

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

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية  
فرنسيس جونسون

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

**Conception et Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire  
Ain Beida-Khenchela du PK 00+000 au PK 10+345 à voie  
unique électrifiée avec réaménagement de la gare Ain Beida  
en utilisant la technologie du BIM**

Présenté par:

BOULHIA Abderrahim

El FEKAIR Djouad Djaber

Encadré par:

Ing. CHENA Hakim

Pr. FEDGHOUCHE Ferhat

Promotion 1443/1444-2022/2023



إهداء:

مرت قاطرة البحث بكثير من العوائق، ومع ذلك حاولت أن أتخطاها  
بثبات بفضل من الله ومنه.

إلى أبوي وأخوتي أسامة بولحية -عبد المعين بولحية  
وأصدقائي:

مقران شعيب- لمرابط عبد اللطيف- أكرم بلحمرة- أسامة بن دريهم-  
مليزي عبد الرؤوف- أسامة كرومة- حسيكة شعيب-محمد يسبع

-رامي سلاحي-امين اوبوشو-أسامة بلخييري ...

والى جميع المهندسين: عماد طاكي - فراح حمزاوي -بلال مالاوي-

قيدوم نجم الدين ...

فقد كانوا بمثابة العضد والسند في سبيل استكمال المذكرة.

ولا ينبغي أن أنسى أساتذتي ممن كان لهم الدور الأكبر في مسانذتي ومدي

بالمعلومات القيمة....

داعياً المولى عز وجل أن يطيل في أعماركم ويرزقكم بالخيرات.

بولحية عبد الرحيم

## كلمة شكر

بسم الله الرحمن الرحيم والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، أما بعد فهذا العمل الذي أمامك هو توفيق من الله سبحانه وحده وتكرم منه على عبدي لقوله تعالى: ” وَعَلَّمَكَ مَا لَمْ تَكُن تَعْلَمُ وَكَانَ فَضْلُ اللَّهِ عَلَيْكَ عَظِيمًا ” {سورة النساء- الآية 113-}؛ فنحمد الله تعالى على فضله علينا ونشكره على نعمه الظاهرة والباطنة. فما كان في المحتوى من صواب فمن الله تعالى وما كان من خطأ فمن أنفسنا والشيطان.

ثانيا من جهة الشكر للناس ومن باب أولى للوالدين الذين هما السبب المباشر لما حصلناه ولما وصلنا إليه، فنسأل الله أن يحفظهما ويحسن خاتمتهما ويسكنهما العلى من الجنة.

أيضا نتقدم بالشكر لمشائعتنا وأساتذتنا الذين هم نور لنا على الدرب والدليل على الرّشاد، فنرجو الله الكريم أن يعطيهم من الخير كآله.

وتتوجه بالتقدير والعرفان إلى الأهل؛ خاصة أخي عبد الجليل وأختي سندس، وكل الأقارب والأصحاب، على كل عون وتشجيع لإدراك هذا الخير وإتمامه.

وفي الأخير نرجو أن تحصل به الثواب لنا ولوالدينا ومشائعتنا والنفع لإخواننا ممن قرأه أو اطلع عليه.

وصلى الله وبارك على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه.

الفقيه جواد جابر

ذو القعدة 1444، ماي 2023

عين البيضاء (أم البواقي) - الجزائر.

## ملخص :

يتمثل هذا العمل في إنجاز تصميم ودراسة مفصلة لمشروع خط السكة الحديدية الجديد بخط واحد مكهرب الذي يربط بين دائرة عين البيضاء (ولاية أم البواقي) وخنشلة من النقطة الكيلومترية 0+000 إلى 10+345 بسرعة قطارات تصل إلى 160 كم/س مع إعادة تهيئة محطة عين البيضاء. تمت عملية التصميم و الدراسة وفقا لمعايير الاتحاد الدولي للسكة الحديدية واستنادا على توصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية مع الاستعانة بتقنية BIM التصميم المعلوماتي الإنشائي وأيضا ببرامج الرسم، الحساب والتخطيط الآتية:

AutoCAD 2018, Civil 3D 2020, Autodesk Infracore, Google Earth Pro, Global Mapper 23.0, GEO5 2022, Primavera

**كلمات مفتاحية :** تصميم و دراسة سكة حديدية، توصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية ، مشروع خط السكة الحديدية الجديد الرابط بين عين البيضاء و خنشلة.

## Abstract

This job consist conception and detailed study of the new unique line railway electrified between Ain Beida (State of Oum El Bouaghi) and state Khenchela from PK 0+000 to PK 10+345 with speed of train 160 km/h, modernization Ain Beida station. Based on UIC and SNTF rules with using of the new technology BIM, also the software's of conception, calculation and planification: AutoCAD 2018, Civil 3D 2022, Autodesk Infracore, Google Earth Pro, Global Mapper 23.0, GEO5 2022, Primavera.

**Key words :** conception and study of railway line, SNTF recommendations, the new project of railway line between Ain Beida and Khenchela.

## Résumé

Ce travail consiste à faire la conception et l'étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire électrifiée à voie unique reliant Ain El Beida (Wilaya d'Oum El-Bouaghi) et Khenchela, avec une vitesse des trains de 160 km/h, entre le PK 0+000 et le PK 10+345 avec le réaménagement de la gare d'Ain El Beida.

Cette étude a basé sur les recommandations du référentiel technique de la SNTF et les normes de l'UIC, en utilisant la technologie du BIM et en exploitant les outils informatiques suivant : AutoCAD 2018, Civil 3D 2020, Autodesk Infracore, Google Earth Pro, Global Mapper 23.0, GEO5 2022, Primavera.

**Mots clés :** conception et étude d'une ligne ferroviaire, recommandations de la SNTF, projet de réalisation da la nouvelle ligne ferroviaire entre Ain Beida et Khenchela.

## LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

---

### Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
<b>BIM</b>	Building Information Modeling
<b>RPOA</b>	Règles Parasismiques applicables au domaine des Ouvrages d'Art
<b>APS</b>	Avant-Projet Sommaire
<b>MOA</b>	Maitre Ouvrage d'Art
<b>APD</b>	Avant-Projet Détaillé
<b>PK</b>	Point Kilométrique
<b>UIC</b>	Union International du Chemin de fer
<b>BT</b>	Ligne électrique à Basse Tension
<b>MT</b>	Ligne électrique à Moyenne Tension
<b>THT</b>	Ligne électrique à Très Haute Tension
<b>OH</b>	Ouvrage Hydraulique
<b>RN</b>	Route Nationale
<b>VRD</b>	Voirie et Réseaux Divers
<b>EIE</b>	Etude d'Impact sur l'Environnement
<b>SNTF</b>	Société Nationale du Transport Ferroviaire
<b>ANRH</b>	Agence Nationale des Ressources Hydriques
<b>BV</b>	Bassin Versant
<b>PU</b>	Puit de reconnaissance
<b>SC</b>	Sondage Carotté
<b>SP</b>	Sondage Pressiométrique
<b>PDL</b>	Pénétrromètre Dynamique Lourde
<b>SPT</b>	Standard Penetration Test
<b>GTR</b>	Guide des Terrassements Routiers
<b>CBR</b>	Californien Bearing Ratio
<b>LT</b>	Long Terme
<b>CT</b>	Court Terme
<b>S<sup>2</sup></b>	Cas sismique
<b>FSR</b>	Front Supérieur de Roulement
<b>Vi</b>	Voie numéro « i »
<b>ADV</b>	Appareil De Voie
<b>DD</b>	Déviation droite

## LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

<b>DG</b>	Déviation gauche
<b>BAL</b>	Block Automatique Lumineux
<b>DC</b>	Direct Curent
<b>AC</b>	Alternative Curent
<b>LRS</b>	Long Rail Soudé

### Liste des symboles et leurs unités

<b>Symbole</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>
<b>P</b>	Précipitation de pluie	mm
<b>V<sub>max</sub></b>	Vitesse des trains voyageurs	Km/h
<b>V<sub>min</sub></b>	Vitesse des trains marchandises	Km/h
<b>R</b>	Rayon de raccordement circulaire	m
<b>R<sub>min</sub></b>	Rayon minimal	m
<b>L<sub>min</sub></b>	Longueur minimale des éléments	m
<b>d<sub>th</sub></b>	Dévers théorique	mm
<b>d<sub>p</sub></b>	Dévers pratique	mm
<b>d<sub>max</sub></b>	Dévers maximum	mm
<b>I</b>	Insuffisance de dévers	mm
<b>I<sub>max</sub></b>	Insuffisance de dévers maximal	mm
<b>E</b>	Excès de dévers	mm
<b>E<sub>max</sub></b>	Excès de dévers maximal	mm
<b>C</b>	Coefficient de dévers	-
<b>L<sub>RP</sub></b>	Longueur du clothoïde	m
<b>L<sub>adp</sub></b>	Longueur adopté	m
<b>R<sub>vmin</sub></b>	Rayon verticale minimal	m
<b>dd/dl</b>	Variation de dévers en fonction de la longueur	mm/m
<b>dI/dt</b>	Variation d'insuffisance de dévers en fonction du temps	mm/s
<b>dd/dt</b>	Variation de dévers en fonction du temps	mm/s
<b>A</b>	Superficie du bassin versant	Km <sup>2</sup>
<b>P</b>	Périmètre du bassin versant	Km
<b>L</b>	Longueur de l'Oued principal	Km
<b>H<sub>min</sub></b>	Hauteur minimale du bassin versant (à l'exutoire)	m

## LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

<b>H<sub>max</sub></b>	Hauteur maximale du bassin versant	m
<b>H<sub>moy</sub></b>	Hauteur moyenne du bassin versant	m
<b>ΔH</b>	Différence de hauteur entre H <sub>max</sub> et H <sub>min</sub>	m
<b>I</b>	Pente moyenne du talweg principale	m/m
<b>T<sub>c</sub></b>	Temps de concentration	h
<b>I</b>	Intensité de la pluie	mm/h
<b>a et b</b>	Paramètres climatiques de Montana	-
<b>Q<sub>100</sub></b>	Débit de point de crue pour 100 ans	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>a</sub></b>	Débit d'apport	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>sat</sub></b>	Débit de saturation	m <sup>3</sup> /s
<b>Cr</b>	Coefficient de ruissèlement	-
<b>K<sub>s</sub></b>	Coefficient de rugosité	-
<b>S<sub>m</sub></b>	Section mouillée	m <sup>2</sup>
<b>P<sub>m</sub></b>	Périmètre mouillé	m
<b>R<sub>h</sub></b>	Rayon hydraulique	m
<b>I</b>	Pente longitudinale de l'ouvrage	m/m
<b>S<sub>m</sub></b>	Section mouillée	m <sup>2</sup>
<b>b</b>	Largeur de l'ouvrage	m
<b>H<sub>u</sub></b>	Hauteur utile	m
<b>H<sub>t</sub></b>	Hauteur totale de l'ouvrage	m
<b>V</b>	Vitesse d'écoulement à l'intérieur de l'ouvrage hydraulique	m/s
<b>V<sub>ps</sub></b>	Vitesse d'écoulement pleine section	m/s
<b>R<sub>v</sub></b>	Rayon verticale (rapport des vitesse)	-
<b>Ø</b>	Diamètre de la buse	m
<b>H</b>	Différence entre la cote moyenne et la cote minimale	m
<b>L</b>	Longueur du bassin versant	Km
<b>Q<sub>ps</sub></b>	Débit a pleine section	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>pf</sub></b>	Débit évacuer par la plateforme	m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>b</sub></b>	Débit évacuer par la berme de talus	m <sup>3</sup> /s
<b>m</b>	Pente du fossé	m/m
<b>P<sub>f</sub></b>	Pression de fluage nette	Mpa
<b>E</b>	Module de déformation	Mpa
<b>PL</b>	Pression limite nette	Mpa

## LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

<b>R<sub>p</sub></b>	Résistance de pointe	-
<b>ω</b>	Teneur en eau naturel	%
<b>γ<sub>h</sub></b>	Poids volumique humide	KN/m <sup>3</sup>
<b>γ<sub>d</sub></b>	Poids volumique sec	KN/m <sup>3</sup>
<b>S<sub>r</sub></b>	Degré de saturation	%
<b>W<sub>p</sub></b>	Limite de plasticité	%
<b>W<sub>L</sub></b>	Limite de liquidité	%
<b>I<sub>p</sub></b>	Indice de plasticité	%
<b>I<sub>c</sub></b>	Indice de consistance	-
<b>C'</b>	Cohésion fictive du sol	Kpa
<b>φ'</b>	Angle de frottement interne fictif	Degré (°)
<b>P<sub>c</sub></b>	Pression de consolidation	Bars
<b>C<sub>c</sub></b>	Coefficient de compressibilité	%
<b>C<sub>s</sub></b>	Indice de gonflement	%
<b>ρ<sub>d</sub></b>	Masse volumique sèche	Kg/m <sup>3</sup>
<b>MO</b>	Teneur en matière organique	%
<b>VBS</b>	Valeur de bleue en sol	g/100g
<b>D<sub>max</sub></b>	Diamètre maximale des grains	mm
<b>W<sub>opt</sub></b>	Teneur en eau optimale	%
<b>γ<sub>opt</sub></b>	Densité optimale	KN/m <sup>3</sup>
<b>R<sub>c</sub></b>	Résistance à la compression	Mpa
<b>DRG</b>	Dureté globale	-
<b>I<sub>CBR</sub></b>	Indice CBR	%
<b>F<sub>s</sub></b>	Facteur de sécurité	-
<b>A</b>	Coefficient d'accélération de zone	-
<b>Kh et Kv</b>	Coefficients sismiques	-
<b>LG</b>	Longueur de glissement	m
<b>GF</b>	Garage franc	m
<b>Lu</b>	Longueur utile	m

**Chapter I: Scientific Bibliography**

<b>I.1 Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2 The future of the railway in Algeria.....</b>	<b>2</b>
<b>I.3 Why Algerian companies should use BIM .....</b>	<b>2</b>
<b>I.4 tools to get a 3D model .....</b>	<b>2</b>
<b>I.5 The collaboration between different engineers .....</b>	<b>3</b>
<b>I.6 Engineer of the geometry .....</b>	<b>4</b>
<b>I.6.1 Long profile on naturel terrain.....</b>	<b>4</b>
<b>I.6.2 The cross section .....</b>	<b>5</b>
<b>I.6.3 Import the axe from C3D into Infracore.....</b>	<b>6</b>
<b>I.7 Environmental engineer.....</b>	<b>6</b>
<b>I.8 Hydraulic engineer.....</b>	<b>9</b>
<b>I.9 Architect .....</b>	<b>11</b>
<b>I.10 Geotechnic Engineer.....</b>	<b>12</b>
<b>I.11 Conclusion.....</b>	<b>13</b>

**Chapitre II : Présentation du projet**

<b>II.1 Description et localisation du projet.....</b>	<b>14</b>
<b>II.2 Données naturelles.....</b>	<b>15</b>
<b>II.2.1 Température.....</b>	<b>15</b>
<b>II.2.2 Précipitation .....</b>	<b>15</b>
<b>II.2.3 Le vent.....</b>	<b>15</b>
<b>II.2.4 Relief .....</b>	<b>16</b>
<b>II.2.5 Topographie .....</b>	<b>16</b>
<b>II.2.6 Géologie.....</b>	<b>16</b>
<b>II.2.7 Hydrologie .....</b>	<b>16</b>

**Chapitre III : Etude critique d'APS**

<b>III.1 Introduction .....</b>	<b>17</b>
<b>III.2 Les aspects concernés.....</b>	<b>17</b>
<b>III.2.1 Tracé.....</b>	<b>17</b>
<b>III.2.2 Environnement .....</b>	<b>17</b>
<b>III.2.3 Economie.....</b>	<b>18</b>
<b>III.2.4 L'hydrologie et l'hydraulique .....</b>	<b>18</b>
<b>III.2.5 La géotechnique .....</b>	<b>19</b>
<b>III.3 Conclusion .....</b>	<b>19</b>
<b>III.4 Description et choix des variantes .....</b>	<b>19</b>
<b>III.4.1 Description de la variante 01 .....</b>	<b>19</b>
<b>III.4.2 Description variante 02 .....</b>	<b>20</b>
<b>III.4.3 Interprétation et conclusion .....</b>	<b>20</b>

**Chapitre IV : Description du tracé**

<b>IV.1 Les caractéristiques du tracé de la variante optimale .....</b>	<b>21</b>
<b>IV.1.1 Conditions de Base .....</b>	<b>21</b>
<b>IV.1.2 Caractéristiques de Base.....</b>	<b>21</b>
<b>IV.2 Description du tracé de la variante optimale .....</b>	<b>21</b>
<b>IV.3 Indications.....</b>	<b>25</b>

**Chapitre V : Étude d'impact sur l'environnement**

<b>V.1 Principe et objectif.....</b>	<b>26</b>
<b>V.2 Effet de tracé du projet sur environnement et les mesures prend en     considération.....</b>	<b>26</b>
<b>V.2.1 Urbanisation et les citoyens.....</b>	<b>26</b>
<b>V.2.2 Intersection avec le réseau routier (la route vers Meskana).....</b>	<b>28</b>
<b>V.2.3 Les zones d'élevage et agricoles .....</b>	<b>28</b>
<b>V.2.4 Les réseaux hydrographiques .....</b>	<b>30</b>
<b>V.2.5 Les zones d'emprunt (Gisement) .....</b>	<b>30</b>

**V.3 Conclusion .....31**

**Chapitre VI : La géométrie et la superstructure de la voie**

**VI.1 Tracé en plan..... 32**

**VI.1.1 Introduction..... 32**

**VI.1.2 Règles à respecter dans le tracé en plan..... 32**

**VI.1.3 Paramètres de conception ..... 32**

**VI.1.3.1 Paramètres de conception du tracé ..... 33**

**VI.1.3.2 Paramètres géométriques du tracé en plan..... 33**

**VI.1.4 Recommandations de la SNTF ..... 34**

**VI.1.5 Exemple d’application..... 34**

**VI.1.6 Interprétation ..... 35**

**VI.2 Profil en long ..... 36**

**VI.3 Profile en travers type..... 37**

**VI.4 La superstructure..... 39**

**Chapitre VII: Étude hydrologique et hydraulique**

**VII.1 L’objective de ce chapitre.....41**

**VII.2 Bassins versants.....41**

**VII.2.1 Caractéristiques géomorphologiques.....41**

**VII.2.2 Temps de concentration  $T_c$  .....41**

**VII.2.3 L’intensité de pluie .....42**

**VII.2.4 Calcul du débit des bassins versants (Méthode rationnelle) .....42**

**VII.2.5 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle .....42**

**VII.3 Étude Hydraulique.....43**

**VII.4 Méthode de calcul « MANNING STRICKLER » .....43**

**VII.5 Vérification des conditions d’auto curages.....44**

**VII.6 Exemple de calcul pour un dalot .....44**

**VII.7 Dimensionnement des buses .....45**

VII.7.1	Caractéristique de bassin versant PK 6+125 .....	45
VII.7.2	Estimation de débit de crue $Q_a$ .....	45
VII.7.3	Application Numérique .....	46
VII.4	Assainissement longitudinale .....	46
VII.4.1	Dimensionnement des fosses de forme trapézoïdale .....	46
VII.4.2	Débit de saturation $Q_s$ .....	47
VII.5	Application au projet .....	47

**Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de  
l'assise ferroviaire**

IIX.1	Etude géologique .....	50
IIX.1.1	Introduction .....	50
IIX.1.2	Aperçu géologique sur le tronçon .....	50
IIX.1.3	Les risques géologiques .....	51
IIX.1.4	Interprétation .....	51
IIX.2	Etude géotechnique .....	52
IIX.2.1	Introduction .....	52
IIX.2.2	Objectifs de l'étude géotechnique .....	52
IIX.2.3	Programme d'investigation géotechnique .....	52
IIX.2.4	Lot voie .....	52
IIX.2.4.1	Section en remblai .....	52
IIX.2.4.2	Section en déblais .....	53
IIX.2.4.3	Le programme d'investigation cas Remblai /Déblais .....	53
IIX.2.4.4	Essai in situ (Principes et objectifs) .....	54
IIX.2.4.5	Résultats et interprétations des essais in situ .....	55
IIX.2.4.6	Essai au laboratoire .....	58
IIX.2.4.7	Résultats et interprétations .....	60
IIX.2.5	Lot ouvrage d'art.....	64
IIX.2.6	Résultats et interprétations.....	64
IIX.2.7	Identification des gites à matériaux.....	64
IIX.2.7.1	Localisation des gites d'emprunt sur google earth.....	65

## Sommaire

---

IIX.2.7.2 Résultats .....	65
IIX.2.7.3 Essais au laboratoire.....	65
IIX.3 Dimensionnement de la Plateforme .....	67
IIX.3.1 Classification de la qualité des sols (UIC 719R .....	67
IIX.3.2 Classe de portance de la plateforme .....	67
IIX.3.3 Plateforme envisagée .....	67
IIX.3.4 Epaisseur de la couche de forme.....	67
IIX.4 Dimensionnement de l'assise ferrovaire .....	68
IIX.4.1 Couche de ballast et de sous couche .....	68
IIX.4.2 Les différentes couches de la sous-couche .....	68
IIX.4.3 Exigence sur les matériaux d'assise.....	69

### Chapitre IX : Terrassement et ouvrages d'art

IX.1 Terrassement.....	70
IX.1.1 Introduction .....	70
IX.1.2 Règles et objectifs .....	70
IX.1.3 Remblais.....	70
IX.1.4 Déblais.....	70
IX.1.5 Stabilité des talus .....	71
IX.1.6 Application.....	71
IX.1.7 Les résultats de logiciel.....	72
IX.1.8 Interprétation .....	73
IX.1.9 Volume des terrassements et des matériaux d'assise.....	73
IX.2 Ouvrage d'art.....	74
IX.2.1 Passage supérieur au PK 08+106 .....	74
IX.2.2 Caractéristiques.....	74
IX.2.3 Vue en plan .....	75
IX.2.4 Vue en élévation.....	75

**CHAPTRE X : Réaménagement de la gare d'Ain Beida**

<b>X.1 Conception de la ligne .....</b>	<b>76</b>
<b>X.2 Matérielle roulant sur la gare de Ain Beida.....</b>	<b>76</b>
<b>X.3 La gare de Ain Beida.....</b>	<b>76</b>
<b>X.4 Trace en plan et profil en long.....</b>	<b>77</b>
<b>X.5 Les caractéristiques de la gare de Ain Beida.....</b>	<b>77</b>
<b>X.5.1 Nombre de voies .....</b>	<b>77</b>
<b>X.5.2 Appareille de Voie .....</b>	<b>77</b>
<b>X.5.3 Marge de Glissement A l'aval des signaux.....</b>	<b>78</b>
<b>X.5.4 Garage franc.....</b>	<b>78</b>
<b>X.5.6 Longueur utile des voies .....</b>	<b>78</b>
<b>X.5.7 Les quais .....</b>	<b>78</b>
<b>X.5.8 Heurtoir .....</b>	<b>79</b>
<b>X.6 Chapeau de gendarme .....</b>	<b>79</b>
<b>X.7 Conclusion.....</b>	<b>79</b>

**CHAPTRE XI : la signalisation et l'électrification**

<b>XI.1 La signalisation.....</b>	<b>80</b>
<b>XI.1.1 Introduction.....</b>	<b>80</b>
<b>XI.1.2 But de signalisation.....</b>	<b>80</b>
<b>XI.1.3 Catégories .....</b>	<b>80</b>
<b>Les feux .....</b>	<b>80</b>
<b>XI.1.4 Positionnement des signaux .....</b>	<b>80</b>
<b>XI.1.5 Système de gestion des signaux pour le projet.....</b>	<b>80</b>
<b>Block Automatique Lumineux BAL .....</b>	<b>80</b>
<b>Application sur le projet .....</b>	<b>81</b>
<b>XI.2 Electrification .....</b>	<b>84</b>
<b>XI.3 Introduction .....</b>	<b>84</b>
<b>XI.4 Principe d'électrification des lignes ferroviaire .....</b>	<b>84</b>
<b>XI.4.1 Un générateur de courant .....</b>	<b>84</b>
<b>XI.4.2 Système catenaire .....</b>	<b>84</b>
<b>XI.5 Généralités sur la caténaire 25 kV .....</b>	<b>85</b>

<b>XI.6 Le gabarit de la catenaire .....</b>	<b>85</b>
<b>XI.7 Pantographes .....</b>	<b>86</b>
<b>XI.8 L'impact de l'électrification sur l'environnement .....</b>	<b>86</b>

### **CHAPTRE XII : Devis Quantitatifs et estimatifs**

<b>XII Principe de calcul .....</b>	<b>87</b>
<b>XIII.1 Introduction.....</b>	<b>92</b>

### **CHAPTRE XIII : Planification des Terrassement**

<b>XIII.2 Sections objet de planification et le découpage en tâches réalisables .....</b>	<b>92</b>
<b>XIII.3 Les ressources .....</b>	<b>93</b>
<b>XIII.3.1 Humaine .....</b>	<b>93</b>
<b>XIII.3.2 Matériau .....</b>	<b>93</b>
<b>XIII.3.3 Matériel .....</b>	<b>94</b>
<b>XIII.4 Estimation des durées.....</b>	<b>94</b>
<b>XIII.5 Ordonnance des taches chronologiquement « Réseau PERT » .....</b>	<b>95</b>
<b>XIII.6 Planning GANT .....</b>	<b>95</b>

## Liste des tableaux

---

### Liste des Tableaux

<b>Tableau III - 1</b> Comparaison entre les deux variantes .....	20
<b>Tableau IV - 1</b> Récapitulatif sur les points de passage du tracé .....	21
<b>Tableau V - 1</b> Les impacts sur Urbanisation et les citoyens .....	26
<b>Tableau V - 2</b> les impacts sur les réseaux routier .....	28
<b>Tableau V - 3</b> les impacts sur Les zones d'élevage et agricoles .....	29
<b>Tableau V - 4</b> les impacts sur Les réseaux hydrographiques .....	30
<b>Tableau V - 5</b> Les impacts sur les terrains naturels.....	31
<b>Tableau VI-1</b> Paramètres de conception du projet .....	33
<b>Tableau VI-2</b> Valeurs limite normales et exceptionnels des paramètres géométriques du tracé en plan.....	34
<b>Tableau VI-1</b> Paramètres de conception du projet .....	33
<b>Tableau VI-2</b> Valeurs limite normales et exceptionnels des paramètres géométriques du tracé en plan.....	34
<b>Tableau VI- 3</b> Valeurs limite normales et exceptionnels des paramètres géométriques du tracé en plan .....	34
<b>Tableau VI- 4</b> Valeurs limite normales et exceptionnels des paramètres du profil en long....	36
<b>Tableau VII - 1</b> récapitulatif des caractéristiques géomorphologiques des bassins versant ...	41
<b>Tableau VII - 2</b> Les paramètres "a" pour les différentes fréquences .....	42
<b>Tableau VII - 3</b> Récapitulatif des débits max des écoulements qui traversent le tracé pour une période de retour 100 ans .....	43
<b>Tableau VII - 4</b> Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai .....	47
<b>Tableau VII - 5</b> Les dimensions du fossé proposé .....	49
<b>Tableau IIX - 1</b> Les PK d'implantation du programme d'investigation (Lot voie) .....	53
<b>Tableau IIX - 2</b> Résultats des sondages pressiométriques effectués .....	56
<b>Tableau IIX - 3</b> Résultats des sondages carottés réalisés .....	57
<b>Tableau IIX - 4</b> Résultats des pénétromètres dynamiques effectués .....	57
<b>Tableau IIX - 5</b> Résultats des essais SPT et la classification correspondante .....	58
<b>Tableau IIX - 6</b> Qualificatif de la fraction du sol constituée d'éléments inférieurs à 400 um en fonction de l'indice de plasticité .....	59
<b>Tableau IIX - 7</b> Qualificatif du sol en fonction de sa masse volumique sèche.....	60
<b>Tableau IIX - 8</b> Les essais physiques .....	61
<b>Tableau IIX - 9</b> Les essais mécaniques .....	62
<b>Tableau IIX - 10</b> Les analyses chimiques .....	63
<b>Tableau IIX - 11</b> Résultats des prélèvements et les caractéristiques des gites .....	64
<b>Tableau IIX - 12</b> Résultats des essais au laboratoire effectué sur les gites d'emprunt .....	66
<b>Tableau IIX - 13</b> Résultats des classifications pour les gites d'emprunt .....	66
<b>Tableau IX - 1</b> Les tronçons en remblais .....	70
<b>Tableau IX - 2</b> Les tronçons en déblais .....	71
<b>Tableau IX - 3</b> Résumé des résultats obtenus pour le calcul de stabilité des déblais et des remblais .....	72
<b>Tableau IX - 4</b> Récapitulatifs des volumes terrassements .....	73
<b>Tableau IX - 5</b> Récapitulatifs des volumes des matériaux d'assise .....	74
<b>Tableau X - 1</b> ADV utilisé dans la gare Ain Beida .....	79
<b>Tableau X - 2</b> Longueur de garage franc pour les deux types ADV .....	80

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau XI - 1</b> L'implantation des signalisation des signaux .....	81
<b>Tableau XII - 1</b> Détail des prix unitaire, quantités et montant total pour chaque lot. ....	87
<b>Tableau XII - 1</b> Récapitulatif des résultats de chaque lot. ....	91
<b>Tableau XIII. 1</b> Les matériaux utilisés .....	93
<b>Tableau XIII. 2</b> Le matériel utilisé .....	94
<b>Tableau XIII. 3</b> Estimation des durés pour les sections en travaux de remblai .....	94
<b>Tableau XIII. 4</b> Durée, prédécesseurs et successeurs de chaque tâche .....	95

## Liste des figures

---

### Liste des figures

<b>Figure I - 1</b> stakeholders in our BIM model .....	3
<b>Figure I - 2</b> axe plan of our part of the new line AIN BEIDA KHENCHELA .....	4
<b>Figure I - 3</b> Long profile of natural terrain .....	4
<b>Figure I - 4</b> long profile of natural terrain .....	5
<b>Figure I - 5</b> Cross section .....	5
<b>Figure I - 6</b> bridge (over passe) in PK8+106 .....	5
<b>Figure I - 7</b> import the axe from C3D to infraworks .....	6
<b>Figure I - 8</b> Noise barriers should be installed in urban area.....	6
<b>Figure I - 9</b> trees area and green area .....	7
<b>Figure I - 10</b> under pass reserved to ANIMALES and agriculture track for the private firm ...	7
<b>Figure I - 11</b> put solar panel plaque to produce electric energy to aliment the train .....	8
<b>Figure I - 12</b> put wind column to produce electric energy to aliment the train .....	8
<b>Figure I - 13</b> Automatic delimitation of a watershed by infraworks .....	9
<b>Figure I - 14</b> River crosse Our line 4+335.....	9
<b>Figure I - 15</b> rectangular box 1.5x2.5m in PK 4+335 .....	10
<b>Figure I - 16</b> circlar culvert Ø1500mm PK 6+125 .....	10
<b>Figure I - 17</b> Ain Beida Station .....	11
<b>Figure I - 18</b> parking station for vehicle.....	11
<b>Figure I - 19</b> put the data of soils in different layers .....	12
<b>Figure I - 20</b> 3D model of the slop in PK 5+300.....	12
<b>Figure I - 21</b> presentation of a slop in PK 7+100 .....	13
<b>Figure II - 1</b> Image satellitaire de la ligne Ain Beida-Khenchela.....	14
<b>Figure II - 2</b> Situation administrative de la zone d'étude.....	14
<b>Figure II - 3</b> precipitation - Samedi 13/05/2023.....	15
<b>Figure III - 1</b> Zones industrielles et zones d'activités entres Ain Beida et Khenchela .....	18
<b>Figure III - 2</b> Le chemin de passage de chaque variante sur Google Earth .....	19
<b>Figure VI - 1</b> Adaptation du tracé avec le milieu récepteur .....	32
<b>Figure VI - 2</b> Limites de la gare sur google earth.....	37
<b>Figure VI - 3</b> Superstructure de la voie ferrée.....	39
<b>Figure VI - 4</b> La géométrie du rail UIC 60 E1 .....	39
<b>Figure VI - 5</b> Système d'attache souple « NABLA ».....	40
<b>Figure VI - 6</b> Traverses bibloc en béton armé .....	40
<b>Figure VII - 1</b> Schéma d'un dalot 1.5m x1.5m .....	44
<b>Figure VII - 2</b> Schéma de la Buse .....	45
<b>Figure VII - 3</b> Schéma représentatif d'un fossé .....	46
<b>Figure VII - 4</b> Dimensions détaillées du fossé .....	49
<b>Figure IIX - 1</b> Carte géologique du tronçon objet d'étude.....	50
<b>Figure IIX - 2</b> Substitution avec un matériau drainant au PK 02+400.....	51
<b>Figure IIX - 3</b> Schéma de principe d'un pressiomètre .....	54
<b>Figure IIX - 4</b> Localisation des gisements .....	65
<b>Figure IIX - 5</b> Composition des couches d'assise.....	68
<b>Figure IIX - 6</b> Epaisseurs des couches d'assise .....	69
<b>Figure IX - 1</b> Résultats de stabilité du déblai à long terme .....	72

## Liste des figures

---

<b>Figure IX - 2</b> Résultats de stabilité du remblai à long terme.....	73
<b>Figure IX - 3</b> Localisation et vue en plan du passage supérieur au PK 08+106 .....	75
<b>Figure IX - 4</b> Vue en élévation du passage supérieur au PK 08+106.....	75
<b>Figure IX - 1</b> le train exploitant la ligne de AIN BEIDA-KHENCHLA.....	78
<b>Figure X - 2</b> Vue en plan de la gare existante de Ain Beida .....	79
<b>Figure X - 3</b> Longueur de Garage Franc Pour ADV UIC54 500 1:12.....	80
<b>Figure X - 4</b> Longueur de Garage Franc Pour ADV UIC54 500 1:9.....	80
<b>Figure X - 5</b> Heurtoir 1 .....	81
<b>Figure X - 6</b> Heurtoir 2 .....	81
<b>Figure XI - 1</b> Exemple d’implantation de la signalisation sur notre tronçon .....	83
<b>Figure XI - 2</b> Sous station électrique .....	84
<b>Figure XI - 3</b> Élément de catenaire.....	85
<b>Figure XI - 4</b> Schéma représente la variation de Hauteur .....	85
<b>Figure XI - 5</b> Model3d représente un pantographe .....	86

# **Introduction générale**

### Introduction générale

Les dernières années l'Algérie a connu une reprise remarquable dans la réalisation et la modernisation des projet de la voie ferrée sur tous le territoire du pays, en se basant sur l'objectif de diminuer le trafic sur le réseau routier vers le trafic ferroviaire précisément pour celui de la marchandise pour crée des nouvelle zone économique.

Dans le cadre de la préparation du présent mémoire fin d'étude qui portera sur le domaine du chemin de fer et dans la vision d'application des compétences techniques acquise durant la formation professionnelle à l'Ecole National Supérieur des Travaux Publics, nous avons choisi le thème de « **Conception et étude de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique entre Ain El Beida et Khenchela avec la modernisation de la gare de Ain El Beida utilisant la technologie de BIM** » et aussi l'opportunité de passer le stage pratique entant qu'ingénieurs stagiaire au sein de l'entreprise Société Nationale des Travaux Publics chargé de la réalisation des travaux de terrassements sur notre tronçon objet d'étude.

# **Chapter I**

## **Scientific**

### **Bibliography**

## I.1 Introduction

Building information modeling is a digital process for creating and managing information about a building or infrastructure project.

BIM software allows (geometry engineer, hydraulic engineer, geotechnic engineer, architect...) to work collaboratively on a virtual model of a project.

BIM enables all stakeholders to work together in a single digital model and allows for 3D Visualization of a project, providing a better understanding of the design and aiding communication among stakeholders

## I.2 The future of the railway in Algeria

in recent years Algeria has made significant investment in its railway system to modernize and expand the network. The country improves its infrastructure to support economic growth and development with railways seen as a key component of this strategy.

## I.3 Why Algerian companies should use BIM

Most of the rail project in Algeria are on late because of not clearly vision of the master of work also companies of realization.

### Solutions that BIM can made:

**Cost and Time saving:** BIM can help to reduce the overall project cost and time improving efficiency in construction, enabling better design optimization and providing accurate material quantities

**Improved coordination:** BIM helps in better coordination of infrastructure projects by integrating design, construction and maintenance processes this reduce the risk of errors and deleys, resulting in faster project completion times

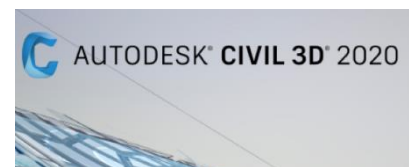
**Better visualization:** BIM can provide 3D models that allow for better visualization of infrastructure projects, this enables stakeholders to identify potential problems early on and make changes before construction starts

### I.3 tools to get a 3D model

in that paper of research, we use some tools are free for any student:

- ✚ Infracworks can be used to model and analyze different scenario for railway development and the integration of rail infrastructure with other modes of transportation
- ✚ Google earth is popular tool for visualizing Geographic data and location using satellite imagery, aerial photography and other types of geospatial data, in the context of BIM google earth can be used as a platform for integrating BIM data with geospatial data providing a powerful tool for visualization analysis and collaboration

- ✚ Civil3d is an important tool in the BIM process for railway projects, allowing designer and engineers to create and collaborate more effectively with other stakeholders in the project



### I.4 The collaboration between different engineers

The platform for sharing BIM models among project stakeholders, it's important to choose a platform that meets the specific needs for the project and provide the features and functionality required for effective collaboration and communication.

