontrés le long du tracé ;
- La définition des zones d'emprunt, ainsi que les carrières pour granulats et ballast ;
- Les propositions relatives aux modes de fondations des différents ouvrages à construire;

IV.3.1. Essais in situ

La campagne géotechnique sur le terrain a été menée sur la base d'un programme de reconnaissance établi en fonction de la situation des ouvrages d'arts (ponts, viaducs, tunnels), ouvrages en terre et de terrassements envisagées le long du tracé.

Programme d'investigation géotechnique (PIG), Il comprend :

- Sept (07) Sondages carottés de 12m a 15m de profondeur équipée des piézomètres et des essais SPT.
- Quatre (04) essais de pénétration dynamique poussés jusqu'au refus.
- Cinq (05) puits de reconnaissances creusés jusqu'à une profondeur de 4 m.
- Des essais de laboratoires ont été réalisés sur des échantillons intacts et remontés prélevés des sondages carottés et puits de reconnaissances.

IV.3.1.1. Les puits de reconnaissance

05 puits de reconnaissance pour l'étude géotechnique du tronçon étudié ont été réalisés.

La localisation des puits sont présentés dans le tableau suivant :



Figure IV- 4 Puits de reconnaissance exemple de photo [9]

Tableau IV.2 Tableau récapitulatif des puits de reconnaissances [9].

Type d'ouvrage	PK	Puits	Coordonnées		Profondeur (m)
			X	Y	
OH	0+140	PU01-CEBH	411930	3851205	4,00
DEBLAI	6+525	PU02-CEBH	416881	3848049	4,00
DEBLAI	7+075	PU03-CEBH	417239	3847645	4,00
DEBLAI	9+800	PU04-CEBH	419068	3845606	4,00
DEBLAI	10+150	PU05-CEBH	419904	3844669	4,00

IV.3.1.2. Sondages carottés

Les sondages carottés réalisés nous ont permis de déterminer la nature des formations en place et de récupérer des échantillons intacts transmis au laboratoire pour subir les différents essais physiques et mécaniques. Ces sondages sont équipés d'un piézomètre pour mesurer le niveau d'eau souterraine éventuellement.

Dans ce cadre une campagne de sept (7) sondages carottés ont été prélevés le long de notre tracé et les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 Tableau récapitulatif des sondages carottés**.** [9]

Type	PK	Sondage	Coordonnées		Profondeur (m)	Description
			X	Y		
Passage supérieur	2+500	F-01-EM-BH	413972	3849728	12	Sable grossier jaunâtre avec passage de sable marneux (3.00m-3.20m)
Passage supérieur	02+950	F01-CEBH	413528	3850023	12	/
PI	4+786	F02-CEBH	415812.1351	3849474.9002	-0.3	Remblai.
					0.3 - 2.5	Sable fin argileux, noirâtre en surface, marron foncé à partir de 1.30m.
					2.5 -3.7	Sable grossier jaunâtre, graviers et cailloux.
					3.7 12	Intercalations de sable fin peu argileux, compacte avec des sables moyens lâches.
PS	7+510	F03-CEBH	417714.576	3847449.3920	-6.3	Tuf blanchâtre, dur en surface
					6.3 - 12.0	Sable argileux, marron rougeâtre, avec des concrétions carbonatés, compacte
PI	8+400	F04-CEBH	418298.8714	3846797.5736	-2.0	Tuff blanchâtre
					2.0 - 10.0	Sable fin argileux, marron rougeâtre, compacte, avec des concrétions carbonatées.
					10.0	Sable grossier, peu argileux, jaunâtre.

					-12.0	
Passage superieur	08+ 800	F-02-EM-BH	418398	3846350	-0.15	Terre végétale
					0.15 - 5.0	Sable grossier marneux jaunâtre.
					5.0 -8.0	Argile marneuse limoneuse peu sableux.
					8.0 12	Sable grossier avec passage de sable compacte (6.20m-10.00m)
Viaduc	10+ 850	F-03-EM-BH	419777	3844821	0 6.5	Sable grossier jaunâtre.
					6.5 15	Sable grossier jaunâtre avec présence bloc centimétrique de grès



Figure IV-5 Sondage F02-CEBH-Caisse n° 01/05, profondeur 0.00 à 2.50m. [9]

IV.3.1.3. Essais pressiomètres

Le pressiomètre est un essai de chargement direct, réalisé sur site, il consiste à introduire une sonde cylindrique dilatable à l'intérieur d'un forage exécuté au préalable.

Le chargement s'effectue à la suite de l'application de pression dans la sonde pour plusieurs paliers jusqu'à la fin du forage pressiométrique. Cette pression croissante agissant sur la paroi du forage donne naissance à la rupture du sol.

Trois (03) sondages pressiométriques ont été réalisés le long de notre tracé, dont leurs profondeurs varient entre 12 et 15 m.

Tableau IV.4 Tableau récapitulatif des essais pressiomètres [9]

Type	PK	Essais pressiométrique	Coordonnées		Profondeur (m)
			X	Y	
PS	4+058	SP01-CEBH	415123	3849700	15,00
PI	05+820	SP-01-EM-BH	416429	3848553	12,00
Viaduc	10+850	SP-02-EM-BH	419777	3844821	15,00

La figure ci-dessous présente la courbe pressiométrique (aussi appelée : courbe d'expansion) réalisé à de 15 m (PK 4+058 SP01-CEBH).

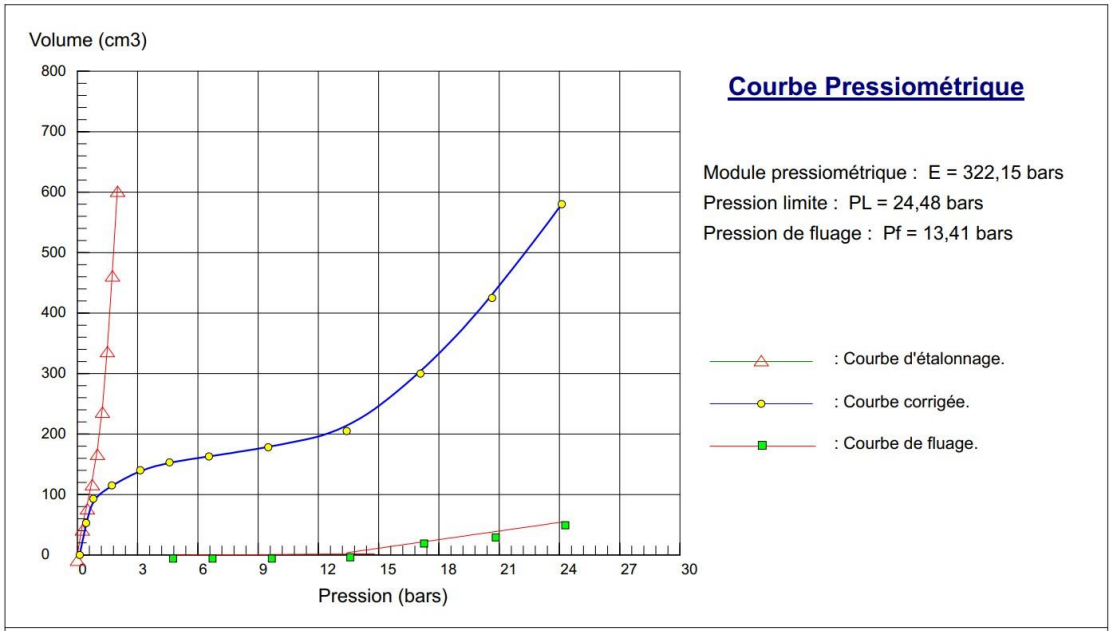


Figure IV-6 Courbe pressiométrique de l'essai SP01-CEBH profondeur de 15 m [9]

Les résultats expérimentaux enregistrés sont interprétés, les caractéristiques pressiométriques de cet essai sont :

- Module pressiométrique (E).
- Pression limite (PL).

- Pression de fluage (Pf)

IV.3.1.4. Essai Pénétromètre Dynamique

L'analyse des quatre (04) pénétrogrammes nous a permis de déterminer les observations suivantes :

Tableau IV.5 Résultats des essais de pénétration dynamique (PDL) [9]

Type	PK	Essais pressiométrique	Coordonnées		Observations
			X	Y	
OH	0+140	PDL01-CEBH	411930	3851205	Refus a 3.40 m
Passage supérieur	02+ 950	PDL-01-EM-BH	413972	3849728	Refus a 2.20 m
Passage inférieur	05+ 820	PDL-02-EM-BH	419777	3848553	Refus a 3.60 m
Passage supérieur	08+ 800	PDL-03-EM-BH	418398	3846350	Refus a 2.00 m

L'examen des résultats obtenus par les essais au pénétromètre dynamique nous permet de constater que :

- Un horizon de (0.00 à 3.40 m) : horizon à forte résistances de pointe (refus à la profondeur de 3.40m maximum avec une résistance de pointe maximale de 400 bars).

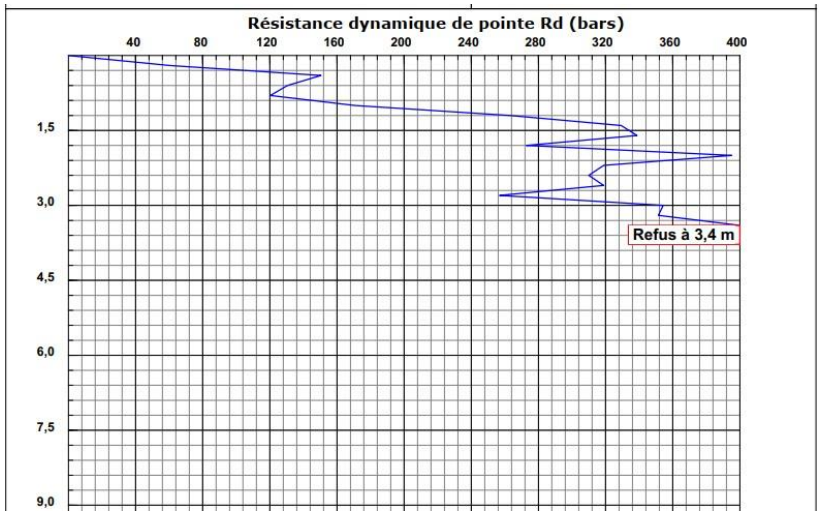


Figure IV-7 Profil d'essai au pénétromètre dynamique (PDL01-CEBH) [9]

IV.3.2. Essais au laboratoire

Les sondages carottés et pressiométriques ainsi que les puits de reconnaissance réalisés le long du tracé, ont permis de mettre en évidence une nature lithologique constituée essentiellement par quatre unités. La caractérisation géotechnique de chaque unité lithologique a été effectuée en se basant, d'une part sur la nature et l'origine de la formation géologique, d'autre part, sur

les résultats des essais in situ et de laboratoire obtenus. Les unités géotechniques considérées et affectées par le tracé se présentent comme suit :

- **Unité 01 : Tuf**
  Cette formation est rencontrée du PK 0+000 au PK 2+950, avec une faible profondeur d'environ 1.1 m, elle est constituée essentiellement de sable et gravier.

Tableau IV.6 Tableau récapitulatif des résultats de laboratoire – Unité Tuf

Limites d'Atterberg			granolu	Classement GTR
W_L	W_p	I_p	<80 µm	B6
31	18	13	21.68	

- **Unité 02 : Sable Grossier**
  Cette formation est rencontrée tout le long du tracé, avec une profondeur plus au moins importante qui peut aller jusqu'à 15m, elle est constituée essentiellement de sable grossier avec passage de sable marneux ou compacte, ou par de sable grossier avec présence de bloc centimétrique degrés, les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV.7 Tableau récapitulatif des résultats de laboratoire – Unité Sable Grossier

	W	Densité (t/m3)		Limites d'Atterberg			Granulo	Cisaillement CD		Analyses chimiques				GTR
	%	γd	γh	WL	Wp	Ip	<80 µm	C(bar)	Φ (°)	SO4	CaCO 3	Cl-	MO	
Min	15.92	1.74	2.04	33.02	16.85	16.17	13	0.05	30	0.46	2.20	0.28	1.25	**A2**
Max	17.39	1.77	2.05	52.89	26.19	26.7	71	0.18	32	0.86	17.20	0.35	1.51	
Moy	16.65	1.75	2.04	42.95	21.52	21.43	42	0.16	31	0.66	9.7	0.32	1.38	

- **Unité 03 : Sable Argileux Marneux**
  Cette formation est rencontrée du PK 4+625 au PK 7+025 avec une profondeur de 15m, avec une profondeur qui diminue jusqu'à 2m ou elle sera surmontée par des sables grossiers jusqu'à atteindre la fin du tracé. Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV.8 Tableau récapitulatif des résultats de laboratoire – Unité Sable Argileux Marneux

	W	Densité (t/m3)		Limites d'Atterberg			granolu	OEdométre			Analyses chimiques				GTR
	%	γd	γh	WL	Wp	Ip	<80 µm	Pc bars	Cc %	Cg %	SO4	CaCO3	Cl-	MO	
Min	6.68	1.7	/	31.13	15.65	15.48	40	/	/	/	/	/	/	/	**A2**
Max	25.47	1.97	/	47.13	23.76	23.37	88	/	/	/	/	/	/	/	
Moyenne	**13.77**	**1.83**	**2.11**	**39.13**	**17.71**	**19.42**	**64**	**1.54**	**16.32**	**2.41**	**0.57**	**10.60**	**0.31**	**1.15**	

- **Unité 04 : Argile Sableuse Marneuse**

Cette formation est rencontrée d'une manière discontinue du PK 4+625 au PK 7+025 avec une profondeur de 15m ou elle sera surmontée par des sables grossiers jusqu'à atteindre la fin du tracé.

Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV.9 Tableau récapitulatif des résultats de laboratoire – Unité Argile Sableuse Marneuse

	W	Densité (t/m3)		Limites d'Atterberg			granolu	OEdométre			Sr	VBS	GTR
	%	γd	γh	WL	Wp	Ip	<80 µm	Pc bars	Cc %	Cg %	%		
Min	11.8	1.71	/	51.78	25.84	25.94	74	/	/	/	/	/	**A3**
Max	17.39	1.74	/	54.04	26.8	27.24	89	/	/	/	/	/	
Moyenne	**14.59**	**1.72**	**2.04**	**52.91**	**26.32**	**26.59**	**81.5**	**1.61**	**19.32**	**2.21**	**56.9**	**2.00**	

Exemple :

Classifications selon GTR :

- Classe des sols :

Dmax = 40 mm < 50mm ⇨ donc classe de ce sol est A ou B ou D.

Le passant à 80µm est de 21.68 % ⇨ alors la sous classe de sol sera : B5 ou B6

12 < Ip = 13 < 25 ⇨ donc la sous classe sera B6.

- Classification selon l'état hydrique :

0.7 Wopn ≤ Wn < 0.9 Wopn 0.7*20.8 ≤ 17.40 < 0.9*20.8

14.56 ≤17.40 <18.75

Donc selon classifications GTR le sol est de classe : B6S

- Classification selon UIC (719 R) :

Le pourcentage des fines est égal à 21.68 % Sols comportant plus de 15 % de fines

- Alors le sol est de classe QS2 (sols moyens).

IV.4. CONCLUSION

Les essais géotechniques nous ont permis de déterminer les caractéristiques intrinsèques des sols pour les classer selon le GTR, ce qui nous a donnée des résultats de sols des différentes classes qui varient entre A2 et A3, à B6, afin d'étudier la possibilité de la réutilisation des matériaux en terrassement.

CHAPITRE V
Superstructure de la voie

CHAPITRE V : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

V.1. INTRODUCTION

La superstructure de la voie est constituée par un assemblage d'éléments fixes qui distribuent et transmettent les charges de trains uniformément à la plateforme et permettent d'assurer le bon guidage des wagons à leur trajectoire.

Pour ce projet, la voie est constituée de longs rails soudés en barres continues, posés avec des attaches élastiques sur des traverses bi-bloc en béton armé et de ballast.

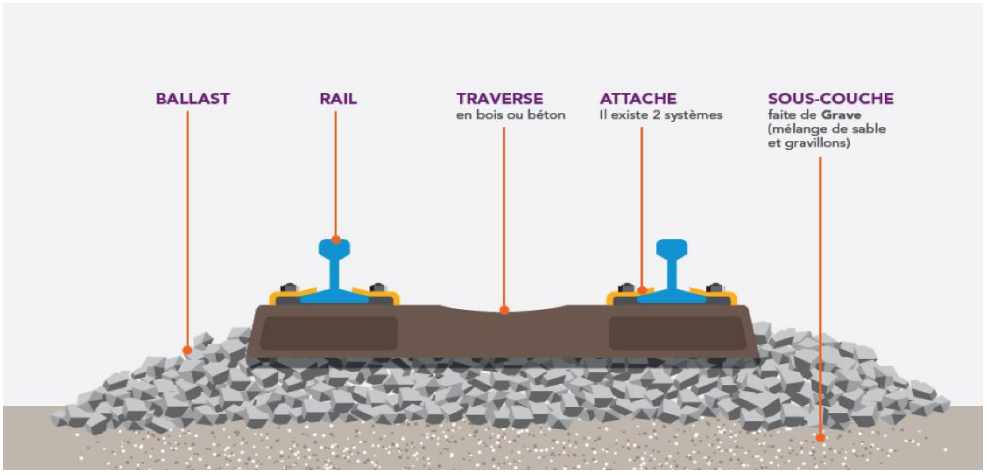


Figure V-1 les constituants de la voie ferrée [10]

V.2. Le rail

Le rail est un élément linéaire en acier, doté d'un profil particulier. La mise en parallèle de deux files de rail crée une voie ferrée. Qui sont inclinés vers l'intérieur selon une pente de 1/20 en vois normale pour stabiliser le centrage des roues du train.

Le rail utilisé sera du type 60 E1 (60.21 kg/m).

La fabrication et la fourniture des rails seront conformes à la version la plus récente de la norme EN 13674-1 intitulée « Rails Vignole de masse supérieure ou égale à 46 kg/m ».

Les caractéristiques de ces rails seront les suivantes :

- Géométrie : rail -60E 1
- Surface de la section : 76.70 cm2
- Masse par mètre : 60.21 kg/m
- Moment d'inertie (Axe X – X) : 3038,3 cm4
- Module d'Inertie champignon : 333.6 cm3
- Module d'inertie patin : 375.5 cm3
- Moment d'inertie (Axe- Y-Y) : 512,3 cm4
- Dimension indicative A : 20.456 mm
- Dimension indicative B : 52.053 mm
- Dressage : classe A
- Nuance : 260 (carbone-manganèse)
- Propriétés mécaniques selon la norme EN 13674-1

- Dureté au milieu de la table de roulement entre 260 et 300 HBW,

- Résistance à la traction ≥ 880 N/mm2 et

- Allongement ≥ 10%.

- Longueur minimum des barres élémentaires : 18 m.
- Barres élémentaires soudées électriquement en atelier en barre continue de longueur ≥ 288 m et soudure aluminothermique en voie.

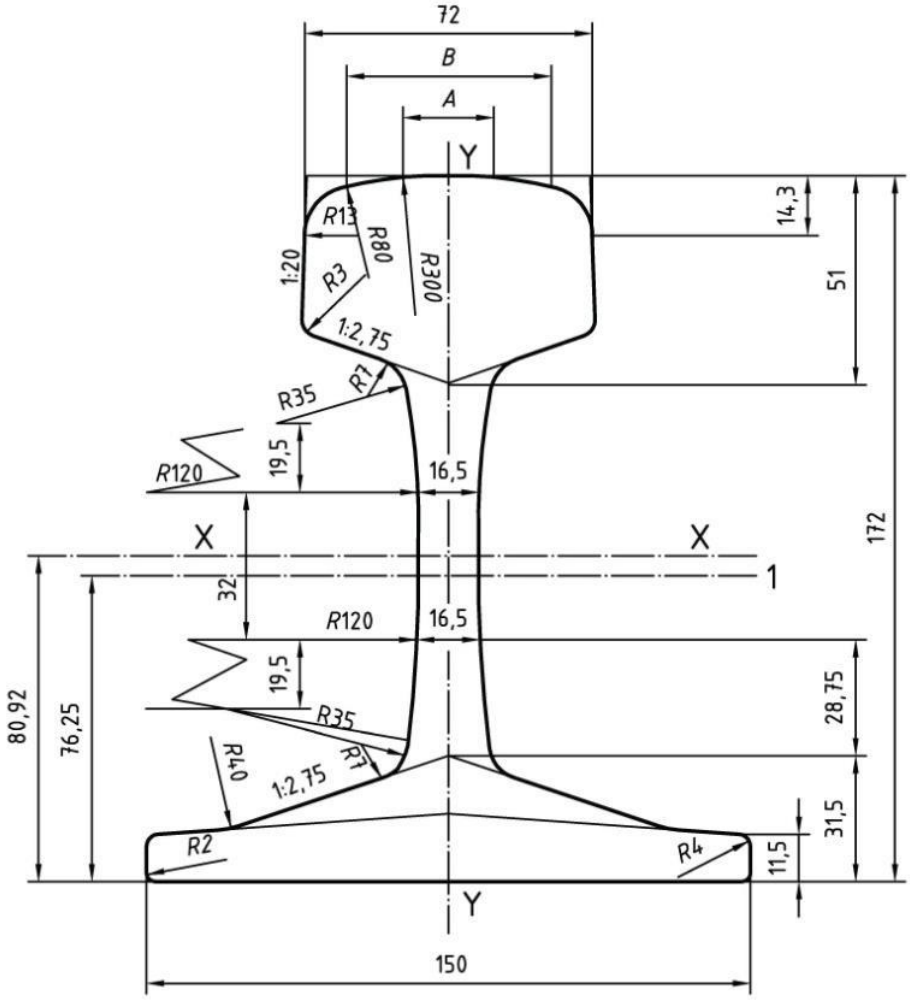


Figure V-2 Profil de rail UIC60 E1 [10]

V.2.1. Le LRS et le soudage des rails

Les LRS (longs rails soudés) sont largement utilisés sur les réseaux ferroviaires dans le monde parce qu'ils présentent des avantages importants, la fiche code UIC 774-3R et UIC 720, est un document qui fournit les directives pour la pose et l'utilisation de LRS sur la voie ballastée ainsi que les méthodes d'inspection et les critères de sécurité.

La longueur d'un rail est en général de 18m ou de 36 m. La longueur de rail livré au site varie selon la méthode de transport (le moyen de transport disponible). Lorsque le rail est

Transporté et stocké sur site, le soudage des rails est nécessaire afin de former les longs rails soudés (LRS). La longueur de rail soudé en voie doit être la plus longue possible. Elle peut varier pour tenir compte des règles qui concernent les points particuliers de la voie, (ex les ouvrages d'art) sa fixation, la maintenance, la condition de surveillance ainsi que les influences de la température et les paramètres du matériel roulant.

Les barres élémentaires seront soudées électriquement en atelier en barre continue de 396m de longueur et soudées aluminothermique en voie.

Les joints de rail sont utilisés seulement dans les gares ou dans les rayons de courbe horizontale qui ne sont pas compatibles avec l'exigence d'installation de LRS.

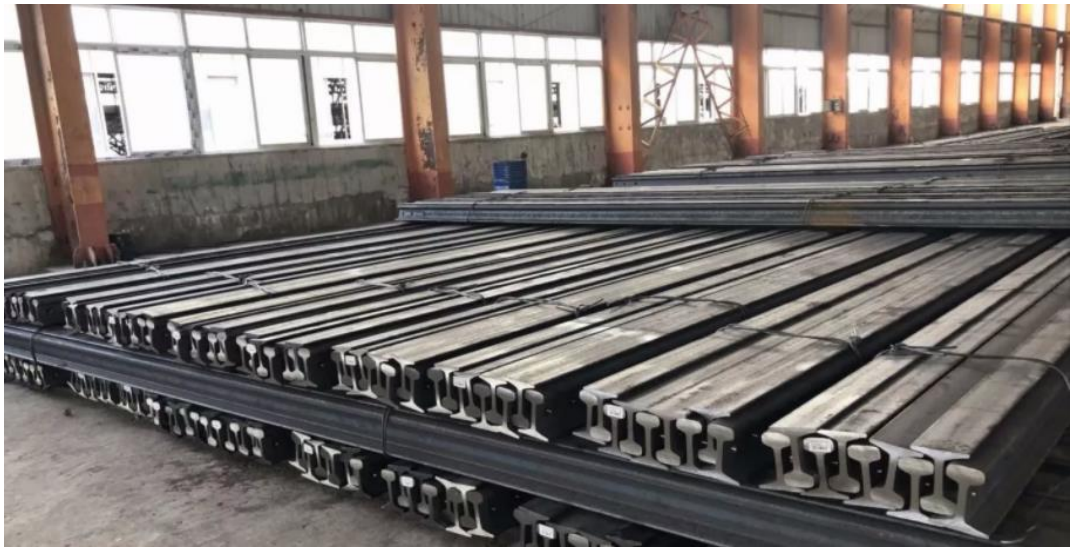


Figure V-3 UIC60 E1 [10]

V.3. Le système d'attache

Le système d'attache est la partie qui transmet les charges entre le rail et les traverses et qui maintient l'écartement. Le système de fixation du rail appliqué sur ce projet se confirme à la norme EN13481-2 (système de fixation des traverses en béton). Plusieurs types et techniques d'attache sont disponibles sur le marché. Mais l'attache élastique est recommandée selon l'exigence du type de traverse en béton armé ainsi que pour la pose en LRS.



Figure V-4 Attache élastique de type Nabla

Il sera employé des attaches élastiques, de telle façon à former un intermédiaire élastique entre rail et traverse. Le système recommandé est une attache à lame de type Nabla.

V.4. Les traverses

Les traverses sont le système sur lequel repose les deux files de rail, elles assurent la transmission des efforts encaissés par les rails au ballast, et assurent au même temps le maintien de l'écartement entre les deux rails.

D'après la SNTF la disposition des traverses sur le long de la voie est généralement entre 1666-1667 traverses/Km.

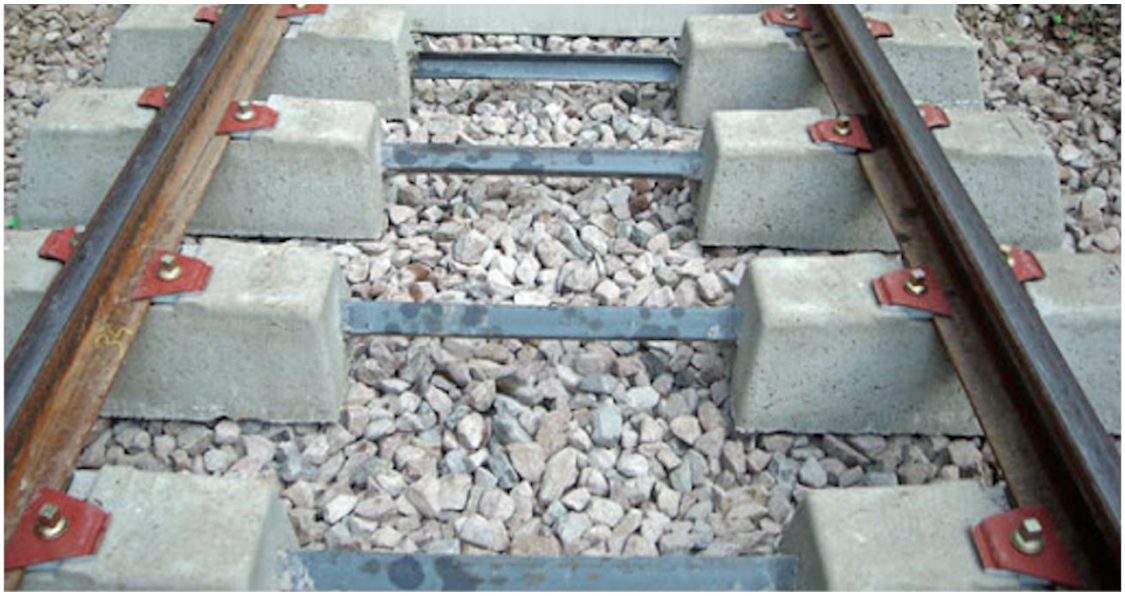


Figure -5 Traverse bi-bloc en béton armé

V.5. Le ballast

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

-Assurer, en raison de sa granulométrie particulière, le drainage et l'évacuation rapide des eaux zénithales

-Constituer un amortisseur de vibrations très efficace grâce à ses propriétés rhéologiques

-Permettre, au moyen du bourrage-dressage mécanisé, la rectification très rapide du nivellement et du tracé.

Le ballast doit être conforme à la norme EN 53-695.

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

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

- Résistance à l'usure déterminée selon l'essai Micro-Deval : MDA ≤ 10,5

- Résistance à la fragmentation par chocs déterminée selon l'essai Los Angeles : LA ≤ 25
- L'avaleur LA+2* MD ≤ 37



Figure V-6 Roche de ballast utilisée pour la construction de chemins de fer

V.6. Les appareils de voie (ADV)

V.6.1. Définition

Les appareils de voie sont des dispositifs permettant au matériel roulant, soit de passer d'une voie sur une autre, soit de traverser une voie.

V.6.2. Types d'appareils de voie

Parmi les appareils de la voie, on distingue :

- **Les branchements :**

Permettent à l'itinéraire de se ramifier en deux, ou exceptionnellement en trois autres.

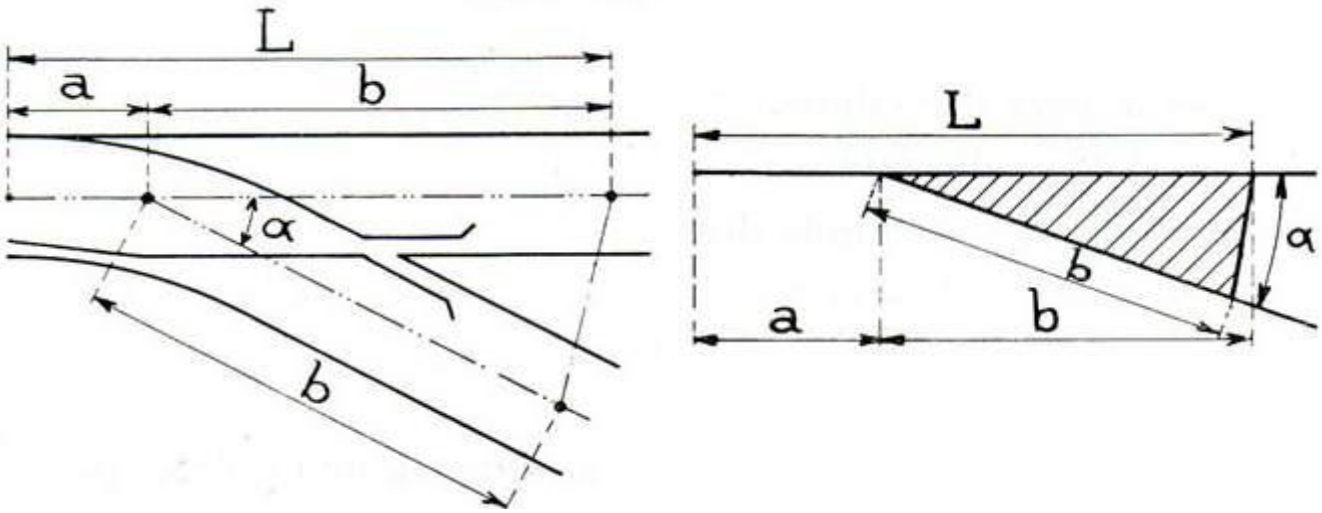
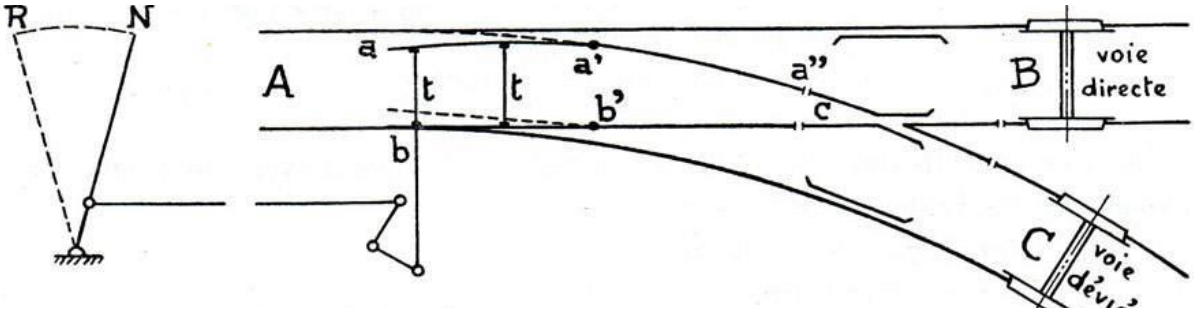


Figure V-7 Représentation schématique d'un branchement [11]



FigureV-8 branchement-commande par triangle [11]

Choix de la géométrie du branchement et son type dépend de son domaine d'emploi et la vitesse de franchissement de cet appareil comme indique le tableau suivant :

Tableau V.1 type de branchement en fonction de vitesse

Type de branchement	Vitesse de branchement	Cas d'application
190-1 :7 (tg=0,143) **190-1 :9 (tg=0,111)**	40	Faisceaux, drainage ,nettoyage, entretien
300-1 :9 (tg=0,111)	50	Entrée et sortie de voies de quai utilisées pour les trains voyageurs et marchandises.
500-1 :12 (tg=0,083)	70	Entrée et de sortie des voies de quai par les trains de banlieue ou de voyageurs.
1200-1 :7 (tg=0,054)	100	Bifurcation d'une voie de ligne

- **Les traversées:**

Sont des appareils qui servent à faire traverser une voie par une autre voie, ce sont les traversées qui peuvent être rectangulaires ou obliques

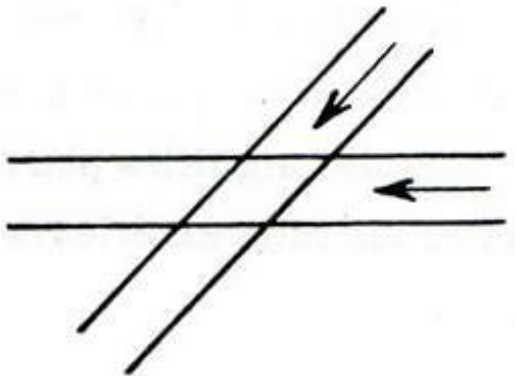


Figure V-9 Traversée oblique

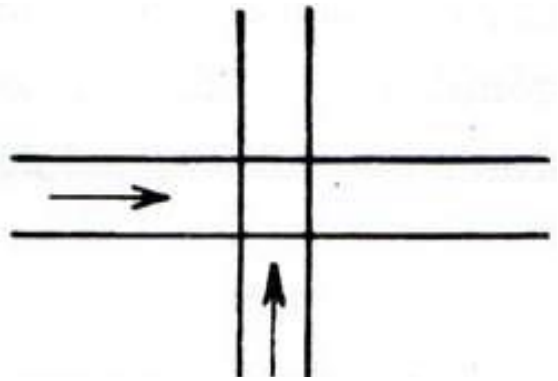


Figure V-10 Traversée rectangulaire

Le branchement comporte un changement de voie (aiguillage) et un croisement alors que la traversée est composée de quatre croisements : deux croisements aigus ou croisements proprement dits et deux croisements obtus, communément dénommés traversées dans le sens restreint du mot.

On retrouve donc dans les traversées et les branchements une partie analogue : le croisement.

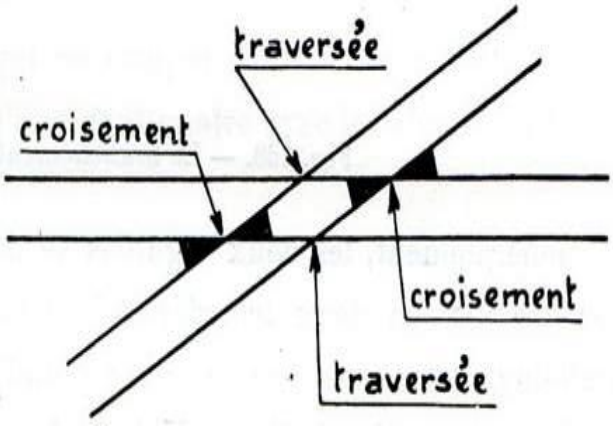


Figure V-11 Traversée

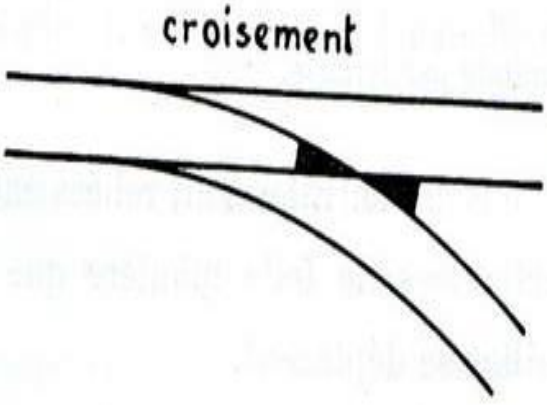


Figure V-12 Croisement

- **Les communications :**

Combinaison de deux branchements en déviation permettant de relier entre eux deux itinéraires principaux non convergents.

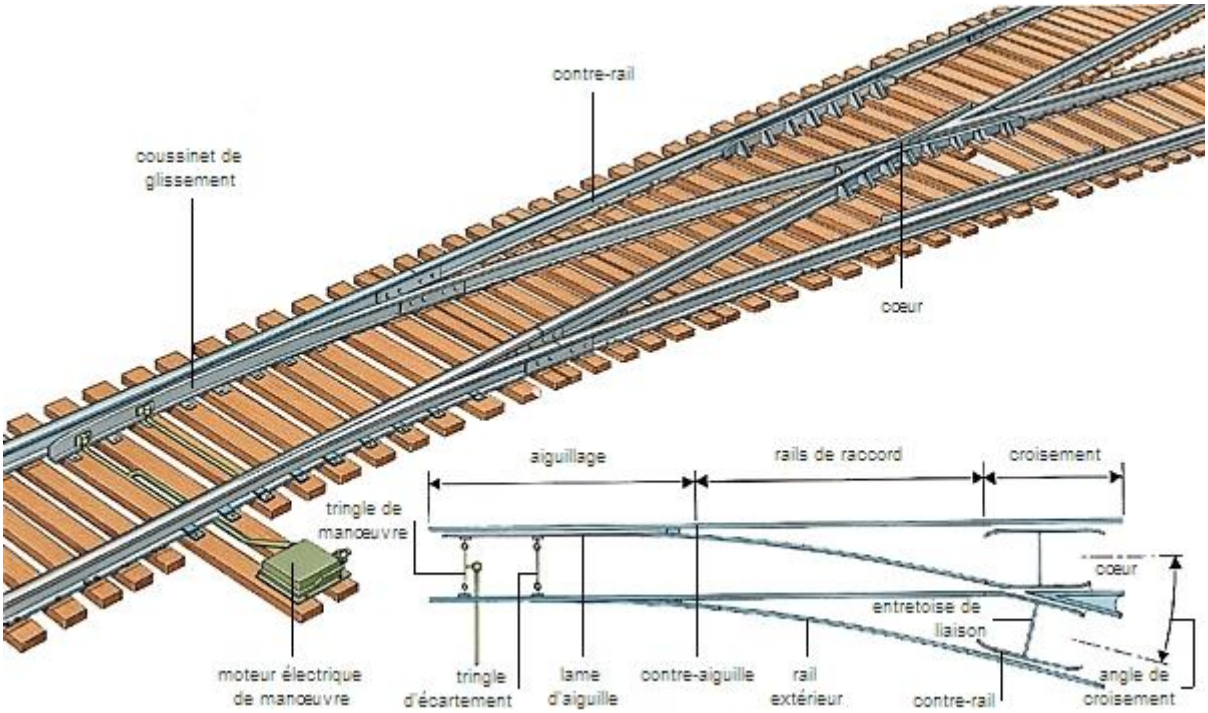


Figure V-13 ADV de type branchement [10]

CHAPITRE VI TERRASSEMNT ET ASSISE DE VOIE

CHAPITRE VI : TERRASSEMNT ET ASSISE DE VOIE.

VI.1. INTRODUCTION

Les terrassements représentent la tâche la plus importante car elle assure le nivellement du tracé et aussi la plus couteuse car elle nécessite une bonne maitrise des données et de la main d'œuvre.

Le calage du profil en long est essentiellement lié à l'optimisation du mouvement de terres, compte tenu des diverses contraintes imposées, c'est à partir des éléments apportés par la géologie et la géotechnique qu'il faut déterminer un profil projet tel que le coût global des terrassements soit minimal.

Dans ce chapitre, nous allons dans un premier temps définir les sections en remblais et en déblais avec ces pentes de talus et ces hauteurs et dans un dernier temps on donne des définitions sur la couche d'assise et ces constituants et nous dimensionnons la plateforme ferroviaire.

VI.2. SECTION EN REMBLAI

Les remblais seront profilés à 3H/2V max (Horizontal/Vertical) pour une hauteur H≤12m. Les pentes de talus pourront être optimisées et cela en fonction des résultats des études de stabilité et des caractéristiques mécaniques des matériaux de réutilisation.

Compte tenu de tous les résultats des travaux et essais de la campagne géotechnique, on ne prévoit pas des tassements significatifs des remblais tous le long du Tracé (Sols peu compressible). Les données issues des sondages et puits de reconnaissance, montre pour les assises de remblais, des sols favorables pour la pérennité des remblais ; en effet le tracé traverse des zones essentiellement formées soit par des tuf, sable grossier /sable argileux marneux et/ou argile sableuse marneuse.

