



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

فرنسيس جاتسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

National School of Built and Ground Works Engineering

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude APD de la nouvelle ligne électrifiée à voie unique entre

SAIDA et EL BAYEDH

du PK 0+000 au PK 10+520 pour une exploitation à 220km/h

avec aménagement de la gare voyageur d'Ain Lahdjar

Présenté par :

MEBAREK Mohamed

Encadré par :

Mr. CHANANE Mouloude

Promotion 2017 /2018

DEDICASE

Je dédie ce travail :

A Mes très chers parents et ma grand-mère

Vous étés ma source de soutien et d'appui durant ce long parcours de mon éducation. Que dieu le tout puissant les protègent.

A Mon beaux frère : Omar et mes sœurs : Noussaiba et Meriem

*A ma «grand-mère» Allah yarhamha, qui a attendu avec patience vivre ce
Jour-là.*

A toute ma famille sans exception.

*A tous mes amis, et camarades, spécialement : Abdo Allah, Rabah, Massi, Bilal,
bardo, Mustafa et Azzedine (Massi)*

*A tous ceux qu'j'ai oubliés qui m'ont apporté d'aide et soutien durant ces
années de formation.*

REMERCIEMENT

Je Tiens à remercier en premier lieu et avant tout ALLAH le tout puissant, qui a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans les meilleures conditions.

Je remercie Monsieur CHANANE Mouloud directeur des études à société d'étude Technique et de l'Ingénierie du Rail (SETIRAIL) pour accueillis, et mis à notre disposition tous les moyens nécessaires.

Ce projet de fin d'étude qu'on a l'honneur de présenter est mené aussi grâce à la participation exceptionnelle de mes encadreurs HAMZA et ADEL Pour son soutiens, et remarques pertinentes et les ingénieurs : Adem, Brahim ; et toute l'équipe de STIRAIL.

Je tiens à remercier aussi toute l'équipe de la bibliothèque pour leurs patiences, leurs soutiens et pour les nombreux ouvrages qu'ils ont mis à notre disposition

Mon remerciement s'adresse également aux enseignants qui ont contribué à notre formation et à tous ceux qui mon aider de près et de loin

Mes remerciements au membre de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail

RESUME

Dans le cadre du projet de fin d'étude s'inscrit ce présent mémoire qui synthétise la conception et l'étude d'avant-projet détaillé d'une ligne ferroviaire à voie unique reliant Saida et El Bayadh.

Le traçons d'étude démarre du PK 0+000 par un by-pass au PK 10+520 sur un linéaire de 11 km, sur laquelle on prévoit un aménagement d'une gare voyageur de la ville de Ain Lahdjar.

L'étude a été basée sur des normes internationales « UIC » (Union Internationale de Chemin de fer), et des recommandations algériennes de la « SNTF » (Société Nationale de Transport Ferroviaire) et la modélisation géométrique a été faite à l'aide des logiciels « Auto cad, Covadis, Star », et un logiciel pour le calcul de stabilité des terrassements « SLIDE 6.0 ».

Mots-clés : Ferroviaire, tracé, dimensionnement, ouvrage, gare.

ABSTRACT

As part of the end-study project, this memorandum is realized, which summarizes the conception and study in detail, of the new single-track railway line linking Saida to El Bayadh.

The studied section starts from the kilometric point PK 00+000 by a By-passed to PK 10+520, of a distance of 11 km, in which a passenger station is planned near of the city of Ain El Hdjar.

The study was based on the international norms UIC (International Union of Railways), and the recommendations of the Algerian railway company. Geometric modeling was done by using software « Auto cad, Covadis, Star », and another of embankment stability calculations « SLIDE 6.0 ».

Keywords:

Railway, vertical and horizontal alignment, engineering structures, train station.

ملخص

فإطار مشروع نهاية الدراسة تم إنجاز هذه المذكرة التي توجز تصميم ودراسة مفصلة لخط جديد للسكة الحديدية مسار واحد الرابط بين سعيدة والبيض.

المقطع المدروس يبدأ من النقطة الكيلومترية 0+000 بواسطة طريق جانبي إلى النقطة 10+ 520 بطول 11 كلم مع تهيئة محطة توقف قطارات نقل المسافرين بمدينة عين الحجر.

واستندت هذه الدراسة على معايير الاتحاد الدولي للسكة الحديدية وتوصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكة الحديدية وقد تم التصميم باستخدام برامج «Auto cad» «Covadis» «Star» وبرنامج لدراسة استقرار المنحدرات الناتجة عن عمليات الحفر «SLIDE 6.0».

الكلمات المفتاحية

السكة الحديدية، المسار التصميم، منشآت فنية، محطة نقل المسافرين

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I. : GENERALITE SUR L'INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE	2
1. INTRODUCTION.....	2
2. HISTORIQUE DE LA VOIE FERRE :	2
3. LES AVANTAGES DES CHEMINS DE FER :	3
4. LE RESEAU FERROVIAIRE ALGERIEN.....	4
CHAPITRE II.: PRESENTATION DE PROJET	8
1. INTRODUCTION :	8
2. OBJECTIFS DU PROJET	9
3. LOCALISATION DU PROJET	9
4. PRESENTATION DE LA REGION	10
5. CARACTERISTIQUES DE LA LIGNE PROJETEE.....	11
CHAPITRE III.: COMPOSANTE DE LA VOIE FERROVIAIRE	13
1. INTRODUCTION :	13
2. COMPOSANTE DE LA VOIE FERREE	13
CHAPITRE IV.: ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIE.....	22
1. INTRODUCTION.....	22
2. TRACE EN PLAN	22
3. PROFIL EN LONG.....	32
CHAPITRE V.: ETUDE GEOTECHNIQUE.....	35
1. INTRODUCTION.....	35
2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE	35
3. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	36
4. CADRE SISMIQUE.....	38
5. ETUDE GEOTECHNIQUE.....	39
6. CLASSIFICATION DES SOLS SUR LE LONG DU TRACE.....	46
CHAPITRE VI.: DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE D'ASSISE	50

1. INTRODUCTION.....	50
2. LES DIFFERENTES COUCHES D'ASSISE.....	50
3. DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISE.....	53
CHAPITRE VII.: TERRASSEMENT	55
1. INTRODUCTION.....	55
2. ETUDE DE STABILITE DES OUVREGE EN TERRE.....	55
3. DEBLAIS	55
4. REMBLAIS.....	56
5. REUTILISATION DES MATERIAUX DE DEBLAI.....	57
6. CARRIERE	58
7. ZONE DE DEPOT	58
CHAPITRE VIII.: ASSAINISSEMENT	59
1. INTRODUCTION :.....	59
2. DESCRIPTION HYDROLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE	59
3. DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS.....	61
5. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.....	65
CHAPITRE IX. PROFIL EN TRAVERS ET CALCUL DES CUBATURES	71
1. PROFIL EN TRAVERS.....	71
2. CALCULE DES CUBATURES.....	73
CHAPITRE X.: LES OUVRAGES D'ART	74
1. INTRODUCTION.....	74
2.LES CRITERES DE CHOIX ET DE CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART ...	74
3. HAUTEUR DE FRANCHISSEMENT	74
4. LES OUVRAGES D'ARTS DU PROJET	75
CHAPITRE XI. :AMENAGEMENT DE LA GARE DE AIN EL HDJAR.....	76
1. INTRODUCTION.....	76
2. LES TYPES DE GARES.....	76
3. AMENAGEMENT D'UNE GARE VOYAGEURS	77

4. RESEAU DE VOIE.....	77
5. AMENAGEMENT DE LA GARE DE AIN EL HDJAR	79
CHAPITRE XII.SIGNALISATION, TELECOMMUNICATION, ETELECTRIFICATION	83
1. SIGNALISATION	83
2. TELECOMIUNICATION	87
3. ELECTRIFICATION.....	88
CONCLUSION GENERALE.....	91
Bibliographie	

LISTE DES ANNEXES

Annexe .A LISTING AXE

Annexe .B CALCULE DE DEVERS

Annexe .C GEOTECHNIQUE ET HYDROLOGIE

Annexe .D TERRASSEMENT

Annexe .E CALCUL DES CUBATURES

Liste des tableaux

Tableau II 1 précipitation mesuelles et moyenne annuelle à la tation de Saida pour la période 1970-2009 [2] 10	
Tableau II 2 Températures mensuelles et moyenne annuelle à la station de Sada pour la période 1995-2006 [2]	11
Tableau III 1Caractéristiques de rails du type UIC60 E1 [5]	15
Tableau III 2 Spécification et dimensions des appareils de voie type UIC 60 E1 [5].....	19
Tableau III 3 Les appareils de voie type UIC 60 E1.....	19
Tableau III 4 Les spécification des composantes de la voie de notre projet.....	20
Tableau IV 1 Longueur minimale des éléments de tracé Lmin [6].....	22
Tableau IV 2 Valeur maximale du dévers[6].....	25
Tableau IV 3 Valeur limites de l'insuffisance du dévers [6]	25
Tableau IV 4 Valeur limites de l'excès de dévers [6].....	25
Tableau IV 5 Valeur limite de la variation de dévers en fonction de la longueur [6]	26
Tableau IV 6 Valeur limite de la variation de dévers en fonction du temps [6].....	26
Tableau IV 7Valeur limite de la variation de l'insuffisance en fonction du temps [6].....	26
Tableau IV 8 Récapitulatif des valeurs des paramètre de conception du tracé.....	27
Tableau IV 9 Les résultats de divers parametre calculé du tracé.....	31
Tableau IV 10 Les valeurs limites des longueur des déclivité [6]	32
Tableau IV 11Valeur de la longueur minimale des déclivités [6]	33
Tableau IV 12 Valeur de rayon vèrticale minimal [6].....	33
Tableau V 1 La normalisation des essais géotechniques réaliser pour notre projet.....	39
Tableau V 2Tableau récapitulatif des résultats in situ des puis de reconnaissance [8]	40
Tableau V 3 Qualification de compasité de sol à partir de l'essai SPT (NF P 94-011) [9].....	40
Tableau V 4 Tableau récapitulatif des résultats in situ des sondage carottés [8]	41
Tableau V5 Tableau récapitulatif des résultats des essais pénétromètre dynamique.....	44
Tableau V 6 Tabeau récapitulatif des principeaux essais au laboratoire	44
Tableau V 7 Tableau récapitulatif les travaux d'investigation pour chaque zone d'etude.....	45
Tableau V 8 Classement du sol [10].....	46
Tableau V 9 Définition de classe de qualité de sols selon la norme NF P11 300 [10]	47
Tableau V 13. La classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des sondages carottiers.....	48
Tableau VI 1 Epaisseur de ballast d'une voie ferroviaire [10]	51
Tableau VI 2 Détermination de la classe de portance de la plateforme et l'épaisseur de couche de forme [10]	53
Tableau VI 3 Tableau récapitulatif l'épaisseur des différents couches d'assise	54
Tableau VII 1Nature des terrains et pente proposé pour chaque déblaidnot la hauteur à l'axe supérieure à 8m	55
Tableau VII 2 Synthèse des calculs de stabilité des déblais	56
Tableau VII 3 Liste des remblai dont la hauteur à l'axe est supérieur à 8m.....	56
Tableau VII 4 Liste des remblais dont la hauteur à l'axe est supérieur à 8m	57
Tableau VII 5 Localisation des carrières.....	58
Tableau VIII 1 Superficie des bassins versants de la région hydrographique étudiée [11].....	59
Tableau VIII 2 Températures mesnsuelles et moyenne annuelle à la station de Saida pour la période 1995-2006 [2]	61
Tableau VIII 3 Moyennes mesnsuelles d'Humidité relative de l'air en % à la station de Saida pour la période 1995-2006 [2]	61
Tableau VIII 4 Précipitations mesnsuelles et moyenne annuelle à la station de Saida pour la période 1995-2006 [2]	61
Tableau VIII 5Méthode de calcul de temps de concentration.....	63
Tableau VIII 6 Les caractéristiques morphologiques des bassins versant.....	63
Tableau VIII 7 Valeur de paramètre de Montana « a » en fdonction de périod de récurrence	64
Tableau VIII 8 Valeur de coefficient de ruissèlement en fonction de périod de récurrence [11]	65
Tableau VIII 9 Les valeurs de Ks [12]	66
Tableau VIII 10 Les ouvrages dalots et leur dimensionnement préconiser le long du notre tracé.....	68
Tableau VIII 11 Les Oueds situé sur des béblais le long du notre tracé	68
Tableau VIII 12 Calcul des déblais d'apport pour les déblais	69
Tableau IX 1 Tableau récapitulatif des cubatures	73
Tableau X 1 Les ouvrages d'arts/hydraulique projtés du projet.....	75

Liste des figures

Figure I 1 Infrastructure ferroviaire.....	2
Figure I 2 Réseau ferroviere durent la période coloniale [1].....	5
Figure I 3 Plan de développement des chemins de fer en Algérie [1]	7
Figure II 1 Plan de localisation de projet SAIDA-EL BYEDH [2]	8
Figure II 2 Plan détail de tracé en plan de la voie du projet Saida-El Bayedh [2]	8
Figure II 3 plan de localisation du notre projet.....	9
Figure II 4 Répartition par âge et par sexe de la wilaya de Saida [2]	11
Figure III 1 Composantes d'une voie ferrée [3]	13
Figure III 2 Les composantes du rail [5]	13
Figure III 3 Les différents types de rail (de gauche à droite : Rail Vignole, Rail à double champignon, Rail à gorge) [5]	14
Figure III 4 Ecartement et l'inclinaison de rail [5]	14
Figure III 5 Schéma profil de rail type UIC60 E1 [5].....	15
Figure III 6 Traverses en bois [5] Figure III 7 Traverses métallique [5]	17
Figure III 7 Schéma récapitulatives des composantes de la voie ferroviaire	21
Figure III 8 Schéma cinématique de l'exécution de la voie	21
Figure IV 1 Les éléments de tracé en plan [14]	23
Figure IV 2 Le dévers [14]	24
Figure IV 3 Schéma du By-pass	27
Figure IV 4 Schéma descriptive de la zone de départ.....	28
Figure IV 5 Type de raccordement UIC des points de départ (à gauche : voie principal, à droite : By pass).....	28
Figure IV 6 Image sur terrain des points de départ (à gauche : voie principal, à droite : By pass).....	29
Figure IV 7 Tracé dans la zone de tunnel	29
Figure IV 8 Schéma de raccordement circulaire	33
Figure V 1 Situation géographique de la zone d'étude [8]	35
Figure V 2. Carte des différents ensembles géomorphologiques de la zone d'étude en 3D [8].....	36
Figure V 3 Photos des zones de départ et fin du tunnel.....	36
Figure V 4 Principaux zone structuraux de la région d'étude [8]	37
Figure V 5 Situation du secteur d'étude sur la carte de zonage sismique du territoire national [8]	39
Figure V 6 Schéma de principe d'essai préssiométrique Ménard [9]	42
Figure V 7 Profil d'essai au pénétromètre dynamique [9].....	43
Figure V 8 Schéma de principe d'essai pénétromètre dynamique [9]	43
Figure VI 1 Profil type d'une plateforme ferroviaire [10]	50
Figure VI 2 Epaisseur des couches d'assise [10].....	53
Figure VI 3 Profil en travers de la plateforme	54
Figure VIII 1 Un grand Oued au PK 1+075 [11].....	59
Figure VIII 2 Situation de la ligne ferroviaire Saida El Bayadh sur la carte hydrographique [11].....	60
Figure VIII 3 Schéma d'un fossé.....	69
Figure IX 1 Profil en travers type en remblai.....	72
Figure IX 2. Profil en travers type en déblai	73
Figure XI 1 Plan de circulation et fluidité des voyageurs	77
Figure XI 2 Garage franc [15].....	78
Figure XII 1 Plan de fonctionnement de signalisation en cabine [16] :	84
Figure XII 2 Fonctionnement de mode de contournement [16]	85
Figure XII 3 Architecture de système de signalisation	86
Figure XII 4 Schéma d'une caténaire [17]	88

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures de transport représentent le moteur générateur du développement économique d'un pays. Dans cette vision la globalisation des systèmes économique conduit l'ensemble des nations à moderniser leur environnement économique à des fins d'attractivité à l'investissement productif. La modernisation et le développement des infrastructures de transport en général et des voies de communication ferrovière en particulier parmi les conditions à mettre en place pour favoriser l'apport des capitaux à l'investissement.

En Algérie, l'accroissement de la population dans les régions du Sud a renforcé le besoin d'infrastructures de transports et l'offre de transport. Aujourd'hui on note une inadéquation significative, tant quantitative que qualitative de l'offre d'infrastructures de transport aux besoins exprimés par les populations. Relier la région du Nord du pays au Sud en passant par les hauts plateaux et les wilayas de l'Est à celles de l'Ouest, permettra plus de mobilité à la population, une équité socio-économique entre les différentes parties de la nation et facilitera le transport des marchandises entre les différents pôles industriels et pétroliers ainsi que leur acheminement vers les ports.

Cette politique du chemin de fer menée d'une façon considérable par les pouvoirs publics, pour un objectif de participation à la mise en application du schéma directeur de l'aménagement du territoire.

A ce titre, le plan du développement intègre la construction d'une nouvelle ligne mixte (voyageurs et marchandises) électrifiée entre Saida et El Bayadh d'un linéaire de 200km pour une exploitation à 220 km /h.