There are several platforms available for sharing models among project stakeholders including:

**BIM 360:** Autodesk cloud-based platform that provides collaboration tools for construction projects, it allows project teams to share models, drawing and documents in real time and provides access control and version management features

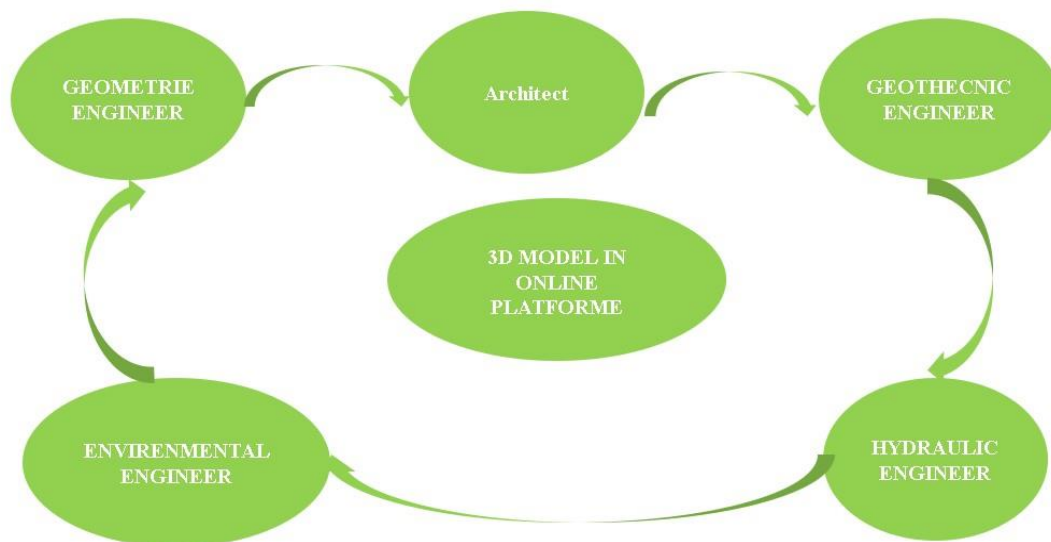


Figure I - 1 stakeholders in our BIM model

## I.5 Engineer of the geometry

Using Civil3d we start to propose different axis, as we see in the image below design an axe with real satellite image

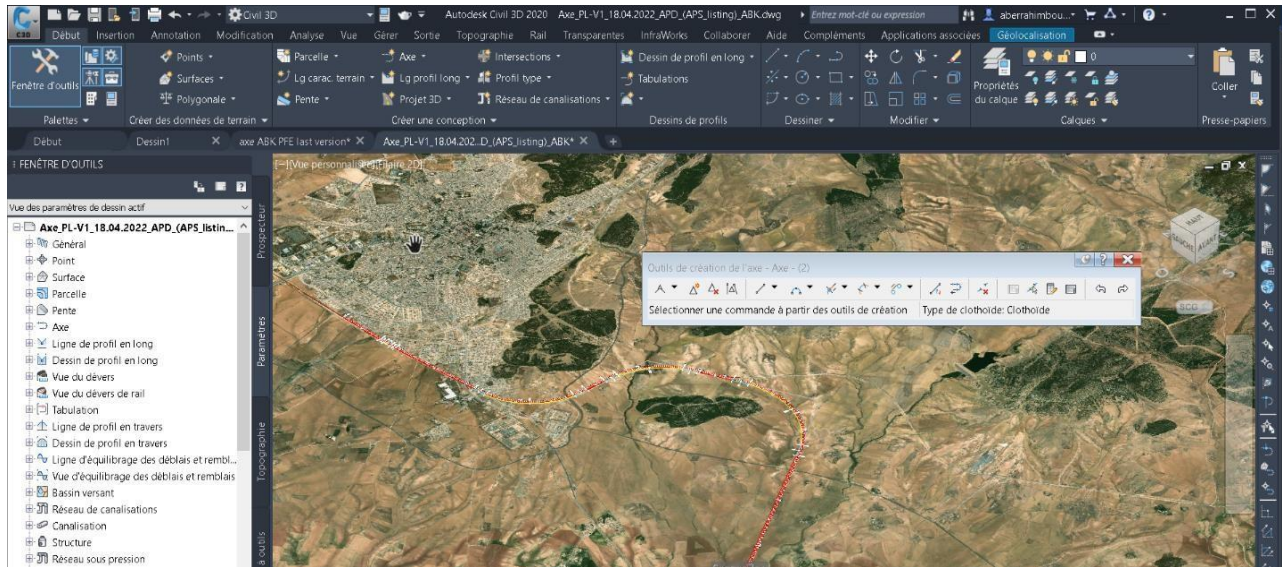


Figure I - 2 axe plan of our part of the new line AIN BEIDA KHENCHELA

We can import the axe of the project to Google Earth and see the long profile of natural terrain

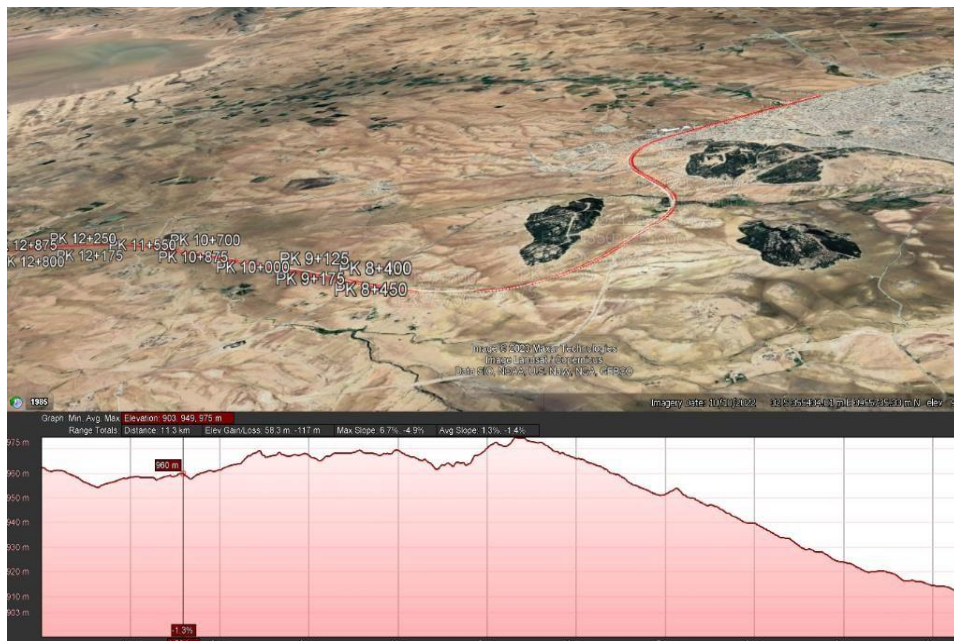


Figure I - 3 Long profile of natural terrain

After we getting the topographic data, import this point using civil3D we can view the long profile of natural terrain approximately the same who made by google earth

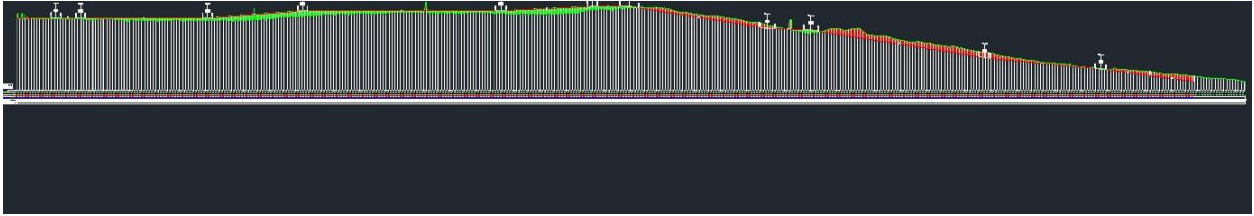


Figure I - 4 long profile of natural terrain

### I.6 The cross section

By using infraworks command we can add the cross section of the project in different parties



Figure I - 5 Cross section

Instead of those affectation infraworks can calculates approximately the volume of cut and fill

By using BIM software, we can optimize the best solution in the project, in this case we see clearly the intersection of our railway line axis with the national road 80, we should build a bridge which will cross over the railway line



Figure I - 6 bridge (over passe) in PK8+106

## I.7 Import the axe from C3D into Infraworks

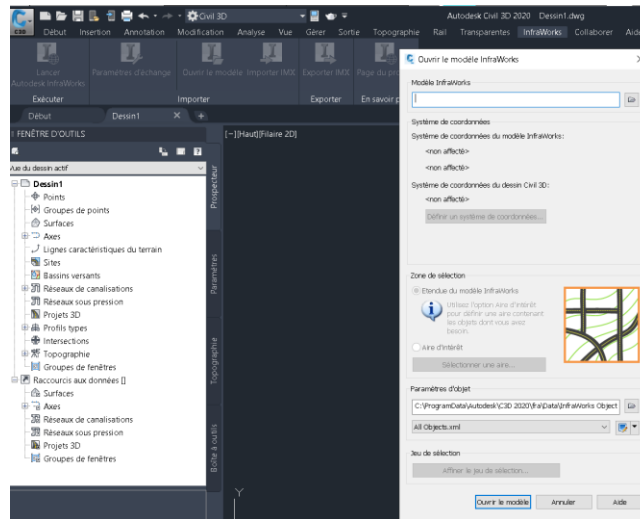


Figure I - 7 import the axe from C3D to infraworks

After importing the axe it will be available in infraworks to use it for various design and analysis purposes

## I.8 Environmental engineer

Adapting a railway line with nature can involve several measures to minimize its impact on the surrounding environment Here some suggestions:

### Reduce Noise pollution

- ✚ Railway tracks can generate a lot of noise that can disturb the local wildlife and communities by installing noise barriers along urban area.:



Figure I - 8 Noise barriers should be installed in urban area

- ✚ Landscaping planting native trees and shrubs along the railway line can help blend it into the natural landscape, provide a habitat for wildlife and improve the aesthetics of the area.



**Figure I - 9** trees area and green area

- ✚ Wildlife crossings: Constructing wildlife crossings or overpasses can allow animals to safely cross over or under the railway tracks without being hit by trains.



**Figure I - 10** under pass reserved to ANIMALES and agriculture track for the private firm

- ✚ Reduce energy consumption using more electric energy and efficient locomotive and the train can help reduce the carbon footprint of the railway line and its impact on the environment. Produce the electric energy by solar energy



**Figure I - 11** put solar panel plaque to produce electric energy to aliment the train



**Figure I - 12** put wind column to produce electric energy to aliment the train

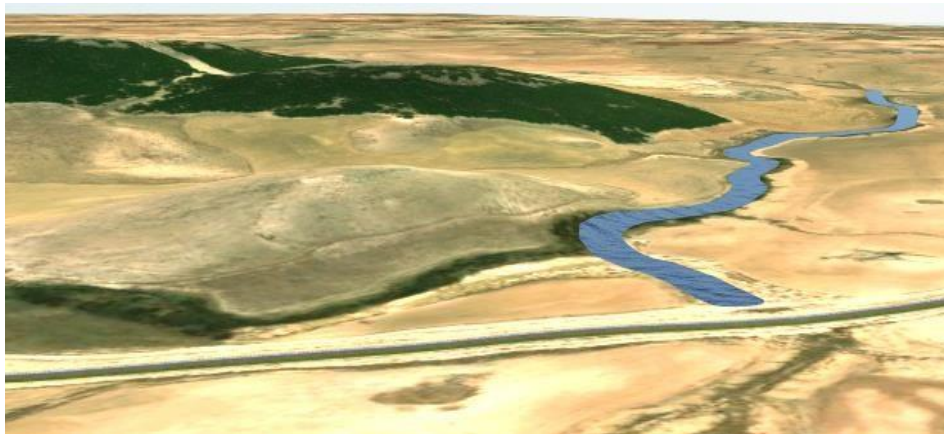
### I.9 Hydraulic engineer

Can also give us a real image but note exact value about the geomorphology of the watershed



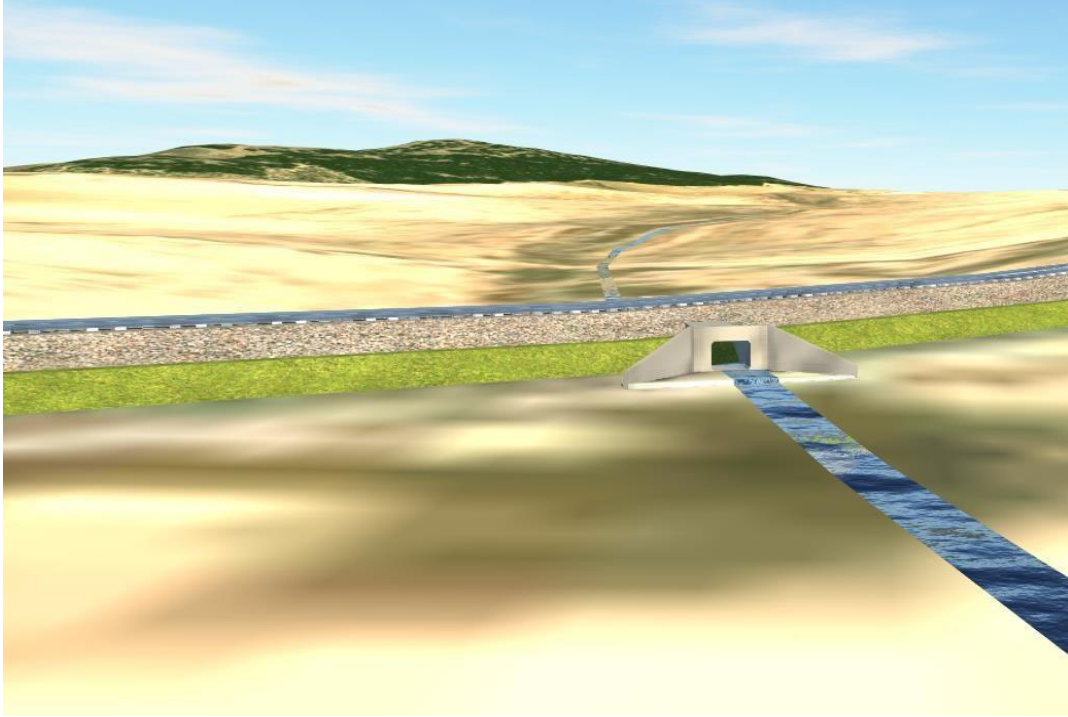
**Figure I - 13** Automatic delimitation of a watershed by infraworks

✚ Fine the river how cross the line of the railway.

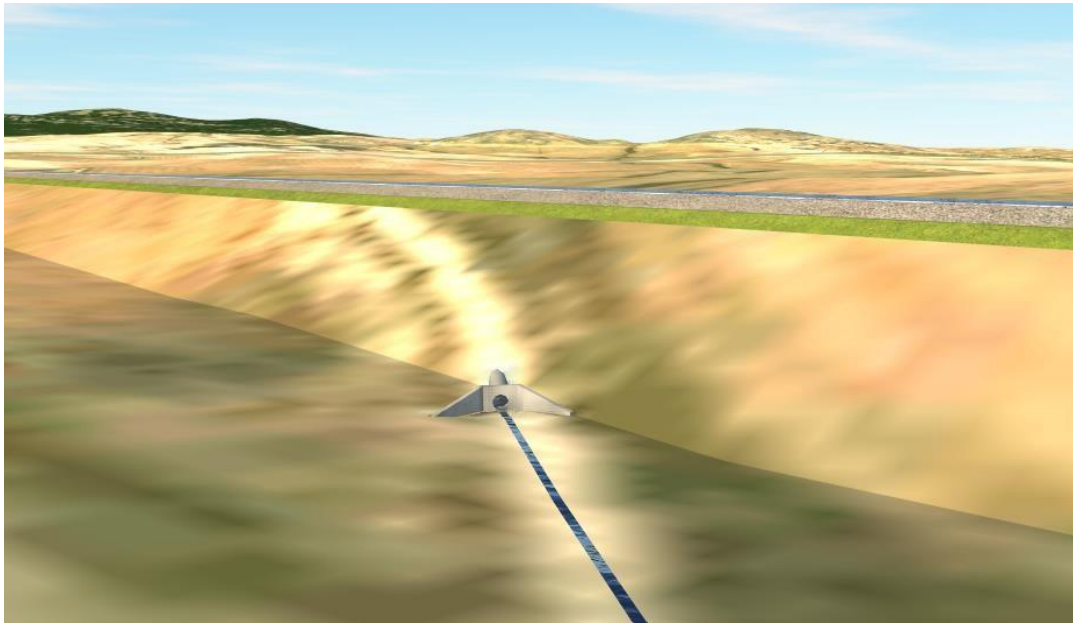


**Figure I - 14** River crosse Our line 4+335

After the hydrology study and estimate the flow of 100 years the worst case we passe to dimension the hydraulic structure (Rectangular Box and circular culvert) by Manning-stickler formula and make on consideration low point in the long profile to put our drainage structure.



**Figure I - 15** rectangular box 1.5x2.5m in PK 4+335



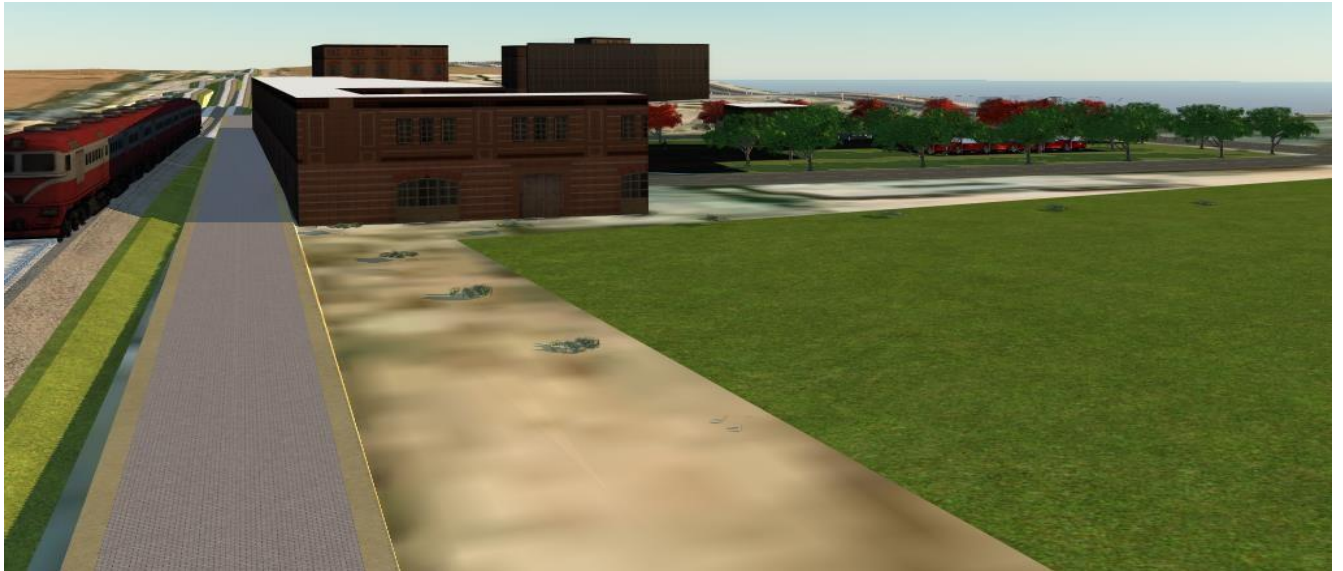
**Figure I - 16** circular culvert Ø1500mm PK 6+125

### I.10 Architect

In the This project we have five stations (AIN BEIDA-FEKIRINA-METOUSSA-BAGHAI-KHENCHLA)

The architect can make the conception of this stations before get realized

#### AIN BEIDA STATION



**Figure I - 17** Ain Beida Station



**Figure I - 18** parking station for vehicle

## I.11 Geotechnic Engineer

geotechnical engineers can improve the efficiency, accuracy, and coordination of their work on railway projects, by creating 3D model of different layers and put the slop long the line in cut and fill section.

### 3D MODEL By Geo5 slop in PK 05+300

Identify the soil by putting the data of their properties that we get it from laborer test.

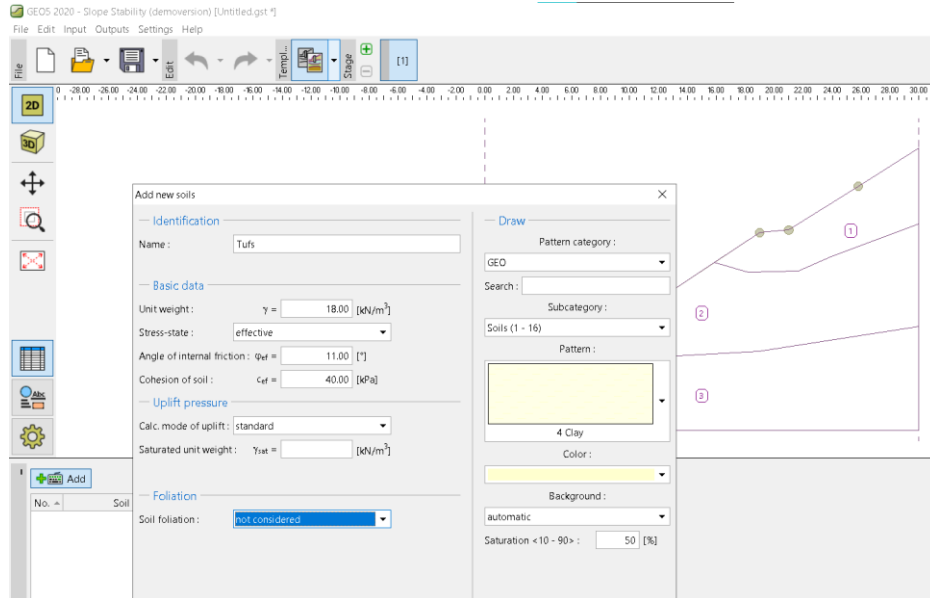


Figure I - 19 put the data of soils in different layers

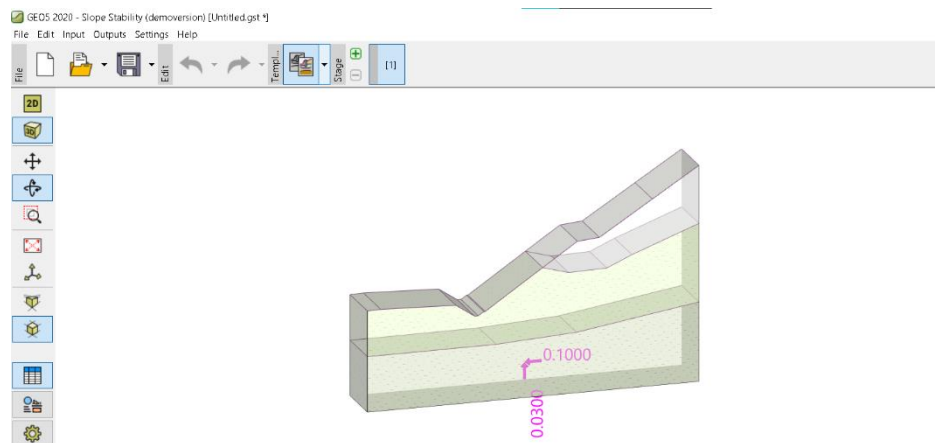


Figure I - 20 3D model of the slop in PK 5+300

Geotechnical engineers can simulate various scenarios and evaluate the performance of slop stability measures this helps to optimize the design by considering factors such as safety stability.

Using Infracore tools we can put the slop after the verification to get a real model about the project.



**Figure I - 21** presentation of a slop in PK 7+100

### **I.12 Conclusion**

This opportunity of discovering new technologies in civil engineering Domaine help us as engineers to develop more and more our skills in this field and start think to create our Algerian rules in BIM to guide the future generation

# **Chapitre II**

## **Présentation de projet**

### II.1 Description et localisation du projet

Ce projet consiste à la réalisation d'une nouvelle ligne de chemin de fer à voie unique qui relie la ville d'Ain El Beida (Wilaya d'Oum El Bouaghi) à la ville de Khenchela sur un linéaire de 51 km.



Figure II - 1 Image satellitaire de la ligne Ain Beida-Khenchela

✚ Le site du projet se situe au Nord-Est de l'Algérie à 500 km de la capitale.

La zone d'étude est définie par les limites :

- ✚ Au Nord par la commune de Berriche.
- ✚ A l'Ouest par les communes d'Oum El Bouaghi et Ain Zitoun.
- ✚ A l'Est par les communes de Zorg et El Djazia.
- ✚ Au Sud par les communes de M'toussa (wilaya de Khenchela) et Oued Nini

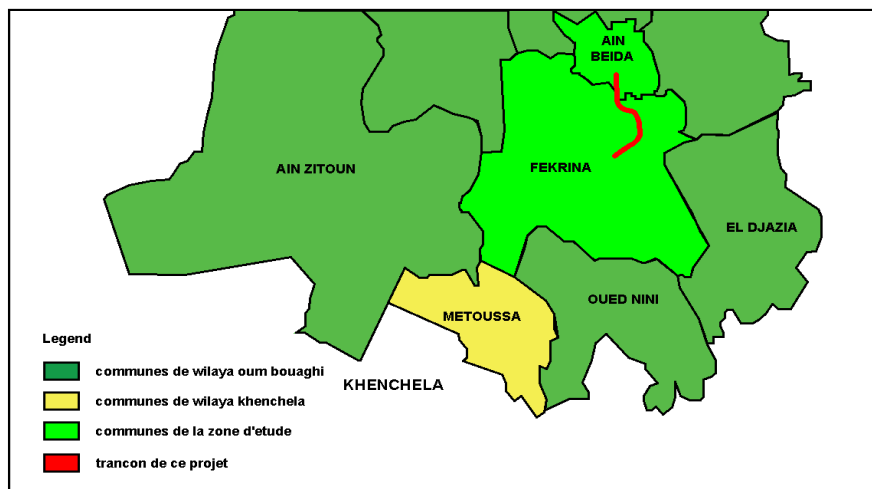


Figure II - 2 Situation administrative de la zone d'étude

### II.2 Données naturelles

#### II.2.1 Température

L'objectif des données de la température pour avoir une idée au cours de la planification du projet et les jours où on fait l'opération de libération des contraintes dans les rails.

##### REMARQUE :

✚ **JANVIER** est le mois le plus froid de l'année, avec une moyenne de **7,8 °C**.

✚ **JUILLET** est le mois le plus chaud avec une moyenne de **28,4 °C**.

#### II.2.2 Précipitation

Pour assainir et avoir un tracé durable contre les eaux de ruissellement il faut d'avoir les données de précipitation et d'analyser et interpréter avant d'entamer la phase de calcul hydrologique.

##### REMARQUE :

✚ **May** est le mois le plus précipité de l'année, avec une moyenne de **39,4 mm**.

✚ **JUILLET** est le mois le moins précipité de l'année, avec une moyenne de **7,39 mm**.

Voici un exemple réel ce qui montre l'importance concernant le traitement des données de précipitation pour prendre en considération durant la réalisation pour faire attention aux jours de coulage aussi pour les travaux des terrassements.



**Figure II - 3** précipitation - Samedi 13/05/2023

#### II.2.3 Le vent

Ces données vont nous aider à bien organiser les jours de travail sur chantier, concernant le côté de l'implantation topographique et l'arrosage de site contre la poussière même si on doit exploiter le vent dans la production de l'énergie électrique.

### II.2.4 Relief

Vue que le projet se situe entre deux wilayas du centre Est de l'Algérie qui constitue la zone des hauts plateaux. Cette zone présente deux chaînes de montagnes dominantes, les chaînes des monts de Constantine au nord, et le massif des Aurès au sud.

### II.2.5 Topographie

La région présente des vastes plaines et collines qui dominent la majorité du territoire et son altitude varie entre 866m et 1146m.

### II.2.6 Géologie

Les formations géologiques traversées par cette nouvelle ligne ferroviaire du point de vue lithologique et stratigraphique. Sont composées globalement de trois types de formation.

### II.2.7 Hydrologie

Le site est alimenté par les eaux pluviales et de crues acheminées à travers des terrains agricoles. La sortie d'eau se fait uniquement par évaporation et d'une manière intense au cours de la saison chaude.

Le nord du site est alimenté par deux bassins hydrographique (hauts plateaux constantinois – medjerdah) et qui a leur tour alimentent les sous bassins versants.

Les oueds se dirigent vers le Sud-Ouest, à la zone déprimée de GARAET EL Tarf, ce sont des oueds dit « endoréiques » c.-à-d. ils coulent en direction des lacs salés et non vers la mer méditerranée.

### II.2.8 La sismicité

La carte sismique selon **RPOA 2008** a donné à nous la zone sismique de projet et l'accélération sismique pour l'étude de stabilité des talus.

La zone séismique de projet est classe comme zone **1**, une zone de faible sismicité.

## II.3 Objectif du projet

Tant qu'ingénieurs, il faut penser toujours à la rentabilité du projet non seulement du côté d'argent mais aussi pour le temps, dans cette vision on distingue que :

### II.3.1 Transport

#### II.3.1.1 Voyageur

Les citoyens des deux villes vont bénéficier d'un profit de diminution du temps de parcours jusqu'à la moitié avec ce moyen de transport ce qui facilite l'échange de la main d'œuvre et les investissements.

#### II.3.1.2 Marchandise

Transport de la matière première à partir de la minerie de **El Hadjar (Annaba)** et de **Djebel Onk (Tébessa)** jusqu'au **Khenchela**, ce qui rafraichit et favorise l'activité industrielle.

# **Chapitre III**

## **Etude critique d'APS**

### III.1 Introduction

Le présent chapitre constitue un sommaire sur les points importants extraits de l'APS et en même temps une analyse Critique sur son contenu. En termes d'objectifs est l'identification des points à éclaircir, plus exactement sur :

- ✚ Eventuelles situations de non conformités
- ✚ Modifications
- ✚ Insuffisances

Les volets objet de cette analyse critique sont :

Le tracé, l'environnement, l'hydrologie et l'hydraulique et la géotechnique.

### III.2 Les aspects concernés

#### III.2.1 Tracé

Toutefois, au stade APS, toute utilisation de valeurs comprises entre la limite normale et la limite exceptionnelle doit être soumise à l'approbation du MOA. En effet, le recours à ces valeurs dès la phase APS réduit les possibilités ultérieures d'optimisation du projet. Or, il est indispensable de conserver des possibilités d'ajustement du projet en phase APD, suite aux résultats des campagnes de sondage ou à des demandes de nature environnementales.

Dans la vision d'examiner et apporter des améliorations ou ajustements sur le tracé dans l'aspect technique et fonctionnel on site les notes suivantes :

- ✚ Les vitesses prévues pour cette ligne sont 160 km/h pour les trains voyageurs et 100 km/h pour les trains marchandises.
- ✚ L'entraxe au-delà de la ligne Tébessa / Ain Mlila est prévu à 4.2m, voir la possibilité de l'augmenter à 4.50 m.  
Conformément à ce qu'a été mentionné sur le rapport de l'APS, le passage par les deux ouvrages d'art déjà réalisés au-dessus de la voie (ligne Tébessa-Ain Mlila) au PK 02+043 et PK 03+550 permet l'insertion d'une nouvelle voie.
- ✚ Plusieurs contraintes sont traversées par le tracé dans notre section, tels que routes, lignes électriques hautes moyennes et basses tensions, conduites d'eaux et gazoducs, qui nécessiteront des ouvrages de protections.

#### III.2.2 Environnement

L'élaboration de cette étude a été basée sur plusieurs critères techniques et environnementaux, dont ils exigent d'éviter au maximum le passage par certains éléments ou espaces et aussi d'autres critères qui exigent de rechercher le plus possible d'éléments ou d'espaces adéquats pour la conception du projet.

On note quelques remarques concernant cette phase d'étude :

- ✚ La bande de 1 km près qui délimite le projet et qui subit l'impact de ce dernier n'a pas été mentionnée dans les plans ou les rapports de l'APS.
- ✚ Aucune mesure particulière proposée pour la protection ou le passage des espèces fauniques domestiques présentes dans la zone du projet.

- ✚ L'absence de carte des contraintes et enjeux environnementaux et sociaux dans les communes touchées directement par le projet

### III.2.3 Economie

La région en cours de développement se sera un encouragement pour les investisseurs locaux et internationaux à engager des nouveaux projets qui basent dans l'apport des matières premières sur le transport ferroviaire.

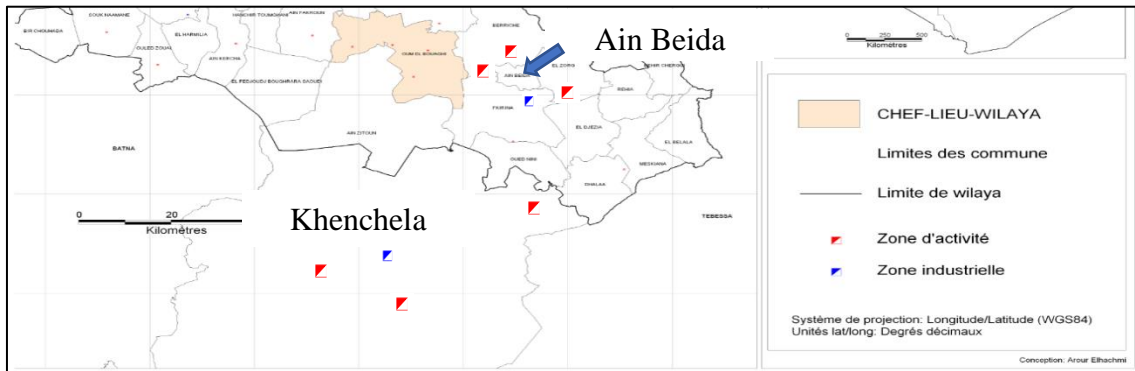


Figure III - 1 Zones industrielles et zones d'activités entre Ain Beida et Khenchela

Le renforcement du transfert de produits entre les zones d'activités industrielles.

Les futures liaisons :

La liaison de la ville de Khenchela avec celle de Tébessa en passant par Ain Beida

La liaison en cours d'étude entre Khenchela et Batna

Les lignes d'extension vers le Sud (Oued Souf, Biskra)

### III.2.4 L'hydrologie et l'hydraulique

- ✚ La délimitation des bassins versants est faite sur la base des cartes d'Etat-major, à l'échelle 1/50 000, callées en coordonnées géographiques correspondant le projet sous le système de projection Nord Sahara 32.
- ✚ Aucune indication sur le type de données utilisées pour l'estimations des débits de pointe de crue, des cours d'eau (à savoir les stations pluviométriques choisies, la période sur laquelle ces données de précipitations s'étalent...)
- ✚ A part la superficie du bassin versant, les autres caractéristiques morphométriques des bassins versants délimités ne sont pas indiquées.
- ✚ Seuls les résultats des débits d'apport retenus pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques sont mentionnés, mais aucune formule de calcul hydrologique pour l'estimation du débit n'est fournie.

### III.2.5 La géotechnique

La campagne géotechnique sur le terrain a été menée sur la base d'un programme d'investigations géotechniques approuvé par l'ANESRIF, établi en fonction de la situation des ouvrages, ou, on constate l'insuffisance des essais spécialement au niveau des ouvrages d'art, gare et bâtiments des gares.

- ✚ Les sondages réalisés sont arrêtés à 10 m de profondeur quel que soit le type d'ouvrage investigué et la nature du sol en place.
- ✚ Au niveau du rapport d'APS seul des tableaux récapitulatifs sans interprétation ni conclusion sont présentés sur les résultats des essais au laboratoire.
- ✚ Les zones à risque sont traitées d'une façon très sommaire.
- ✚ La majorité des sols le long du tracé sont classée en QS1 (sols médiocres) et aucune indication ni solution relative au risque liée à cette catégorie de sol n'a été évoquée.
- ✚ Manque des plans d'implantation des essais du PK0+000 au PK10+000

### III.3 Conclusion

Une fois cette étape d'analyse d'APS est terminée, on peut bien estimer ce qu'on a comme données pour se baser au-dessus et ce qui nous manque pour le compléter, ensuite entamer l'APD avec des résultats concluantes.

### III.4 Description et choix des variantes

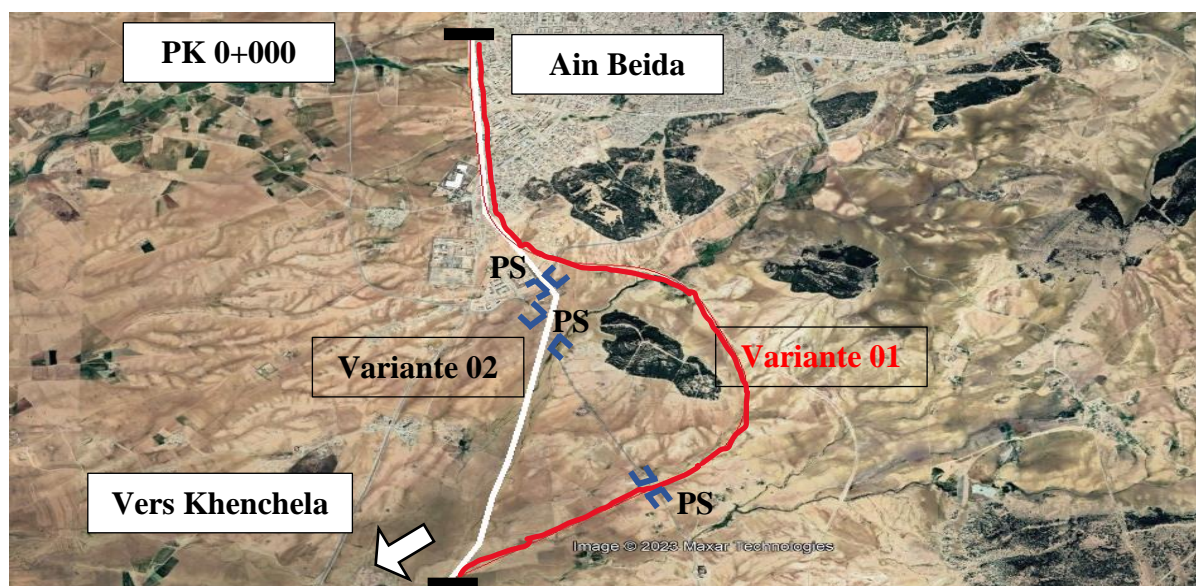


Figure III - 2 Le chemin de passage de chaque variante sur Google Earth

#### III.4.1 Description de la variante 01

Son tracé est considéré comme un dédoublement de la ligne de Tébessa jusqu'au PK 05+500 ce qui mène à exploiter les deux passages supérieurs existant au PK 2+000 et au PK 3+500 et même l'expropriation des terrains privé qui est déjà prise en considération dans l'ancienne étude.

## Chapitre III : Etude critique d'APS

Après il passe par un terrain plat jusqu'à la fin avec la conception d'un nouveau passage supérieure au niveau de PK 08+100.

### III.4.2 Description variante 02

Le début du tracé est à partir de la gare Ain Beida, puis il continue parallèlement à la ligne existante vers Tébessa en quittant cette dernière au PK 03+000, il intercepte à travers deux passages supérieurs successivement le contournement de la ville et la route vers MESSKANA, juste après ce point il continue son parcours sur une zone potentiellement inondable et des terrains prive qui nécessite l'expropriation jusqu'à la fin du tronçon.

**Tableau III - 1** Comparaison entre les deux variantes

Designation		Variant 01	Variant 02
Longueur du tracé (ml)		10345	7773
Cubature	Remblais (m <sup>3</sup> )	100 857	618 883
	Déblais (m <sup>3</sup> )	127 628	94 058
Nombre des ouvrages (Passage supérieure)		1	2
Section de la zone inondable traverse (m)		-	2000
R <sub>min</sub> (m)		990	1080
Déclivité max (‰)		16	13

### III.4.3 Interprétation et conclusion

Suite à l'analyse des deux variantes, la 2<sup>ème</sup> est avantageuse géométriquement mais son passage par une zone inondable rend le cout de la réalisation de son assise ferroviaire un grand obstacle économique.

En revanche, malgré le linéaire important de la 1<sup>ère</sup> variante comparativement à celui de la 2<sup>ème</sup> variante mais il est justifiable du cout qui il évite la zone inondable et d'exploite des terrains étatiques.

De ce qui précède on opte pour **la variante 01** pour la suite de notre étude.

# **Chapitre IV**

## **Description du tracé**

### IV.1 Les caractéristiques du tracé de la variante optimale

#### IV.1.1 Conditions de Base

Le tracé est conçu pour une ligne de chemin de fer à voie unique. Cependant, tous les ouvrages d'art comme les ponts rails, les ponts routes etc. ont été dimensionnés pour une extension Par une deuxième voie et une électrification ultérieure, Pour éviter les problèmes d'élargissement de ces ouvrages et pour ne pas fermer la voie ultérieurement lors de l'extension.