Les terres végétales seront décapées et stockées pour leur réutilisation ; ainsi que les talus des remblais seront protégés contre l'érosion et l'infiltration des eaux par la mise en place d'une couche de terre végétale d'environ 0,30 m d'épaisseur.

Le principale zone de remblai le long du notre tracé est récapitulé dans le tableau ci-dessous, avec leurs caractéristiques géométriques :

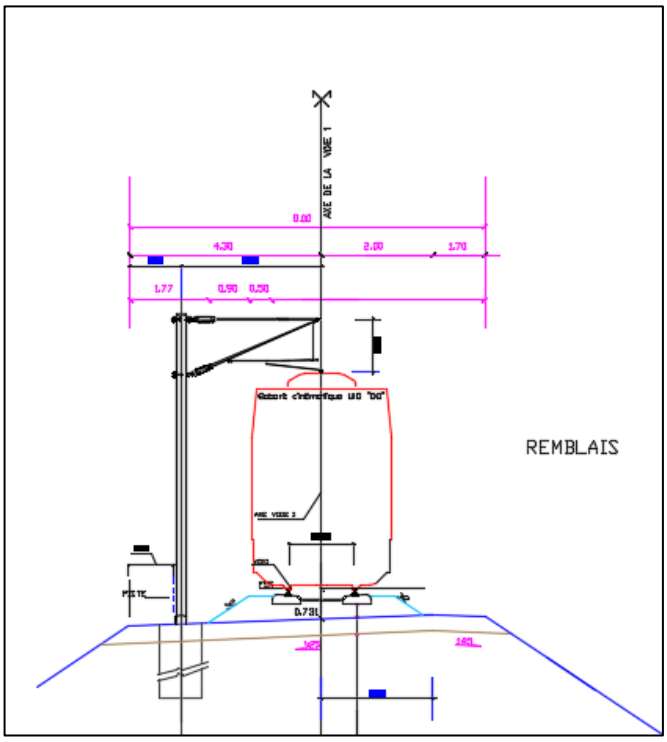


Figure VI-1 Profil en travers type en remblais

Tableau VI.1 Zone de remblai

Début	Fin	PK Hmax	Hmax (axe)	Travaux D'investigation géotechnique	Longueur (m)
0+775	**6+250**	**4+725**	**6**	**F01 / PDL1, PDL2 / SP01**	**5475**

VI.2.1. Matériaux de corps de Remblais

Les matériaux constituant le corps de remblais doivent être exécutés par couches élémentaires superposées. La dimension des plus gros blocs ne doit pas dépasser les deux tiers de la couche élémentaire. Les blocs dont les dimensions sont incompatibles doivent être fractionnés ou enlevés.

- Dans les corps des remblais, on peut envisager l'utilisation des matériaux de qualité argileux et/ou limoneux sableux, excepté les sols de nature argileuse très plastiques qui appartiennes aux classes A4, ainsi que les roches évolutives tel que les gypses, les argilites les schistes, il est recommandable d'utiliser des sols propres pour la base des remblais et pour la PST.

- En général, les matériaux prévenants des excavations des déblais pourront être utilisés dans la construction des remblais (corps), tant qu'ils soient appliqués de façon appropriée avec quelques restrictions constructives d'après les normes en vigueur, comme le GTR.

- La réutilisation des matériaux des déblais et des zones d'emprunt devra être menée avec soin, en conformité avec les recommandations du GTR, en particulier en ce qui concerne l'état hydrique des sols.

- Le taux de compactage et le module de déformation minimal sont :

$\gamma d \geq 95\%$ de l'OPM, $EV2 \geq 45$ MN/m² pour les sols fins et $EV2 \geq 60$ MN/m² pour les sols sableux et graveleux.

Les matériaux à utiliser devrait être composé par sols des classes CiB3, D3, R21, R22, R41 et R42 de la classification GTR. Les matériaux de zone inondable doivent être placés à une hauteur correspondant à 0,5 m au-dessus du NPHE.

- Pour la couche de forme il est recommandable de sélectionner des sols de meilleure qualité, conformes à la fiche nº 4 de la norme ST590 (voir annexe II), notamment des sols des classes B3, CiBi, D2, D3, R21 et R41 de la classification GTR et par sols avec des matériaux passant à 80 $\mu \leq 12\%$.

Les matériaux à utiliser devrait être composé par sols des classes CiB3, D3, R21, R22, R41, R42, R61, et R62, et R42 de la classification GTR, et conformes à la fiche N°7 du document intitulé : Spécification Technique (ST 590Indice B).

VI.3. SECTION EN DEBLAI

Les principales zones de déblais le long du tracé ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique établi sur la base du profil longitudinal.

Les principales zones des déblais le long du tracé sont récapitulées dans le tableau ci-dessous, avec leurs caractéristiques géométriques dont la hauteur est variable :

Tableau VI.2 Les principales zones des déblais

Début	Fin	PK Hmax	Hmax (m)	Travaux d'investigation géotechnique	Unité géotech	Longueur (m)
6+250	**7+550**	7+200	5.135	/	Unité 03	**1375**
9+550	**10+350**	9+900	10.320	/	Unité 02	**775**
11+060	**11+375**	**11+200**	**8.661**	/	**Unité 02**	**315**

VI.3.1. Stabilité Des Déblais

Les conditions de stabilité des déblais ont été évaluées par l'analyse des surfaces de glissement pour un talus de déblais dépassant les 8m de hauteur avec une pente de 3H/2V en considérant une berme de 3m chaque 8m de hauteur. L'analyse selon la méthode simplifiée de Bishop a été effectuée en utilisant le Logiciel TALREN 5.

La surface de glissement la plus critique a été obtenue en déterminant la surface dotée du coefficient de sécurité minimal parmi une série de surfaces de glissement probables. Dans l'analyse de stabilité des remblais sous charge statique, on a pris en considération l'effet d'une surcharge additionnelle de 30 kPa, correspondant aux charges transmises au sommet de la couche de ballast par l'intermédiaire d'une traverse monobloc, afin de simuler le trafic sur la voie ferrée.

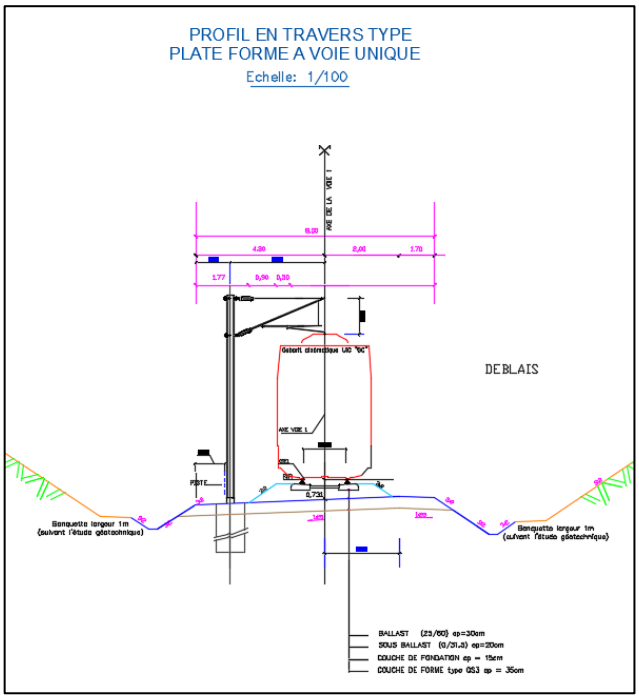


Figure VI-2 Profil en travers type en déblais

La stabilité des déblais a été analysée sous conditions statiques et aussi vérifiée sous des conditions sismiques. Selon les « Règles Parasismiques Algériennes, RPA 99 », la valeur de l'accélération horizontale d'après la carte de zonage sismique du territoire national est de 0,15g. Par conséquent, la stabilité contre le glissement sous des conditions sismiques a été évaluée en considérant une accélération verticale égale à la moitié de cette valeur, soit 0,075g.

Les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération selon le référentiel technique SNTF sont les suivants :

Cas statique à long terme : le coefficient de sécurité (F.S.) minimum recherché pour assurer la stabilité à long terme du talus est de 1,5.

Cas d'un événement sismique (méthode pseudo-statique) : le coefficient de sécurité (F.S.) minimum recherché pour assurer la stabilité du talus est de 1,00.

Le tableau suivant représente les résultats de calcul de la stabilité des déblais(H>8m) :

Tableau VI.3 les résultats de calcul de la stabilité des déblais(H>8m)

Pk ouvrage	Pentes proposées	Conditions hydraulique	Longueur de berme	FS		Observations
				Conditions Statique	Conditions dynamique	
Déblai9+900	3H/2V	Sans nappe	3m	1.55> 1.50	1.13 >1	Stable
		Présence de nappe	3m	1.024<1.50	0.7<1	Instable
	2H/1V	Présence de nappe	3m	1.16<1.50	0.8<1	Instable
	3H/2V	Présence de nappe	3m	1.52>1.50	1.13>1	Stable Avec rabattement de la nappe + éperon de Drainage
Déblai 11+200	3H/2V	Sans nappe	3m	1.60> 1.50	1.22 >1	Stable

		Présence de nappe	3m	0.94<1.50	0.71<1	**Instable**
		Présence de nappe	**3m**	**1.53>1.5**	**1.13>1**	**Stableavec Rabattement de la nappe + éperon de drainage**

Les déblais sont jugés stable en vue des valeurs obtenues des coefficients de sécurités pour une valeur de pente 3H/2V après le rabattement de la nappe et en ajoutant un éperon de drainage, les résultats détaillés sont donnés en annexe III.

VI.3.2. Protection Des Talus

Les talus des ouvrages en terre, ou des terrassements nécessitent une protection afin de ;

- éviter l'altération des matériaux superficiels des talus en évitant toute modification des caractéristiques intrinsèques ;

- protéger les matériaux en place des évolutions liées aux agents météorologiques (eau, gel, soleil).

VI.3.3. Végétalisation

La végétalisation consiste en la mise en place par épandage d'une couverture de terre végétale sur les ouvrages en terre, puis à son ensemencement et à son éventuelle plantation.

Les objectifs de cette opération sont :

- d'éviter le lessivage des fines, le ravinement et la détérioration des talus par leur exposition prolongée aux intempéries,
- d'apporter une aide à la stabilisation superficielle des talus de déblais et de remblais,
- d'améliorer l'environnement en intégrant les ouvrages en terre dans le contexte végétal.

VI.3.4. Conditions d'excavabilité / Rippabilité

Selon la nature géologique et les caractéristiques mécaniques des matériaux de déblais, ils seront classés comme suit selon leur mode d'excavation:

- Terrain meuble : ils comprennent tous les terrains extractibles avec une pelle mécanique, niveleuse.
- Terrain semi dur (rippable) : on considère les terrains semi durs quand les matériaux ne peuvent pas être enlevés par les engins de terrassement utilisés pour les terrains meubles. Matériaux nécessitant l'emploi d'un ripper

- Terrain rocheux dur (non rippable) : sont considéré comme terrains rocheux dur tous les matériaux qui nécessitent pour leur extraction l'utilisation d'explosifs et/ou de brise roche.

Compte tenu des résultats disponibles, tous les terrains sont classés comme étant des terrains meubles et peuvent être excavés par des engins de terrassements légers (pelle mécanique, niveleuse).

VI.4. REUTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS

On peut réutiliser les sols extraits des déblais pour mettre en remblai selon leur aptitude à la réutilisation ; pour cela en conformément à la norme NF-P 11.300 et aux conditions de réutilisation des matériaux définis par le GTR (Guide des Terrassement Routiers-SETRA). Les matériaux constituant le corps du remblai devront répondre aux spécifications suivantes :

- grave C1B3, C2B3, D2, D3 ou B3 ou R2 à l'état « m » ou « s » ;

- insensibles à l'eau.

- granulométrie continue.

- dimension maximale de 500 mm ;

- passant à 60 mm inférieur à 20 %.

- VBS inférieur à 0.2 avec aucune mesure supérieure à cette valeur.

Donc dans notre projet les unités géotechniques sont de classe : A2, A3 et B6, peuvent répondre aux exigences de la réutilisation en remblai toute respectons les conditions d'utilisation en remblai définies par le GTR (Voir l'annexe IV).

VI.5. Structure d'assise et dimensionnement de la plateforme ferroviaire

VI.5.1. Plate- Forme Proposée

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

VI.5.2. Méthode de dimensionnement adoptée

Le dimensionnement de la couche d'assise et de l'épaisseur de la couche de forme a été effectué en suivant les indications de la fiche UIC 719R.

La définition de la classe de la plateforme suppose la classification préalable aussi bien de la qualité du sol support que de celle des matériaux constituant la couche de forme elle-même (voir le Tableau VI-4) :

Dans ce contexte et pour homogénéiser la structure d'assise, nous considérons que le sol support est de type QS1 tout le long du tracé.

Tableau VI.4 La classe de portance de la plateforme (fiche 719R)

QUALITÉ DU SOL SUPPORT	CLASSE DE LA PLATE FORME	COUCHE DE FORME	
		Qualité	Épaisseur min (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	-

VI.5.3. Calcul d'épaisseur minimal

Une plateforme ferroviaire est constituée généralement par un ensemble de sous couches à savoir :

Une couche de ballast, Une sous-couche qui comprend les couches de sous ballast, couche de fondation, couche anti-contaminant et géotextile. L'épaisseur de l'ensemble ballast + sous-couche, conformément à la fiche UIC 719 est donnée par l'expression suivante :

e = E + a + b + c + d +f+g Avec:

E = (classe de la plateforme P1, P2, P3),

a = classe de la voie (groupe de 1 à 6 voir UIC 714).

b = type et longueur de la traverse

c = (type de dimensionnement)

d = (la charge maximale à l'axe)

g = Géotextile.

D'où :

E = 0,55 m pour une plate-forme de classe de portance P2

a = -0.10 pour les groupes UIC 6.

b = 0.13 cm pour les traverses en béton de longueur L = 2,24 m

c = 0 pour un dimensionnement normal.

d = 0,05 m (pour la charge nominal d'essieu de 20 ton/axe) f = 0

g = + un géotextiles pour couches de forme de qualité de sol QS1

L'épaisseur des couches d'assise est à : e= 0.63 m soit : e= 0.65 m

Tableau VI.5 Épaisseurs des composants de la structure d'assise

COUCHES	EPAISSEUR (CM)
Ballast	**30**
Sous-ballast	**20**
Couche de fondation	**15**
Couche de forme de typeQS3	**35**

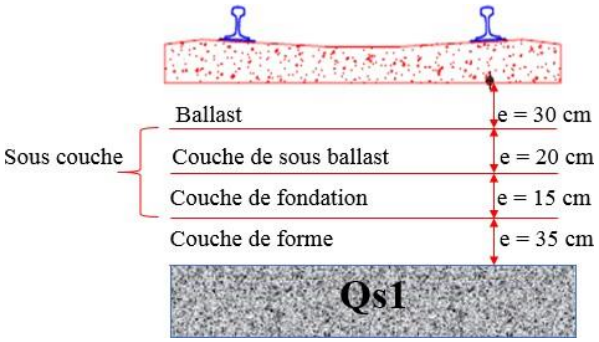


Figure VI-3 Épaisseurs des composants de la structure d'assise

VI.6. Exigences Sur les Constituants de l'assise

VI.6.1. Ballast

Le Ballast sera constitué par de la roche concassée. Les exigences suivantes devront être satisfaites (selon le référentiel technique SNTF et la norme NF P53-695) :

- Résistance à la fragmentation Los-Angeles : ≤ 19 %.
- Résistance à l'usure Micro deval : ≤ 6 %.
- La granulométrie doit être comprise dans le fuseau suivant (25/50mm) et devra respecter les limites mentionnées dans la catégorie" A de la Norme Européenne CEN/TC/154 AD HOC Group Aggregates for Railway ballast, conformément au tableau suivant : (voir tableau6).

Tableau VI.6 Fuseau granulométrique pour ballast (EN13450)

CEN/TC154/SC4	
MAILLE (mm)	**% de la masse passante**
63	**100**
50	**70-99**
40	**30-65**
31,5	**1-25**
22,4	**0-3**
31,5-50	**≥50**

- Résistance à la compression : RC ≥ 1200 kg/cm²
- Les éléments doivent avoir une forme polyédrique et à arêtes vives

- Propreté : les matériaux doivent être expurgés de toute matière impropre. La masse relative des éléments passant au tamis à maille carrées de 1.6mm ne doit pas excéder 0.5 %.

VI.6.2. Couche de sous ballast

Pour la construction du sous-ballast et conformément au document des spécifications techniques (ST590B) il est prévu l'emploi de grave propre entièrement concassée (0 /31.5mm), bien graduée avec une valeur de propreté Vbg ≤1 et un coefficient de forme A ≤25.

VI.6.3. Couche de fondation

La couche de fondation conformément à la spécification technique ST590B, est exécutée en grave sableuse entièrement concassée, avec une valeur de propreté Vbg ≤1 et un cœfficient de forme A ≤25 et LA+MDE ≤ 50. Entre autres, les matériaux employés peuvent être issus soit des sous-produits des carrières à ballast, soit des alluvions d'oued.

VI.6.4. Couche de forme de qualité S3

Conformément au document des spécifications techniques (ST590b). Elle est exécutée en grave 0/D. avec une résistance LA+MDE ≤ 60 et une valeur de propreté Vbg ≤2.

Le taux de compactage et le module de déformation minimale sont : γd ≥ 100% de l'OPM, EV2 ≥ 80 MN/m².

VI.7. CONCLUSION

Les terrassements correspondent à la première phase des travaux en vue de l'édification d'un ouvrage, ils regroupent tous les ouvrages et travaux destinés à modifier provisoirement ou définitivement les formes d'un terrain.

La classification UIC nous a permis d'apprécier la qualité du sol de la zone étudier QS1 (comme indiqué précédemment), ce qui permettra de dimensionner les structures d'assises correspondantes à cette classe de qualité de sol et de mettre en évidence les épaisseurs des différentes couches pour supporter et diffuser la charge transmise par le matériel roulant.

CHAPITRE VII ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT.

VII.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 au projet de l'embranchement du gisement minier de Bled El Hadba du PK00+000 au PK11+600.

Ce tronçon de voie ferrée traverse un certain nombre de bassins versants hydrologiques qu'on se propose d'étudier.

VII.2. PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

VII.2.1. LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le projet de l'embranchement de la région de Bled el Hadba se situe dans La commune de Bir El Ater. Elle est située au Sud-Est de l'Algérie, sur le territoire de la wilaya de Tébessa, à 100 kilomètres au Sud de chef-lieu, et à 20 km de la frontière Algéro-Tunisienne, sur la route qui relie Tébessa à El Oued.

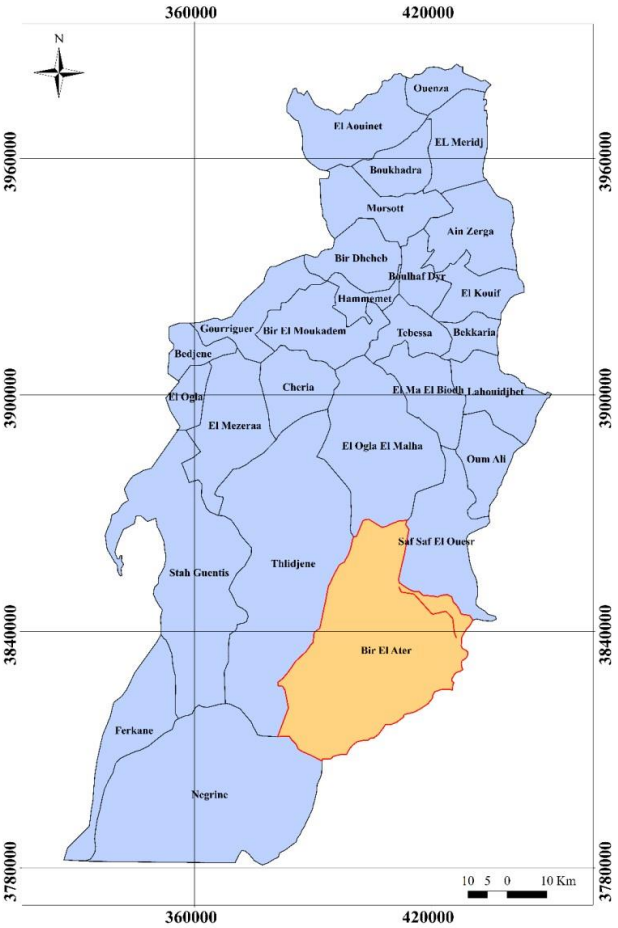


Figure VII-1 Situation du projet de l'embranchement de Blad El Hadba. [1]

VII.2.2. RELIEF

La région de Bir El Ater constitue la limite géographique naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le domaine saharien. Le massif du Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20 Km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya.

Ce massif constitue l'extrémité orientale des monts des Nememcha qui prolongent vers l'Est de massif des Aurès, les altitudes les plus basses au pied du Djebel Onk sont d'environ 635m.

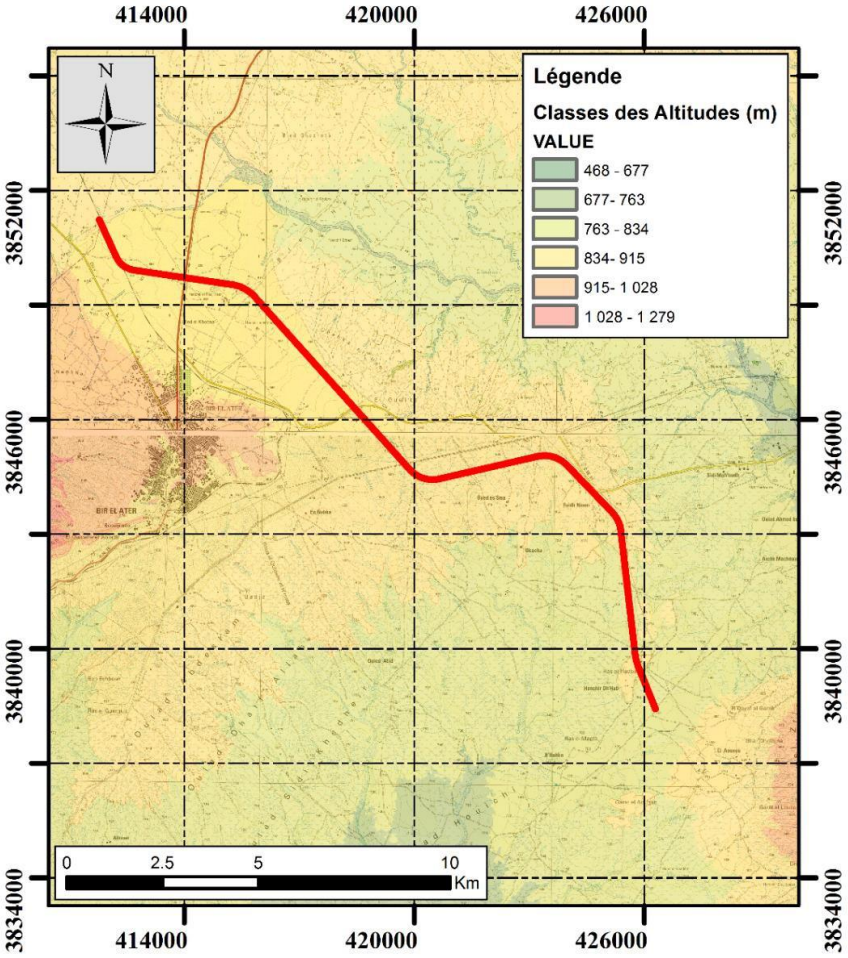


Figure VII-2 Classes des altitudes de la région de Blad El Hadba.

VII.2.3. Caractéristiques hydrologiques de la zone d'étude

La Wilaya de Tébessa, chevauche sur deux grands systèmes hydrographiques :

Le bassin versant de L'oued Mdjerda, lui-même subdivisé en 04 sous bassins couvrant la partie Nord de la Wilaya, et le bassin versant de l'Oued Melghir, qui couvre la partie Sud de la Wilaya.

L'écoulement y est endoréique, il est drainé par Oued Cheria, Oued Helail, Oued Mechra, Oued Saf-Saf, Oued Gheznet, Oued Djarech, Oued Sendess, qui aboutissent et alimentent les zones d'épandage situées au Sud.

Le réseau hydrographique est assez développé et diversifié et se caractérise par des oueds fortement entaillés et profond. Secs à la longueur d'année et ne coulent que rarement à la faveur des précipitations saisonnières.

La zone de Bled El Hadba est tributaire de L'Oued Horchane qui s'écoule vers le Sud dans le bassin versant saharien puis se jette finalement dans le chott Melghir ; le ruissellement des eaux de surface provenant du site du projet s'écoule directement dans les bassins versant de l'Oued El Kef Guidoum ou l'Oued El Louz, les deux Oueds confluant au Sud-Ouest de la zone du projet pour former l'Oued Horchane .

VII.3. CARACTERISTIQUES 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.

Le PK (point kilométrique) sert à repérer le passage d'un tronçon de la voie ferrée sur les cours d'eau. La délimitation des bassins versants est faite à partir de son intersection.

La délimitation des bassins versants s'est effectuée sur la base des cartes d'état- major, à l'échelle de 1/50 000, en suivant les lignes de partage des eaux, selon l'orientation des courbes de niveau. Ainsi le réseau hydrographique a été établi en digitalisant le talweg ou le cours d'eau principal.

Après digitalisation des bassins versants sur les cartes topographiques, sous le logiciel AutoCAD, les paramètres suivants ont été déterminés :

- Surface du bassin versant (Km²) ;
- Périmètre du bassin versant (Km) ;
- Longueur du plus long cours d'eau (Km) ;
- Altitude maximale (m) ;
- Altitude minimale (m) ;
- L'altitude moyenne (m) ;
- La pente (m/m) ;
- L'indice de compacité de Gravelius (Kc), pour la forme du bassin versant :

$$Kc = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

- Le temps de concentration (Tc) en heure.

Pour le temps de concentration (Tc), la formule de de calcul a été choisie en fonction de la superficie du bassin versant :

a- Superficie inférieure à 5 km²

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

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{S}{I}}$$

Tc : temps de concentration (heure) ;

S : superficie du bassin versant (Km²) ;

I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

b- Superficie comprise entre 5 et 25 Km²

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

$$Tc = 0.11 \frac{\sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{I}}$$

Tc : temps de concentration (heure) ;

S : superficie du bassin versant (Km²) ;

L : longueur du cours d'eau principal (Km)

; I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

c- Superficie supérieure à 25 Km²

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

Tc : temps de concentration (heure) ;

$$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{Hmoy - Hmin}}$$

S : superficie du bassin versant (Km²) ;

L : longueur du cours d'eau principal (Km) ;

Hmoy : altitude moyenne (m) ;

Hmin : Altitude minimale (m).

Les caractéristiques des paramètres de bassins versants des oueds traversant la ligne minière, pour les tronçons Oued Kébarit – Tébessa et Tenoulka – djebel Ong, sont mentionnées dans le tableau récapitulatif suivant :

Tableau VII.1 Caractéristiques morphométriques des bassins versants des oueds traversés par le projet de l'Embranchement de Bled El Hadba.

BV n°	PK	S	P	Lw	H. max	H. min	I	Kc	Tc
		(km²)	(km)	(km)	(m)	(m)	(m/m)	/	(h)
1	PK 00+141	14.98	26	13.3	1179	855	0.02	1.9	4.1
2	PK 00+965	0.66	3.6	0.6	876	860	0.03	1.2	0.6
3	PK 04+360	0.84	4.8	2.0	840	818	0.01	1.5	1.1
4	PK 04+760	5.77	10	2.7	896	816	0.03	1.2	1.6
5	PK 04+852	0.26	2.2	0.7	836	819	0.02	1.2	0.4
6	PK 08+286	0.02	0.5	0.1	859	857	0.03	1.1	0.1
7	PK 08+375	0.02	0.6	0.1	859	856	0.02	1.3	0.1
8	PK 08+585	0.06	1.2	0.4	859	852	0.02	1.3	0.2
9	PK 08+930	0.39	2.8	0.8	860	846	0.02	1.2	0.6
10	PK 09+719	0.02	0.6	0.05	857	856	0.03	1.1	0.1
11	PK 09+805	0.01	0.4	0.1	860	855	0.09	1.3	0.03
12	PK 10+568	0.25	2.2	0.8	861	844	0.02	1.2	0.4
13	PK 11+601	0.03	1	0.4	845	829	0.05	1.5	0.1

VII.4. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

VII.4.1. Températures

La région de l'étude est caractérisée par un climat méditerrané avec un été chaud et un hiver froid avec des températures moyennes annuelles de l'ordre de 15.8°C pour Tébessa et de 14.2°C pour El Ma Labiod.

Tableau VII.2: Moyenne annelles et mensuelles des températures par période pour chacune des stations de Tébessa et El Ma Labiod.

STATION	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy Annuelle
Tébessa	22.6	16.5	11.3	7.3	6.0	7.4	10.3	14.0	18.2	23.4	26.7	26.2	15.8
El Ma-Labiod	20.9	14.8	9.7	5.6	4.4	5.8	8.7	12.3	16.6	21.8	25.1	24.5	14.2

VII.4.2. Humidité (les zones bioclimatiques)

La combinaison des précipitations et des températures caractérise le rythme climatique à dominance méditerranéenne régnant à travers l'Est algérien : la saison froide et humide s'oppose à la saison chaude et sèche. Cette dernière s'accroît vers le Sud jusqu'à couvrir les douze mois de l'année en zone aride. Calculée en chaque lieu, cette combinaison pluviothermique permet de définir des domaines bioclimatiques. C'est grâce à un tracé sur un climagramme combinant Q (quotient pluviothermique d'Emberger) en ordonnée et m (moyenne des températures minimales du mois le plus froid) en abscisse, que sont définies les limites entre les quatre grands types de bioclimats méditerranéens :

- Humide (pluviométrie annuelle P supérieure à 900 mm) ;
- Forte humidité de l'air,
- Subhumide (P > 600 mm environ) ;
- Semi-aride (300-350 < P < 550-600 mm, net déficit hydrique) ;
- Subaride (P < 350 mm, nombre de mois secs > nombre mois humides) ;
- Aride (P < 150 mm, 12 mois biologiquement secs).

La carte au 1/ 1000 000 de Côte. M. (1998), réalisée suivant ce principe est corroborée à la connaissance des milieux naturels et particulièrement, des groupements végétaux, est illustrative : brutalité des contrastes et disposition en bandes zonales longitudinales rappellent celles du relief et des précipitations. D'après cette carte la zone d'étude est caractérisée par un climat subaride (au niveau de Bled El Hadba).

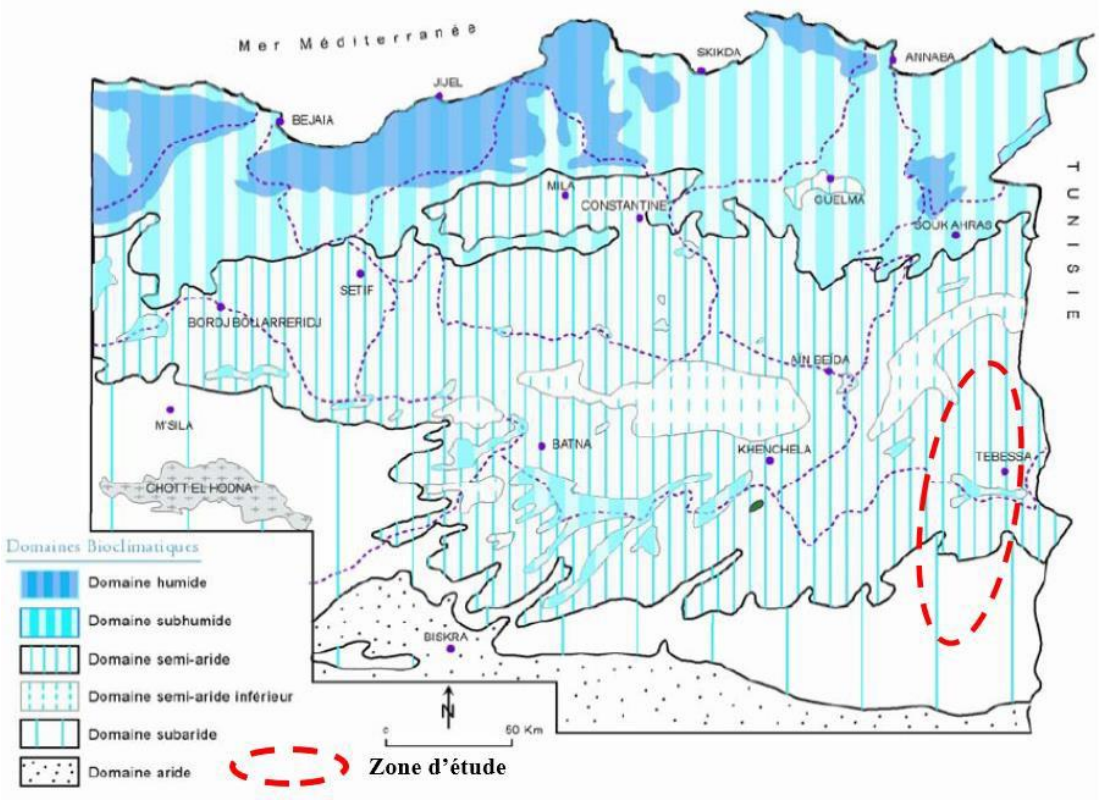


Figure VII-3 Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien [12]

VII.4.3. Pluviométrie

VII.4.3.1. Acquisition des données

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l ' Agence Nationale des Ressources en eau (A.N.R.H) et de l'Office National de la Météorologie (O.N.M). Il s'agit d'observations journalières à partir desquelles, nous avons reconstitué les valeurs de pluies annuelles.

Les valeurs requises concernent les stations pluviométriques choisies à partir du réseau hydroclimatologique concerne la station de Bir El Ater :

Tableau VII.3 Caractéristiques des station hydroclimatiques utilisées pour le calcul hydrologique de l'embranchement de Bled El Hadba.

Station	X (Km)	Y (Km)	Z (m)
Bir El Ater	990.1	173	855

VII.4.3.2. Pluies annuelles

L'ajustement à une loi normale des pluies annuelles des stations de nous montre que les distributions statistiques dans notre région présentent un caractère nettement symétrique. Dans le tableau suivant nous présentons les pluies annuelles pour différentes fréquences pour la station de Bir El Ater :

Tableau VII.4 valeurs des pluies annuelles selon les fréquences choisies.

Fréquence	0,99	0,98	0,95	0,9
Bir El Ater	316,9	357,1	402,3	432,4

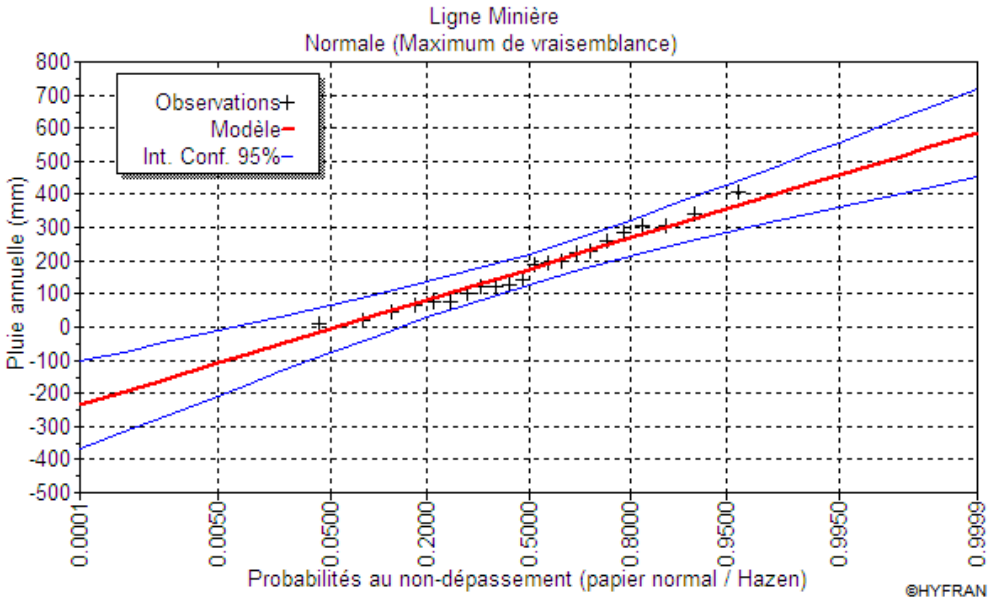


Figure VII-4 Ajustement de la pluie annuelle à la loi normale, station de Bir El Ater. [13]

VII.4.3.3. Précipitations Journalières

La protection contre les dégâts des eaux nécessite de s'intéresser aux pluies journalières maximales annuelles. Théoriquement les valeurs extrêmes s'ajustent à une loi des valeurs extrêmes, en Algérie, il est vérifié que les pluies journalières maximales annuelles s'ajustent à une loi de Gumbel. Dans le tableau suivant nous présentons les pluies max journalières enregistrées au niveau des stations choisies, pour différentes fréquences.

Tableau VII.5 valeurs des pluies journalières selon les fréquences choisies pour la station de Bir El Ater.

Fréquence	0,99	0,98	0,95	0,9
Bir El Ater	37,06	42,24	48,95	53,99

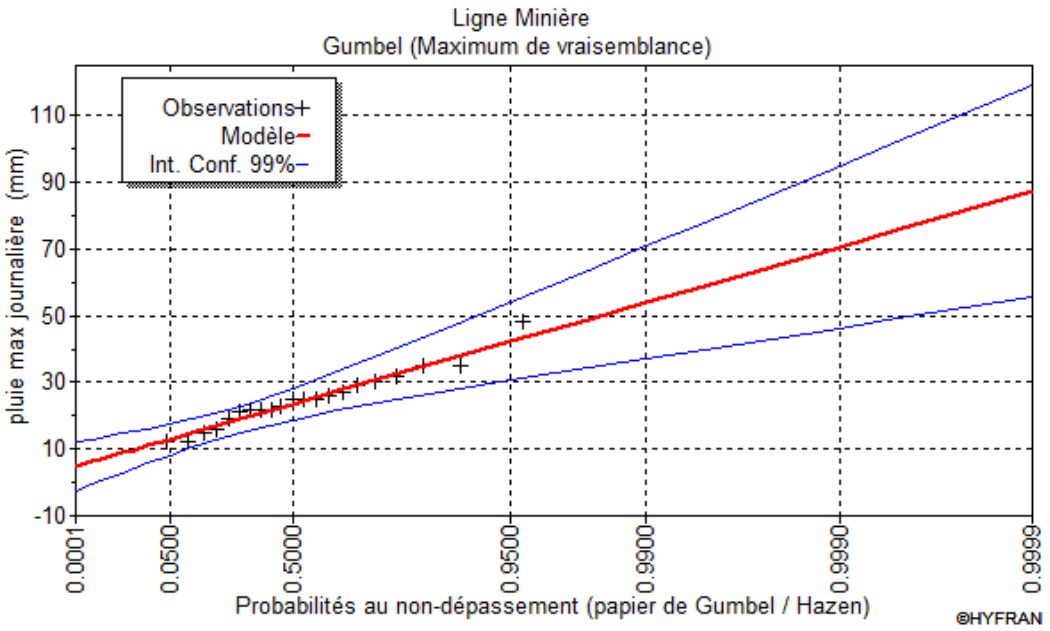


Figure VII-5 Ajustement des pluies maximales journalières à la loi Gumbel, Station de Bir El Ater. [13]

VII.4.3.4. Pluies de courtes durées

La recherche de la loi Intensité - Durée - Fréquence s'effectue sur la base des enregistrements pluviographiques. A partir des dépouillements à intensités constantes, on a calculé les quantités de pluies correspondantes à différents pas de temps (1h, 2h, 3h, 6h, 12h et 24 h).

Pour chaque pas de temps nous avons sélectionné une valeur maximale par averse. Nous avons obtenu donc une série de données pour chaque pas de temps sur toute la période dépouillée. La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est de la forme :

$$\mathbf{I(t,T) = a(T)/t^b}$$

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

t : temps en heures.

a et b : paramètres de Montana.

Tableau VII.6 valeurs du paramètre « a » selon les fréquences, au niveau de la station de Safsaf El Ouesra.

T		2	5	10	20	50	100
a(T)	Saf Saf El Ouisra	13,9	20,8	25,4	29,8	35,5	39,7

Tableau VII.7 valeurs du paramètre « b » pour la station de Safsaf El Ouesra.

Station	b
Safsaf El Ouesra	0,79

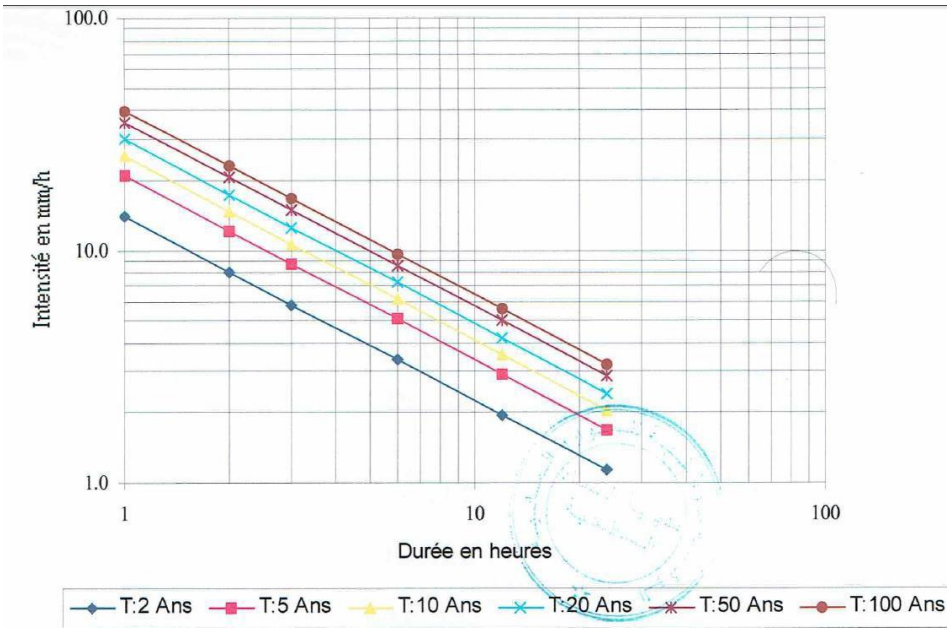


Figure VII-6 Courbe Intensité-Duré-Fréquence, station de Safsaf El Ouisra. [13]

VII.5. LES CRUES

L'intérêt de la détermination du débit maximum d'un cours d'eau est évident en raison des effets destructeurs bien connus de ces événements hydrologiques.