Dans le cadre de la formation des élèves ingénieurs à l'école nationale supérieure des travaux publics, notre projet de fin d'étude, qui consiste : **«l'Étude en Avant-projetDétaillédelanouvelleligneélectrifiéeentreSaidaetElBayadh sur 10 km avec aménagement de la gare de AIN EL HADJAR ».**

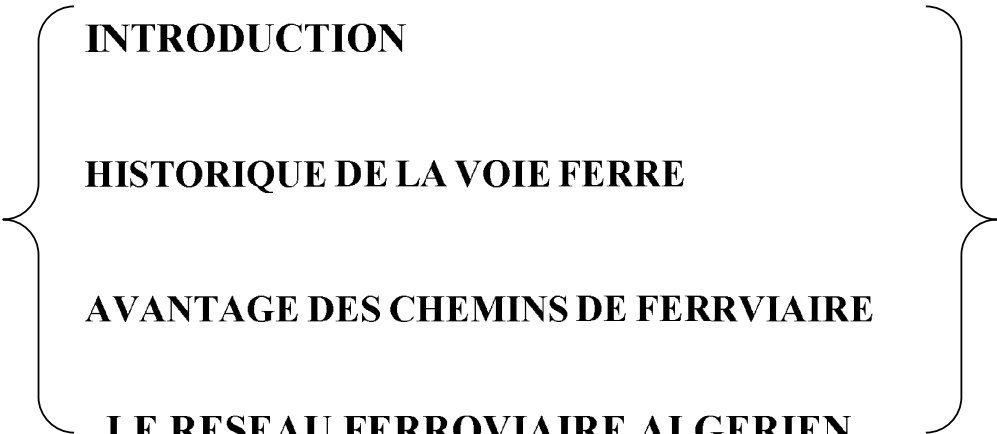
Ce travail s'articule autour de ces axes principaux :

- Généralité sur l'infrastructure ferroviaire
- Présentation du projet
- Etude géométrique : tracer en plan, profils en long et en travers
- Dimensionnement de la structure accompagné de différentes études telles que la géotechnique, l'hydraulique.
- Les ouvrages d'art.
- Aménagement de la gare voyageur.

À la fin de notre travail, nous donnons un devis estimatif du coût total du projet qui est basé sur le calcul des cubatures et nous concluons par une conclusion générale tirée lors de l'élaboration de ce projet.

CHAPITRE I

GENERALITE SUR L'INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE



INTRODUCTION

HISTORIQUE DE LA VOIE FERRE

AVANTAGE DES CHEMINS DE FERRVIAIRE

LE RESEAU FERROVIAIRE ALGERIEN

CHAPITRE I. : GENERALITE SUR L'INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE

1. INTRODUCTION

L'infrastructure ferroviaire est l'ensemble des installations fixes nécessaire pour permettre l'aménagement et la circulation des trains. Vers le milieu du 19^{ème} siècle que la voie ferrée a pris son aspect actuel de roulement des essieux sur deux rails maintenus par des traverses, et transmission des efforts à la plateforme par l'intermédiaire d'une couche de ballast et des sous-couches.

Aujourd'hui, L'Algérie est un grand chantier en ce qui concerne le développement de ses infrastructures de base. Dans le cadre de son programme pour le développement des transports ferroviaires inscrit au plan quinquennal du secteur du transport algérien, initié au cours du premier plan quinquennal (2000-2005) la modernisation de certaines lignes, par l'électrification de plusieurs voies et au lancement d'autres nouvelles lignes, par ailleurs des nouvelles prescrites pourraient aussi s'ouvrir pour le réseau ferroviaire national.

De par sa fluidité et sa rapidité, Le chemin de fer avec voies électrifiées reste le moyen de transport le moins polluant et le plus respectueux de l'environnement, offrant ainsi aux nations un développement économique durable comparés aux autres modes de transport.



Figure I 1 Infrastructure ferroviaire

2. HISTORIQUE DE LA VOIE FERRE :

La réapparition des transports guidés a eu lieu en 1550 en Europe dans les mines en utilisant des barres de guidage en bois avant d'adopter par la suite en 1738 des rails métalliques en Grande-Bretagne.

La première voie ferrée construite au monde est apparue en ANGLETERRE en 1825 reliant STOCKTON et DARLINGTON qui avait comme rôle de transporter seulement du charbon, tout comme d'autres lignes construites dans la même période en ECOSSE et LANCASHIRE. Cette dernière a connu en 1803 la mise en service de La première voie ferrée mixte entre LIVERPOOL et MANCHESTER sur 51 Km.

A partir de 1840 à 1914, le chemin de fer connu un développement remarquable dans les pays qui disposaient de charbon, ou qui pouvaient facilement en importer, comme l'Europe et les Etats-Unis. Bénéficiant de la révolution industrielle

En 1875, un demi-siècle après la naissance des premières voies ferrées, en comptait 129 000 Km de lignes au Etats-Unis et 123 000 Km en Europe occidentale. Quelques années plus tard en dénombrait 363 000 Km de voies ferrées dans le monde

En 1950, ces dernières étaient desservies par 350 000 Km de lignes ferroviaires sur un total de 1,3 millions de Km. Enfin, malgré le grand développement des chemins de fer au monde mais leur répartition apparaît très inégale. De nombreux états ne disposent que d'un petit nombre de lignes ferroviaires ainsi que d'autres ne possèdent pas de réseaux ferrés dont 14 pays africains font partie.

3. LES AVANTAGES DES CHEMINS DE FER :

Le chemin de fer convient tout particulièrement pour desservir des zones fortement urbanisées et congestionnées dans lesquelles de très nombreuses personnes doivent être transportées.

Le succès spectaculaire de chemin de fer par rapport aux autres modes de transport, qui ne s'est pas démenti depuis le 19^{ème} siècle et puise de nouvelles forces dans la conjoncture énergétique actuelle, qui est dû à ses avantages technique économique concerne la rapidité, débit, l'environnement, l'économie, et la sécurité. Voici quelques atouts de transport ferroviaire [4] :

- Le contact métal sur métal limite à une faible valeur la résistance au roulement, ce qui permet ainsi la remorque de charges élevées avec une puissance modérée.
- Le débit d'une voie ferrée est très supérieur à celui d'une autoroute à quatre voies dont la largeur d'emprise est cependant beaucoup plus grande. Dans ces conditions, le chemin de fer permet de réduire au minimum les encombrements et d'utiliser au minimum le sol, c'est ce qui le rend si précieux.
- La marche des trains ne dépend que d'un seul degré de liberté du fait du guidage précis des rails d'où une grande aptitude du chemin de fer à l'automatisation, ce qui permet une amélioration considérable des performances et du prix de revient.
- Dépense d'énergie primaire nettement inférieure à celle de l'aviation et du transport routier et même légèrement inférieure à celle de la voie d'eau. ou le mode dont les approvisionnements énergétiques sont limités.
- Le chemin de fer a un faible degré de pollution
- Les trains sont infiniment plus sûrs

4. LE RESEAU FERROVIAIRE ALGERIEN

4.1 Aperçu historique :

Par décret impérial du 8 avril 1857, la force d'occupation française a décidé la création d'un réseau de chemin de fer en Algérie visant à mailler tous le nord du pays avec le double objectif de l'utiliser comme un outil logistique de pacification des territoires et un moyen de transfert des richesses algériennes vers la métropole.

4.1.1. Période coloniale

La réalisation du réseau de chemin de fer algérien s'est faite par étapes successives. Durant la période coloniale, trois programmes ont été initiés par l'administration : Le programme de 1857, de 1879 et celui de 1907[1].

• PROGRAMME DE 1857

Le 8 Avril 1857, la force d'occupation française autorise la construction de 1357 km de lignes.

Le 12 Décembre 1859, le chantier de la ligne Alger-Blida fût ouvert. Une entreprise de statut privé, appelée "Compagnie des chemins de fer algériens" est créée.

Cette compagnie obtient en plus de la réalisation de la ligne Alger-Blida, une concession pour la réalisation des lignes Oran-Sig et Constantine-Skikda, qui n'ont pas été réalisées faute de financement. Seule la ligne Alger-Blida a pu être réalisée et ouverte au service voyageur le 8 Septembre 1862.

La poursuite des travaux pour les autres lignes est assurée par cinq (5) compagnies :

- La Compagnie Bône-Guelma(BG).
- La Compagnie de l'Est Algérien (EA).
- La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée (PLM).
- La Compagnie de l'Ouest Algérien(OA).
- La Compagnie Franco-Algérienne (FA).

Au cours de la période 1857-1878, les lignes ou tronçons de lignes suivants, totalisant une longueur de 1365 km, ont été réalisés : Annaba-Ain Mokra, Annaba-Bouhegouf-Guelma, Khroub-Oued Zenati, Constantine-Skikda, Constantine-Sétif, Alger-Thénia, Alger-Oran, Arzew-La Macta-Mohammadia, Mohammadia-Mécheria, Oued Tlélat-Sidi Bel Abbès.

• PROGRAMME DE 1879

Un programme de 1747 km de lignes nouvelles a été ajouté au réseau existant. Dans la période 1879-1906, 2035 km de lignes ont été réalisées ou entamées : Souk Ahras-Tébessa, Le Kouif et embranchement vers la frontière, Ain-Mokra-Ramdane Djamel, Ouled Rahmoune-Khenchela, El Guerrah-Biskra, Sétif-Thénia avec embranchements vers Tizi Ouzou, Bejaia et Sour El Ghoulane, Blida-Berrouaghia, Mostaganem-Relizane-Tiaret, Oran-Arzew, Sénia-Témouchent, Sidi Bel Abbès-Tlemcen-Frontière, Tabia-Crampel, Mécheria-Béchar, Tizi-Mascara.

• PROGRAMME DE 1907

En 1907, un troisième programme de nouvelles lignes portant sur 1256 km est établi et vient s'ajouter au réseau existant.

Au cours de la période 1907-1946, les lignes ou tronçons de lignes suivants, totalisant une longueur de 1614 km, ont été réalisés : Ain Beida-Tébessa, El Milia-Jijel, Biskra-Touggourt avec embranchements vers Tolga et El Oued (cette ligne classée secondaire d'une longueur de 387 km a été réalisée en plus du programme de 1256 km), Constantine-Oued Athmania, Berrouaghia-Djelfa, Tiaret-Mahdia-Cl.Bouguerra, Mascara-Mecheria avec embranchements

vers Relizane, Sidi Bel Abbès-Tizi, Tlemcen-Beni-Saf, Mostaganem-La Macta. En 1946, le réseau algérien comprend 5014 km de lignes en exploitation sans compter les embranchements miniers et les lignes de chemin de fer sur routes.

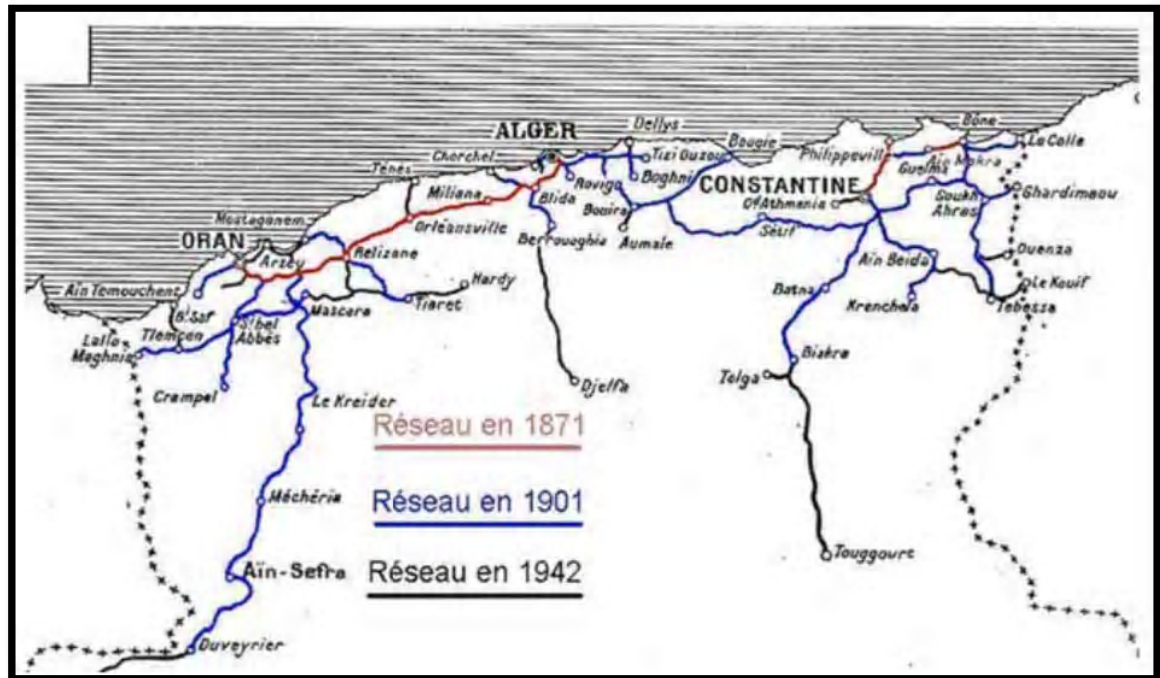


Figure I 2 Réseau ferroviere durent la période coloniale [1]

4.1.2. Période post-Indépendance

Au cours de cette période, un large programme d'investissement a été lancé. Il se caractérise surtout par la modernisation et l'accroissement de la capacité des lignes du réseau, les grands aménagements ferroviaires régionaux et l'extension géographique du réseau.

Ce programme a permis les réalisations suivantes :

- Lignes nouvelles :
 - Jijel / Ramdane –Djamel (140 km)
 - Dessertes des cimenteries de Beni-Saf (23 km), Saida (23km) et Ain-Touta (15 km).
- Renouvellement complet (voie et ballast) d'une grande partie du réseau soit un total de 1400 km de voie
- Mise à double voie de tronçons de la rocade nord (200 km).
- Aménagement, modernisation et reconstruction des gars réparation sur le réseau.
- Aménagement ferroviaire des régions d'Annaba et d'Alger (partiellement)

Dès 1999, une attention particulière a été accordée au secteur ferroviaire par les pouvoirs publics. De nombreux programmes d'investissements ont été inscrits et lancés depuis, notamment ceux de 1999-2005, 2005-2009 et 2009-2014. L'ensemble de ces programmes visent le développement et la modernisation du réseau existant.

A partir de l'an 2000, le réseau Algérien a connu l'électrification de 340 km et la réalisation de 500 km des lignes nouvelles.

Tableau I 1 Longueur de réseau ferroviere[3/

	4820	4820	3973	3973	3973	3973	3973	4573

4.2. Réseau actuel :

Le réseau des chemins de fer algérien est aujourd'hui parmi le plus moderne d'Afrique. Il sert au transport de personnes et de marchandises. L'ambition des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Actuellement ce réseau est de 4576km [3].

4.3. Perspectives de développement du réseau ferroviaire :

- Longueur des lignes en exploitation : 3750km.
- Longueur des lignes en double voie : 553Km.
- Longueur des lignes en voie unique : 3217Km
- Longueur des lignes électrifiées : 324Km.
- Nombre de gares en exploitation : 175.

Ce programme compte des opérations de renouvellement et modernisation des voies existantes, et de renforcement des ouvrages d'art anciens (pont et tunnels), la création de nouvelles lignes, l'extension de capacité des installations existantes pour l'amélioration des débits des lignes, et la modernisation des équipements de signalisation et télécommunication.

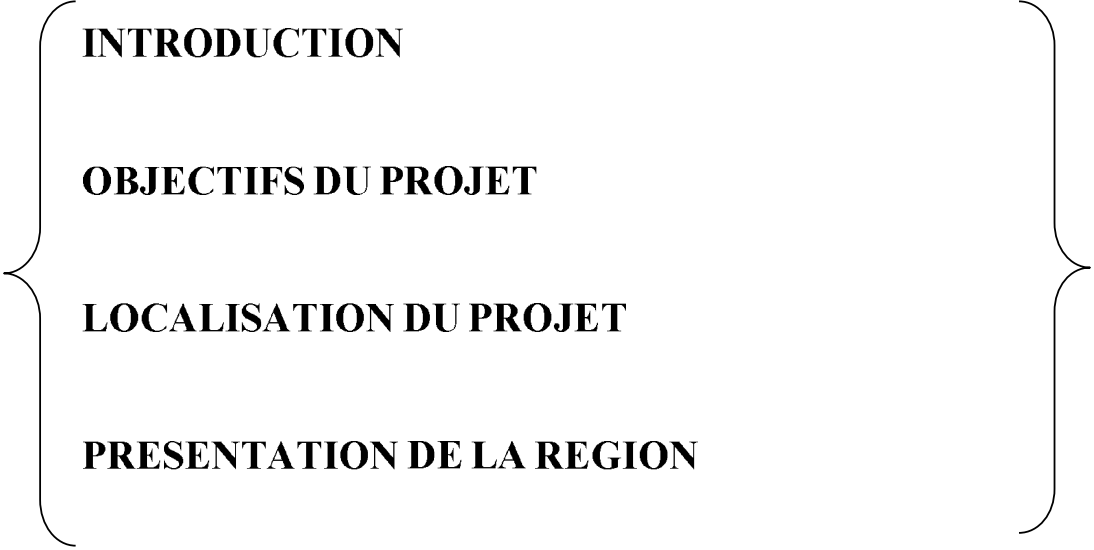
- La densification et le renforcement de la rocade nord
- La réalisation de la boucle du Sud
- La réalisation de la Rocade des Hauts Plateaux et ses connexions
- Réalisation de la pénétrante Ouest
- Réalisation de la pénétrante centre
- Modernisation et prolongement de la pénétrante Est
- Modernisation des systèmes de signalisation en cours

Les grands axes du plan de modernisation du rail en Algérie :

- Modernisation des lignes existante : 855 km
- Doublement de voie : 430 km
- Ligne des hauts plateaux : 600 km
- Boucle du sud : 800 km
- Autre ligne en cours de réalisation : 828 km
- Lignes projetées : 1400 km

CHAPITRE II.

PRESENTATION DE PROJET



INTRODUCTION

OBJECTIFS DU PROJET

LOCALISATION DU PROJET

PRESENTATION DE LA REGION

CARACTERISTIQUES DE LA LIGNE PROJETEE

CHAPITRE II. : PRESENTATION DE PROJET

1. INTRODUCTION :

Le plan de développement du réseau ferroviaire algérien intègre la construction d'une nouvelle ligne mixte (voyageurs et marchandises) électrifiée entre Saida et El Bayadh desservant les villes de Saida, Ain El Hadjar, Sidi Ahmed, El Kheither, Bougtob et /ou El biodh, Kef El Ahmar, El Bayadh, d'une longueur d'environ deux cent(200) km pour une exploitation à 220 km/h.