#### IV.1.2 Caractéristiques de Base

- ✚ Longueur 10 345 m
- ✚ Caractéristiques géométriques selon les standards UIC
- ✚ Pont-route prévus pour double voie
- ✚ Trafic mixte voyageurs et marchandises
- ✚ Traction actuellement diesel
- ✚ Gare voyageur de Ain Beida Sur un 1200m de linéaire

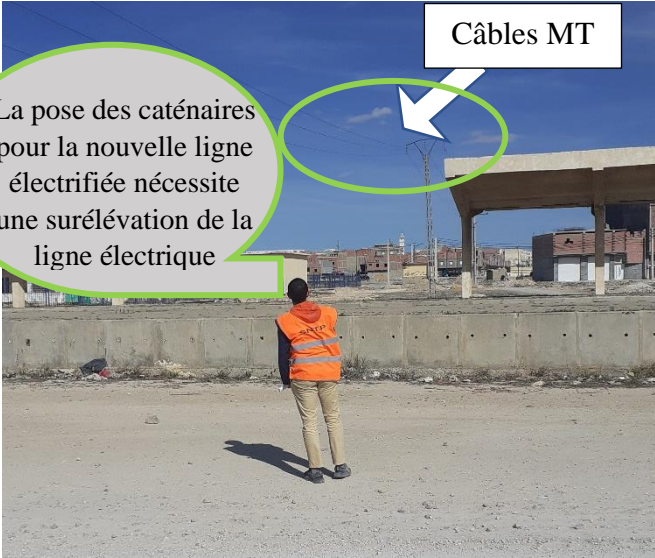


### IV.2 Description du tracé de la variante optimale

Après avoir opté pour la variante 01 et visité le site de son tracé plusieurs fois durant notre stage pratique avec la visualisation des différents points de passage de cette dernière on a pu collecter les données suivantes :



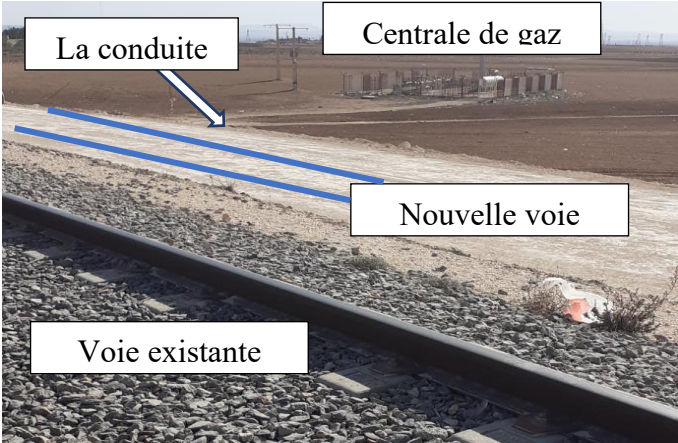
**Tableau IV - 1** Récapitulatif sur les points de passage du tracé

PK	Description	Commentaires
PK 00+000	 <p style="text-align: center;">Gare voyageur d'Ain El Beida</p>	<p>- Gare à élargir pour accueillir la nouvelle ligne et ses voies de service.</p>

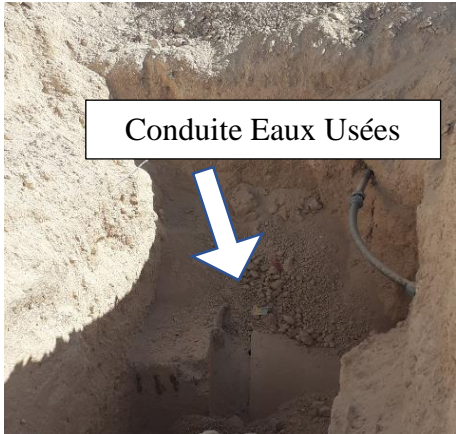
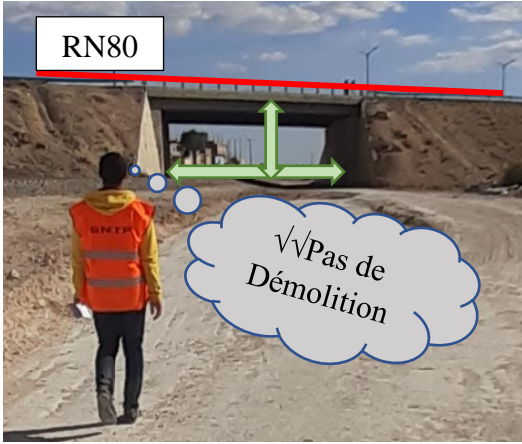
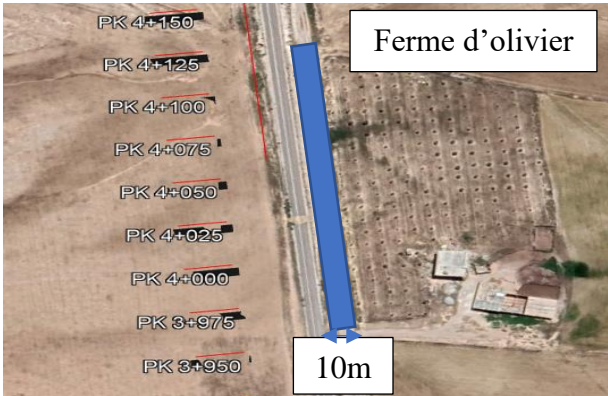
## Chapitre IV : Description du tracé

00+080	 <p>La pose des caténaires pour la nouvelle ligne électrifiée nécessite une surélévation de la ligne électrique</p> <p>Câbles MT</p> <p>Ligne électrique MT <sup>(1)</sup></p>	<p>- Respecter le gabarit futur pour l'électrification</p>
00+150	 <p>Piste</p> <p>Voie existante</p> <p>Piste (passage à niveau) <sup>(2)</sup></p>	<p>- Il faut clôturer le périmètre de la gare pour éviter les accidents</p>
00+450	 <p>Ligne électrique THT <sup>(3)</sup></p>	<p>- Le gabarit exigé est respecté</p>

## Chapitre IV : Description du tracé

00+530	 <p>Début de raccordement de la nouvelle voie vers Khenchela</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Assurer la transition entre les deux voies ancienne et existante</li></ul>
00+575	 <p>Dalot à prolonger <sup>(4)</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Assurer la continuité des OH entre la voie existante et la voie projeté</li></ul>
01+175	 <p>Conduite de Gaz de distribution</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Passer la prise en charge d'aménagement de cette conduite à son propriétaire (SONELGAZ)</li></ul>

## Chapitre IV : Description du tracé

01+625	 <p style="text-align: center;">Conduite Eaux Usées</p> <p style="text-align: center;">Passage des conduites des Eaux usées</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le remblai au-dessus de la conduite doit être bien traité pour garantir l'amortissement des charges</li> </ul>
02+050	 <p style="text-align: center;">RN80</p> <p style="text-align: center;">√√Pas de Démolition</p> <p style="text-align: center;">Intersection avec RN80 par un passage supérieur <sup>(5)</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La largeur et le gabarit sont déjà pris en considération d'après l'étude de la voie vers Tébessa</li> </ul>
02+175	<p>Cable électrique sous terre</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voir les plans de VRD et après l'excavation manuellement tout autour de ce point</li> </ul>
03+975 – 04+125	 <p style="text-align: center;">Ferme d'olivier</p> <p style="text-align: center;">10m</p> <p style="text-align: center;">Passage à côté d'une ferme</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expropriation déjà prise en considération de l'ancienne voie.</li> </ul>

## Chapitre IV : Description du tracé

05+150 – 05+550	 <p>« Penser à la stabilité du talus » Section d'élargissement du déblai pour la nouvelle voie</p>	Assurer de nouveau le drainage de la voie existante
05+708	 <p>Intersection avec un talweg <sup>(6)</sup></p>	- Le dimensionnement des OH doit être adéquat
08+100	Implantation d'un nouveau passage supérieur	- Il doit prendre en considération un futur dédoublement de la nouvelle voie

### IV.3 Indications

Les éléments répétés sont cités seulement par son emplacement comme suit :

<sup>(1)</sup> Ligne BT et MT au : PK 3+475, PK 4+875, PK 4+975, PK 08+125.

<sup>(2)</sup> Passage à niveau : PK 05+700.

<sup>(3)</sup> THT : PK 4+450, PK 06+675.

<sup>(4)</sup> Dalot et à prolonger : PK 1+453, PK 03+050, PK 03+150, PK 03+172, PK 04+335, PK 04+667, PK 05+119.

<sup>(5)</sup> Un passage supérieur existant : PK 03+525

<sup>(6)</sup> Intersection avec un talweg : PK 06+125, PK 06+333, PK 6+801, PK 08+866.

**Chapitre V**  
**Étude d'impact sur**  
**l'environnement**

## V.1 Principe et objectif

L'impact sur l'environnement dans notre zone d'étude basé principalement sur la considération de l'état actuelle du terrain avant, durant et après la réalisation du projet.

Et son objectif est d'assurer la prévention et l'amélioration de la vie sociale des citoyens et la durabilité des activités agricoles et animales.




L'EIE est élaborer avant d'entamer notre étude pour adapter le mieux trace avec l'environnement.






## V.2 Effet de tracé du projet sur environnement et les mesures prend en considération

### V.2.1 Urbanisation et les citoyens

Vue que les nouvelles cités sont plus proches (30m) du passage de trace on estime les effets suivants :

**Tableau V - 1** les impacts sur Urbanisation et les citoyens


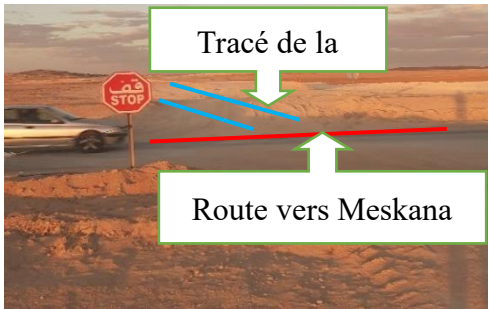

Phase	Impact	Mesures
Avant	<div style="text-align: center;">  <p>-Pas de gêne sonore</p>  <p>-Risque pour les enfants pour aller à l'école <b>Negative</b></p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>-Création d'une passerelle</p> </div>

<p>Durant</p>	 <p>- Création du poussier</p>  <p>-Risque de circulation des engins sur les câbles électriques</p>  <p>-Nouveau post d'emploi</p> <p><b>Positifs</b></p>	<p>-Un arrosage permanent</p>  <p>-Plaque de signalisation pour limitation de la hauteur</p>
<p>Après</p>	<p>-Une nouvelle moyenne de transport</p>  <p><b>Positifs</b></p>	

### V.2.2 Intersection avec le réseau routier (la route vers Meskana)

L'intersection de la nouvelle ligne ferroviaire peut avoir des impacts importants sur le cote de sécurité et la circulation routière, Notamment des retards, des blocages, des conflits d'horaire, des collisions potentielles lorsque les engins traverse la route de MESKANA et coûts de construire les passages supérieurs peuvent être coûteux

**Tableau V - 2** les impacts sur les réseaux routier

Phase	Impact	Mesures
Durant	<p style="text-align: center; color: red;"><b>Négative</b></p>  <p style="text-align: center;">-Risque de sortie des engins</p>	 <p style="text-align: center;">-Signalisation sur chantier</p>
Après	 <p style="text-align: center;">-Création d'un passage dénivelé (supérieur) pour garantir la circulation de la route</p>	

### V.2.3 Les zones d'élevage et agricoles :

L'axe est traversé des zones d'expropriation agricole alors l'activité d'élevage des animaux aussi doit être prise en considération

## Chapitre V : Étude d'impact sur l'environnement


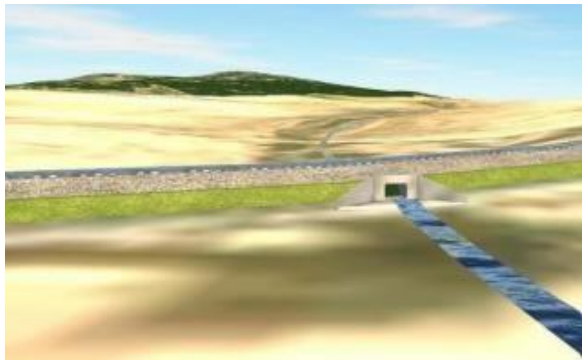
**Tableau V - 3** les impacts sur Les zones d'élevage et agricoles

Phase	Impact	Mesure
Durant	<p>-Création du poussier pour les zones végétales</p>  <p style="text-align: center; color: red;">Negatif</p>	<p>-Un Arrosage permanent</p>
Durant	<p>-Cas de passage des engins Risque de mort des moutons</p>  <p style="text-align: center; color: red;">Negatif</p>	<p>-Plaque de signalisation pour les conducteurs d'engins</p> 
Après	 <p style="text-align: center; color: red;">Negatif</p> <p>-Séparation de la superficie agricoles</p>	 <p>-Création des riverains pour le passage des animaux et les engins d'agriculture</p>

### V.2.4 Les réseaux hydrographiques

Il faut penser toujours de laisser le trajet d'oued naturellement et de ne pas créer des obstacles


**Tableau V - 4** les impacts sur Les réseaux hydrographiques

Phase	Impact	Mesures
Durant	 <p style="text-align: center;">-Risque de crue d'oued qui peut transporter les ouvrages qui sont déjà réalisés</p>	<p style="text-align: center;">-Réalisation d'une déviation provisoire pour assurer la continuité d'écoulement des Oueds durant la pluie</p>
Après	 <p style="text-align: center; color: green;"><b>Positifs</b></p>	<p style="text-align: center;">-Assure un bon écoulement d'eau par les ouvrages hydrauliques</p>

### V.2.5 Les zones d'emprunt (Gisement)

Les zones d'emprunt des matériaux pour la réalisation de notre infrastructure sont avant tout des terrains naturels faisant partie de l'environnement qu'on doit les exploiter avec prudence par rapport à l'équilibre des terrassements qui endommage la stabilité des terrains au voisinage, aussi par rapport aux nuisances qu'ils génèrent (poussière, nuisances sonore des engins de chantier...)

**Tableau V - 5** les impacts sur Les terrains

Phase	Impact	Mesures
Avant		-Des terrains initialement destiné à l'élevage des animaux
Durant	 <p style="text-align: center;">Gite d'emprunt 01 au PK 03+000</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilite la fourniture et le transport du remblai au chantier</li> <li>- Gain dans le délai de réalisation</li> </ul>
Après	 <p style="text-align: center;">Consommation des milliers de M3 de matériau</p>	-La remise en état initial par la remise de la terre végétale

### V.3 Conclusion

La réalisation d'une ligne ferroviaire peut avoir des impacts significatifs sur l'environnement, notamment en ce qui concerne la biodiversité la qualité de l'air et de l'eau, Il est donc important de prendre en compte ces impacts lors de la planification et de la construction de la ligne ferroviaire, en adoptant des mesures d'atténuation pour minimiser les effets négatifs sur l'environnement.

# Chapitre VI

## La géométrie et la superstructure de la voie

### VI.1 Tracé en plan

#### VI.1.1 Introduction

L'étude géométrique du tracé de la voie a pour but l'obtention d'un bon roulement des wagons de marchandise en minimisant l'effet de la casse et aussi des **véhicules** de voyageurs en assurant la sécurité et le confort de ces derniers.

#### VI.1.2 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.

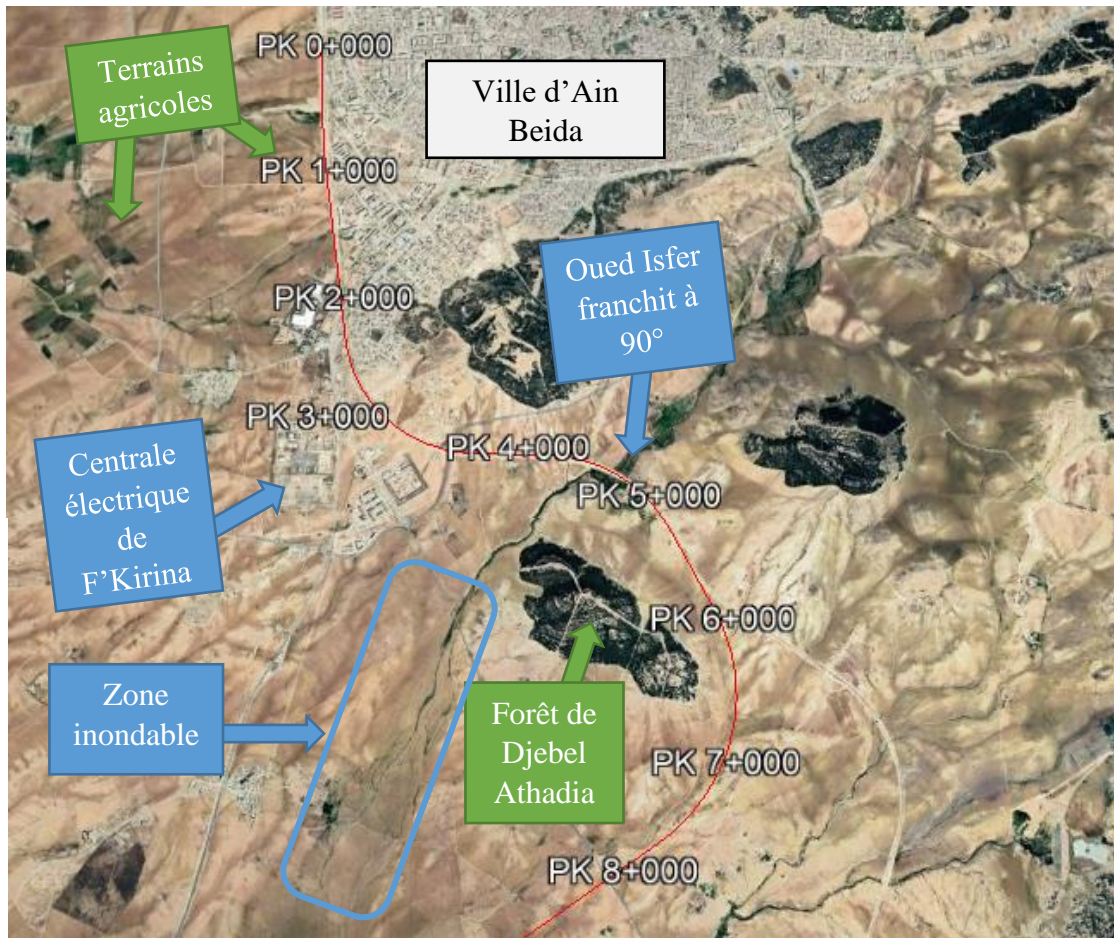


Figure VI-1 Adaptation du tracé avec le milieu récepteur

### VI.1.3 Paramètres de conception

#### VI.1.3.1 Paramètres de conception du tracé

Les paramètres suivants représentent les paramètres adoptés pour la conception du tracé de la nouvelle ligne Ain Beida / Khenchela.

Tableau VI-1 Paramètres de conception du projet

Paramètre	Caractéristique
Ligne Ain Beida (wilaya Oum El Bouaghi) / Khenchela (50km)	Voie unique (future double voie).
V <sub>max</sub> voyageurs (km/h)	160
V <sub>min</sub> marchandise(km/h)	100
Ouvrage d'art	Pour double voie
Ecartement standard(mm)	1435

#### VI.1.3.2 Paramètres géométriques du tracé en plan

Les paramètres géométriques ont été adoptés conformément à ceux qui sont fixés par les normes techniques ferroviaires élaborées par la SNTF (Géométrie CHAPITRE 06), tout en respectant les critères techniques de conception.

#### Alignements droits

En absence de tout obstacle qui nous oblige de dévier notre tracé, l'alignement droit est le choix optimal pour réaliser ce dernier.

#### Arc de cercle

Les effets de la force centrifuge dans les courbures cette force peut conduire au déraillement de train et la fatigue de voie, pour compenser cette attraction vers l'extérieure de la courbe il est nécessaire d'incliner la voie vers l'extérieure et le rail intérieur d'une même voie s'appelle le dévers.

Tableau VI-2 Les longueurs minimales des éléments (alignement et pleine courbe) du tracé en plan

Valeur minimale normale (m)	$V/2 = 80$
Valeur minimale exceptionnelle (m)	$V/3 = 55$

#### Raccordement progressive

C'est une courbe a rayon variable assurant la transition entre un alignement et une pleine courbe ou entre deux courbes circulaires de rayon différent, imposé par l'exigence de passer d'un dévers donné à un dévers différent.

### VI.1.4 Recommandations de la SNTF

Selon ces recommandations sur les valeurs maximales admissibles et après le calcul des autres paramètres on obtient le tableau suivant :

**Tableau VI- 3** Valeurs limite normales et exceptionnels des paramètres géométriques du tracé en plan

		Normal	Exceptionnel
Insuffisance maximale	$I_{\max}$ (mm)	150	160
Excès de dévers maximums	$E_{\max}$ (mm)	110	130
Dévers maximums	$d_{\max}$ (mm)	160	180
$R_{\min} = \frac{11.8 \times V_{\max}^2}{d_{\max} + I_{\max}}$ (m)	$R_{\min}$ (m)	975	890
Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur	$dd/dl$ (mm/m)	$180/V_{\max} = 1.125$	$216/V_{\max} = 1.35$
Limite de la variation de dévers par rapport au temps	$dd/dt$ (mm/s)	50	60
Limite de la variation d'insuffisance de dévers	$dI/dt$ (mm/s)	75	90

### VI.1.5 Exemple d'application

Pour une vitesse de 160 Km/h, le rayon minimal normal est de **975 m** (Donc tous les rayons du tracé doivent être supérieure au  $R_{\min}$ ), correspondant à un dévers max de 160 mm, et d'insuffisance de dévers max de 150 mm.

Pour un rayon  $R = 2005$  m comme exemple pour calculer les dévers et les différents paramètres correspondant à ce dernier :

✚ Dévers théorique :  $dth = \frac{11.8 \cdot V^2_{\max}}{R} = \frac{11.8 \cdot 160^2}{2005} = 150.66$  mm

✚ Le coefficient de dévers :  $C = 0.006 \cdot V^2_{\max} = 153.6$

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

$$0.5 < C \leq 0.0118 \cdot V^2_{\max} \leq 0.7, \text{ alors dans ce cas on prend } C = 165.$$

✚ Le dévers pratique :  $dp = \frac{1000 \cdot C}{R} = \frac{1000 \cdot 165}{2005} = 82.29$  mm.

On prend  $dp = 80$  mm.

✚ Insuffisance de dévers :  $I = dth - dp = 150 - 80 = 70$  mm < 150mm.

✚ Excès de dévers :  $E = dp - dth = dp - \frac{11.8 \cdot V^2_{\min}}{R} = 80 - \frac{11.8 \cdot 100^2}{2005} = 21$  mm < 110 mm.

## Chapitre VI : La géométrie et la superstructure de la voie

---

✚ La longueur de clothoïde :  $L_{rp} = \frac{dp}{\frac{dd}{dl}} = \frac{dp}{\frac{180}{V_{max}}} = 71 \text{ m}$ . On prend  $L_{rp} = 80 \text{ m}$ .

✚ La variation de dévers en fonction du temps :

$$\frac{dd}{dt} = \frac{dp \times V_{max}}{3.6 \times L_{adp}} = \frac{80 \times 160}{3.6 \times 80} = 44 \text{ mm/s} < 50 \text{ mm/s}$$

✚ La variation de dévers en fonction de la longueur :

$$\frac{dd}{dl} = \frac{3.6 \times \frac{dd}{dt}}{V_{max}} = \frac{3.6 \times 44.44}{160} = 1.00 \text{ mm/m} < 1.125 \text{ mm/m}$$

✚ La variation d'insuffisance de dévers en fonction du temps :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{l \times V_{max}}{3.6 \times L_{adp}} = \frac{70.66 \times 160}{3.6 \times 80} = 39 \text{ mm/s} < 75 \text{ mm/s}$$

### VI.1.6 Interprétation

Tous les paramètres sont vérifiés par rapport aux valeurs limites normale du référentiel technique de la SNTF.

### NB

Les vérifications pour les autres rayons en plan utilisés dans le projet sont résumées dans un tableau annexer à ce chapitre.

### VI.2 Profil en long

#### VI.2.1 Introduction

La construction du profil en long du tracé est la tâche la plus importante par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire soit sur le plan économique, là où paraîtra l'importance des terrassements (estimation des cubatures), des éventuels ouvrages d'art et tunnels, soit sur le plan technique dans la possibilité d'application des règlements en vigueur.

#### VI.2.2 Profil en long du terrain naturel

C'est une représentation plane de la surface du terrain naturel suivant un plan vertical le long du tracé en plan, ce profil va être le support pour le profil en long du projet.

#### VI.2.3 Profil en long du Projet

C'est la représentation de l'allure du projet, en général le tracé d'une voie ferrée en profile est constitué par une succession d'alignement droits raccordé par des courbes paraboliques verticales.

Comme mentionné déjà, le profil en long du projet doit impérativement être superposable sur celui de la voie existante vers Tébessa dans les 5 premiers kilomètres environ.

#### VI.2.4 Application au projet

Les paramètres géométriques du profil en long de la SNTF :

**Tableau VI- 4** Valeurs limite normales et exceptionnels des paramètres du profil en long

			Normal	Exceptionnel
Déclivité maximale	Voie générales	L < 3000m	16 ‰	18 ‰
		3000m < L < 15000m	16 ‰ à 13 ‰	18 ‰ à 15 ‰
		L > 15000m	13 ‰	15 ‰
	Gares	/	0 ‰	0 ‰
Rmin en verticaux (m)		V = 160 km/h	$0.35V^2 = 8960$	$0.25 V^2 = 6400$
La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil en long (m)		V = 160 km/h	V/2 = 80	V/2.5 = 64

### VI.3 Profil en travers type

Les profils en travers type utilisés sur notre tronçon ont été choisis selon les exigences de la SNTF, ils sont les suivants :

#### VI.3.1 Cas de la gare d'Ain Beida PK 00+000 au PK 00+530



Figure VI - 2 Limites de la gare sur google earth

Le palier réservé pour l'implantation de la gare a un linéaire de 1200m qu'existe depuis la réalisation de la ligne Ain Mlila- Tebessa, et notre tracé à commencer après 670 m donc la limite de la gare est au PK 00+530.

Les caractéristiques géométriques de la gare sont les suivantes :

- ✚ Ecartement de la voie : 1435 mm.
- ✚ Entraxe : 5.00 m.
- ✚ Distance axe de voie – bord de quai : 1,65 m.
- ✚ Pente latérale de la plateforme : 4%.
- ✚ Epaisseur de ballast : 30 cm.
- ✚ Epaisseur de sous-ballast : 20 cm.
- ✚ Epaisseur de la couche de fondation : 20 cm
- ✚ Epaisseur de la couche de forme : 35 cm.

#### VI.3.2 Cas de dédoublement de la voie existante du PK 0+530 au PK 5+500

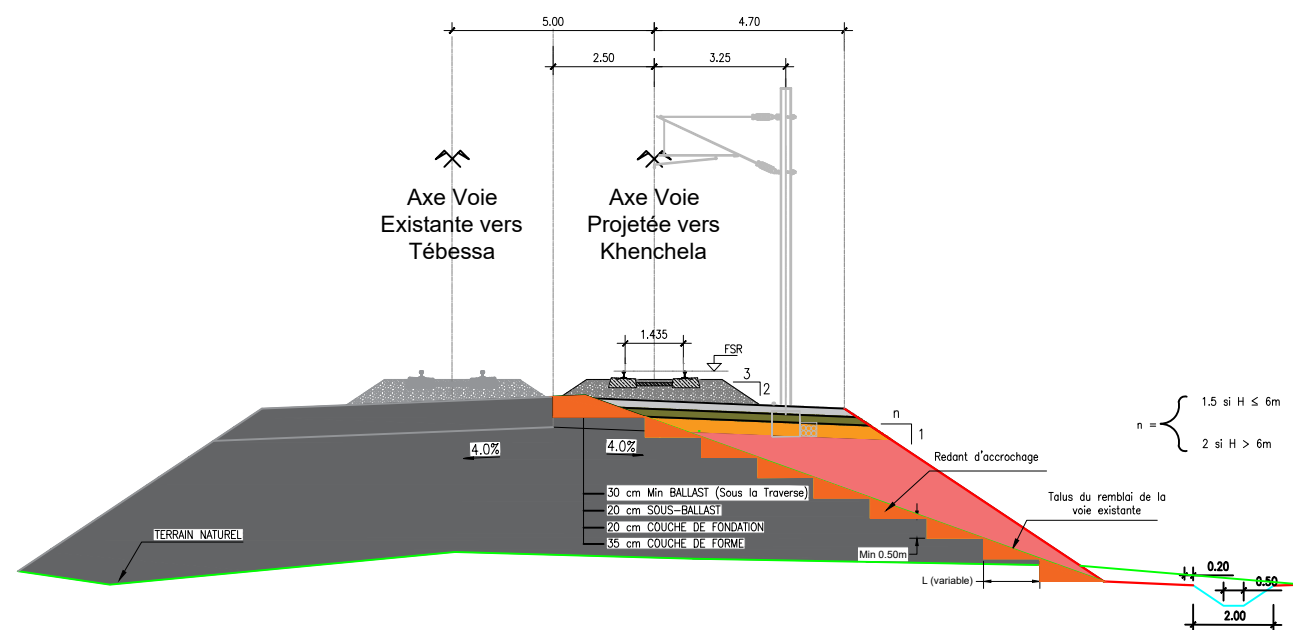
- ✚ Type de ligne : une voie mixte électrifiée
- ✚ Ecartement de la voie de 1435 mm
- ✚ Entre axe : 5m.
- ✚ La double voie repose sur une plateforme de 14.40m de largeur
- ✚ La pente latérale en toit de la plateforme est de 4%
- ✚ Les pentes de talus :
  - En déblais 3H/2V si  $H \leq 6m$  et 2H/1V si  $H > 6m$
  - En remblais 3H/2V (or que  $H_{max}$  tronçon  $< 6m$ )
- ✚ Epaisseur de ballast : 30 cm.
- ✚ Epaisseur de sous-ballast : 20 cm.

- ✚ Epaisseur de la couche de fondation : 20 cm
- ✚ Epaisseur de la couche de forme : 35 cm.

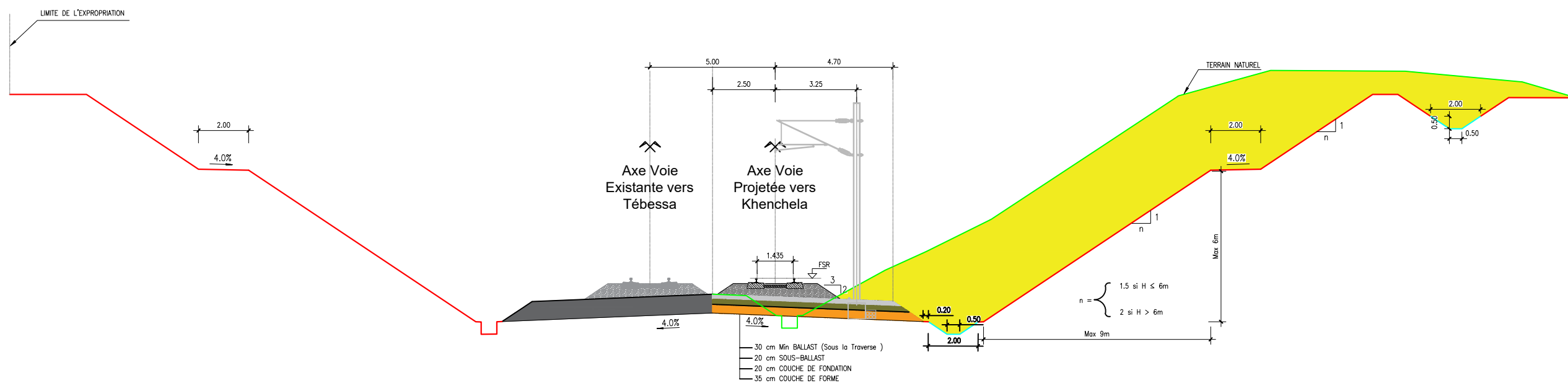
### VI.3.3 Cas voie unique projetée du PK 05+500 au PK 10+345

- ✚ Type de ligne : une voie mixte électrifié
- ✚ Ecartement de la voie de 1435mm
- ✚ La pente latérale en toit de la plateforme est de 4%
- ✚ Une voie repose sur une plate de forme : 8m
- ✚ Les talus de déblais et de remblais en 3H/2V de pente (or  $H_{\max} < 6\text{m}$ )
- ✚ Epaisseur de ballast : 30 cm.
- ✚ Epaisseur de sous-ballast : 20 cm.
- ✚ Epaisseur de la couche de fondation : 20 cm
- ✚ Epaisseur de la couche de forme : 35 cm

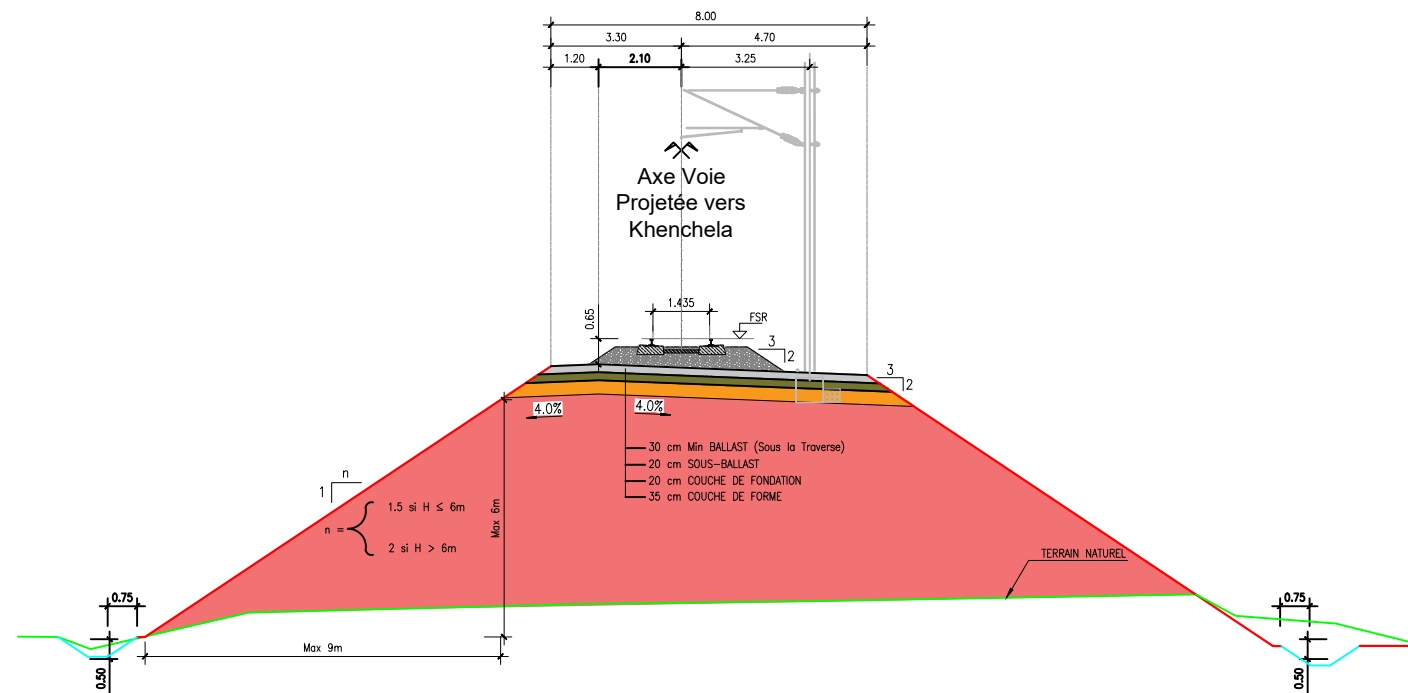
**PROFIL EN TRAVERS TYPE PLEINE VOIE  
DOUBLE EN REMLAI  
AVEC REDANTS D'ACCROCHAGE  
00+530 -- 05+500**



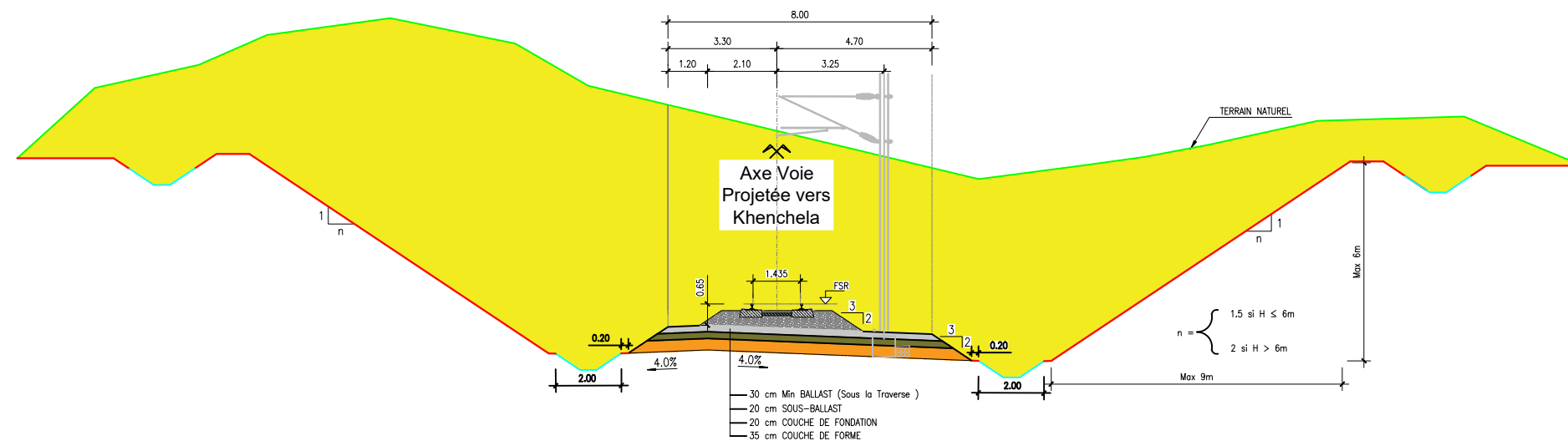
**PROFIL EN TRAVERS TYPE  
PLEINE VOIE DOUBLE EN  
DEBLAI  
PK 00+530 -- PK 05+500**



**PROFIL EN TRAVERS TYPE  
PLEINE VOIE UNIQUE EN  
REMLAI  
PK 05+500 -- PK 10+345**



**PROFIL EN TRAVERS TYPE  
PLEINE VOIE UNIQUE EN  
DEBLAI  
PK 05+500 -- PK 10+345**



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

PROJET DE FIN D'ETUDE

CONCEPTION ET ETUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAIRE (AIN BEIDA -KHENCHELA) DU PK 0+000 AU PK 10+345 A VOIE UNIQUE AVEC REAMENAGEMENT DE LA GARE AIN BEIDA UTILISANT LA TECHNOLOGIE DU BIM

Réalisé par

BOULHIA  
ELFEKAIR

Titre

Profils en Travers Type  
pour la Voie Unique  
05+500 -- 10+345

Echelle

1/100

Encadré par

Ing.CHENAA Hakim  
Pr.FEDGHOUCHE Ferhat

Année universitaire

1443 / 1444  
2022 / 2023

## VI.4 La superstructure

La superstructure de la voie ferrée est constituée par un assemblage d'éléments d'élasticités et d'amortissement variable qui transmettent à la plateforme, la charge statique et dynamique des convois. La solidarité des composants de la voie assure la sécurité opérationnelle des circulations ferroviaires et le confort de passagers. La voie classique comporte des rails maintenus sur des traverses par l'intermédiaire d'un système d'attache et reposant sur une épaisseur variable de ballast.

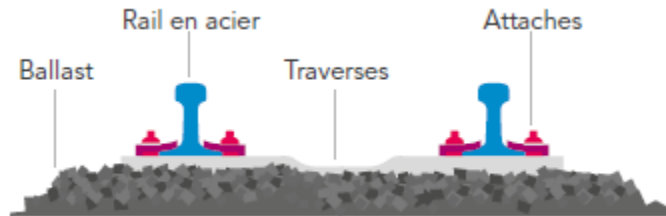


Figure VI - 3 Superstructure de la voie ferrée

### VI.4.1 Rail

Le rail utilisé sera du type UIC 60 E1 et les caractéristiques de ce rail seront les suivantes :

- ✚ Surface de la section :  $76.70 \text{ cm}^2$
- ✚ Nuance : 260 (carbone-manganèse)
- ✚ Propriétés mécaniques selon la norme EN 13674-1 :
- ✚ Dureté au milieu de la table de roulement entre 260 et 300 HBW
- ✚ Résistance à la traction  $\geq 880 \text{ N/mm}^2$
- ✚ Allongement  $\geq 10\%$ .
- ✚ Longueur minimum des barres élémentaires : 18 m
- ✚ Barres élémentaires soudées électriquement en atelier en barre continue de longueur  $\geq 288 \text{ m}$  et soudure aluminothermique en voie donnant un LRS.

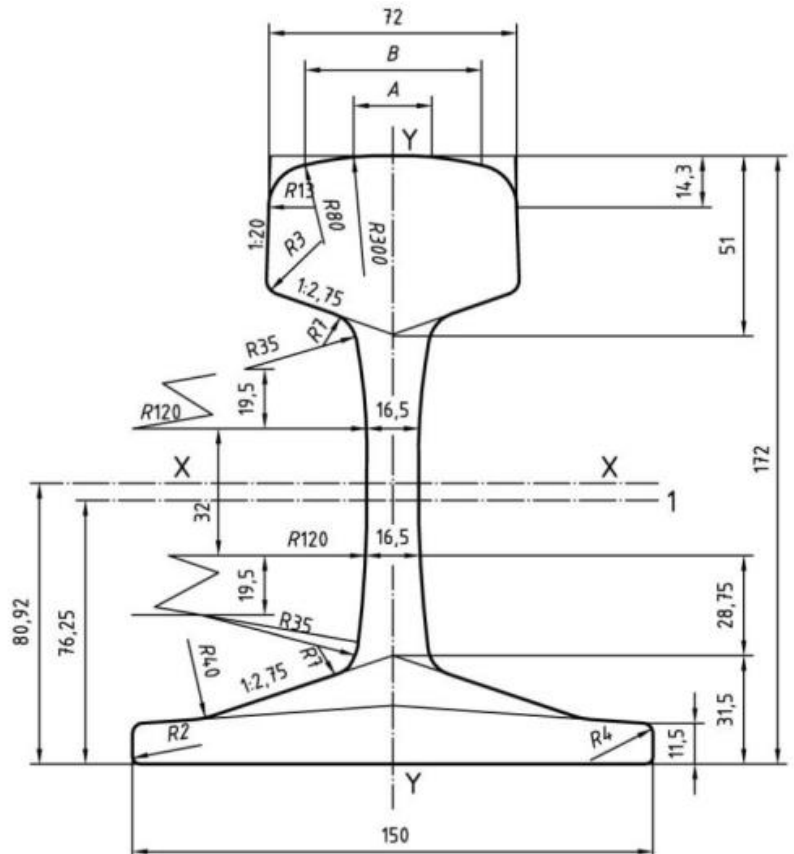


Figure VI - 4 La géométrie du rail UIC 60 E1

### VI.4.2 Système d'attache

Le système d'attache est celui qui assure la fixation des rails sur les traverses pour permettre la transmission des charges et aussi il maintient l'écartement des deux fils de rails.