Lorsqu'on projette la réalisation d'importants aménagements, on doit déterminer le maximum probable de la crue pour lequel l'ouvrage devra être protégé. La crue max. est caractérisée par:

- Le débit Max ;
- La durée de la crue ;
- Le volume écoulé durant la crue.

Nous ne disposons pas d'observation hydrométrique au niveau de la zone d'étude, la recherche de bassins versants ayant des caractéristiques similaires dans la région et disposant de stations hydrométriques n'a pas été concluante.

Pour évaluer les débits max des bassins versants aux sites des franchissements les plus importants, on utilise les formules empiriques qui sont élaborées en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques des bassins versants suivantes, il s'agit de :

Formule Rationnelle

$$\boldsymbol{Qmax}=\mathbf{0.278}\times\boldsymbol{Cr}\times\boldsymbol{I}\times\boldsymbol{S}$$

Qmax : débit de crue de période de retour voulue (m3/s) ;

Cr : coefficient de ruissellement ;

I : Intensité de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration en (mm/h) ;

S: superficie du bassin versant (Km^2).

Pour la détermination du coefficient du ruissellement, on a opté pour la méthode de KENESSEY :

Avec : $\boldsymbol{Cr}=\boldsymbol{C1}+\boldsymbol{C2}+\boldsymbol{C3}$

Cr : coefficient de ruissellement ;

C1 : dépend de la pente du cours d'eau principal. Il varie :

- De 0.01 - 0.05 : Pente <3.5 ;
- De 0.06 - 0.1 : 3.5 < Pente < 11 ;
- De 0.12 - 0.2 : 11 < Pente < 35 ;
- De 0.22 - 0.3 : Pente >35.

Les valeurs des pentes ont été représentées dans le tableau des caractéristiques morphométriques des bassins versants des écoulements superficiels traversés par le tracé du projet de l'embranchement de Blad El Hadba (tableau n°1).

Néanmoins, une carte des pentes a été réalisée pour les sous bassins versants traversés par le tracé (figure n° 10). D'après cette carte, les pentes sont subdivisées en 9 classes de valeurs :

* Classe 1 : 0% - 2.5% ;
* Classe 2 : 2.5% - 4.7% ;
* Classe 3 : 4.7% - 7.7% ;
* Classe 4 : 7.7% - 11.3% ;
* Classe 5 : 11.3% - 15.4% ;
* Classe 6 : 15.4 % - 20.3% ;
* Classe 7 : 20.3% - 26.7% ;

* Classe 8 : 26.7% - 36.3% ;

* Classe 9 : 36.3% - 70.1%.

Les faibles valeurs se concentrent au niveau des vallées des écoulements superficiels, et les plus importantes sont observées au niveau des reliefs des massifs montagneux qui existent sur la zone d'étude, constituant la limite des sous bassins versants.

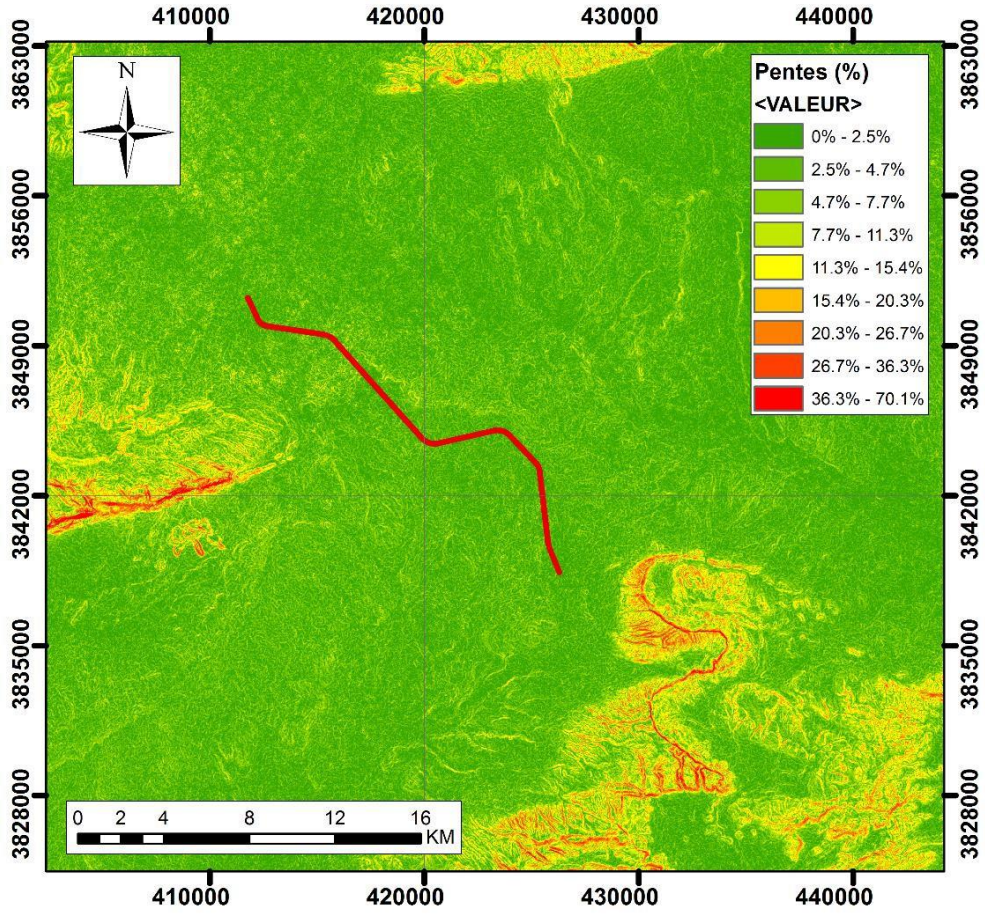


Figure VII-7 Carte des pentes de la région de Bir El Ater.

C2 : dépend de la perméabilité du terrain, il varie :

* De 0.22 – 0.3 pour les terrains imperméables ;

* De 0.1 – 0.2 : pour les terrains pas assez perméables ;

* De 0.06 – 0.1 pour les terrains perméables ;

* De 0.06 – 0.05 pour les terrains très perméables.

Le tracé de l'embranchement de Bled El Hadba chevauche sur deux cartes géologiques : la carte de Bir El Ater (n°327) et la carte de Djebel Fououa (n° 297). On a utilisé la carte de Bir el Ater pour estimer les valeurs de la perméabilité en fonction de la Lithologie. Pour combler le manque de la carte de djebel Fououa, on a utilisé le schéma structural de la région de Bir el Ater et de djebel Fououa au 1/250000.

D'après la carte de Bir El Ater, Les terrains traversés se résument en des formations quaternaires, constituées par des alluvions déposées sur les écoulements superficiels et des formations miocènes, constituées par des argiles et des grès mal consolidés. Les formations éocènes et crétacées affleurent au niveau des massifs montagneux tels que djebel Ong (à l'Ouest) et djebel Zriga (au Sud-est) et constituées par argiles, des marnes et des calcaires.

Cependant, les terrains rocheux tels que les calcaires, les marnes, les argiles se caractérisent par une mauvaise perméabilité et les formations alluvionnaires se caractérisent par une perméabilité moyenne à bonne.

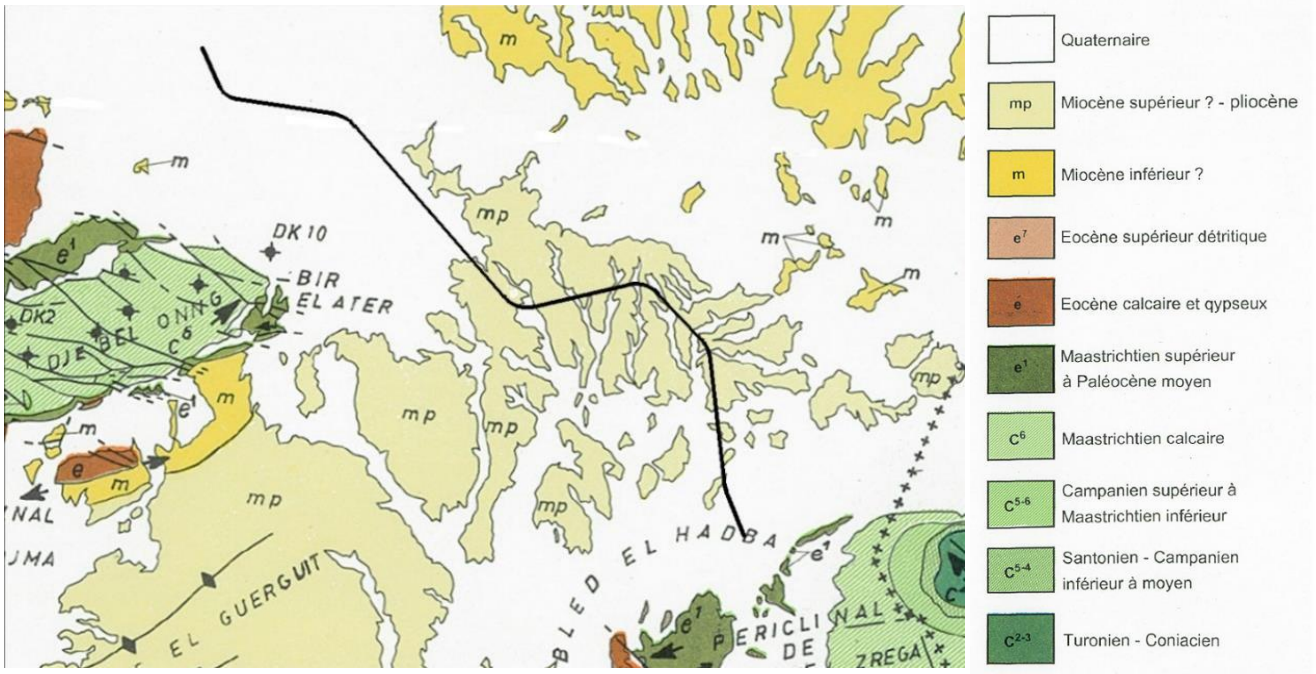


Figure VII-8 Tracé de l'embranchement de Bled El Hadba sur le schéma structural de la région de Bir El Ater.

C3 : dépend de la couverture végétale du bassin versant, il varie :

* De 0.22 – 0.3 pour les terrains rocheux ;
* De 0.17 – 0.25 pour les Pré ;
* De 0.07 – 0.15 pour les champs labour ;
* De 0.03 – 0.05 pour les forêts et les sols sableux.

Pour pouvoir estimer les valeurs de ce coefficient, on a utilisé la carte d'affectation des terres de la wilaya de Tébessa.

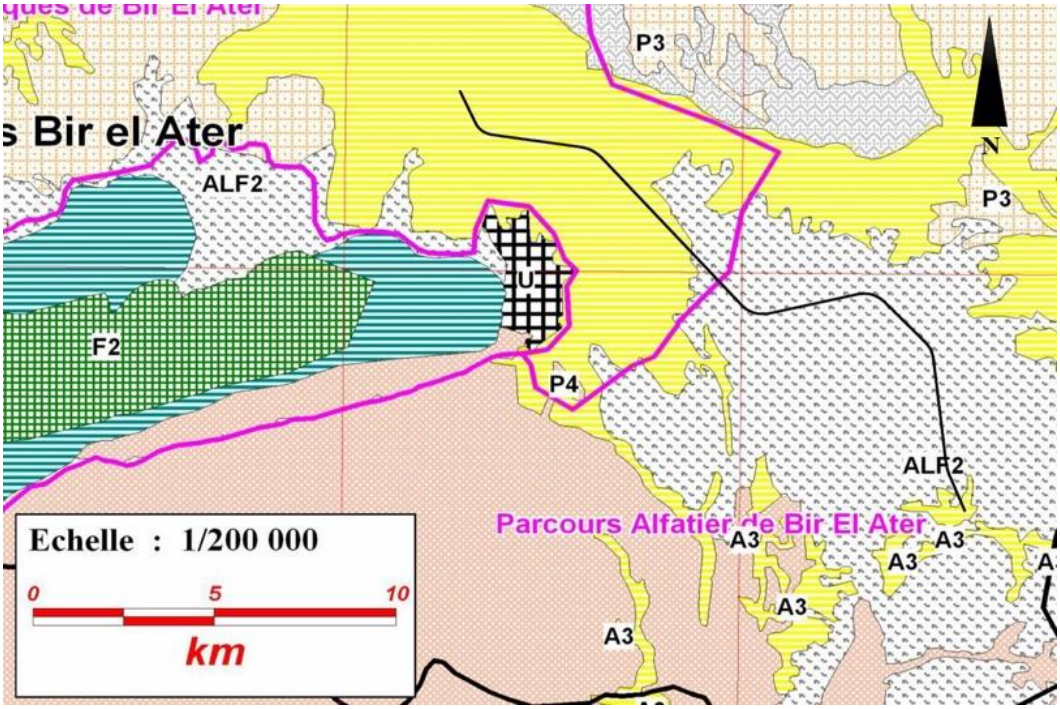


Figure VII-9 Tracé de l'embranchement de Blad El Hadba sur la carte d'affectation des terres (Extrait de la carte de la wilaya de Tébessa).

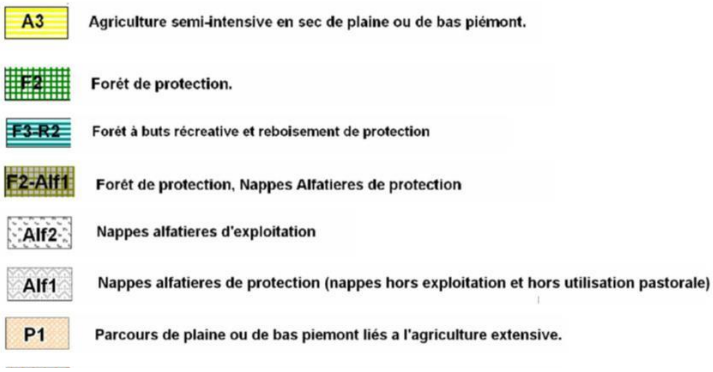


Figure VII-10 Légende la carte d'affectation des terres au niveau de Bir El Ater.

Cette formule permet l'estimation du débit de pointe décennal (Q10), il s'agit :

$$Q_{10} = R \times (P_{J\,max(10)} / 80)^2 \times S^{0,8}$$

Q10 : débit décennal en m3/s

R : Coefficient régional traduisant l'aptitude au ruissellement que l'on prendra ici égal à 10.

P10 : pluie journalière de période de retour décennale, en mm.

C : coefficient de ruissellement du bassin.

S : superficie du BV en Km².

- Evaluation du débit centennal à partir du débit décennal de la formule de Crupedix

On obtient le débit centennal à partir de la corrélation :

Q100= b' X Q10 (A priori : 1,4 ≤ b' ≤ 4)

- Le paramètre b' dépend de la superficie du bassin versant :
  - Jusqu'à 20 Km², b' est déterminé en appliquant la formule rationnelle tel que : (b'= QR(100)/ QR(10)) ;
  - Au-delà de 20 Km², b' est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet. A défaut, b' = 2 au minimum.

Tableau VII.8 Résultats des valeurs des débits calculés pour l'embranchement de Blad El Hadba.

BV n°	PK	Q(100)
01	PK 00+141	55.6
02	PK 00+965	4.0
03	PK 04+360	3.3
04	PK 04+760	16.7
05	PK 04+852	2.1
06	PK 08+286	0.4
07	PK 08+375	0.4
08	PK 08+585	0.8
09	PK 08+930	2.8
10	PK 09+719	0.6
11	PK 09+805	0.5
12	PK 10+568	2.3
13	PK 11+601	1.0

VII.6. CALCUL HYDRAULIQUE ET DIMENSIONNEMENT

VII.6.1. Méthode de MANNING STRICKEL

Les écoulements superficiels interceptés par l'infrastructure ferroviaire seront rétablis par la mise en place d'ouvrages hydrauliques adaptés et réalisés dans les règles de l'art. Ces ouvrages seront dimensionnés pour un évènement

pluvieux d'occurrence centennale.

Le calcul du débit de saturation est déterminé par la formule de Manning Strickler

$$Qs=V.Su \text{ et } V=Kst.J^{1/2} Rh^{2/3}$$

Kst : coefficient de rugosité ;

J : pente longitudinale de l'ouvrage (m/)) ;

Rh : rayon hydraulique= section mouillée/périmètre mouillé ;

St : section totale de l'ouvrage (m^2) ;

Su : section utile de l'ouvrage b x Hu (m^2) ;

b : largeur de l'ouvrage (m) ;

Hu : hauteur utile (m).

Tableau VII.9 Nature des ouvrages hydraulique en fonction de coefficient de rugosité

Nature de l'ouvrage	En terre	Buse métallique	Maçonnerie	Béton (dalot)	Béton (buse préfabriquée)
Kst	30	40	50	60	70

Pour le dalot :

* Ht ≤ 2.5 m : Hu =80% la hauteur totale ;
* Ht > 2.5 m : Hu = Ht-0.5.

Pour une buse :

* Hu=0.75Ø si Ø ≤ 1m ;
* Hu=0. 5 Ø si Ø > 1m.

Dimension des ouvrages

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

* Qa < Qs (Avec Qa débit d'apport et Qs le débit de saturation de l'ouvrage) ;
* La vitesse maximale de l'écoulement est limitée à 4.45 m/s).

Tableau VII.10 Dimensions des ouvrages de drainage pour l'embranchement de Bled El Hadba.

BV n°	PK	Q projet	Nbre cellule	b	ht	hu	pente	Q sat	V. Ecoul.
		(m3/s)		(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m3/s)	(m/s)
01	PK 00+141	55.6	1	6	4	3	0.01	58.2	5.8
02	PK 00+965	4	Assainissement Longitudinal						
03	PK 04+360	3.3	1	1.5	1.5	1.2	0	4.8	2.6
04	PK 04+760	16.7	1	3	2	1.6	0.01	20	4.2
05	PK 04+852	2.1	1	1.5	1.5	1.2	0	4.1	2.3
06	PK 08+286	0.4	1	1.5	1	0.8	0	2	1.7
07	PK 08+375	0.4	1	1.5	1	0.8	0	2	1.7
08	PK 08+585	0.8	1	1.5	1	0.8	0	2	1.7
09	PK 08+930	-	1	1.5	1.5	1.2	0	4.1	2.3
10	PK 09+719	0.6	Assainissement Longitudinal						
11	PK 09+805	0.5	Assainissement Longitudinal						
12	PK 10+568	2.3	1	1.5	1	0.8	0.01	3.2	2.6
13	PK 11+601	-	1	1.5	1	0.8	0.01	3.2	2.6

VII.6.2. CALCUL DU NIVEAU DES PLUS HAUTES EAUX

Pour pouvoir calculer le niveau des plus hautes eaux au niveau des ouvrages de drainage, on a utilisé les débits maximaux centennaux calculés précédemment.

La cote du Niveau des Plus Hautes Eaux (NPHE) correspond à la cote atteinte dans l'hypothèse de l'arrivée d'une crue de dimensionnement de période de retour choisie. Elle est liée à une crue, et donc à sa période de retour et à l'étude hydrologique qui en fournit les caractéristiques.

On prend en considération la méthode de Manning et Strickler pour évaluer les différents paramètres hydrauliques de l'écoulement dans la section du cours d'eau.

$$Q=K.\ (I^{1/2}).(Rh^{2/3})\cdot S$$

K : coefficient de rugosité ;
I : pente (m/m) ;
Rh : rayon hydraulique= section mouillée/périmètre mouillé ;
S : section mouillée (m²).

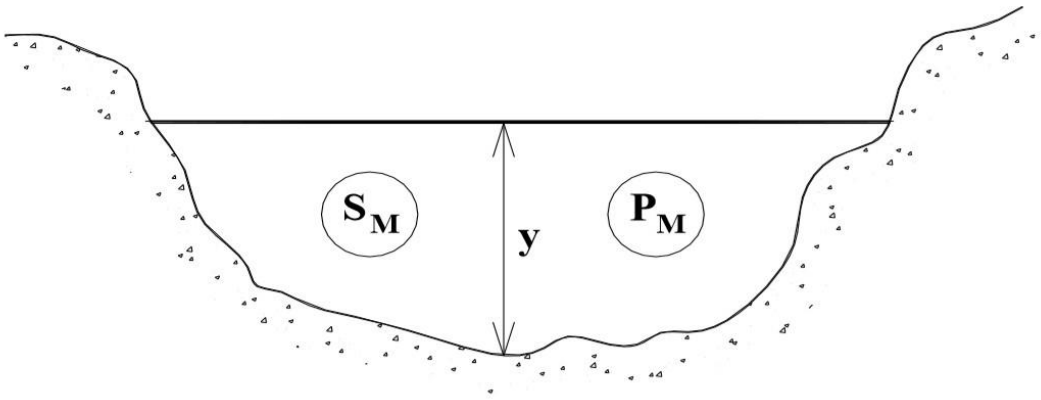


Figure VII-11 Profil en travers d'un oued.

Sur le profil en long de l'embranchement de Bled El Hadba, au niveau, sur fichier Autocad au niveau des ouvrages, on a calculé le périmètre mouillé et la section mouillée (du tableau VII.10 au tableau VII.12) qui correspondent à des hauteurs différentes, ensuite on a calculé les débits, à l'aide de la formule de Manning et Strickler. En fonctions des hauteurs définies, et des débits, on a tracé un graphe qui met en relation les débits en fonction des hauteurs avec une droite de corrélation. Cette droite a permis de calculer la hauteur relative au débit calculé au niveau de l'ouvrage.

Tableau VII.11 Calculs des sections et périmètres mouillés ainsi que le débit en fonction de la hauteur au PK 00+141.

PK 00+141 – Q=55.6 m^3/s						
H (m)	S (m^2)	P (m)	K	I (m/m)	Rh	Q (m3/s)
0.5	4.7	18.7	40	0.006	0.25	5.74
0.6	6.7	22.5	40	0.006	0.30	9.34
0.7	9.2	26.2	40	0.006	0.35	14.09
0.8	12.0	30.0	40	0.006	0.40	20.11
0.9	15.1	33.7	40	0.006	0.45	27.53
1.00	18.7	37.5	40	0.006	0.50	36.47
1.10	22.6	41.0	40	0.006	0.55	47.15
1.15	24.7	42.7	40	0.006	0.58	53.20
1.16	25.4	43.2	40	0.006	0.59	55.35
1.2	26.9	44.3	40	0.006	0.61	59.68
1.25	29.1	46.0	40	0.006	0.63	66.60
1.3	31.5	47.7	40	0.006	0.66	73.97

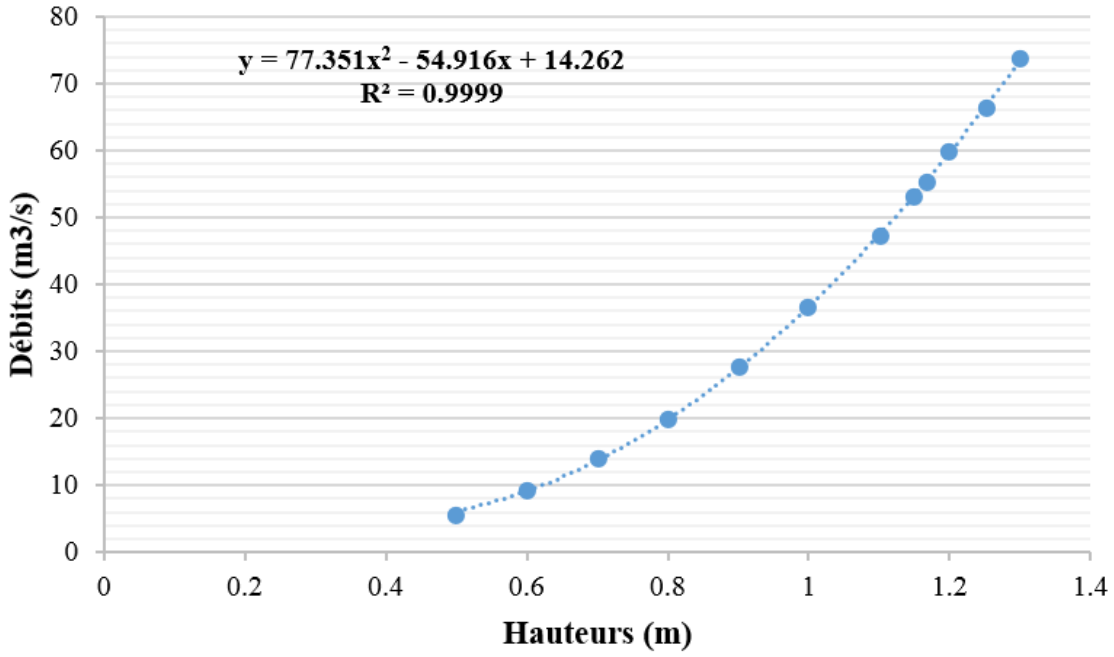


Figure VII-12 Débits en fonction des hauteurs PK 00+141.

Tableau VII.12 calcul des sections et périmètres mouillés ainsi que le débit en fonction de la hauteur au PK 04+760.

PK 04+760 – Q = 16.74 m^3/s						
H(m)	**S (m^2)**	**P (m)**	**K**	**I (m/m)**	**Rh**	**Q (m^3/s)**
0.2	10.28	96.23	40	0.0046	0.11	6.28
0.21	11.25	99.11	40	0.0046	0.11	7.16
0.22	12.26	101.99	40	0.0046	0.12	8.10
0.23	13.29	104.87	40	0.0046	0.13	9.10
0.24	14.36	107.75	40	0.0046	0.13	10.16
0.25	15.45	110.63	40	0.0046	0.14	11.28
0.26	16.57	112.69	40	0.0046	0.15	12.52
0.27	17.70	114.54	40	0.0046	0.15	13.83
0.28	18.86	116.39	40	0.0046	0.16	15.20
0.29	20.03	118.24	40	0.0046	0.17	16.64
0.3	21.22	120.09	40	0.0046	0.18	18.13

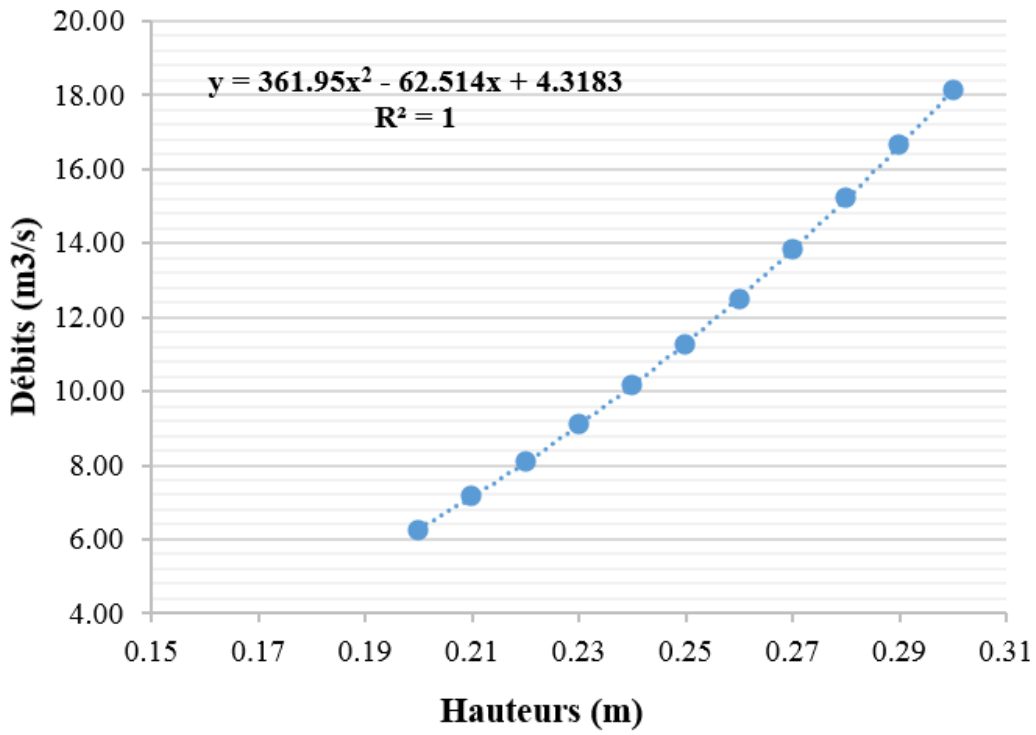


Figure VII-13 Débits en fonction des hauteurs PK 04+760.

Tableau VII.13: calcul des sections et périmètres mouillés ainsi que le débit en fonction de la hauteur au PK 10+568.

PK 10+568 – Q = 2.35 m^3/s						
H (m)	**S (m^2)**	**P (m)**	**K**	**I (m/m)**	**Rh**	**Q (m3/s)**
0.1	0.26	5.27	40	0.0200	0.05	0.20
0.1	0.24	4.84	40	0.0200	0.05	0.19
0.15	0.54	7.26	40	0.0200	0.07	0.55
0.2	0.97	9.68	40	0.0200	0.10	1.18
0.25	1.51	12.10	40	0.0200	0.12	2.14
0.3	2.18	14.52	40	0.0200	0.15	3.47
0.35	2.96	16.95	40	0.0200	0.17	5.24

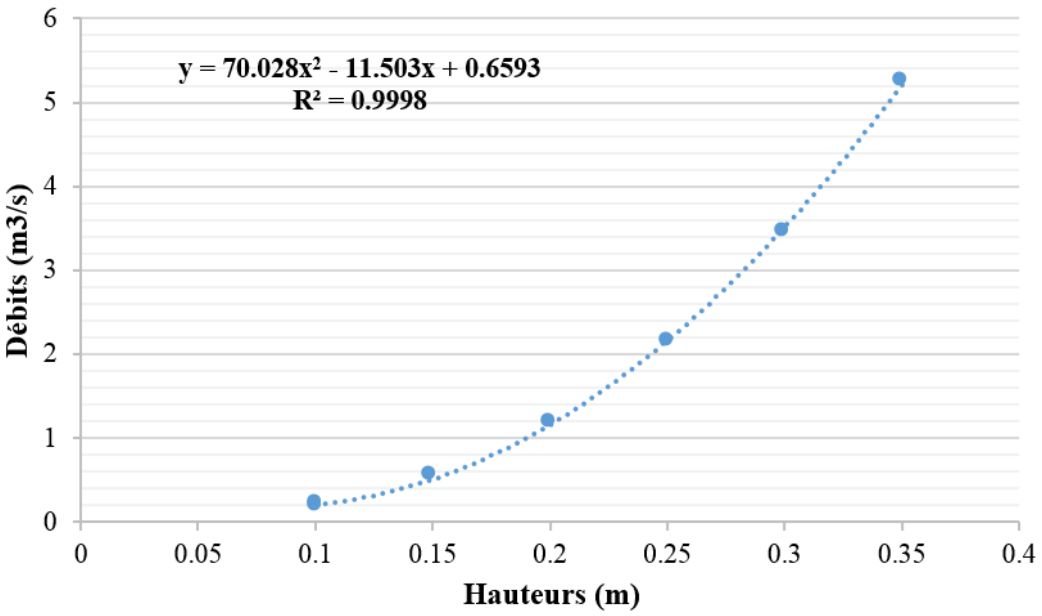


Figure VII-14 Débits en fonction des hauteurs PK 10+568.

VII.6.3. ASSAINISSEMENT LONGITUDINAL

Les dispositifs de drainage longitudinaux ont pour fonction de recevoir ou de drainer Les eaux de pluie qui s'écoulent sur la plate-forme dans les structures d'assise, les eaux de ruissellement des talus et des bassins versants et les eaux internes éventuelles.
Les deux premiers cas peuvent être traités en utilisant des dispositifs courants peu profonds qui assainissent les structures d'assise. Le troisième, au contraire, exige que ces dispositifs atteignent une certaine profondeur afin de rabattre une nappe phréatique et drainent la plateforme sur une hauteur suffisante. L'étude du drainage longitudinal doit vérifier qu'il existe une continuité d'écoulement de tout point jusqu'à un exutoire. On peut classer les drainages :

- Par leur position : drainages de déblai ou de remblai (pour le drainage, les remblais de hauteur inférieure à 1,50 m sont assimilables à des déblais) ;
- Par leur nature : drainages à ciel ouvert (tous types de fossés et cunettes) ou enterrés (collecteurs drainants ou non) ;
- Par leur destination : drainages superficiels qui ne collectent que les eaux de ruissellement et drainages profonds destinés également à rabattre la nappe phréatique.

Les drainages des remblais sont des drainages superficiels (sauf cas particulier pour des raisons géotechniques de stabilité), les drainages des déblais peuvent être superficiels ou profonds.

VII.6.3.1. DIMENSIONNEMENT DES FOSSES

Un fossé d'une section trapézoïdale (avec déclivité du talus 2:3), sera mis en place dans les zones de déblai, au niveau des accotements de la plate-forme. Les fossés sont divisés en 3 types selon de débit nécessaire :

- Type 1 : $Q < 0,5$ m³/s, largeur du lit / profondeur = 0,5 / 0,5 m ;
- Type 2 : $0,5 \leq Q < 1,0$ m³/s, Largeur du lit / profondeur = 0,7 / 0,7 m ;
- Type 3 : $1,0 \leq Q < 2,0$ m³/s, largeur du lit / profondeur = 0,8 / 0,9

m ; (Q = débit)

L'écoulement des eaux du drainage longitudinal se fera toujours par gravité, sans avoir recours à des stations de pompage, en lui assurant une pente qui sera la même que celle de la plate-forme (pente du profil en long).

Au niveau des endroits où la pente est très faible (relief relativement plat), la pente est augmentée jusqu'à 0.1%, pour assurer l'écoulement des eaux.
Le calcul des débits engendrés par les écoulements ruisselés sur les talus du terrain naturel et les plates-formes de la voie ferroviaire, a été effectué pour une période de retour de 10 ans. Il a été calculé en appliquant la formule suivante (méthode Rationnelle) :

$$\mathbf{Q10 = 0.278 \times Cr \times I10 \times A \quad avec \quad I10 = a / tc^{b}}$$

Avec :

- **Q10** : Débit décennal (en m^3/s) ;

- **Cr :** Coefficient de ruissellement pondéré. Pour la pondération du coefficient de ruissellement de la plate-forme de la voie, les valeurs suivantes sont retenues :
  - C = 0.95 pour la chaussée ;
  - C = 0.70 pour les talus.
- **I10 :** Intensité de pluie décennale (en mm/h) ;
- **A :** Surface active de la plate-forme de la voie ou talus (en km²) ;
- **tc** : temps de concentration (en heure). Pour l'assainissement longitudinal, le temps de concentration est égal à 15 min, (0.25 h) ;
- **a** et **b** : paramètres de Montana.

Pour le dimensionnement des fossés, on utilise la formule de Manning-Strickler :

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

- **Q :** Débit décennal (en m^3/s) ;
- **Ks :** Coefficient de rugosité Strickler (Ks = 70 ; correspondant à des fossés consolidés revêtement en béton grossier) ;
- **A :** Superficie de la section du fossé ;
- **Rh :** Rayon hydraulique ;
- **I :** Pente (La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie).

Tableau VII.14 Dimensions des sections de l'assainissement longitudinal pour l'embranchement de Blad El Hadba

Rive	PK	Type	Surface (Km²)	L (m)	Q_{10} (m^3/s)	Q_{10t} (m^3/s)	Sec.	b (m)	ht (m)	Pente (m/m)	Q sat. (m3/s)	V (m/s)	Exutoire
Rive Droite	PK 00+200 AU PK 01+050	Talus	0.0023	840	0.012	0.02	1	**0.5**	**0.5**	0.0002	**0.06**	0.30	PK 00+141
		PF	0.0020		0.010								
Rive Gauche	PK 00+200 AU PK 01+050	Talus	0.0022	52	0.012	0.05	1	**0.5**	**0.5**	0.0005	**0.09**	0.46	
		PF	0.0077		0.041								
Rive Droite	PK 05+225 AU PK 05+400	Talus	0.0001	150	0.000	0.00	1	**0.5**	**0.5**	0.0000	**0.02**	0.11	PK 04+85
		PF	0.0005		0.002								
Rive Gauche	PK 05+225 AU PK 05+400	Talus	0.0003	160	0.002	0.01	1	**0.5**	**0.5**	0.0001	**0.04**	0.19	
		PF	0.0015		0.008								
Rive Droite	PK 06+200 AU PK 07+700	Talus	0.0082	1490	0.043	0.07	1	**0.5**	**0.5**	0.0007	**0.11**	0.53	PK 04+852
		PF	0.0047		0.025								
Rive Droite	PK 06+200 AU PK 07+700	Talus	0.0082	1490	0.043	0.07	1	**0.5**	**0.5**	0.0007	**0.11**	0.53	PK 08+286
		PF	0.0047		0.025								
Rive	PK 07+725	Talus	0.0007	370	0.004	0.01	1	**0.5**	**0.5**	0.0001	**0.04**	0.18	PK

Droite	AU PK 08+190	PF	0.0009		0.005								08+286
Rive Gauche	PK 06+175 AU PK 08+190	Talus	0.0120	1920	0.063	0.16	1	**0.5**	**0.5**	0.00157	**0.16**	0.80	PK 04+852
		PF	0.0177		0.093								
Rive Gauche	PK 06+175 AU PK 08+190	Talus	0.0120	1920	0.063	0.16	1	**0.5**	**0.5**	0.00157	**0.16**	0.80	PK 08+286
		PF	0.0177		0.093								
Rive Droite	PK 09+480A U PK 10+390	Talus	0.0082	890	0.043	0.07	1	**0.5**	**0.5**	0.00068	**0.10**	0.52	PK 10+568
		PF	0.0047		0.025								
Rive Gauche	PK 09+480 AU PK 10+370	Talus	0.0085	910	0.045	0.09	1	**0.5**	**0.5**	0.00088	**0.12**	0.60	
		PF	0.0083		0.044								
Rive Droite	PK 11+040 AU PK 11+430	Talus	0.0034	390	0.018	0.02	1	**0.5**	**0.5**	0.00023	**0.06**	0.31	PK 11+430
		PF	0.0009		0.005								

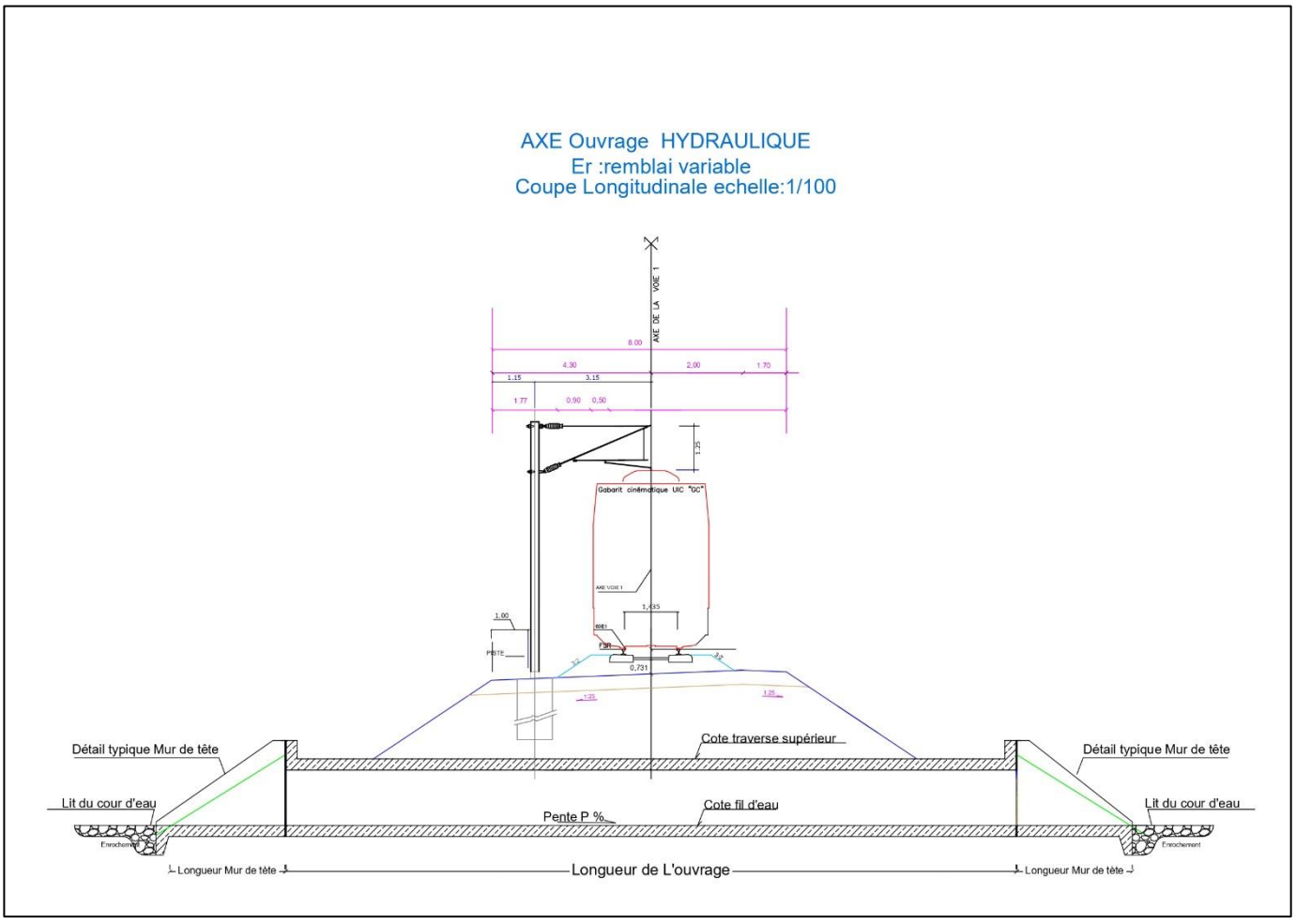


Figure VII-15 Profil en travers ouvrage hydraulique zone remblai

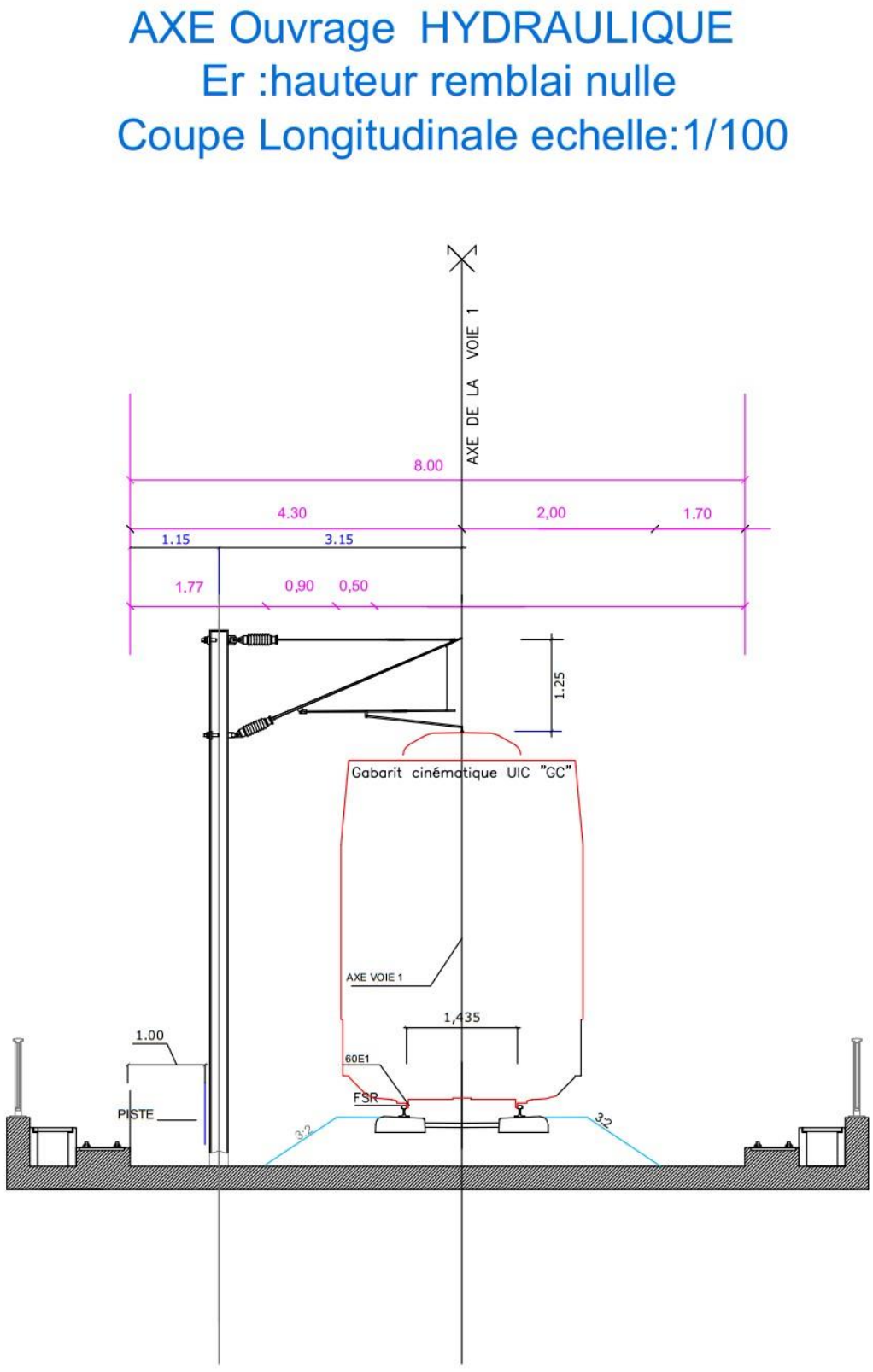


Figure VII-16 Profil en travers ouvrage hydraulique zone courante

VII.7. CONCLUSION

L'étude hydraulique est très importante dans un projet ferroviaire car elle permet d'assurer la pérennité de la voie. En ce qui concerne l'assainissement, on a surdimensionné les ouvrages hydrauliques pour assurer un bon service à long terme et faire face à l'insuffisance d'entretiens dans notre pays.