Figure II 1 Plan de localisation de projet SAIDA-EL BYEDH [2]

Le tracé prend son origine au niveau du by-pass, raccordé à la ligne Saida / Mohammedia-Moulay Slissen et à la ligne Saida / Tiaret, traverse 5 gares et 5 PCG (Point de Croisement et Garage) et se raccorde à la ligne relai Mecheria El Bayadh.

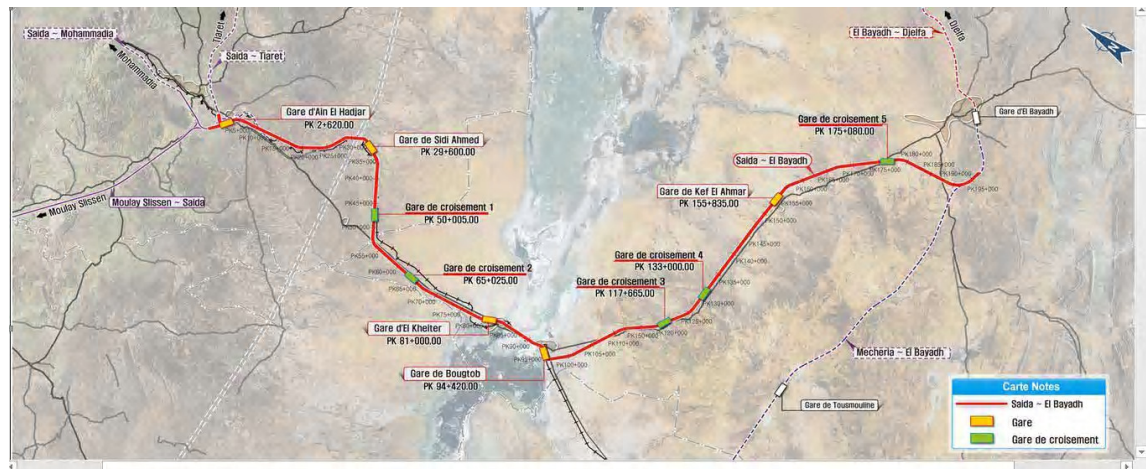


Figure II 2 Plan détail de tracé en plan de la voie du projet Saida-El Bayedh [2]

Cette nouvelle ligne fait partie dans un but de désenclavement et d'accompagnement de la dynamique économique, dans le cadre d'une vision globale induite par le nouveau modèle économique adossé à la promotion de l'investissement et la diversification de l'économie

2. OBJECTIFS DU PROJET

Le projet c'est une nouvelle ligne ferroviaire qui cherche à répondre aux différents besoins de la région (transport, économiques, sociaux ...). Elle comprend :

- Conception d'un tracé qui répond aux normes internationales des chemins de fer.
- Dimensionner une assise qui peut support les charge du trafic mixte.
- La valorisation et l'optimisation de toutes les potentialités.
- Diminution du temps parcours.
- Amélioration des conditions d'exploitation.
- Transport des marchandises.
- Amélioration des performances du chemin de fer.
- Le maillage et la densification du réseau.
- Diversification des modes de transport.
- Désenclavement et développement des régions.
- Amélioration des conditions d'approvisionnement.

3. LOCALISATION DU PROJET

L'étude présente intitulé par <<Etude APD de la ligne électrifier à voie unique relaie Saida-El Bayadh du pk 00+000 au pk 10+520 avec aménagement de la gare de Ain El Hadjar >>. Cette nouvelle ligne est destinée au transport de marchandises et de voyageurs pour une exploitation à 220 km/h.



Figure II 3 plan de localisation du notre projet

4. PRESENTATION DE LA REGION

Le projet de la ligne ferroviaire Saida-El Bayadh est situé dans les Hautes plaines, sud oranaises qui font partie d'un ensemble géographique connue sous le nom de la steppe algérienne.

Il s'agit d'un espace spécifique situé entre deux chaînes montagneuses : l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud et dont le pastoralisme représente l'activité de base de sa population.

❖ . Situation géographique (Ville de Saida)

La ville de Saida est une ville Algérienne située dans le nord-ouest de l'Algérie du nord-ouest, à 840 mètres d'altitude. Elle s'étend sur une superficie totale de 75,62 km² regroupe 6 daïras et 16 communes et comprise entre 34°49'49" de latitude Nord et entre 0°09'06" de longitude Est.

Elle est limitée :

- **Au Nord** : par la wilaya de Mascara
- **A l'ouest** : par la wilaya de Sidi Bel Abbès
- **Au sud** : par la wilaya d'El Bayadh
- **Au l'est** : par la wilaya de Tiaret

❖ RELIEF

Saïda se situe dans les derniers contreforts tabulaires du versant sud de l'Atlas tellien qui est formé par les monts de Tlemcen, de Daya et de Saïda et au seuil des hautes plaines steppiques et des hauts plateaux. Elle est située entre l'extrémité des monts de Daya au nord et la région des hauts plateaux au sud. Elle s'étend au pied de ces deux massifs de l'Atlas tellien que traverse l'oued de Saïda. La vallée est couverte d'une vaste superficie forestière de 156 Ha soit 23.5% de la superficie globale de la wilaya.

❖ CLIMAT

Semi-aride, le climat de la région est sec et chaud en été et très froid en hiver. Il est rude et sec, tempéré par l'altitude mais pleins de contrastes.

- **Précipitation** : Le module moyen annuel des précipitations au niveau de la station de Saida est estimée à 326.41 mm pour la période allant de 1970 à 2009 avec un maximum de 41.43 mm enregistré au mois de novembre et un minimum en mois de juillet estimé à 4.83 mm

Tableau II 1 précipitation mesuelles et moyenne annuelle à la tation de Saida pour la période 1970-2009 [2]

	20.03	41.43	34.35	39.43	37.43	35.83	30.03	33.13	29.73	10.63	4.83	9.53	326.41

- **Température** : Les valeurs mensuelles des températures moyennes au niveau de station de Saida sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau II 2 Températures mensuelles et moyenne annuelle à la station de Saïda pour la période 1995-2006 [2]

	22,4	18,9	12,6	9,6	8,5	9,2	12,3	14,1	18,6	24,1	27,2	27,1	17.05

❖ Situation démographique et population

La population totale de la wilaya est estimée à 312 757habitants, soit une densité de 200 habitants par Km².



Figure II 4 Répartition par âge et par sexe de la wilaya de Saïda [2]

La pyramide des âges résume la distribution par sexe et par âge de la population à un moment donné, la pyramide permet de faire des hypothèses sur l'histoire d'une population.

❖ Les infrastructures de base

- **Réseau routier :** La wilaya dispose d'un important réseau routier constitué de :
 - Routes nationales : 372Km
 - Routes wilayas : 645Km
 - Routes communales : 433Km
- **Réseau ferroviaire :** La wilaya dispose d'un réseau ferroviaire long de 133Km. Ce réseau devrait être étendu à moyen terme. Principaux lignes ferroviaires existantes sont :
 - El Mohammadia-Saïda
 - Saïda-Bechar
 - Saïda-Khelf ellah
 - El Hassassna- Ain Lahdjar.

5. CARACTERISTIQUES DE LA LIGNE PROJETEE

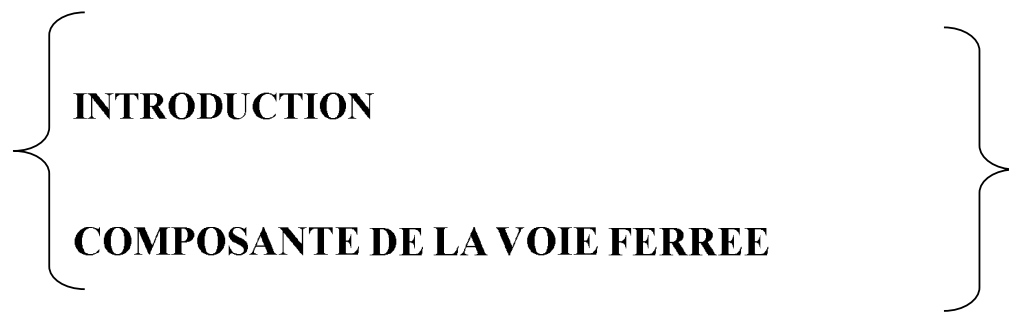
Les normes utilisées sont les normes UIC. Elles sont complétées par les normes Algériennes(SNTF) et les normes françaises (SNCF).

Les caractéristiques techniques de la ligne projetée que le maitre de l'ouvrage à exiger sont comme suite :

- La nouvelle ligne ferroviaire électrifier relier Saida et El Bayadh d'une longueur d'environ (200 KM) pour une exploitation à une Vitesse de :
 - Train Voyageurs : 220 km/h
 - Train Marchandises : 100km/h
- Longueur max des trains marchandises : 800m.
- Ecartement standard de la voie : 1,435 mm.
- Entre axe des voie : 4,2m.
- Charge à l'essieu :
 - Infrastructure : 22,5 T
 - Ouvrage d'art : 25,0 T
- Longueur utile des voies : 1100m.
- Profil en long (Rampes et Pentes).
- En pleine voie : Souhaitable : 12 ‰ / Maximale : 16 ‰.
- Au niveau des gares : 00 ‰.
- Les Ouvrage d'art et Tunnel pour une ligne à double voie.
- Télétransmissions de type GSM-R et fibre optique.
- Mode de traction : diesel/électrique.
- La puissance électrique pour la caténaire AC 25kv/50Hz est appliquée et les locomotives diesels électriques sont adoptées pour le mode de traction.
- Gabarit d'obstacle : UIC (y compris caténaire en 25 kV).
- Signalisation de type ERTMS.

CHAPITRE III

COMPOSANTE DE LA VOIE FERROVIAIRE



CHAPITRE III. : COMPOSANTE DE LA VOIE FERROVIAIRE

1. INTRODUCTION :

La voie est constituée par un assemblage d'éléments qui distribuent et transmettent les charges statiques et dynamiques des roues à la plateforme (infrastructure). Et doivent également supporter les efforts verticaux, transversaux et longitudinaux et empêcher les déformations de la voie. et guider les véhicules pour qu'il ne dérailant pas et garantit un bon confort de marche.

La voie classique comporte deux rails dont l'inclinaison et l'écartement sont maintenus par des traverses reposant sur une épaisseur variable de ballast ou sur une dalle de béton, en principe il est isolé de la plateforme par une sous-couche.



Figure III 1 Composantes d'une voie ferrée [3]

2. COMPOSANTE DE LA VOIE FERREE

2.1. Rail

Le rail est le premier élément en contact entre le train et la voie, il se présente sous forme de longue barre d'acier profilée, il sert à la fois de guide et de roulement pour les trains. En générale les rails possèdent a la partie supérieure les champignons qui supporte le contact des roues, l'âme partie médiane amincit, et le patin qui assure la fixation à la traverse.

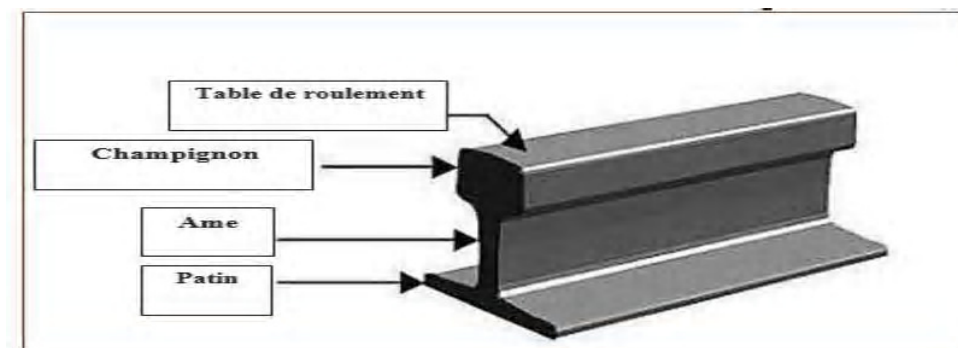


Figure III 2 Les composantes du rail [5]

✓ Le rôle du rail

Le rail constitue un élément fondamental de la structure de la voie ferrée. Il doit donc répondre aux exigences suivantes :

- La transmission et la distribution des charges verticale des roues aux traverses.
- Réaliser le guidage des roues et ses mouvements
- Assure que les matériels roulants ne soient pas déraillés.

✓ Les différents types du rail

La majorité des profils laminés au début du chemin de fer n'ont eu qu'une durée éphémère, seuls, en effet, les trois types principaux qui sont :

- Les rails à double champignon
- Rail a gorge
- Le rail à patin, dit rail Vignole



Figure III 3 Les différents types de rail (de gauche à droite : Rail Vignole, Rail à double champignon, Rail à gorge) [5]

En Algérie on adopte un écartement des rails de 1.435 m, et l'inclinaison du rail est de 1/20 par rapport à l'horizontal (Référentiel technique de la SNTF).

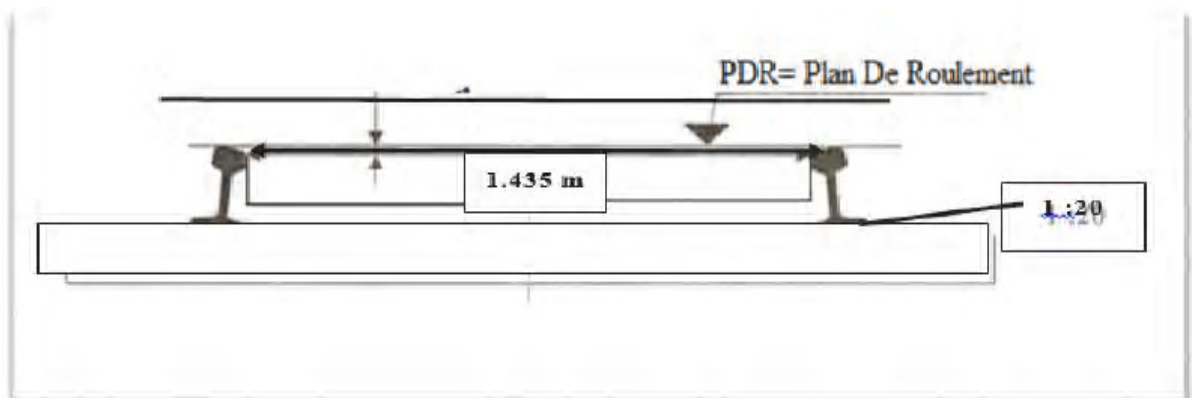


Figure III 4 Ecartement et l'inclinaison de rail [5]

Dans notre cas le rail utilisé sera du type Vignole UIC 60 E1 (60, 21 kg/m). La fabrication et la fourniture des rails seront conformes à la norme EN 13674-1 (Rails Vignole de masse ≥ 46 kg/m). (Données de SETI RAI).

❖ Le rail Vignole

Les caractéristiques du rail UIC 60 E1 sont comme suivant :

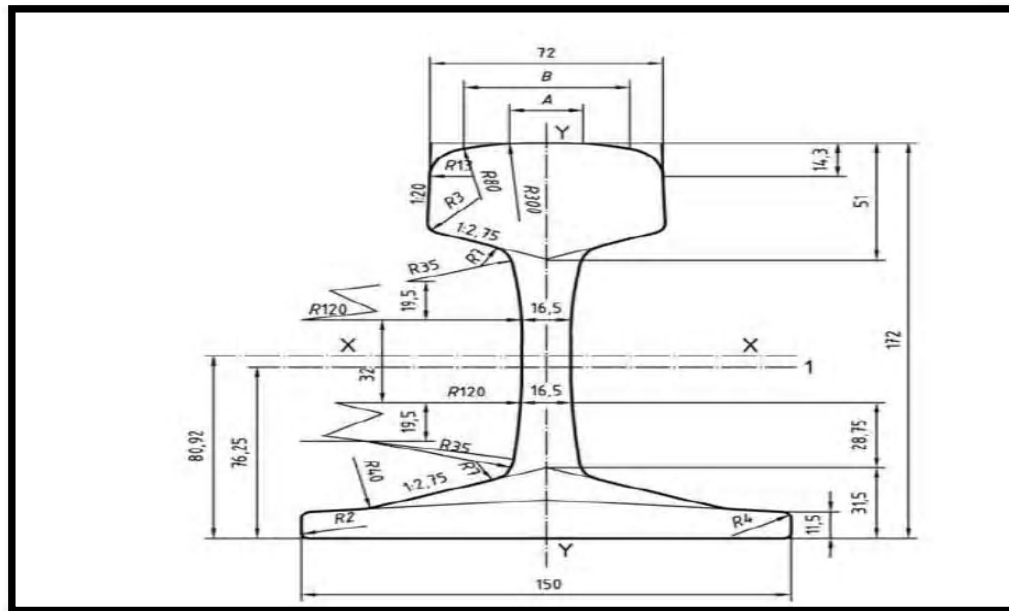


Figure III 5 Schéma profil de rail type UIC60 E1 [5]

Tableau III 1Caractéristiques de rails du type UIC60 E1 [5]

Caractéristiques géométriques	
Géométrie	Rail 60 E1
Masse par mètre	60,21 kg /m
Surface de la section	76,70 cm ²
Hauteur de rail	172mm
Largeur de champignon	72 mm
Largeur de patin	150mm
Moment d'inertie (Axe X-X)	3038,3 cm ⁴
Moment d'inertie (Axe Y-Y)	512,3 cm ⁴
Caractéristiques mécaniques	
Résistance à la traction	$R \geq 880 \text{ N/mm}^2$
Allongement	$A \geq 10\%$
Dureté au milieu de la table de roulement	260 ~300 HBM
Longueur minimal des barres	36m
En atelier	Barres élémentaires soudées électriquement $\geq 280\text{m}$
In situ(en voie)	soudures aluminothermiques
Autre caractéristiques	
Dressage	Classe A
Nuance	260(carbone-manganèse)

2.2. Les longues rails soudés

C'est un rail dans la longueur est suffisante pour au moins un de ses points reste fixe quelques soit la variation de la température. Cette variation de température engendre des contraintes supplémentaires dans les rails.

❖ Avantages et inconvénients des LRS

➤ Avantages

- réduction des dépenses d'entretien
- Une meilleure qualité de roulement et un plus grand confort pour les voyageurs.