Le système de fixation du rail appliqué sur ce projet est le Système d'attache souple NABLA.



Figure VI - 5 Système d'attache souple « NABLA »

### VI.4.3 Traverse

Le type de traverses employés dans notre projet est « traverse bibloc en béton armé ». Le travelage (la disposition des traverses sur le long de la voie) appliqué au projet d'après la SNTF est 1666 traverses/Km.



Figure VI - 6 Traverses bibloc en béton armé

### VI.4.4 Ballast

Le ballast est un matériau granulaire placé dans la partie supérieure des structures d'assises et entre les traverses. Ce granulat provient du concassage de roches extraites dans des carrières de pierres dures (granit, quartzite, calcaire...).

La performance du ballast, pour arriver à répondre à ces fonctions dépend des caractéristiques des particules et notamment de leur granulométrie, forme (angularité), dureté et état de surface (texture, propreté).

Ses caractéristiques sont citées dans le chapitre du dimensionnement de l'assise ferroviaire.

# **Chapitre VII**

## **Étude hydrologique et hydraulique**

### VII.1 L'objective de ce chapitre

Rétablissement des écoulements naturelle pour éviter la création des obstacles et dimensionnement et localisation des ouvrages de drainage transversal nécessaires pour les débits calculés.

**NB :**

Sur le tronçon de dédoublement du PK 00+000 au PK 05+500 on doit juste prolonger les ouvrages hydrauliques transversaux de la ligne existante en fonction de la largeur de la plateforme de la voie projetée, donc le calcul hydrologique pour ces ouvrages sert à vérifier que :

Les dimensions de ces ouvrages existants sont conformes et qu'ils restent fonctionnels.

A partir du PK 05+500, où la nouvelle voie dévie de l'ancienne on procède à projeter et dimensionner les nouveaux ouvrages hydrauliques

### VII.2 Bassins versants

#### VII.2.1 Caractéristiques géomorphologiques

Tableau VII - 1 récapitulatif des caractéristiques géomorphologiques des bassins versant

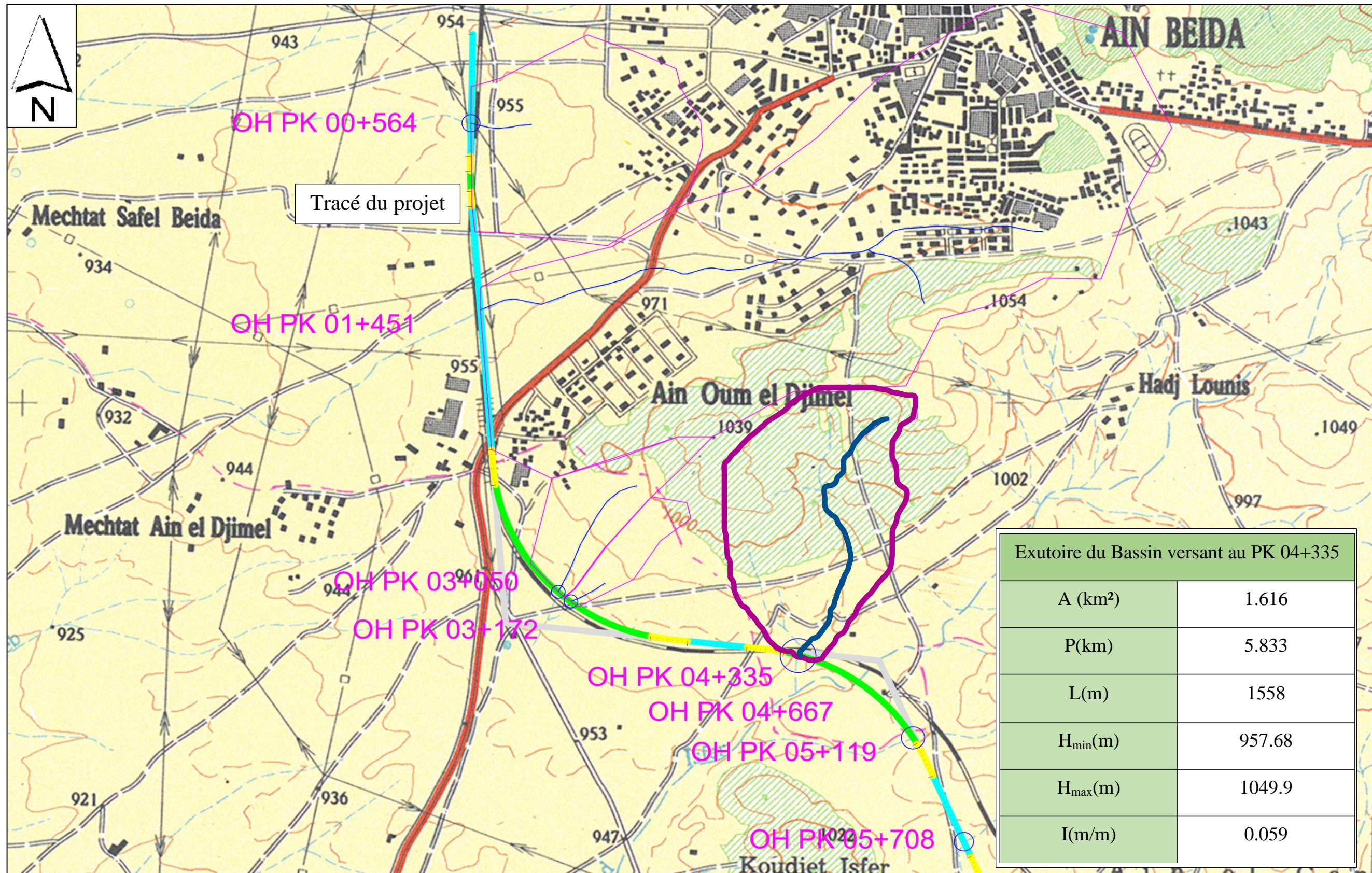
N°BV	PK	A(km <sup>2</sup> )	P(km)	L(Km)	H <sub>min</sub> (m)	H <sub>max</sub> (m)	H <sub>moy</sub> (m)	ΔH(m)	Kc	I(m/m)
01	00+564	0.428483	2.77138	0.327	951.82	975.7	963.76	23.88	1.2	0.073
02	01+453	5.64417	10.1161	3.038	954.56	1053.9	1004.23	99.34	1.2	0.033
03	03+050	0.9602	3.84048	0.788	964.08	1033.3	998.69	69.22	1.10	0.088
04	03+172	0.299684	2.45582	0.286	965.08	1029.6	997.34	64.52	1.3	0.225
05	04+335	1.61631	5.83266	1.558	957.68	1049.9	1003.79	92.22	1.3	0.059
07	04+667	17.5747	23.0161	9.463	959.59	1239.5	1099.55	279.91	1.5	0.030
08	05+119	0.237343	2.17252	0.620	967.52	1012.8	990.16	45.28	1.2	0.073
09	05+708	0.456515	3.52549	1.346	965.89	1059.4	1012.65	93.51	1.5	0.069
10	06+125	0.228829	2.64406	0.848	961.13	1007.5	984.32	46.37	1.5	0.055
11	06+333	0.432676	4.38216	1.887	957.34	1071.9	1014.62	114.56	1.9	0.061
12	06+801	1.12109	6.2489	2.091	948.43	1061.6	1005.02	113.17	1.7	0.054
13	08+866	0.29195	2.6632	0.403	923.29	929.3	963.76	6.01	1.4	0.015

#### VII.2.2 Temps de concentration T<sub>c</sub>

On a travaillé par les deux formules suivantes :

**Formule de Ventura (A < 5Km<sup>2</sup>) :**

$$T_c = 0.1272 \sqrt{\frac{A}{i}} \quad \text{AN BV01: } T_c = 0.1272 \sqrt{\frac{0.428483}{2.77138}} = 0.31 \text{ h}$$



**Figure** La délimitation des bassins versants sur une carte d'état-major à l'échelle 1/50 000  
 (Exemple du bassin versant d'exutoire au PK 04+335)

**Formule de Passini (5 Km<sup>2</sup> < A < 25 Km<sup>2</sup>) (BV02 – BV07) :**

$$T_c = 0.108 \frac{(A \times L)^{1/3}}{\sqrt{I}} \quad \text{AN BV02 : } T_c = 0.108 \frac{(5,64 \times 3,038)^{1/3}}{\sqrt{0,033}} = 1.53 \text{ h}$$

Avec :

- ✚ T<sub>c</sub> [h] : temps de concentration.
- ✚ A [km<sup>2</sup>] : surface du bassin versant.
- ✚ I [m/m] : pente moyenne du bassin.
- ✚ L [km] : longueur de l'oued principal.

### VII.2.3 L'intensité de pluie

La relation Intensité - Durée - Fréquence est la suivante :

$$I = a T_c^{-b}$$

- ✚ Intensité de la pluie (mm/h)
- ✚ T<sub>c</sub> : Temps de concentration exprimé en heures

**Tableau VII - 2** Les paramètres "a" pour les différentes fréquences

T	2	5	10	20	50	100
a (T)	14.7	20.2	23.8	27.3	31.8	<b>35.2</b>

- ✚ a et b : Paramètres climatiques (de Montana) pour une période de retour centennale (100 ans) selon l'ANRH sont : **a = 35.2** et **b = 0.73**

**NB :** La valeur de **a** est choisie pour une période de retour de 100 ans, afin que la pérennité des ouvrages hydraulique soit la même que celle de l'infrastructure ferroviaire.

### VII.2.4 Calcul du débit des bassins versants (Méthode rationnelle)

$$Q_{100} = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

- ✚ Q<sub>100</sub> : Débit de pointe de crue pour 100 ans en (m<sup>3</sup>/s).
- ✚ i : Intensité de précipitation pour le temps de concentration du bassin versant (mm/h).
- ✚ A : Aire du bassin versant qui contribue pour la section objet d'étude (km<sup>2</sup>).
- ✚ Cr : Coefficient de ruissellement.

### VII.2.5 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle

Les débits de pointes calculés par la méthode rationnelle pour une période de retour centennale, et cela pour les bassins versants dont la superficie est inférieure ou égale à 25Km<sup>2</sup> sont résumés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau VII - 3** Récapitulatif des débits max des écoulements qui traversent le tracé pour une période de retour 100ans

N°BV	PK	C1	C2	C3	Cr	Tc(h)	i (mm/h) (100ans)		Q (m³/s) (100ans)
							a=35.2	b=0.73	
01	00+564	0.06	0.1	0.07	0.23	0.31	83.2		2.28
02	01+453	0.01	0.1	0.07	0.18	1.57	25.3		7.16
03	03+050	0.06	0.1	0.07	0.23	0.42	66.3		4.07
04	03+172	0.12	0.1	0.07	0.29	0.15	143.0		3.46
05	04+335	0.06	0.1	0.07	0.23	0.66	47.5		4.91
07	04+667	0.01	0.1	0.07	0.18	3.52	14.1		12.36
08	05+119	0.06	0.1	0.07	0.23	0.23	103.3		1.57
09	05+708	0.06	0.1	0.07	0.23	0.33	79.9		2.33
10	06+125	0.06	0.1	0.07	0.23	0.26	94.1		1.38
11	06+333	0.06	0.1	0.07	0.23	0.34	77.5		2.14
12	06+801	0.06	0.1	0.07	0.23	0.58	52.5		3.76
13	08+866	0.01	0.1	0.07	0.18	0.56	53.6		0.78

### VII.3 Étude Hydraulique

Vu que notre projet consiste à la réalisation d'une ligne de chemin de fer mixte et qu'on estime sa pérennité à 100 ans, les deux facteurs principaux qui ont conduit notre dimensionnement sont la largeur du lit et la résistante de la structure aux charges permanentes et aussi celles d'exploitation.

### VII.4 Méthode de calcul « MANNING STRICKLER »

$$Q = K_s S_m R_h^{2/3} I^{1/2}$$

- ✚ I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- ✚ Rh : Rayon hydraulique =  $\frac{\text{Section mouillée}}{\text{Périmètre mouillée}}$
- ✚ Sm : Section mouillée de l'ouvrage b x Hu (m²).
- ✚ b : Largeur de l'ouvrage (m).
- ✚ Hu : Hauteur utile (m).
- ✚ Ht : Hauteur totale (m).
- ✚ Ks : Coefficient de rugosité ; pour le béton Ks=70.

### VII.5 Vérification des conditions d'auto curages

Pour vérifier ces conditions il faut vérifier :

- ✚  $V > 0.6 \text{ m/s}$  pour :  $Q = 0.1 Q_{ps}$
- ✚  $V > 0.3 \text{ m/s}$  pour :  $Q = 0.01 Q_{ps}$
- ✚  $V_{ps} < 4 \text{ m/s}$

On rayon verticale :  $R_v = V/V_{ps}$

### VII.6 Exemple de calcul pour un dalot

On prend la hauteur utile  $H_u = 0.80H_t$ , Pour l'écoulement au PK **06+801** on a :

Un débit d'apport de  $Q_{100} = 3.76 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- ✚  $K_s = 70$ .
- ✚  $I = 0.005 \text{ m/m}$
- ✚  $S_m = 0.8 H_t \times b$
- ✚  $P_m = 1.6 H_t + b$
- ✚  $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8H_t \times b}{b + 1.6H_t}$

L'égalité entre le débit de saturation et celui de la crue centennale donne :

$$H_t = \frac{1}{0.8b} \left( \frac{Q}{K_s \times I^2} \right)^{3/5} (1.6H_t + b)^{2/5}$$

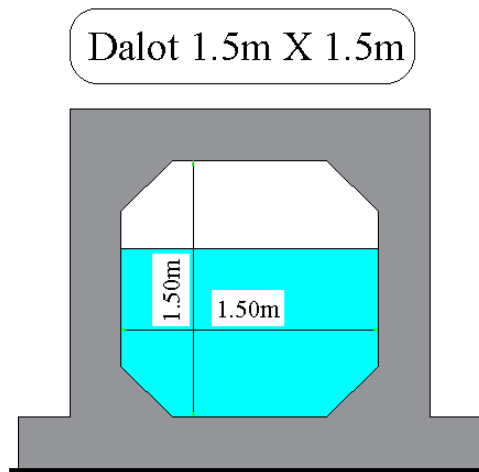
Après itérations et en imposant la largeur  $b = 1.5 \text{ m}$  pour des raisons d'adaptation avec le lit de l'oued on trouve :  $H_t = 1.5 \text{ m}$ .

Type de dalot pris : C1 : **dalot 1.5m × 1.5m**

$$Q_{sat} = 70 \times 1.5 \times 1.5 \times \left( \frac{1.5 \times 1.5}{4 \times 1.5} \right)^{2/3} \times (0.005)^{1/2} = 5.79 \text{ m}^3/\text{s}$$

On a :  $Q_{100} = 3.76 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{sat} = Q_{ps} = 5.79 \text{ m}^3/\text{s}$

Donc le dalot projeté assure l'évacuation du débit de la crue centennale.



**Figure VII - 1** Schéma d'un dalot 1.5m x 1.5m

## VII.7 Dimensionnement des buses

On fait pour le dimensionnement de la buse au PK 6+125, où nous avons un écoulement pour dimensionner les buses en prend :  $Q_{100} < Q_s$

Le diamètre de la canalisation en fonction du débit maximum à évacué ce dernier est donner par la formule de **Manning-Strickler**

$$Q = K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3}$$

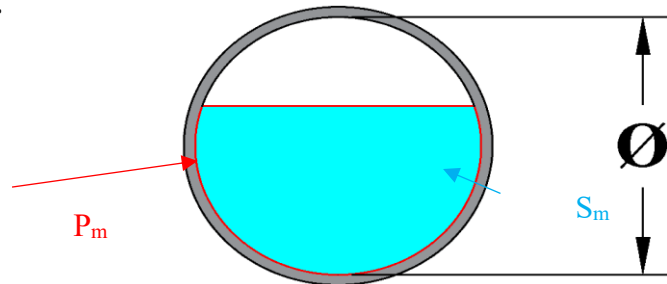


Figure VII - 2 Schéma de la Buse

Pour les buses la section et le périmètre molliés sont calculer pour une hauteur de remplissage égale a :

✚  $H_r = 0.75 \cdot \varnothing$  si  $\varnothing \leq 1\text{m}$ .

✚  $H_r = 0.8 \cdot \varnothing$  si  $\varnothing > 1\text{m}$ .

$\varnothing$  : diamètre de la buse

### VII.7.1 Caractéristique de bassin versant PK 6+125

✚ Surface = 0.23 km<sup>2</sup>

✚ Débit  $Q = 1.38 \text{ m}^3/\text{s}$

### VII.7.2 Estimation de débit de crue $Q_a$

Puisque les eaux qui sont drainé à partir de l'assise ferroviaire vers la fosse ce débit il a besoin d'un point de rejet qu'est collecté avec cette buse.

Alors les dimensionnements sont les suivant :

$$Q_a = Q_a \text{ fosse} + Q_{100 \text{ BV}}$$

$$Q_a \text{ fosse à droite} = 1 \text{ m}^3/\text{s} ; Q_{100 \text{ BV}09} = 1.38 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$Q_a = 2.38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S_m = 0.16 \times \pi \times D^2$$

$$P_m = 0.8 \times \pi \times D$$

$$R_h = 0.2 \times D$$

$$Q_{100} \leq Q_s = K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3} = K_{st} \times I^{1/2} \times 0.16 \times \pi \times D^2 \times (0.2 \times D)^{2/3}$$

### VII.7.3 Application Numérique

Pour un coefficient de rugosité :  $K_{st}=70$

On pose la buse sure une pente longitudinale de 0.5%

$$D = \left( \frac{2.38}{70 \cdot \sqrt{0.005} \times 0.16 \times \pi \times (0.2)^{2/3}} \right)^{3/8} = 1.47 \text{ m} \quad \text{on prend}$$

$$\text{Ø} = 1500 \text{ mm}$$

### Vérification des conditions d'auto-curage

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_{ps}} = \frac{3.54}{1.76} = 2.01 \text{ m/s.} < 4 \text{ m/s.}$$

$$\text{Pour } \frac{Qa}{Q_{ps}} = 0.1 \text{ on a } \frac{V}{V_{ps}} = 0.64 \text{ Alors } V = 0.64 \times 1.35 = 0.87 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s.}$$

$$\text{Pour } \frac{Qa}{Q_{ps}} = 0.01 \text{ on a } \frac{V}{V_{ps}} = 0.32 \text{ Alors } V = 0.32 \times 1.35 = 0.42 \text{ m/s} > 0.3 \text{ m/s.}$$

Toutes les conditions vis-à-vis de la durabilité de l'ouvrage en vue de l'érosion des parois et la stagnation des eaux sont vérifier.

### VII.4 Assainissement longitudinale

#### VII.4.1 Dimensionnement des fosses de forme trapézoïdale

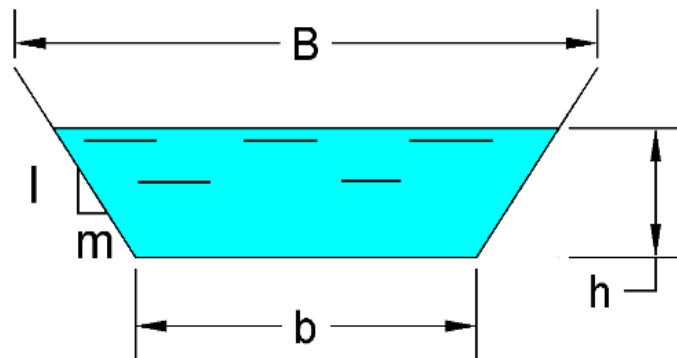


Figure VII - 3 schéma représentatif d'une fosse

### VII.4.2 Débit de saturation $Q_s$

Débit maximum à évacuer ce dernier est donné par la formule de **Manning-Strickler**

$$Q = K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3}$$

✚  $S_m$  : La surface mouillée

$$S_m = h(b+m.h)$$

✚  $P_m$  : périmètre mouillé

$$P_m = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

✚  $R_h$  : Rayon hydraulique

$$R_h = \frac{h(b+m.h)}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$$

✚  $Q_s$  : DEBIT

$$Q_s = K_{st} * I^{1/2} * h(b+m.h) * \left( \frac{h(b+m.h)}{b + 2h\sqrt{1+m^2}} \right)^{2/3}$$

### VII.5 Application au projet

Le système de drainage longitudinal a été dimensionné pour une période de retour de 20 ans ( $a=27.3$ ,  $b=0.73$ ).

Notre plateforme est disposée sous forme de chapeau chinois avec une largeur à droite de 6.8m et 1.2m à gauche.

Donc nous devons faire le dimensionnement de fossé droite puisque représente le cas plus défavorable. Le choix de type du fossé est en fonction du débit à évacuer qui est rapporté par la plateforme, les bermes et les talus :  $Q_a = Q_{pf} + Q_b + Q_t$ .

## Chapitre VII : Étude hydrologique et hydraulique

**Tableau VII - 4** Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai

		Cas remblai	Cas déblai
		Le cas plus défavorable : -longueur= 1450m -H <sub>talus</sub> = 6 m -Largeur de la plateforme= 6.8 m	Le cas plus défavorable : -Longueur= 735m -H <sub>talus</sub> = 6.5m -Largeur de la plateforme= 6.8 m
Plateforme	Cr	0.9	0.9
	P(m/m)	0.04	0.04
	A (Km <sup>2</sup> )	0.01	0.0049
	Tc(h)	0.06	0.044
	I (mm/h)	213	266.95
	Q <sub>pf</sub> (m <sup>3</sup> /s)	0.53	0.32
Talus	Cr	0.45	0.45
	P(m/m)	0.5	0.67
	A (Km <sup>2</sup> )	0.006	0.0065*0.735=0.00477
	Tc(h)	0.014	0.0098
	I (mm/h)	615.87	799
	Q <sub>T</sub> (m <sup>3</sup> /s)	0.46	0.47
Berm	Cr	-	0.45
	P(m/m)	-	0.04
	A (Km <sup>2</sup> )	-	0.000735
	Tc(h)	-	0.017
	I (mm/h)	-	534.48
	Q <sub>b</sub> (m <sup>3</sup> /s)	-	0.05
Qa (m <sup>3</sup> /s)		1	0.84

**Pour le calcul:**

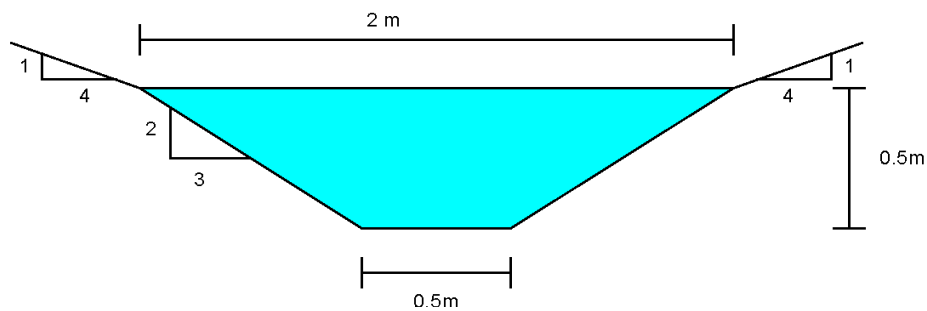
- On pose  $b = 0.5\text{m}$  et pour que  $m = 1.5, I = 1$ .
- Pour la pente hydraulique de la fosse 'I', on met  $I=2*10^{-3}$  c'est pour l'écoulement d'eau dans une section en béton.

Alors on obtient la formule suivante :

$$H = \left( \frac{Qa}{K_{st} \times b \times I^2} \right)^{3/5} \times \frac{(1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b})^{\frac{2}{5}}}{1 + \frac{h}{b}} \longrightarrow H = 0.67 \times \frac{(1 + 5.65h)^{\frac{2}{5}}}{1 + 2h}$$

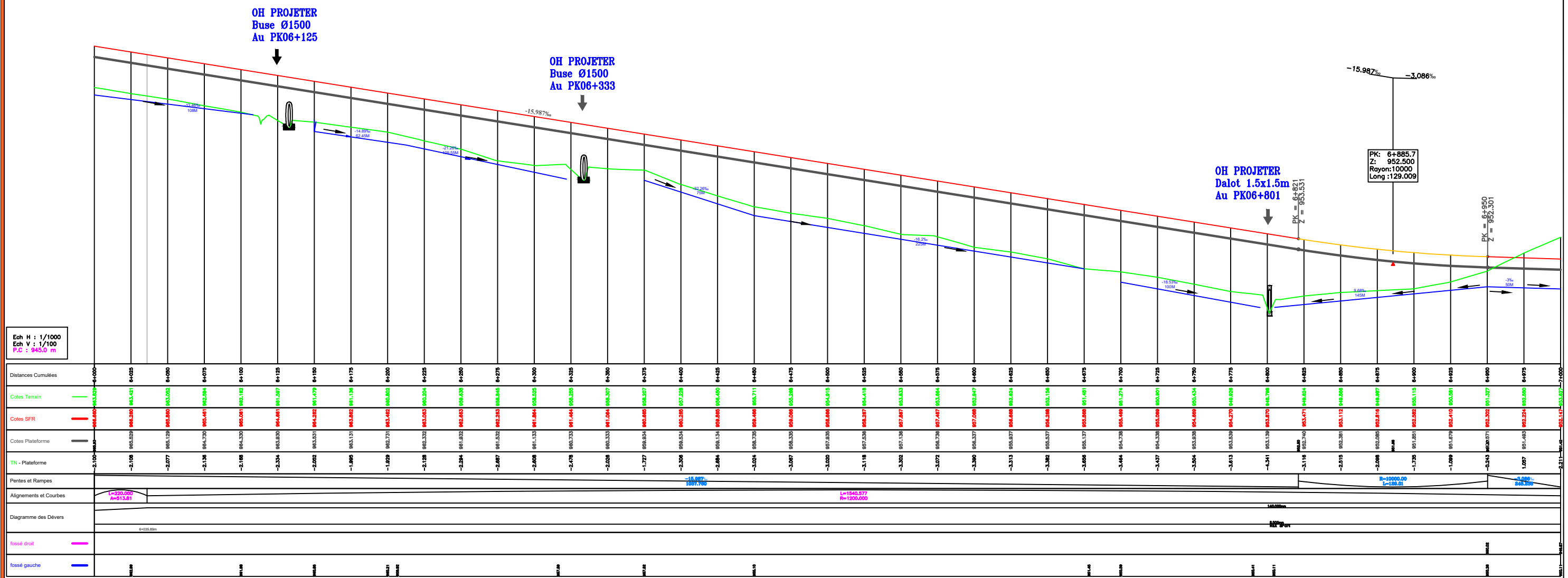
**Tableau VII - 5** les dimensionnements de la fosse proposent

B (m)	H(m)	m	$S_m(\text{km}^2)$	$P_m(\text{km})$	$R_h$	$K_{st}$	I(m/m)	$Q_s(\text{m}^3/\text{s})$
0.5	0.5	1.5	0.625	2.32	0.27	70	0.02	2.6 m <sup>3</sup> /s



**Figure VII - 4** dimensions détail de la fosse

Vers Ain Beida



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

PROJET DE FIN D'ETUDE  
 CONCEPTION ET ETUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAIRE (AIN BEIDA - KHENCHELA) DU PK 0+000 AU PK 10+345 A VOIE UNIQUE AVEC REAMENAGEMENT DE LA GARE AIN BEIDA UTILISANT LA TECHNOLOGIE DU BIM

Réalisé par  
 BOULHIA ELFEKAIR

Titre  
 calage des ouvrages hydraulique et l'assainissement longitudinale

Echelle  
 H 1/1000  
 V 1/100

Encadré par  
 Ing.CHENAA Hakim  
 Pr.Fedghouche Ferhat

Année universitaire  
 2022 / 2023

# Chapitre IIX

Etude géologique et  
géotechnique et  
dimensionnement de  
l'assise ferroviaire

# Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

## IIX.1 Etude géologique

### IIX.1.1 Introduction

L'étude géologique a pour objectif de prévenir tous les risques (cavité engendrée par dissolution des gypses, glissement de terrain, inondation, sismicité, phénomène de retrait-gonflement des argiles, remontée de nappe phréatique, tassement de sol compressible...) qui pourraient déstabiliser l'ouvrage, une grande partie de ce travail se concentre sur l'interaction entre le sol de fondation et la structure, l'étude doit se conclure par le dimensionnement d'ouvrages en garantissant la stabilité.

### IIX.1.2 Aperçu géologique sur le tronçon

Le domaine géologique de la région d'Ain Beida constitue la limite orientale des hautes plaines Constantinoises. Assez loin au Nord se dressent les premières pentes du Tell Constantinois.

A l'Est, au-delà du fossé de Terraguelt, se développe la zone des diapirs des monts du Méllègue. Au Sud et à l'Ouest s'étendent les vastes plaines de F'kirina et d'Oum el Bouaghi. Les premières manifestations tectoniques de la région d'Ain Beida sont liées à un diapirisme, les faciès sont des récifs classiques. La discordance Miocène atteste sur cette feuille d'Ain Beida de l'existence de la phase atlasique fini- éocène.

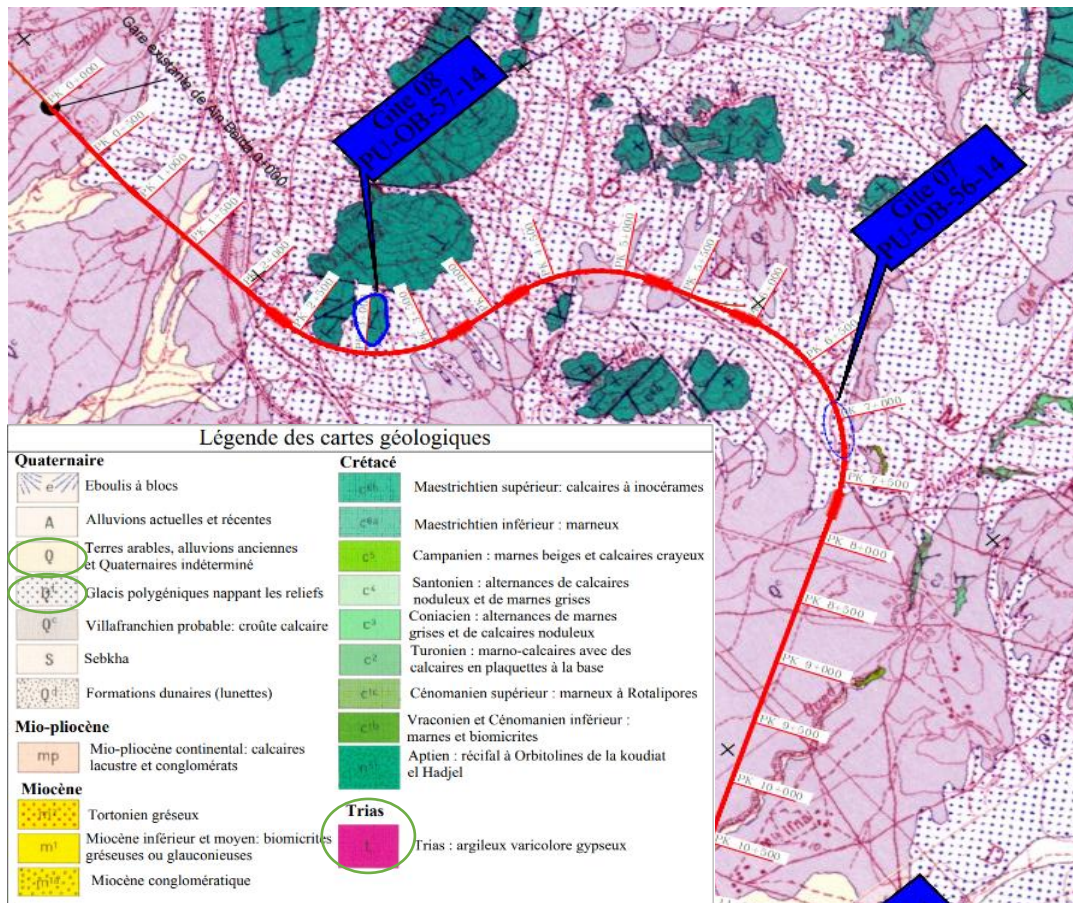


Figure IIX - 1 Carte géologique du tronçon objet d'étude

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

**t Trias : argileux varicolore et gypseux**

**Q : Terre arables alluvions anciennes et quaternaire indéterminé**

Des terres arables correspondent à des sols bruns ou calcaires installés sur des limons gris et de gravier

**Q<sup>t</sup> : Glacis polygénique nappant les reliefs parfois encroutés**

Les glacis couvrent de très vastes surfaces. Leur organisation en pente douce est tout à fait caractéristique.

### IIX.1.3 Les risques géologiques

De manière très générale, on distingue trois types de risques qui pourraient affecter l'environnement de la zone d'étude :

- ✚ Le risque que des séismes se produisent est modéré, avec des accélérations sismiques comprises entre  $0.1 \text{ m/s}^2$  et  $0.15 \text{ m/s}^2$ .
- ✚ Glissements de pente, motivés par la présence de terrains marneux, potentiellement altérables, dans des fortes pentes
- ✚ Karstifications développées dans les roches calcaires et dolomitiques, peuvent entraîner les effondrements ou les tassements dans le terrain.

### IIX.1.4 Interprétation

Notre trace traverse des terrains qui ne pose pas une grande vulnérabilité contre les risques géologique sauf le tronçon situé au PK 5 sur un linéaire de 500 mètres qui présente des formations argileuses susceptible d'engendrer des problèmes de gonflement, aussi la section entre le PK 2+300 et le PK 2+400, durant notre stage le jour nous étions présent sur site, lors de l'exécution des déblais la découverte d'une source d'eau dans la pleine plateforme proche d'un talus rocheux.

Le projet en question est situé dans la zone de sismicité faible, le dimensionnement des ouvrages géotechnique et des ouvrages d'arts ne pose pas des problèmes de stabilité dynamique.



**Figure IIX - 2** Substitution avec un matériau drainant au PK 02+400

# Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

---

## IIX.2 Etude géotechnique

### IIX.2.1 Introduction

Dans la pratique toute étude géotechnique doit commencer par la reconnaissance des sols qui doit d'abord permettre de localiser les différentes couches de terrain et de préciser la configuration générale de la zone à étudier, ensuite donne des informations sur les caractéristiques mécanique physique et chimique de chaque couche.

Pour cela deux techniques peuvent être utiliser :

- ✚ Le prélèvement des échantillons en vue de leur analyse au laboratoire
- ✚ Les essai in situ

### IIX.2.2 Objectifs de l'étude géotechnique

- ✚ Détermination de lithologie du sol.
- ✚ Détermination des caractéristique mécanique, physico-chimiques de chaque couche.
- ✚ Un bon choix de matériaux (cas de tuf gisement).
- ✚ Apprendre des différent risques naturels et autres.
- ✚ Etablir un dimensionnement d'assise ferroviaire.

### IIX.2.3 Programme d'investigation géotechnique

Les différents procédés de reconnaissance décrit ci-dessous montrent que les possibilités d'investigation sont très vastes, il est naturellement nécessaire d'effectuer un choix en fonction du type d'ouvrage à réaliser et des conditions géologique et morphologiques du site dans lequel il sera implanté les essais in situ qui complètent d'ailleurs les analyses de laboratoire.

### IIX.2.4 Lot voie

Vu que le tracé traverse un terrain un peu plat, des sondages sont préconisés pour chaque remblai et déblai donc il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques en place afin de vérifier :

- ✚ La capacité du sol en place à supporter des grands remblais.
- ✚ La stabilité des talus des grands déblais.
- ✚ La possibilité de réutilisation des matériaux de déblais en remblai.
- ✚ La capacité portante du sol pour le dimensionnement des couches d'assise.

#### IIX.2.4.1 Section en remblai

Dans les remblais on prévoit l'exécution de plusieurs puits de reconnaissance par section, selon la longueur et l'hétérogénéité du sol. Les puits seront exécutés à la pelle mécanique sur une profondeur moyenne de 03 m. Il sera prélevé des échantillons intacts paraffinés pour la détermination des paramètres intrinsèques et de comportements du matériau en place (teneur en eau, densité, cohésion, angle de frottement, paramètres de compressibilité et de consolidation).

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

### IIX.2.4.2 Section en déblais

L'étude de profil longitudinal établi du PK 0+000 au PK 10+345 fait apparaître quelques tronçons en déblais de hauteur variable qui ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique.

Ce programme a basé principalement sur la réalisation à la fois des puits de reconnaissances et des sondages carottés si les déblais sont importants et seulement sur les puits dans le cas contraire.

Le prélèvement des quantités suffisantes de matériaux remaniée pour les besoins des essais d'identification et essais mécaniques permettant de nous renseigner sur la possibilité de réutilisation des matériaux en remblais.

### IIX.2.4.3 Le programme d'investigation cas Remblai /Déblais

**Tableau IIX - 1** Les PK d'implantation du programme d'investigation (Lot voie)

R/D	PK		L(MI)	*H <sub>max</sub> (m)	PK H <sub>max</sub>	ESSAI GEOTECHNIQUE			
	Début	Fin				Profondeur(m)	ESSAI IN SITU		ESSAI AU LABO
							TYPE D'ESSAI	PK	
Faible déblai H < 1m	0+000	0+580	580	0.72	0+050	-	-	-	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - (Edomètre - Analyse chimique
Remblai	0+580	2+100	1520	1.14	0+850	2.00-3.00	PU SC PU PU	0+620 0+875 1+000 2+000	
Faible déblai H < 1m	2+100	2+475	375	0.44	2+275	-	-	-	
Remblai	2+475	2+600	125	-0.45	2+550	-	-	-	
Zone (+-) plat	2+600	2+675	75	/	/	-	-	-	
Remblai	2+675	4+900	2225	-1.80	4+800	2,20-3,000	PU	3+000	
Faible déblai H < 1m	5+120	5+520	400	6.5	5+350	-	PU	5+000	

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

Remblai	5+500	6+950	1450	-4.34	6+800	-	PU SC SP	6+115
Déblai	6+950	7+275	325	2.86	7+075	-	PU	7+075
Remblai	7+275	9+950	2675	-2.62	9+200	Refus 2.00-3.00	PU PU	8+000 9+000
Zone (+-) plat	9+950	10+20 0	250	/	/	Refus	PU	10+00 0

\*Ces  $H_{max}$  sont mesuré par rapport à l'axe de la voie projetée (non par rapport à le haut/bas talus)

### Essai in situ (Principes et objectifs)

#### IIX.2.4.4.1 Sondages carottés

A l'aide d'une foreuse, il permet de prélever des carottes dans les couches de sol sur plusieurs profondeurs et donc savoir la succession des couches en place.

#### IIX.2.4.4.2 Sondages pressiométriques

Le sondage pressiométrique est la succession de deux opérations : un forage pressiométrique et un ou des essais pressiométriques. Ces essais permettent d'apprécier la succession des couches du sol et éventuellement leur nature. L'essai aussi permis de calculer :

- ✚ La capacité portante des fondations de surface et profondes
- ✚ Le tassement a résistance des ancrages

Les résultats de l'essais sont présentés sous forme des trois paramètres suivants :

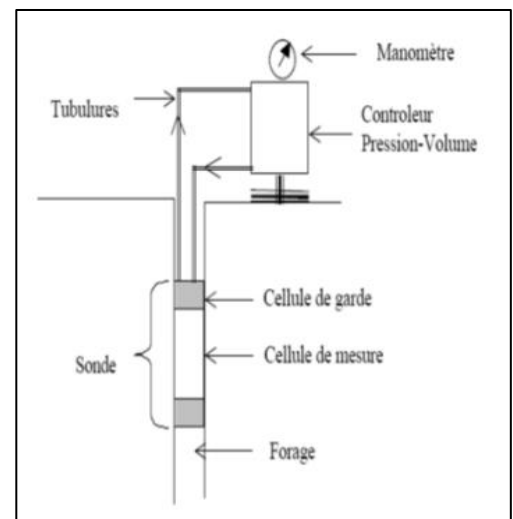
$P_f^*$  : Pression de fluage nette en (Mpa).