CHAPITRE VIII CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART

CHAPITRE VIII : CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART.

VIII.1. INTRODUCTION

La conception d'un bon tracé ferroviaire qui assure la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire et le franchissement des différents obstacles et infrastructures existantes en répondant aussi aux exigences techniques et économiques, nous obligeant de doter cette nouvelle ligne les ouvrages d'arts suivants :

- Ponts rail
- Ponts routiers
  - Passage Supérieur.
  - Passage inferieur.
- Les ouvrages hydrauliques :
  - Dalot (détaillé dans le chapitre de l'étude hydrologique et assainissement).
- Protection des pipelines

VIII.2. CRITERES ET HYPOTHESES DE CONCEPTION CHOISIES (METHODOLOGIE)

L'adoption d'ouvrages d'art pour notre projet est un moyen inévitable pour ce tronçon, notre objectif est de choisir l'ouvrage convenable qui s'adaptera aux conditions, à savoir :

- **Topographiques :** choisir le type d'ouvrages (tablier et piles) qui s'adapte pour les différentes hauteurs de brèches (courtes moyennes ou importantes).

- **Hydraulique :** connaissances des données hydrauliques (débits, sens d'écoulement, hauteurs des plus hautes eaux, largeur lit mineur, largeur lit majeur etc.) choisir les types d'appuis convenables et les disposer d'une manière à ne pas gêner l'écoulement de l'eau et les protéger contre toute agression (affouillement etc.) avec une mise en place du système d'assainissement de l'ouvrage.

- **Routières :** définir les types d'ouvrages (pont à poutres précontraintes ou béton armé, pont dalle, pont cadre fermé ou en portique etc.) en fonction du type de franchissement : route nationale, chemin de wilaya, piste agricole, voie ferrée d'autres obstacles : oléoducs, gazoducs etc.

Respecter tous les profils en travers, les données en plan et en long ainsi que toutes les composantes de la route et de l'autoroute, à savoir les accotements, les bandes d'arrêt d'urgence, le terre-plein central, les voies d'insertion, les rampes etc.

Toutes ces données devront être reconduites sur l'ouvrage en intégrant les différents paramètres de l'optimisation

- **Géologiques et sismiques :** la conception des ouvrages seront conçus en respectant la géologie (failles etc.) et la sismicité de la région

- **Géotechniques :** les fondations seront traitées selon l'étude géotechnique qui sera complétée

- **Protection et sécurité :** les talus seront protégés contre tout risque de glissement ou autres, installer tous les équipements de sécurité (garde-corps, glissières de sécurité etc.) et prévoir l'étanchéité des différents éléments de l'ouvrage (étanchéité, badigeonnage).

- **Constructives :** choisir la méthode de construction qui s'adaptera au choix du type d'ouvrages et aux contraintes qui seront rencontrées.

Enfin la standardisation concerne également les éléments constituant les ouvrages à savoir :

- Le choix de types de poutres précontraintes sera pris au minimum , en choisissant un rendement mécanique le plus économique et en optimisant les entraxes pour le nombre de câbles qui y pourront être logés.

- Standardiser les appuis pour les différents types d'ouvrages et optimiser les différentes dimensions et entraxes de leurs composantes.

VIII.3. NORMES ET REFERENCES

La conception des ouvrages d'art doit être conforme à la dernière édition ou révision des normes et des références en vigueur suivantes :

- Eurocode 1, Actions sur les structures - Partie 2 : Actions sur les ponts dues au trafic,
- Eurocode 2, Calcul des structures en béton,
- Eurocode 3, Calcul des structures en acier,
- Eurocode 4, Conception et dimensionnement des structures mixtes acier-béton,
- Règles BAEL 91, Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites, Commission Générale de Normalisation du Bâtiment – DTU, révision de 1999
- Règles BPEL 91, Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites, Commission Générale de Normalisation du Bâtiment –DTU, révision de 1999 ;
- RCPR2009, règles définissant les charges à appliquer pour le calcul et les épreuves des ponts routes, RPOA2008, règle parasismiques applicables au domaine des ouvrages d'art (Algérie),
- Cahier des prescriptions communes, règles de conception et de calcul des ouvrages en béton, en métal ou mixtes (IN0032) RFF-SNCF.

VIII.4. ACTION A PRENDRE EN COMPTE

VIII.4.1 Actions permanentes

Charges verticales :

Les charges permanentes verticales sont exprimées en KN/m. Leurs intensités sont déterminées en multipliant les sections intéressées par le poids spécifique relatif. Dans la suite on fournit les poids spécifiques des principaux éléments considérés :

- Poids propre des structures en B.A est calculé avec un poids spécifique de 25 KN/m3,
- Poids des éléments en charpente métallique est calculé avec un poids spécifique de 78.50 KN/m3,
- Poids des terres défini avec un poids spécifique de 20 KN/m3,

Charges horizontales :

Il s'agit de la poussée statique des terres appliquée sur les parois verticales (diagramme triangulaire) où l'équation est présentée comme suit :

Avec :

γ : Poids volumique des terres

K : coefficient de poussée des terres (actif où au repos)

h : hauteur de la paroi

Charges de la plateforme ferroviaire :

Les charges appliquées sur une plateforme ferroviaire pour une voie ballastée généralement sont le ballast, le garde ballast, les rails, les travers, l'étanchéité, caniveaux et câbles de signalisations et caténaires et poteau de caténaire.

VIII.4.2 Actions sur les ponts ferroviaires

Surcharges d'exploitations ferroviaires :

Les actions de trafic ferroviaire seront définies au moyen de cinq modèles de charges dont deux représentent le trafic normal sur la ligne LM71 et SW0, un représente le trafic lourd SW2, un représente la charge de « train à vide » et le dernier représente le trafic réel pour HSLM.

1. Modèle de charge LM71

Ce modèle de charge représente l'effet statique du chargement vertical dû à un trafic ferroviaire normal.

Les valeurs caractéristiques des charges verticales sont représentées comme suit :

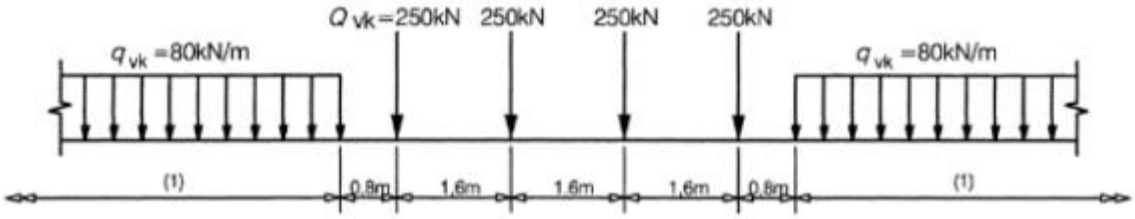


Figure VIII-1 Modèle de charge LM71

2. Modèle de charge SW/0

Ce modèle de charge représente l'effet statique du chargement vertical dû à un trafic ferroviaire standard sur les ponts continus seulement. Les valeurs caractéristiques des charges verticales sont représentées comme suit :

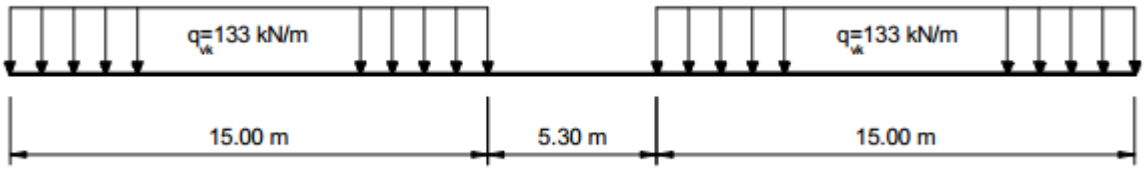


Figure VIII-2 Modèle de charge SW0

3. Modèle de charge SW/2

Ce modèle de charge représente l'effet statique du chargement vertical dû à un trafic ferroviaire lourd. Les valeurs caractéristiques des charges verticales sont représentées comme suit :

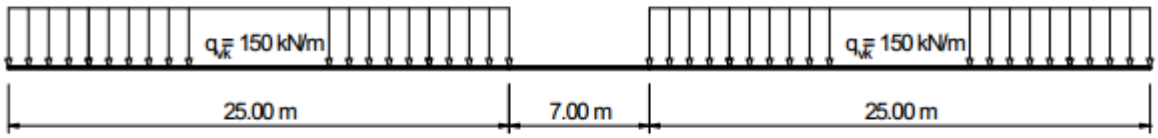


Figure VIII-3 Modèle de charge SW2

4. Modèle de charge « Train à vide »

Ce modèle de charge représente l'effet statique d'une charge linière uniformément répartie caractérisée par une valeur de 10 kN/m.

VIII.4.3 Actions sur les ponts routes

Les actions de trafic routier seront définies au moyen de quatre systèmes de charges dont deux représentent le trafic civil A(l) et B (Bc, Br et Bt), un représente le trafic militaire Mc120, un représente la charge exceptionnelle D240.

Système de type A

Ce système, se composant d'une charge uniformément répartie, est accompagné d'une surcharge de 1,5 kN/m2 appliquée sur les trottoirs. Cette surcharge est pondérée avec le même facteur de pondération que le système A. La force de freinage développée par cette charge doit, elle aussi, être pondérée comme le système A. Il est à noter qu'aucun coefficient de majoration dynamique ne doit être appliqué à ce système.

Système de type Bc

Le système Bc est formé de files longitudinales de 2 camions de 30 tonnes chacun. Autant de files que de voies de circulation peuvent être disposées transversalement sur la structure. Un coefficient de dégressivité transversale doit être appliqué aux camions selon le nombre de files de camions disposées transversalement. Ce même coefficient doit aussi être appliqué au terme « S » utilisé pour le calcul du facteur de majoration dynamique. Toutefois, puisque le calcul du facteur de majoration dynamique nécessite le poids propre de la poutre, le facteur de majoration dynamique est fixé à 0,2. Ce système est accompagné d'une surcharge de 1,5 kN/m2 appliquée sur les trottoirs. Cette surcharge est pondérée avec le même facteur de pondération que le système Bc. La force de freinage développée par cette charge doit, elle aussi, être pondérée comme le système Bc.

Charge militaire de type Mc120

Les véhicules militaires de type Mc120 peuvent circuler en convoi, mais la distance minimale entre deux véhicules est de 30,50 m. Tout comme le système Bc, la charge militaire Mc120 doit être majorée avec un facteur de majoration dynamique qui est calculé avec la même formule utilisée pour le système Bc sauf que « S » correspond au poids du système Mc, soit 110 tonnes x le nombre de véhicules disposés longitudinalement.

Charge exceptionnelle de type D240

Le convoi exceptionnel est défini comme une charge de 240 tonnes uniformément répartie sur une empreinte de 18,6 m x 3,2 m. Cette surcharge n'est sujette à aucune majoration dynamique, Aucune force de freinage n'est développée et aucune surcharge de trottoir ne doit être considérée.

VIII.4.4 Actions sismiques

Ces actions seront calculées conformément au règlement parasismique Algérien des ouvrages d'art (RPOA 2008), tous les ouvrages d'art de notre projet sont situés dans une zone à moyenne sismicité (Zone IIa), ayant des coefficients d'accélération 0.25, 0.20, 0.15 pour les ponts respectivement de groupe 1, 2 et 3. Les forces de poussée latérales des terres devront être considérées à l'aide de la méthode Monobe-Okabe.

VIII.4.5 Actions climatiques

Les actions climatiques à prendre en compte sont les actions thermiques (température uniforme, gradient thermique) et les actions de vents.

VIII.4.6 Actions accidentelles

Les actions accidentelles à prendre en compte sont les actions provenant de déraillement de train ainsi que le choc des véhicules sur les appuis et le tablier.

VIII.5. PROFIL EN TRAVERS TYPE DES OUVRAGES D'ART

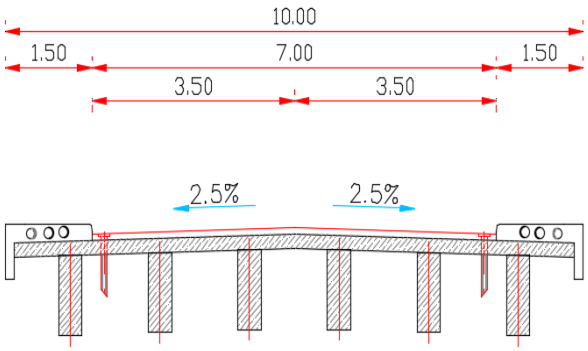


Figure VIII-4 Profile en travers type sur ouvrage d'art (passage supérieur / RN)

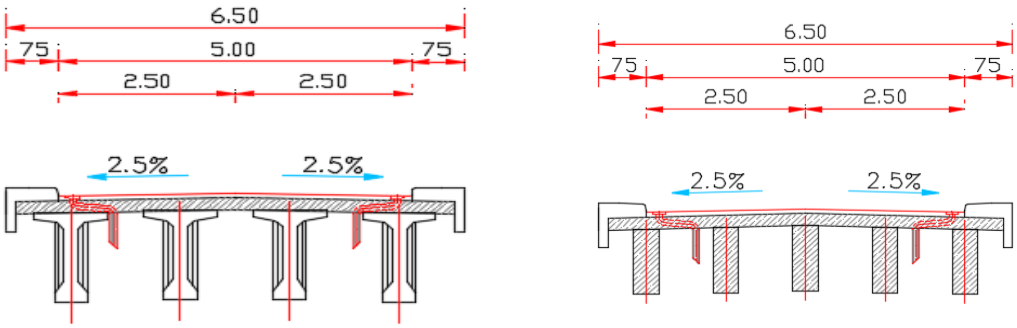


Figure VIII-5 Profile en travers type sur ouvrage d'art (passage supérieur / Piste agricole)

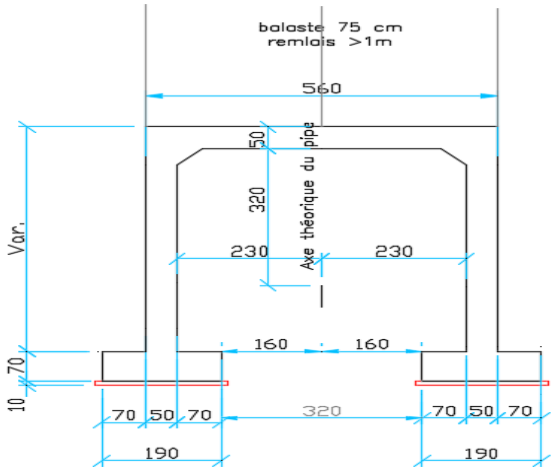


Figure VIII-6 Profile en travers type sur ouvrage d'art (Protection des pipelines)

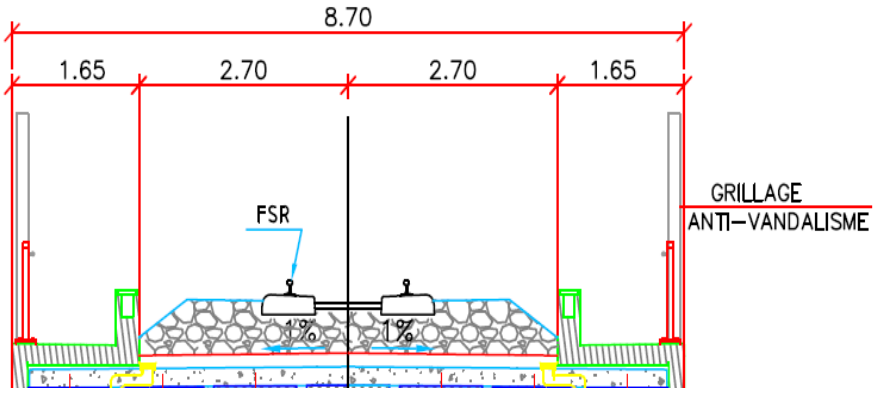


Figure VIII-7 Profile en travers type sur ouvrage ferroviaire

VIII.6. LISTE DES OUVRAGES D'ART

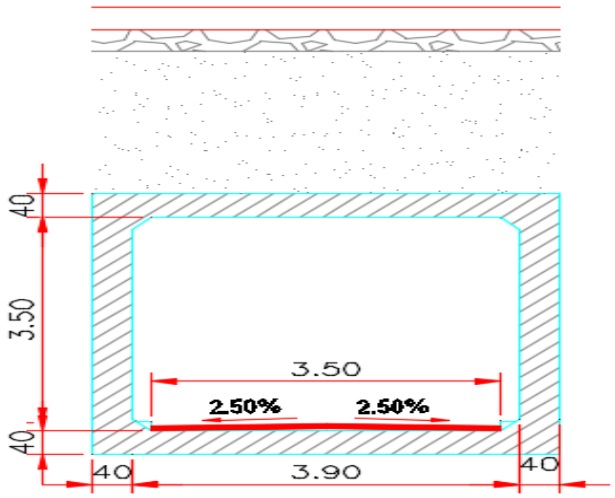


Figure VIII-8 Profile en travers type sur ouvrage d'art (passage supérieur / Piste agricole)

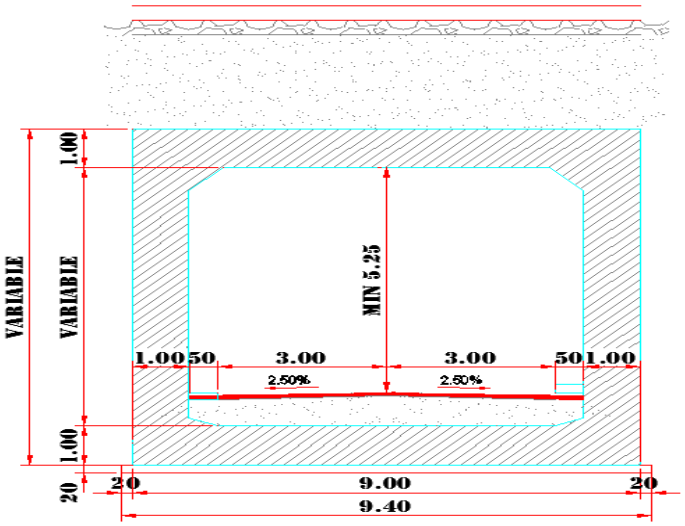


Figure VIII-9 Profile en travers type sur ouvrage d'art (passage inférieur / CW)

Tableau VIII.1 LISTE DES OUVRAGES D'ART

N°	PK	Type d'ouvrage
01	02+550	PS
02	02+965	PS
03	04+058.16	PS
04	04+786.77	PI
05	05+837.32	PS
06	07+506.52	PS
07	08+839.44	PS
08	10+812.24 10+829.87 10+853.15	Protection des pipelines
09	10+879.31	PI
10	11+204.64	PS

VIII.7. DESCREPTION DES OUVRAGES

VIII.7.1. SITUATION DU PASSAGE AU PK 02+550

Le PK 02+500 (projeté) sur la ligne BIR EL ATER - BLED EL HADBA est le croisement de la voie ferrée et la piste pour accéder aux terrains agricoles et la ville de Bir el Ater, le passage est emprunté par les véhicules et les piétons.

Ce passage présente des difficultés vues que :

- Sa proximité avec les exploitations environnantes.
- Sa proximité avec les habitations.

Description de l'ouvrage :

Vu qu'au PK 02+500 le niveau entre le FSR (843.817 m) et le terrain naturel (841.268 m), présente une différence de 2.548 m, en respectant l'assiette de la voie, l'ouvrage proposé à projeter est un passage supérieur présenté par un pont à poutres multiples en béton armé d'une travée de 20 m.

Caractéristiques techniques de l'ouvrage :

- Ouvrage de classe III.
- Largeur du tablier : 06.50 m.
- La portée de la poutre :19.00 m
- Cinq (05) poutre en béton armé : L=20.00m H=1.10m
- L'infrastructure de l'ouvrage est constituée de deux culées reposantes sur des fondations profondes (Provisoirement) et accompagnée par des murs de soutènements.

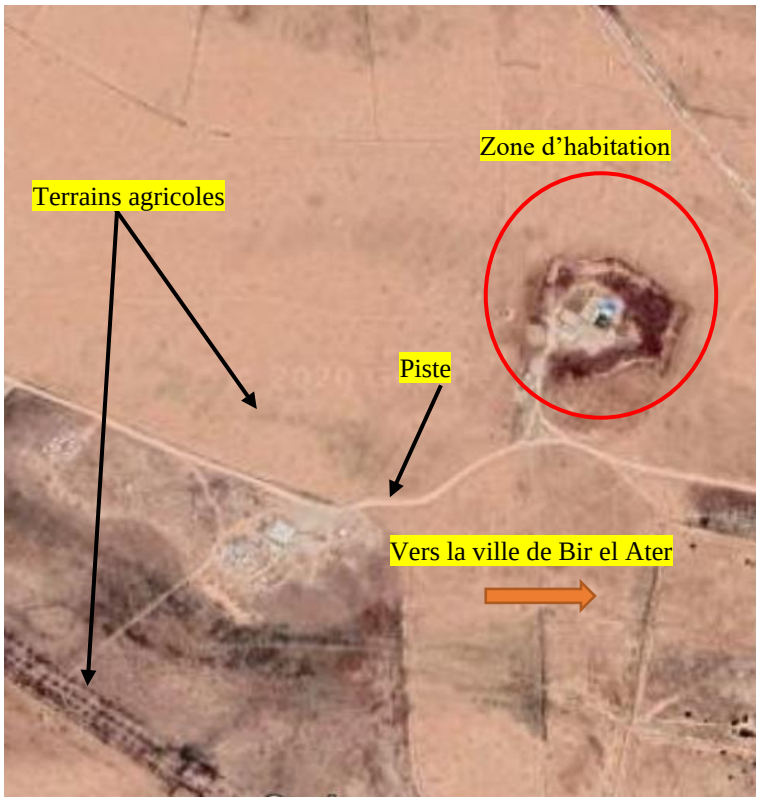


Figure VIII-10 Situation du PK02+500

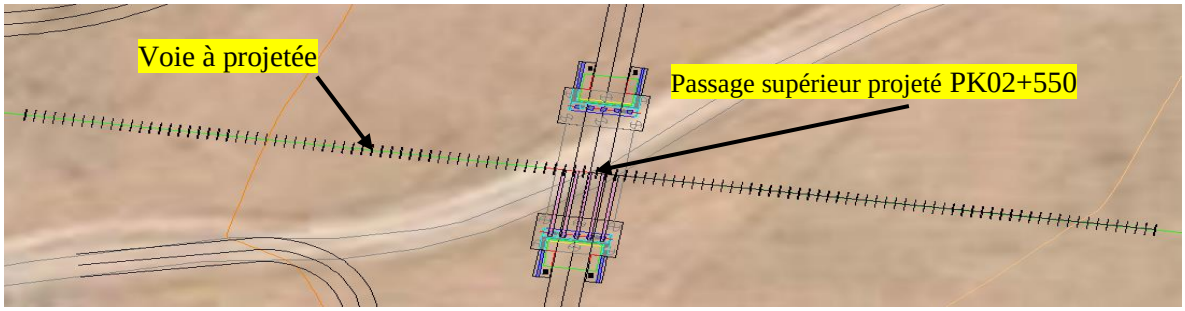


Figure VIII-11 Vue en Plan sur le PS au PK02+500

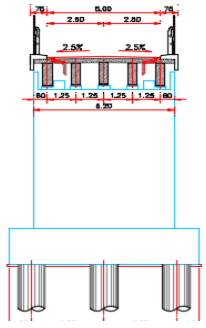


Figure VIII-12 Coupe sur culée du PS au PK02+500

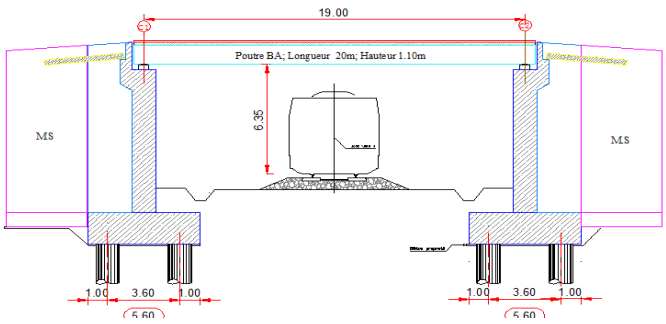


Figure VIII-13 Coupe longitudinale du PS au PK02+500

VIII.7.2. SITUATION DU PASSAGE AU PK02+965

Le PK 02+500 (projeté) sur la ligne BIR EL ATER - BLED EL HADBA est le croisement de la voie ferrée et la RN16 pour accéder à la ville de Bir el Ater, le passage est emprunté par les véhicules et les piétons.

Ce passage présente des difficultés vues que :

- Sa proximité avec les exploitations environnantes.
- Sa proximité avec les habitations.

Description de l'ouvrage :

Vu qu'au PK 02+965 le niveau entre le FSR (837.770 m) et le terrain naturel (835.30 m), présente une différence de 2.47 m, en respectant l'assiette de la voie, l'ouvrage proposé à projeter est un passage supérieur présenté par un pont à poutres multiples en béton armé d'une travée de 20 m.



Figure VIII-14 Situation du PK02+965

Caractéristiques techniques de l'ouvrage :

- Ouvrage de classe II.
- Largeur du tablier : 10.00 m.
- La portée de la poutre :19.00 m
- Sept (07) poutre en béton armé : L=20.00m H=1.10m
- L'infrastructure de l'ouvrage est constituée de deux culées reposantes sur des fondations profondes (Provisoirement) et accompagnée par des murs de soutènements.

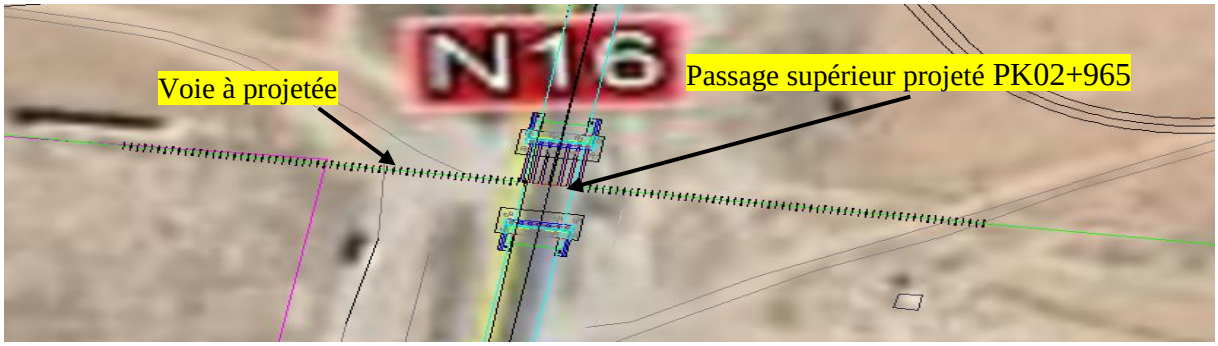


Figure VIII-15 Vue en Plan sur le PS au PK02+965

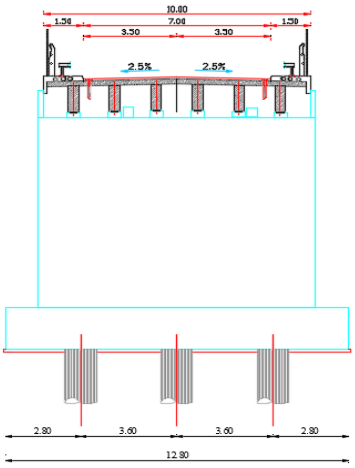


Figure VIII-16 Coupe sur culée du PS au PK02+950

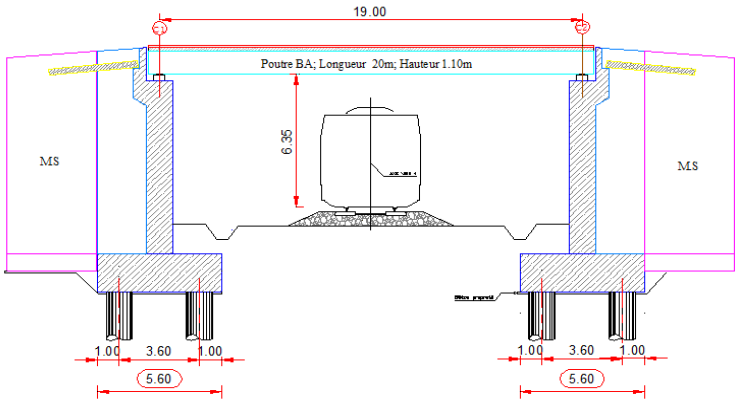


Figure VIII-17 Coupe longitudinale du PS au PK02+950

VIII.7.3. SITUATION DU PASSAGE AU PK 04+786.77

Le PK 04+786.77 (projeté) sur la ligne BIR EL ATER - BLED EL HADBA est le croisement de la voie ferrée et une piste agricole utilisée par les riverains pour accéder à leurs exploitations environnantes, le passage est emprunté par les engins d'agriculture et les piétons.

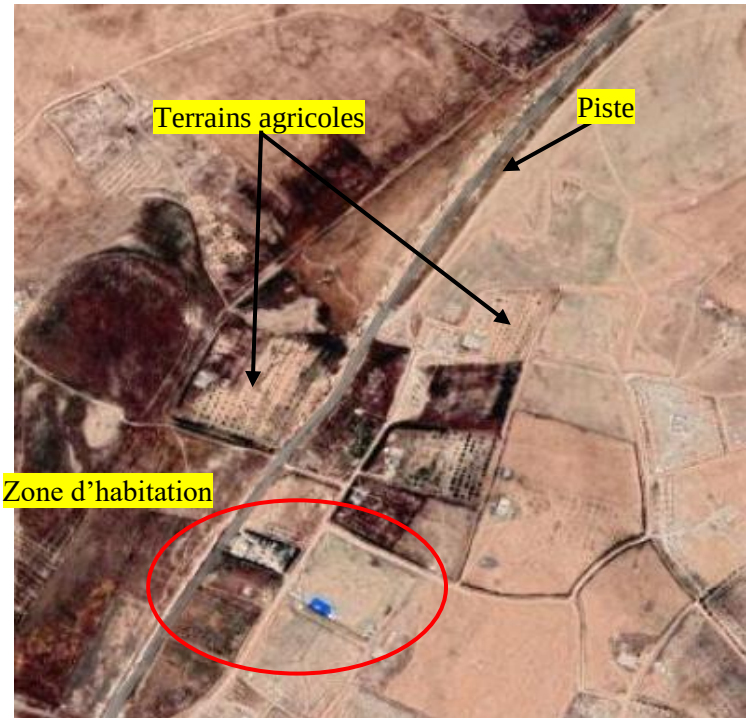


Figure VIII-18 Situation du PK 04+786.77

Ce passage présente des difficultés vues que :

- Sa proximité avec les exploitations environnantes.

Description de l'ouvrage :

Vu qu'au PK 04+786.77 le niveau entre le FSR (822.089m) est le terrain naturel (816.554 m) présente une différence de 5.535 m, en respectant l'assiette de la voie, l'ouvrage proposé à projeter est un passage inférieur (dalot) présenté par un pont cadre à une cellule accompagnée des murs en aile.

Caractéristiques techniques de l'ouvrage

- Ouverture 3.5x3.5 m.
- Longueur totale : 8.00 m.

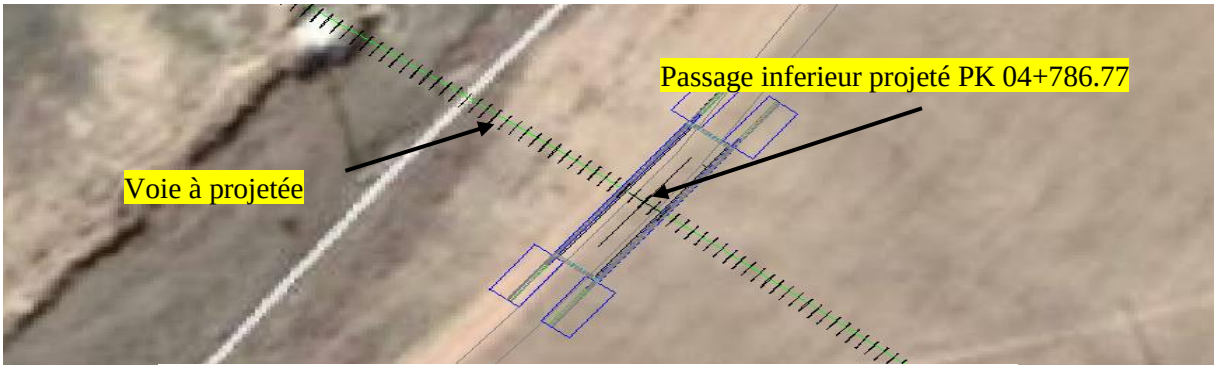


Figure VIII-19 Vue en Plan sur le PI au PK 04+786.77

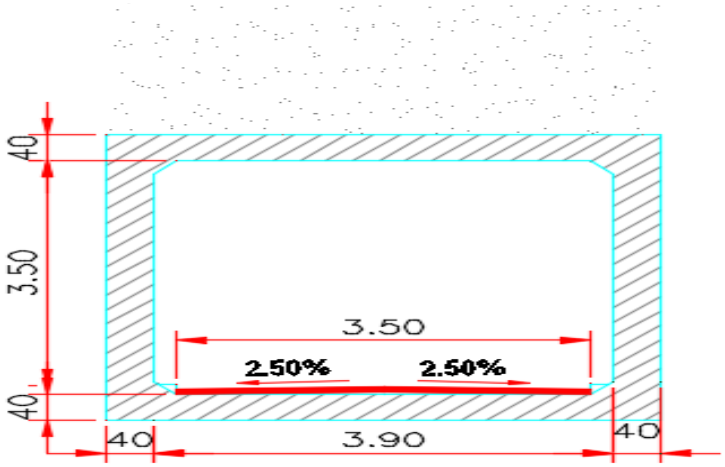


Figure VIII-20 Coupe transversale du PI au PK 04+786.77

VIII.7.4. SITUATION DES PAPELINES AU PK 10+812.24, PK 10+829.87 et PK10+853.15

Le PK 10+879.31 (projeté) sur la ligne BIR EL ATER - BLED EL HADBA est le croisement de la voie ferrée et trois pipelines (gaz).

Ce passage présente des difficultés vues que :

- Existence des conduites de gaz.

Description de l'ouvrage :

Vu qu'au PK 10+812.24, PK10+829.24 et PK10+853.15 le niveau entre le FSR (846.048m) est le terrain naturel (839.524m) présente une différence de 6.524 m, en respectant l'assiette de la voie, l'ouvrage proposé à projeter est un passage inférieur (portique).

Caractéristiques techniques de l'ouvrage :

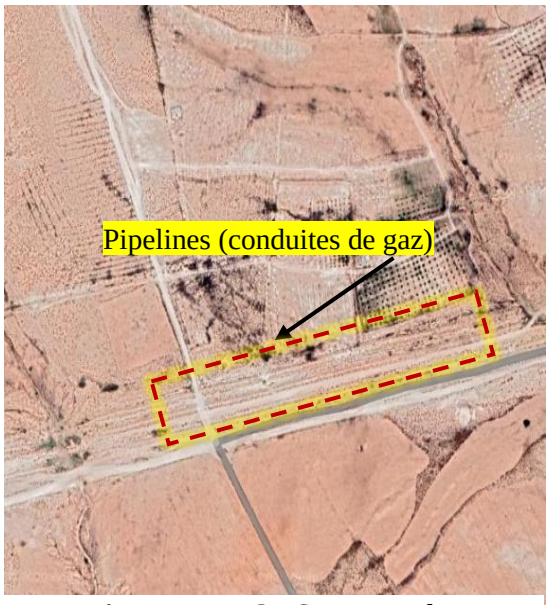


Figure VIII-21 Situation du PK 10+812, PK10+829.87 et PK10+853.15

- Ouverture 3.20 avec hauteur variable.
- Longueur totale : 13.85 m.