➤ Inconvénients

- les efforts longitudinaux important
- glissement latéral et flambage de la voie
- Une technicité plus grande de leur mise en œuvre et de leur entretien, nécessitant un personnel bien formé

❖ Soudure des LRS

Il existe deux procédés principaux de raccordement :

➤ Par le forage électrique

- En voie ça nécessite un matériel lourd
- En atelier pour construire des barres longues

➤ Soudure aluminothermique

- Le raccord en voie des barres longues ou des appareils de voie, la réparation en voie par couponnage

❖ Pour notre projet

- **En atelier** : barres élémentaires soudées électriquement en barre continue pour une longueur supérieure ou égale à 288 m (barres élémentaires de Longueur minimum 36m)
- **In situ (en voie)** : soudure aluminothermique

2.3. TRAVERSES

La traverse, étant un élément fondamental de la voie ferrée, fixe solidement les rails dans une position prévue, c'est une pièce qui se situe et posée perpendiculairement à l'axe des voies sous les rails.

❖ Les traverses jouent un triple rôle :

- Transmission des charges au ballast.
- Maintien de l'inclinaison de 1/20 de rai Vignole.
- Maintien de l'écartement de deux rails Vignole.

❖ On distingue trois différents types de traverses :

- Traverses en bois
- Traverses métalliques
- Traverses en béton
 - Traverses bi-bloc
 - Traverses Monobloc



Figure III 6 Traverses en bois [5]



Figure III 7 Traverses métallique [5]



Figure III 8 Traverse en béton (1 : bi-bloc, 2 : monobloc) [5]

Dans notre projet les traverses du type bi-bloc en béton précontraint pour rail UIC 60-E1 sont utilisées dans toutes les sections de voie courante, les traverses sont posées à raison de 1666 unités au kilomètre (le travelage de 1667 P/km), soit au pas de 0,60 m entre axes des traverses.

2.4. Attache et semelle du rail

2.4.1. Attaches

L'attache du rail est un des composants qui assure que les 2 rails soient bien fixés à la traverse et enfin au sol et il gère ses mouvements générés par les charges ou vibrations des véhicules et transmet ces charges ou vibrations aux traverses, au ballast et à la plateforme.

❖ Les types d'attaches

Le choix de type d'attache dépend du type de la traverse utilisée (en bois, en béton), on distingue les attaches recommandées

- Attache de type e-clip
- Attache de type Nabla

Des attaches élastiques seront employées de manière à former un intermédiaire élastique entre rail et traverse. Le système recommandé est une attache à lame de type Nabla.



Figure III 9 Attache à lame de type Nabla [5] Figure III 10 Attache élastique de type e-clip [5]

2.4.2. Semelles

La semelle est une plaque élastique (en élastomère) de faible épaisseur qui interpose entre la traverse et le rail. Elle assure, grâce à sa souplesse, la transmission des charges dynamiques appliquées sur le rail vers les traverses en amortissant et absorbant les ondes vibratoires mécanique et acoustiques,

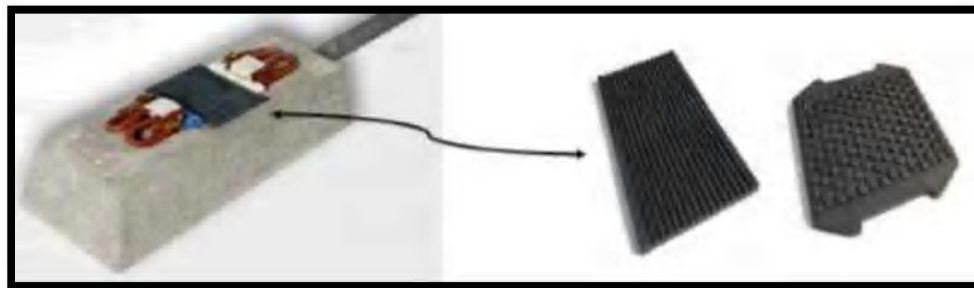


Figure III 11 Semelles en élastomère [5]

S'agissant de la semelle de rail adéquate aux traverses en béton précontraint enchâssées dans le ballast, on peut prendre comme exemple des semelles en EVA (Ethyene Vinyl acetate) et TPU (Thermoplastique polyuréthane) présentant des caractéristiques améliorées. Des semelles en caoutchouc sont recommandées pour les traverses en béton précontraint UIC 60

2.5. Les appareils de voie

L'exploitation des voies ferrées érige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires que l'on appelle les appareils de voie, ces dispositifs permettant le passage d'une voie à une autre on assurant la continuité de la voie.

Les spécifications et dimensions des appareils de voie type UIC 60E adopté dans notre projet sont présentées dans le tableau suivant :

CHAPITRE III. Composante de la voie ferroviaire

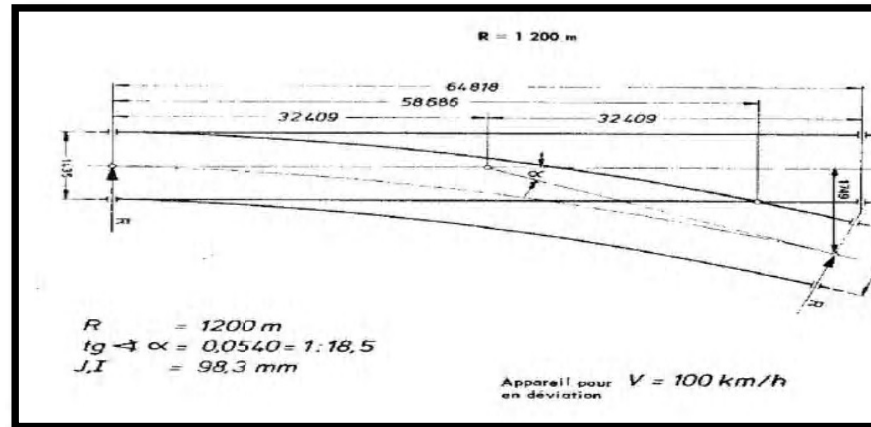
Tableau III 2 Spécification et dimensions des appareils de voie type UIC 60 E1 [5]

	UIC60 E1	300	34,538	16,616	17,922	50 km/h
	UIC60 E1	190	28,328	10,523	17,805	40 km/h
	UIC60 E1	500	43,481	20,797	22,684	65 km/h
	UIC60 E1	1200	64,818	32,409	32,409	100 km/h

Tableau III 3 Les appareils de voie type UIC 60 E1

Appareils de voie	Diagramme
Appareils de voie tg 1/9 R 300 60 E1	
Appareils de voie tg 1/12 R 500 60 E1	

Appareils
de voie tg
1/18,5 R
1200 60 E1



2.6. Ballast

Le ballast est le lit de roches concassées de classe granulaire (25/50 mm), disposée sous les traverses pour supporter une voie de chemin de fer

2.7. Sous couche

Mono ou multicouche, interposée entre ballast et plateforme pour transmettre les efforts à la plateforme

2.8. Plateforme

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

Les spécifications des différentes composantes de la voie

Tableau III 4 Les spécification des composantes de la voie de notre projet

Rails	UIC 60 E1
Type de voie	Voie ballastée en LRS
Traverses	Bi-bloc en Béton VAX U31 avec travelage de 1667P/km (sauf pour les appareils de voie)
Attaches	Type << ressort à lame >>
Appareil de voie	1/18,5 60E1 (Raccordement au niveau du point de départ de la voie principale à droite et by-pass à gauche)
	1/12 et 1/9 60E1 au niveau de la gare d'Ain El Hadjar

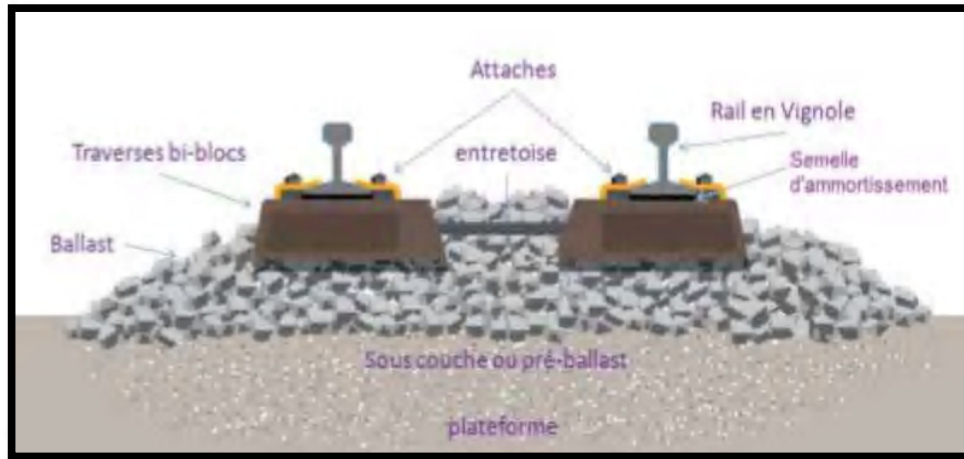


Figure III 7 Schéma récapitulatif des composantes de la voie ferroviaire

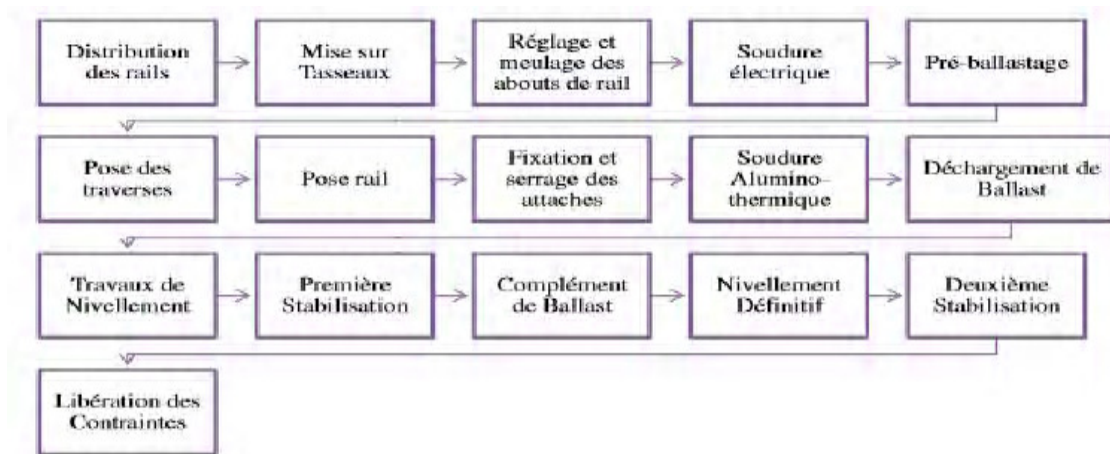
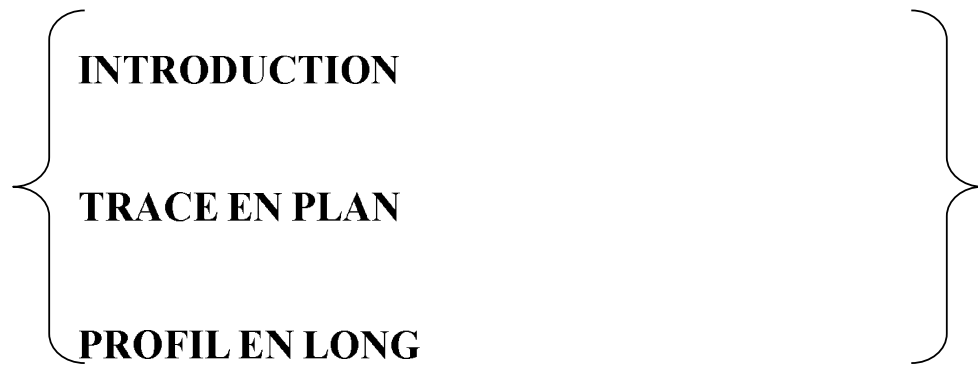


Figure III 8 Schéma cinématique de l'exécution de la voie

CHAPITRE IV

ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIE



CHAPITRE IV. : ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIE

1. INTRODUCTION

Etude géométrique du tracé de la voie est de développer en détail des études en tenant compte des conditions hydrologique, topographique, géotechniques et les contraintes géographiques du terrain traverse, a pour but d'obtenir un tracé optimal comme résultat d'un processus de synthèse entre les enjeux techniques, économiques et environnementaux.

Et afin d'obtenir une vitesse régulière sur un tronçon de la ligne, qui assure un bon roulement des véhicules il est nécessaire d'établir un tracé dont les caractéristiques géométriques soient homogènes.

2. TRACE EN PLAN

Le tracé en plan et la première étape d'une étude géométrique de la voie, et une projection orthogonale de tous les points sur un plan horizontal. La ligne comporte une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif, et chaque ligne est caractérisée par deux vitesses :

- **V_r : vitesse des trains rapides (voyageurs)**
- **V_L : vitesse des trains lents (marchandises)**

2.1. Conditions et règles de tracé

Pour avoir un tracé souple et optimal il faut se conformer avec les prescriptions des normes internationales, dans ce présent travail les normes exigées et utilisées sont résumées dans les fiches (UIC 703R/ SNTF). On va citer certaines règles recommandées à respecter :

- Evité le franchissement des oueds et des routes dans la mesure de possible.
- Evité le passage sur les zones de grande importance et les propriétés privées
- Utiliser le maximum d'alignement droit et respecter la longueur minimale.
- Evité les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques et hydrologiques.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les terrassements.
- Evité les terrains instables et plastiques, les sols très compressibles.

2.2. Les éléments du tracé en plan

❖ Alignements

C'est l'élément le plus simple et le plus favorable à l'exploitation, pour le confort et la sécurité qu'il offre aux usages. Pour les tracés ferroviaires la limitation de la longueur minimale des alignements droits doit respecter la condition suivante :

Tableau IV 1 Longueur minimale des éléments de tracé L_{min} [6]

Valeur limite normale	V_{max}/2
Valeur limite exceptionnelle	V_{max}/3

❖ L'arc de cercle

Dans les zones où les contraintes topographiques ne permettent pas de projeter des alignements on fait recourt au raccordement circulaire ou le rayon sera le plus grand possible.

❖ La courbe de raccordement

C'est une courbe à rayon variable Assurant la transition entre un alignement et une pleine courbe (arc de cercle) ou entre deux courbes circulaires de rayons différents.

Il y a plusieurs types de raccordement mais la plus utilisée est **la clothoïde**, son approximation la parabole cubique, présente une variation uniforme de la courbure, flèche et de dévers. Le choix de ce type de raccordement pour but de :

- Respecter les conditions du confort et de sécurité
- Introduire progressivement le dévers
- Présente un aspect esthétique satisfaisant

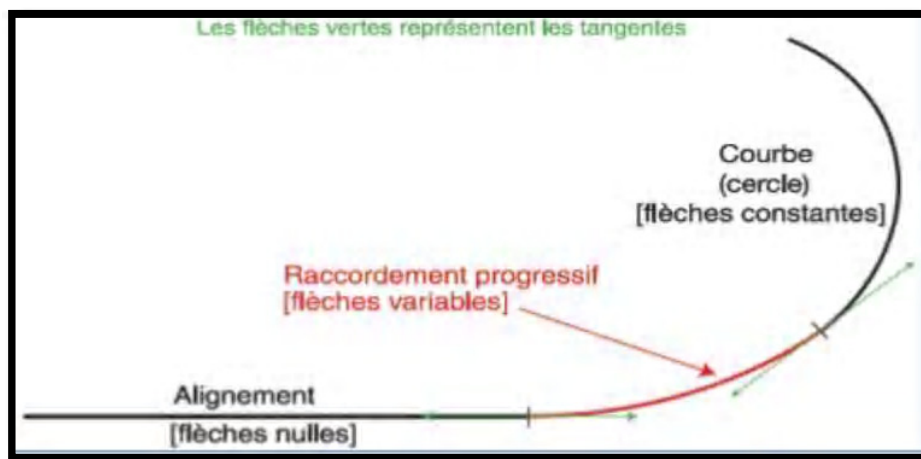


Figure IV 1 Les éléments de tracé en plan [14]

2.3. Les paramètres géométriques de conception du tracé

2.3.1. Voie principal

Pour garantir la sécurité et le confort des voyageurs et le matériel roulant sur une voie principale il faut respecter les valeurs exceptionnelles des paramètres suivants :

- Le rayon de la courbe
- La variation de la courbure
- Le dévers
- Le taux de variation de dévers
- L'insuffisance de dévers
- Variation de l'insuffisance de dévers
- Excès de dévers
- La longueur des éléments géométrique du tracé

❖ Le rayon minimal

Le rayon de courbe minimum autorisé pour une vitesse maximale d'exploitation est calculé par la formule suivante [6] :

$$R_{min} = \frac{11.8}{I+D} V_{max}^2$$

❖ Le dévers

D'après la mécanique classique un point matériel qui se déplace dans une courbe subit à une force centrifuge qui a tendance à renverser le matériel roulant vers l'extérieur du virage.

Dans le cas d'un train cette force peut le dérailler et pour annuler ou modérer cette force on fait appel au dévers qui est la différence d'altitude entre les deux files de rails en un point de la voie

Une courbe est posée en dévers lorsque la file de grand rayon (rail extérieur à la courbe) est surélevée par rapport à la file petit rayon (rail intérieur à la courbe) et en contre - dévers lorsque la file de petit rayon est surélevée par rapport à l'autre.