$E$  : Module de déformation en (Mpa).

$P_L^*$  : Pression limite nette en (Mpa).

#### IIX.2.4.4.3 Puits de reconnaissances

Il est considéré comme un prélèvement sur une profondeur d'environ **3 m** à l'aide d'une pelle mécanique ou une foreuse, effectué chaque **1 km** afin d'estimer l'épaisseur de la terre végétale, la nature de la couche superficielle, prise des prélèvements pour les essais au laboratoire.



**Figure IIX - 3** Schéma de principe d'un pressiomètre

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

---

### IIX.2.4.4.4 Pénétromètre dynamique lourd

Le principe consiste à battre dans le sol un pieu miniature que constitue un ensemble de tiges et à compter le nombre de coups nécessaire à un enfoncement dans le sol de 20 cm.

La résistance de pointe donnée par le sol ( $R_p$ ) est estimée en fonction de ce nombre de coups par la formule dite « des Hollandais » :

$$R_p = \frac{M^2 \cdot H \cdot g}{A \cdot (e / Nd_{20}) \cdot (M + p)}$$

Avec :

M : poids du mouton = 64 Kg

P : poids (pointe + accessoires + tiges)

e : enfoncement de 20 cm

H : hauteur de la chute du mouton = 75 cm

A : section de la pointe = 20 cm<sup>2</sup>

N<sub>d20</sub> : Nombre de coups pour un enfoncement de 20 cm

g : Accélération de la pesanteur

Les résultats de cet essai sont présentés sous forme graphique (pénétrogrammes), ils permettent d'avoir un aperçu sur la variation de la résistance du sol en fonction de la profondeur.

### IIX.2.4.4.5 Essai de « Standard Penetration Test » SPT

L'essai de pénétration au carottier consiste à déterminer la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier normalisé battu au fond d'un forage préalable. En fonction de la profondeur, on donne le nombre de coups de mouton N nécessaire pour enfoncer le carottier de 30 cm. Ce nombre N caractérise la résistance à la pénétration.

Les valeurs brutes obtenues N1, N2 et N3 de l'essai S.P.T réalisés et dont, seules les valeurs N2 et N3 seront prises en considération, car la valeur N1 correspond à la partie remaniée du sol et donc à éliminer, ainsi la valeur de N que nous prendrons en considération sera :  $N = N2 + N3$

### IIX.2.4.4 Résultats et interprétations des essais in situ

Les valeurs des paramètres à retenir pour la justification des fondations, des pentes de talus ou autre, résultent de l'interprétation des résultats d'essais. Cette interprétation tient compte en particulier pour les essais en place, et plus particulièrement pour les essais pressiométriques, de la possibilité de mauvaise exécution de certains essais et de l'hétérogénéité des terrains.

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

### IIX.2.4.5.1 Sondages pressiométrique (SP)

Tableau IIX - 2 Résultats des sondages pressiométriques effectués

N° SP	PK	Profondeur (m)	P <sub>f</sub> * (Mpa)	E (Mpa)	P <sub>L</sub> * (Mpa)	E / P <sub>L</sub> *	Classification d'après RPA 99/2003	
							Catégorie	Description
SP-01	0+875	01 – 10	1.02	15.80	1.62	9.70	S2	Ferme
			-	-	-	-		
SP-02	4+500	01 – 10	2.65	85	3.39	31.70	S2	Ferme
			0.38	4.17	0.72	5.80		
SP-03	6+115	01 – 05	-	-	-	-	S2	Ferme
			4.92	488	4.92	99.4		
SP-04	8+120	12	1.01	26.6	1.57	9.95	S2	Ferme
			-	-	-	-		
			4.88	134	4.88	55.2		
			/	23	2.14	10-12	S2	Ferme

### Classification sismique du sol

#### Principe

La classification du site peut se faire à partir des résultats de l'essai pressiométrique réalisé, selon la note de calcul suivante :

$$P_{Li} = \frac{\sum_i^n H_i}{\sum_i^n \left(\frac{H_i}{P_{Li}}\right)} \qquad E_i = \frac{\sum_i^n H_i}{\sum_i^n \left(\frac{H_i}{E_i}\right)}$$

**P<sub>Li</sub>** : Pression limite moyenne à travers la couche (i) d'épaisseur (h<sub>i</sub>)

**E<sub>i</sub>** : Module pressiométrique moyen à travers la couche (i) d'épaisseur (h<sub>i</sub>)

**h<sub>i</sub>** : épaisseur de la couche (i).

L'interprétation des résultats est faite d'après le tableau 3.2 classification des sites (chapitre III) du RPA 99/2003.

#### Interprétation

Les essais pressiométriques réalisés sur le site ont mis en évidence la présence d'un sol doté de caractéristique mécaniques relativement variable avec des valeurs de pressions limite nette P<sub>L</sub>\* dans les différentes sections du tronçon allant de 0.72 Mpa à 4.92 Mpa, ce qui est justifié par les seuils prévu de ce type des sols (Argile et marne : P<sub>L</sub>\*[0 – 4]).

D'après les sondages carotte obtenus et selon RPA 99/2003 la catégorie de notre site **S2 et ferme**.

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

### IIX.2.4.5.2 Sondages carotté (SC)

**Tableau IIX - 3** Résultats des sondages carottés réalisés

N° SC	PK	Profondeur (m)	Description lithologique	Profondeur des échantillons paraffinés (m)
SC 01	0+875	00.00-00.40m	Remblai homogène de corps de chaussé de la piste d'accès, composé d'une argile tufacée et des fragments de croûte carbonatée.	/
		00.40-01.30m	Argile limoneuse, moyennement graveleux-caillouteuse, brunâtre.	/
		01.30-01.80m	Croûte carbonatée, indurée de couleur beige, récupérée sous forme de fragments.	/
		01.80-10.00m	Argile tufacée, limono-marneuse et sablo-graveleuse, de couleur beige à grise claire.	2.50-2.85 5.50-5.80 7.60-8.05

\*Les résultats des autres sondages sont ci-joint dans l'annexe du chapitre.

### Interprétation

Globalement on remarque bien que les sols Argileux sont prédominant sur les couches de terrain jusqu'à les profondeurs de 10m, avec une variation dans l'alternance de la présence des autres types de sols, tel que les marnes, limons, alluvions...

### IIX.2.4.5.3 Pénétromètre dynamique lourd (PDL)

**Tableau IIX - 4** Résultats des pénétromètres dynamiques effectués

N° PDL	PK	Ouvrage	Profondeur de refus (m)	Lithologie
PDL-01	0+800	Remblais	- 1.20	Croûte carbonatée
PDL-02	4+675	Remblais	- 1.40	Alluvions
PDL-03	5+100	Déblai	- 2.60	0.00-1.80m : Alluvion 1.80-2.60 : Marne
PDL-04	6+000	OH	- 1.80	0.00-1.50m : Argile tufacée 1.50-1.80 : Marne
PDL-05	7+700	Remblais	- 1.60	0.00-1.00m : Argile graveleuse 1.00-1.60 : Marne

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

### Interprétations

L'analyse des résultats PDL nous a permis à la fin de définir le toit des substratum rocheux présent dans les différentes sections, représenté par la profondeur de refus.

Le PDL-01 (PK 0+800) le refus est enregistré dans la croûte carbonatée indurée à 1.20 mètre de profondeur.

Un faux refus enregistré dans la couche des alluvions, il s'agit de PDL-02, réalisés au niveau du PK 4+675 une profondeur sub-surface de 1.40 mètre

Donc on remarque que le substratum rocheux est généralement situé entre 1m et 3m de profondeur,

#### IIX.2.4.5.4 Essai de « Standard Penetration Test » SPT

Résumé des résultats des essais pressiométriques réalisés pour estimer la compacité des sols

**Tableau IIX - 5** Résultats des essais SPT et la classification correspondante

N°	PK	Unité géotechnique	Profondeur SPT (m)	Nombres des coups			N <sub>2</sub> + N <sub>3</sub>	Classification du sol selon la norme XP P94-011
				N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>		
SPT 01	4+500	Alluvion	05.00-05.45	Refus			>50	Sol très dense
		Marne	10.00-10.45	Refus			>50	Sol très dense
SPT 02	8+120	Argile tufacée	05.00-05.45	07	13	18	31	Sol dense
		Marne	10.00-10.45	08	15	24	39	Sol dense

### Interprétation

A partir des résultats obtenus, on peut estimer que le sol présent en place est majoritairement un sol dense à très dense.

#### IIX.2.4.5 Essais au laboratoire

Les essais de laboratoire ont été réalisés sur des échantillons prélevés à l'état remanié et intact prévenant des puits de reconnaissances et les sondages carottés. Les essais collectés dans la phase d'APD et la phase d'exécution ont pour but d'identifier les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques du terrain le long de tronçon.

#### IIX.2.4.6.1 Essais d'identifications physiques

##### Teneur en eau et densité apparente

Teneur en eau : représente la quantité d'eau contenu dans un échantillon de sol.

$\omega$  (%): Teneur en eau.

$\gamma_h$  (g/cm<sup>3</sup>): Densité humide.

$\gamma_d$  (g/cm<sup>3</sup>) : Densité sèche.

$S_r$  (%): Degré de saturation.

# Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

## Analyses granulométriques

Dans cette classification selon la granularité, un sol donné est désigné par le nom de la classe granulaire la plus important

**% < 5 mm** : Pourcentage des passants inférieurs à 5 mm

**% < 2 mm** : Pourcentage des passants inférieurs à 2 mm

**% < 80 µm** : Pourcentage des passants inférieurs à 80 µm

**% < 2 µm** : Pourcentage des passants inférieurs à 2 µm

## Limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg permettent de détecter les teneurs en eau (exprimées en %) correspondant aux limites des différents états (limite de liquidité, limite de plasticité)

**WL (%)**: Limite de liquidité.

**WP (%)**: Limite de plasticité.

**IP (%)** : Indice de plasticité.

**Ic** : Indice de consistance.

**Tableau IIX - 6** Qualificatif de la fraction du sol constituée d'éléments inférieurs à 400 µm en fonction de l'indice de plasticité

Indice de plasticité (%)	Qualificatif
$I_p \leq 12$	Non plastique
$12 < I_p \leq 25$	Peu plastique
$25 < I_p \leq 40$	Plastique
$I_p > 40$	Très plastiques

### IIX.2.4.6.2 Essai mécanique

#### Essai de cisaillement à la boîte

Pour l'objet de mesurer les caractéristiques de rupture d'un échantillon de sol fin saturé soumis à un cisaillement direct selon un plan imposé à une vitesse constante

**C'**: Cohésion (KPa)

**Φ'**: Angle de frottement interne en degré (°)

#### Essai de compressibilité à l'œdomètre

Pour une bonne stabilité d'assise d'une ligne ferroviaire construite sur une section de remblai il est important d'évaluer pour les sols rencontrés

-La hauteur du tassement final produit.

-Le temps nécessaire pour atteindre ce tassement final.

**P<sub>c</sub> (bars)** : Pression de consolidation.

**C<sub>c</sub> (%)** : Coefficient de compressibilité.

**C<sub>s</sub> (%)** : Indice de gonflement.

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

---

### Proctor modifié

L'essai Proctor modifié est un essai qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche optimale d'un sol par compactage

**Tableau IIX - 7** Qualificatif du sol en fonction de sa masse volumique sèche

État	Masse volumique $\rho_d$ (kg/m <sup>3</sup> )
Peu dense	$\rho_d \leq 1\ 600$
Dense	$1\ 600 < \rho_d \leq 1\ 800$
Très dense	$\rho_d > 1\ 800$

### Essais CBR imbibés (après immersion)

Est un essai de portance qui donne l'aptitude des matériaux à supporter les charge des remblais et des couches de forme, il permet d'évaluer la traficabilité des engins des terrassements.

### Analyse chimique

Selon la norme P 18-011 classification des environnements agressifs

Pour avoir une idée générale sur le degré d'agressivité du sol, il été procédé aux analyses chimiques comprenant les tests suivants :

- Analyse sommaire chimique du % de Sulfates ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ )
- % des carbonates, chlorure et de matière organique MO

#### IIX.2.4.6 Résultats et interprétations

Les résultats et leurs interprétations pour ces essais sont résumés dans les tableaux de format A3 dans les pages suivantes :

Puits de reconnaissance (PUI) :

Tableau IIX - 8 Les essais physiques

Désignation	PK	Profondeur (m)	Teneur en eau naturelle (%)	VBS (en g pour 100 g)	Granulométrie par tamisage (% passants)							Limite d'attaerberg				Nature	Classification	
					Dmax(mm)	%<5(mm)	% < 2 (mm)	% < 0.2 (mm)	% < 0.1(mm)	% < 80 (µm)	% < 2 (µm)	WL %	Wp %	Ip %	Ic		-	GTR
PUI-01	0+620	2.00-3.00	11.9	0.65	16	79.13	68.83	53.89	52.01	51.92	24	27.25	15.14	12.11	1.00	Tuf	A2	QS1
PUI-02	1+000	0.6-1.00	8.36	0.2	31.5	61.18	45.07	27.36	23.48	22.12	4.7	29.3	18.4	10.9	1.00	Croute carbonatée broyée	B5	QS1c
PUI-03	2+000	1.00-3.00	13.47	0.19	31.5	58.55	48.99	33.57	29.20	27.72	8.55	29.28	19.90	9.38	1.00	Tuf	B5	QS1c
PUI-04	3+000	02.20-3.00	11.3	0.42	31.50	56.38	49.36	39.76	34.76	32.74	15.30	33.08	17.17	15.91	1.00	Tuf	B6	QS1c
PUI-05	4+000	Refus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--		-
PUI-06	5+000	1.50-3.00	17.1	0.89	5	97.88	95.60	92.37	90.48	89.95	-	42.02	20.09	21.93	1.00	Tuf	A2	QS1
PUI-07	6+000	Refus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--		-
PUI-08	7+000	1.00-3.00	27.7	1.48	5	98.71	97.81	94.69	93.44	93.26	63.04	60.64	30.01	30.63	1.00	Argile marneuse	A3	QS1
PUI-09	8+000	Refus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--		-
PUI-10	9+000	2.00-3.00	14.72	0.80	5	97.10	93.80	86.00	78.50	73.40	24.98	32.00	21.01	10.99	1.00	Tuf	A1	QS1
PUI-11	10+000	Refus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--		-

Interprétation des résultats

Exemple pour le PUI-01 Selon UIC719R on dit :

- ✚ VBS > 0.2 : Le sol est sensible à l'eau.
- ✚ Les dimensions des grains donne une classe granulaire d'un Sable fin argileux
- ✚ D'après  $W_l$  et  $I_p$  on a un sol peu plastique
- ✚ D'après ces derniers résultats du PUI-01 la nature du sol est un sol Sable fin argileux Peu plastique sensible à l'eau.

Essais physiques :

- Les teneurs en eau varient entre 8.36 et 27.7 %.
- L'indice de plasticité ( $I_p$ ) varie de 9.38 à 30.63.
- Les passants à 2mm sont compris entre 45.07 et 97.81%.
- Les passants à 80µm sont compris entre 22.12 et 93.26%.

Exemple : Classifications selon GTR pour PUI-01 au PK 0+620

- Classe des sols :

$D_{max} = 16 \text{ mm} < 50\text{mm} \Rightarrow$  donc classe de ce sol est A ou B ou D.  
 Le passant à 80µm est de 51.92 %  $\Rightarrow$  alors la sous classe de sol sera : Ai  
 $12 < I_p = 12.11 < 25 \Rightarrow$  donc la sous classe sera A2.

Classification selon l'état hydrique :  $0.9 \leq I_c = 1.00 < 1.05 \rightarrow$  état humide

Donc selon classifications GTR le sol est de classe : **A2h**

• Classification selon UIC (719 R) :

Le pourcentage des fines est égal à 51.92 % === Sols comportant plus de 40 % de fines

• Alors le sol est de classe QS1 (sols médiocres).

**Tableau IIX - 9** des essais mécaniques

Désignation	PK	Profondeur (m)	Proctor modifier		C.B.R Après immersion						Indice CBR immédiat à 95 % de L'OPM
			$\gamma_{dopm}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\omega_{opm}$ (%)	56 coups		25 coups		10 coups		
					$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	I <sub>CBR</sub> (%)	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	I <sub>CBR</sub> (%)	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	I <sub>CBR</sub> (%)	
PUI-01	0+620	2.00-3.00	2.06	8.25	2.05	80.75	1.99	37.07	1.89	13.62	28.24
PUI-02	1+000	0.6-1.00	1.91	11.2	1.84	133	1.75	45.85	1.65	26.74	58.99
PUI-03	2+000	1.00-3.00	1.99	9.9	1.92	69.10	1.87	52.15	1.73	9.65	42.01
PUI-04	3+000	02.20-3.00	1.97	9.5	1.96	27.00	1.93	18.87	1.88	12.88	11.94
PUI-05	4+000	Refus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PUI-06	5+000	1.50-3.00	1.92	9.8		7.63		11.53			
PUI-07	6+000	Refus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PUI-08	7+000	1.00-3.00				9.67		13.14		16.43	-
PUI-09	8+000	Refus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PUI-10	9+000	2.00-3.00	1.87	13.5	1.86	13.01	1.81	10.18	1.58	0.51	8.59
PUI-11	10+000	Refus	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Essais mécaniques :

-L'indice CBR à 95 % imbibé à 04 jours compris entre 8.59 et 58.99.

-Les densités de Proctor Modifié varient entre 1.87 et 2.06 avec une teneur en eau comprise entre et 8.25 et 13.5 %.

**Interprétation des résultats**

-Les résultats des limites d'essai Proctor sur les échantillons ont donné Les valeurs de densités optimale ( $\gamma_{dOPM}$ ) varient entre 1,87 t/m3 et 2.06 t/m3, Et des teneurs en eaux optimales ( $\omega_{OPM}$ ) varient entre 8,25 % et 13.5%, Ces résultats montrent que le matériau analysé, présente une forte densité au compactage,

-Les essais de portance CBR ont donné bonne valeur d'indices CBR à 95% de l'OPM, les valeurs obtenues varient entre 8.59% et 58.99%.

**Tableau IIX - 10** des analyses chimiques

<b>Analyse chimique</b>							
<b>Désignation</b>	<b>PK</b>	<b>Profondeur (m)</b>	<b>Teneur en matière organique (%)</b>	<b>Chlorure (NaCl) %</b>	<b>Carbonates (CaCO3) %</b>	<b>Sulfates (CaSO4, 2H2O) %</b>	<b>Anhydride Carbonique (CO2) %</b>
<b>PUI-01</b>	<b>0+620</b>	<b>2.00-3.00</b>	/	0.48	34.48	Traces	15.17
<b>PUI-02</b>	<b>1+000</b>	<b>0.6-1.00</b>	/	0.29	81.89	Traces	36.03
<b>PUI-03</b>	<b>2+000</b>	<b>1.00-3.00</b>	/	0.53	32.75	Traces	14.41
<b>PUI-04</b>	<b>3+000</b>	<b>02.20-3.00</b>	/	0.35	44.8	Traces	19.7
<b>PUI-05</b>	<b>4+000</b>	Refus					
<b>PUI-06</b>	<b>5+000</b>	<b>1.50-3.00</b>	/	0.35	62.06	Traces	27.31
<b>PUI-07</b>	<b>6+000</b>	Refus					
<b>PUI-08</b>	<b>7+000</b>	<b>1.00-3.00</b>	/	0.26	74.13	Traces	32.02
<b>PUI-09</b>	<b>8+000</b>	Refus					
<b>PUI-10</b>	<b>9+000</b>	<b>2.00-3.00</b>	/	0.48	41.37	Traces	18.20
<b>PUI-11</b>	<b>10+000</b>	Refus	/				

**Selon la norme P 18-011 classification des environnements agressifs**

D'après les résultats obtenus du pourcentage de sulfate présent dans les sols prélevés, on remarque

bien l'existence juste de quelque trace de ce dernier, et donc l'environnement est considéré « faiblement agressif ».

Ainsi pas de mesures particulières, le béton fabriqué suivant les règles de l'art doit être compact par ses qualités intrinsèques.

Par rapport au taux de présence des Anhydride carboniques et des chlorures dans le sol, le milieu est classé comme environnement

« Très fortement agressif » ce qui nécessite une protection externe par badigeonnage d'enduit isolant (flain cote par exemple)

**Essais chimiques :**

-Les chlorures varient de 0.26 à 0.53 %

-Les carbonates varient de 34.48 à 81.89 %

-Les anhydrides carboniques varient de 14.41 et 36.0 %

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

### IIX.2.5 Lot ouvrage d'art

Dans le tronçon objet d'étude, du PK 0+000 au PK 10+345, on a un seul ouvrage d'art au **PK 08+106** considéré comme un passage supérieur destiné à la circulation des véhicules de la route vers la commune de Meskiana.

La campagne d'investigation pour ce lot a consisté à la réalisation de :

- ✚ Un sondage carotté SC-04 de 10.45 m de profondeur.
- ✚ Un (01) sondage pressiométrique SP-04 de 10.45 m de profondeur.
- ✚ Un SPT-02 de 10.45 m de profondeur.

### IIX.2.6 Résultats et interprétations

- ✚ Le sondage carotté a donné une description lithologique qui montre la présence des Argiles tufacé jusqu'à la profondeur de 5m et après des Marnes jusque à la limite de 10 m
- ✚ Le sondage pressiométrique SP-04 réalisé sur ce PK révèle que le sol est classé comme un site ferme S2, donc il peut recevoir les fondations de l'ouvrage d'art sans des problèmes de stabilité.
- ✚ L'essai de SPT nous a permis de classer le sol présent comme un sol dense selon la norme XP P94-011.

### IIX.2.7 Identification des gites à matériaux

Les gites d'emprunt qui ont fait l'objet de prélèvements de matériaux pour le besoin de notre projet sont présentés sur le tableau suivant :

**Tableau IIX - 11** Résultats des prélèvements et les caractéristiques des gites

N°	N° du gite / PK	Commune/ Wilaya	Distance au tracé (Km)	Etat	Accès	Matériau à explorer	Possible utilisation	Dimension de gite	
								S (ha)	V (m <sup>3</sup> )
01	Gite 01/PK03	Ain Beida / Oum El Bouaghi	Côté Nord du PK 3+000	Actuellement non exploité	Facile	Tuf graveleux	En remblai	10	250 000
02	Gite 02/PK05	Ain Beida / Oum El Bouaghi	Côté ouest du PK 5+000	Actuellement non exploité	Facile	Tuf	- Couche de remblai et couche de forme	5	125 000
03	Gite 03/PK07	F'kirina / Oum El Bouaghi	Côté Nord du PK 7+000	Actuellement non exploité	Facile	Tuf graveleux	En remblai	4.5	135 000

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

### IIX.2.7.1 Localisation des Gites d'emprunt sur Google earth



Figure IIX - 4 Localisation des gisements

### IIX.2.7.2 Résultats

Les gites prospectés sont constitués par :

Des zones indépendantes du tracé ou sur le tracé constitué de matériaux naturels, généralement des tufs, il s'agit des gites du PK 03,05 et 07.

### IIX.2.7.3 Essais au laboratoire

Des essais physiques, mécaniques et chimiques ont été programmés aux niveaux des prélèvements à la pelle dans le but de mieux comprendre le comportement des sols. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau suivant

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

**Tableau IIX - 12** Résultats des essais au laboratoire effectué sur les gites d'emprunt

N° Gite /PK	Prof (m)	Granulométrie			VBS	Wn %	Limite d'Atterberg			Proctor Normal		Proctor Modifié		Indice CBR à 95 %
		D max (mm)	%<2 mm	%<0.08 Mm			% Wl	% Wp	Ip	$\gamma$ OPN (t/m <sup>3</sup> )	% W OPN	$\gamma$ OPN (t/m <sup>3</sup> )	% W OPM	
Gite 01 PK 03	2.00-3.00	31.5	49.4	32.7	0.42	11.3	33	17	16	/	/	1.97	9.5	11.9
Gite 02 PK 05	0.50-3.00	/	/	/	0.33	13.5	Non mesurable			Essai non réalisable (élément sup à 20mm > 30%)				
Gite 03 PK 07	0.20-3.00	9	50	42	/	5.2	28	14	14	1.69	10.2	/	/	11.8

**Tableau IIX - 13** Résultats des classifications pour les gites d'emprunt

Classification		
N° Gite /PK	GTR	UIC
Gite 01 PK 03	B6-h	QS1
Gite 02 PK 05	C1B5s	QS3
Gite 03 PK 07	A2-ts	QS1

D'après le GTR, l'état hydrique de ces matériaux et les conditions météorologiques sur le chantier vont définir les conditions de leurs réutilisations en couche de remblai (voir annexe chapitre IIX).

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

---

### IIX.3 Dimensionnement de la Plateforme

#### IIX.3.1 Classification de la qualité des sols (UIC 719R)

D'après les résultats obtenus dans le précédents volet des résultats des essais au laboratoire, la classification des sols de la plateforme du projet étudié révèle la présence majoritaire de la classe **QS1**

#### IIX.3.2 Classe de portance de la plateforme

La portance d'une plateforme dépend de la qualité du sol constituant le corps de remblais ou du sol en place du fond du déblai De la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsque cette dernière existe).

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

- ✚ P1 : une portance médiocre.
- ✚ P2 : une portance moyenne.
- ✚ P3 : une portance bonne.

#### IIX.3.3 Plateforme envisagée

Compte tenu de ce qui précède, notamment de la classe des qualités du sol support (en déblai et en remblai) le plus souvent rencontré le long du tracé est en majorité **QS1**, l'importance de notre infrastructure ainsi que les prescriptions données par les UIC nous optons pour une plateforme de type **P2** (plateforme moyenne) ; ce qui nécessite une couche de forme approprié.

#### IIX.3.4 Epaisseur de la couche de forme

Selon les données géotechniques et les données de base de la ligne **Ain Beida – Khenchela**-sous mission et suivant les indications de la fiche **UIC 719-R**, l'épaisseur de la couche de forme sera définie comme suit :

- ✚ La classification du sol dominante sur le long du tracé est **QS1**.
- ✚ La plateforme envisagée est de classe « **P2** »,

Concernant le besoin d'obtention d'une plate-forme de qualité de support du type **P2**, sur les matériaux **QS1** on a adopté une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** par une épaisseur de **35 cm**.

# Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

## IIX.4 Dimensionnement de l'assise ferroviaire

### IIX.4.1 Couche de ballast et de sous-couche

Le dimensionnement des épaisseurs des couches de ballast et sous-ballast a été fait suivant la norme UIC 719 R, qui montre les épaisseurs requises par une ligne ferroviaire.

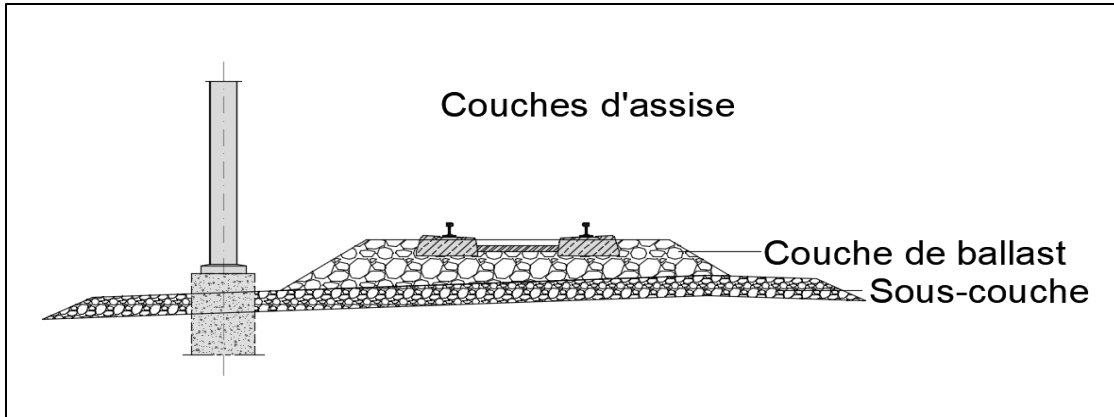


Figure IIX - 5 Composition des couches d'assise

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

Détermination des paramètres de dimensionnement selon la fiche UIC 719 R :

- ✚ **E** : Pour les plates-formes de classe de portance P2 on a  $E = 0.55 \text{ m}$
- ✚ **a** : pour les groupes UIC (3 et 4)  $a = - 0.05\text{m}$
- ✚ **b** : Pour les traverses béton de longueur  $L$  on a  $b = \frac{2.5-L}{2}$  selon les données de projet les traverses sont bi-bloc de Longueur  $L = 2.24 \text{ m}$ , Alors :  $b = \frac{2.5-L}{2} = \frac{2.5-2.24}{2} = 0.13 \text{ m}$
- ✚ **c** : Pour un dimensionnement normal  $c = 0 \text{ m}$
- ✚ **d** : Lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 KN implique que **d = 0.05 m**.
- ✚ **f** : Pour une ligne parcourue avec la vitesse de 160 km/h  $f = 0 \text{ m}$ .
- ✚ **g** : pour une couche de forme en sol de qualité QS3 on n'a pas besoin d'un géotextile  $g=0$

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

$$e = 0.55 - 0.05 + 0.13 + 0 + 0.05 + 0 + 0$$

$$\text{Donc } e = 0.68 \text{ m} = 68 \text{ cm}$$

$$\text{On prend } e = 70 \text{ cm}$$

### IIX.4.2 Les différentes couches de la sous-couche

On sait que notre tracé est réalisé seulement en pleine voie sans l'existante des pont rails donc :

## Chapitre IIX : Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire

$$e_{\text{Ballast}} = 30 \text{ cm}$$

$$e_{\text{sous-couche}} = e - e_{\text{Ballast}} = 40 \text{ cm}$$

$$e_{\text{sous-ballast}} = 20 \text{ cm}$$

$$e_{\text{couche de fondation}} = 20 \text{ cm}$$

Récapitulatif de l'épaisseur des différentes couches est dans la figure suivante :

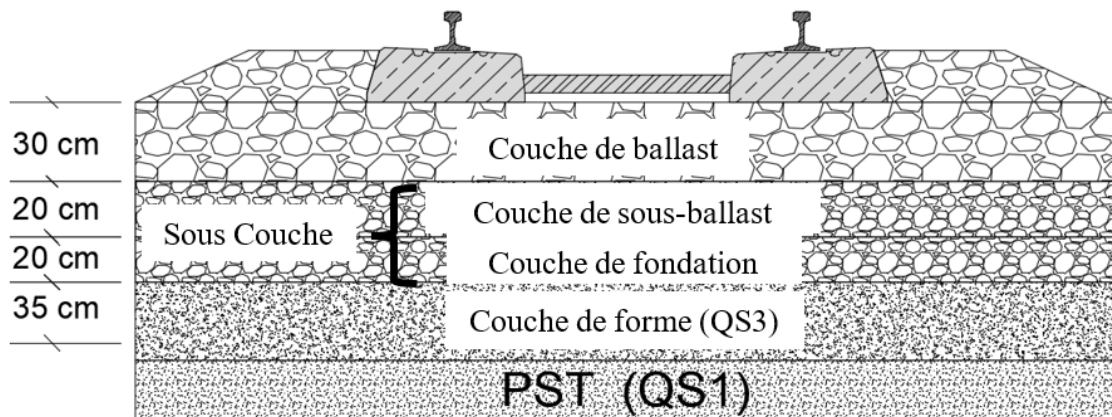


Figure IIX - 6 Epaisseurs des couches d'assise

### IIX.4.3 Exigence sur les matériaux d'assise

#### IIX.4.3.1 Ballast

Le ballast sera constitué par 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 :  $\leq 19 \%$ .
- ✚ Résistance à l'usure Micro Deval :  $\leq 6 \%$ .
- ✚ La dureté globale DRG  $\geq 12$ .
- ✚ La granulométrie doit être comprise dans le fuseau suivant (25/50mm)
- ✚ Résistance à la compression :  $RC \geq 1200 \text{ kg/cm}^2$ .
- ✚ Les éléments doivent avoir une forme polyédrique et à arêtes vives.
- ✚ Propreté : les matériaux doivent être expurgés de toute matière impropre. ( $< 1.6 \text{ mm}$  ne doit pas excéder  $0.5 \%$  de la masse totale)

#### IIX.4.3.2 Sous ballast et couche de fondation

Pour la construction du sous-ballast et conformément au document des spécifications techniques (fiche n°1 de la norme ST590B), il est prévu :

- ✚ L'emploi de grave entièrement concassée (0 /31.5mm), bien graduée avec une valeur de propreté  $V_{bg} \leq 1$
- ✚ Un coefficient de forme  $A \leq 25$ . Son compactage doit permettre d'obtenir une compacité équivalente à  $q_1$  correspondant à 100% de l'Optimum Proctor Modifié (OPM).
- ✚  $LA + MDE \leq 50$  (Ligne de vitesse = 160km/h).

# **Chapitre IX**

## **Terrassement et ouvrages d'art**

### IX.1 Terrassement

#### IX.1.1 Introduction

Les terrassements sont l'ensemble des travaux qui sont réalisés sur le terrain naturel (excavation, chargement, transport, nivelage, compactage, ...) et qui se terminent par la livraison du sol support de l'assise ferroviaire. Ces terrassements sont réalisés par l'exécution de déblais et de remblais.

#### IX.1.2 Règles et objectifs

- Utiliser et s'adapter aux matériaux du chantier ou d'une zone d'emprunt la plus proche possible (cas pratique des gites 1, 2 et 3 situé à côté du tracé)
- Adapter le terrain naturel au profil en long du projet et opte pour une portance suffisante afin de permettre la réalisation des couches d'assise.
- Penser au stabilité, drainage et protection des talus à court et à long terme.

#### IX.1.3 Remblais

L'étude de profil longitudinal établi (PK 00+000 au PK 10+345) fait ressortir des tronçons en remblai sur un linéaire de 7995ml qui ont des hauteurs maximales variable entre 0.45m et 6.5m.

En se basant sur l'étude géotechnique réalisé et sur les recommandations du chapitre 07 de la SNTF concernant les pentes de talus en remblais, ils seront profilés à :

- 3H/2V pour une hauteur  $H_v \leq 6m$
- 2H/1V pour une hauteur  $H > 6m$

Tableau IX - 1 Les tronçons en remblais

PK début	PK fin	Linéaire (m)	Hmax (m)	Pente proposer
0+580	2+100	1520	1.14	3H/2V
2+475	2+600	125	0.45	3H/2V
2+675	4+900	2225	1.80	3H/2V
5+500	6+950	1450	6.5	2H/1V
7+275	9+950	2675	2.62	3H/2V

#### IX.1.4 Déblais

Les sections concernées par les terrassements en déblais représentent des hauteurs variables allant de 0.44 m à 2.86 m. (par rapport à l'axe de la voie projetée).

Les sondages carottés et les puits de reconnaissances exécutés au prêt de ces section ont mis en évidence des formations généralement meubles, constituées d'argiles tufacées et des marnes argileuses.

De même que les remblais, les pentes de talus en déblais seront profilées à :

- 3H/2V pour une hauteur  $H_v \leq 6m$
- 2H/1V pour une hauteur  $H > 6m$  avec une berme de 2m chaque 6m de hauteur.

## Chapitre IX : Terrassement et ouvrages d'art

Les principales zones de déblai le long du tracé allant du PK 00+000 au PK 10+345 sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IX - 2 Les tronçons en déblais

PK début	PK fin	Linéaire (m)	Hmax (m)	Pente proposé
00+000	00+580	580	0.72	3H/2V
02+100	02+475	375	0.44	3H/2V
05+120	05+520	400	6.50	2H/1V
06+950	07+275	325	2.86	3H/2V

### IX.1.5 Stabilité des talus

Les paramètres géotechniques concernés et qui influent sur les analyses de stabilité des déblais et des remblais sont :

- ✚ Poids volumique  $\gamma$ .
- ✚ Cohésion  $c$ .
- ✚ Angle de frottement interne  $\varphi$

La stabilité des talus a été effectuée en utilisant la méthode de Bishop et à l'aide du logiciel GEO5 (en MEF), en basant sur les données géométriques des profils en travers courants et les résultats de l'investigation géotechnique.

L'objectif est de vérifier si le facteur de sécurité  $F_s$  le long d'un cercle de glissement donné respecte que :

- ✚  $F_s \geq 1.5$  pour la stabilité à long terme (LT)
- ✚  $F_s \geq 1.3$  pour la stabilité à court terme (CT)
- ✚  $F_s \geq 1$  pour le cas sismique (S)

Dans le cas de séisme, étant notre zone classée en zone I (sismicité faible), selon le RPA 99 / Version 2003 (10.3 Stabilité Des Pentes) on a les coefficients suivants :

Le coefficient d'accélération de zone A = 0.2

Les coefficients sismiques :  $K_h = 0.5A(\%g) = 0.1$ ,  $K_v = \pm 0.3K_h = 0.03$ . Représentant les forces horizontales contenues dans les plans verticaux de plus grande pente et dirigées vers l'aval et les forces verticales descendantes ou ascendantes.

### IX.1.6 Application

En tenant compte de l'homogénéité du matériau utilisé en remblai (TUF) et le sol en place dans les déblais (Argile tufacée et marne argileuse), on a effectué le calcul de la stabilité des taules juste sur les deux importantes sections dans chaque cas.

### Principe de redans d'accrochage

Afin d'assurer la liaison entre le remblai existant et celui de la nouvelle voie, on a opté pour la réalisation d'une méthode constructif basé sur « les redans d'accrochage » qui garantis cet objectif tout en vérifiant la stabilité de l'ensemble.

## Chapitre IX : Terrassement et ouvrages d'art

**Tableau IX - 3** Résumé des résultats obtenus pour le calcul de stabilité des déblais et des remblais

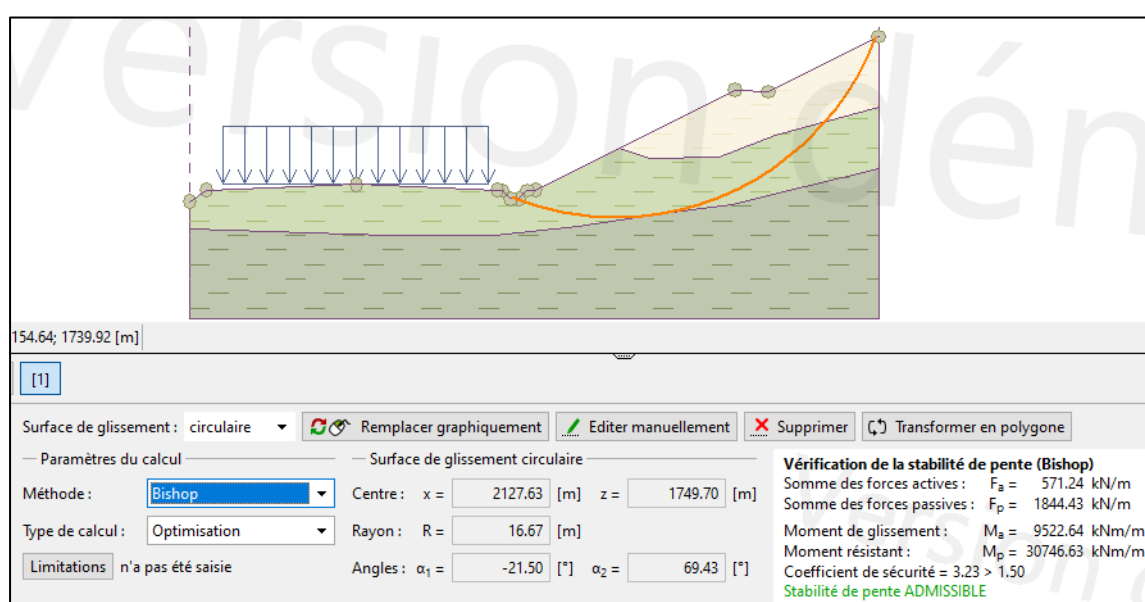
Stabilité au PK de Hmax	Nature de sol	Caractéristiques			Hmax	Pente	Fs			Observation
		$\gamma_h$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (Kpa)	$\varphi$ (°)			LT	CT	S	
04+650 (Remblai)	TUF	20	15	40	6	3H/2V	2.02	-	1.33	Stable
06+775 (Remblai)	TUF	20	15	40	6	3H/2V	1.61	1.61	1.34	Stable
05+350 (Déblai)	Argile tufacée (4.4m-4.9m)	21.6	46.93	12.1	6.50	2H/1V	3.23	3.23	2.63	Stabilité satisfaisante dans les différentes situation
	Marne argileuse (à8.6m)	19.7	37.99	25.6						

### NB

- ✚ Par manque des caractéristiques du matériau de remblai existant (cohésion et l'angle de frottement), on suppose les caractéristiques suivantes (le cas échéant) :  
 $\gamma_h = 20 \text{ KN/m}^3$ ,  $c = 5 \text{ Kpa}$ ,  $\varphi = 35^\circ$ .
- ✚ L'assise ferroviaire de chaque voie (existante et nouvelle) est représentée par une charge surfacique uniformément répartie égale à  $136 \text{ KN/m}^2$  de hauteur de 1m et de largeur 8m.