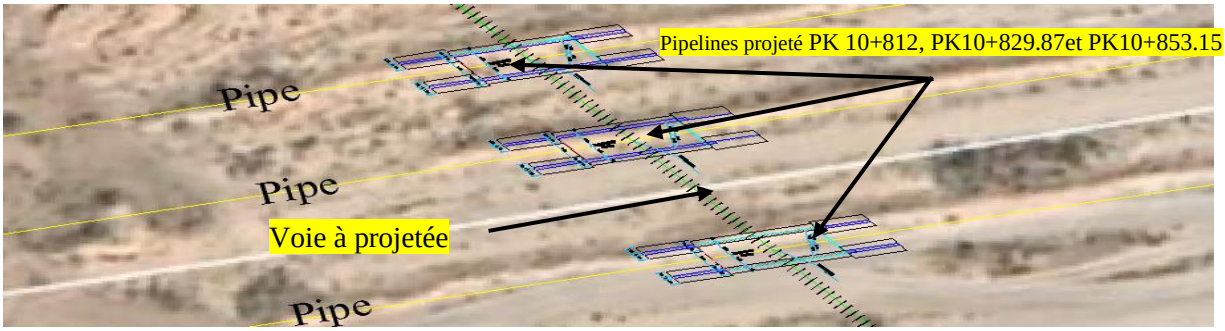


Figure VIII-22 Vue en Plan sur l'ouvrage

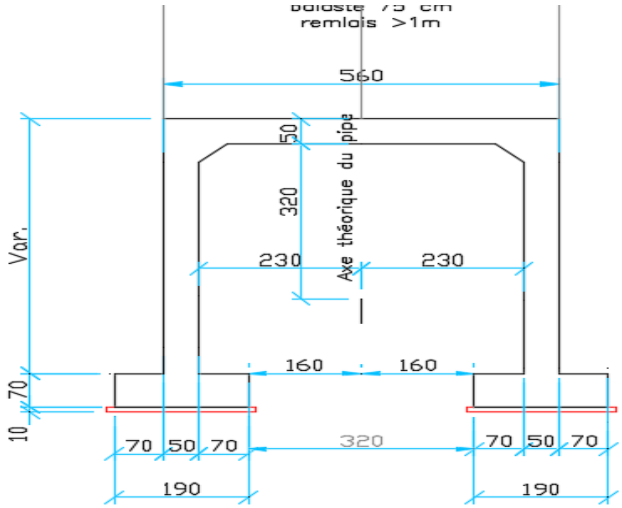
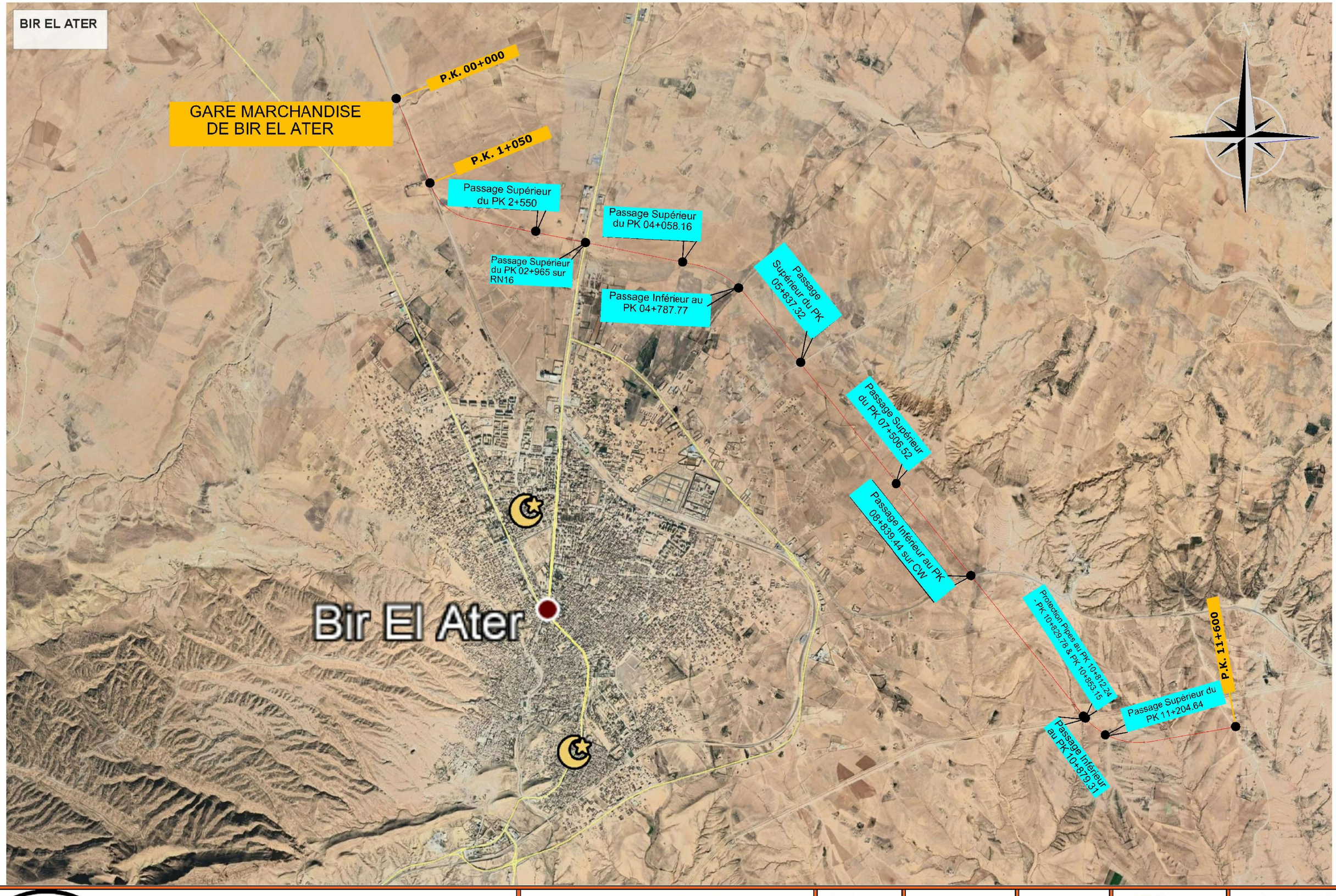


Figure VIII-23 Coupe transversale

VIII.8. CONCLUSION

L'étude de la nouvelle ligne ferroviaire Comprend 10 obstacles qui vont être franchis à l'aide des ouvrages d'art, dont sept passages supérieurs (PS), deux passages inférieurs (PI), et un ouvrage de protection des pipelines.



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

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 LIGNE FERROVIERE A VOIE UNIQUE (BIR EL ATER-BLED EL HADBA) DU PK00+000 AU PK11+600 AVEC AMENAGEMENT DE LA GARE DE BIR EL ATER	SAOUD Med MENNAH Lydia	Mr TIGHIOUART	ECH V : 1/200	DU PK 00+000 AU PK 11+600	2020 / 2021

CHAPITRE IX CONCEPTION DE LA GARE DE BIR EL ATER

CHAPITRE IX : CONCEPTION DE LA GARE DE BIR EL ATER.

IX.1. INTRODUCTION

Une gare ferroviaire est le lieu d'arrêt des trains. Une gare comprend diverses installations qui ont une double fonction : permettre la montée et la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises ainsi que pour certaines d'entre elles, assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains. On distingue trois types de gares : Gare de voyageurs, Gare de triage, et Gare marchandise.

Dans notre projet on va réaliser une conception de la gare de marchandises de Bir El Ater.

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

IX.2. L'emplacement de la gare

La gare marchandises de Bir El Ater se situe du PK 00+000 au PK 1+050 (PK 90+800 au PK 91+850) entre la gare de GHDIR SAFIA (PK 85+800) et la gare de BLED EL HADBA (PK22+000).

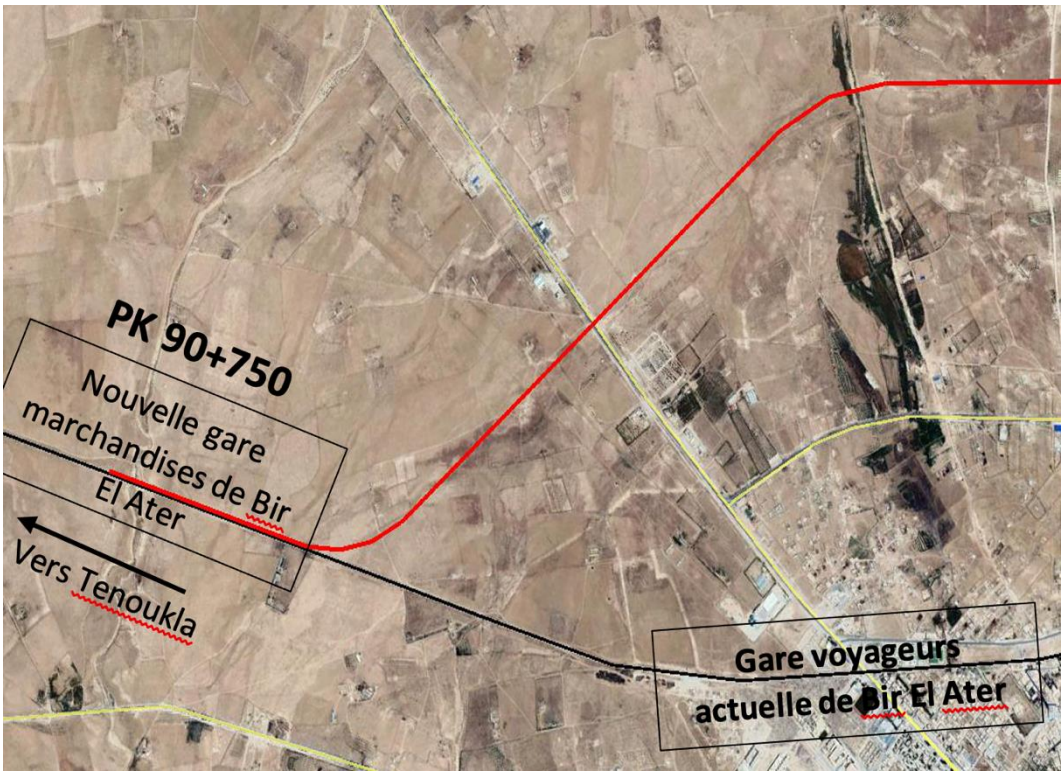


Figure IX-1 Localisation de la gare de Bir El Ater

IX.3. Conditions de conception des gares

Les conditions qui sont nécessaires pour la conception des gares sont les suivantes :

- L'étude du bâtiment de voyageurs (B.V) doit respecter le plan d'urbanisme.
- Il faut veiller à la séparation des flux de voyageurs entrant et sortants.
- Une grande gare centrale est préférable à la solution de plusieurs gares.
- Aménager aux abords des gares des parcs de stationnement de voitures.
- Analyser avec précision tous les mouvement et manœuvre qui comporte aussi l'exploitation de la gare aux heures de pointe.

IX.4. INSTALLATIONS D'UNE GARE MARCHANDISES

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

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

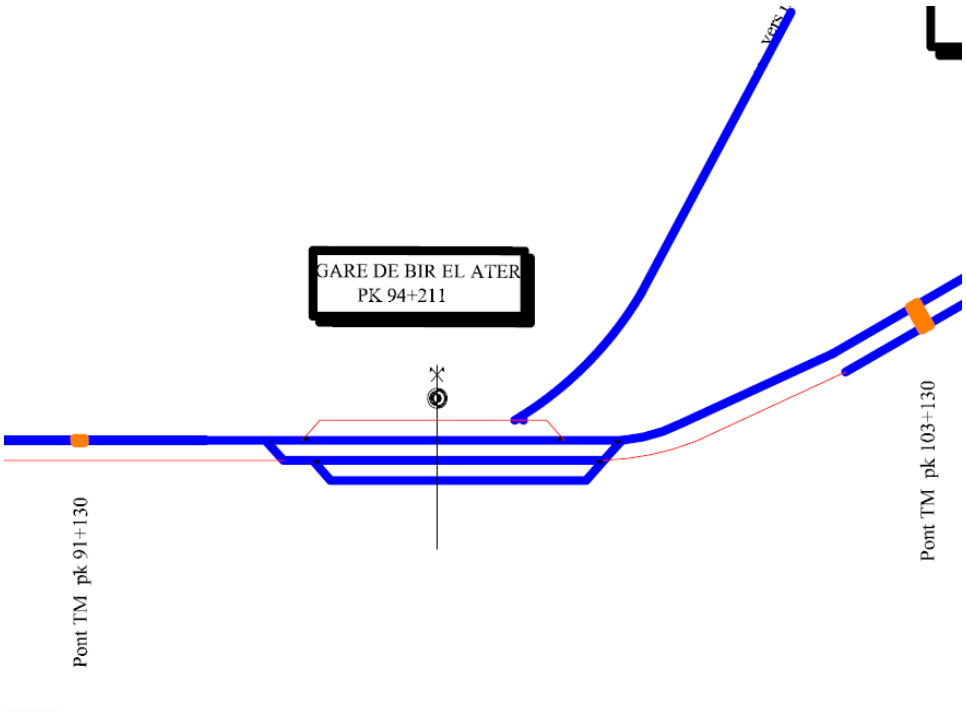


Figure IX-2 Emplacement de la gare de marchandises de Bir El Ater

IX.5. Caractéristiques géométriques de la gare

IX.5.1. Déclivité dans la gare

La déclivité est à limiter en fonction des activités qui y sont prévues. Dans notre projet, la déclivité est de 00 ‰ afin d'éviter tous déplacement possible des trains.

IX.5.2. Garage franc

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares.

Le garage franc est implanté par rapport au cœur de l'appareil de voie à une distance D qui positionne l'élément GF : **$GF=f+1 = (3{,}57/tg\propto)+1$**

N : varie selon l'ouverture de l'appareil de voie.

Tableau IX.1 Coordonnées des garages francs

GF N°	Coordonnées	
	X(m)	Y(m)
1	411794.8112	3851179.1218
2	411784.6121	3851204.7275
3	411837.8663	3851096.9001
4	411825.6908	3851124.3831
5	411859.5351	3851040.6651
6	411846.8631	3851065.1414
7	411868.3289	3851039.2666
8	411920.1786	3850966.1810
9	411887.8526	3851009.7444
10	412018.9685	3850806.8883
11	411906.9400	3850979.9842
12	412028.9596	3850772.9740
13	411926.0274	3850950.2239
14	412038.4851	3850738.8858
15	412070.8817	3850660.2519
16	412072.6436	3850641.2077
17	412117.6393	3850472.2094
18	412082.6347	3850607.2934
19	412148.5453	3850417.4128
20	412092.6257	3850573.3791
21	412182.3631	3850333.7526
22	412102.6168	3850539.4648
23	412112.1422	3850505.3767
24	412107.4402	3850497.8150
25	412135.7487	3850444.6122
26	412169.6911	3850358.2289

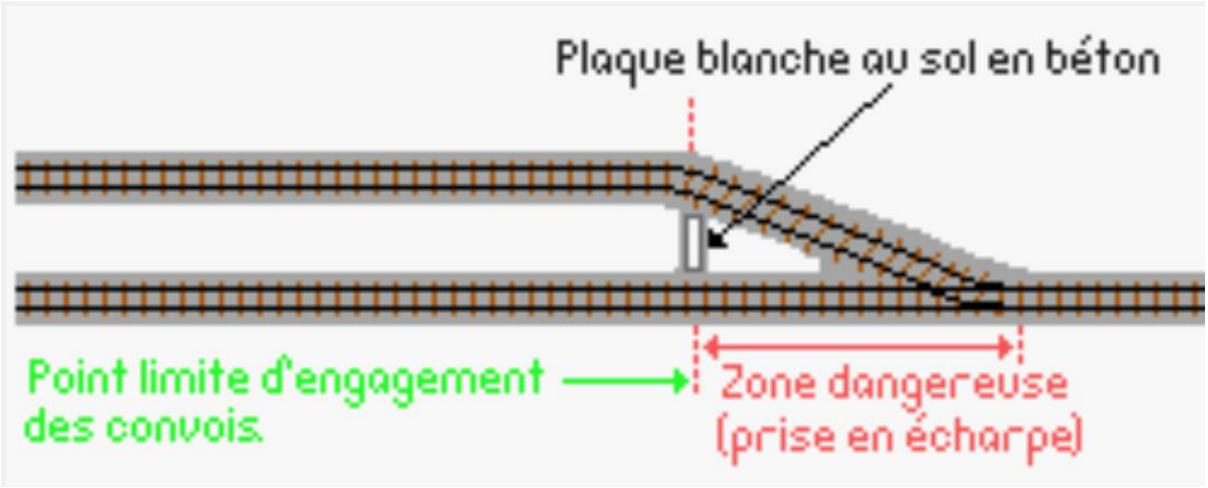


Figure IX-3 Marque de limite de garage franc [14]

IX.5.3 La marge de glissement à l'aval des signaux

Selon UIC 741 Les longueurs de la marge de glissement sont définies comme suit :

Selon la vitesse de la ligne, comme à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie :

Lg = 200 m pour $V \geq 60$ km/h

Lg = 100 m pour 40 km/h $\leq V \leq 60$ km/h

Lg = 50 m pour $V < 40$ km/h.

IX.5.4 La longueur utile d'une voie de stationnement

C'est la longueur nécessaire permettant au train de stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines. La longueur utile est la distance séparant deux garages francs, elle est donnée par la formule suivante :

Lu=Lg + Ls + Lt + La + Lc

- Lu : longueur utile.

- Lg : longueur de glissement.

- Ls : longueur de sécurité.

- Lt : longueur maximale de train.

- La : marge de tolérance d'arrêt.

- Lc : tronçon d'isolation pour le système de contrôle.

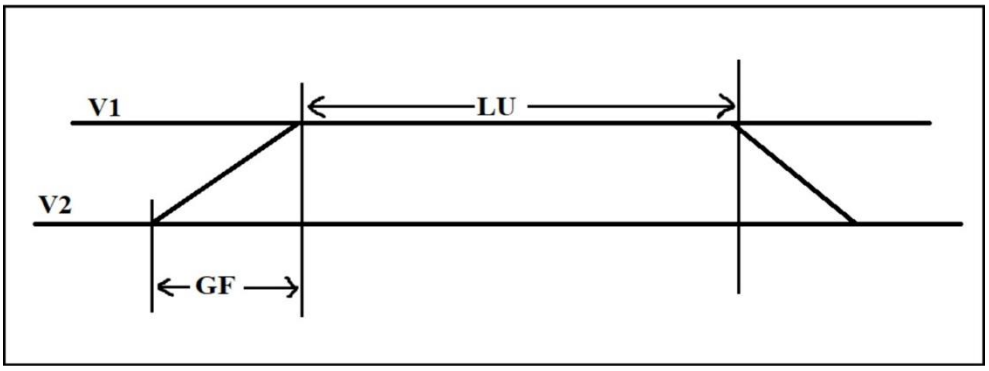


Figure IX-4 Longueur utile d'une voie de stationnement [14]

Tableau IX.2 Les longueurs utiles

Voie	Longueurs Utiles (Lu)
V1	597
V2	523
V3	587
V5	517
V7	447
V9	377
V11	320
V12	311
V13	566
V14	381
V15	532
V17	496
V19	479

IX.5.5 Les Heurtoirs

Matérialise la fin d'une voie de garage ou de sécurité. Les heurtoirs sont placés aux extrémités des voies pour éviter que les véhicules en mouvement continuent leur chemin en dehors de la voie, conçue pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent par l'intermédiaire des tampons.

Tableau IX.3 Coordonnées des heurtoirs

Heurtoir N°	Coordonnées	
	X(m)	Y(m)
H1	411774.5228	3851240.8318
H2	411792.7155	3851249.1400
H3	411801.8119	3851253.2940
H4	411806.3601	3851255.3711
H5	411810.9082	3851257.4481
H6	411815.4564	3851259.5251
H7	412230.3304	3850314.9461

La marge de glissement à l'aval des signaux :

Pour notre projet LG = 200 m.

IX.5.6 Implantation des appareils de voies

30 ADV ont été utilisé au niveau de la gare de marchandises de Bir El Ater de types :

- UIC 60E1 500 1/12
- UIC 60E1 190 1/9
- UIC 60E1 300 1/9
- UIC 60E1 190 1/7

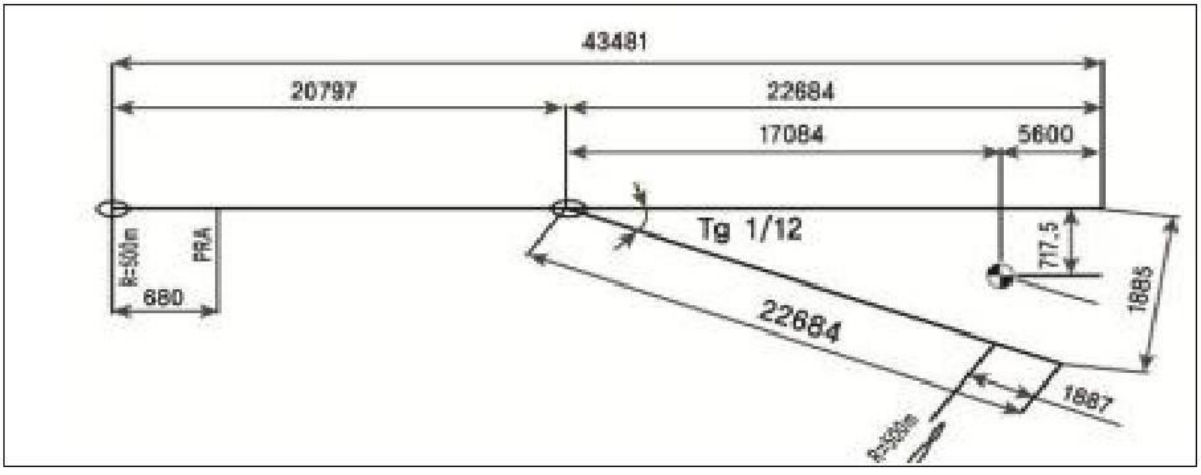


Figure IX-5 Appareil de voie type UIC 60E1 500 1/12 [15]

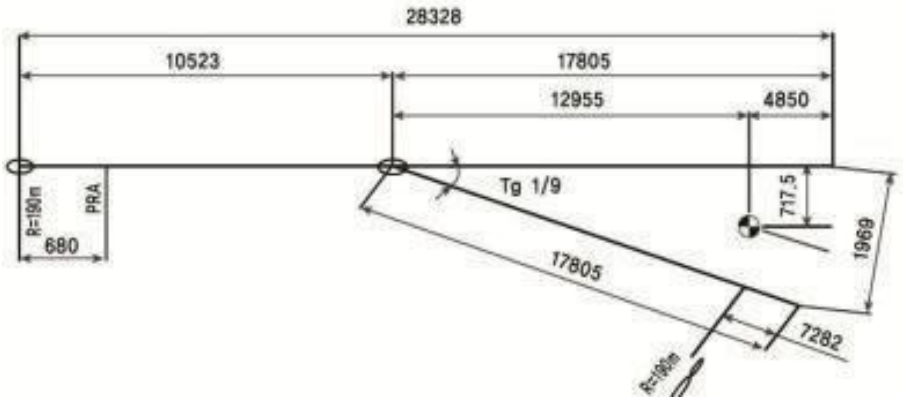


Figure IX-6 Appareil de voie type UIC 60E1 190 1/9 [15]

Tableau IX.4 Caractéristiques des appareils de voie de la gare de marchandises de Bir El Ater.

N° App	Point	Coordonnées		Type d'Appareil
		X(m)	Y(m)	
1	a	411783.6147	3851199.2572	60 E1 500 1/12 Déviation à gauche
	b	411785.1208	3851200.1027	
	c	411774.9754	3851218.1752	
	d	411766.3361	3851237.0932	
2	a	411795.8086	3851184.5920	60 E1 500 1/12 Déviation à gauche
	b	411794.2674	3851183.8092	
	c	411804.4480	3851165.6741	
	d	411813.0873	3851146.7561	
3	a	411829.3841	3851111.0702	60 E1 300 1/9 Déviation à gauche
	b	411831.0110	3851111.9248	
	c	411822.4819	3851126.1842	
	d	411815.5797	3851141.2983	
4	a	411834.1729	3851110.2130	60 E1 300 1/9 Déviation à gauche
	b	411832.5461	3851109.3584	
	c	411841.0751	3851095.0990	
	d	411847.9773	3851079.9849	
5	a	411851.6503	3851062.3129	60 E1 500 1/12 Déviation à droite
	b	411850.0494	3851061.6607	
	c	411843.0110	3851081.2308	
	d	411834.3716	3851100.1488	
6	a	411854.7478	3851043.4936	60 E1 500 1/12 Déviation à droite
	b	411856.3487	3851044.1457	
	c	411863.3872	3851024.5756	
	d	411872.0265	3851005.6577	
7	a	411861.6882	3851049.9615	60 E1 190 1/7 Déviation à gauche
	b	411863.3689	3851050.8782	
	c	411856.0790	3851062.2443	
	d	411850.4697	3851074.5271	
8	a	411926.8194	3850955.4862	60 E1 190 1/7 Déviation à gauche
	b	411925.1387	3850954.5695	
	c	411932.4286	3850943.2034	

	d	411938.0378	3850930.9206	
9	a	411882.4563	3851021.1180	60 E1 190 1/7 Déviation à droite
	b	411880.7756	3851020.2012	
	c	411875.1664	3851032.4841	
	d	411867.8765	3851043.8502	
10	a	412024.0300	3850795.3618	60 E1 190 1/7 Déviation à gauche
	b	412022.2366	3850794.6920	
	c	412027.8458	3850782.4092	
	d	412031.6616	3850769.4565	
11	a	411901.5437	3850991.3577	60 E1 190 1/7 Déviation à droite
	b	411899.8630	3850990.4410	
	c	411894.2538	3851002.7238	
	d	411886.9639	3851014.0899	
12	a	412034.0211	3850761.4475	60 E1 190 1/7 Déviation à gauche
	b	412032.2277	3850760.7777	
	c	412037.8369	3850748.4949	
	d	412041.6527	3850735.5423	
13	a	411920.6311	3850961.5975	60 E1 190 1/7 Déviation à droite
	b	411918.9504	3850960.6808	
	c	411913.3412	3850972.9636	
	d	411906.0513	3850984.3297	
14	a	412042.2187	3850726.8634	60 E1 190 1/7 Déviation à droite
	b	412044.0121	3850727.5332	
	c	412047.8279	3850714.5806	
	d	412053.4372	3850702.2978	
15	a	412067.1481	3850672.2743	60 E1 190 1/7 Déviation à droite
	b	412065.3546	3850671.6045	
	c	412061.5388	3850684.5572	
	d	412055.9296	3850696.8400	
16	a	412077.7051	3850629.6812	60 E1 190 1/7 Déviation à gauche
	b	412075.9117	3850629.0114	
	c	412081.5209	3850616.7286	
	d	412085.3367	3850603.7759	
17	a	412106.4428	3850492.3448	60 E1 500 1/12 Déviation à gauche
	b	412107.9840	3850493.1276	
	c	412097.8035	3850511.2627	
	d	412089.1641	3850530.1807	
18	a	412087.6962	3850595.7669	60 E1 190 1/7 Déviation à gauche
	b	412085.9027	3850595.0971	
	c	412091.5120	3850582.8143	
	d	412095.3278	3850569.8617	
19	a	412143.3912	3850433.1027	60 E1 300 1/9 Déviation à droite
	b	412141.6799	3850432.4329	
	c	412136.4890	3850448.2167	
	d	412129.5868	3850463.3308	
20	a	412097.6872	3850561.8526	60 E1 190 1/7 Déviation à gauche
	b	412095.8938	3850561.1828	
	c	412101.5030	3850548.9000	

	d	412105.3188	3850535.9474	
21	a	412174.4784	3850355.4004	60 E1 500 1/12 Déviation à droite
	b	412172.8775	3850354.7483	
	c	412165.8390	3850374.3184	
	d	412157.1997	3850393.2363	
22	a	412107.6783	3850527.9383	60 E1 190 1/7 Déviation à gauche
	b	412105.8848	3850527.2685	
	c	412111.4941	3850514.9857	
	d	412115.3099	3850502.0331	
23	a	412115.8759	3850493.3542	60 E1 190 1/7 Déviation à droite
	b	412117.6693	3850494.0240	
	c	412121.4851	3850481.0714	
	d	412127.0943	3850468.7886	
24	a	412118.6367	3850477.6796	60 E1 500 1/12 Déviation à gauche
	b	412117.0955	3850476.8968	
	c	412127.2760	3850458.7616	
	d	412135.9154	3850439.8437	
25	a	412140.9029	3850428.9223	60 E1 300 1/9 Déviation à droite
	b	412142.6142	3850429.5920	
	c	412147.8051	3850413.8082	
	d	412154.7072	3850398.6942	
26	a	412177.5759	3850336.5812	60 E1 500 1/12 Déviation à droite
	b	412179.1768	3850337.2333	
	c	412186.2152	3850317.6632	
	d	412194.8546	3850298.7452	

IX.6. ASSAINISSEMENT DE LA GARE

IX.6.1. Assainissement transversale

Pour faciliter le ruissellement des eaux pluviales dans les gares, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit de telle sorte à évacuer ces eaux vers les voies ensuite ces eaux sont dirigées grâce aux pentes transversales des plateformes.

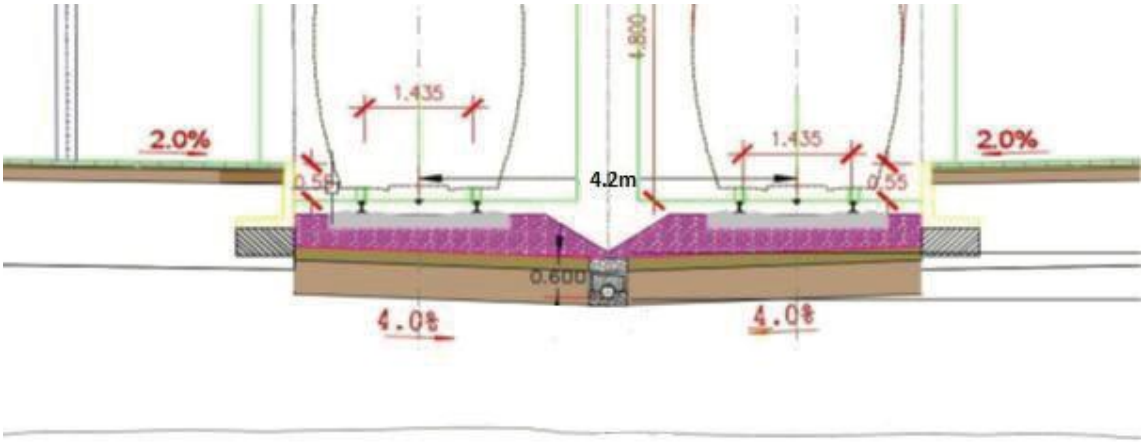


Figure IX-7 Assainissement transversal de la gare

X.6.2. Assainissement longitudinale

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

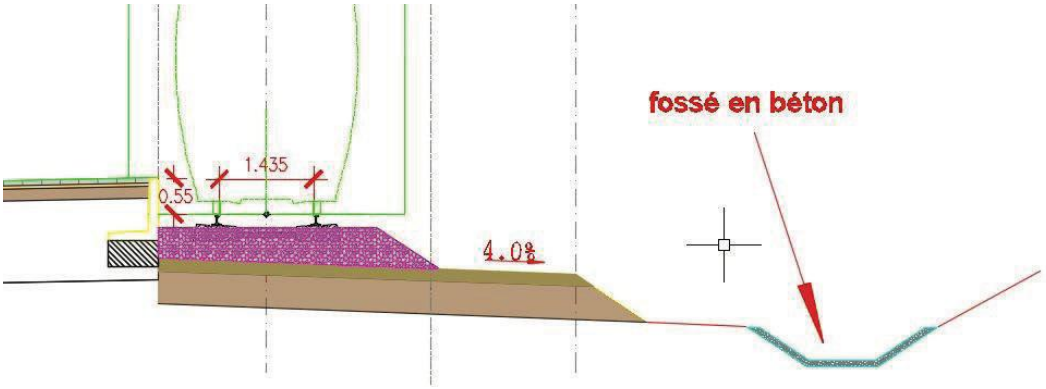


Figure IX-8 Assainissement longitudinale de la gare

IX.7. CONCLUSION

La conception de la gare de Bir El Ater est conforme aux normes en vigueur pour répondre aux exigences de sécurité et de confort, afin d'absorber la demande sur ce mode de transport qui ne cesse d'augmenter au cours du temps.

CHAPITRE X
ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

CHAPITRE X : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.

X.1. INTRODUCTION

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE), parfois appelée étude d'incidence sur l'environnement, est un processus qui cerne et évalue les risques d'incidences environnementales provenant d'un projet prévu, au tout début de la planification. Elle décrit le contexte d'insertion, la justification du projet et présente une description des différentes composantes du milieu récepteur.

L'objectif d'EIE est d'analyser les dégradations et les écosystèmes traverser par la voie et de déterminer ces impacts afin de prendre des mesures contre tous les esprits négatifs sur l'homme, l'environnement, les richesses naturelles et agricoles.

X.2. L'évaluation environnementale

L'évaluation environnementale désigne l'ensemble de la démarche destinée à :

- **Analyser** les effets sur l'environnement

  - d'un projet d'aménagement,

  - d'un programme de développement,

  - d'une action stratégique,

- **Mesurer** leur acceptabilité environnementale,
- **Éclairer** les décideurs.

Elle vise à :

- **Améliorer** la décision par une prise en compte explicite et sélective des considérations environnementales,
- **Fournir** une base solide pour la gestion des conséquences sur l'environnement des actions d'aménagement,
- **Permettre** aux citoyens de s'exprimer sur les modifications prévisibles de leur cadre de vie,
- **Favoriser** l'intégration des objectifs fondamentaux que sont la protection de l'environnement et le développement durable.

L'évaluation environnementale dispose de nombreux outils, et l'étude d'impact constitue l'outil privilégié de l'évaluation environnementale des travaux et projets d'aménagement.

L'étude d'impact comprend notamment :

- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement,
- Une analyse des effets directs et indirects du projet sur l'environnement,
- Les mesures envisagées pour supprimer, réduire, et, si possible, compenser les conséquences dommageables.

X.3. OBJECTIFS D'UNE ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

L'étude d'impact est destinée à :

- **Concevoir un meilleur projet**

Pour le promoteur d'un projet, elle constitue le moyen de démontrer qu'il prend bien en compte les préoccupations d'environnement.

Elle doit être considérée comme un outil performant pour intégrer l'environnement dans les projets d'aménagement et donc favoriser la conception de projets :

- Respectueux de l'homme, des paysages et des milieux naturels,
- Soucieux d'économiser l'espace, d'épargner les espèces, de limiter la pollution de l'eau, de l'air ou des sols ;

- **Éclairer l'autorité administrative sur la décision à prendre**

Parce qu'elle est préalable à la décision administrative d'autorisation ou d'approbation d'un équipement, d'un ouvrage ou d'un aménagement, l'étude d'impact contribue :

- À **informer** l'autorité administrative compétente pour autoriser les travaux (ministre, Ouali, Chef Daïra, maire) sur la nature et le contenu de la décision à prendre (autorisation, approbation, refus) ;
- À **guider** celle-ci pour définir les conditions dans lesquelles cette autorisation est donnée (mise en œuvre des mesures de suppression, de réduction et de compensation des effets dommageables, par exemple) ;
- À **définir** les conditions du respect des engagements pris par le maître d'ouvrage (suivi des conséquences du projet sur l'environnement pendant les phases de réalisation et d'exploitation, par exemple) ;

- **Informer le public et le faire participer à la prise de décision**

Depuis les premières ébauches du projet jusqu'à l'enquête publique, la participation active et continue du public est essentielle car elle contribue à la définition des alternatives et des variantes du projet étudié.

Pour le maître d'ouvrage, l'élaboration de l'étude d'impact constitue l'occasion d'engager le dialogue avec la population, les associations et les partenaires institutionnels. Avant de finaliser son projet, il peut ainsi expliquer sa démarche d'intégration de l'environnement, mais aussi affirmer sa capacité à prendre en compte les préoccupations de ses interlocuteurs.

X.4. IMPACT DES VOIES FERREES SUR L'ENVIRONNEMENT

La particularité de la voie ferrée est son caractère linéaire et son impact sur des milieux de natures totalement différentes. On peut les inventorier avec un minimum de bon sens. Le domaine foncier pris au sens large est le premier impacté.

Elle impacte l'environnement, au sens étymologique, donc des écosystèmes définis par leurs composants : eau, air, faune, flore, sol et sous-sol. Les exigences sociales ont peu à peu forgé des outils législatifs et réglementaires qui encadrent ces domaines.

Une nouvelle infrastructure modifiera le développement urbain, mais aussi le développement économique d'un territoire.

X.5. L'ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT

X.5.1. Localisation du projet

Le tracé de la future liaison ferroviaire entre BIR EL ATER-BLED EL HADBA entre dans le cadre du projet globale "l'étude de dédoublement, modernisation et/ou rectification du tracé pour augmenter le trafic de la ligne minière EST entre Annaba- Djebel Onk" pour répondre aux besoins de transport de minerais à Tébessa, la zone d'étude se situe à l'extrême Est du pays, près des frontières tunisiennes.

X.5.2. Le milieu physique

Climatologie : Le climat dominant de BEH est de type désertique. Au cours de l'année, il n'y a pratiquement aucune précipitation. La température moyenne annuelle est de 16.8 °C et la précipitation moyenne annuelle est de 224 mm.

Topographie : La topographie de notre région d'étude est très peu accidentée par rapport aux autres gisements dans la région de Bir El Ater. Le relief est caractérisé par de hauts plateaux bien dégagés et disloqués et de basses montagnes ; de larges vallées succèdent à des massifs montagneux et à quelques chaînes isolées surtout à l'Est de la zone d'étude et s'abaissent en allant vers le Sud-Ouest et qui sont comprises entre 770 et 720 mètres.

Géologie : Le projet de l'embranchement de la région de Bled el Hadba se situe dans La commune de Bir El Ater. Elle est située au Sud-Est de l'Algérie, sur le territoire de la wilaya de Tébessa, à 100 kilomètres au Sud de chef- lieu, et à 20 km de la frontière Algéro-Tunisienne, sur la route qui relie Tébessa à El Oued.

La région de Bir El Ater constitue la limite géographique naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le domaine saharien. Le massif du Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20 Km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya.

Hydrographie : La zone de Bled El Hadba est tributaire de L'Oued Horchane qui s'écoule vers le Sud dans le bassin versant saharien puis se jette finalement dans le chott Melghir ; le ruissellement des eaux de surface provenant du site du projet s'écoule directement dans les bassins versant de l'Oued El Kef Guidoum ou l'Oued El Louz, les deux Oueds confluant au Sud-Ouest de la zone du projet pour former l'Oued Horchane.

Risques naturels les principaux risques répertoriés sur les communes de la zone d'étude concernent :

• le risque lié aux phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux, provoquant des mouvements de terrains ;

• les contraintes liées aux formations gypseuses, provoquant des affaissements et effondrements de terrains ;

• les contraintes liées à l'affleurement de la nappe phréatique, très proche du sol par endroit

Etude géotechnique Les sondages carottés et pressiométriques ainsi que les puits de reconnaissance réalisés le long du tracé, ont permis de mettre en évidence une nature lithologique constituée essentiellement par quatre unités. La caractérisation géotechnique de chaque unité lithologique a été effectuée en se basant, d'une part sur la nature et l'origine de la formation géologique, d'autre part, sur les résultats des essais in situ et de laboratoire obtenus. Les unités géotechniques considérées et affectées par le tracé sont

- U1 : Tuf.
- U2 : Sable Grossier.
- U3 : Sable Argileux Marneux.
- U4 : Argile Sableuse Marneuse.

Qualité de l'air

Indice de qualité de l'air (IQA) est de 154 IQA US (Mauvais pour la santé) et pollution de l'air (PM2.5) à Bir el Ater. La concentration en particules PM2.5 en Bir el Ater en {year} était 6 fois supérieur des recommandations d'exposition de l'OMS. Cela est due à la fumée nocive qui se dégage du complexe minier de l'enrichissement de phosphate situé à la sortie de la ville de Bir El Ater.

X.5.3. Le milieu biologique

Faune Et Flore

La végétation caractérise la région des hauts plateaux. Ce sont des forêts de chêne d'Alfa. Dans certains coins de la région on constate une désertification de la nature et la végétation n'est représentée que par des restes de plantes d'Alpha par exemple au niveau de PK 9+500 jusqu'à 10+800.

Les nappes d'alpha, d'armoise, de genévrier cade et de marrube blanc se rencontrent dans les Hautes Plaines sur les terres non cultivées dans les dépressions et dans les zones steppiques au sud de Bir El Ater.

La Faune est variée. Elle est typique des zones sahariennes et des hauts plateaux (lézard, vipères ; dobes ; renards ; chacals ...)

Les témoignages recueillis auprès des habitants font apparaître la présence d'une faune assez riche.

On fait état de la présence de sangliers, de renards, de belettes, de chacals, de lièvres, d'hyènes et de hérissons. Parmi les oiseaux, on citera la cigogne (oiseau migrateur signalé en hiver), le héron, la perdrix, le héron garde-bœufs, l'étourneau (oiseau migrateur dont la présence est signalée en été), la colombe et les moineaux.

Les animaux domestiques sont représentés par les bovins, les ovins et, dans une moindre mesure, par les caprins.



Figure X- 1 L'élevage dans la région (photo pris au PK1+500)

X.5.4. Le milieu SOCIOCULTUREL

X.5.4.1. Population et Habitat

La dernière population connue de la zone d'étude est ≈ 70 700 (année 2008). Cela représentait 0,203 % de la population totale de l'Algérie. Si le taux de croissance de la population était le même qu'au cours de la période 1998-2008 (+2,9 %/an), la population de Bir El Ater en 2021 serait de : 102 583*[1]

X.5.4.2. Agriculture

Au nord de Bir el-Ater se trouve une plaine. L'agriculture était florissante au temps des romains. De nos jours, le sol est sec et peu fertile. La végétation est essentiellement

constituée de touffes d'alfa. Au sud, se situe le Djebel Onk, orienté nord-est sud-ouest, il abrite des mines de phosphates.