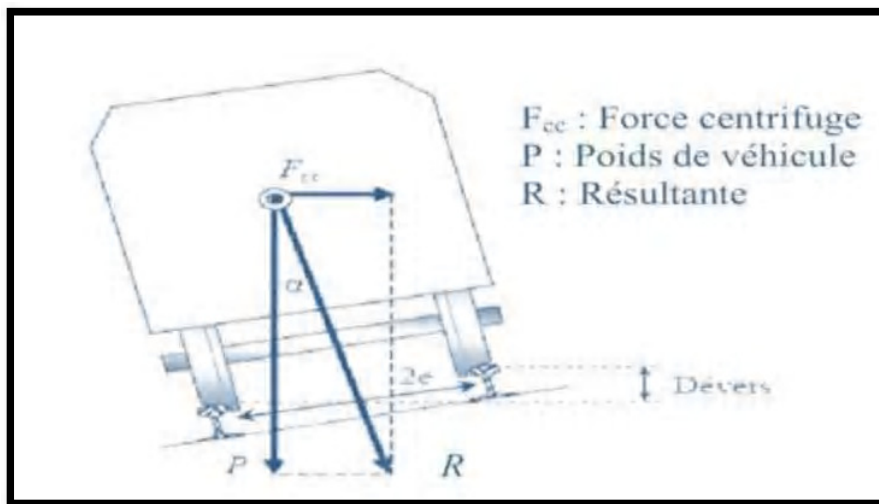


Figure IV 2 Le dévers[14]

❖ Le dévers théorique dth

Pour une vitesse (V) du train on établit le dévers nécessaire qui peut assurer la stabilité et le confort dynamique.

Pour une courbe de rayon R : $F = \frac{MV^2}{R}$ et $\text{tg}(\alpha) = \frac{F}{P}$

On a : $d = e \cdot \sin(\alpha)$ (α est très petit donc : $\sin(\alpha) \approx \alpha$) donc : $d = e \cdot \text{tg}(\alpha)$ et que : $e = 1,5$ et $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

On aura [7] :

$$d_{th} = 11.8 \frac{V^2}{R} \text{ (mm)}$$

❖ Coefficient de dévers (C), Dévers pratique (dp)

Le choix du dévers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation, dans des conditions normales de sécurité et de confort, aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lents de marchandise. Ce dévers appelle **dévers pratique**, est calculé par la formule suivante [7] :

$$d_p = \frac{1000 \cdot C}{R} \text{ (mm)}$$

Tel que le coefficient de dévers « C » exprime la proportionnalité entre le dévers prescrit et la courbure. La valeur optimale du coefficient de dévers étant de l'ordre de : $C = 0.006V^2$

❖ **Dévers maximal**

Le dévers de la voie courante doit satisfaire les conditions suivantes :

Tableau IV 2 Valeur maximale du dévers[6]

Valeur limite normale	160 mm
Valeur limite exceptionnelle	180 mm

❖ **Insuffisance de dévers**

Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est plus élevée que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit, ce véhicule est soumis à une force centrifuge non compensée. Le dévers de la voie est donc insuffisant et la résultante des forces se déplace vers l'extérieur de la courbe. On appelle insuffisance de dévers la différence entre le dévers théorique et le dévers pratique

$$I = dth(V_r) - dp$$

Les valeurs limites de l'insuffisance de dévers pour les trains rapides, on voie de circulation principale sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV 3 Valeur limites de l'insuffisance du dévers [6]

Valeur maximal exceptionnelle	160 mm
--------------------------------------	---------------

❖ **Excès de dévers**

Lorsque la vitesse d'un véhicule en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers pratique, ce train est soumis à une force centripète non compensée. Le dévers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieure de la courbe. Cet excès de dévers est calculé comme suit :

$$E = dp - dth(V_L)$$

L'excès de dévers augmente les efforts exercés sur le rail intérieur par les trains lents, donc on limite les valeurs de l'excès de dévers :

Tableau IV 4 Valeur limites de l'excès de dévers [6]

Valeur maximal exceptionnelle	130 mm
--------------------------------------	---------------

- Les trains les plus rapides circulent avec une insuffisance de dévers, les trains lents sont alors souvent en excès de dévers

❖ Variation de dévers

Du fait de la variation du dévers dans les courbes de transition, les deux rails forment un gauchissement de la voie qui nuit à la stabilité des véhicules

Pour éviter ce problème-là, on doit limiter cette rampe par unité de longueur, voilà les variations du dévers en fonction des différents paramètres :

✓ Variation ($\Delta d/\Delta l$)

Taux exprimé en mm/m suivant lequel le dévers augmente ou diminue par unité de longueur, et donnée par la formule suivante :

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{dp}{L} (\text{mm/m})$$

Tableau IV 5 Valeur limitée la variation de dévers en fonction de la longueur [6]

Valeur maximal exceptionnelle	216/V mm/m

✓ Variation ($\Delta d/\Delta t$)

Taux suivant lequel le dévers augmente ou diminue relativement à la vitesse maximale d'un véhicule franchissant une courbe de transition par unité de temps, et donnée par la formule suivante :

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{\Delta d}{3.6L} Vr (\text{mm/s})$$

Tableau IV 6 Valeur limite de la variation de dévers en fonction du temps [6]

Valeur maximal exceptionnelle	60 mm/s

❖ Variation de l'insuffisance de dévers

Taux exprimé en mm/s suivant lequel l'insuffisance de dévers appliquée à une circulation circulant à une vitesse donnée augmente ou diminue par unité de temps.

$$\frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{\Delta l * V}{3.6 * \Delta L} (\text{mm/s})$$

Tableau IV 7 Valeur limite de la variation de l'insuffisance en fonction du temps [6]

Valeur maximal exceptionnelle	90 mm/s

❖ La longueur de clothoïde

La longueur de la clothoïde doit être déterminée à partir des valeurs limites imposées par les paramètres suivants

- Variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps (mm/s)
- Variation de dévers en fonction du temps (mm/s)
- Variation de dévers en fonction du la longueur (mm/m)

C'est la longueur de clothoïde qui doit satisfaire chacune des conditions de sécurité et de Confort suivantes [7] :

$$\text{➤ } \frac{\Delta d}{3.6 * (\frac{\Delta d}{\Delta t})_{\text{lim}}} V_r \leq L$$

$$\text{➤ } \frac{\Delta I * V_r}{3.6 * (\frac{\Delta I}{\Delta t})_{\text{lim}}} \leq L$$

$$\text{➤ } \frac{\Delta d}{(\frac{\Delta d}{\Delta I})_{\text{lim}}} \leq L$$

❖ paramètre de la clothoïde

$$A = \sqrt{R * L}$$

Tableau IV 8 Récapitulatif des valeurs des paramètre de conception du tracé

	160	-
	150	160
	110	130
	50	60
	75	90
	$V_{\text{max}} / 2$	$V_{\text{max}} / 3$

2.4. Description de tracé

Dans sa zone du point de départ (pk 00+000), le tracé de la nouvelle ligne Saïda/ El Bayadh est conçu avec un by-pass pour se raccorder aux lignes adjacentes, à savoir la ligne Saïda/ Moulay-Slissen la ligne Saïda/ Mohammadia et la ligne Saïda/Tiaret.

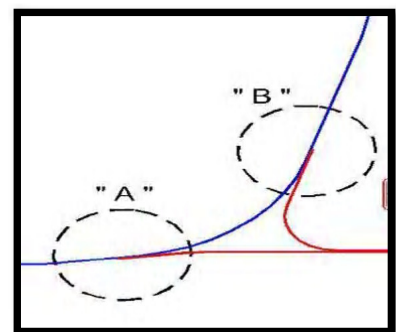
❖ BY-PASS

Le By pass est un circuit d'évitement contournant, un dispositif schématiquement très simple, est employé dans divers domaines

C'est un langage chemineau, le raccordement d'une ligne ferroviaire à autre lignes par des appareils de voie (équivalant d'un giratoire dans les infrastructures routière) pour offre plus d'itinéraires et améliorer le niveau de service

Le by-pass est une solution très rentable à ces avantages technique économique :

- Gain de temps



- Offre plus d'itinéraire
- Solution la plus courte et la moins coûteuse
- Augmenter le débit et la fluidité de la ligne

La gare voyageurs de la ligne Saïda/ Moulay Slissen se trouve sur le côté gauche et la gare marchandises de la ligne Saïda/ Tiaret sur le côté droit de la wilaya de Saïda

La zone du point de départ de la ligne Saïda/ El Bayadh est conçue avec une voie principal dans la direction de Moulay Slissen/Mohammadia et un by-pass dans la direction de Tiaret. Le raccordement conçu de cette manière permettra l'exploitation ferroviaire entre la ligne Saïda/ El-Bayadh et les deux gares de Saïda (voyageurs et marchandise)

=

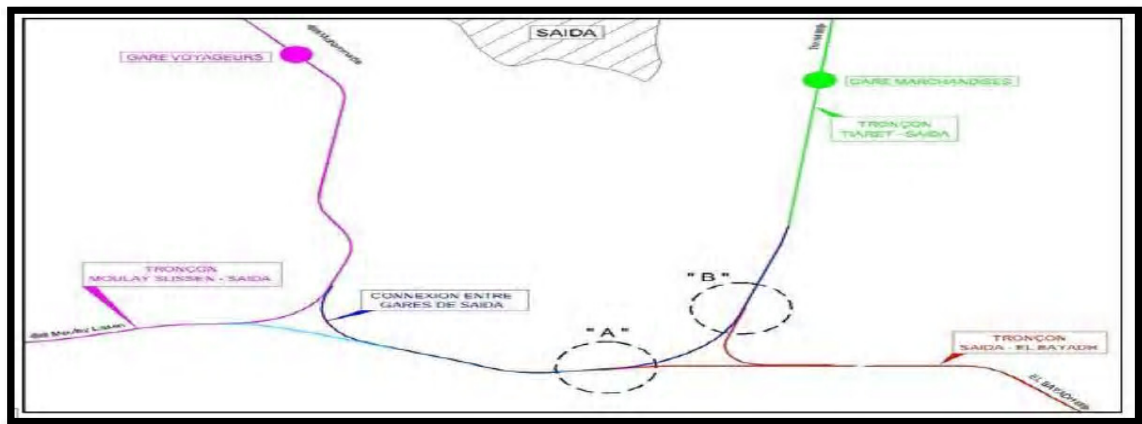


Figure IV 4 Schéma descriptive de la zone de départ

Les raccordements au niveau du point de départ aux lignes adjacentes à l'aide des appareilles de voies types UIC 60 E1 1/200 1/18.5 à une vitesse d'exploitation de 120km/h.

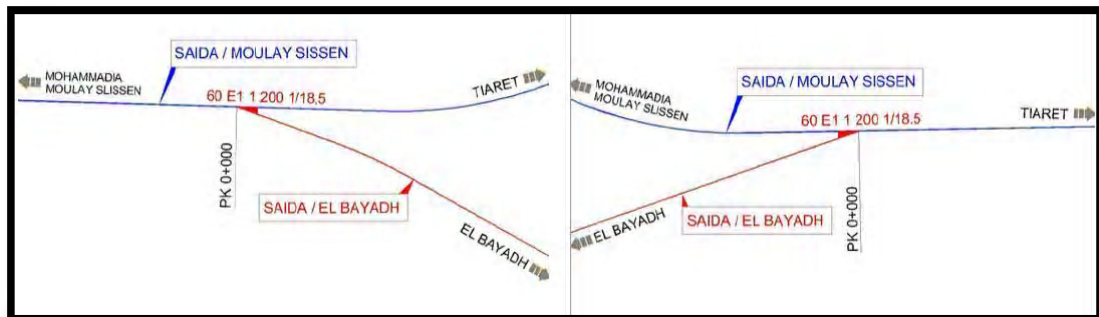


Figure IV 5 Type de raccordement UIC des points de départ (à gauche :voie principal, à droite : By pass)



Figure IV 6 Image sur terrain des points de départ (à gauche : voie principale, à droite : By pass)

Le rayon de courbure du by pass au niveau de la section de départ de la ligne est défini à 500 m dû aux contraintes géométriques de cet endroit. Vu que le by pass est réservé exclusivement aux trains de marchandises et situé relativement proche de la gare marchandises de Saïda, cette valeur (500 m) est jugée acceptable, compte tenu que la vitesse d'exploitation des trains de marchandises devrait être réduite dans cette zone, et clothoïde de 100m atteignent la vitesse de 100 km/h.

Le tracé en plan de la voie principale (du PK 0+000 au PK 4+000) et du by pass (du PK 0+000 au PK 1+930) est défini en tenant compte de la RN06 afin de permettre d'éviter l'empiètement sur cette dernière.

Pour cette contrainte plus la vitesse au point de raccordement qui est de 100km/h, le rayon de courbure au niveau de la section de départ de la voie principale est défini à 1500 m à une vitesse d'exploitation de 160km/h

L'emplacement de la gare d'AIN EL HADJAR est de côté droit de la RN06 en allant vers El Bayadh, et le rayon de courbure est fixé à 2100 m au niveau de la sortie de cette gare

Du PK 5km au PK 11km zone collineuse avec des hauteurs de déblai atteignant les 70 mètres, nécessite la construction d'un tunnel pour ses avantages techniques et économiques. De ce fait, le tunnel est de 4900 mètres de long.



Figure IV 7 Tracé dans la zone de tunnel

❖ Application à notre projet

➤ Calcul du rayon minimal

➤ $R_{min} = \frac{11.8}{I+D} V^2_{max} = \frac{11.8 \cdot 220^2}{160+150} = 1842.32m$, on prendre $R_{min}=1850m$

➤ La longueur minimale des alignements droits

$V_{max} / 2 = 220 / 2 = 110m$

➤ Dévers théorique

Le calcul qui suit pour rayon de : $R = 2100 m$

$d_{th}(V_r) = d_{th} = 11.8 \frac{V_r^2}{R} = 11.8 \cdot 220^2 / 2100 = 271.96mm.$

$d_{th}(V_L) = d_{th} = 11.8 \frac{V_L^2}{R} = 11.8 \cdot 100^2 / 2100 = 56.19mm.$

➤ Coefficient de dévers et dévers pratique

$C = 0.006 \cdot V^2 = 0.006 \cdot 220^2 = 290.4.$

$d_p = \frac{1000 \cdot C}{R} = 1000 \cdot 290.4 / 2100 = 138.28mm.$

➤ L'insuffisance de dévers

$I = d_{th}(V_r) - d_p = 271.96 - 138.28 = 133.67.$

➤ L'excès de dévers

$E = d_p - d_{th}(V_L) = 138.28 - 56.19 = 82.1$

➤ Calcul des variations et la longueur de clothoïde

$$\begin{aligned} - \frac{\Delta d}{3.6 \cdot (\frac{\Delta d}{\Delta t})_{lim}} V_r &= 138.28 \cdot 220 / 3.6 \cdot 50 = 169 \leq L \\ - \frac{\Delta I \cdot V}{3.6 \cdot (\frac{\Delta I}{\Delta t})_{lim}} &= 133.67 \cdot 220 / 3.6 \cdot 75 = 109 \leq L \\ - \frac{\Delta d}{(\frac{\Delta d}{\Delta L})_{lim}} &= 133.28 / 0.81 = 162.9 \leq L \end{aligned}$$

On prend : $L = 170m$

$A = \sqrt{R \cdot L} = \sqrt{2100 \cdot 170} = 597.5$

Tableau IV 9 Les résultats de divers parametre calculé du tracé

Rayon(m)	Vitesse (km/h)		dth(Vr)	dth(VL)	dp (mm)	I (mm)	E (mm)	$\frac{\Delta d}{\Delta L}$	$\frac{\Delta d}{\Delta t}$	$\frac{\Delta I}{\Delta L}$	L(m)	$A=\sqrt{R * L}$
	VR	VL										
1500	160	100	227.34	78.66	115	112.34	36.34	1	44.44	43.41	115	415.33
2100	220	100	271.96	56.19	139	131.96	83.81	0.81	49.7	48.05	170	597.494
500 (bypass)	100	70	236	115.64	150	86	35	1.5	41.66	23.88	100	109.54

3. PROFIL EN LONG

3.1. Introduction

Le profil en long est une représentation plane de la surface du terrain naturel suivant un plan vertical contenant l'axe du tracé, qui comporte généralement des poly lignes qui résument les altitudes du terrain naturel et les cotes projet en fonction de l'abscisse curviligne, il est constitué d'un ensemble de déclivités uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires.

3.2. Les éléments de profil en long

➤ Palier

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

➤ Déclivité

C'est la tangente de l'angle compris entre le profile en long et l'horizontale, elle est appelle rampe et pente

- **Pente** : c'est la partie du tracé qui définit la descente
- **Rampe** : c'est la partie du tracé qui définit la montée

La déclivité d'une ligne affecte les possibilités de freinage et de démarrage des circulations tel que [6] :

- **Limites imposées par le freinage (pente)** : La problématique du freinage est conditionnée par la capacité du matériel, pour une vitesse donnée, à maintenir sa vitesse (en pente), à s'arrêter et à maintenir son arrêt (immobilisation) en respectant les limites de capacité énergétiques d'équipements de freinage.
- **Limites imposées par le démarrage (rampes)** : La problématique du démarrage est conditionnée par la capacité du matériel à redémarrer avec une certaine accélération et à atteindre une vitesse garantissant un échauffement limité du système de traction dans une déclivité de rampe et de longueur donnée.

Pour éviter ces deux problèmes il est nécessaire de déterminer les déclivités admissibles à ne pas dépasser pour la déclivité varie en fonction de sa longueur (source : SNTF 2005) ;(SNCF/RFF 0272).

Tableau IV 10 Les valeurs limites des longueur des déclivité [6]

Valeur maximal normale	16‰	16‰ à 18‰	13‰
Valeur maximal exceptionnelle	18‰	18‰ à 15‰	15‰

La déclivité dans les gares, les haltes et les points de changement et de garage est fixée à 0,00‰ (palier).