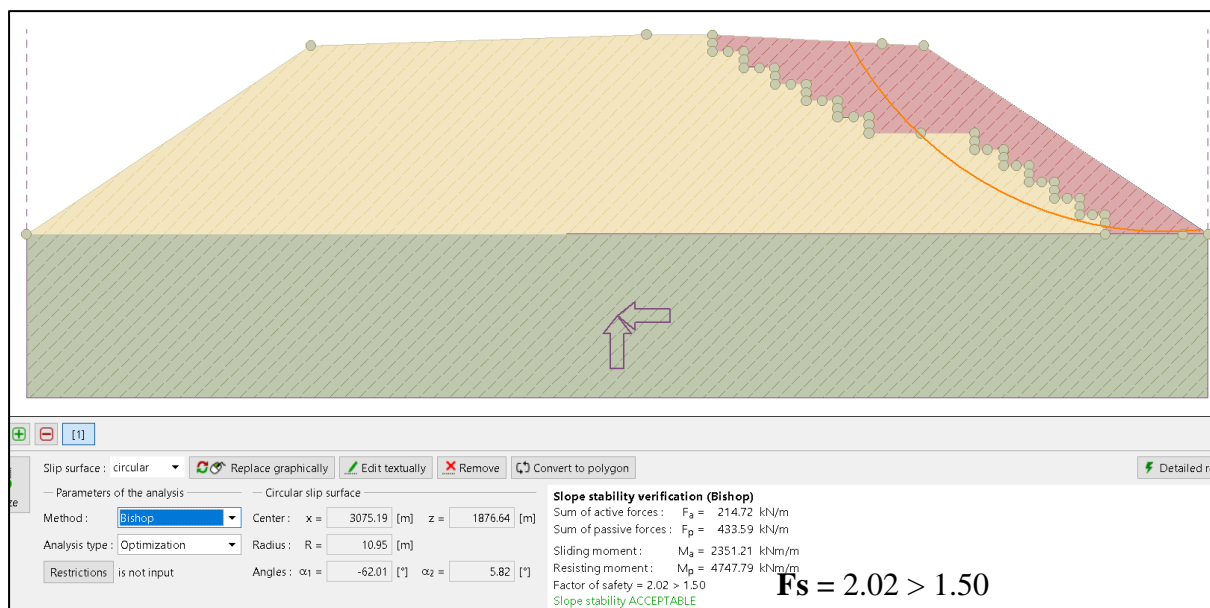
### IX.1.7 Les résultats de logiciel

#### IX.1.7.1 Déblai



**Figure IX - 1** Résultats de stabilité du déblai à long terme

## IX.1.7.2 Remblai



**Figure IX - 2** Résultats de stabilité du remblai à long terme

## IX.1.8 Interprétation

Dès l'achèvement de l'étude géotechnique et la classification des sols selon le GTR ensuite l'UIC, on a pu estimer que la stabilité de nos ouvrages en terres est assurée vu que la majorité des sols utilisés en remblai ou en place en déblai présentent des caractéristiques géotechniques satisfaisantes, et ce qui est vérifié par le calcul de la stabilité à ce stade.

Nous remarquons que le facteur de sécurité  $F_s$  à court terme est le même que celui à long terme, qui est justifié par l'absence de la nappe phréatique et les venues d'eau souterraines.

## IX.1.9 Volume des terrassements et des matériaux d'assise

Pour le calcul des quantités de matériaux utilisés (en remblais et en couche d'assise) aussi excavé le long du tronçon et à cause de la différence entre les profils en travers types de la section du dédoublement et ceux de la nouvelle voie (voir chapitre profil en travers type), on a divisé le tracé en deux parties :

Partie 01 : PK 00+000 au PK 05+500

Partie 02 : PK 05+500 au PK 10+345

Le calcul des cubatures a été fait à l'aide de l'outil informatique et les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :

**Tableau IX - 4** Récapitulatifs des volumes terrassements

Partie	Terrassement	Volume (m <sup>3</sup> )
01	Déblai	38 315
	Remblai	27 437
	Couche de forme	15 637
02	Déblai	20 296

## Chapitre IX : Terrassement et ouvrages d'art

	Remblai	59 821
	Couche de forme	16 711
Total	Déblai	58 611
	Remblai	87 258
	Couche de forme	32 347

Tableau IX - 5 Récapitulatifs des volumes des matériaux d'assise

Partie	Matériaux d'assise	Volume (m <sup>3</sup> )
01	Ballast	10 211
	Sous-ballast	8 100
	Couche de fondation	8 453
02	Ballast	9 022
	Sous-ballast	8 078
	Couche de fondation	8 697
Total	Ballast	19 233
	Sous-ballast	16 178
	Couche de fondation	17 150

### IX.2 Ouvrage d'art

Ce présent chapitre traite les ouvrages d'art projetés sur notre tronçon. A raison de la situation du tracé sur la zone des hauts plateaux, on n'a pas d'ouvrage important dans le sens de la topographie du terrain, des obstacles franchit, type de sols traversé ou la sismicité du site.

Dans la conception des nouvelles lignes ferroviaire la SNTF exige la suppression de tous les passages à niveau (intersection entre la voie ferrée et la route), dans cet objectif et après l'établissement des contraintes qui nécessite des ouvrages d'art on trouve le passage supérieur (PS) au PK 08+106 qui rétabli la route vers Meskana au-dessus de cette nouvelle voie vers Khenchela.

#### IX.2.1 Passage supérieur au PK 08+106

Dans le chapitre « Description de tracé » on a indiqué qu'il y a deux passages supérieurs existants (PK 02+050 et PK 03+525) dès la réalisation de la ligne vers Tébessa et que les longueurs des travées sont dimensionnées pour recevoir une autre voie de dédoublement, avec un entraxe de 5m. Alors on va présenter juste le passage supérieur projeté au PK 08+106.

#### IX.2.2 Caractéristiques

Type : Pont à poutre en béton armée.

Travée : 18 m (pour futur dédoublement avec un entraxe de 4.20 m)

Largeur du tablier : 8.80 m

Gabarit (FSR-Bas du tablier) : 7.00 m

## IX.2.3 Vue en plan

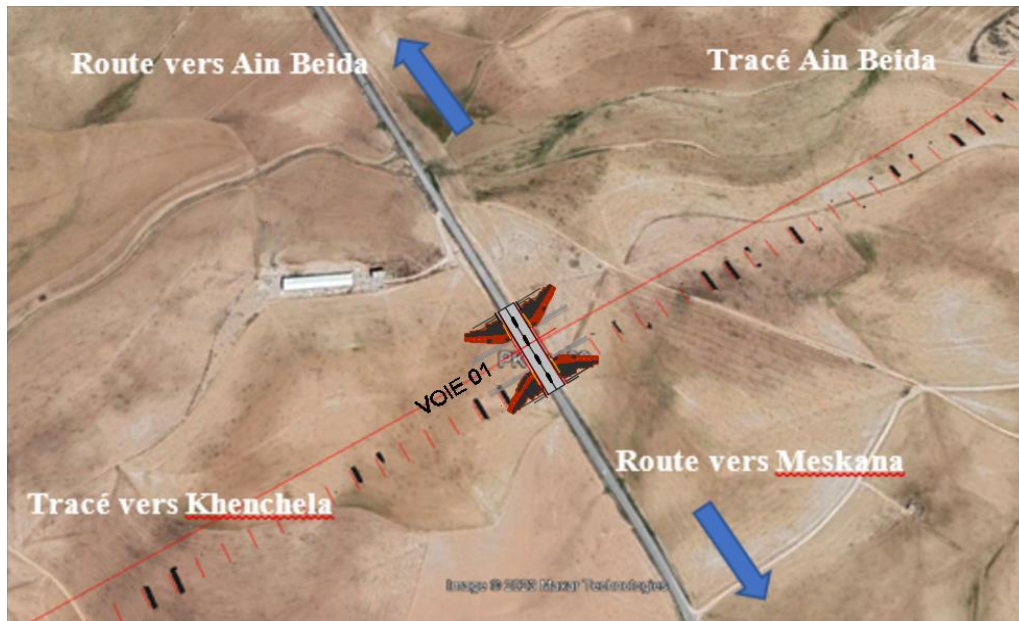


Figure IX - 3 Localisation et vue en plan du passage supérieur au PK 08+106

## IX.2.4 Vue en élévation

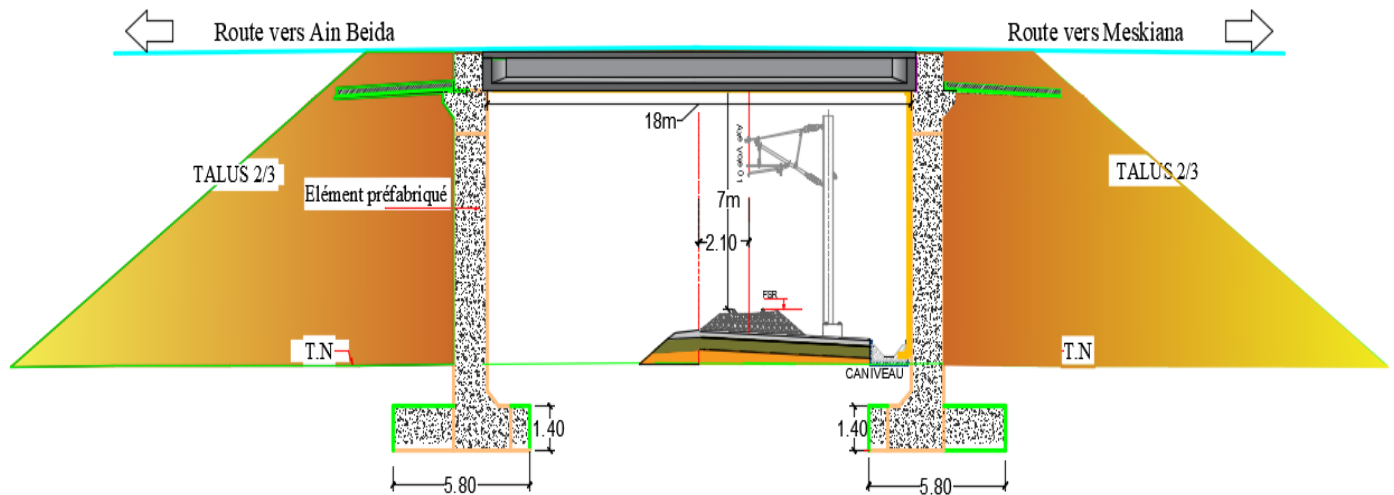


Figure IX - 4 Vue en élévation du passage supérieur au PK 08+106

# Chapitre X

## Réaménagement de la gare d'Ain Beida

### X.1 Conception de la ligne

La ligne ferroviaire AIN BEIDA-KHENCHELA est une ligne à Trafic mixte avec trafic pour les voyageurs et pour la marchandise, la ligne traverse des communes ou il y a des gares pour encourager à l'urbanisation de la région.

\* Principe du réaménagement consiste a ajouté des voies.

### X.2 Matérielle roulant sur la gare de Ain Beida

Matérielle roulant est l'élément principale qui définit la longueur utile nécessaires pour les voies d'évitement des gares

- ✚ Pour les trains voyageurs Stadler Flirt en composition double avec une capacité de 288 places assises en 2ème classe et de 786 places debout. La vitesse maximale de ces trains sera de 160 km/h avec un poids total de 400 t et pour trois véhicules et chaque un a une longueur de 75m.



Figure X - 1 le train exploitant la ligne de AIN BEIDA-KHENCHLA

- ✚ Pour les trains marchandise la longueur des wagons est variable.

### X.3 La gare de Ain Beida

Puisque la gare de Ain Beida déjà existant par ce qu'entre dans la ligne **AIN MLILA-TEBESSA** dans le cadre académique on doit réaménager cette gare avec un raccordement de la nouvelle ligne **AIN BEIDA-KHENCHELA**.

- ✚ La gare de Ain Beida est destinée au stationnement des voyageurs pour La ligne de (**Ain Miila-TEBESSA**) et pour cette nouvelle ligne (**AIN BEIDA-KHENCHELA**) et pour les trains marchandise en cas de panne.
- ✚ Vitesse maximale de 160 Km/h pour voyageurs et 100 Km/h pour marchandises.
- ✚ Voie unique, avec possibilité de future duplication.
- ✚ Un mode de traction mixte

## X.4 TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

Le tracé de la gare Ain Beida se situe sur un alignement droit de 1200m avec une pente 0‰ sur laquelle se situent les voies (voie principale, des voies de stationnement)



**Figure X - 2** Vue en plan de la gare existant de Ain Beida

## X.5 Les caractéristiques de la gare de Ain Beida

### X.5.1 NOMBRE DE VOIES

La gare d'Ain Beida est une gare voyageurs composée de deux voies principales.

- ✚ V1 est une voie principale (pour la ligne Ain Mlila-Tébessa) qui passe par cette gare
- ✚ V2 une voie principale (pour la ligne Ain Beida - Khenchla)
- ✚ V4 et V6 et V8 destinée au stationnement des trains voyageurs même en cas de panne des wagons

### X.5.2 Appareille de Voie

La vitesse  $V_{voy}$  est limitée à 160 km/h, donc à l'arrivé de la gare on réduire cette vitesse à 70 km/h et 50km/h, selon (SNTF) (ADV de type UIC 60 E1-500-1:12 et UIC 60 E1 300-1:9).

**Tableau X - 1** ADV utilisé dans la gare Ain Beida

Types de ADV	Rayon (m)	Angle	$V_{D'entré}$ (km/h)	Dimensions
UIC60 E1 UIC 54	500	1 : 12	70	
	300	1 : 9	50	

### X.5.3 Marge de Glissement A l'aval des signaux

Selon UIC 741 :

Pour la gare de Ain Beida la longueur de la marge de glissement correspondante À une vitesse

$V \geq 60$  Km/h alors :

La marge de glissement à l'aval des signaux : Pour notre projet **LG = 200 m.**

### X.5.4 Garage franc

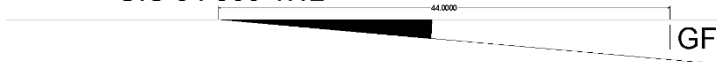
En raison de sécurité, le garage franc sera installé à 1.0 m de distance garage franc théorique :

$$GF = 3.57/\tan(\alpha) + 1.0$$

**Tableau X - 2** longueur de garage franc pour les deux types ADV

ADV	GF (m)
UIC60/54 E1 500 1:12 DD/DG	44
UIC 60 /54 300 E1 1:9 DD/DG	33.5

UIC 54 500 1:12



**Figure X - 4** longueur de Garage Franc Pour ADV UIC 54 5001:12

UIC 54 300 1:9



**Figure X - 3** longueur de Garage Franc pour ADV UIC 54 300 1:9

### X.5.5 Longueur utile des voies

Les valeurs de la longueur utile sont représentées dans la norme SNTF (aménagement et gare, tracé des voies), tel que : La longueur utile minimale pour les trains voyageurs est : 426 m

- ✚ Lu (V1 et V2) = 1029 m.
- ✚ Lu (V2 et V4) = 937 m.
- ✚ Lu (V4 et V6) = 566 m.

### X.5.6 Les quais

La Gare de **Ain Beida** a un QUAI A avant voie 1. Le QUAI B est Communiqué par un passage souterrain au bâtiment voyageur qui dont l'accessibilité pour le voyageur monter sur le train et

## Chapitre X Réaménagement de la gare d'Ain Beida

aller vers **khenchela** Selon la SNTF les caractéristiques des quais adoptés pour la Gare de Ain Beida sont les suivantes :

- Longueur des quais :  $L = 225$  m ce qui correspond à 3 fois un véhicule de 75 m.
- Largeur des quais A:  $l = 6$  m.
- Largeur des quais B:  $l = 8$  m
- Hauteur des quais : quai mi-haut  $H = 55$  cm.
- Distance du quai par rapport à l'axe de la voie : 1650 mm

La gare de Ain Beida est située en alignement droit donc  $R = \infty$

$I$  : l'écartement de la voie (1435mm)

$$L = 1650 + S$$

$$\text{Avec: } S = \frac{3750}{R} + \frac{(I-1435)}{2}$$

Alors on obtient  $L = 1650$ mm

- Entraxe des quais : pour la gare Ain Beida = 11.3m

### X.5.7 Heurtoir

Les heurtoirs sont placés aux extrémités des voies pour éviter que les véhicules en mouvement continuent leur chemin en dehors de la voie, dans notre projet en est place deux heurtoir à l'extrémité de la voie V4 et V8.

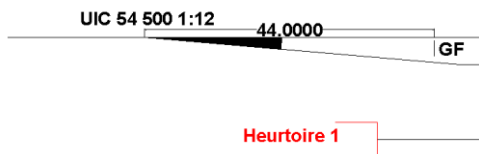


Figure X - 6 Heurtoir 1

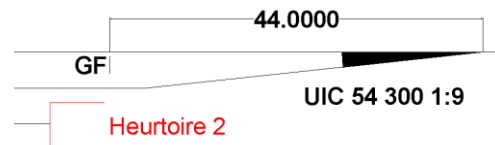


Figure X - 5 Heurtoir 2

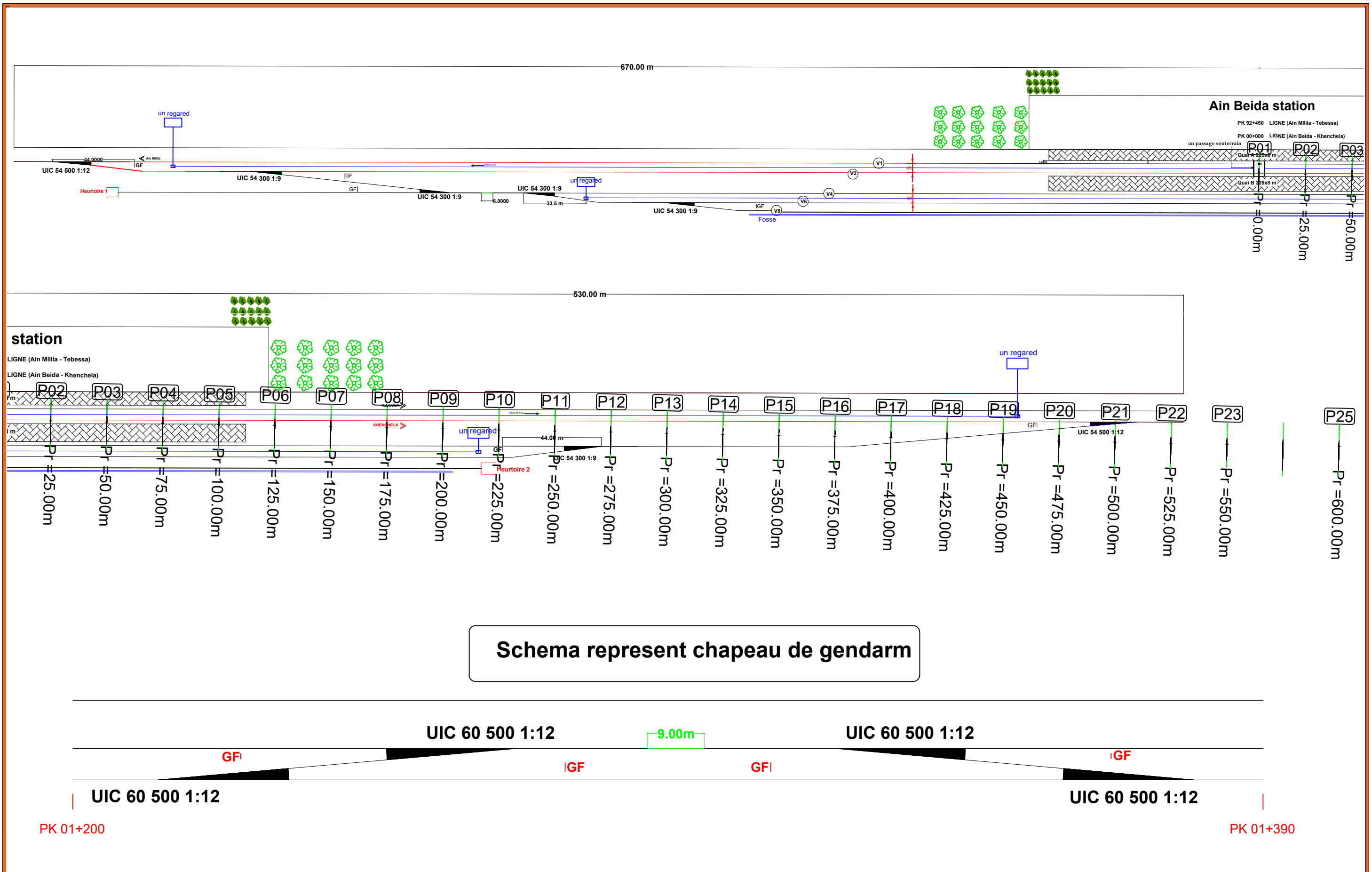
### X.6 Chapeau de gendarme


On est obligé d'implante un chapeau de gendarme du PK 01+200 au PK 01+390 pour assure la communication entre les deux voies(deux type ADV Utilisée UIC 60) (V1 et V2).

### X.7 Conclusion

Déjà la gare d'Ain Beida existe on a Juste ajout trois vois et vérifier les dimensions des éléments de la gare et ajoute des appareille de voie d'entre et de sortie et implante deux heurtoirs.





 <p>ENSTP École Nationale Supérieure des Travaux Publics National School of Built and Ground Works Engineering</p>	<p>Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger          Fax : ( 023 ) 70 19 38    Site web : <a href="http://www.enstp.edu.dz">www.enstp.edu.dz</a>          Tel : (023) 70 19 04    E-mail : <a href="mailto:enstp@enstp.edu.dz">enstp@enstp.edu.dz</a></p>	<p>PROJET DE FIN D'ETUDE</p>	<p>Réalisé par</p>	<p>Titre</p>	<p>Echelle</p>	<p>Encadré par</p>	<p>Année universitaire</p>
		<p>CONCEPTION ET ETUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAIRE (AIN BEIDA - KENCHELA) DU PK 0+000 AU PK 10+345 A VOIE UNIQUE AVEC REAMENAGEMENT DE LA GARE AIN BEIDA UTILISANT LA TECHNIQUE DU BIM</p>	<p>BOULHIA ELFEKAIR</p>	<p>Schema de principe de la gare D'Ain Beida avec de chapeau de gendarme</p>	<p>1/100</p>	<p>Ing.CHENAA Hakim Pr.Fedghouche ferhat</p>	<p>2022 / 2023</p>

# **Chapitre XI**

## **La signalisation et l'électrification de la voie**

## XI.1 La signalisation

### XI.1.1 Introduction

La signalisation ferroviaire est un système de signaux et de dispositifs qui sont utilisés pour garantir la sécurité des trains et des personnes qui les utilisent. Elle comprend des signaux visuels et panneaux, des équipements de communication, des circuits de voie, des systèmes de contrôle de train, des équipements de détection de train et des dispositifs de protection de la voie.

### XI.1.2 But de signalisation

- ✚ Éviter les collisions face à face entre les trains
- ✚ Éviter le rattrapage des trains
- ✚ Améliorer le changement des vitesses sans qu'il y'aura un déraillement.
- ✚ Améliorer l'arrêt et augmenter le débit d'une ligne ferroviaire

### XI.1.3 Catégories

Les signaux ferroviaires se partagent en deux catégories : les feux et les panneaux

#### XI.1.3.1 Les feux

Les feux peuvent être de cinq couleurs différentes :

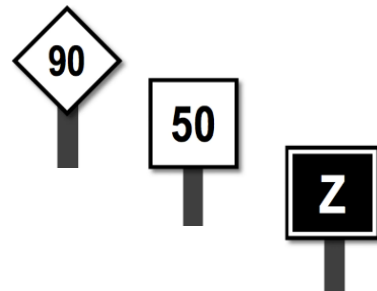
- ✚ Rouge ou violet : impose l'arrêt ou une progression très réduite
- ✚ Le jaune : commande un ralentissement
- ✚ Le vert et le blanc : autorise l'avancement des trains



#### XI.1.3.2 Les panneaux

Ce sont des tableaux indicateurs de plusieurs types, par exemple :

- ✚ Tableau indicateur de vitesse à distance (mobile)
- ✚ Tableau indicateur de vitesse à distance (fixe)
- ✚ Exécution (début de limitation de vitesse)



### XI.1.4 Positionnement des signaux

Les signaux sont implantés à gauche de la voie car les trains circulent à gauche, ils sont peut-être implantés à droite si on a un manque de place à cause des contraintes.

### XI.1.5 Système de gestion des signaux pour le projet

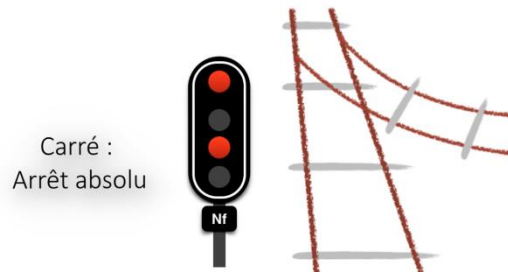
#### XI.1.5.1 Block Automatique Lumineux BAL

Il est utilisé dans les lignes où le trafic ferroviaire est important, le changement des signaux de chaque canton se fait entièrement automatique (un seul canton varie entre 1 km jusqu'à 2 km), donc il permet un débit max sur la voie et un espacement optimal entre les trains.

## Chapitre XI : La signalisation et l'électrification de la voie

Dans ce système, il faut veiller à éviter les collisions et les déraillements au niveau des bifurcations lorsque la voie est équipée par un autre train ou que les aiguilleurs ne sont pas bien positionnés, alors on utilise soit :

✚ Un carré qui exige l'arrêt absolu



✚ Une réduction de vitesse





### XI.1.5.2 Application sur le projet





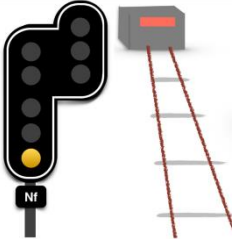
La ligne ferroviaire AIN BEIDA KHENCHELA doit assurer la circulation d'un nombre suffisant de véhicules pour couvrir la demande prévue de passagers et de marchandises, dans cet effet on adapte le système Block Automatique Lumineux.

L'exemple d'application de quelques signaux et leurs indications est donné par le tableau suivant et illustré sur la figure en annexe: (l'implantation des signalisation des signaux est faite du PK 10+345 au PK 0+000, en supposant qu'un train voyageur arrive de **Khenchela** vers **Ain Beid**

**Tableau XI - 1** l'implantation des signalisation des signaux

Signalisation	Symbole Lumineux	Indication	PK d'implantation
Panneau en forme de losange contenant un chiffre		Tableau indicateur de vitesse à distance (150 m près avant le signale suivant)	05+300
Panneau carré au fond noir avec la lettre Z en blanc		Exécution; début de la limitation de vitesse	05+150 (Début de la courbe avec R = 1000m)

## Chapitre XI : La signalisation et l'électrification de la voie

<p>Panneau carré au fond noir avec la lettre R en blanc</p>		<p>Reprise; fin de la limitation de vitesse</p>	<p>04+100 (Fin de la courbe avec R = 1000m)</p>
<p>Le disque</p>		<p>Ralentissement à 30 km/h ou arrêt au prochain feu, aiguillage ou gare</p>	<p>01+300</p>
<p>Carré au fond blanc « Gare 500m »</p>		<p>La distance qui reste pour atteindre une gare</p>	<p>01+000</p>
<p>Feu blanc clignotant</p>		<p>Départ du train en manœuvre sur distance courte vers une voie de garage (30 km/h max)</p>	<p>0+300</p>
<p>Feu jaune</p>		<p>Annonce heurtoir</p>	<p>Sur voie de stationnement dans la gare</p>

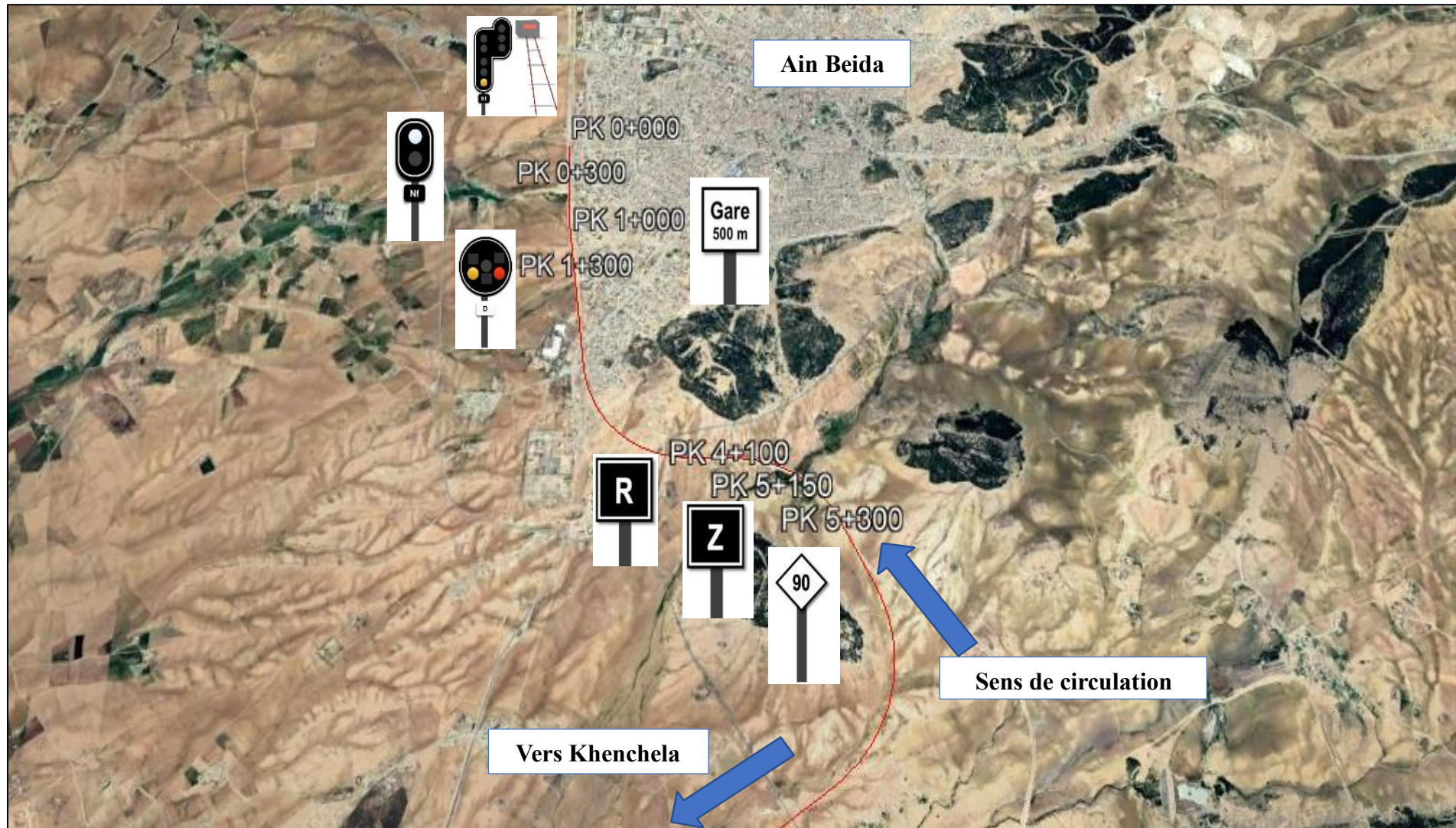


Figure XI-1 Exemple d'implantation de la signalisation sur notre tronçon

### XI.2 Électrification

#### XI.3 Introduction

L'électrification d'une ligne ferroviaire consiste à remplacer les sources d'énergie non électrique telles que les moteurs diesel, par des sources d'énergie électrique

#### XI.4 Principe d'électrification des lignes ferroviaire

Le principe d'électrification des ligne ferroviaires consiste à fournir de l'électricité est fournir à partir d'une source d'alimentation externe telle qu'un réseau électrique et est transmises au train via un caténaire.

Un réseau d'alimentation en énergie électrique ainsi que l'ensemble des équipements du matériel roulant constituent le cœur du système électrique ferroviaire. Une voie ferrée électrifiée peut être représentée par une ligne de transport d'électricité composée de :

##### XI.4.1 Un générateur de courant

Appelé " sous-station ", est connecté à l'extrémité de cette ligne qu'il peut alimenter, soit en courant continu, soit en courant alternatif.

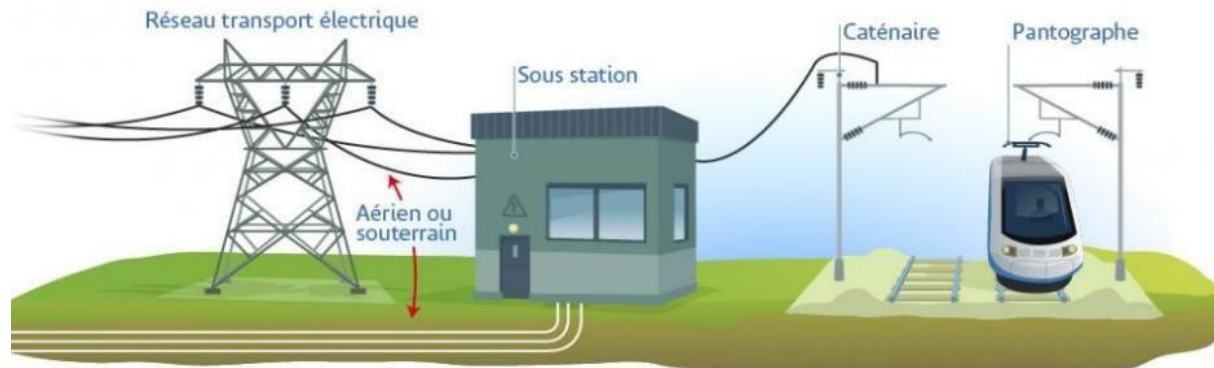


Figure XI - 1 Sous station électrique

##### XI.4.2 Système caténaire

Une caténaire est un système d'alimentation électrique utilisé pour alimenter les trains électriques en énergie. Elle est constituée :

Le système de caténaire utilise une tension continue (DC) ou une tension alternative (AC) pour alimenter le train en fonction du type de réseau électrique utilisé pour la ligne ferroviaire.

Les câbles de la caténaire sont alimentés par des sous-stations électriques situées tout au long de la ligne. Ces sous-stations sont reliées à des lignes électriques haute tension qui fournissent l'énergie nécessaire pour alimenter les câbles de la caténaire.

Le choix de l'utilisation de la caténaire dépend des spécifications et des exigences de la ligne ferroviaire, telles que la vitesse des trains, la capacité de transport, la longueur de la ligne, les

coûts d'installation et d'exploitation, ainsi que les réglementations et les normes locales en matière de sécurité et d'environnement.

### XI.5 Généralités sur la caténaire 25 kV



Figure XI - 2 Élément de caténaire

### XI.6 Le gabarit de la caténaire

La hauteur de la caténaire, mesurée entre le plan supérieur des rails et le fil de contact est variable et dépend de la présence d'obstacles (ponts, tunnels). Elle est normalement de 5,75 m

Peut descendre à 4,64 m sous tunnel la hauteur du fil de contact s'abaisse progressivement pour dégager le gabarit électrique de l'ouvrage

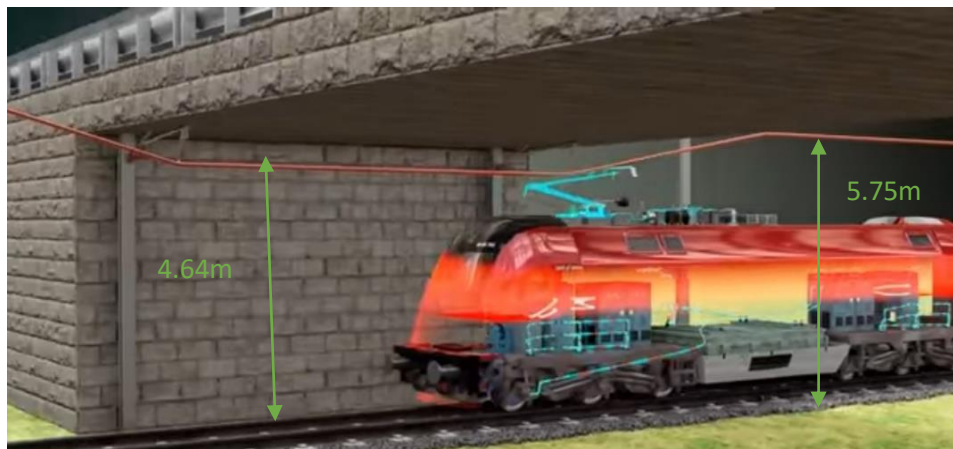
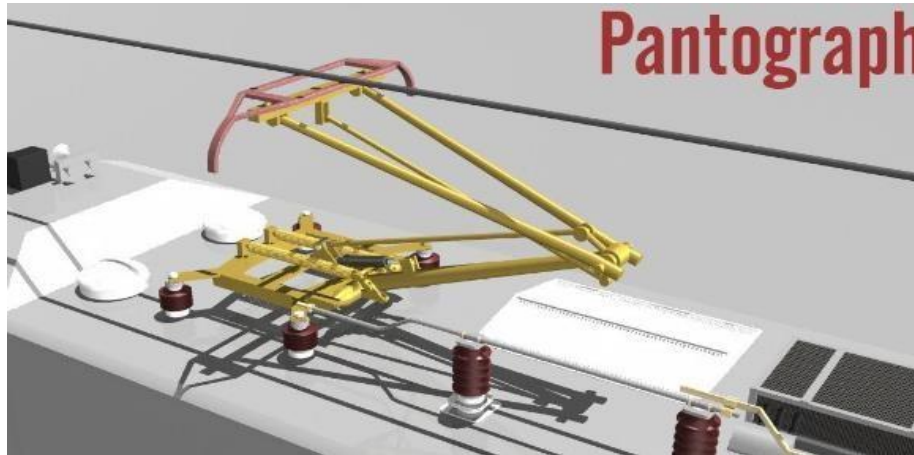


Figure XI - 3 Schéma représente la variation de Hauteur

### XI.7 Pantographes

Le biais de pantographes, qui sont des dispositifs de contact installés sur le toit des trains et qui s'élèvent pour entrer en contact avec la caténaire.