Le paysage devient plus accidenté avec quelques pitons et des oueds asséchés qui creusent de nombreux canyons ocre jaune. En poursuivant en direction de Negrine, la végétation se fait de plus en plus rare et le terrain est constitué de terre blanche et de cailloux.

X.5.5. Le patrimoine historique et archéologique

À Bir El-Ater se trouve le site archéologique qui a donné son nom à l'Atérien, un faciès industriel d'Afrique du Nord qui correspond plus ou moins à la fin du Paléolithique moyen et au début du Paléolithique supérieur (de 40 000 à 30 000 ans BP, voire jusqu'à 20 000 ans BP au Sahara).

La richesse archéologique de la région est attestée par de nombreux puits romains et quelques villas romaines. Ces vestiges sont répertoriés sur les cartes d'état-major. Les puits sont tous asséchés aujourd'hui. À quelques kilomètres au nord de Bir el-Ater se trouvent les ruines d'une grande huilerie romaine, conservée sur deux étages.

Jusqu'à l'indépendance de l'Algérie en 1962, Bir el Ater abritait le 42e Bataillon du Génie dont la mission était la surveillance et la sécurisation de la ligne Morice à la frontière avec la Tunisie. [1]

X.6. Evaluation des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet

X.6.1. Impacts sonores

Le bruit :

La principale nuisance causée par le transport ferroviaire est le bruit. La gêne occasionnée est en effet de plus en plus perçue, notamment dans les zones à forte densité d'habitation, particulièrement pendant la nuit. La problématique posée par le bruit des chemins de fer n'est toutefois pas ressentie de la même manière dans chaque région.

Dans notre projet, la population exposée au bruit du transport ferroviaire est très peu nombreuse.

En effet, la portion de la ligne Bir El Ater-Bled El Hadba qui nous concerne se situe en campagne et zone de pâturage très peu peuplé. Le seul point où il risque d'y avoir des problèmes se trouve uniquement au niveau de la gare de Bir El ater et à l'intersection avec la RN16 ou la plus proche maison se trouve plus au moins à 100 m.

Les vibrations:

La circulation des trains sur une voie ferrée provoque également l'émission des vibrations transmises par le sol à des distances relativement très importantes. L'origine de ces vibrations se situe essentiellement dans la succession des charges roulantes, des phénomènes de glissement roue /rail et des imperfections géométriques du rail et de la roue.

X.6.2. Impacts sur les biens de la population

Tableau X.1 évaluations des impacts prévisibles (Impacts sur les biens de la population)

Destruction des serres agricoles	/			
Expropriation des terrains agricoles	Le long du tracé au niveau du PK 1+400 au PK2+950 PK3+300 au PK5+800 PK5+900 au PK8+800 PK11+125 au PK11+550			
Abattage d'arbres	/			
Franchissement des pistes existantes	PK 02+550	Une piste	Passage Supérieur	La liaison entre les Passages. Conception des ouvrages soit en passage supérieur ou inférieur.
	PK 02+965	Route Nationale RN16	Passage Supérieur	
	Pk 04+058.16	Une Piste	Passage Supérieur	
	Pk 04+786.77	Une piste	Passage Inférieur	
	Pk 05+837.32	Une piste	Passage Supérieur	
	Pk 07+506.52	Une piste	Passage Supérieur	
	Pk 08+839.44	Croisement route CW01	Passage Supérieur	
	Pk 10+879.31	Une piste	Passage Inférieur	
	Pk 11+204.64	Une piste	Passage Supérieur	

X.6.3. Effet de coupure

Tableau X.2 Évaluations des impacts prévisibles (Impacts sur les biens de la population)

Impact	Localisation		Mesures
La réalisation d'une ligne nouvelle ferroviaire entraîne d'autres types de Rétablissements : Ecoulements naturels (ruisseaux, rivières et fleuves).	Dalot	PK 01+128	**Implanter des ouvrages hydraulique**
	Dalot	PK 01+429	
	Dalot	PK 04+141	
	Dalot	PK 04+242	
	Dalot	PK 08+864	
	Dalot	PK 09+125	
	Dalot	PK 09+173	
	Dalot	PK 09+445	

X.6.4. Risque d'accidents

Tableau X.3 évaluations des impacts prévisibles (Risque d'accidents)

Impact	Mesure
La présence des engins constitue un danger pour les travailleurs et les résidents vivant à proximité des voies d'accès au chantier. **L'acheminement du tuf de la carrière au lieu de déchargement (le long de la nouvelle voie ferrée) se fera par camions de 20 t de capacité.**	- Vu la proximité immédiate de la carrière de la (CW01), des précautions par une signalisation conforme à la réglementation en vigueur, doivent être prises. - Des signalisations claires des chantiers - Signalisation lumineuse de chantier la nuit - Pistes d'accès seront mises en place afin de limiter les risques d'accidents.

X.7. Impacts sur la qualité de l'air et de l'eau

X.7.1. Impacts sur la qualité de l'air

Tableau X.4 Évaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (Impacts sur la qualité de l'air)

Impact	Mesures
- Des émanations de gaz par les installations de combustion, gaz d'échappement des engins. **- Une dispersion accidentelle de produits chimiques gazeux.** **- Des émissions de poussières dues au transport de matériaux par les camions.** **- le climat de la région est peu humide.** **L'exploitation du tuf génère d'importantes quantités de poussière, pouvant nuire à l'environnement.**	- La première mesure de Prévention est la limitation du nombre des moteurs thermiques en utilisant des moteurs électrique chaque fois que cela est possible. Cette mesure revêt toute son importance en espace confiné. • Pour diminuer la pollution de l'air à cause de la génération de poussière il est recommandé : - Les ouvriers des carrières seront munis de bavettes de protection jusqu'au lieu de déchargements. - La carrière fonctionnera à un poste prolongé de 12h/jours - Les mesures de direction des vents. Relevées dans le secteur, montrent que les poussières sont dispersées, loin des agglomérations urbaines, sans pour autant trouver un obstacle à leur dépôt en un lieu précis. - Les vents de sable, parfois assez violents, sévissant régulièrement durant l'année dans la région, joueront le rôle de nettoyeur. - Des mesures particulières (arrosage des pistes d'accès) sont à envisager. - Bâchage de camions : Durant le transport de matériaux

X.7.2. Impact sur les eaux superficielles et les eaux souterraines

Tableau X.5 Evaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (Impact sur les eaux superficielles et les eaux souterraines)

Impact	Mesures
• **Impact sur les eaux superficielles :** **- Les eaux des oueds peuvent être altérées temporairement par les travaux (diversement des eaux de chantier, une contamination possible de l'eau à la suite d'un diversement accidentel d'hydrocarbures)** • **Impact sur les eaux souterraines :** **- Le fonctionnement des engins lors des travaux nécessite des carburants, des huiles et des graisses, qui dans le cas de diversement accidentelle de ces derniers peuvent causer une contamination des eaux souterraines.**	• Pour La préservation de ces ressources naturelles il faut éviter : - Le nettoyage des engins de chantier aux bords d'Oued, Rejet des déchets (sanitaires, ou bien de la base de vie) en phase de construction.

X.8. Impacts sur le milieu naturel

X.8.1. Flore

Les étages végétaux sont occupés par des espèces communes qui ne font pas l'objet de protection sauf l'oléastre ou olivier de Laperrini qui est une variété non cultivée protégée. On rappelle que l'armoise (الشيح) et le marrube blanc (المريوة) sont des plantes médicinales. Leur destruction, quand elle est nécessaire, ne doit se faire qu'avec parcimonie. Le genévrier cade (العرعار) est une espèce non cultivée protégée. C'est aussi une plante médicinale.

X.8.2. Faune

La faune qui vit dans les régions traversées par le projet ne comprend pas d'espèces protégées. Ce sont des animaux communs. Certains d'entre eux sont des prédateurs comme le chacal, la belette et le renard. Les activités de construction ne peuvent les mettre en péril. Tout au plus, cette faune verra une modification de son biotope sans risque de destruction massive.

Des photos sur quelques mammifères :



Figure X-2 Sus scrofa (Sanglier)



Figure X-3 Belette (Mustela nivalis)



Figure X-4 renard (Vulpes rueppelli)



Figure X-5 Chacal (Canis aureus)



Figure X-6 Autre mammifères dans la zone d'étude

X.8.3. Impacts sur la faune et la flore

Tableau X.6 Impacts sur la faune et la flore

Impact	Localisation	Mesure
• Faune et Flore : **Implantation d'une infrastructure étrangère dans une zone de colonisation faunistiques.** **• Terres végétale enlevée lors des travaux de terrassements**	**Ferme (Passage) PK6+950** **Ferme (Barrières) PK7+657** **Passage PK10+550**	**- La pose des barrières pour la faune le long des passages des fortes, fermes ou des zones des colonisations faunistiques** **- Création des passages pour animaux.** **- Eviter au maximum les zones riches en végétation.**

X.9. CONCLUSION

L'étude d'impact sur l'environnement est une procédure officielle et une évaluation scientifique des effets d'un projet ou d'une activité sur l'environnement. L'originalité de cette procédure est de contribuer à ce que les opérateurs publics et privés intègrent l'environnement dans leur stratégie d'action et éviter ainsi que des travaux ou ouvrages ne dégradent irrémédiablement l'environnement.

C'est une procédure de mise en œuvre du principe de prévention et de celui du développement durable.

CHAPITRE XI
DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

CHAPITRE XI : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

Tableau XI.1 DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

Article	Désignations	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DZD)	Montant HT (DZD)
1-INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1.1	Installation générale de chantier	F	1.00	210 000 000	**210 000 000.00**
2-TERRASSEMENTS					
2.1	Décapage de terre végétale épaisseur de 0,3 m	M3	66 706.49	300.00	**20 011 947.00**
2.2	Déblai mis en remblai	M3	283 191.50	630.00	**178 410 645.00**
2.3	Remblais d'apport en matériaux sélectionné	M3	1 924.00	900.00	**1 731 600.00**
2.4	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme de 0,35 m ep	M3	33 676.39	1 200.00	**40 411 668.00**
2.5	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast de 0,20 m ep	M3	19 255.34	3 200.00	**61 617 088.00**
TOTAL 2					**302 242 948.00**
3-OUVRAGE D'ART					
3.1	Passage Supérieur PK 02+550	U	1.00	**65 000 000.00**	**65 000 000.00**
3.2	Passage Supérieur PK 02+925	U	1.00	**130 000 000.00**	**130 000 000.00**
3.3	Passage Supérieur PK 04+058	U	1.00	**32 000 000.00**	**32 000 000.00**
3.4	Passage Inferieur PK 04+786	U	1.00	**37 000 000.00**	**37 000 000.00**
3.5	Passage Supérieur PK 05+837	U	1.00	**35 000 000.00**	**35 000 000.00**
3.6	Passage Supérieur PK 07+506	U	1.00	**35 000 000.00**	**35 000 000.00**
3.7	Passage Supérieur PK 08+839	U	1.00	**35 000 000.00**	**35 000 000.00**
3.8	Protection de Pipelines PK 10+812	M^3	140.00	**50000.00**	**7 000 000.00**
3.9	Protection de Pipelines PK 10+829	M^3	140.00	**50000.00**	**7 000 000.00**
3.10	Protection de Pipelines PK10+853	M^3	140.00	**50000.00**	**7 000 000.00**
3.11	Passage Inferieur PK 10+879	U	1.00	**35 000 000.00**	**35 000 000.00**

N°	Désignations des travaux	U	Quantités	Prix unitaire (DZD)	Montant Total (DZD)
TOTAL 3					**490 000 000.00**
4-OUVRAGES HYDRAULIQUE					
4.1	DALOT (4X6)	Ml	1	11 000 000	11 000 000
4.2	DALOT (1,5X1,5)	Ml	1	1 000 000	1 000 000
4.3	DALOT (2X3)	Ml	1	3 000 000	3 000 000
4.4	DALOT (1,5X1,5)	Ml	1	1 000 000	1 000 000
4.5	DALOT (1X1,5)	Ml	1	3 600 000	3 600 000
4.6	DALOT (1X1,5)	Ml	1	3 600 000	3 600 000
4.7	DALOT (1X1,5)	Ml	1	3 600 000	3 600 000
4.8	DALOT (1,5X1,5)	Ml	1	1 000 000	1 000 000
4.9	DALOT (1X1,5)	Ml	1	3 600 000	3 600 000
4.10	DALOT (1X1,5)	Ml	1	3 600 000	3 600 000
TOTAL 4					35 000 000.00
5-TRAVAUX DE VOIE					
5.1	Fourniture et pose ballast sur épaisseur de 0,30 m	M3	26257.29	7 000.00	**183 801 030.00**
5.2	Pose de voie UIC 60	ML	11 600.00	6 500.00	**75 400 000.00**
5.3	Soudage Aluminothermique	U	639.00	9 500.00	**6 070 500.00**
5.4	Soudage électrique	U	785.00	9 500.00	**7 457 500.00**
TOTAL 5					**272 729 030.00**
6-FOURNITURE ET POSE DE MATERIEL ET MATERIAUX DE VOIE					
6.1	Fourniture des rails Neufs UIC 60 (60,34 kg/m)	T	1399.90	125 000.00	**174 987 500.00**
6.2	Fourniture des traverses en béton armé .	U	23 200	5 700.00	**132 240 000.00**
6.3	Attache Nabla	U	92 800	450.00	**41 760 000.00**
6.4	ADV UIC 60-500-1/12	U	8	15000 000.00	**120 000 000.00**
6.5	ADV UIC 60-190-1/7		14	8 000 000.00	**112 000 000.00**
6.6	ADV UIC 60-300-1/9		4	9500 000.00	**38 000 000.00**
TOTAL 6					618 987 500.00
7-BATIMENTS, QUAIS, VOIRIE ET PARKING					
7.1	BV	m²	20 000.00	30 000.00	600 000 000.00
7.2	Quais y compris aménagement annexe	m²	12 841.00	5 000.00	64 205 000.00
TOTAL 7					664 205 000.00
8-SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATION					
SIGNALISATION FERROVIAIRE				**TOTAL 8**	**2 347 750.00**

Récapitulation		
N° Lot	**Désignations des lots**	**Montants (DZD)**
Lot N°01	INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDES D'EXECUTION	**210 000 000.00**
Lot N°02	TERRASSEMENTS	**302 242 948.00**
Lot N°03	OUVRAGE D'ART	**490 000 000.00**
Lot N°04	OUVRAGES HYDRAULIQUE	**35 000 000.00**
Lot N°05	TRAVAUX DE VOIE	**272 729 030.00**
Lot N°06	FORNITURE DE MATERIEL ET MATERIAUX DE VOIE	**618 987 500.00**
Lot N°07	BATIMENTS, QUAIS, VOIRIE ET PARKING	**664 205 000.00**
Lot N°08	SIGNALISATION ET TÉLÉCOMMUNICATION	**2 347 750.00**

TOTAL	
MONTANT DU PROJET H T	2 595 512 000.00
MONTANT DE LA T. V. A (19 %)	493 147 323.00
MONTANT DU PROJET EN T T C	**3 088 659 320.00**

CHAPITRE XII CONCLUSION GENERALE

CHAPITRE XII : CONCLUSION GENERALE

Le projet étudié à travers le présent mémoire de fin d'étude représente pour nous une excellente opportunité de mettre en application des connaissances acquises durant tout notre cursus a l'ENSTP pour résoudre des problèmes concrets.

Effectivement, à travers ce projet qui nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude en avant-projet détaillée d'une ligne ferroviaire.

Notre travail respecte les normes de l'UIC, et les exigences de la SNTF pour le confort et la sécurité des usagers aussi bien que l'économie et l'environnement.

Il a été l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine qu'on a rencontré lors de notre stage pratique chez COSIDER et SETI-RAIL ce qui nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine ferroviaire :

- Conception du tracé en plan, profil en long et profil en travers.
- Etude géologique et géotechnique.
- Etude hydrologique.
- Conception de la gare.
- Etude d'impact sur l'environnement.
- Réaliser un devis estimatif et quantitatif du projet.

De plus, apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet de travaux publics.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Wikipédia : Wikipédia L'encyclopédie libre. Article disponible à l'adresse URL : https://www.wikipedia.com , consulté en ligne avant le 15 juin 2021.

[2] Carte de Réseau ferré Algérien et ses perspectives de développement SNTF

[3] Topographic map : Visualisation et partage de cartes topographiques gratuites. Article disponible à l'adresse URL : https://fr-fr.topographic-map.com/, consulté en ligne le 17 avril 2021.

[4] CLIMATE DATA : LES DONNÉES CLIMATIQUES POUR LES VILLES DU MONDE ENTIER. Article disponible à l'adresse URL : https://fr.climate-data.org/ , consulté en ligne le 17 avril 2021.

[5] La carte géologique de l'Algérie du Nord-2eme édition- Flandrin Laffite, 1952

[6] SETIRAIL, « FICHE EXPLICATIVE Bled El Hadba ».

[7] Carte de zonage sismique de l'Algérie CGS - CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE APPLIQUEE EN GENIE PARASISMIQUE.

[8] ALLIAS.J, La voie ferre, 2éme Edition, 61 boulevard Saint-Germain, 1984

[9] SETIRAIL, « Données géotechniques ».

[10] Transilien SNCF : Site pour informations à-propos des trains en France. Article disponible à l'adresse URL : https://www.transilien.com, consulté en ligne le 02 mai 2021.

[11] BENABBAS Madjid, DIRECTION DES INFRASTRUCTURES, departement études SNTF.

[12] Côte M., 1998

[13] SETIRAIL, « Données hydrauliques ».

[14] Thuthuboutick : Une petite rubrique des Signaux. Article disponible à l'adresse URL : https://thuthuboutick.fr/ , consulté en ligne le 17 juin 2021.

[15] Rapport d'enquête ferroviaire R01M0024, Déraillement en voie principale du train de voyageurs numéro 15 de VIA Rail Canada Inc. Stewiacke (Nouvelle-Écosse), 12 avril 2001

ANNEXES

ANNEXES I : CUBATURES

CUMULEES	SURFACE	VOLUME	VOLUME	DIF,	VOLUME	VOLUME	VOLUME
	NETTE	**NET**	**Cumulé**		**Cumulé**	**Cumulé**	**Cumulé**
[M]	**[M2]**	**[M3]**	**[M3]**	**[M3]**	**[M3]**	**[M3]**	**[M3]**
	1-Remblai	**1-Remblai**	**Remblai**				
	2-Déblai	**2-Déblai**	**Déblai**	**(1)-(2)**	**Arable**	**Végéta,**	**Ballast**
0.00	1.78	89.07	89.1				
	0.00	0.00	0.0	89.1	3.61	212.69	111.09
100.00	57.06	4279.46	4368.5				
	0.00	0.00	0.0	4368.5	169.83	662.83	277.72
150.00	73.44	3671.93	8040.5				
	0.00	0.00	0.0	8040.5	309.00	998.18	388.80
200.00	14.89	744.70	8785.2				
	0.00	0.00	0.0	8785.2	327.04	1182.37	499.89
250.00	0.00	0.00	8785.2				
	4.34	216.78	216.8	8568.4	345.74	1413.90	610.97
300.00	1.36	68.06	8853.2				
	0.00	0.00	216.8	8636.4	350.40	1627.90	722.06
350.00	0.00	0.00	8853.2				
	0.00	0.20	217.0	8636.2	358.52	1846.21	833.15
400.00	0.00	0.00	8853.2				
	8.85	442.47	659.5	8193.8	387.59	2090.67	944.23
450.00	0.00	0.00	8853.2				
	13.23	661.73	1321.2	7532.0	426.24	2347.11	1055.32
500.00	0.00	0.00	8853.2				
	28.60	1429.95	2751.1	6102.1	495.42	2641.65	1166.41
550.00	0.00	0.00	8853.2				
	32.91	1645.30	4396.4	4456.8	572.45	2946.01	1277.49
600.00	0.00	0.00	8853.2				
	27.34	1367.23	5763.7	3089.6	639.21	3237.53	1388.58
650.00	0.00	0.00	8853.2				
	21.53	1076.68	6840.3	2012.9	694.85	3515.17	1499.67
700.00	0.00	0.00	8853.2				
	21.90	1094.81	7935.2	918.1	751.23	3793.74	1610.75
750.00	0.00	0.00	8853.2				
	18.96	947.85	8883.0	-29.8	801.74	4064.96	1721.84
800.00	0.00	0.00	8853.2				

	12.56	628.23	9511.2	-658.0	838.94	4319.59	1832.92
850.00	0.00	0.00	8853.2				
	9.54	477.16	9988.4	-1135.2	869.52	4565.92	1944.01
900.00	0.00	0.00	8853.2				
	10.11	505.63	10494.0	-1640.8	901.36	4813.83	2055.10
950.00	0.00	0.00	8853.2				
	6.11	305.71	10799.7	-1946.5	924.17	5050.45	2166.18
1000.00	0.00	0.00	8853.2				
	0.90	36.82	10836.6	-1983.3	932.53	5230.67	2256.79
1031.56	1.04	25.95	8879.2				
	0.00	0.00	10836.6	-1957.4	935.26	5338.16	2312.33
1050.00	2.43	144.12	9023.3				
	0.00	0.00	10836.6	-1813.3	937.70	5587.46	2448.11
1150.00	9.79	734.40	9757.7				
	0.00	0.00	10836.6	-1078.9	942.62	5836.14	2641.48
1200.00	9.35	270.36	10028.1				
	0.00	0.00	10836.6	-808.5	943.70	5930.99	2716.02
1207.82	9.32	232.91	10261.0				
	0.00	0.00	10836.6	-575.6	944.57	6012.93	2780.48
1250.00	11.10	511.45	10772.4				
	0.00	0.00	10836.6	-64.1	950.91	6169.88	2899.32
1300.00	11.95	550.82	11323.2				
	0.00	0.00	10836.6	486.7	960.94	6331.41	3018.14
1342.17	15.37	384.24	11707.5				
	0.00	0.00	10836.6	870.9	971.10	6424.93	3082.60
1350.00	16.67	481.86	12189.3				
	0.00	0.00	10836.6	1352.8	985.27	6536.10	3157.15
1400.00	24.99	1249.46	13438.8				
	0.00	0.00	10836.6	2602.2	1030.30	6753.96	3286.07
1450.00	24.74	1237.07	14675.9				
	0.00	0.00	10836.6	3839.3	1074.76	6971.10	3414.98
1500.00	28.01	1400.28	16076.1				
	0.00	0.00	10836.6	5239.6	1127.38	7198.43	3543.90
1550.00	27.35	1367.43	17443.6				
	0.00	0.00	10836.6	6607.0	1178.48	7423.86	3672.81
1600.00	25.72	1015.68	18459.2				
	0.00	0.00	10836.6	7622.7	1215.71	7598.02	3774.65

1628.99	23.85	596.26	19055.5				
	0.00	0.00	10836.6	8219.0	1236.98	7705.39	3839.11
1650.00	22.63	803.36	19858.9				
	0.00	0.00	10836.6	9022.3	1265.24	7855.45	3927.62
1700.00	21.25	732.89	20591.8				
	0.00	0.00	10836.6	9755.2	1289.89	7997.74	4006.79
1718.99	19.63	490.84	21082.6				
	0.00	0.00	10836.6	10246.0	1305.74	8098.37	4062.33
1750.00	17.85	722.97	21805.6				
	0.00	0.00	10836.6	10969.0	1327.35	8256.29	4152.32
1800.00	15.92	795.88	22601.5				
	0.00	0.00	10836.6	11764.9	1349.58	8445.71	4263.40
1850.00	28.84	1442.06	24043.5				
	0.00	0.00	10836.6	13207.0	1402.01	8672.88	4374.49
1900.00	34.61	1730.46	25774.0				
	0.00	0.00	10836.6	14937.4	1467.41	8916.19	4485.58
1950.00	35.67	1783.74	27557.7				
	0.00	0.00	10836.6	16721.2	1536.96	9164.66	4596.66
2000.00	37.39	1869.60	29427.3				
	0.00	0.00	10836.6	18590.8	1609.72	9417.13	4707.75
2050.00	39.00	1950.13	31377.4				
	0.00	0.00	10836.6	20540.9	1686.27	9674.35	4818.84
2100.00	36.65	1832.35	33209.8				
	0.00	0.00	10836.6	22373.2	1757.99	9925.52	4929.92
2150.00	34.16	1707.95	34917.7				
	0.00	0.00	10836.6	24081.2	1824.62	10170.34	5041.01
2200.00	31.50	1574.96	36492.7				
	0.00	0.00	10836.6	25656.2	1884.49	10406.72	5152.09
2250.00	20.06	1002.90	37495.6				
	0.00	0.00	10836.6	26659.1	1918.85	10611.28	5263.18
2300.00	15.14	757.17	38252.8				
	0.00	0.00	10836.6	27416.2	1938.93	10798.00	5374.27
2350.00	15.12	755.88	39008.7				
	0.00	0.00	10836.6	28172.1	1959.14	10984.90	5485.35
2400.00	17.62	881.11	39889.8				
	0.00	0.00	10836.6	29053.2	1985.70	11179.73	5596.44
2450.00	19.04	951.81	40841.6				

	0.00	0.00	10836.6	30005.0	2016.03	11379.25	5707.53
2500.00	18.71	935.27	41776.9				
	0.00	0.00	10836.6	30940.3	2044.60	11576.57	5818.61
2550.00	18.94	946.77	42723.6				
	0.00	0.00	10836.6	31887.1	2074.75	11775.85	5929.70
2600.00	17.79	889.47	43613.1				
	0.00	0.00	10836.6	32776.5	2102.00	11971.52	6040.78
2650.00	19.12	955.96	44569.1				
	0.00	0.00	10836.6	33732.5	2132.35	12171.09	6151.87
2700.00	19.44	971.94	45541.0				
	0.00	0.00	10836.6	34704.4	2163.89	12372.13	6262.96
2750.00	27.73	1386.33	46927.3				
	0.00	0.00	10836.6	36090.8	2215.31	12597.95	6374.04
2800.00	30.50	1525.11	48452.4				
	0.00	0.00	10836.6	37615.9	2272.18	12830.60	6485.13
2850.00	26.59	1329.51	49781.9				
	0.00	0.00	10836.6	38945.4	2321.90	13054.31	6596.21
2900.00	24.33	1216.71	50998.7				
	0.00	0.00	10836.6	40162.1	2366.32	13271.41	6707.30
2950.00	17.74	887.16	51885.8				
	0.00	0.00	10836.6	41049.3	2392.24	13465.43	6818.39
3000.00	19.66	982.96	52868.8				
	0.00	0.00	10836.6	42032.2	2423.85	13666.60	6929.47
3050.00	18.24	912.12	53780.9				
	0.00	0.00	10836.6	42944.3	2452.42	13863.91	7040.56
3100.00	18.06	902.93	54683.8				
	0.00	0.00	10836.6	43847.3	2480.05	14060.04	7151.65
3150.00	18.87	943.56	55627.4				
	0.00	0.00	10836.6	44790.8	2509.55	14258.51	7262.73
3200.00	18.54	926.79	56554.2				
	0.00	0.00	10836.6	45717.6	2538.48	14456.27	7373.82
3250.00	17.26	862.99	57417.2				
	0.00	0.00	10836.6	46580.6	2563.19	14648.77	7484.90
3300.00	14.76	738.20	58155.4				
	0.00	0.00	10836.6	47318.8	2581.35	14833.08	7595.99
3350.00	13.29	664.64	58820.0				
	0.00	0.00	10836.6	47983.5	2594.95	15011.72	7707.08

3400.00	10.15	2791.81	61611.8				
	0.00	0.00	10836.6	50775.3	2620.54	15932.75	8318.05
3900.00	11.51	3165.42	64777.2				
	0.00	0.00	10836.6	53940.7	2666.99	16879.80	8929.02
3950.00	11.11	555.61	65332.8				
	0.00	0.00	10836.6	54496.3	2674.15	17050.39	9040.11
4000.00	11.39	569.31	65902.2				
	0.00	0.00	10836.6	55065.6	2682.38	17222.32	9151.19
4050.00	11.16	557.81	66460.0				
	0.00	0.00	10836.6	55623.4	2689.98	17393.45	9262.28
4100.00	10.46	381.49	66841.5				
	0.00	0.00	10836.6	56004.9	2693.80	17516.15	9343.32
4122.96	10.07	503.27	67344.7				
	0.00	0.00	10836.6	56508.2	2697.22	17681.91	9454.41
4200.00	12.63	657.43	68002.2				
	0.00	0.00	10836.6	57165.6	2709.91	17866.02	9570.04
4227.05	16.50	259.65	68261.8				
	0.00	0.00	10836.6	57425.2	2716.84	17925.56	9605.01
4231.48	17.35	199.14	68460.9				
	0.00	0.00	10836.6	57624.4	2722.48	17969.71	9630.51
4250.00	21.35	640.47	69101.4				
	0.00	0.00	10836.6	58264.9	2742.67	18091.93	9698.68
4291.48	25.81	645.23	69746.6				
	0.00	0.00	10836.6	58910.1	2765.41	18201.16	9758.35
4300.00	26.91	787.41	70534.0				
	0.00	0.00	10836.6	59697.5	2793.50	18330.84	9828.20
4350.00	32.93	1646.41	72180.4				
	0.00	0.00	10836.6	61343.9	2855.99	18570.50	9947.56
4400.00	38.01	1900.73	74081.2				
	0.00	0.00	10836.6	63244.6	2931.63	18826.55	10066.91
4450.00	44.97	2248.66	76329.8				
	0.00	0.00	10836.6	65493.3	3021.70	19100.63	10186.27
4500.00	52.32	2616.02	78945.9				
	0.00	0.00	10836.6	68109.3	3124.87	19391.06	10305.62
4550.00	57.94	2897.03	81842.9				
	0.00	0.00	10836.6	71006.3	3237.97	19693.86	10424.98
4600.00	68.34	3173.99	85016.9				

	0.00	0.00	10836.6	74180.3	3358.83	19994.86	10535.84
4642.89	74.16	1853.94	86870.8				
	0.00	0.00	10836.6	76034.3	3428.70	20162.89	10595.52
4650.00	74.55	2128.94	88999.8				
	0.00	0.00	10836.6	78163.2	3509.29	20355.80	10663.69
4700.00	81.37	4068.49	93068.2				
	0.00	0.00	10836.6	82231.7	3661.17	20707.01	10783.04
4750.00	77.90	3895.12	96963.4				
	0.00	0.00	10836.6	86126.8	3808.53	21052.60	10902.40
4800.00	69.54	1985.49	98948.9				
	0.00	0.00	10836.6	88112.3	3884.40	21239.61	10970.56
4807.10	66.45	1661.36	100610.2				
	0.00	0.00	10836.6	89773.7	3948.28	21400.15	11030.23
4850.00	47.74	2217.39	102827.6				
	0.00	0.00	10836.6	91991.0	4035.44	21659.11	11141.11
4900.00	26.76	1021.55	103849.2				
	0.00	0.00	10836.6	93012.6	4073.70	21830.30	11232.25
4926.36	16.55	714.42	104563.6				
	0.00	0.00	10836.6	93727.0	4094.86	21996.33	11335.33
4986.36	8.78	323.13	104886.7				
	0.00	0.00	10836.6	94050.2	4095.06	22124.88	11417.13
5000.00	9.36	297.88	105184.6				
	0.00	0.00	10836.6	94348.0	4096.59	22229.70	11487.83
5050.00	14.50	724.95	105909.5				
	0.00	0.00	10836.6	95073.0	4114.57	22413.84	11598.91
5100.00	14.72	735.92	106645.5				
	0.00	0.00	10836.6	95808.9	4132.16	22597.51	11710.00
5150.00	9.11	683.60	107329.1				
	0.00	0.00	10836.6	96492.5	4133.07	22840.86	11876.63
5250.00	1.85	138.80	107467.9				
	0.00	0.00	10836.6	96631.3	4137.15	23158.21	12043.26
5300.00	0.00	0.00	107467.9				
	0.34	17.11	10853.7	96614.2	4145.80	23377.17	12154.34
5350.00	0.00	0.00	107467.9				
	8.00	800.15	11653.8	95814.1	4194.95	23854.95	12376.51
5500.00	17.02	1702.14	109170.0				
	0.00	0.00	11653.8	97516.2	4244.47	24240.87	12598.69

5550.00	21.45	1072.69	110242.7				
	0.00	0.00	11653.8	98588.9	4282.13	24449.86	12709.77
5600.00	37.67	1883.59	112126.3				
	0.00	0.00	11653.8	100472.5	4356.20	24704.17	12820.86
5650.00	45.73	2286.45	114412.7				
	0.00	0.00	11653.8	102758.9	4445.63	24977.56	12931.94
5700.00	47.44	2371.91	116784.6				
	0.00	0.00	11653.8	105130.8	4539.01	25255.83	13043.03
5750.00	46.59	2329.64	119114.3				
	0.00	0.00	11653.8	107460.5	4630.36	25531.52	13154.12
5800.00	40.94	2046.89	121161.2				
	0.00	0.00	11653.8	109507.4	4711.27	25794.17	13265.20
5850.00	37.74	1887.07	123048.3				
	0.00	0.00	11653.8	111394.4	4785.69	26048.72	13376.29
5900.00	33.90	1695.16	124743.4				
	0.00	0.00	11653.8	113089.6	4851.31	26292.31	13487.37
5950.00	30.19	1509.48	126252.9				
	0.00	0.00	11653.8	114599.1	4909.13	26526.17	13598.46
6000.00	27.12	1356.08	127609.0				
	0.00	0.00	11653.8	115955.2	4959.51	26750.75	13709.55
6050.00	22.62	1131.06	128740.0				
	0.00	0.00	11653.8	117086.2	4998.89	26961.58	13820.63
6100.00	16.94	1270.68	130010.7				
	0.00	0.00	11653.8	118356.9	5036.07	27250.52	13987.26
6200.00	1.58	118.50	130129.2				
	0.25	18.68	11672.5	118456.7	5047.78	27571.89	14153.89
6250.00	0.00	0.00	130129.2				
	13.54	676.80	12349.3	117779.9	5087.98	27830.32	14264.98
6300.00	0.00	0.00	130129.2				
	48.10	2404.86	14754.2	115375.1	5188.90	28164.56	14376.06
6350.00	0.00	0.00	130129.2				
	67.77	3388.74	18142.9	111986.3	5321.08	28538.15	14487.15
6400.00	0.00	0.00	130129.2				
	79.49	3974.74	22117.6	108011.6	5472.03	28935.22	14598.24
6450.00	0.00	0.00	130129.2				
	109.07	5453.67	27571.3	102557.9	5662.81	29382.04	14709.32
6500.00	0.00	0.00	130129.2				

	140.37	7018.29	34589.6	95539.6	5906.69	29900.42	14820.41
6550.00	0.00	0.00	130129.2				
	137.54	6877.15	41466.7	88662.5	6149.80	30418.57	14931.50
6600.00	0.00	0.00	130129.2				
	95.31	4765.37	46232.1	83897.1	6323.48	30844.58	15042.58
6650.00	0.00	0.00	130129.2				
	49.36	2468.08	48700.2	81429.0	6428.68	31184.43	15153.67
6700.00	0.00	0.00	130129.2				
	26.00	1299.91	50000.1	80129.1	6494.05	31474.35	15264.75
6750.00	0.00	0.00	130129.2				
	33.84	1692.10	51692.2	78437.0	6571.91	31779.82	15375.84
6800.00	0.00	0.00	130129.2				
	92.15	4607.73	56299.9	73829.3	6733.58	32189.98	15486.93
6850.00	0.00	0.00	130129.2				
	110.33	5516.41	61816.3	68312.9	6916.39	32626.53	15598.01
6900.00	0.00	0.00	130129.2				
	110.88	5544.06	67360.4	62768.8	7102.30	33066.78	15709.10
6950.00	0.00	0.00	130129.2				
	98.71	4935.41	72295.8	57833.4	7277.80	33493.97	15820.19
7000.00	0.00	0.00	130129.2				
	96.65	4832.30	77128.1	53001.1	7449.45	33916.42	15931.27
7050.00	0.00	0.00	130129.2				
	98.09	4904.31	82032.4	48096.8	7620.40	34338.05	16042.36
7100.00	0.00	0.00	130129.2				
	106.58	5328.96	87361.4	42767.8	7805.03	34776.87	16153.44
7150.00	0.00	0.00	130129.2				
	127.93	6396.26	93757.6	36371.6	8014.18	35246.11	16264.53
7200.00	0.00	0.00	130129.2				
	143.03	7151.34	100909.0	29220.2	8240.20	35736.36	16375.62
7250.00	0.00	0.00	130129.2				
	118.62	5931.19	106840.2	23289.0	8440.53	36194.57	16486.70
7300.00	0.00	0.00	130129.2				
	96.07	4803.46	111643.6	18485.6	8611.92	36616.65	16597.79
7350.00	0.00	0.00	130129.2				
	72.47	3623.42	115267.0	14862.2	8752.11	36999.79	16708.88
7400.00	0.00	0.00	130129.2				
	58.15	2907.30	118174.3	11954.9	8871.10	37356.46	16819.96

7450.00	0.00	0.00	130129.2				
	45.09	2254.62	120429.0	9700.2	8968.90	37686.68	16931.05
7500.00	0.00	0.00	130129.2				
	35.55	1155.54	121584.5	8544.7	9020.54	37886.52	17003.26
7515.01	0.00	0.00	130129.2				
	26.88	672.04	122256.5	7872.7	9053.23	38031.41	17058.81
7550.00	0.00	0.00	130129.2				
	17.07	725.42	122982.0	7147.2	9092.88	38257.81	17153.22
7600.00	0.00	0.00	130129.2				
	10.61	530.62	123512.6	6616.6	9125.64	38506.85	17264.31
7650.00	0.10	5.12	130134.3				
	0.00	0.00	123512.6	6621.7	9133.46	38724.76	17375.40
7700.00	1.33	66.66	130201.0				
	0.00	0.00	123512.6	6688.4	9138.08	38938.69	17486.48
7750.00	0.00	0.00	130201.0				
	0.59	22.00	123534.6	6666.4	9145.12	39103.69	17569.85
7775.05	0.00	0.00	130201.0				
	2.20	54.96	123589.6	6611.4	9151.88	39216.21	17625.40
7800.00	0.00	0.00	130201.0				
	6.51	243.79	123833.3	6367.6	9169.32	39393.98	17708.65
7850.00	0.00	0.00	130201.0				
	10.07	503.70	124337.0	5863.9	9201.17	39641.89	17819.74
7900.00	0.00	0.00	130201.0				
	12.90	645.00	124982.0	5218.9	9239.03	39897.30	17930.83
7950.00	0.00	0.00	130201.0				
	10.50	524.78	125506.8	4694.2	9270.84	40145.14	18041.91
8000.00	0.00	0.00	130201.0				
	6.04	301.76	125808.6	4392.4	9292.99	40380.94	18153.00
8050.00	0.00	0.00	130201.0				
	3.17	158.29	125966.9	4234.1	9308.58	40608.56	18264.09
8100.00	1.46	73.02	130274.0				
	0.00	0.00	125966.9	4307.1	9313.34	40821.49	18375.17
8150.00	11.19	559.33	130833.3				
	0.00	0.00	125966.9	4866.5	9321.44	40993.25	18486.26
8200.00	22.08	1104.18	131937.5				
	0.00	0.00	125966.9	5970.7	9360.20	41203.29	18597.35
8250.00	35.00	1749.77	133687.3				

	0.00	0.00	125966.9	7720.4	9428.58	41450.29	18708.43
8300.00	46.42	2320.83	136008.1				
	0.00	0.00	125966.9	10041.3	9519.95	41725.98	18819.52
8350.00	45.88	2293.76	138301.9				
	0.00	0.00	125966.9	12335.0	9609.05	41998.89	18930.60
8400.00	59.73	2986.29	141288.2				
	0.00	0.00	125966.9	15321.3	9722.59	42302.34	19041.69
8450.00	69.44	3472.16	144760.3				
	0.00	0.00	125966.9	18793.5	9853.51	42627.46	19152.78
8500.00	77.02	3850.79	148611.1				
	0.00	0.00	125966.9	22644.3	9998.63	42970.24	19263.86
8550.00	88.75	4437.49	153048.6				
	0.00	0.00	125966.9	27081.8	10159.89	43333.16	19374.95
8600.00	102.60	5130.00	158178.6				
	0.00	0.00	125966.9	32211.8	10340.92	43720.76	19486.04
8650.00	112.13	5606.43	163785.1				
	0.00	0.00	125966.9	37818.2	10536.12	44126.04	19597.12
8700.00	124.16	6207.80	169992.9				
	0.00	0.00	125966.9	44026.0	10744.29	44547.53	19708.21
8750.00	135.54	6777.11	176770.0				
	0.00	0.00	125966.9	50803.1	10967.20	44987.39	19819.30
8800.00	156.04	7802.21	184572.2				
	0.00	0.00	125966.9	58605.3	11250.10	45512.22	19930.38
8850.00	164.56	8228.03	192800.2				
	0.00	0.00	125966.9	66833.3	11517.61	46013.09	20041.47
8900.00	179.42	8971.04	201771.2				
	0.00	0.00	125966.9	75804.4	11825.53	46569.14	20152.55
8950.00	168.82	8441.08	210212.3				
	0.00	0.00	125966.9	84245.5	12122.21	47111.22	20263.64
9000.00	131.68	6583.89	216796.2				
	0.00	0.00	125966.9	90829.4	12362.13	47577.83	20374.73
9050.00	79.54	3977.11	220773.3				
	0.00	0.00	125966.9	94806.5	12512.88	47927.90	20485.81
9100.00	68.49	3424.58	224197.9				
	0.00	0.00	125966.9	98231.0	12642.74	48252.01	20596.90
9150.00	67.37	2055.13	226253.0				
	0.00	0.00	125966.9	100286.2	12721.57	48449.09	20664.67