➤ Longueur minimale des déclivités

Lors le passage du train par deux déclivités successives de sens différents, ce dernier subit aux sollicitations qui peuvent provoquer des oscillations très importantes, une longueur minimale de déclivité est à prévoir

Tableau IV 11 Valeur de la longueur minimale des déclivités [6]

Valeur minimale exceptionnelle	$V/2.5$	88 m

V : la vitesse du train le plus rapide en km/h

➤ Rayon de raccordement de profil en long

La succession de deux déclivités en profil en long nécessite un raccordement circulaire permettant d'assurer le confort et la sécurité des voyageurs, car il est soumis à une accélération centrifuge due à la vitesse des véhicules,

Pour limitée la valeur brutal d'accélération verticale pour les vitesses maximal on doit limiter le rayon minimum des courbes de raccordement en profil en long

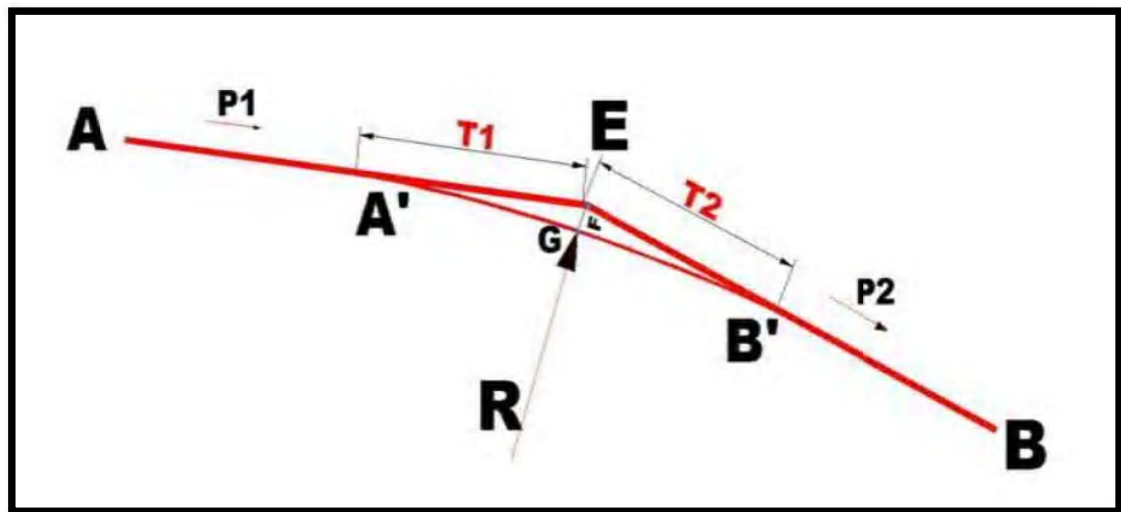


Figure IV 8 Schéma de raccordement circulaire

Selon le référentiel technique de la SNTF les valeurs limites des rayons de raccordement présentées dans le tableau suivant :

Tableau IV 12 Valeur de rayon verticale minimal [6]

Valeur minimal exceptionnelle	$0.25V^2$	12100

V : la vitesse du train le plus rapide en km/h

- La longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses

3.3. Coordination entre le tracé en plan et profil en long

Pour garantir une meilleure conception du tracé de la voie il faut avoir une bonne coordination entre profil en long et le tracé en plan, donc on doit respecter les conditions suivantes :

- Evité les coïncidences entre les rayons du profil en long et les rayons du tracé en plan
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe ou bien en déclivité
- Evité le placement d'une courbe en profile en long immédiatement après une courbe en tracé en plan
- Une bonne coordination pour éviter les terrassements importants
- Les points singuliers du tracé en plan ne doivent pas être précédés d'un point élevé
- Assurer un palier de 1200 à 1500m pour l'implantation de la gare
- il ne doit pas y avoir d'interférences entre courbes de raccordement progressif en plan (clothoïde) et courbes de raccordement en profil en long

2.4. Les contraintes rencontrées le long du tracé

- Les point du départ (voie principale, by-pass) sont fixé à une altimétrie de 1000.23 et 970.65 successivement.
- Au PK 1+890 intersections avec CW13.
- Piste au PK 3+100.
- Le croisement avec des lignes électriques haute tensions (HT) au PK 0+130 et 0+280 de la voie principale
- L'intersection avec des lignes électriques moyen et basse tension au PK 1+820, 2+740 et 1+010 du by pass.
- La gare d'AIN EL HADJAR est située au PK 2+620 avec une déclivité longitudinale fixée à 0 ‰ en gare.
- Après la sortie de la gare sur un déblai très important le croisement avec la RN06 au PK 04+325 sur une pente de 16 ‰.
- Du PK 5+620 au PK 10+520 une grande zone de déblai d'hauteur entre 20m à 80m.
- Dans la section du by pass, intersection avec oued au PK 1+460et avec la RN06 au PK 1+645.
- Au niveau de la limite (côté l'entrée des trains) de la zone de gare d'AIN EL HADJAR, les deux voies, à savoir la voie principale et le bypass, se trouvent sur le même point géométrique (PK 1+850de la voie principale et PK 1+820 du by pass) permettant leur raccordement altimétrique.
- Du PK 5km au PK 11km zone collineuse avec des hauteurs de déblai de 20 à 70 mètres.

CHAPITRE V

ETUDE GEOTECHNIQUE

INTRODUCTION

CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

CONTEXTE GEOLOGIQUE

CADRE SISMIQUE

ETUDE GEOTECHNIQUE

CLASSIFICATION DES SOLS SUR LE LONG DU TRACE

CHAPITRE V. : ETUDE GEOTECHNIQUE

1. INTRODUCTION

Les infrastructures de transport ferroviaires sont des ouvrages linéaires qui réagissent en interaction avec le cadre environnemental, le sol traversé est l'élément fondamental à étudier pour la connaissance fine de sa nature et de son comportement ce qui nécessite une bon analyse géologique et géotechnique qui est fondé sur des sorties de terrain et des cartes géologique, ainsi des compagnes d'essais.

2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

La ligne ferroviaire étudiée reliant la chef-lieu de la wilaya de Saida au chef-lieu d'El-Bayadh, se développe dans sa majorité dans le domaine des hauts plateaux à l'exception d'une petite section dans le domaine de l'Atlas Saharien. Elle traverse des sections de morphologie plane, collinaire, des zones de stagnations d'eau (chott) impliquant des franchissements par plusieurs ouvrage et un tunnel Le tracé débute dans La région de Saida, qui se trouve à la limite de l'Atlas tellien à une altitude de 900 m ; puis remonte au Sud ; suivant une pente peu abrupte à douce pour atteindre les 1400 d'altitude aux environs d'El Bayadh à la limite de l'Atlas saharien.



Figure V 1 Situation géographique de la zone d'étude [8]

La synthèse des grands ensembles géomorphologiques traversés par notre tracé est donnée comme suit :

❖ **Du PK 00+000 au PK 10+000**

Le tracé commence au niveau de la zone dédiée à la connexion des deux nouvelles lignes ferroviaires, Saida - Moulay-Slissen et Saida - Tiaret. A partir des points de jonction qui se trouvent au sud de la ville, le tracé se développe dans une plaine peu perturbée sur un linéaire de 05 km environ induisant des terrassements peu importants (déblais et remblais).

Le changement de relief ne commence effectivement qu'à partir du PK 05 Km, où une zone de chaîne montagneuse (vallonnement) est interceptée, induisant une traversée par un tunnel de 5 km de longueur environ.

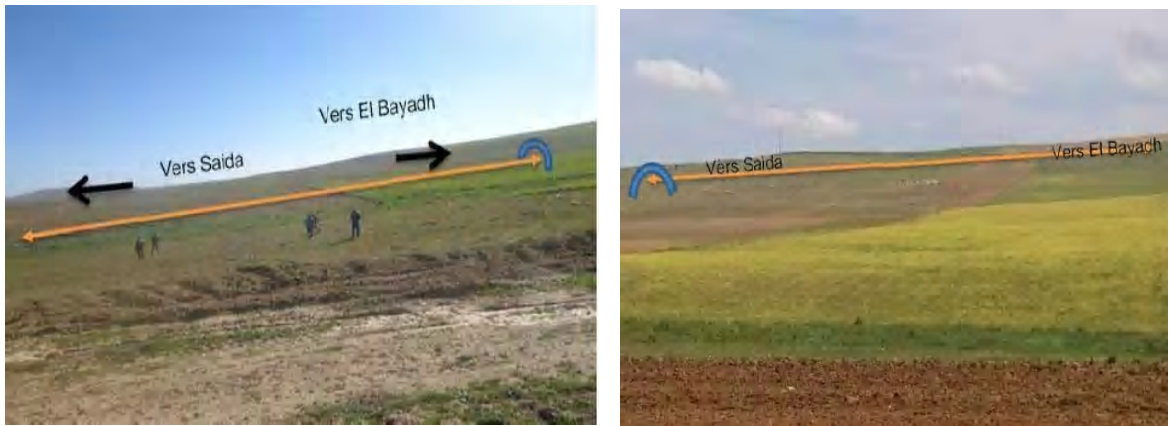


Figure V 3 Photos des zones de départ et fin du tunnel

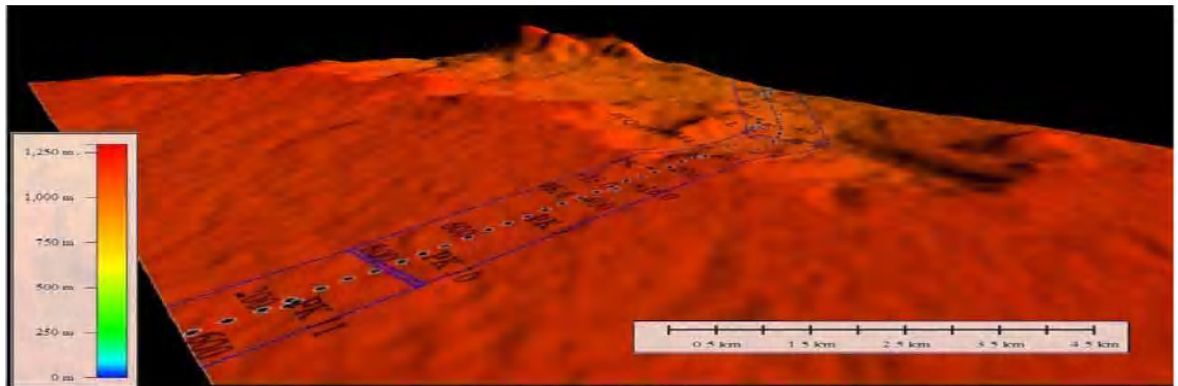


Figure V 2. Carte des différents ensembles géomorphologiques de la zone d'étude en 3D [8]

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE

❖ Géologie régionale

La zone d'étude, est comprise entre les contreforts sud-atlasiques des Monts de Saida au Nord, et les hautes plaines steppiques au Sud.

Les contreforts sud-atlasiques des Monts de Saida, appartient à la géologie des hauts plateaux, cette ensemble est caractérisée par une série calcaro-dolomitique du Jurassique supérieur.

Les hautes plaines steppiques, sont caractérisées par un socle autochtone hercynien et une couverture sédimentaire du Jurassique recouverte en certains endroits par les dépôts Mio-plio-quatenaire

❖ Géologie local

Du PK 0+000 au PK 7+000

La section du tracé entre le PK 00+000 et le PK 07+000 se situe au sud de la ville de Saida. Elle est constituée par une formation d'argile grisâtre du Jurassique avec un recouvrement d'argile limoneuse moyennement ferme de couleur brunâtre à jaunâtre intercalé par de niveaux de grés et calcaire.

Du PK 7+000 au PK 10+000

Cette section où il est projetée un tunnel entre le PK 5+620 et le PK 10+520, est composé de dépôts marins, matérialisé essentiellement par des argiles rougeâtre du miocène avec un recouvrement d'argile limoneuse moyennement ferme de couleur brunâtre à jaunâtre

Sur le plan structural, le projet se développe entre deux unités tectoniques majeures, séparées par L'accident sud Atlasique et l'accident Nord Atlasique. Les principales structures géologiques se répartissent du Nord au Sud et de l'Ouest vers l'Est comme suit :

- **Les monts de Saida :** Ils se présentent par un anticlinal faillé, formé par des terrains jurassiques qui se plongent dans toutes les directions, notamment vers la cuvette du bassin du Chott Ech Chergui ;

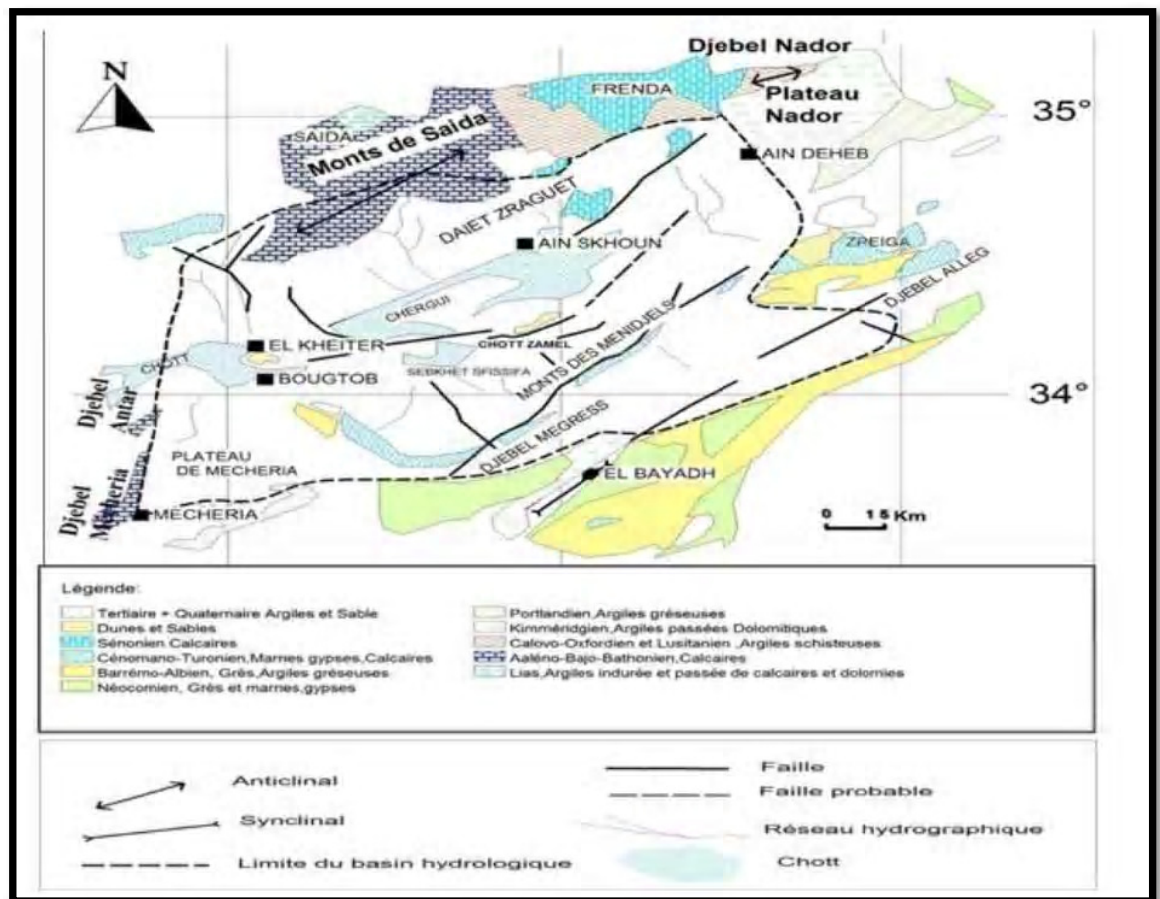


Figure V 4 Principaux zone structurales de la région d'étude [8]

À l'échelle stratigraphique, Les grands ensembles litho-stratigraphiques dans le secteur étudié, sont représentés par :

➤ **Le miocène**

Il est composé de dépôts marins, matérialisé essentiellement par des argiles, marnes et grès, Il affleure du PK 07+000 au PK 10+000. Il est représenté sur la carte géologique de l'Algérie (E : 1/500.000) par le symbole «Mi».

➤ **Le jurassique**

Il est composé de dépôts marins ou lagunaires, représenté essentiellement par des alternances d'argiles grises, vertes ou jaunâtres, voir rougeâtre intercalées par de niveaux de grès et calcaire, Il affleure du PK 0+000 au PK 7+000. Il est représenté sur la carte géologique de l'Algérie (E : 1/500.000) par le symbole «Jm et Jc».

4. CADRE SISMIQUE

D'après le Règlement Parasismique Algérien (RPA 99/ Addenda 2003), publié par le Centre de Génie Parasismique C.G.S, les wilayas de Saida et El Bayadh sont classées zone à sismicité faible « Zone I». Le document technique réglementaire subdivise le territoire national en cinq (05) zones de sismicité croissante, définies ci-dessous :

- **Zone 0** : sismicité négligeable
- **Zone I** : sismicité faible
- **Zone II a et II b** : sismicité moyenne
- **Zone III** : sismicité élevée.