**Figure XI - 4** Model3d représente un pantographe

### XI.8 L'impact de l'électrification sur l'environnement

L'électrification d'une ligne ferroviaire peut également avoir des impacts positifs sur l'environnement local par :

- Réduisent le bruit et la pollution atmosphérique associées aux trains à moteur diesel
- Améliorant la qualité de l'air et la santé publique dans les zones urbaines de Ain Beida traverse par la ligne

**Chapitre XII**  
**Devis**  
**quantitatifs et**  
**estimatifs**

## Chapitre XII : Devis Quantitatif et Estimatif

### XII.1 Principe de calcul

Après le calcul des quantités de chaque lot propre à notre tronçon et la consultation des prix unitaires dans le marché du projet, aussi la fiche de répartition des travaux du marché/entreprises du groupement ensuite les fiches de prorata on a obtenus les résultats récapitulés dans les tableaux suivants :

**Tableau XII - 1** Détail des prix unitaire, quantités et montant total pour chaque lot.

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant HT (DA)
<b>Lot 01 : Installation de chantier</b>					
<b>1.01</b>	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1	139 703 152	139 703 152
<b>1.02</b>	Repli du matériel	F	1	5 865 072	5 865 072
<b>1.03</b>	Fourniture et installation de laboratoire de chantier	F	1	15 640 193	15 640 193
<b>1.04</b>	Repliment de laboratoire de chantier	F	1	977 512	977 512
Total 01 Installation de chantier					<b>162 185 929</b>
<b>Lot 02 : Terrassement généraux</b>					
<b>2.01</b>	Étude d'exécution	F	1	49 457 793	49 457 793
<b>2.02</b>	Décapage de terre végétal d'une Épaisseur de 0.3m	M <sup>3</sup>	20 000	450	9 000 000
<b>2.03</b>	Déblai en terrain meuble mis en dépôt	M <sup>3</sup>	44 375	700	31 062 500
<b>2.04</b>	Déblai en terrain rocheux mis en dépôt	M <sup>3</sup>	6 347	5 500	34 908 500
<b>2.05</b>	Déblai en terrain meuble mis en remblai	M <sup>3</sup>	7 889	850	6 705 650
<b>2.06</b>	Remblais d'apport en matériaux sélectionné	M <sup>3</sup>	<b>114 162</b>	1 100	125 578 200

## Chapitre XII : Devis Quantitatif et Estimatif

2.07	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme	M <sup>3</sup>	32 347	1 500	48 520 500
2.08	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation	M <sup>3</sup>	17 150	1 900	32 585 000
2.09	Fourniture et mise en œuvre de la couche de sous ballast	M <sup>3</sup>	16 178	4 500	72 801 000
Total 02 Terrassement généraux					410 619 143
<b>Lot 03 : Drainage et assainissements</b>					
3.01	Etude d'exécution	F	1	11 164 773	11 164 773
3.02	Fourniture et mise en œuvre de fossé trapézoïdal en béton peu armé	ML	15 190	18 000	273 420 000
3.03	Fourniture et pose buse en béton armé Ø 1500mm	ML	50	63 000	3 150 000
3.04	Dalot en béton armé type 1.5m×1.5m coulé sur place	ML	18,5	1 058 000	19 573 000
3.05	Dalot en béton armé type 1.5m×2.5m coulé sur place	ML	20	4 200 000	84 000 000
3.06	Dalot en béton armé type 2×(1.5m×2.5m) coulé sur place	ML	8	5 023 540	40 188 320
Total 03 Drainage et assainissements					431 496 093
<b>Lot 04 : Travaux de voie</b>					
4.01	Étude d'exécution	F	1	42 447 100	42 447 100
4.02	Fourniture et pose de ballast	M <sup>3</sup>	19 235	8 000	153 880 000
4.03	Pose de voie UIC 60	ML	9 735	8 200	79 827 000

## Chapitre XII : Devis Quantitatif et Estimatif

4.04	Soudage aluminothermique	U	34	19 200	652 800
	Soudage électrique	U	510	17 980	9 169 800
4.05	Pose d'appareil de voie UIC 60 500 1/12 DD	U	2	1 000 000	2 000 000
4.06	Pose d'appareil de voie UIC 60 500 1/12 DG	U	2	1 000 000	2 000 000
4.07	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60.21kg/m)	T	1 173	241 400	283 162 200
4.08	Fourniture des traverses bi-block	U	16 219	13 500	218 949 885
4.09	Fourniture des attaches NABLA	U	64 874	1 200	77 848 848
4.10	Fourniture de semelle cannelée	U	32 437	243	7 882 196
4.11	Fourniture d'appareil de voie UIC 60 500 1/12 DD	U	2	25 000 000	50 000 000
4.12	Fourniture d'appareil de voie UIC 60 500 1/12 DG	U	2	25 000 000	50 000 000
Total 04 Travaux de voie, fourniture de matériel et matériaux de voie					977 530 248
<b>Lot 05 : Gare Ain Beida</b>					
5.01	Fourniture et pose ballast	M <sup>3</sup>	4 600	8 000	36 800 000
5.02	Pose de voie UIC 54	ML	2 200	8 200	18 040 000
5.03	Soudage aluminothermique	U	9	19 200	172 800
	Soudage électrique	U	135	17 980	2 427 300
5.04	Pose d'appareil de voie				
	UIC 54 1/9 DD	U	4	800 000	3 200 000
	UIC 54 1/9 DG	U	1	800 000	800 000
Fourniture de matériel et matériaux de voie					
5.05	Fourniture des rails NEUFS UIC 54	T	238	241 400	57 356 640
5.06	Fourniture des traverses bi-block	U	3 665	13 500	49 480 200

## Chapitre XII : Devis Quantitatif et Estimatif

<b>5.07</b>	Fourniture des attaches NABLA	U	14 661	1 200	17 592 960
<b>5.08</b>	Fourniture des semelles cannelée	U	7 330	243	1 781 287
<b>5.09</b>	Fourniture et pose de Garage Franc	U	5	623 842	3 119 210
<b>5.10</b>	Fourniture des appareils de voie type				
	UIC 54 1/9 DD	U	4	22 000 000	88 000 000
	UIC 54 1/9 DG	U	1	22 000 000	22 000 000
Total 05 Gare Ain Beida					297 651 187
<b>Lot 06 : Ouvrages d'art (PS au PK 08+106)</b>					
<b>6.01</b>	Etude d'exécution	F	1	5 000 000	5 000 000
<b>6.02</b>	Etude géotechnique	F	1	2 500 000	2 500 000
<b>6.03</b>	Couches de chaussée	Total	1	23 426 900	23 426 900
<b>6.04</b>	Drainage	Total	1	18 184 000	18 184 000
<b>6.05</b>	Exécution des pieux Ø 1,20 m	ML	400	45 000	18 000 000
<b>6.06</b>	Essais d'auscultation sonique	U	20	70 000	1 400 000
<b>6.07</b>	Béton de propreté C12/15 dosé à 150kg/m3	M3	21,5	11 000	236 500
<b>6.08</b>	Béton armé C25/30 dosé à 400kg/m3 C.E.MI 32.5 R pour pieux,semelles liaison et dalle de transition	M3	722	58 000	41 876 000
<b>6.09</b>	Béton armé C30/37 dosé à 400 Kg/m3 C.E.MI 32.5 R pour culée cadre.	M3	698	62 000	43 276 000
Total 06 Ouvrages d'art					153 899 400
Montant total Hors taxe HT					2 433 382 000
Montant de la TVA (19%)					462 342 580
Montant du projet TTC					2 895 724 580

## Chapitre XII : Devis Quantitatif et Estimatif

**Tableau XII - 2** Récapitulatif des résultats de chaque lot

Récapitulation		
N° Lot	Désignations des lots	Montants (DA)
01	Installations de chantier	162 185 929
02	Terrassement généraux	410 619 143
03	Drainage et assainissements	431 496 093
04	Travaux de voie	977 530 248
05	Gare Ain Beida	297 651 187
06	Ouvrages d'art	153 899 400
Montant du projet HT (DA)		2 433 382 000
Montant du projet en TTC (DA)		2 895 724 580

**Montant du projet (DA) en lettre :**

Deux milliards Huit-cents quatre-vingt-quinze millions sept cents vingt-quatre mille cinq cents quatre-vingt Dinars Algérien.

# **Chapitre XIII**

## **Planification des terrassements**

### XIII.1 Introduction

Dans le but de produire un planning détaillé ; dans lequel on peut lire : quelle tâche doit commencer ? quand ? comme bien de temps elle doit durer ? et qui s'en charge ?, on va planifier la phase de terrassement dans une section de notre projet (du PK 06+000 au PK 07+250), qu'on a suivis une partie d'elle durant notre stage pratique.

### XIII.2 Sections objet de planification et le découpage en tâches réalisables

- ✚ Début et Fin : du PK 06+000 au PK 07+250.
- ✚ Travaux à réaliser :
  - ✚ Remblai : PK 06+000 au PK 06+950.
    - Décapage de la terre végétale.
    - Identification des gîtes d'emprunt et les analyses sur les matériaux.
    - Exécution des remblais par couche de 30cm.
    - Réception géotechnique et géométrique pour chaque couche.
  - ✚ Déblais : PK 06+950 au PK 07+250.
    - Décapage de la terre végétale.
    - Excavation des terrains en place.
    - Transport vers le dépôt provisoire/définitif.
    - Encensement des talus par la végétation et finition des pentes.
    - Drainage longitudinale et transversale.
    - Réception géotechnique et géométrique pour chaque couche.
  - ✚ Couche de forme : sur la totalité du tronçon.
    - Réalisation de la couche de forme avec une épaisseur de 35cm compacté à la fois.
    - Réception géotechnique et géométrique pour chaque couche.
  - ✚ Les ouvrages hydrauliques :
    1. 2 Buses = 1500mm (PK06+125 et PK 06+333)
      - Implantation de la buse sur l'axe de la voie avec la réception topographique.
      - Excavation du fond de fouille avec la réception géotechnique.
      - Coulage du béton de propreté sur le sol support.
      - La pose des buses et leurs jointages.
      - Coulage de l'emboîtement autour de la buse.
      - Mise en place des enrochements du côté amont et aval.
      - Réaménagement de la piste de service devant l'ouvrage.
    2. Dalot 1.5m × 1.5m (PK 06+801).
      - Implantation du dalot sur l'axe de la voie avec la réception topographique.
      - Excavation de son fond de fouille.
      - Coulage du béton de propreté.
      - Ferrailage, coffrage et bétonnage du radier.
      - Ferrailage, coffrage et bétonnage des voiles.
      - Coffrage, ferrailage et bétonnage de la dalle.
      - Mise en place des enrochements du côté amont et aval.
      - Réaménagement de la piste de service devant l'ouvrage.
- ✚ Les couches d'assises : sur la totalité du tronçon.

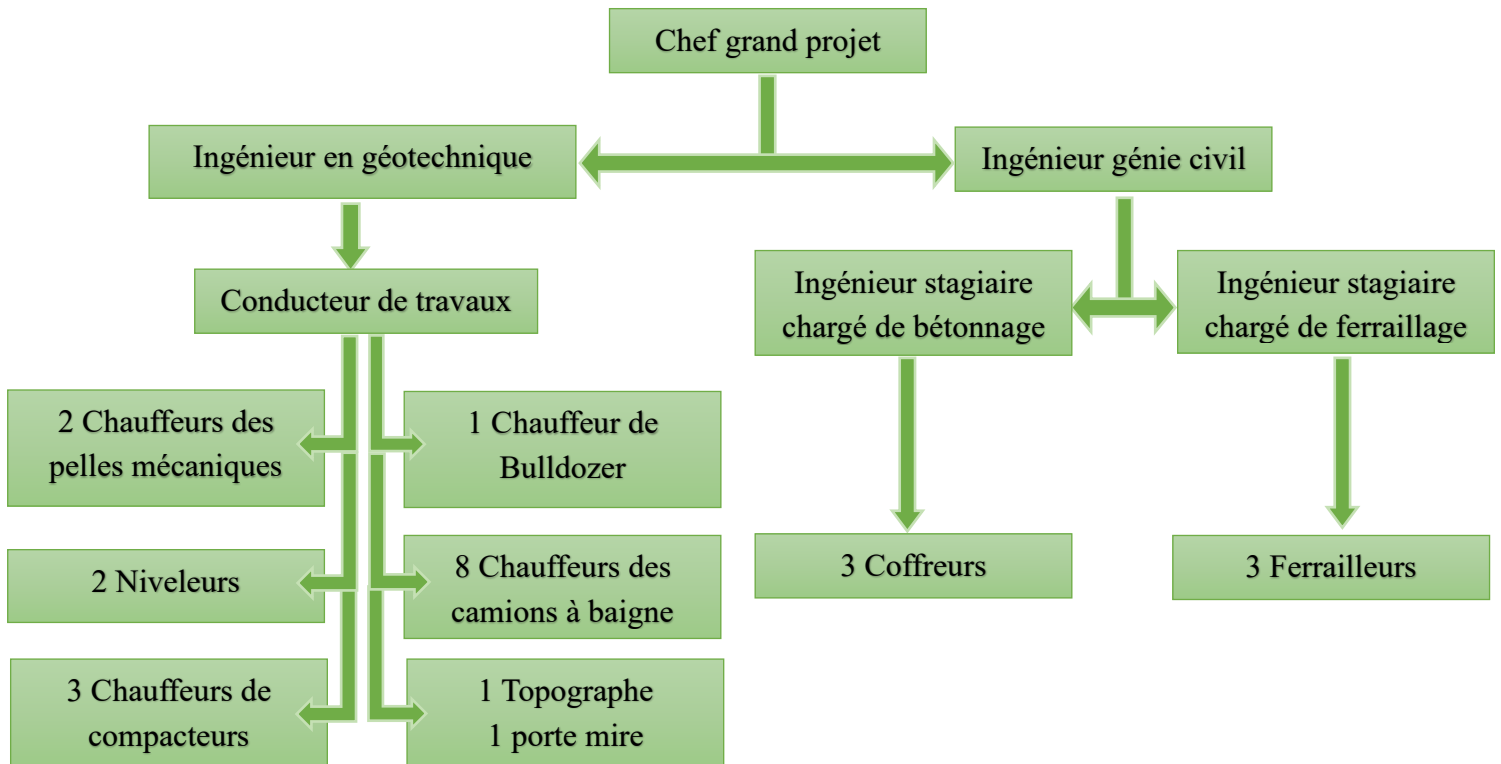
## Chapitre XIII : Planification des terrassements

- Réalisation de chaque couche avec une épaisseur de 20 cm.
- Réception géotechnique et géométrique pour chaque couche.

### XIII.3 Les ressources

#### XIII.3.1 Humaine

On se basant sur le personnel présent durant notre période de stage pratique au sein de l'entreprise chargé de la réalisation des travaux de terrassement SNTP, la hiérarchie pour gérer les travaux de ce tronçon est la suivante :



**Figure XIII- 1** Schéma des ressources humaines pour assurer la gestion du tronçon de projet de terrassement

#### XIII.3.2 Matériau

**Tableau XIII. 1** Les matériaux utilisés

Type de matériaux	Remblai	Déblai	Couche de forme	Couche d'assise	Dalot	Buses
Excavé (m <sup>3</sup> )	-	14 900	-	-	-	-
Décapage des terres végétales	4 535	2 100				
TUF (m <sup>3</sup> )	27 600	-	4 307	-	-	-
GNT (m <sup>3</sup> )	-	-	-	4 323	-	-
Acier (kg)	-	-	-	-	8 000	-
Béton 25/30 (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	60	23

## Chapitre XIII : Planification des terrassements

Béton de propreté C10/15 (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	3	3
Buse préfabriqué 2.5ml (U)	-	-	-	-	-	4
Enrochement (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	4	4
Terre végétale mise en place (m <sup>3</sup> )	1 425	750	-	-	-	-

### XIII.3.3 Matériel

**Tableau XIII. 2** Le matériel utilisé

Déblai	Remblai	Couche de forme	Couches d'assise	OH
1 Builder doser		-		2 Camions Malaxeur
Un camion-citerne d'eau				-
8 camions à baigne				-
2 Niveleuses				1 Pelle mécanique
2 Compacteur pneumatique				
1 Pelle mécanique		1 Compacteur mono Cylindre		1 Retro chargeur
2 Appareille topographique				
1 Appareillages de l'essai a la plaque				
1 Gamma densimètre				Vibreur

### XIII.4 Estimation des durées

**Tableau XIII. 3** Estimation des durés pour les sections en travaux de remblai

Tache		PK début	PK fin	Linéaire (m)	Duré (jours)	Chargé	
Travaux de remblai	Sections libres	S1	06+000	06+100	100	6	Ingénieur géotechnicien et son équipe
		S2	06+150	06+300	150	9	
		S3	06+350	06+775	425	25	
		S4	06+825	06+950	125	8	
	Section OH	S1'	06+100	06+150	50	3	
		S2'	06+300	06+350	50	4	
		S3'	06+775	06+825	50	6	
Travaux de déblai		Déblai	06+950	07+250	300	30	
Couche de forme		CDF	06+000	07+250	1250	4	
Couches d'assises		C <sub>assises</sub>	06+000	07+250	1250	8	
Ouvrages hydrauliques	D <sub>alot</sub>	06+801		-	21	Ingénieur génie civil et son équipe	
	B <sub>use 1</sub>	06+125		-	5		
	B <sub>use 2</sub>	06+333		-	5		

### XIII.5 Ordonnance des tâches chronologiquement « Réseau PERT »

A cette étape on a estimé les interdépendances entre les tâches qui sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau XIII. 4** Durée, prédécesseurs et successeurs de chaque tâche

Tâches	Durée	Prédécesseurs	Successeurs
S1	6	S1'	CDF
S2	9	S2'	S1'
S3	25	-	S3'
S4	8	S3'	S2'
S1'	3	S2 - B1	S1
S2'	4	S4 - B2	S2
S3'	6	S3 - D <sub>alot</sub>	S4
D <sub>éblai</sub>	30	-	CDF
D <sub>alot</sub>	21	-	B2
B1	5	B2	S1'
B2	5	D <sub>alot</sub>	B1
CDF	4	S1 - D <sub>éblai</sub>	C <sub>Assises</sub>
C <sub>assises</sub>	8	CDF	-

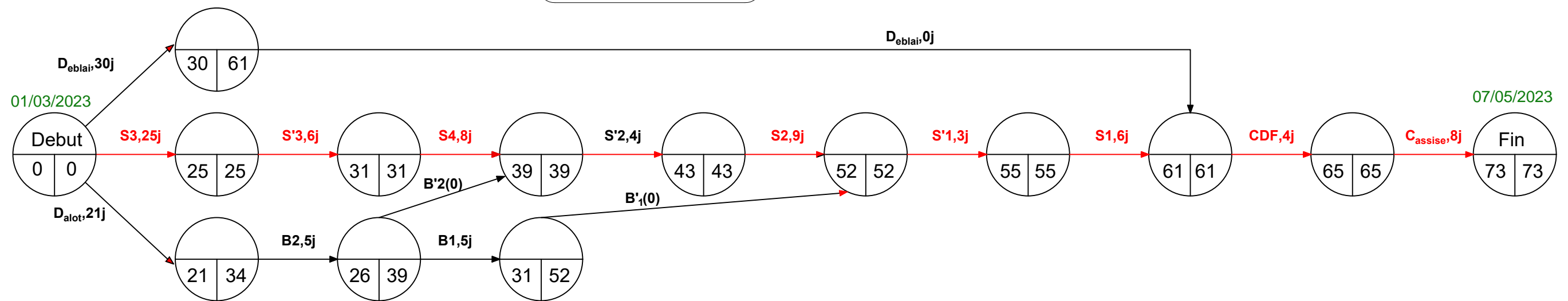
#### NB

Les tâches en couleur rouges sont des tâches fictives, c-à-d ils sont des tâches nécessaires mais non suffisantes pour la réalisation des tâches qui les suivent. Ils sont représentés par une flèche discontinue dans le réseau PERT.

### XIII.6 Planning GANT

Le planning de GANT qui donne le résumé sur les dates de début et fin de chaque tâche, son réalisateur ainsi les détails de l'ordre chronologique entre eux est dans la figure suivante :

## RESEAU PERT



### PROJET DE FIN D'ETUDE



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

CONCEPTION ET ETUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAIRE (AIN BEIDA - KHENCHELA) DU PK 0+000 AU PK 10+345 A VOIE UNIQUE AVEC REAMENAGEMENT DE LA GARE AIN BEIDA UTILISANT LA TECHNIQUE DU BIM

Réalisé par

BOULHIA  
ELFEKAIR

Titre

RESEAU PERT

Echelle

1/100

Encadré par

Ing.CHENAA Hakim  
Pr.Fedghouche  
ferhat

Année universitaire

1443 / 1444  
2022 / 2023

Diagramme de GANT "Terrassement"  
Du PK 06+000 au PK 07+250

N°	% achevé	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Fin au plus tard	Prédécess	Noms ressources	Mars 2023							Avril 2023							Mai 2023						
									26	01	04	07	10	13	16	19	22	25	28	31	03	06	09	12	15	18	21	24	27
1	55%	<b>TRAVAUX DE REMBLAI</b>	56 jrs	Mer 01/03/23	Mar 25/04/23	Mar 25/04/23		Ing en géotechnique	Ing en géotechnique																				
2	10...	S3	25 jrs	Mer 01/03/23	Sam 25/03/23	Sam 25/03/23																							
3	10...	S3'	6 jrs	Dim 26/03/23	Ven 31/03/23	Ven 31/03/23	2;10																						
4	0%	S4	8 jrs	Sam 01/04/23	Sam 08/04/23	Sam 08/04/23	3																						
5	0%	S2'	4 jrs	Dim 09/04/23	Mer 12/04/23	Mer 12/04/23	4;11																						
6	0%	S2	4 jrs	Jeu 13/04/23	Dim 16/04/23	Dim 16/04/23	5																						
7	0%	S1'	3 jrs	Lun 17/04/23	Mer 19/04/23	Mer 19/04/23	6;12																						
8	0%	S1	6 jrs	Jeu 20/04/23	Mar 25/04/23	Mar 25/04/23	7																						
9	84%	<b>OUVRAGES HYDRAULIQUES</b>	31 jrs	Mer 01/03/23	Ven 31/03/23	Ven 31/03/23		Ing génie civil ;Ing stg ferrailage;Ing stg béton	Ing génie civil ;Ing stg ferrailage;Ing stg béton																				
10	10...	Dalot	21 jrs	Mer 01/03/23	Mar 21/03/23	Mar 21/03/23																							
11	10...	Buse 2	5 jrs	Mer 22/03/23	Dim 26/03/23	Dim 26/03/23	10																						
12	0%	Buse 1	5 jrs	Lun 27/03/23	Ven 31/03/23	Dim 16/04/23	11																						
13	63%	<b>TRAVAUX DE DEBLAI</b>	30 jrs	Mer 01/03/23	Jeu 30/03/23	Jeu 30/03/23		Conducteur travaux	Conducteur travaux																				
14	63%	Déblai	30 jrs	Mer 01/03/23	Jeu 30/03/23	Mar 25/04/23																							
15	0%	<b>COUCHE DE FORME ET ASSISES</b>	12 jrs	Mer 26/04/23	Dim 07/05/23	Dim 07/05/23		Conducteur travaux;Ing en géotechnique	Conducteur travaux;Ing en géotechnique																				
16	0%	CDF	4 jrs	Mer 26/04/23	Sam 29/04/23	Sam 29/04/23	14;8																						
17	0%	C assises	8 jrs	Dim 30/04/23	Dim 07/05/23	Dim 07/05/23	16																						

Projet : Planif Terrassement MS  
Date : Ven 31/03/23

Tâche		Durée uniquement		Critique	
Récapitulative		Récapitulatif manuel		Progression manuelle	
Tâche manuelle		Échéance (Fin au plus tard)		Marge libre (admet le retard)	

**ENSTP**

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

<b>PROJET DE FIN D'ETUDES</b>	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
CONCEPTION ET ETUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAIRE (AIN BEIDA -KHENCHELA) DU PK 0+000 AU PK 10+345 A VOIE UNIQUE AVEC REAMENAGEMENT DE LA GARRE AIN BEIDA EN UTILISANT LA TECHNOLOGIE DU BIM	BOULHIA ELFEKAIR	Ing.CHENA Pr.FEDGOUCHE	1/100	02/02	1443 / 1444 2022 / 2023

# **Conclusion générale**

### Conclusion

Lors de l'élaboration de ce présent mémoire de projet fin d'étude, qui porte sur l'étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire entre Ain Beida et Khenchela, nous avons bien employé nos connaissances techniques ; à partir des fondamentaux de la géométrie de la voie et le choix des variantes jusqu'à la planification et l'estimation du coût global du projet.

Ce travail a basé essentiellement et en même temps sur la coordination entre les recommandations des règlements en vigueur et les solutions pratiques sur site convenables au projet.

Notre étude a connu quelques modifications par rapport à celle du bureau d'étude concernant :

- ✚ L'étude d'impact sur l'environnement (Implantation de passerelle pour les piétons, mesures préventives durant la réalisation des ouvrages hydrauliques...).
- ✚ Le dimensionnement de l'assise ferroviaire (Couche de sous ballast moins épaisse).
- ✚ Les gites d'emprunt (Opter pour des gites plus proche).
- ✚ Le réaménagement de la gare voyageur à Ain Beida pour recevoir plus de passagers.
- ✚ Un système de signalisation approprié non couteux.

Le tronçon choisit est considéré le plus contraignant vue qu'il présente à la fois le dédoublement de 5 km d'une voie en pleine service et la projection d'une autre sur un terrain dénivelé et de caractéristiques géotechniques potentiellement critiques.

A la fin, notre vision est dirigée vers l'utilisation des nouveaux outils informatique tel que le « BIM » pour assurer la coordination entre les différents intervenants de ces nouveaux projets du chemin de fer en Algérie et donc comme conséquence l'augmentation du rendement de travail et l'amélioration de sa qualité.

## La bibliographie

Les sources documentaires utilisées pour la réalisation de notre mémoire, qui ont été citées explicitement dans la rédaction du manuscrit sont les suivantes :

- ✚ CHUCK EASTMAN – PAUL TEICHOLZ – RAFAEL SACKS – KATHLEEN LISTON, « BIM Handbook », second edition.
- ✚ J. Gondar JETsj, Geotecnia Lda, Proceedings of the XVII ECSMGE (European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), « The use of BIM technology in geotechnical engineering », Lisbon, Portugal, pages 1-8, 2019.
- ✚ Liam R. Tawelian and Slobodan B. Mickovski, « The Implementation of Geotechnical Data Into the BIM Process », Volume 143, pages 734–741, 2016.
- ✚ SETIRAIL, Etude d'avant-projet détaillé (APD), sous mission A6. Géotechnique, mai 2022.
- ✚ Groupement : SETIRAIL/LNHC SKIKDA, Rapport d'analyse et optimisation de l'étude Avant-Projet Sommaire, 144, Avril 2022.
- ✚ SETIRAIL, Rapport de conception, pages 1-43, mai 2022.
- ✚ Bureau d'étude SETO, Rapport technique, pages 1-26, 15/01/2023.
- ✚ Bureau d'étude SETO, Annexe du rapport technique du pk 00+000 au pk 10+345, pages 1-89, 15/01/2023.
- ✚ Bureau d'étude SETO, Rapport de l'étude géotechnique d'exécution et ses annexes, pages 1-150, 11/01/2023.
- ✚ Bureau d'étude SETO, Etude d'exécution rapport hydrologique et hydraulique des écoulements / version A, pages 1-25, septembre 2022.
- ✚ SNTF, Référentiel technique « Chapitre 6 géométrie de la voie » version2, pages 1-19, 22/12/2005.
- ✚ SNTF, Référentiel technique « Chapitre 7.2.2 – Ouvrages en Terre pour plates-formes ferroviaires » version2, pages 1-53, 22/12/2005.
- ✚ SNTF, Appareil de voie, pages 58-80.
- ✚ SNCF, Référentiel Infrastructure (Conception du tracé de la voie courante  $V \leq 220\text{km/h}$ ), IN 0272 (EF 2 C 32), pages 1-28 Edition du 12-09-2006.
- ✚ La norme P 18-011, Béton « Classification des environnements agressifs », pages 1-13, juin 1992.
- ✚ Code UIC 7191R, « Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaires », 3<sup>e</sup> édition, pages 1-95, novembre 2003.
- ✚ Jean Costet/ Guy Sanglerat, « Cours pratique de mécanique des sols, 2. calcul des ouvrages », 3<sup>e</sup> édition, pages 1-443, janvier 1981.
- ✚ Règles parasismiques algériennes RPA 99/version 2003.
- ✚ Fiche n°1 de la norme ST590B.
- ✚ Marché du projet, Partie III « Dossier de Consultation des Entreprises », tronçon Ain Beida – Fkirina, définition des prix et mode de mesurage.
- ✚ Détail du PRORATA des études d'exécution tronçon 01, février 2023.
- ✚ Ensg.R.MORSLI. Cours voie ferrée 2DIB (2021/2022) et 3DIB (2022/2023).
- ✚ Ensg.R.RAHMANI. Cours hydraulique appliquée 2DIB (2021/2022).
- ✚ Ensg.BADAOUI. Cours MDS03 (2021/2022).

# **Annexe**

## Annexe chapitre I

**Tableau : Valeurs moyennes des températures pour la région d'Oum El Bouaghi (2000-2017) :**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAY	JUIN	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC
Moyenne de températures normale °C	7,8	10,3	9,6	14,1	19,5	26,5	28,4	28,3	24,1	15,4	10,1	6,9

**Tableau : Valeurs moyennes des précipitations pour la région d'Oum El Bouaghi (2000-2017) :**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAY	JUIN	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC
P(mm)	37,5	20,61	28,19	34,11	39,4	23,12	7,39	14,31	24,15	21,24	34,03	28,3

**Tableau : Valeurs moyennes du taux d'humidité pour la région d'Oum El Bouaghi (2000-2017)**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAY	JUIN	JUIL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC
Moyenne vitesse du Vent(m/s)	3,7	2,6	1,7	2,3	2,2	2,2	1,3	1	2,7	2,7	3,2	3,2

## Annexe chapitre VI

**Tableau :** Tableau récapitulatif des caractéristiques des courbes utilisés

Rayon (m)	Vitesse(km/h)		dth(mm)	C	C adopté	dp(mm)	dp (mm) adopter	I(mm)	E(mm)	L <sub>rp</sub> (m)	L <sub>rp</sub> (m) adopter	$\frac{dd}{dl}$ (mm/m)	$\frac{dl}{dt}$ (mm/s)	$\frac{dd}{dt}$ (mm/s)
	V <sub>v</sub> (km/h)	V <sub>m</sub> (km/h)												
2005	160	100	150	153.6	165	82	80	70	21	71	80	1.00	39	44
1000			302			165	165	137	47	146	190	0.87	32	38
1000			302			165	165	137	47	146	190	0.87	32	38
1200			251			137	140	111	41	124	220	0.64	22	28
Vérification vis à vis des limites normales			160	/	/	160	160	150	110	/	/	1.125	75	50

# Listing de la géométrie de l'axe en plan

**Client:**

ENSTP

Address 1

Date: 5/1/2023 4:31:33 PM

**Prepared by:** BOULHIA and ELFEKAIR

Preparer

Algiers-Kouba-Garidi01

Axe en plan: Axe 01

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 10+350

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000	352284.9727	3961969.4513
DR1	ANG=201.1438 (g)	651.871			
			0+652	352273.2614	3961317.6857
CLO2	A=400.500				
	R=2005.000	80.000			
			0+732	352272.3561	3961237.6922
ARC3	XC=354277.3522				
	YC=3961241.6691				
	R=2005.000	108.887			
			0+841	352275.5279	3961128.8651
CLO4	A=400.500				
	R=2005.000	80.000			
			0+921	352281.0906	3961049.0602
DR5	ANG=195.1463 (g)	1303.110			
			2+224	352380.3451	3959749.7352
CLO6	A=435.890				
	R=1000.000	190.000			
			2+414	352400.7992	3959560.9160
ARC7	XC=353386.1732				
	YC=3959731.3215				
	R=1000.000	1199.606			
			3+613	353187.5535	3958751.2449
CLO8	A=435.890				
	R=1000.000	190.000			
			3+803	353375.7077	3958725.3793
DR9	ANG=106.6813 (g)	301.015			
			4+104	353675.0669	3958693.8459

CLO10	A=435.890				
	R=1000.000	190.000			
			4+294	353863.2211	3958667.9803
ARC11	XC=353664.6014				
	YC=3957687.9037				
	R=1000.000	858.499			
			5+153	354536.1973	3958178.1288
CLO12	A=435.890				
	R=1000.000	190.000			
			5+343	354618.6386	3958007.0310
DR13	ANG=173.4308 (g)	472.900			
			5+816	354810.3227	3957574.7214
CLO14	A=513.809				
	R=1200.000	220.000			
			6+036	354893.2805	3957371.0504
ARC15	XC=353756.3610				
	YC=3956987.1051				
	R=1200.000	1540.577			
			7+576	354446.4195	3956005.3622
CLO16	A=513.809				
	R=1200.000	220.000			
			7+796	354259.1125	3955890.1234
DR17	ANG=266.8323 (g)	2553.535			
			10+350	352044.3719	3954619.1136

# Listing du profil en long

Client:

ENSTP

Address 1

Date: 05/01/2023 4:38:06 PM

Prepared by: BOULHIA and ELFEKAIR

Preparer

Algiers-Kouba-Garidi01

Profil en long : Axe 01 - Profil en long - 1

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000, Fin: 10+350

LONGUEUR DE L'AXE : 10350.000m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000	961.800
D1	PENTE= 0.00%	732.774		
			0+733	961.800
PAR1	S= 0+774 Z=961.800			
	R= 44000.000	83.011		
			0+816	961.722
D2	PENTE= -0.19%	129.009		
			0+945	961.478
PAR2	S= 0+986 Z=961.400			
	R= 44000.000	83.011		
			1+028	961.400
D3	PENTE= 0.00%	1007.975		
			2+036	961.400
PAR3	S= 2+078 Z=961.400			
	R= 11000.000	83.640		
			2+119	961.718
D4	PENTE= 0.76%	731.760		
			2+851	967.282
PAR4	S= 2+893 Z=967.600			
	R= 11000.000	83.640		
			2+935	967.600
D5	PENTE= 0.00%	1619.371		
			4+554	967.600
PAR5	S= 4+598 Z=967.600			
	R= 18000.000	86.819		
			4+641	967.809

## Annexe chapitre VI

D6	PENTE= 0.48%	703.443		
			5+344	971.202
PAR6	S= 5+385 Z=971.400			
	R= 17000.000	81.995		
			5+426	971.400
D7	PENTE= 0.00%	197.117		
			5+624	971.400
PAR7	S= 5+704 Z=971.400			
	R= 10000.000	159.871		
			5+783	970.122
D8	PENTE= -1.60%	1037.754		
			6+821	953.531
PAR8	S= 6+886 Z=952.500			
	R= 10000.000	129.021		
			6+950	952.301
D9	PENTE= -0.31%	248.223		
			7+198	951.535
PAR9	S= 7+263 Z=951.336			
	R= 10000.000	129.133		
			7+328	950.303
D10	PENTE= -1.60%	1378.088		
			8+706	928.256
PAR10	S= 8+753 Z=927.500			
	R= 15000.000	94.490		
			8+800	927.042
D11	PENTE= -0.97%	906.169		
			9+706	918.253
PAR11	S= 9+753 Z=917.800			
	R= 25000.000	93.372		
			9+800	917.173
D12	PENTE= -1.34%	322.574		
			10+122	912.839
PAR12	S= 10+177 Z=912.100			
	R= 10000.000	110.081		
			10+232	911.966
D13	PENTE= -0.24%	118.000		
			10+350	911.683

## Annexe Chapitre VII

---

Coefficient de ruissellement Cr

Le Cr est la somme de trois coefficients suivants :  $Cr = C1 + C2 + C3$

- C1 : dépendant de la pente (moyenne) du bassin versant.
- C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité).
- C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant

### Coefficient C1

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

Etant chaque bassin versant à sa propre pente moyenne, donc la valeur de C1 est variable d'un bassin versant à un autre.

### Coefficient C2

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

Notre zone d'étude se situe dans des argiles tufacé et des marnes, donc peu perméable, ce qui nous mène à prendre  $C2 = 0.10$ .

## Annexe Chapitre VII

### Coefficient C3

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

Le tracé de la ligne passe en grande partie par des terrains agricoles où le ruissellement est un peu atténué par les infiltrations dans le sol, alors on prend  $C3 = 0.07$ .

**Tableau : Caractéristiques de la station pluviométrique**

Code	Nom	X (Lambert)	Y (Lambert)	Z (m)
07 07 07	Ain Beida	923.7	287.7	998

Tableau : Résumé de calcul 6+800

BV	PK	$Q_{100}(m^3/s)$	$I (m/m)$	$b (m)$	$H_u (m)$	$S_m (m^2)$	$P_m (m)$	$R_h (m)$	$Q (H_u) (m^3/s)$	$Q_{ps} (m^3/s)$
12	06+801	3.76	0.005	1.5	1.2	1.8	3.9	0.46	5.3	5.79

Tableau : Vérification condition d'auto curage dalot 6+800

BV	PK	$Q_{100}(m^3/s)$	$Q_{ps} (m^3/s)$	$V_{ps} < 4m/s$	$Q=0.1Q_{ps}$		$Q=0.01Q_{ps}$	
					$R_v$	$V > 0.6 m/s$	$R_v$	$V > 0.3 m/s$
12	06+801	3.76	5.79	2.57	0.638	1.64	0.315	0.81

Tableau : Résumé de calcul 6+125

BV	PK	$Q_{100}(m^3/s)$	$I (m/m)$	$S_m (m^2)$	$P_m (m)$	$R_h (m)$	$Q (H_u) (m^3/s)$	$Q_{ps} (m^3/s)$
10	06+125	2.38	0.005	1.76	4.71	0.39	5.3	5.79

## Annexe Chapitre VII

Tableau : Vérification condition d'auto curage dalot 6+800

BV	PK	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>ps</sub> (m <sup>3</sup> /s)	V <sub>ps</sub> < 4m/s	Q=0.1Q <sub>ps</sub>		Q=0.01Q <sub>ps</sub>	
					R <sub>v</sub>	V>0.6 m/s	R <sub>v</sub>	V>0.3 m/s
10	06+125	2.38	3.54	2.01	0.638	0.87	0.315	0.43

**Tableau** Type de l'ouvrage hydraulique

Type de l'ouvrage hydraulique	PK de l'ouvrage
C1: dalot 1.5m × 1.5m	03+050 - 06+801
B1: dalot 1.5m × 2.5m	00+564 - 03+172 - 04+335 - 05+119
B2: dalot à deux cellules de 1.5m × 2.5m	01+453 – 04+667
Buse Ø = 1500mm	05+708 – 06+125 – 06+333 – 08+866

## Sondage carotté (SC) :

Les résultats des essais au laboratoire effectués sur les échantillons prélevés des sondages carottés sont récapitulés dans les tableaux suivant :

**Tableau** Les résultats des essais physiques

Essai d'identification physique															
Désignation	PK	Unité géotechnique	Profondeur(m)	Granulométrie par tamisage (% passants)				Limite d'attaerberg				Teneur en eau			
				% < 2 (mm)	% < 0.2 (mm)	% < 80 (µm)	% < 2 (µm)	WL %	Wp %	Ip %	Ic	W (%)	γ <sub>h</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	γ <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Sr (%)
SC-01	0+875	Argile tufacée (argile limono-marneuse et sablo-graveleuse)	2.50-2.85	96.65	91.55	85.61	44.07	50.35	26.27	24.08	1.0	20.6	1.70	1.41	62
			5.50-5.80	98.70	97.32	94.77	61.41	44.35	22.49	21.86	1.0	19.7	1.61	1.34	53
			7.60-8.05	73.28	70.75	67.32	43.55	42.31	20.41	21.90	1.0	10.8	2.04	1.84	65
SC02	4+500	Alluvions	3.00-3.35	51.74	26.68	22.39	E.N. M*	30.41	16.21	14.20	1.00	10.8	2.12	1.91	74
		Argile graveleuse	4.40-4.90	89.17	83.00	81.73	67.23	40.30	19.23	21.07	1.00	23.0	2.16	1.76	100
		Marne	8.00-8.60	96.14	91.03	88.30	51.41	49.08	25.37	23.71	1.04	22.5	1.97	1.61	92
SC-03	6+115	Argile tufacée	1.30-1.60	84.13	69.48	62.14	34.68	67.45	37.44	30.01	1.00	22.7	1.98	1.61	93
		Argile marno-limoneuse	2.40-2.80	99.11	92.63	87.63	40.54	26.18	13.53	12.65	1.00	17.9	2.09	1.77	95

**Tableau** Les résultats des essais mécaniques

Essai mécaniques								
Désignation	PK	Unité géotechnique	Profondeur(m)	Cisaillement direct (CD))		Essai de compressibilité à l'odomètre		
				C'(KPa)	Φ' (°)	PC (bar)	Cc	Cg
SC-01	0+875	Argile tufacée (argile limono-marneuse et sablo-graveleuse)	2.50-2.85	Essai annulé (échantillon s'effrite lors de son taillage)	Essai annulé (échantillon s'effrite lors de son taillage)	/	/	
			5.50-5.80			/	/	
			7.60-8.05	5.53	10.6	0.14	0.172	0.051
SC02	4+500	Alluvions	3.00-3.35	/	/	/	/	/
		Argile graveleuse	4.40-4.90	46.93	12.1	0.126	0.133	0.051
		Marne	8.00-8.60	37.99	25.6	0.184	0.109	0.027
SC-03	6+115	Argile tufacée	1.30-1.60	Essai annulé (échantillon s'effrite lors de son taillage)	/	/	/	/
		Argile marno-limoneuse	2.40-2.80	6.11	38.4	0.69	0.059	0.012

**Tableau Les résultats des analyses chimique**

<b>Analyse chimique des sols</b>							
<b>Désignation PK</b>		<b>Unité géotechnique</b>	<b>Profondeur(m)</b>	<b>(%) Sulfates (CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O)</b>	<b>(%) Chlorures (NaCl)</b>	<b>(%) Carbonate (Ca CO<sub>3</sub>)</b>	<b>(%) Anhydride Carbonique (CO<sub>2</sub>)</b>
<b>SC-01</b>	0+875	Argile tufacée (argile limono-marneuse et sablo-graveleuse)	<b>2.50-2.85</b>	Traces	0.48	25.86	11.37
			<b>5.50-5.80</b>	Traces	0.53	23.27	10.24
			<b>7.60-8.05</b>	Traces	0.35	44.82	19.72
<b>SC02</b>	4+500	Alluvions	<b>3.00-3.35</b>	Traces	0.29	62.06	27.31
		Argile graveleuse	<b>4.40-4.90</b>	Traces	0.35	31.83	14.03
		Marne	<b>8.00-8.60</b>	Traces	0.48	29.31	12.89
<b>SC-03</b>	6+115	Argile tufacée	<b>1.30-1.60</b>	Traces	0.35	32.75	14.41
		Argile marno-limoneuse	<b>2.40-2.80</b>	Traces	0.29	68.96	30.34

### Interprétation

#### Essais mécaniques

- L'essai au cisaillement rectiligne donne un angle de frottement compris entre 10.6 et 38.4. ° avec une cohésion comprise entre 5.53 et 46.93 Kpa.
- Les valeurs de l'essai œdométrique indiquent des sols non compressibles.