9161.01	64.03	1600.82	227853.9				
	0.00	0.00	125966.9	101887.0	12783.49	48607.24	20720.21
9200.00	52.52	2336.77	230190.6				
	0.00	0.00	125966.9	104223.8	12874.96	48865.35	20819.07
9250.00	34.19	1709.44	231900.1				
	0.00	0.00	125966.9	105933.2	12941.57	49110.23	20930.16
9300.00	25.02	998.55	232898.6				
	0.00	0.00	125966.9	106931.8	12978.05	49284.86	21018.81
9329.81	20.93	523.29	233421.9				
	0.00	0.00	125966.9	107455.0	12995.67	49387.74	21074.36
9350.00	17.87	1520.27	234942.2				
	0.00	0.00	125966.9	108975.3	13041.48	49720.16	21263.42
9500.00	0.00	0.00	234942.2				
	1.55	155.42	126122.3	108819.9	13065.77	50166.94	21485.59
9550.00	0.00	0.00	234942.2				
	22.28	1113.89	127236.2	107706.0	13122.79	50446.47	21596.68
9600.00	0.00	0.00	234942.2				
	52.96	2647.94	129884.1	105058.1	13238.67	50800.13	21707.76
9650.00	0.00	0.00	234942.2				
	66.62	3330.87	133215.0	101727.2	13371.80	51174.75	21818.85
9700.00	0.00	0.00	234942.2				
	32.72	1636.10	134851.1	100091.1	13447.59	51477.69	21929.93
9750.00	0.00	0.00	234942.2				
	51.71	2585.29	137436.4	97505.8	13556.64	51822.02	22041.02
9800.00	0.00	0.00	234942.2				
	120.00	5999.95	143436.3	91505.9	13761.85	52286.46	22152.11
9850.00	0.00	0.00	234942.2				
	343.08	17154.21	160590.5	74351.6	14195.89	53047.11	22263.19
9900.00	0.00	0.00	234942.2				
	366.62	18331.12	178921.6	56020.5	14632.53	53810.56	22374.28
9950.00	0.00	0.00	234942.2				
	280.22	10690.43	189612.1	45330.1	14918.87	54335.08	22459.04
9976.30	0.00	0.00	234942.2				
	253.17	6329.27	195941.3	39000.8	15097.31	54667.64	22514.58
10000.00	0.00	0.00	234942.2				
	215.99	7959.33	203900.7	31041.5	15335.68	55126.83	22596.45
10050.00	0.00	0.00	234942.2				

	156.57	7828.30	211729.0	23213.2	15589.04	55656.65	22707.54
10100.00	0.00	0.00	234942.2				
	134.70	6734.96	218463.9	16478.2	15806.76	56136.59	22818.63
10150.00	0.00	0.00	234942.2				
	138.11	6905.39	225369.3	9572.9	16019.27	56610.59	22929.71
10200.00	0.00	0.00	234942.2				
	118.09	3248.23	228617.5	6324.6	16126.41	56859.09	22990.82
10205.01	0.00	0.00	234942.2				
	114.08	2852.10	231469.6	3472.5	16222.20	57082.92	23046.37
10250.00	0.00	0.00	234942.2				
	93.11	4422.30	235891.9	-949.8	16374.59	57471.10	23151.88
10300.00	0.00	0.00	234942.2				
	64.74	3237.04	239129.0	-4186.8	16497.19	57832.43	23262.97
10350.00	0.00	0.00	234942.2				
	18.98	949.24	240078.2	-5136.0	16548.08	58104.30	23374.06
10400.00	13.14	656.80	235599.0				
	0.00	0.00	240078.2	-4479.2	16561.90	58283.36	23485.14
10450.00	38.20	1910.16	237509.1				
	0.00	0.00	240078.2	-2569.1	16637.18	58539.20	23596.23
10500.00	70.03	3501.33	241010.5				
	0.00	0.00	240078.2	932.2	16770.93	58868.01	23707.32
10550.00	96.18	4809.17	245819.6				
	0.00	0.00	240078.2	5741.4	16927.77	59266.71	23818.40
10600.00	97.90	4895.05	250714.7				
	0.00	0.00	240078.2	10636.5	17083.84	59699.37	23929.49
10650.00	81.69	4084.33	254799.0				
	0.00	0.00	240078.2	14720.8	17232.13	60046.34	24040.57
10700.00	82.06	4102.85	258901.9				
	0.00	0.00	240078.2	18823.6	17383.56	60397.17	24151.66
10750.00	80.95	4047.57	262949.4				
	0.00	0.00	240078.2	22871.2	17534.65	60747.57	24262.75
10800.00	97.02	4851.05	267800.5				
	0.00	0.00	240078.2	27722.3	17695.77	61111.49	24373.83
10850.00	69.29	3464.40	271264.9				
	0.00	0.00	240078.2	31186.7	17838.19	61457.04	24484.92
10900.00	70.33	3516.60	274781.5				
	0.00	0.00	240078.2	34703.3	17971.97	61785.71	24596.01

10950.00	57.04	2283.37	277064.9				
	0.00	0.00	240078.2	36986.6	18061.18	62026.53	24684.94
10980.06	35.50	887.45	277952.3				
	0.00	0.00	240078.2	37874.1	18096.00	62150.85	24740.48
11000.00	21.63	756.27	278708.6				
	0.00	0.00	240078.2	38630.3	18121.79	62296.20	24819.68
11050.00	0.00	0.00	278708.6				
	7.89	237.04	240315.3	38393.3	18138.71	62442.45	24890.99
11060.06	0.00	0.00	278708.6				
	16.44	410.96	240726.2	37982.3	18161.89	62575.57	24950.92
11100.00	0.00	0.00	278708.6				
	56.95	2561.27	243287.5	35421.1	18267.72	62895.22	25058.72
11150.00	0.00	0.00	278708.6				
	154.12	7705.86	250993.4	27715.2	18525.41	63430.92	25178.58
11200.00	0.00	0.00	278708.6				
	290.99	14549.64	265543.0	13165.6	18910.97	64130.85	25298.44
11250.00	0.00	0.00	278708.6				
	197.30	9864.94	275407.9	3300.6	19239.57	64760.60	25418.29
11300.00	0.00	0.00	278708.6				
	98.84	4942.14	280350.1	-1641.5	19415.37	65188.90	25538.15
11350.00	0.00	0.00	278708.6				
	46.27	2313.73	282663.8	-3955.2	19514.23	65520.54	25658.01
11400.00	0.00	0.00	278708.6				
	10.55	527.68	283191.5	-4482.9	19546.92	65769.51	25777.86
11450.00	9.56	478.17	279186.7				
	0.00	0.00	283191.5	-4004.7	19549.39	65934.26	25897.72
11500.00	24.05	1202.40	280389.1				
	0.00	0.00	283191.5	-2802.3	19592.47	66149.67	26017.58
11550.00	38.73	1936.63	282325.8				
	0.00	0.00	283191.5	-865.7	19669.91	66407.98	26137.43
11600.00	55.79	2789.73	285115.5				
	0.00	0.00	283191.5	1924.0	19779.54	66706.49	26257.29

ANNEXES II : FICHES DES MATERIAUX NORME ST590

ST590 Ind.B

Fiche n° 1 : **Sous-couche pour couche "sous-ballast"**

*Type de matériau: D2, D3, R21 [1] , **R41, R61***

		lignes parcourues à grandes vitesses V > 160 km/h	autres lignes	Observations
désignation		Grave 0 / 31,5 bien graduée		voir § 7.3.2
Caractéristiques intrinsèques				
résistance	LA+MDE	<= 40	<= 50	
Caractéristiques de fabrication				
dimensions nominales	d	0		
	D	31,5	31,5 (ou 40)	
granularité (fuseau de spécification)	P[2D]	100		[2]
	P[1,58D]	100 - 99	fuseau de la courbe moyenne	
	P[D]	99 - 85		
	P[D/2]	81 - 55		
	P[D/5]	57 - 31	P[D/2] : 73 - 65	
	P[D/10]	45 - 23	P[D/5] : 52 - 42	
	P[D/20]	36 - 17	P(D/10]: 40 - 31	
	P[D/50]	26 - 11	P[D/20] : 31 - 22	
	P[D/100]	19 - 8	P[D/50] : 21 -16	
	P [D/200]	13 - 6	P[D/100] : 15 - 12	
	P[0,08]	8 - 4	P[D200] : 10 - 8	
angularité		Entièrement concassée	>= 95 sec. (sur fraction 6,3/10)	voir § 7.4
forme	A	<= 25		
propreté	Vbg	<= 1		voir § 7.6.1
Caractéristiques complémentaires				
compacité		>= 82 %	>= 80 %	
sensibilité au gel		non gélif		voir § 8.2.3
granulats artificiels			[3]	

[1] L'utilisation de granulats calcaires d'origine géologique autre que "Primaire" doit être soumise à l'accord du Département IG-LG

[2] La limite inférieure du fuseau de spécification est la même que la limite inférieure du fuseau des graves non traitées routières 0 / 31,5 dures (Norme P 98-129)

[3] utilisation possible de matériaux de démolition : F71 , sous réserve des recommandations des annexes 1 et 2

ST590 Ind.B

Fiche n° 4 : couche de forme de qualité S3 ou Rt3

Type de matériau : B3, CiBi, D2, D3, R21 , R41 , R61 , F31 , F71

désignation		Grave 0/D	**Observations**
Caractéristiques intrinsèques			
résistance	R [1]	<= 60	
Caractéristiques de fabrication			
dimensions nominales	d	0	
	D	20 à 125	
granularité	P[2D]	100	
(fuseau de spécification)	P[Dmax]	100 – 99	
	P[D]	99 – 85	
	P[D/2]	84 – 55	
	P[D/5]	60 – 31	
	P[D/10]	49 – 23	
	P[D/20]	40 – 17	
	P[D/50]	30 – 11	
	P[D/100]	22 – 8	
	P [D/200]	16 – 6	
	P[D/500]	9 – 3	
	P[D/1000]	6 - 2	[2]
angularité			
forme	A	<= 25	
propreté	Vbg	< 2	voir § 7.6.1
Caractéristiques complémentaires			
compacité		>= 80 %	
sensibilité au gel		[3]	voir § 8.2.3
granulats artificiels		[4]	

[1] R = LA + MDE si D < 50

R = LA + MDA si D >= 50

[2] à prendre en compte si D >= 63

ST590 Ind.B

Fiche n° 6 : **Matériaux de zone humide**

Type de matériau, CiB1, CiB3, D3, R21 , R22 , R41 , R42 , R61 , R62 , F31 , F71 [1]

désignation		Grave 0/D	**Observations**
Caractéristiques intrinsèques			
résistance	LA + MDA	<= 80	
Caractéristiques de fabrication			
dimensions nominales	d	0	
	D	63 à 500	
granularité	P[Dmax]	>= 99%	
(fuseau de spécification)	P[D]	[2]	
	P[D/20]		
	P[0,08]	<= 12%	[3]
angularité			
forme			
propreté	ESP	>= 35	[4]

[1] Les sols B1 , B3 , D1 peuvent également être utilisés en matériaux de zone humide, à condition d'être mis en noyau .

Les caractéristiques intrinsèques des sols B1 , B3 , D1 sont R = LA + MDE <= 80 ou FS <= 60[2] si D<=200 mm : P[D] = 99 à 85% (Dmax=1,25 D)

si D > 200 mm : P[D] >= 99% (D = Dmax)

[3] mesuré sur la fraction 0/50

[4] si le pourcentage de passants à 2mm de la fraction 0/50 est supérieur ou égal à 30%[5] voir recommandations d'emploi en annexes 1 et 2

Fiche n° 7 : Matériaux de zone inondable

Type de matériau : CiB3, D3, R21, R22, R41, R42, R61, R62, F31, F71

désignation		Grave 0/D	**Observations**
Caractéristiques intrinsèques			
résistance	LA + MDA	<= 80	
Caractéristiques de fabrication			
dimensions nominales	d	0	
	D	63 à 500	
granularité	P[Dmax]	>= 99%	
(fuseau de spécification)	P[D]	[1]	
	P[D/20]		
	P[0,08]	<= 5%	[2]
angularité			
forme			
propreté			

[1] si D <= 200 mm : P[D] = 99 à 85 % (Dmax = 1,25 D)si D > 200 mm : P[D] >= 99 % (D = Dmax)

[2] mesuré sur la fraction 0/50

[3] voir recommandations d'emploi en annexes 1 et 2

ANNEXES III : NOTE DE CALCULE DES OUVRAGES EN TERRE (TALREN)

EMB Blad El Hadba Deblai 9+900

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Sable grossier		18,0	32,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
2	Argile mar,euse sableuse		20,5	20,00	18,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non
3	Sable grossier avec grès		18,0	30,00	6,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Sable grossier		-	-	-	Non drainée	Linéaire
2	Argile mar,euse sableuse		-	-	-	Effective	Linéaire
3	Sable grossier avec grès		-	-	-	Effective	Linéaire

Points

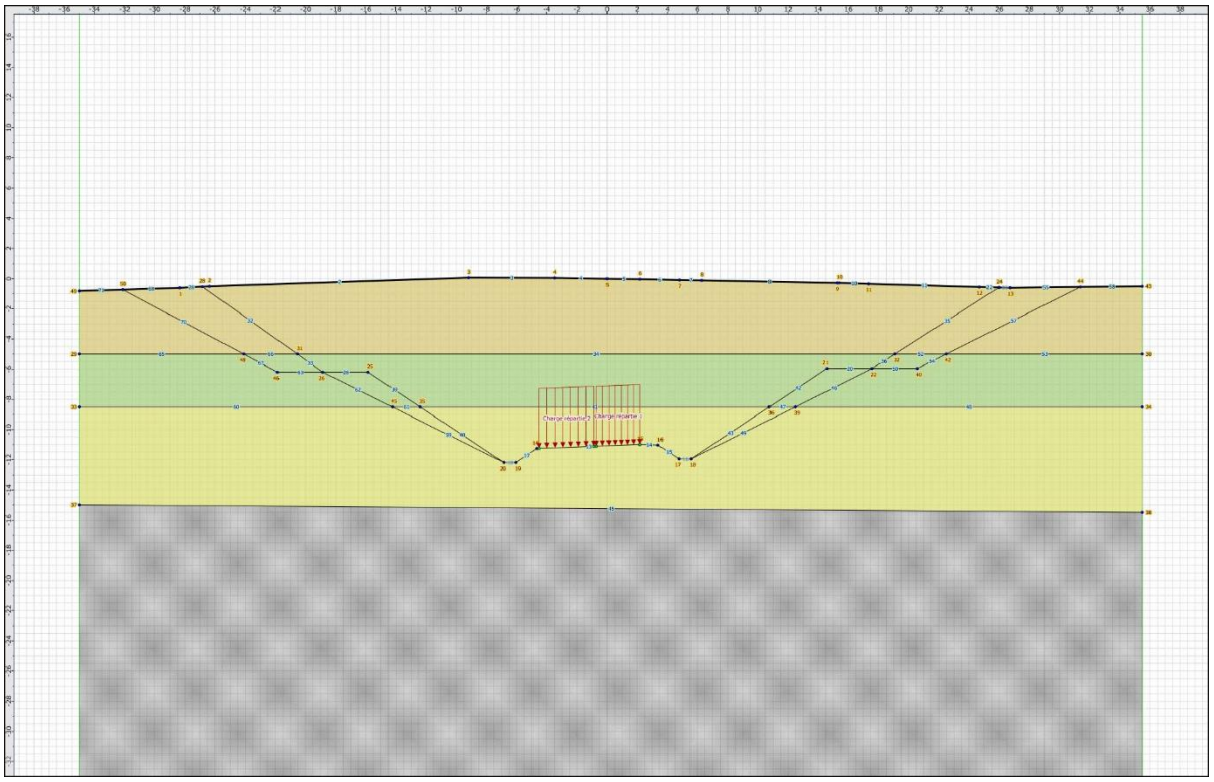
	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
	-28,353	-0,606	2	-26,356	-0,500	3	-9,182	0,071	4	-3,500	0,055	5	0,000	0,000	6	2,167	-0,029
7	4,797	-0,085	8	6,288	-0,109	9	15,245	-0,274		15,370	-0,274		17,354	-0,337		24,690	-0,550
	26,720	-0,601		-4,654	-11,265		2,171	-11,000		3,378	-11,037		4,768	-11,956		5,574	-11,956
	-6,057	-12,194		-6,854	-12,194		14,574	-5,956		17,574	-5,956		25,977	-0,582		-15,854	-6,194
26	-18,854	-6,194		-26,840	-0,526	29	-35,000	-5,000		35,500	-5,000		-20,536	-5,000		19,069	-5,000
33	-35,000	-8,500		35,500	-8,500		-12,395	-8,500		10,758	-8,500	37	-35,000	-15,000		35,500	-15,500
	12,486	-8,500		20,574	-5,956		22,486	-5,000		35,500	-0,500		31,391	-0,547		-14,242	-8,500
	-21,854	-6,194		-24,097	-5,000		-35,000	-0,816		-32,127	-0,725						

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9
9	9	10	10	10	11	11	11	12	13	14	15	14	15	16	15	16	17	16	17	18
17	14	19	18	19	20	20	22	21	22	24	12	23	24	13	26	26	25	28	28	1
29	28	2	32	31	28	33	31	26	34	31	32	35	32	24	36	32	22	39	35	25
40	35	20	41	35	36	42	36	21	43	36	18	45	37	38	46	22	39	47	39	36
48	39	34	49	39	18	50	40	22	52	42	32	53	42	30	54	42	40	55	13	44
57	44	42	58	44	43	59	20	45	60	45	33	61	45	35	62	45	26	63	46	26
65	48	29	66	48	31	67	48	46	68	1	50	70	50	48	71	50	49			

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge répartie 1	-0,707	-11,112	30,0	2,171	-11,000	30,0	90,00
2	Charge répartie 2	-4,500	-11,259	30,0	-0,872	-11,118	30,0	90,00



Talren v5

Données de la phase 1

Nom de la phase : Pente 3H/2V sans nappe

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
13	14	15	Sable grossier avec grès	14	15	16	Sable grossier avec grès	15	16	17	Sable grossier avec grès
16	17	18	Sable grossier avec grès	17	14	19	Sable grossier avec grès	18	19	20	Sable grossier avec grès
20	22	21	Argile mar,euse sableuse	23	24	13	Sable grossier	26	26	25	Argile mar,euse sableuse
28	28	1	Sable grossier	32	31	28	Sable grossier	33	31	26	Argile mar,euse sableuse
35	32	24	Sable grossier	36	32	22	Argile mar,euse sableuse	39	35	25	Argile mar,euse sableuse
40	35	20	Sable grossier avec grès	42	36	21	Argile mar,euse sableuse	43	36	18	Sable grossier avec grès
45	37	38	-	47	39	36	Sable grossier avec grès	48	39	34	Sable grossier avec grès
52	42	32	Argile mar,euse sableuse	53	42	30	Argile mar,euse sableuse	55	13	44	Sable grossier
58	44	43	Sable grossier	60	45	33	Sable grossier avec grès	61	45	35	Sable grossier avec grès
65	48	29	Argile mar,euse sableuse	66	48	31	Argile mar,euse sableuse	68	1	50	Sable grossier
71	50	49	Sable grossier								

Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Charge répartie 1
Charge répartie 2

Conditions hydrauliques : Néant

Données de la situation 1

Nom de la phase : Pente 3H/2V sans nappe

Nom de la situation : Statique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Traditionnel/Sit. définitive

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,500	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	Γs3	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 10,000

Abscisse émergence limite aval : -26,840

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -6,854; Y= -12,194

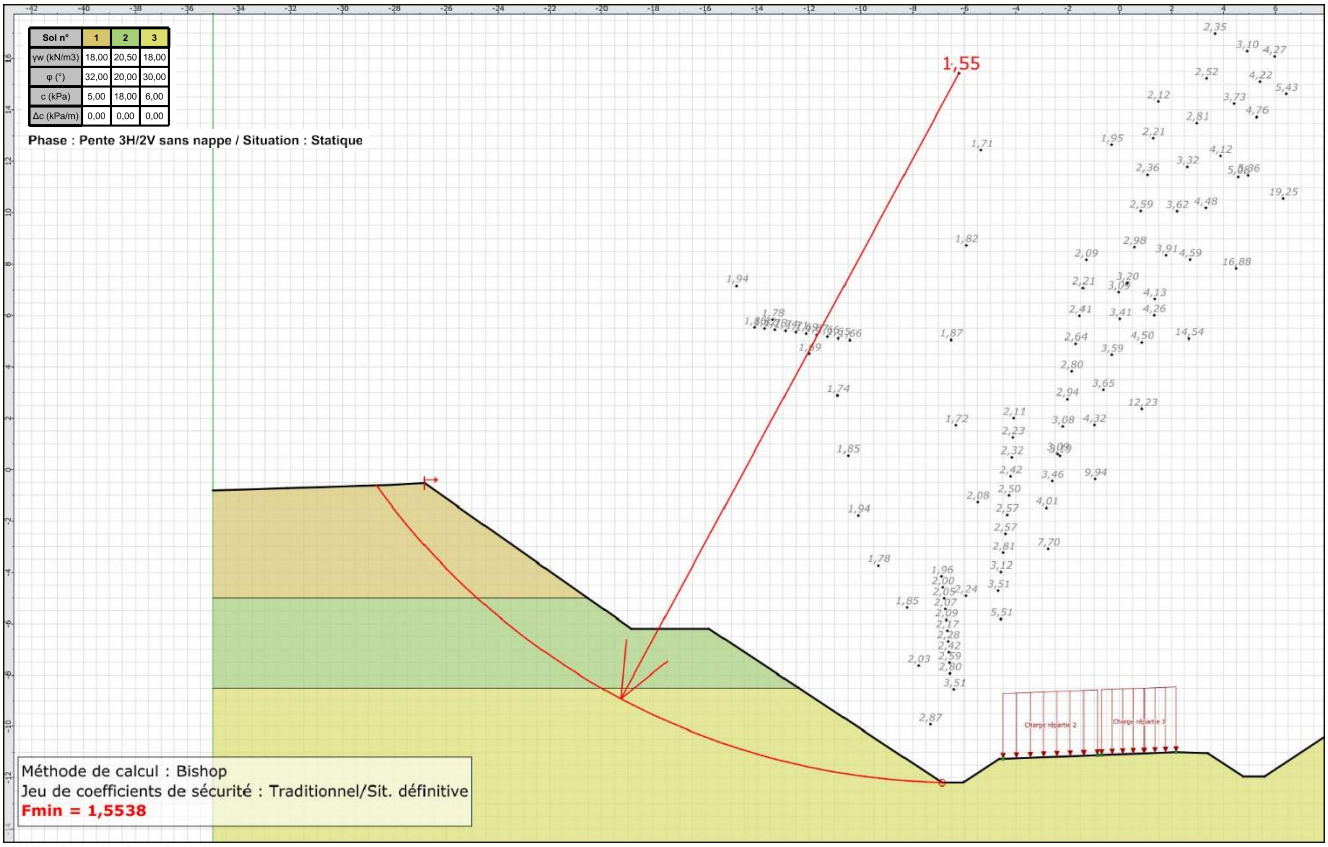
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,5538

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 105; X0= -6,20; Y0= 15,44; R= 27,64



Données de la situation 2

Nom de la phase : Pente 3H/2V sans nappe

Nom de la situation : dynamique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Traditionnel/Sit. définitive

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,500	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	Γs3	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 10,000

Abscisse émergence limite aval : -26,840

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -6,854; Y= -12,194

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,150

Coefficient av/g (accélération verticale) : 0,750

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,1281

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 231; X0= -3,40; Y0= 23,58; R= 35,93

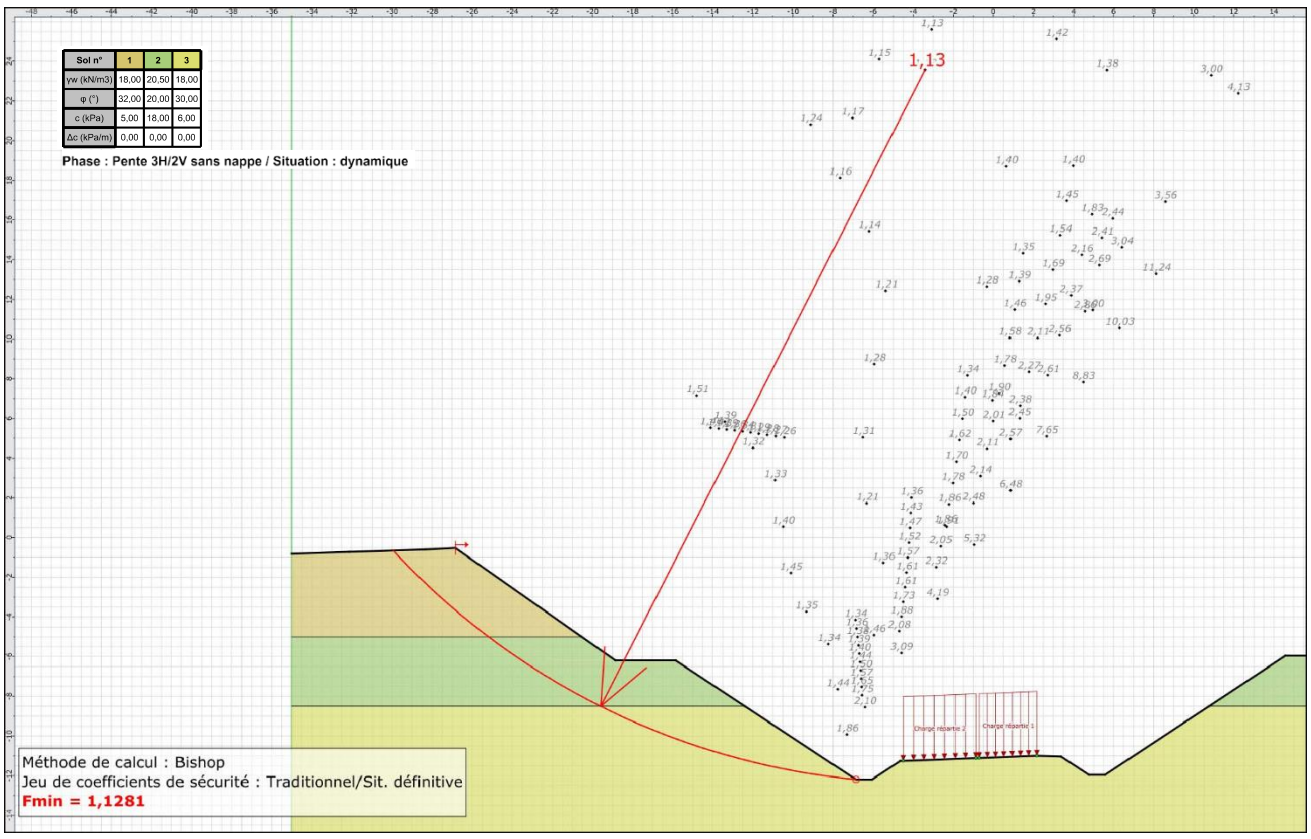
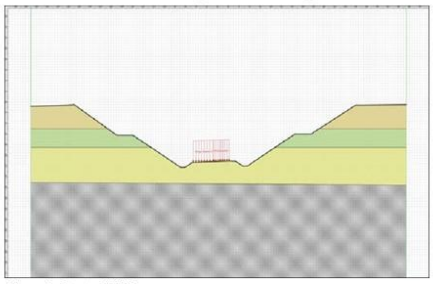
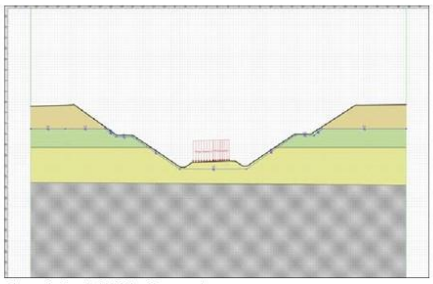


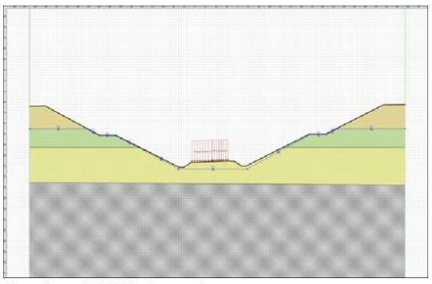
Schéma de phasage



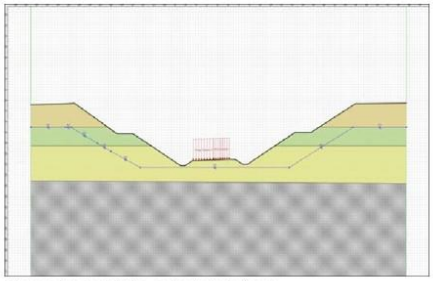
Phase 1: Pente 3H/2V sans nappe



Phase 2: Pente 3H/2V présence de nappe



Phase 3: pente 2H/1V présence de nappe



Phase 4: Pente 3H/2V avec écant de drainage

EMB Blad El Hadba Deblai 11+200

Couches de sol

	Nom	Couleur	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB	Anisotropie	Favorable	Coefficients de sécurité spécifiques
1	Sable grossier		18,0	32,00	5,0	0,0	-	-	-	Non	Non	Non

Couches de sol (cont.)

	Nom	Couleur	Γγ	Γc	Γtan(φ)	Type de cohésion	Courbe
1	Sable grossier		-	-	-	Non drainée	Linéaire

Points

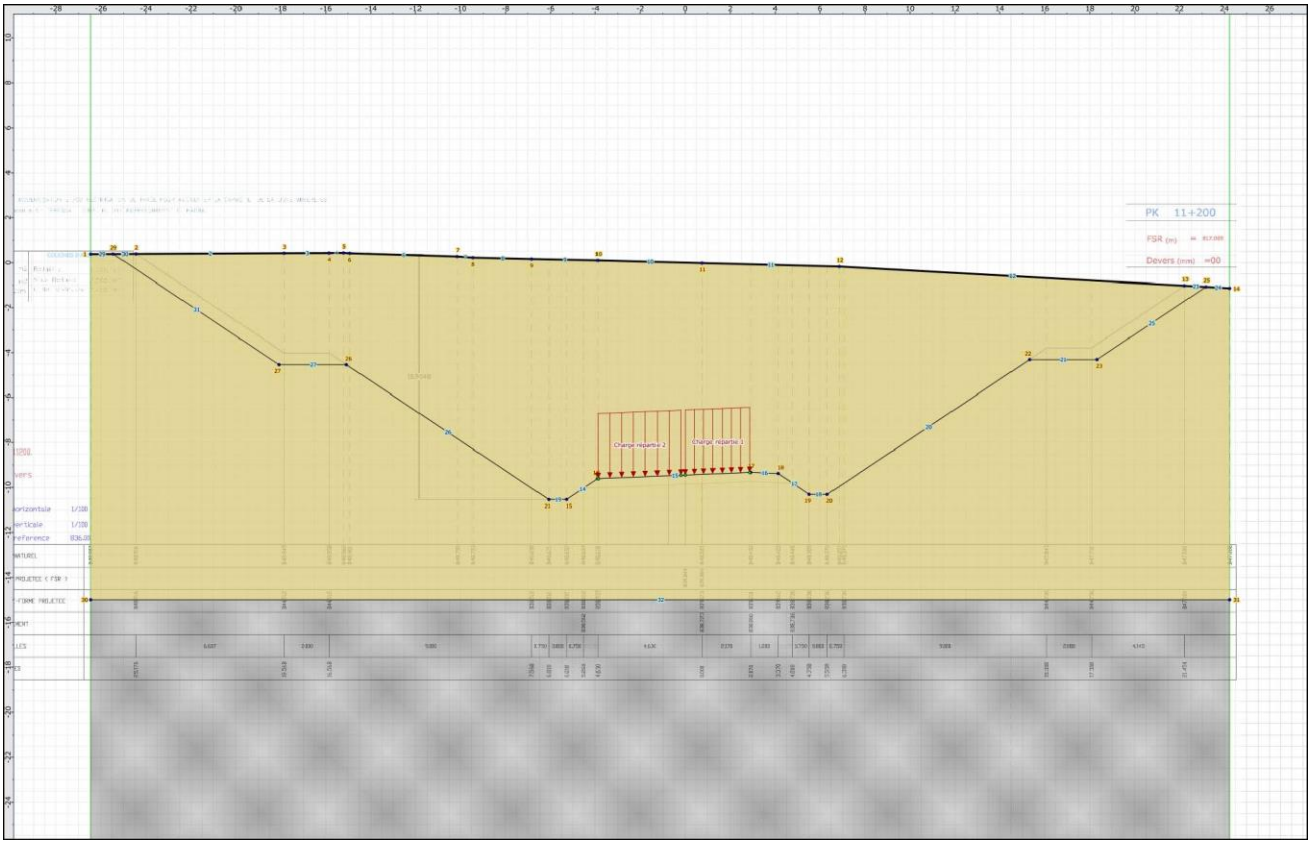
	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
	-26,459	0,377	2	-24,452	0,386	3	-17,845	0,418	4	-15,854	0,425	5	-15,206	0,433	6	-14,926	0,414
7	-10,147	0,270	8	-9,437	0,219	9	-6,831	0,157		-3,891	0,099		0,755	-0,021		6,844	-0,176
	22,224	-1,025		24,233	-1,140		-5,279	-10,538		-3,886	-9,608		2,917	-9,328		4,126	-9,377
	5,514	-10,310		6,321	-10,311		-6,075	-10,539		15,321	-4,311		18,321	-4,311		23,169	-1,079
	-15,075	-4,539		-18,075	-4,539		-25,456	0,381	30	-26,459	-15,000		24,233	-15,000			

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9
9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	14	15	16	15	16	17	16	17	18
17	18	19	18	19	20	19	15	21	20	22	20	21	23	22	23	25	13	24	25	14
25	25	23	26	26	21	27	27	26	29	29	1	30	29	2	31	29	27	32	30	31

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droite	Y droite	q droite	Ang/horizontale
1	Charge répartie 1	0,004	-9,448	30,0	2,869	-9,330	30,0	90,00
2	Charge répartie 2	-3,886	-9,608	30,0	-0,193	-9,456	30,0	90,00



Données de la phase 1

Nom de la phase : Pente 3H/2V sans nappe

Détermination de l'enveloppe du talus : automatique

Segments de la phase

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
14	15	16	Sable grossier	15	16	17	Sable grossier	16	17	18	Sable grossier
17	18	19	Sable grossier	18	19	20	Sable grossier	19	15	21	Sable grossier
20	22	20	Sable grossier	21	23	22	Sable grossier	24	25	14	Sable grossier
25	25	23	Sable grossier	26	26	21	Sable grossier	27	27	26	Sable grossier
29	29	1	Sable grossier	31	29	27	Sable grossier	32	30	31	-

Liste des éléments activés

Surcharges réparties : Charge répartie 1
Charge répartie 2

Conditions hydrauliques : Néant

Données de la situation 1

Nom de la phase : Pente 3H/2V sans nappe

Nom de la situation : Statique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Traditionnel/Sit. définitive

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,500	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	Γs3	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 10,000

Abscisse émergence limite aval : -26,459

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -6,075; Y= -10,539

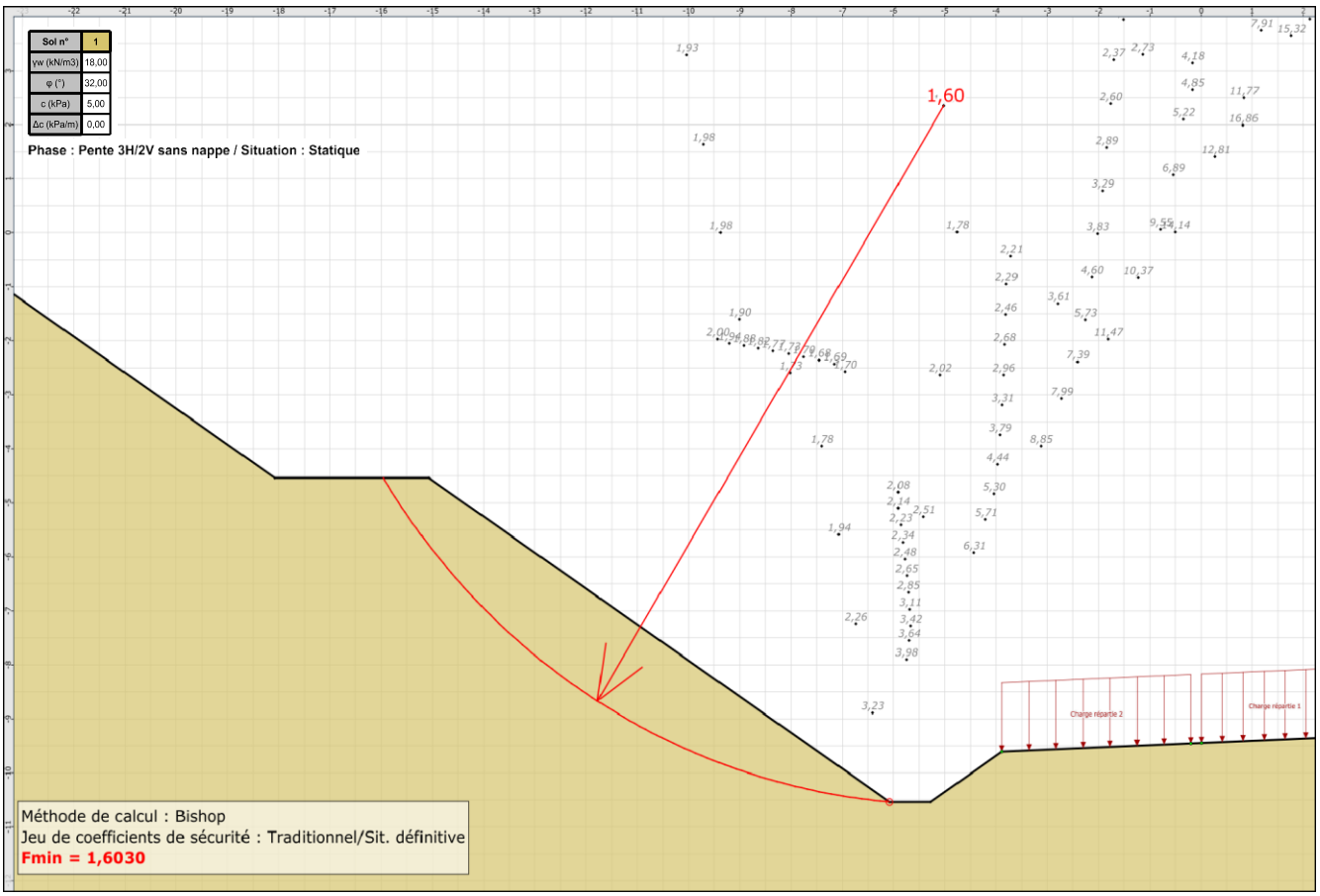
Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Non

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,6030

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 68; X0= -5,02; Y0= 2,35; R= 12,93



Données de la situation 2

Nom de la phase : Pente 3H/2V sans nappe

Nom de la situation : dynamique

Méthode de calcul : Bishop

Jeu de coefficients de sécurité pour cette situation : Traditionnel/Sit. définitive

Détail du jeu de coefficients de sécurité

Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient	Nom	Coefficient
Γmin	1,500	Γs1	1,000	Γ's1	1,000	Γφ	1,000	Γc'	1,000	Γcu	1,000
ΓQ	1,000	Γqsl,clou,ab	1,000	Γqsl,clou,es	1,000	Γqsl,tirant,ab	1,000	Γqsl,tirant,es	1,000	Γqsl,bande	1,000
Γpl	1,000	Γa,clou	1,000	Γa,tirant	1,000	Γa,bande	1,000	Γbuton	1,000	Γs3	1,000

Type de surface de rupture : Circulaire automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 10,000

Abscisse émergence limite aval : -26,459

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : X= -6,075; Y= -10,539

Nombre de tranches : 100

Prise en compte du séisme : Oui

Coefficient ah/g (accélération horizontale) : 0,150

Coefficient av/g (accélération verticale) : 0,075

Résultats

Coefficient de sécurité minimal : 1,2231

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : N°= 68; X0= -5,02; Y0= 2,35; R= 12,93