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés. Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes RPA 99/2003 doit être classé dans l'un des quatre groupes définis ci-après :

- **Groupe 1A** : Ouvrages d'importance vitale ;
- **Groupe 1B** : Ouvrages de grande importance ;
- **Groupe 2** : Ouvrages courants ou d'importance moyenne ;
- **Groupe 3** : Ouvrage de faible importance ;

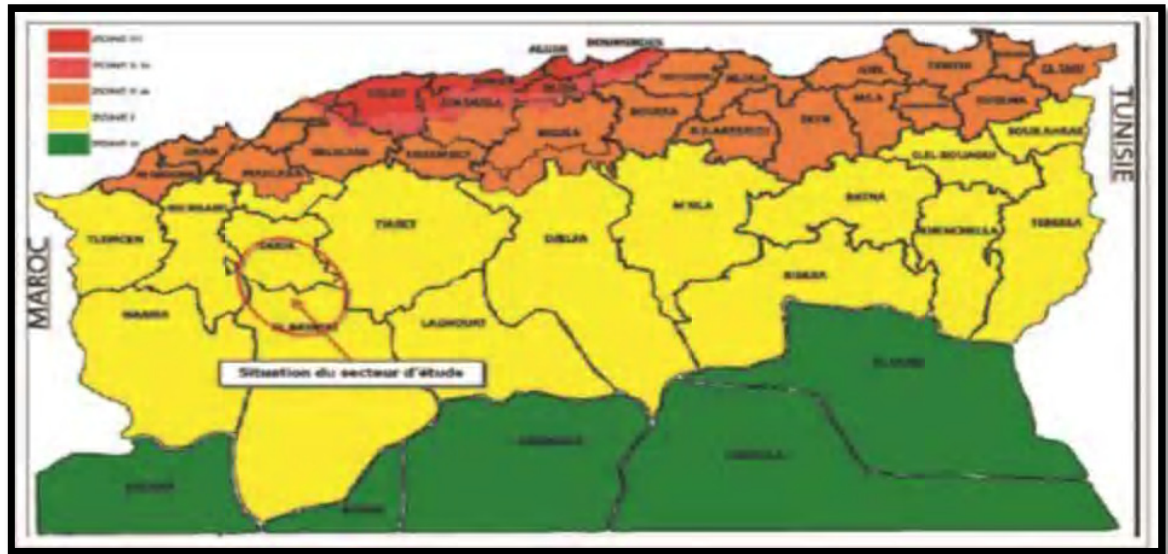


Figure V 5 Situation du secteur d'étude sur la carte de zonage sismique du territoire national [8]

5. ETUDE GEOTECHNIQUE

L'étude géotechnique est pour but de déterminer les caractéristiques intrinsèques du sol traversé, est basé sur la réalisation d'une campagne d'investigation in situ et des essais aux laboratoires, de tel manière à déterminer :

- La nature des terrains traversés par le tracé de la future ligne ainsi que leurs caractéristiques géomécaniques fondamentales
- L'identification et la localisation des problèmes et/ou des contraintes techniques du point de vue géologique rencontrés sur le corridor du tracé.
- Critères de réutilisation des matériaux de déblais en remblai
- La localisation des zones d'emprunt, ainsi que des carrières pour granulats et ballast

5.1. Essais in situ

La campagne géotechnique sur le terrain a été menée sur la base d'un programme de travail établi en fonction de la situation des ouvrages d'arts, tunnel et les changement d'optimisation du tracé imposés par les contraintes du terrain et des opérations de terrassements envisagées le long du tracé. Les différents types d'essai in situ effectué le long du notre tronçon d'étude sont donnés au tableau suivant :

Tableau V 1 La normalisation des essais géotechniques réaliser pour notre projet

1	Puits de reconnaissance	NF P 94-119	5
2	Sondage carottés	XP P94-202	9
3	Essai pénétration au carottier (SPT)	NF P94-116	21
4	Essais préssiométrique Ménard	NF P94-110	4
5	Essais pénétromètre dynamique	NF P94-114	1

5.1.1. Les puits de reconnaissance

Les puits de reconnaissance ont été réalisés à l'aide d'un **tractopelle**, et des échantillons de sol remaniés ont été prélevés systématiquement pour les besoins des essais de laboratoire pour but de la reconnaissance de la qualité et nature lithologique des sols. Les essais et les résultats in situ sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V 2 Tableau récapitulatif des résultats in situ des puits de reconnaissance [8]

PU-01-SB	0+770	0 à 0.6	terre végétale
		0.6 à 2	Argile limoneuse avec cailloux et blocs
PU-02-SB	2+995	0 à 0.3	terre végétale
		3.6 à 2	Argile limoneuse marron à noirâtre
PU-03-SB	4+605	0 à 0.6	terre végétale
		0.6 à 4	Argile limoneuse marron à noirâtre
PU-54-SB	1+000 (by pass)	0 à 0.3	terre végétale
		0.3 à 3.3	Argile limoneuse marron à blanchâtre
PU-22-SB	1+623 (by pass)	0 à 0.3	Terre végétale
		0.3 à 2.2	Tuf consolidé beige à blanchâtre avec cailloux grésifié
		2.2 à 2.8	Tuf grésifié dure récupéré sous forme de fragments

5.1.2. Sondage carottés

Les sondages carottés ont été réalisés à l'aide de deux machines de forage, à l'aide des carottier de diamètre 101mm et 86mm. Et pour chaque sondage l'exécution des essais SPT.

Cet essai (SPT) consiste à enfoncer dans le terrain par battage un carottier de conception et dimension normalisées placé fond de forage. On compte le nombre de coups de mouton nécessaire pour enfoncer le carottier sur une certaine profondeur.

Les essais permettent d'une part de tracer un profil de pénétration (SPT) et connaître la compacité des sols traversés et d'autre part fournir des échantillons de sol pour les besoins des essais de laboratoire, comme ces sondages sont équipés d'un piézomètre pour mesurer le niveau d'eau souterraine. La liste des sondages et les essais in situ réalisés avec ces résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V 3 Qualification de compacité de sol à partir de l'essai SPT (NF P 94-011) [9]

Très lâche	<4
Lâche	4 à 10
Moyennement dense	10 à 30
Dense	30 à 50
Très dense	>50

Tableau V 4 Tableau récapitulatif des résultats in situ des sondage carottés [8]

	sondage	profondeur d'essai SPT		Nombre de coups	classe	PK	Profondeur(m) (forage et piézomètre)	Niveau d'eau
		Début	fin					
Zone courante	F-01-SB	4.5	4.95	8	Moyennement danse	1+012	20	/
		7.5	7.95	22	Moyennement danse			
		9	9.45	31	Danse			
		13.5	13.95	46	Danse			
	F-02-SB	4.5	4.95	24	Moyennement danse	1+840	15	4.1
		7.5	7.95	31	Danse			
		9	9.45	39	Danse			
	F-03-SB	4	4.45	10	Moyennement danse	3+101	12	1.9
		7	4.45	15	Moyennement danse			
		9	4.45	27	Moyennement danse			
	F-04-SB	4.5	4.95	10	Moyennement danse	3+630	15	1
		7.5	7.95	15	Moyennement danse			
		9	9.45	27	Moyennement danse			
	F-05-SB	4.5	4.95	Refus	Très danse	4+210	20	/
		7.5	7.95	Refus	Très danse			
		9	9.45	Refus	Très danse			
Zone du tunnel	F-06-SB	PAS D'ESSAIS SPT DANS LA ZONE DE TUNNEL				5+640	30	0.75
	F-07-SB					8+300	60	13
	F-08-SB					10+520	32	/
By-pass	F-38-SB	5	5.45	22	Moyennement danse	1+451	15	4.1
		8	8.45	Refus	Très danse			
		14	14.45	Refus	Très danse			
	F-05-bis SB	3	3.45	Refus	Très danse	1+451	10	4.1
		6	6.45	Refus	Très danse			

On se base sur les résultats d'essai SPT et la classification de compacité de sol selon la norme (NF P 94 011), on peut déduire que le sol étudié est moyennement dense à très dense.

5.1.3. Essais préssiométrique Menard

Le préssionmètre Ménard comprend deux parties principales :

- **La sonde** : elle se compose de trois cellules (cellules central contient de l'eau et deux cellules de garde qui contient de gaz) qui placée dans un forage préalable

- **Contrôle pression volume** : C'est le dispositif qui permet de dilater la sonde et mesurer les pressions et les volumes d'eau injectés.

L'essai permet de définir conventionnellement trois caractéristiques préssiométrique, le module préssiométrique, pression limite et pression de fluage. Présenter sur un profile en fonction de la profondeur (profile préssiométrique) qui indique la nature des sols rencontre ainsi que le niveau éventuel de la nappe d'eau souterraine, et on se base sur le tableau suivant pour déterminer la nature du sol

Les sondages préssiométrique réalisés le long de notre tracé en fonction de différentes profondeurs avec ces résultats sont représentés dans le tableau suivant :

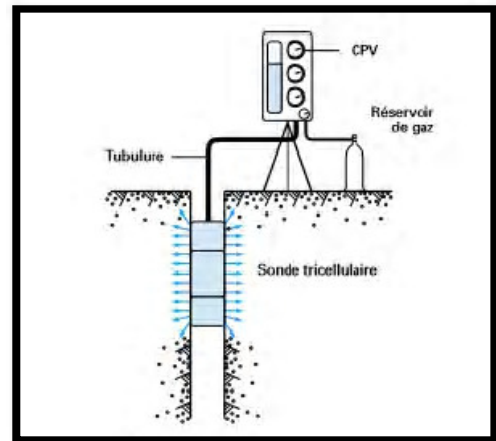


Figure V 6 Schéma de principe d'essai préssiométrique Ménard[9]

Tableau V 6 Tableau récapitulatif des résultats des essais préssiométrique

AGL : Argile limoneuse / **AG** : argile / **ARG** : argilite

5.1.4. Essais au pénétromètre dynamique lourd

1+109	2	AGL	116,8	4,89	4,89	
	4	AGL	120,7	4,91	4,91	
	6	AGL	153,5	4,93	4,93	
	8	AG	140,5	4,97	4,97	
	10	AG	157,6	5,0	5,0	
	12	AG	134,3	5,02	5,02	
	14	AG	147,8	5,02	5,02	
1+898	2	AGL	64,1	2,5	1,6	
	4	AGL	83,5	4,5	2,5	
	6	AGL	88,1	4,9	4,9	
	8	AGL	100,1	5,0	5,0	
	10	AGL	93,0	5,0	5,0	
	12	AG	89,4	5,0	5,0	
	14	AG	88,4	5,0	5,0	
	2	AGL	149,3	4,9	4,9	
	4	AGL	159,1	4,9	4,9	

	3+101	6	AGL	172,1	4,9	4,9
		8	AGL	152,1	4,9	4,9
		10	AG	183,8	5,0	5,0
	4+325	2	AGL	149,3	4,9	4,9
		4	AGL	159,1	4,9	4,9
		6	AGL	172,1	4,9	4,9
		8	AGL	152,1	4,9	4,9
		10	AG	183,8	5,0	5,0
		12	AG	211,1	5,0	5,0
		14	AG	183,6	5,0	5,0
		16	AG	147,3	5,0	5,0
		18	ARG	180,3	5,1	5,1

Un pénétromètre dynamique est un appareil constitué essentiellement par un train de tige, à l'extrémité inférieure duquel est placée une pointe conique, enfoncer (battus) dans le terrain sous l'action de choques répétées jusqu'à une profondeur donnée. L'opération relève le nombre de coups nécessaire pour enfoncer l'appareil sur un pas fixe

Sondage au pénétromètre dynamique lourd est un moyen de reconnaissance géotechnique et qualitative du terrain. Le domaine préférentiel d'utilisation (PDL) est :

- Calcul de la résistance des terrains (résistance dynamique de pointe)
- Contrôle de l'homogénéité d'un site
- Détermination des épaisseurs de différentes couches de sol
- Reconnaissance du niveau du toit du rocher
- Localisation des cavités ou d'autres discontinuités

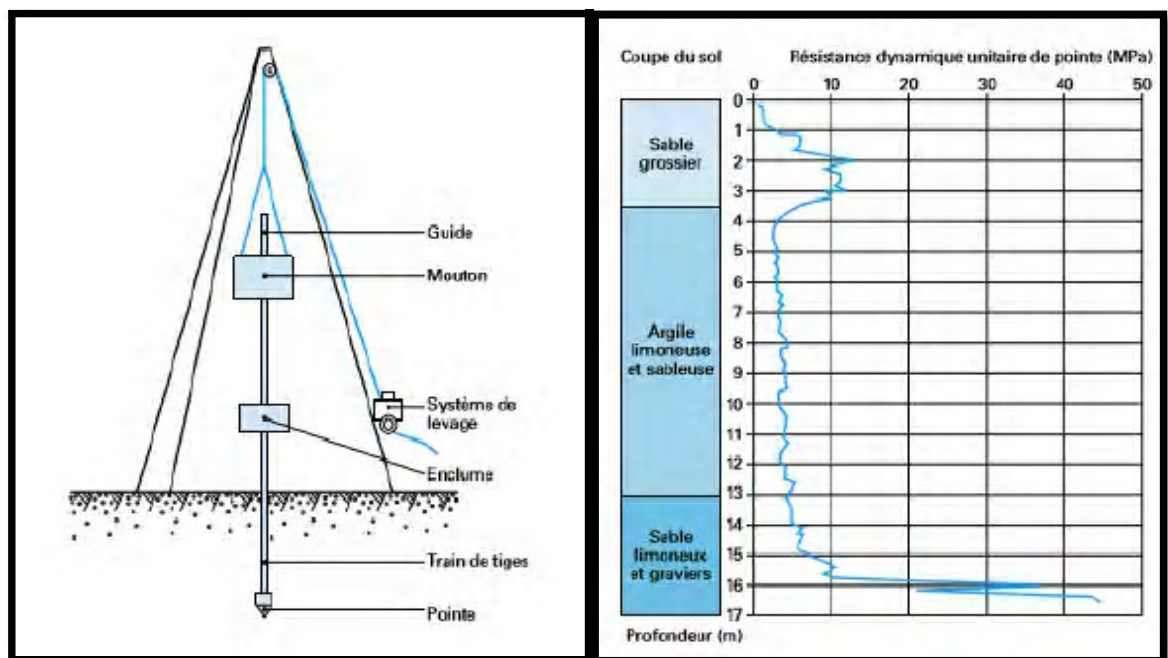


Figure V 8 Schéma de principe d'essai pénétromètre dynamique [9]

Figure V 7 Profil d'essai au pénétromètre dynamique [9]

Tableau V5 Tableau récapitulatif des résultats des essais pénétromètre dynamique

PDL-01 SB	2+995	Sable grossier	0 à 3.5	75
		Argile limoneuse et sableuse	Refus de pénétration à 5.2m	

5.2. Essais au laboratoire

A partir des échantillons de terrain prélevés des puits de reconnaissances et des sondages carottés, les essais au laboratoire réalisés sur ces échantillons sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V 6 Tableau récapitulatif des principaux essais au laboratoire

	CBR (*)	NF P 94-078	Calculer la portance du sol, en estime sa résistance au poinçonnement
	Essai de cisaillement rectiligne (**)	NF P94-071-1	Mesurer les caractéristiques de plasticité, il permet de déterminer les valeurs de (c : cohésion, ϕ : angle de frottement)
	Essai de compression uni axiale (**)	NF P 94-077	Mesurer les caractéristiques mécanique de plasticité du sol et déterminer les valeurs de (C_u : cohésion, ϕ_u : angle de frottement)
	Essai compressibilité à l'œdomètre (**)	NF P 94-090-1	Déterminer les caractéristiques de compressibilité et estimer le tassement d'un massif de sol sous l'effet des charges
	Proctor (*)	NF P 94-093	Déterminer la teneur en eau optimal pour obtenir la densité sèche maximale d'un sol
	Analyse granulométrique des sols par tamisage (**) (*)	NF P 94-056	Déterminer les proportions des grains de différents diamètres ($D > 80\mu m$)
	Analyse granulométrique des sols par sédimentométrie (**) (*)	NF P 94-057	Déterminer la distribution pondérale de la taille des particules des sols fin ($D < 80\mu m$)
	Essai bleu de Méthylène (VBS) (**) (*)	NF P 94-068	Evaluer la richesse en argile d'un sol
	Limite d'Atterberg (**) (*)	NF P 94-051	Déterminer la plasticité du sol et ces indicateurs (w_L , w_p , I_p)
	Analyses chimique des sols (**) (*)	-	Déterminer le taux d'agressivité du sol, ainsi la teneur en matières

			organiques : en carbonates et en chlorures
	Essai teneur en eau (**) (*)	NF P94-050	Caractériser l'état hydrique d'un sol par la détermination de la teneur en eau

(*) : Essai au laboratoire réalisé sur des échantillons des puits de reconnaissance

(**) : Essai au laboratoire réalisé sur des échantillons des sondages carottiers

Les résultats des essais in situ réalisés le long du notre tronçon d'étude et les essais au laboratoire sur les échantillons prélevés sont présentés en détail dans (l'annexe C.2.3.4.5)

La présente section porte sur le comportement géo mécanique des grandes unités géotechniques identifiées le long du tracé. Ce travail est basé essentiellement sur une synthèse des résultats des essais in situ et des essais de laboratoire effectués. Les unités géotechniques considérées et affectées par le tracé se présentent comme suit

5.2.1. Unité 1 : Argile limoneuse (AGL)

Cette unité est constituée de limon et d'argile. Elle est rencontrée soit en affleurement entre le PK 0 au PK 10, cette formation est rencontrée jusqu'à 20 m de profondeur. Les différentes caractéristiques géotechniques de la formation sont résumées dans le **Tableau annexe C.1.**

5.2.2. Unité 2 : Argile (AG)

Cette unité est constituée d'argile grisâtre de consistance ferme. Elle est rencontrée en profondeur à partir de 7 m de profondeur entre le PK0+000 et le PK 7+000, surmontée par une couche d'argile limoneuse. Les différentes caractéristiques géotechniques de la formation sont résumées dans le **Tableau annexe C.1.**

5.2.3. Unité 3 : Argilite (ARG)

Cette unité consiste en une argilite verdâtre de consistance ferme à rocheuse, renfermant une alternance de bancs de niveau décimétrique de grès et calcaire. Elle est friable et altérée en surface et de consistance rocheuse en profondeur. Elle est rencontrée en profondeur du PK 05+000 au PK 10+000. Les différentes caractéristiques géotechniques de la formation sont résumées dans le **Tableau annexe C.1.**

Tableau V 7 Tableau récapitulatif les travaux d'investigation pour chaque zone d'étude

Remblai/Dalot	PK 1+075	F-01-SB / SP-01-SB	AGL AG
Remblai/Dalot (by pass)	PK 1+450	F-38-SB / SP-22 SB / F05bis-SB	AGLAG
Remblai/PI (by pass)	PK 1+645	F-38-SB / SP-02-SB/ SP 22 SB	AGL AG

PI	PK 1+890	F-02-SB / SP-02-SB	AGL AG
Remblai-déblai/Gare de AIN EL HDJAR	PK 2+700	F-03-SB / SP-03-SB PDL01-SB /PU-02SB	AGL AG
Déblai/PS	PK 3+100	F-03-SB SP-03-SB	AGL
Déblai/PS	PK 4+330	F-05-SB SP-04-SB	AGL AG GR CA
Tunnel	Du PK 5+620 au PK 10+520	F-06-SB F-07-SB F-08-SB	AGL ARG

6. CLASSIFICATION DES SOLS SUR LE LONG DU TRACE

Dans ce qui suit nous allons classer les sols traversés par notre tracé selon le fascicule GTR et le code UIC 719R, afin d'apprécier la qualité du sol support. Qui et dépend des deux paramètres ci-après :

- La nature géotechnique du sol
- Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locale

Les classes de qualité des sols sont présentées dans les tableaux suivants [10] :

Tableau V 8 Classement du sol [10]

Identification géotechnique	Classe de qualité des sols
0-1-Sols organiques. 0-2-Sols fins, foisonnés, humides et dons non compactable. 0-3-Sols thixotropes. 0-4-Sols comportant des matériaux solubles. 0-5-Sols comportant des matériaux polluants. 0-6-Sols mixtes.	QS0 << Sol impropres>>
1-1-Sols comportant plus de 40% de fines. 1-2-Sols très évolutives. 1-3-Sols comportant plus de 15% à 40% de fines. 1-4-Roches évolutives. 1-5-Roches tendres.	QS1 <<sols médiocres>>
2-1- Sols comportant de 5% à 15% de fines. 2-2- Sols comportant moins de 5% de fines mais uniformes. 2-3-Roches moyennement dures.	QS2 <<sols moyens>>
3-1- Sols comportant moins de 5% de fines. 3-2- Roches dures.	QS3 <<bon sols>>

Tableau V 9 Définition de classe de qualité de sols selon la norme NF P11 300 [10]

Classe	désignation	Sous-classe	QS0	QS1	QS2	QS3
A	Sols fins	A1	A1h	A1m et A1s	A1s(B.C.H)	/
		A2	A2h	A2m et A2s	A2s(B.C.H)	/
		A3	A3h	A3m et A3s	/	/
		A4	A4h	A4m et A4s	/	/
B	Sol sableux et graveleux avec fines	B1	/	/	/	/
		B2	B2h	B2m	B2s(B.C.H)	/
		B3	/	/	/	P.BG.DE
		B4	B4h	B4m	B4s	P.BG.DE
		B5	B5h	B5m	B5s	/
		B6	B6h	B6m	B6s	/

B.C.H : bonne condition hydrologique et hydrogéologique

P.BG.DE : propre et bien graduée dureté élevée

Les résultats des essais au laboratoire des différents échantillons, et classification du sol traversent le long du tracé de notre projet et récapitulée dans les deux tableaux suivants :

Tableau V 103. La classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des sondages carottiers.