#### Essais physiques

- Les teneurs en eau varient entre 10.8 et 23.
- Les densités humides varient entre 1.62-2.13 et les densités sèches varient entre 1.34-1.9, d'après les résultats de la densité des sols on constat on a un sol peu dense a dense
- L'indice de plasticité ( $I_p$ ) varie de 12.65 à 30.01. Un sol un peu plastique a plastique
- Les passants à 2mm sont compris entre 51.74 et 99.11%.
- Les passants à 80 $\mu$  sont compris entre 22.39 et 94.77%. Alors on a un sol fin a grenu.

#### Essais Chimique

D'après les résultats obtenus du pourcentage de sulfate présent dans les sols prélevés, on remarque bien l'existence juste de quelque trace de ce dernier de même que dans les PUI, et donc l'environnement est considéré « faiblement agressif ». Ainsi pas de mesures particulières, le béton fabriqué suivant les règles de l'art doit être compact par ses qualités intrinsèques

## Annexe chapitre IIX

**Tableau Classification des sites**

Catégorie	Description	$q_c$ (MPa) (c)	N (d)	$p_l$ (MPa) (e)	$E_p$ (MPa) (e)	$q_u$ (MPa) (f)	$V_s$ (m/s) (g)
S <sub>1</sub>	Rocheux (a)	-	-	>5	>100-	>10	≥800
S <sub>2</sub>	Ferme	>15	>50	>2	>20	>0.4	≥400 - < 800
S <sub>3</sub>	Meuble	1.5 ~ 15	10 ~ 50	1 ~ 2	5 ~ 20	0.1 ~ 0.4	≥200 - < 400
S <sub>4</sub>	Très Meuble ou Présence de 3m au moins d'argile molle (b)	<1.5	<10	<1	<5	<0.1	≥100 <200

**Tableau Résultats des autres sondages carottés réalisés**

N° SC	PK	Profondeur (m)	Description lithologique	Profondeur des échantillons paraffinés (m)
SC-02	4+500	00.00-00.30m	Remblai homogène de corps de chaussé de la piste d'accès, composé de limon argileux et de fragment rocheux.	/
		00.30-00.90m	Argile limoneuse, moyennement graveleux-caillouteuse, brunâtre.	/
		00.90-03.80m	Alluvions sub-arrondis à arrondis, de nature carbonatée, d'une composition caillouteux-graveleuse à sableuse, cimentés par des argiles limoneuses, de couleur grise.	03.00-03.35
		03.80-05.20m	Argile graveleux-caillouteuse et limoneuse, jaunâtre.	04.40-04.90
		05.20-07.00m	Argile marneux-limoneuse, jaunâtre.	/
		07.00-10.00m	Marne limono-argileuse, grise bleuâtre.	07.00-07.35 08.00-08.60
SC-03	6+115	00.00-00.80m	Argile limoneuse, moyennement graveleux-caillouteuse, grise brunâtre.	/
		00.80-02.00m	Argile tufacée, limono-marneuse et graveleuse, de couleur beige à grise claire, renferment des concrétions blanches.	01.30-01.60
		02.00-05.00m	Argile marneux-limoneuse, peu graveleuse, légèrement oxydée, versicolore à dominance jaunâtre.	02.40-02.80 04.50-04.75
SC-04	8+120	05.00-05.45m	Argile tufacée	/
		10.00-10.45m	Marne	/

### Conditions d'utilisation des matériaux en remblais

En raison des coûts importants des travaux de terrassements, des réutilisations des matériaux extraits en remblai est souhaitable.

Les conditions de réutilisation des matériaux sont définies par le GTR, En général les matériaux de remblais seront :

- Matériaux avec plasticité élevée et/ou expansifs.
- limite de liquidité (WL)  $\geq 50\%$  et IP (indice de plasticité)  $\geq 20\%$ , qui ont lieu avec des teneurs en eau naturelle qui les classifient avec état hydrique d'humide à très humide (h ou th).
- Matériaux contaminés avec des résidus ; gélifs, sulfatés ou organiques.
- Matériaux à dimension des blocs  $> 500$  mm.

Des essais de laboratoire ont été programmés au niveau des échantillons extraits des puits de reconnaissances et des sondages carottés.

Selon l'étude de tracé, on note la présence de deux (02) sous tronçons en déblais parmi les plus importants

Corps de remblai En général, on distingue, en égard à leur aptitude à la réutilisation

#### - les sols non réutilisables :

Sols 0.1 à 0.6, 1.1 (lorsque ces sols sont très plastiques ou moyennement plastiques) et 1.2,

#### - les sols réutilisables sous certaines conditions

(Teneur en eau, conditions climatiques, hauteur limitée de remblai, enveloppe de matériaux médiocres par une protection de meilleure qualité) : sols 1.1 (lorsque ces sols sont peu plastiques), 1.3 à 1.5, 2.1 et 2.2,

#### - les sols toujours réutilisables :

Sols 2.3, 3.1 et 3.2. La dimension des plus gros blocs ou pierres ne doit pas dépasser un chiffre compatible avec une épaisseur de couche rendant possible un compactage correct. On ne dépasse pas en général une dimension de blocs de 600 mm ; de plus, il est recommandé que la dimension des blocs ou pierres ne dépasse pas la moitié de l'épaisseur des couches. Cette dimension maximale descend à 100 mm pour les remblaiements effectués près des maçonneries d'ouvrages d'art ; en effet, il convient alors de mettre en œuvre par couches minces et d'utiliser un petit compacteur de façon à ne pas détériorer lesdites maçonneries ; le matériau de remblaiement près des maçonneries de ponts rails doit en outre être un matériau insensible au tassement (classe de qualité QS3). La couche inférieure des remblais posés sur sol humide doit être choisie de classe de qualité QS3 (matériau drainant). A noter que les qualités drainantes peuvent être améliorées par utilisation de géotextiles.

## Annexe chapitre IIX

**Tableau : Principaux déblais de la zone allant du PK 0+000 au PK 10+345**

PK		Formations lithologiques	Classification du sol			Réutilisation des matériaux en remblai	Recommandation
Début	Fin		GTR	UIC			
				Classification	Classe		
5+120	5+520	Remblai de la piste existante De 0.00-0.10 m Argile tufacée De 0.10 à 4.00 m Marne argileuse (au delà de 4.00 m)	A2	1.1	QS1	A2 : Etat hydrique élevé à très élevé (classée en h et th)	Mis en dépôt.
			A3	1.2		A3 : Très difficile (WL, IP et % eau élevée)	
6+950	7+275	Terre végétale De 0.00 à 0.15m Croûte rocailleuse (de 0.15 à 0.80 m) Marne argileuse (au delà de 0.80 m)	C <sub>1</sub> A <sub>i</sub> * A3	1.3* 1.2	QS1 <sup>c*</sup> QS1	20 % Très difficile (WL, IP et % eau élevée)	Réutilisation de la couche supérieure de la croûte rocailleuse dans les couches de remblai.

**Tableau : Coupe lithologique des gites d'emprunt**

N° de gite	PK	Profondeure(m)	coupe lithologique
01	3+000	0.00 - 0.20	Remblai des pistes d'accès
		0.20 – 0.30	Terre végétale
		0.3-3.00	Tuf limoneux (0.30m-2.00m) et gravillons entre (2.00-3.00m)
02	5+000	/	/
03	7+000	0.00 – 0.20	Terre végétale.
		0.20 – 3.00	Tuf graveleux jaunâtre

## Annexe chapitre IIX

**Tableau : Utilisation des matériaux de classe C1B5s en couche de forme d'après GTR**

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plate-forme support de chaussée						
						PST n° 1		PST n° 2		PST n° 3		PST n° 4
						AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2	AR 2	
C <sub>1</sub> B <sub>21</sub> s C <sub>1</sub> B <sub>31</sub> s C <sub>2</sub> B <sub>21</sub> s C <sub>2</sub> B <sub>31</sub> s	<p>a) fin réglage de 1 à 5 cm d'épaisseur d'un matériaux sableux.</p> <p>b) Traiter ces matériaux avec des liants hydrauliques.</p> <p>Le traitement n'est cependant possible que dans la mesure où un malaxage homogène à l'aide de malaxeurs à outils animés (pulvimixers...) est réalisable dans des conditions économiques acceptables.</p> <p>Ceci suppose soit que l'on procède à l'élimination préalable des éléments grossiers interdisant le fonctionnement correct du malaxeur, soit que le malaxeur utilisé puisse absorber et fragmenter ces éléments grossiers.</p>	++ ou +	pluie même forte	G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme  S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3	e = 0,8  ou (2)  e = 0,65	e = 0,5  ou (2)  e = 0,4	e = 0,4  ou (2)  e = 0,3	e = 0,3  ou (2)  e = 0,2	(3)		
		= ou -	pas de pluie	Solution 1 : G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme  S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3	PF2	PF2	PF2	PF2			
				Solution 2 : G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant  W : Humidification pour changer l'état hydrique du mélange sol + liant  T : Traitement avec un liant hydraulique  S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 2 1 1	(1)	e = 0,35  PF2	e = 0,35  PF2	e = 0,35  PF3	e = 0,35  PF3		

**Tableau : Utilisation des matériaux de classe B6h, A2ts et C1B5s en remblai d'après GTR**

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H							
					E	G	W	T	R	C	H	
B <sub>6</sub> h	<p>Ces sols sont très difficiles à mettre en oeuvre en raison de leur portance faible.</p> <p>La fraction grenue n'est pas suffisante pour modifier sensiblement le comportement de la fraction argileuse. Ils sont sujets au "matelassage", ce qui est à éviter au niveau des arases de terrassement</p>	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON							
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement à la chaux seule C : compactage moyen	0	0	0	2	0	2	0	0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0	0	0	0	0	3	1	
		-	évaporation importante	Solution 1 : extraction en couche - aération E : extraction en couche W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1	0	1	0	1	2	2	
A <sub>2</sub> ts	Sols normalement inutilisables en l'état				NON							
C <sub>1</sub> A <sub>1</sub> s C <sub>1</sub> B <sub>5</sub> s	<p>Ces sols sont difficiles à compacter</p> <p>L'humidification pour changer d'état exigeant un malaxage au moins grossier du sol peut être rendue difficile par la présence des blocs. Si ce malaxage ne peut être réalisé il convient alors de laisser percoler l'eau à partir de la surface après avoir réalisé une scarification. Dans ce cas il convient d'observer un temps de percolation de plusieurs heures</p>	++	pluie forte	Situation ne permettant pas de maîtriser l'humidification des sols nécessaire pour permettre leur utilisation et risquant de conduire rapidement à des excès de teneur en eau	NON							
		+	pluie faible	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0	0	0	0	0	1	1	
				Solution 2 : extraction en couches 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 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	0	0	0	1	1	
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0	
		-	évaporation importante	Solution 1 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne	0	0	3	0	0	1	2	
		Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0	0	4	0	1	1	0			

## Annexe chapitre IIX

**Tableau** : Classes de qualité des sols

Classification des sols (Identification géotechnique)	Classe de qualité des sols
0.1 Sols organiques 0.2 Sols fins (comportant plus de 15% de fines) foisonnés, humides et donc non compactables 0.3 Sols thixotropes (quick-Clay par exemple) 0.4 Sols comportant des matériaux solubles (sels gemme ou gypse) 0.5 Sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels, par exemple) 06 Sols mixtes « minéraux organiques »	QS0
1.1 sols comportant plus de 40% de fines (sauf sols 0.2) 1.2 Roches très évolutives par exemple : - craies de $\rho_d < 1.7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité forte - Marnes - Schistes altérés 1.3 sols comportant de 15 à 40% de fines (sauf sols 0.2) 1.4 roches évolutives par exemple : -Craies de $\rho_d < 1.7 \text{ t/m}^3$ et de friabilité faible -Schistes non altérés 1.5 Roches tendres par exemple : Si micro Deval en présence d'eau (MDE) $>40$ et Los Angeles (LA) $>40$	QS1
2.1 Sols comportant de 5 à 15% de fines 2.2 Sols comportant moins de 5% de fines mais uniforme ( $C_u < 6$ ) 2.3 Roches moyennement dures Par exemple : Si $25 < \text{MDE} \leq 40$ et $30 < \text{LA} \leq 40$	QS2
3.1 Sols comportant moins de 5% de fines 3.2 Roches dures Par exemple : Si $\text{MDE} \leq 25$ et $\text{LA} \leq 30$	QS3

**Tableau** : La classe de portance de la plateforme (fiche 719R)

Classe de qualité du sol	Classe de portance envisagée pour la plateforme	Couche de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance	
		Qualité	Epaisseur Minimale(m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0.50
	P2	QS3	0.35
	P3	QS3	0.5
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0.35
QS3	P3	QS3	-

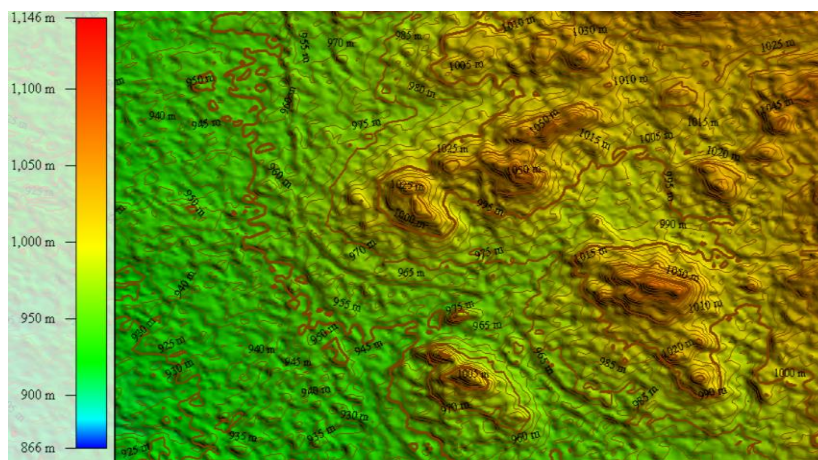
# **Pièces graphiques**



**Figure II - 4** Image 3D de Google Earth illustre une partie des chaines de montagne



**Figure II - 5** Image réelle de ces chaines montagneuse



**Figure II – 6** La dénivelée de la zone d'étude a l'aide de global mapper

## Pièces graphiques chapitre II Présentation de projet

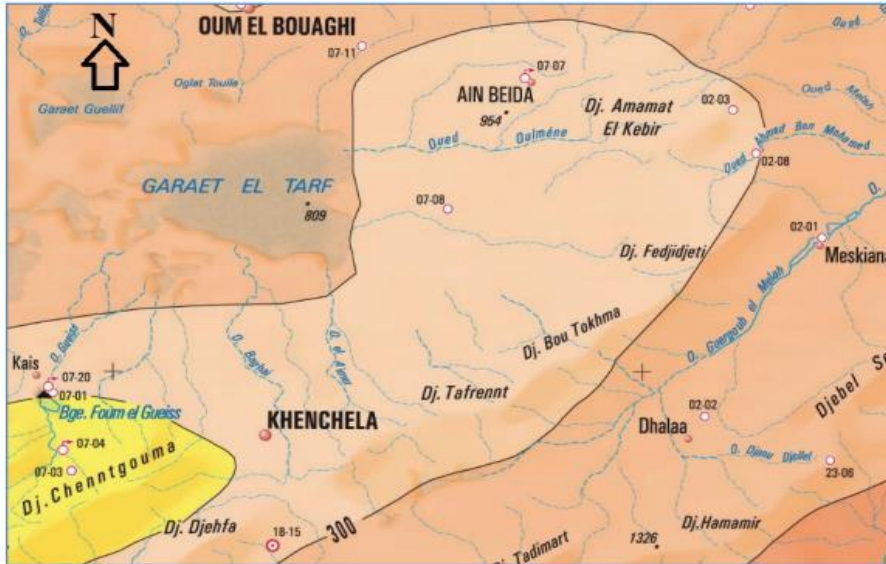


Figure II - 7 Réseau hydrographiques de la région d'étude

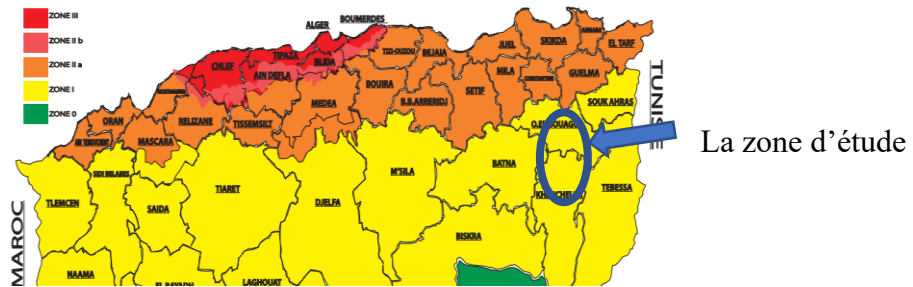


Figure II - 8 Situation du projet dans la carte sismique de l'Algérie (CGS 2003)

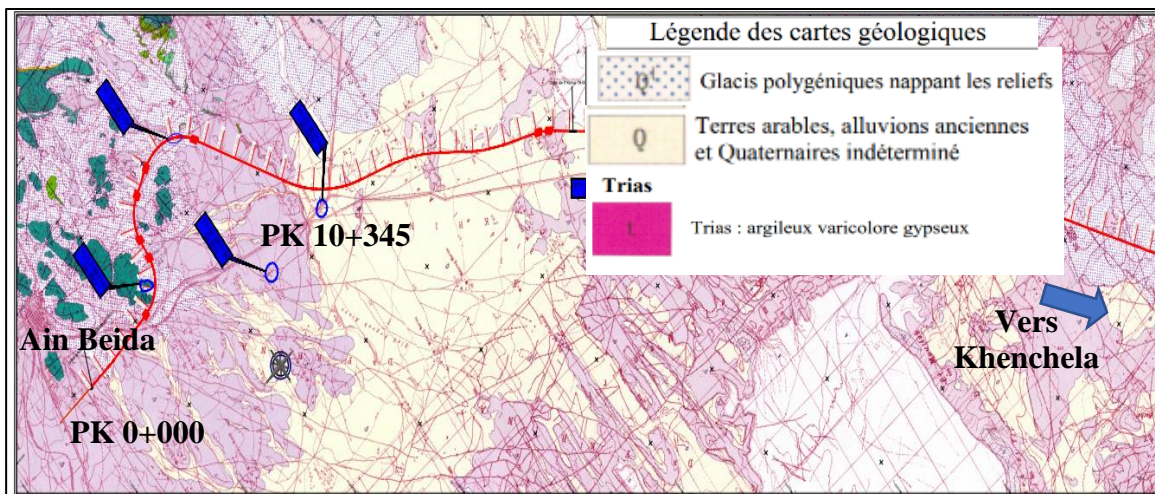
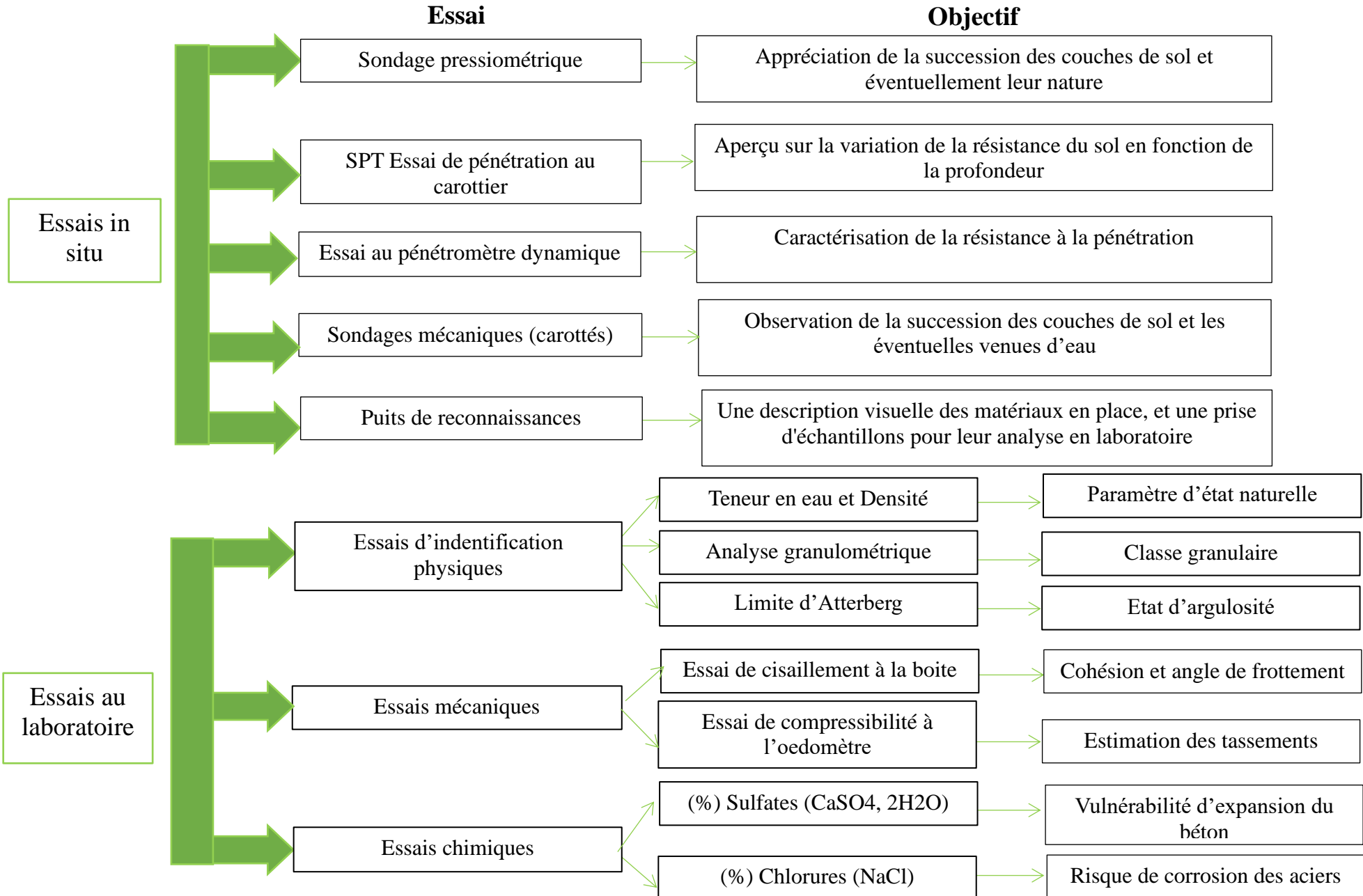


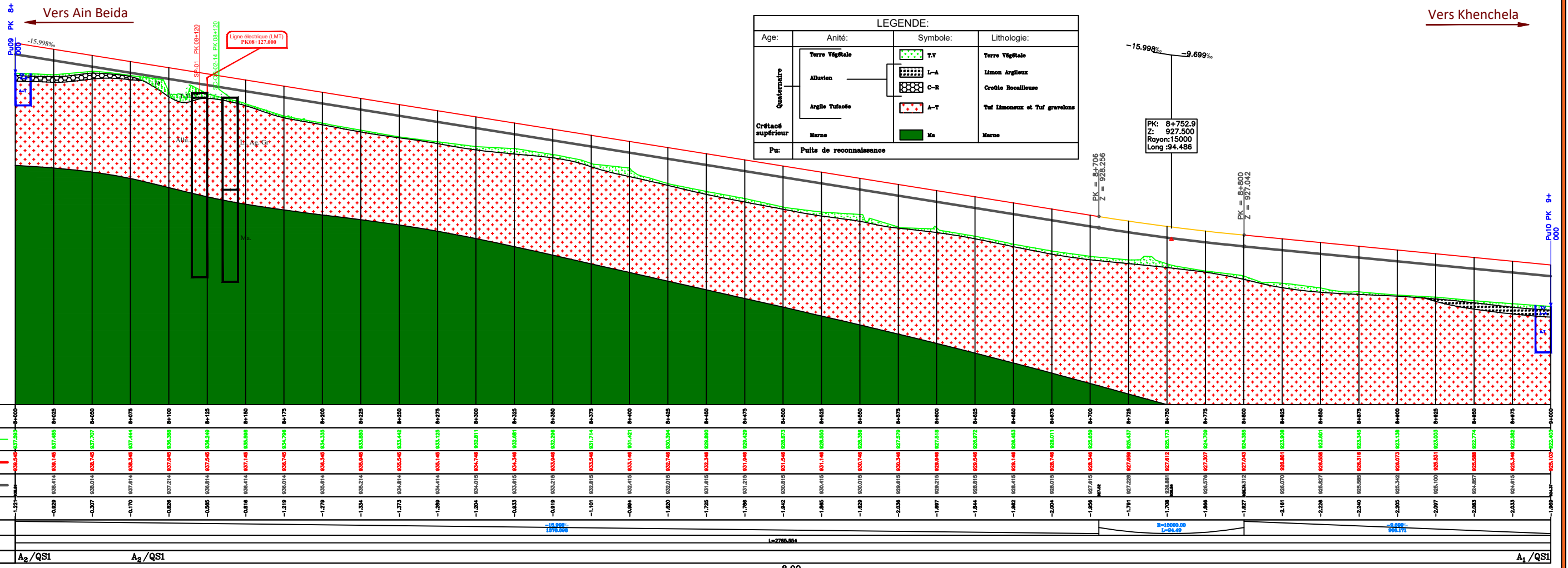
Figure II - 9 Carte géologique du projet



**Figure II - 10** Ligne électrifié moderne

**Pièces graphiques chapitre IIX Etude géologique et géotechnique et dimensionnement de l'assise ferroviaire**





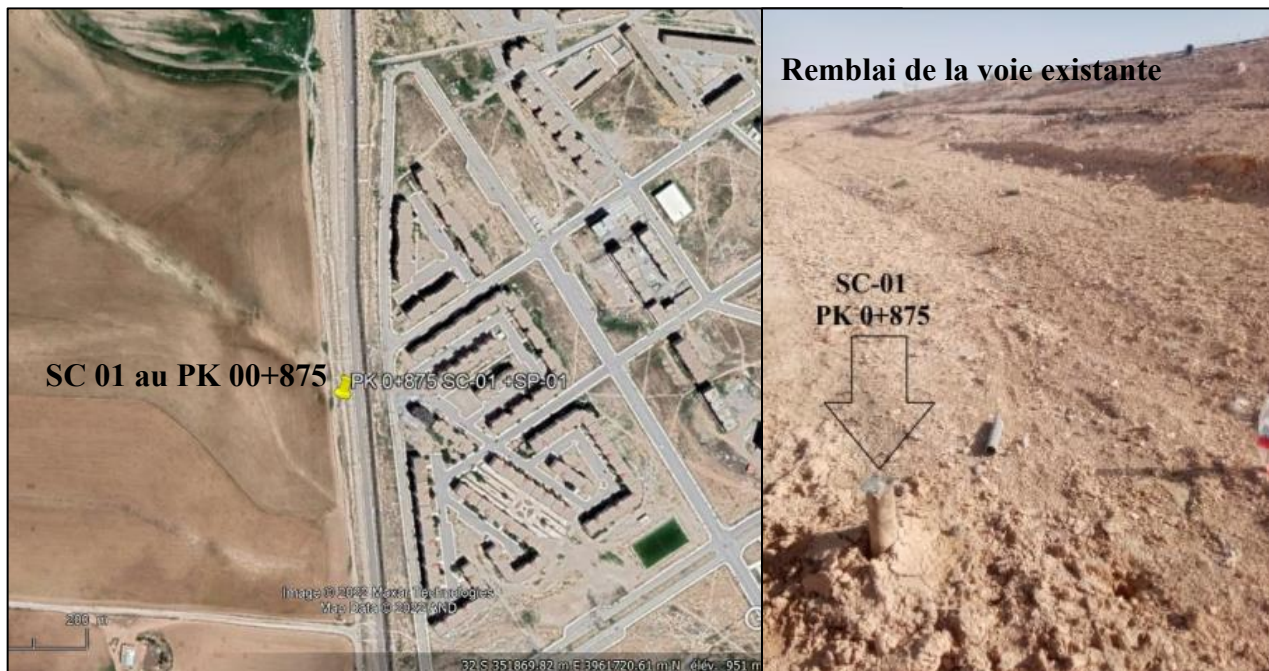
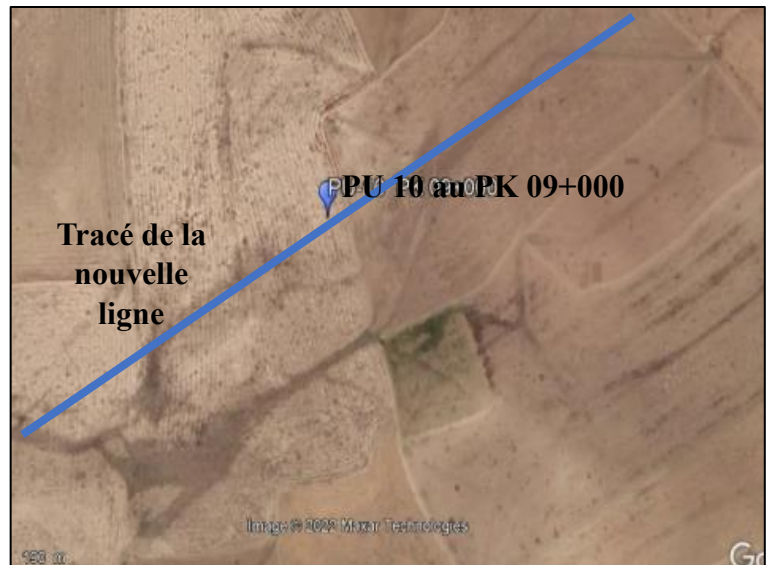


Figure IIX - 7 Localisation du SC 01 au PK 00+875



Figure IIX - 8 Sondage carotté au PK 00+875 de 0m à 10m





**Figure IIX - 11** Implantation et réalisation du PU 10 au PK 09+000

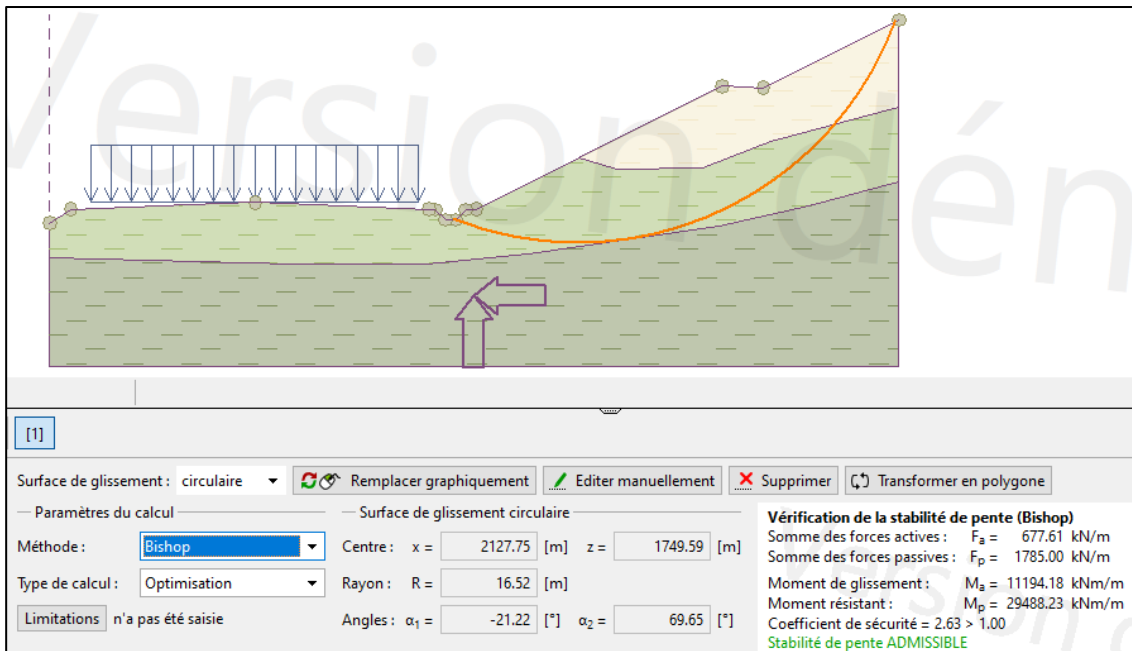


Figure IX - 5 Résultats de stabilité du déblai au PK 05+350 sous l'action sismique

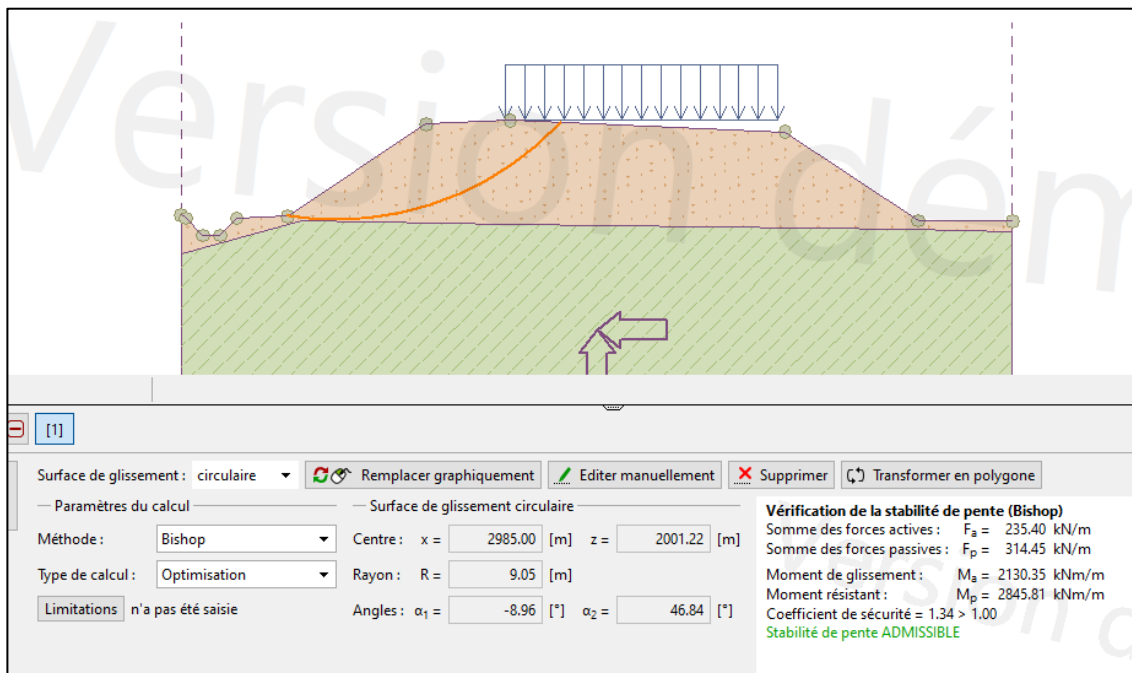


Figure IX - 6 Résultats de stabilité du remblai au PK 06+775 sous l'action sismique

<b>Sol Support (Argile tuface)</b> Unit weight : $\gamma = 21.60 \text{ kN/m}^3$ Stress-state : effective Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 12.10^\circ$ Cohesion of soil : $c_{ef} = 47.00 \text{ kPa}$ Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 21.60 \text{ kN/m}^3$	
<b>Nouveau remblai</b> Unit weight : $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$ Stress-state : effective Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 40.00^\circ$ Cohesion of soil : $c_{ef} = 15.00 \text{ kPa}$ Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$	
<b>Encien remblai</b> Unit weight : $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$ Stress-state : effective Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 35.00^\circ$ Cohesion of soil : $c_{ef} = 10.00 \text{ kPa}$ Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$	

Figure IX - 7 Caractéristiques des matériaux utilisés pour le remblai en dédoublement

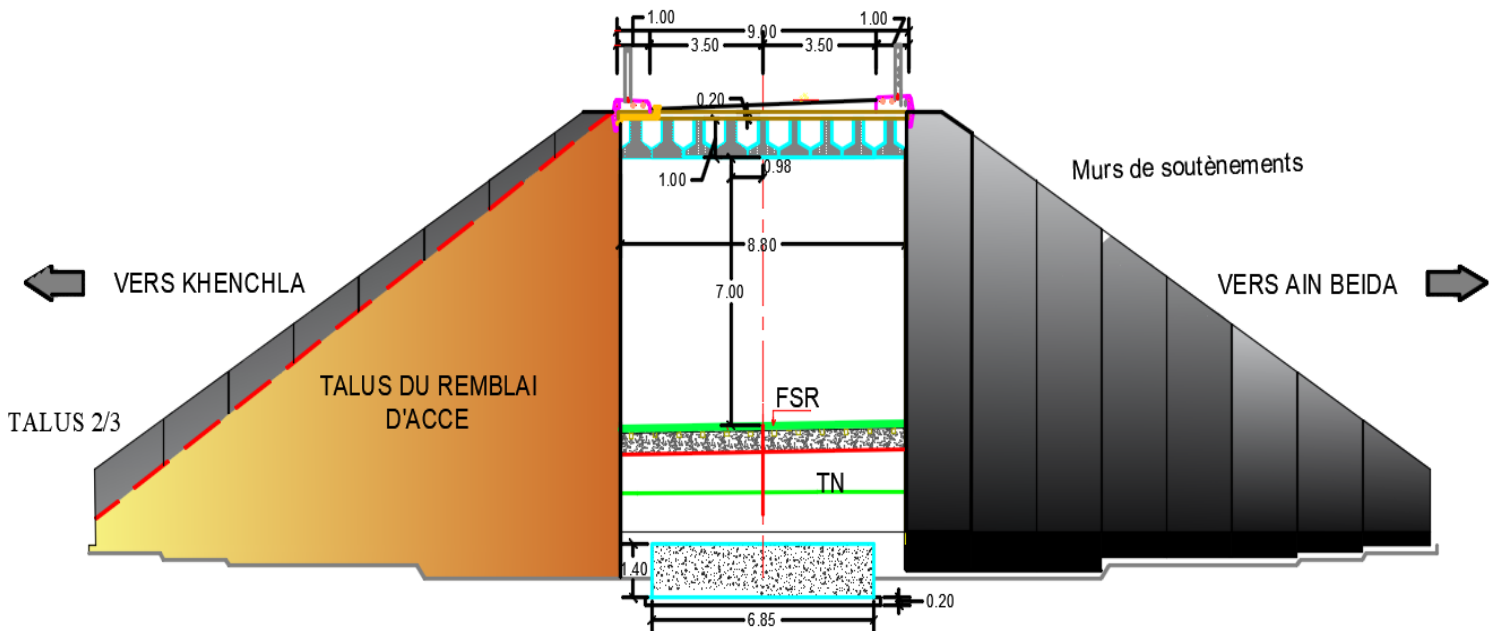


Figure IX - 8 Coupe transversale passage supérieur au PK 08+106