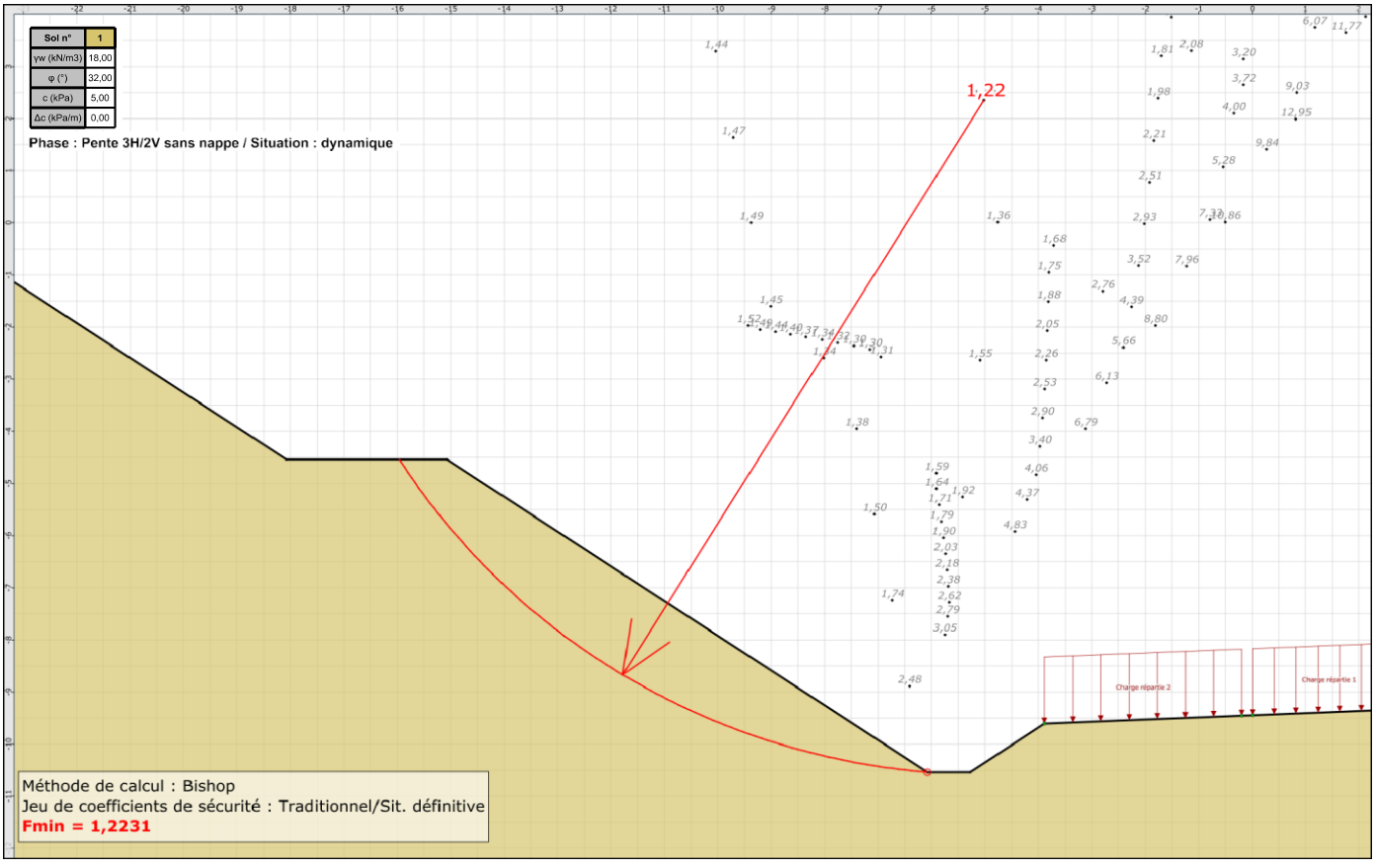
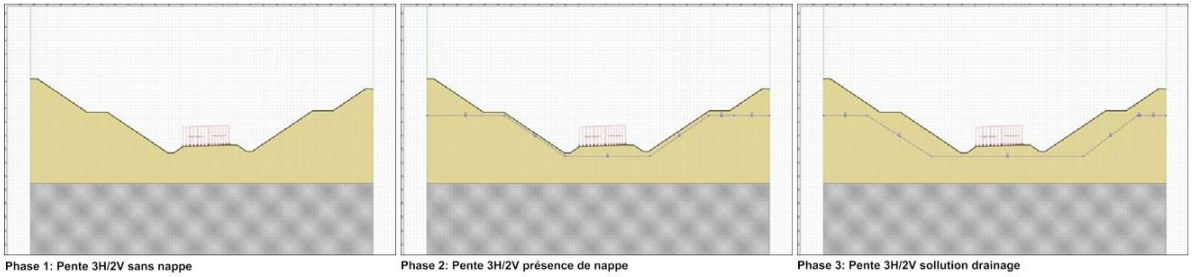


Schéma de phasage



Phase 1: Pente 3H/2V sans nappe

Phase 2: Pente 3H/2V présence de nappe

Phase 3: Pente 3H/2V sollution drainage

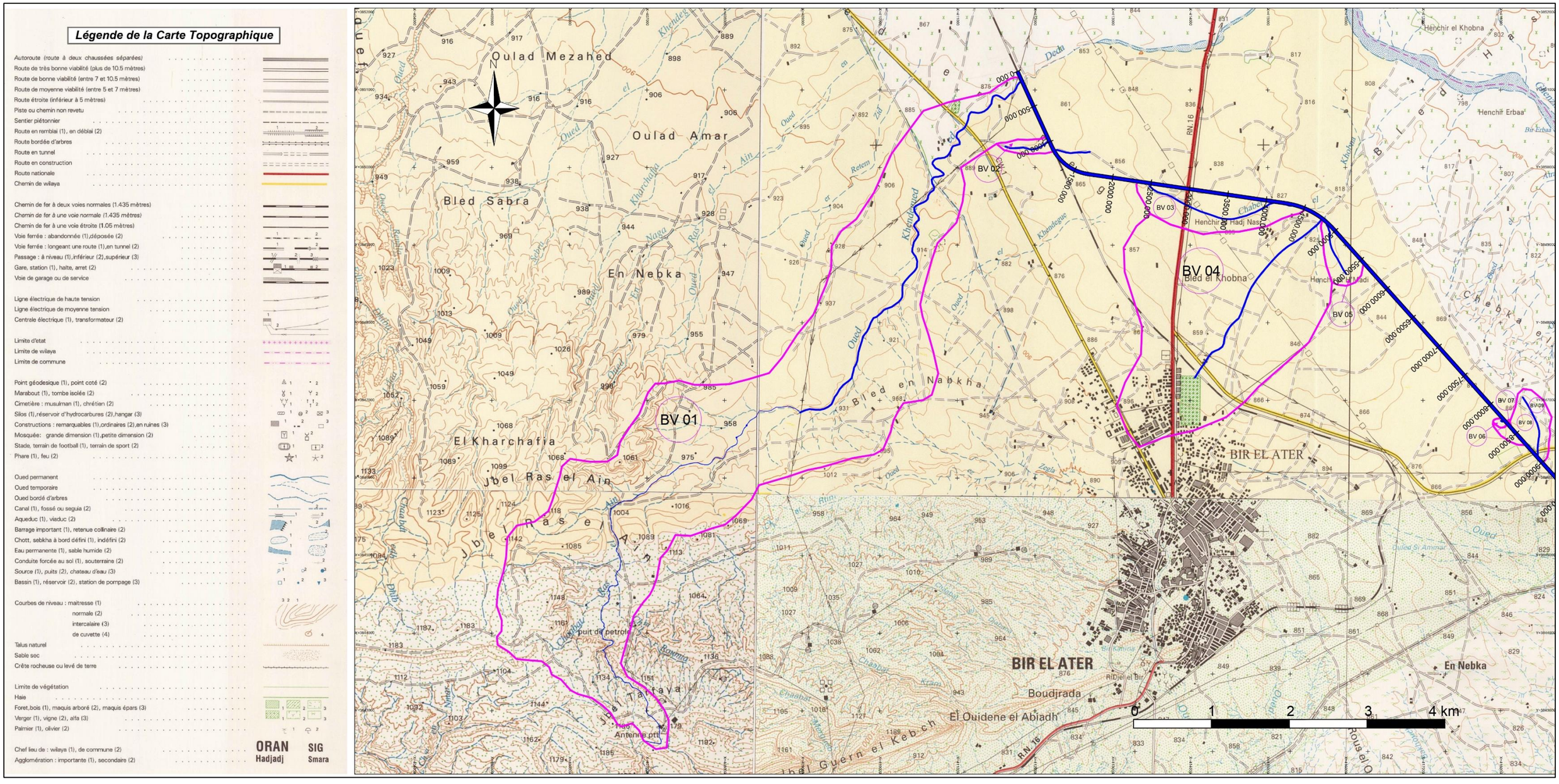
ANNEXES IV : LES CONDITIONS D'UTILISATION EN REMBLAI DEFINIES PAR LE GTR

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A_2m	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		–	évaporation importante	**Solution 1 : arrosage superficiel** W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
				Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage moyen	2 0 0 0 0 2 0
A_2S	La teneur en eau faible de ces sols oblige à un compactage intense. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire. L'humidification dans la masse exige un malaxage soigné avec apport d'importantes quantités d'eau.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	**Solution 1 : humidification dans la masse** W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
		–	évaporation importante	**Solution 1 : humidification** W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0
				Solution 2 : arrosage W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				Solution 3 : extraction frontale avec arrosage E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2

Les conditions d'utilisation en remblai définies par le GTR

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B_6s	Pour ces sols, il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par un compactage intense, un arrosage, ou une humidification avec un malaxage soigné et une quantité d'eau importante	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	**Solution 1 : humidification** W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				Solution 2 : utillsation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
		−	évaporation importante	**Solution 1 : arrosage** W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				Solution 2 : extraction frontale - arrosage E : extraction frontale W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2
				Solution 3 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0

ANNEXES V : DELIMITATION DES BASSINS VERSSANTS {ZONE D'ETUDE BEH}



ANNEXES VI : FICHES D'EVALUATION ENVIRENMENTALE

FICHE N°01 : IMPACT DU A LA POLLUTION DE L'AIR

Milieu : ■ Physique ☐ Biologique ☐ Humain

Composante affectée :

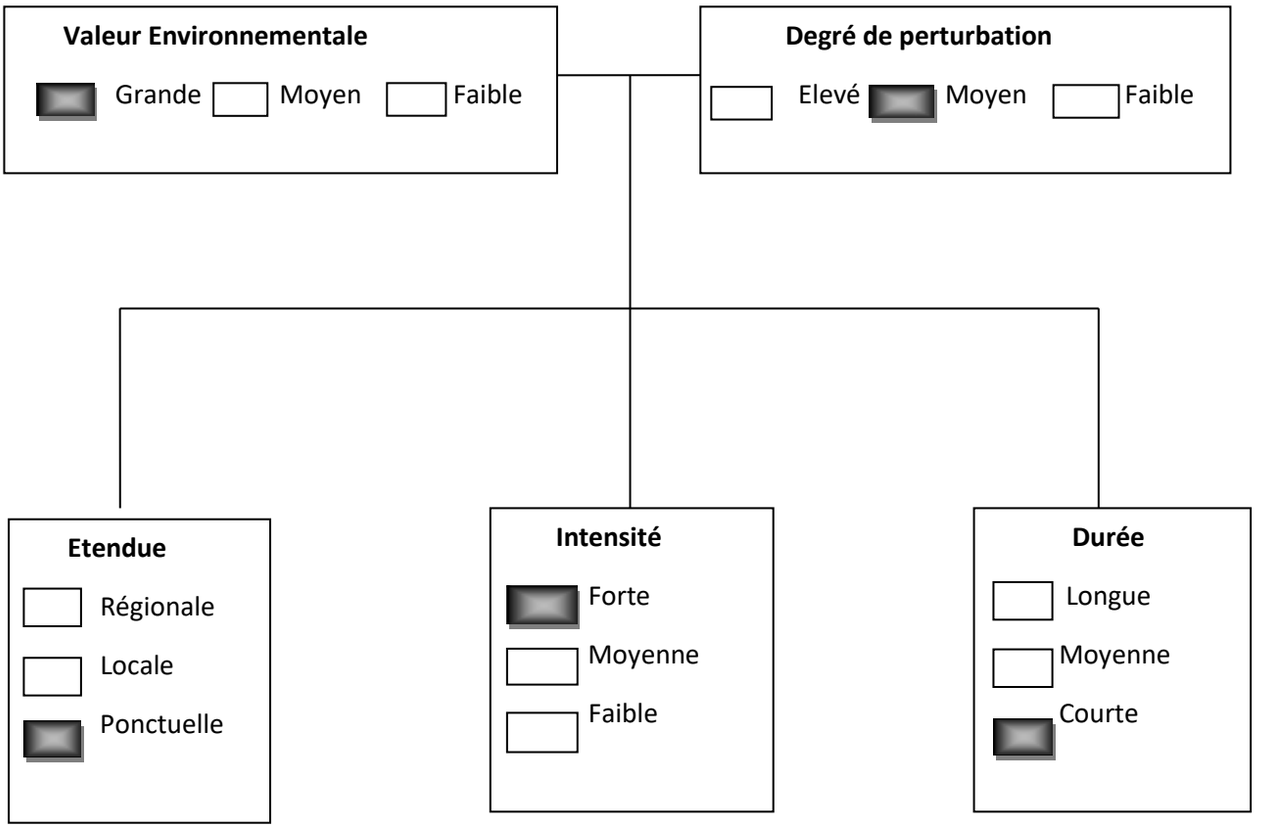
Période : ■ construction ☐ Exploitation

Source d'impact : **Installation du chantier, travaux de terrassement et engins en circulation**

Description de l'impact: **Emission de poussières et de CO_2**

Evaluation de l'impact :

Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif



Importance de l'impact

☐ Forte ■ Moyenne ☐ Faible

FICHE N°02 : IMPACT SUR LES COURS D'EAU ET EAUX DE SURFACE

Milieu : ■ Physique ☐ Biologique ☐ Humain

Composante affectée :

Période : ■ Construction ☐ Exploitation

Source d'impact : **Travaux de réalisation**
Description de l'impact: **Perturbation des cours d'eaux**

Evaluation de l'impact :
Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif

Valeur Environnementale
☐ Grande ■ Moyen ☐ Faible

Degré de perturbation
☐ Elevé ■ Moyen ☐ Faible

Etendue
☐ Régional
■ Locale
☐ Ponctuelle

Intensité
☐ Forte
■ Moyenne
☐ Faible

Durée
☐ Longue
■ Moyenne
☐ Courte

Importance de l'impact

☐ Forte ■ Moyenne ☐ Faible

FICHE N°03 : IMPACT DU A LA GENE SONORE ET ACCOUSTIQUE

Milieu : ☐ Physique ☐ Biologique ■ Humain

Composante affectée :

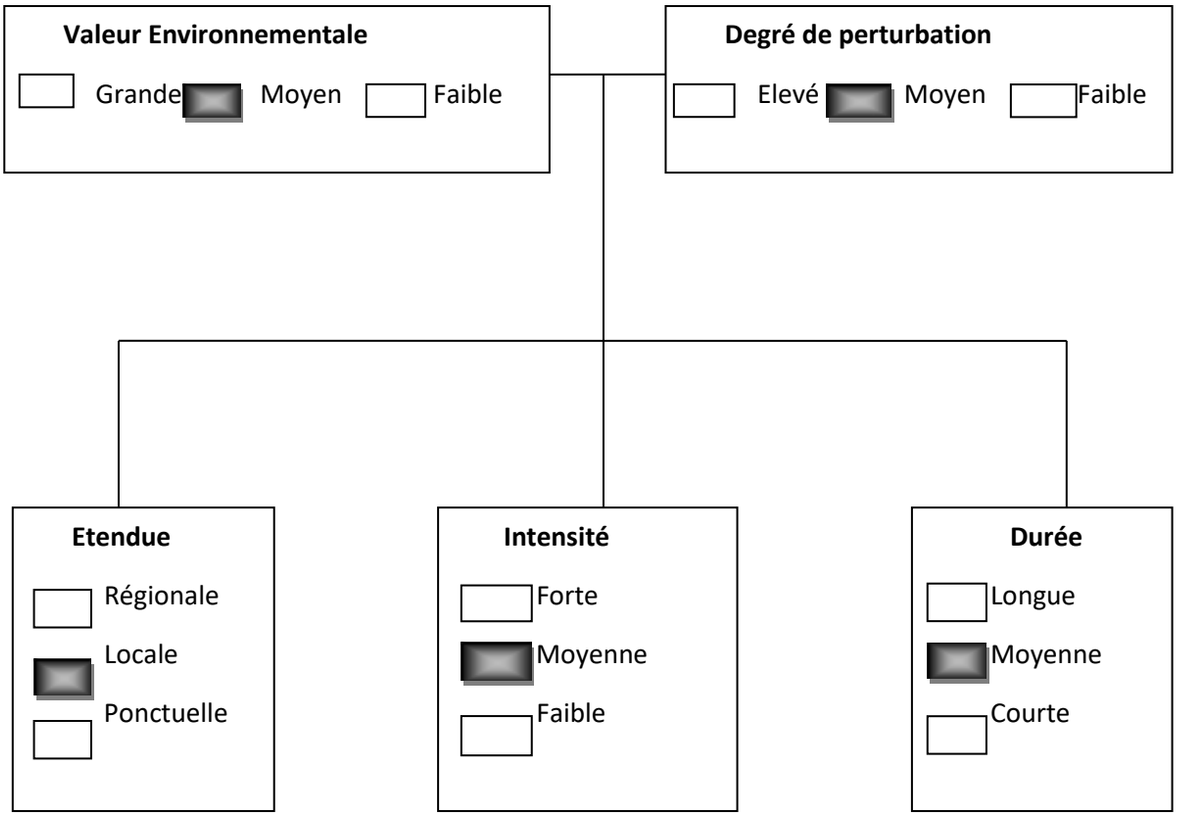
Période : ■ construction ☐ Exploitation

Source d'impact : **Travaux de construction**

Description de l'impact : **Pollution sonore**

Evaluation de l'impact :

Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif



Importance de l'impact

☐ Forte ■ Moyenne ☐ Faible

FICHE N°04 : IMPACT SUR LE CLIMAT

Milieu : ■ Physique ☐ Biologique ☐ Humain

Composante affectée :

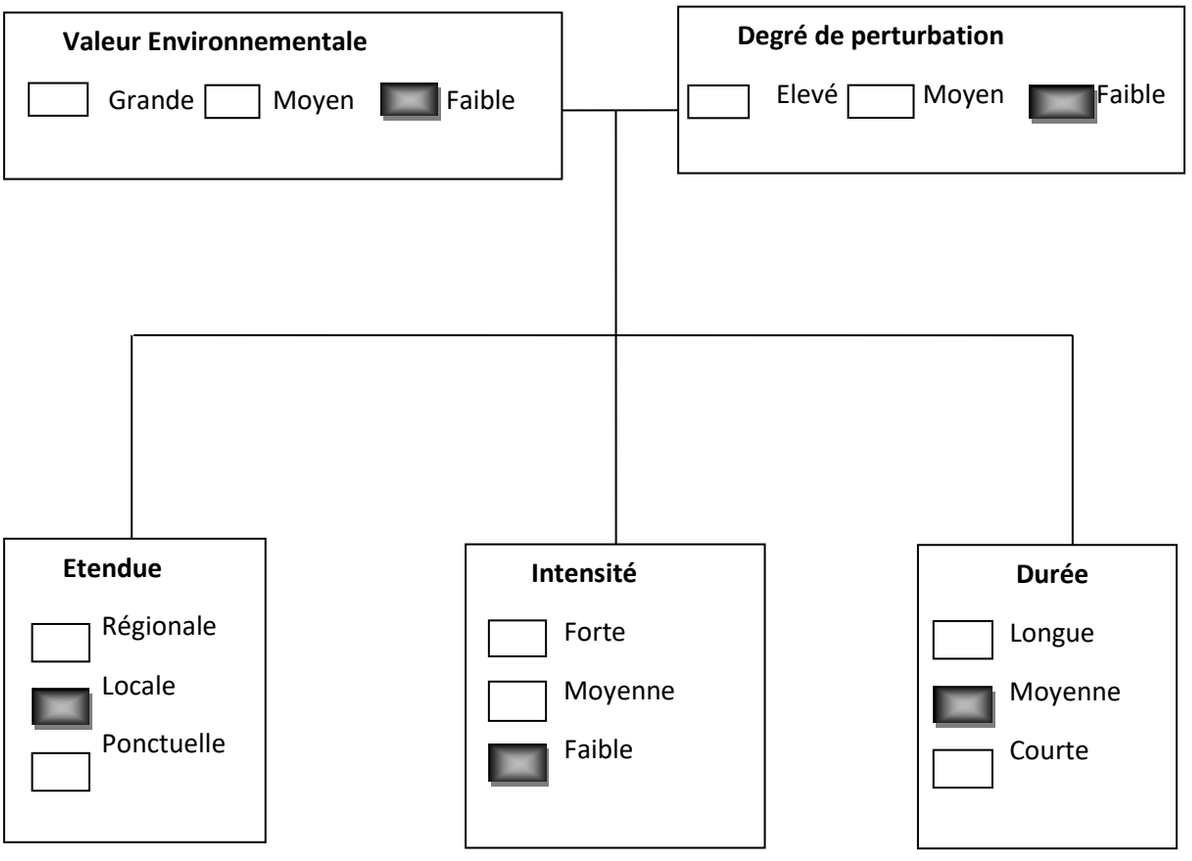
Période : ■ Construction ☐ Exploitation

Source d'impact : **Travaux de constructions**

Description de l'impact: **altération du microclimat**

Evaluation de l'impact :

Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif



Importance de l'impact

☐ Forte ☐ Moyenne ■ Faible

FICHE N°05 : IMPACTS SUR FAUNE, FLORE ET EQUILIBRE BIOLOGIQUE

Milieu : ☐ Physique ■ Biologique ☐ Humain

Composante affectée :

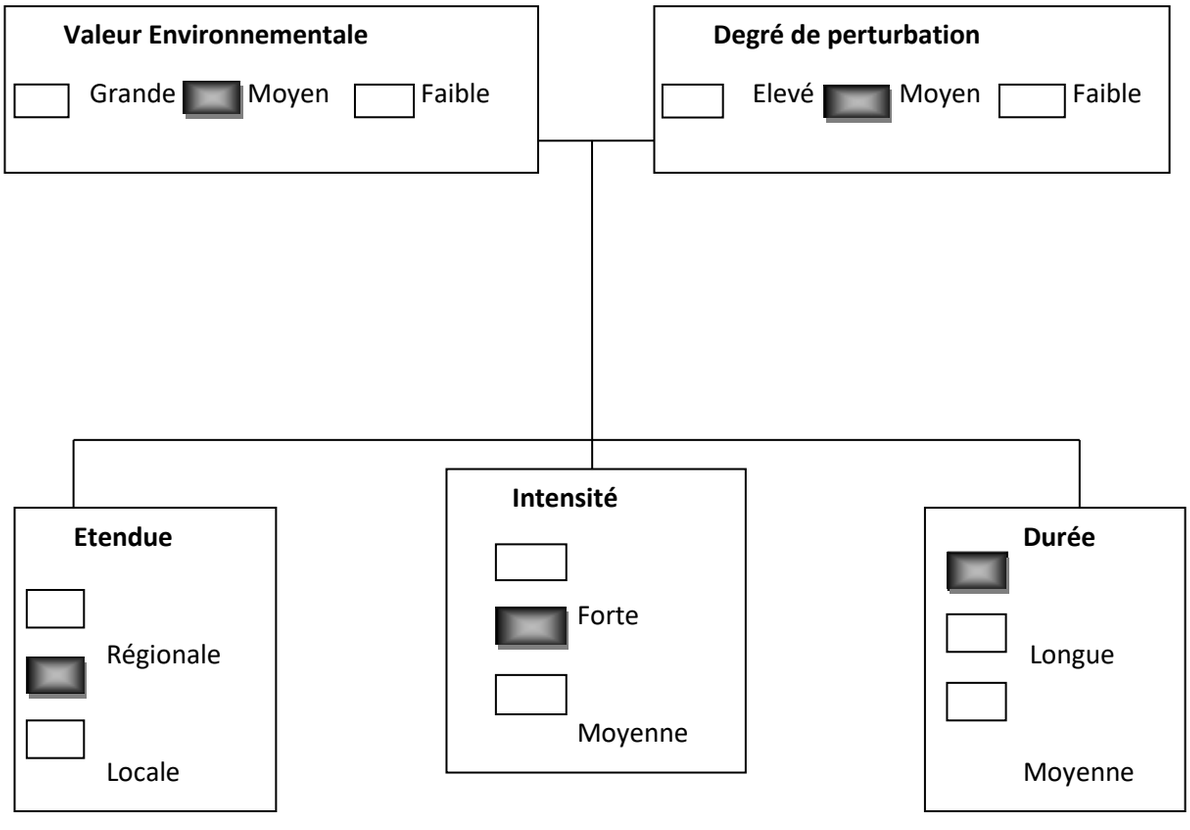
Période : ■ Construction ☐ Exploitation

Source d'impact : **Travaux de construction et de terrassement**

Description de l'impact: **perturbation de l'environnement biologique**

Evaluation de l'impact :

Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif



Importance de l'impact

☐ Forte ■ Moyenne ☐ Faible ☐ Indéterminé

FICHE N°01 : PERTE DE TERRES AGRICOLES

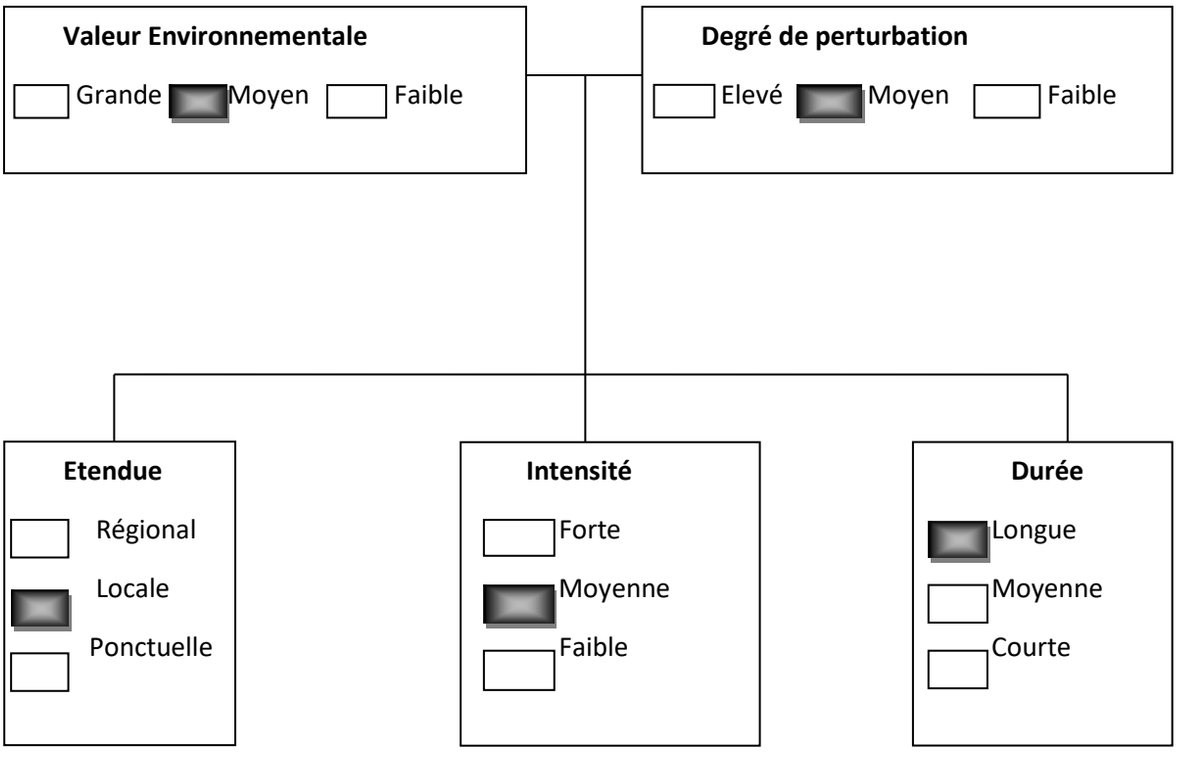
Milieu : ☐ Physique ☐ Biologique ■ Humain

Composante affectée :

Période : ☐ Construction ■ Exploitation

Source d'impact : **Exploitation du projet**
Description de l'impact : **Perte des terres et exploitations agricoles**

Evaluation de l'impact :
Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif



Importance de l'impact

☐ Forte ■ Moyenne ☐ Faible

FICHE N°02 : IMPACTS SUR LES RESSOURCES EN EAU

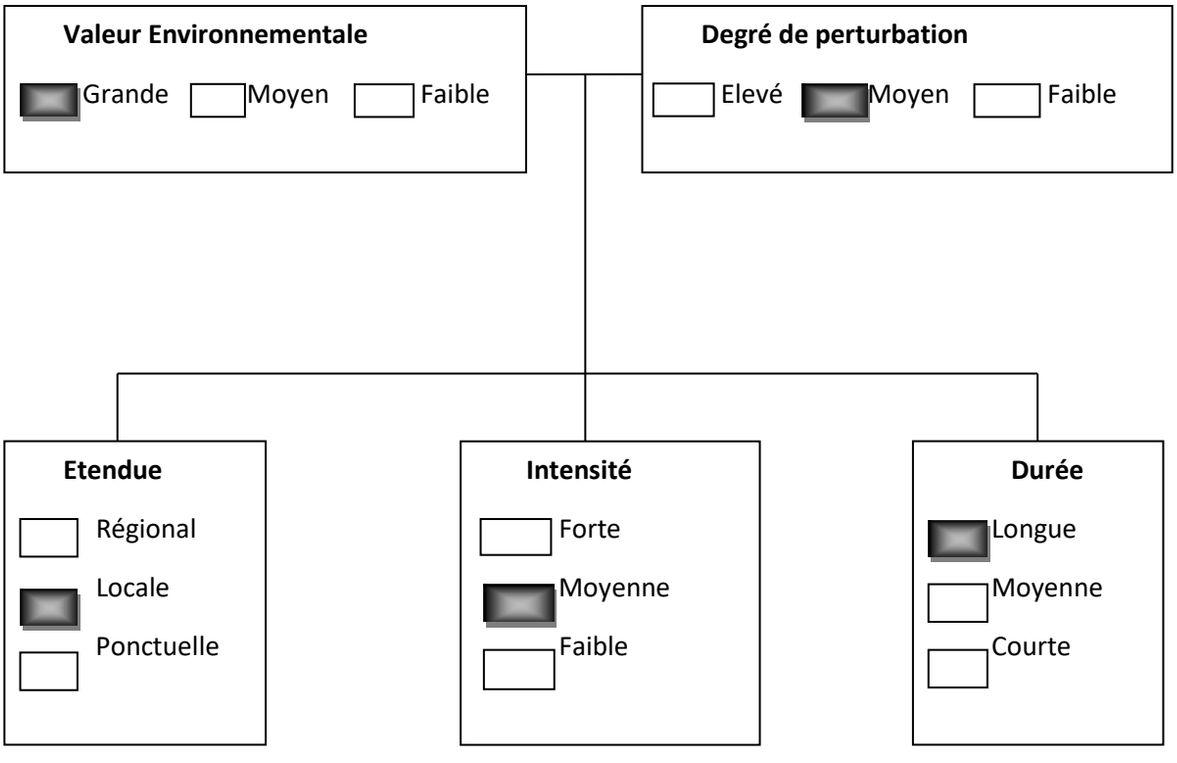
Milieu : ■ Physique ☐ Biologique ☐ Humain

Composante affectée :

Période : ☐ Construction ■ Exploitation

Source d'impact : **Exploitation du projet**
Description de l'impact : **Pollution des eaux superficielles et profondes**

Evaluation de l'impact :
Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif



Importance de l'impact

☐ Forte ■ Moyenne ☐ Faible

FICHE N°03 : IMPACT SUR LE PAYSAGE

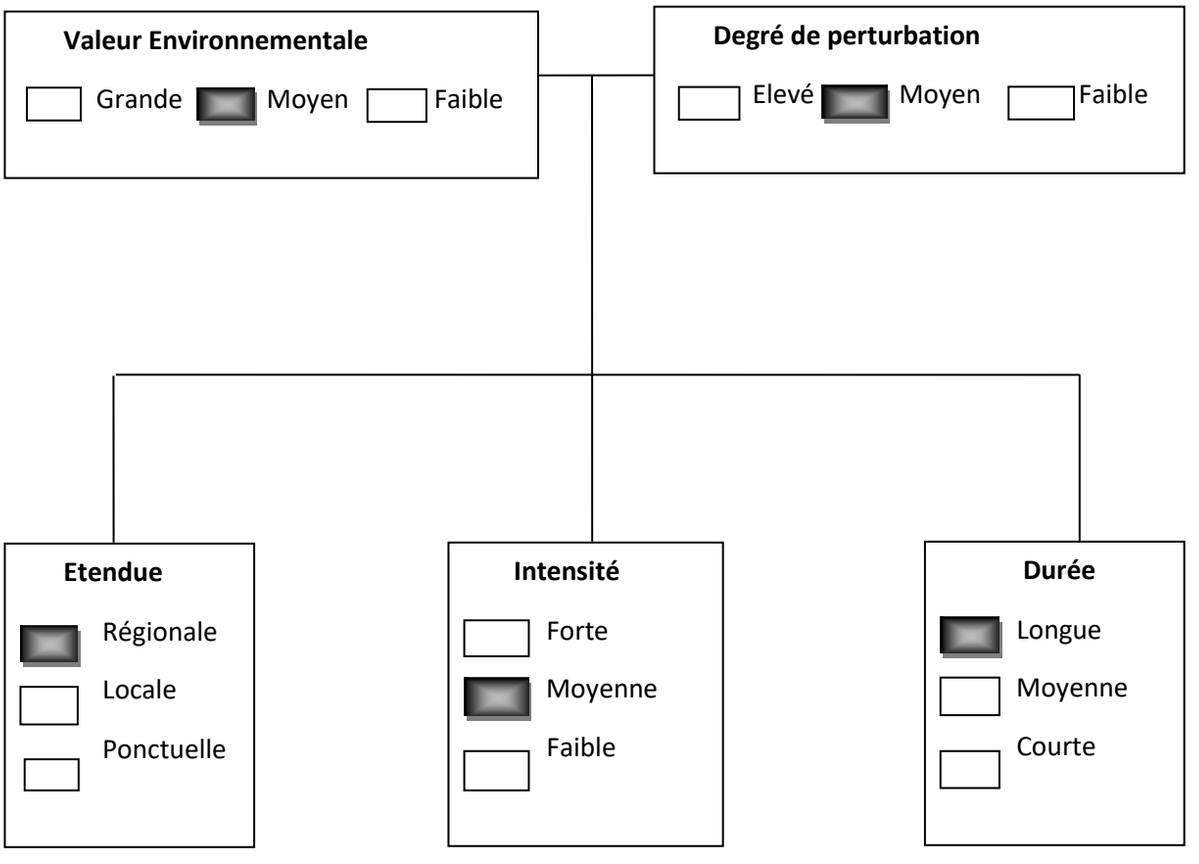
Milieu : ■ Physique ☐ Biologique ☐ Humain

Composante affectée :

Période : ☐ Construction ■ Exploitation

Source d'impact : **Existence de la route**
Description de l'impact: **Changement de paysage du site et les aspects esthétiques**

Evaluation de l'impact :
Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif



Importance de l'impact

☐ Forte ☐ Moyenne ■ Faible ☐ Indéterminé

FICHE N°04 : IMPACTS SUR FAUNE, FLORE ET EQUILIBRE BIOLOGIQUE

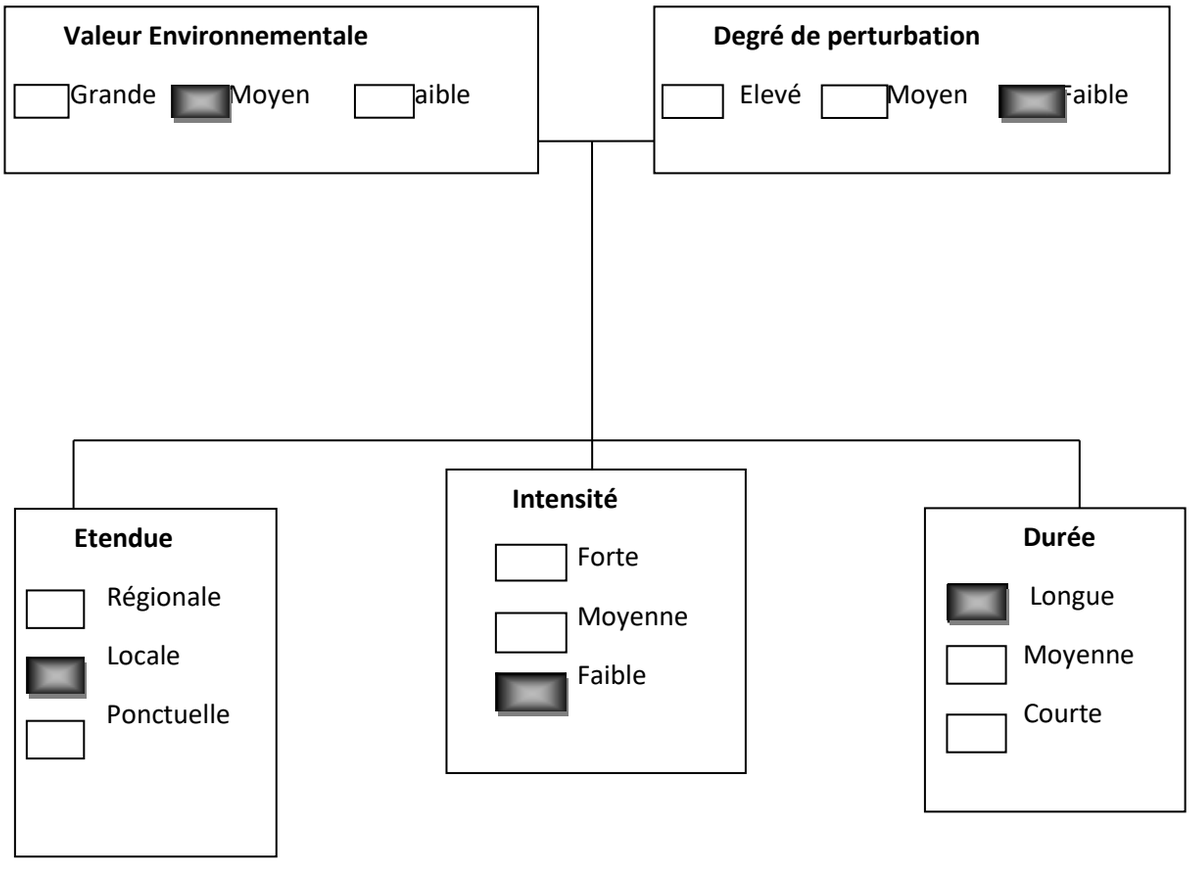
Milieu : ☐ Physique ■ Biologique ☐ Humain

Composante affectée :

Période : ☐ Construction ■ Exploitation

Source d'impact : **Existence de la route**
Description de l'impact: **perturbation de l'environnement biologique**

Evaluation de l'impact :
Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif



Importance de l'impact

☐ Forte ☐ Moyenne ■ Faible ☐ Indéterminé

FICHE N°05 : IMPACT SUR LE BATI

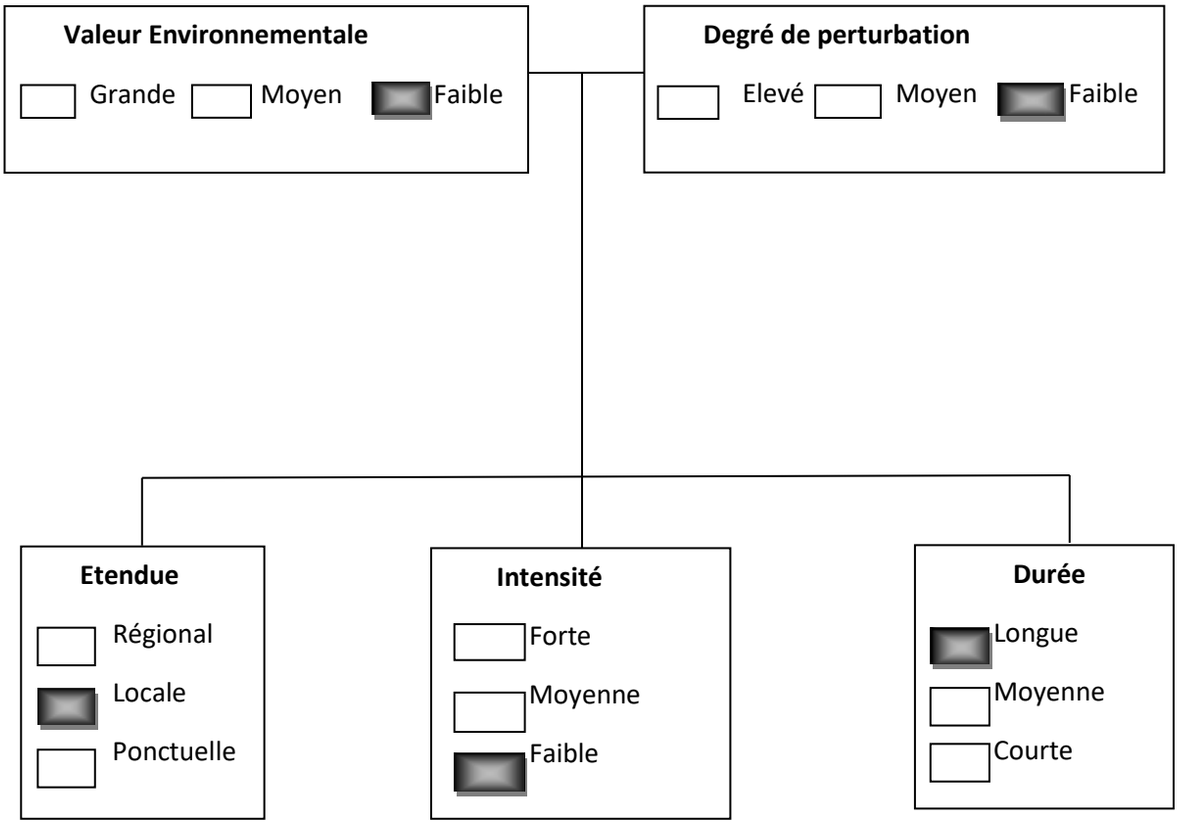
Milieu : ■ Physique ☐ Biologique ☐ Humain

Composante affectée :

Période : ☐ Construction ■ Exploitation

Source d'impact : **Existence de la route**
Description de l'impact : **Perte habitat**

Evaluation de l'impact :
Nature de l'impact : ☐ Positif ■ Négatif



Importance de l'impact

☐ Forte ☐ Moyenne ■ Faible