N° forages	PK	Prof (m)		Nature pétrographique GEO	UNITE GEO	W (%)	Densité		S _v	Limites d'Atterberg			Analyse granométrique %			I _c	Cisaillement UU		Cisaillement CD		Pédométrie		Fc (bars)	Analyse chimique				CLASSIFICATION																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																	Cu bar	Φ _u °	c' bar	Φ' °				Cc %	Pc	Cg%	Sulfates PH (%)		CaCO ₃ (%)	Chlorures (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

ZONE DU TUNNEL		PK 08+ 300		PK 08+ 300		Argile grisâtre	AG	12,33	1,99	2,23	98,52	44,00	29,00	15,00	100,00	100,00	54,39	2,1			6,20	8,13	0,21	0,00	0,18	A2ts	Q50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
				36,8	36,4																					Argile grisâtre	AG	12,12	1,99	2,23	96,84	36,00	27,00	9,00	100,00	100,00	47,92	2,65	NM																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

NM : non mesurer / AGL : ARGILE LILONEUSE / ARG : ARGILITE / AG : ARGILE /

Tableau V 14. La classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des puits de reconnaissances.

Puits	Prof (m)	Analyses granulométrique			Limites d'Atterberg			VBS	Proctor normal		Indices CBR			Analyse chimique				Classe GTR	Classe UIC	
		<2 mm (%)	<80µm (%)	< 2 µm mm	w _n (%)	w _L (%)	w _P (%)		IP	γ _d max T/m ³	W _{op} t (%)	10C	Imbibé à 4 jours		pH	Sulfate (%)	Carbonate (%)			Chlorure (%)
	De - à						-													
PU-01-SB	00.60 - 02.00	81,8	71,17	31,94	9,5	43,8	15,8	28		1,74	17	0,6	8	10,5					A3s	Q50
PU-02-SB	00.30 - 02.00	97,41	88,71	35,51	14,93	42,5	14	28,5											A3s	Q52
PU-03-SB	00.60 - 03.50	96,88	93,75	46,03	14,8	48	20	28		1,62	19,6	0,4	0,7	1					A3s	Q51
PU-22-SB	00.30 - 02.20	63,04	46,67	16,26	25,51				0,18	1,82	14,1	0,45	4	9,03					A1th	Q50
PU-54-SB	00.3-3.30	80,91	70,25	23,97	15,17	33	11,5	21,5		1,72	18	1	6	7					A2s	Q52

7. CONCLUSION

Les essais géotechniques nous ont permis de connaître les caractéristiques intrinsèques du sol pour la classification GTR, on aura besoin de cette classification pour l'utilisation des matériaux de déblais en terrassement.

La classification UIC nous a permis d'apprécier la qualité du sol de notre zone d'étude en Q51 et rarement Q50 et Q52, ce qui nous permettra de dimensionner la structure d'assise correspondante à ces classes de qualité de sol, objet du chapitre suivant.

CHAPITRE VI

DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE D'ASSISE

INTRODUCTION

LES DIFFERENTES COUCHES D'ASSISE

DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISE

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE D'ASSISE

1. INTRODUCTION

L'infrastructure ferrovière est la partie inférieure de la structure de la voie sur laquelle repose cette voie. Elle sert à répartir sur la plateforme les charges concentrées qu'elles reçoivent des traverses et amortir les vibrations de la superstructure, de plus les différentes couches d'assise permettant donc pour une large part d'assurer par leur nature et leur épaisseur le bon comportement de la voie ferrée du point de vue rigidité, tenue de nivellement et drainage. Elles comprennent la couche de ballast, la sous couche et la plateforme.

2. LES DIFFERENTES COUCHES D'ASSISE

Les couches d'assise sont composées des couches fondamentales est indispensables qui sont la couche de ballast, couche sous-ballast, couche de fondation, et d'autre couche qui l'utilises si nécessaire (couche anticontamination, couche de forme, et couche de drainante)

Le matériau utilisé dans chaque couche et leur épaisseur dépend de plusieurs paramètres qui sont :

- Les caractéristiques intrinsèques du sol de la plateforme (portance, nature)
- Les caractéristiques hydrauliques et hydrogéologiques du site
- Le trafic (charge, vitesse, tonnages)
- Les caractéristiques de l'armement (profile des rails, nature et espacement des traverses)
- Des conditions climatiques du site

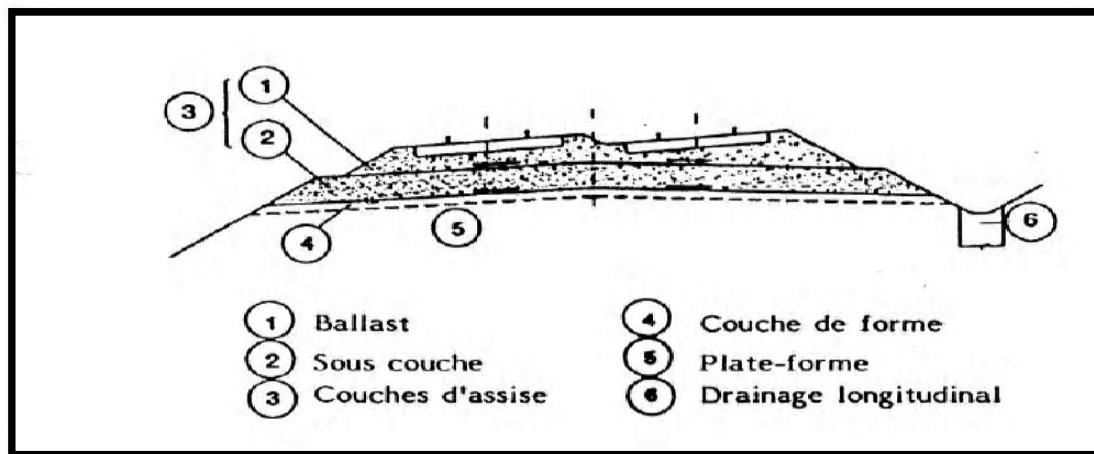


Figure VI 1 Profil type d'une plateforme ferroviaire [10]

2.1. Le ballast

Le ballaste est un matériau granulaire provenant du concassage de pierres dures de calibre ($d/D = 25/50$), dispose sous les travers et sur laquelle repose une voie ferrée e. son rôle est de transmettre les efforts de la voie au sol, La couche de ballast doit être compacté,

lors la mise en place de la voie, afin d'améliorer sa stabilité. Les épaisseurs de ballast sont indiquées ci-dessous :

Tableau VI 1 Epaisseur de ballast d'une voie ferroviaire [10]

Epaisseur en cas de viaducs et tunnels	0.35 m

L'inclinaison de talus de ballast (pente entre le bord inférieur et le bord supérieur de la couche de ballast) est d'environ 33.7°

Etant utilisée depuis longtemps, la couche de ballast est une technique éprouvée dans la construction des chemins de fer montre les caractéristiques suivantes :

- Permettre de bien caler les travers afin d'assurer une résistance aux déformations longitudinales, particulièrement pour les éléments de voie(LRS)
- Permettre d'ajuster, de façon simple et efficace, le tracé de la voie
- Assure, en raison de sa granulométrie particulière, le drainage et l'évacuation rapide des eaux zénithales
- Constitue un amortisseur de vibration très efficace, garantissant ainsi la sécurité et le confort des circulations
- Permet, au moyen du bourrage-dressage mécanisé, la rectification très rapide du nivellement et du tracé
- Anticontamination entre la plateforme et ballast

2.2. La sous-couche

Mono ou multicouche en fonction de la qualité de sol support et couche de forme, interposée entre ballast et plateforme, et composée de matériaux grenus (sables ou graves) bien gradués est pentée transversalement de 3% à 5% (4% pour notre projet) qui permet :

- La protection de la partie supérieure de la plateforme contre l'érosion
- La protection de la plateforme contre les effets du gel
- L'amélioration de la portance du sol et meilleure répartition des charges transmises
- L'anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast

2.2.1. Couche de sous-ballast

C'est la partie supérieure de la sous-couche en contact avec le ballast en grave 0/31.5 bien graduée comportant au moins 30% de concassée, et compactée à 100% (OPN). Cette couche existe dans tous les cas

2.2.2. La couche de fondation

C'est une couche en grave propre bien graduée compactée à 100% (OPN), d'une épaisseur minimale de 15cm. Cette couche permet la circulation des engins de chantier (la couche de « sous-ballast » étant mise en œuvre en fin de chantier, lorsque les travaux de

terrassement proprement sont tous achevés). La couche de fondation n'est pas nécessaire sur les sols de classe **QS3**

S'il y a lieu, une couche « anticontamination » en sable propre et complétée en outre par une feuille synthétique (géotextile), est utilisée lorsque la plateforme est de classe **P1** et **P2**

2.2.3. La couche anticontamination

C'est une couche en sable propre dont le rôle de protéger les sous-couches supérieures de la remontée de particules fines de la plateforme (améliore la qualité anticontaminante des structures d'assise), elle peut être complétée par une feuille synthétique (géotextile ou géomembrane)

2.2.4. Plateforme

C'est la partie supérieure d'ouvrage en terre supporter la sous-couche, est constituée de sol rapportée dans le cas d'un remblai ou de sol en place dans le cas d'un déblai, la partie supérieure et final des terrassements aménagée en couche de forme et à l'amélioration des terrain, a une pente transversale de 4% et son épaisseur varié selon le matériau utiliser, portance de la plateforme, et la classe de qualité visé entre 30 à 60 cm

Dans le cas d'un remblai, cette couche de forme est constituée soit du même sol que le corps de remblai soit d'un sol de qualité meilleure. Son taux de compactage est de 95% OPM. Parfois la couche de forme est traitée aux liants hydrauliques.

Dans le cas d'un déblai, la couche de forme est obtenue par compactage à 95 % OPM sur une épaisseur minimale de 30 cm. Cependant, on peut prévoir un apport de sol de qualité meilleure ou un traitement aux liants de la couche supérieure du sol en place.

On peut distinguer en fonction des paramètres intra secte de chaque sol composant la plateforme trois classes de portance de plateforme suivantes :

- P3 : bonne plateforme
 - P2 : plateforme moyenne
 - P1 : plateforme mauvaise
- ❖ **Classe de portance de la plateforme**

Le tableau suivant permet de déterminer la portance de la plateforme et l'épaisseur de la couche de forme qui convient :

Tableau VI 2 Détermination de la classe de portance de la plateforme et l'épaisseur de couche de forme [10]

		Classe de qualité	Epaisseur minimale(m)
	P1	QS1	-
	P2	QS2	0.50
	P2	QS3	0.35
	P3	QS3	0.5
	P2	QS2	-
	P3	QS3	0.35
	P3	QS3	-

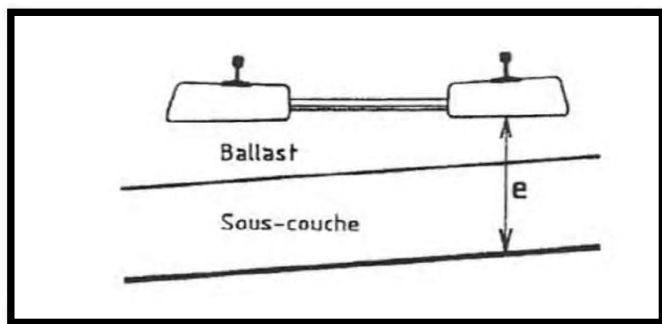
3. DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D'ASSISE

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

L'épaisseur de la couche d'assise e = épaisseur du ballast + épaisseur de sous-couche >> dépend des facteurs suivants :

- **E** : dépendant des classes de la plateforme (P1, P2, P3)
- **a** : dépendant classe de la voie (groupe de 1 à 6, UIC 714)
- **c** : dépendant des conditions de travail
- **b** ; dépendant de type et longueur de la traverse
- **d** : dépendant de la charge maximale d'assise des véhicules
- **f** : dépendant de type de la plateforme et vitesse de référence
- **g** : dépendant de l'installation de géotextiles

L'épaisseur de l'ensemble ballast + sous-couches est donnée par l'expression suivante :



$$e = E + a + b + c + d + f + g \quad (m)$$

Figure VI 2 Epaisseur des couches d'assise [10]

Pour notre projet, ces paramètres sont définis comme suite :

- $E = 0,45$ m pour une plateforme P3
- $a = 0$ m pour les lignes de groupe UIC 1 et 2, $V > 160$ km/h

$b = (2,5 - L)/2$ traverses en béton de longueur L (b et L en (m), $b < 0$ si $L > 2,5$ m)

$b = 0,13$ m

- $C = 0$ m pour un dimensionnement normal
- $D = 0,05$ m pour une charge maximale d'essieu à 225t
- $F = 0$ m pour la plateforme de portance P3, des lignes à grande vitesse
- $g = 0$ m puisque la couche de forme est en sol QS3

Donc

$$e = 0,45 + 0 + 0,13 + 0 + 0,05 + 0 + 0 = \hat{a} = 0,63 \text{ m}$$

Nous avons pris la valeur de : $e = 0,65$ m

$$e_{\text{sous-couche}} = 0,65 - 0,3 = 0,35 \text{ m}$$

Basés sur l'analyse des résultats d'investigations géotechnique le sol de notre projet est généralement de classe **QS1**, vu que c'est une voie rapide ($V_r = 220$ km/h), les recommandations de maître d'ouvrage est d'envisagé une plateforme **P3**, ce qui nécessite de mettre en place une couche de forme de classe **QS3** et d'épaisseur $e_f = 0,5$ m

Tableau VI 3 Tableau récapitulatif l'épaisseur des différents couches d'assise

Ballast	0.3
Sous-ballast	0.2
Couche de fondation	0.15
Couche de forme	0.5
Totale	1.15

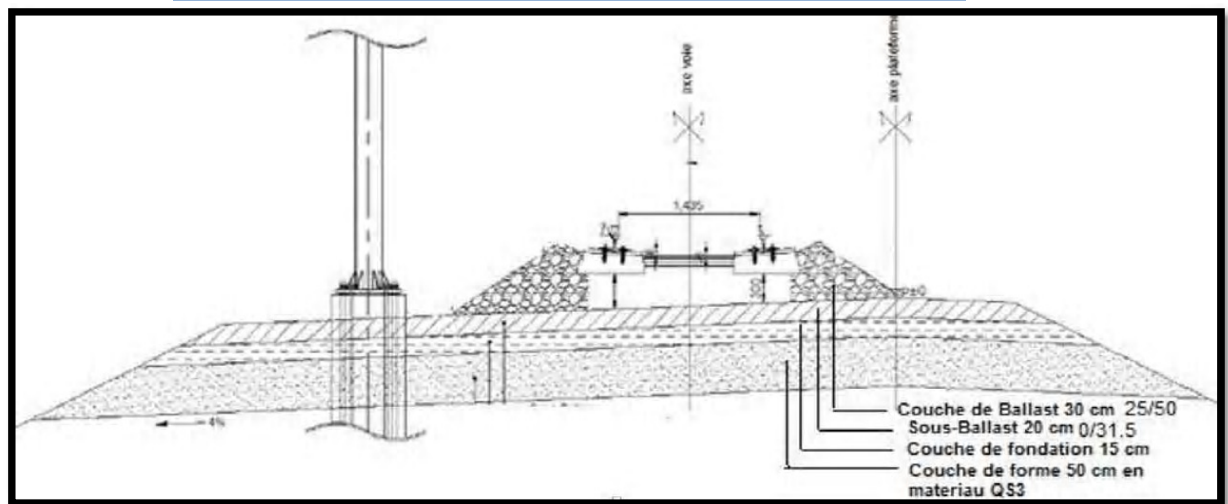


Figure VI 3 Profil en travers de la plateforme

CHAPITRE VII

TERRASSEMENT

INTRODUCTION

ETUDE DE STABILITE DES OUVREGE EN TERRE

DEBLAIS

REMBLAIS

REUTILISATION DES MATERIAUX DE DEBLAI

CARRIERE

ZONE DE DEPOT

CHAPITRE VII. : TERRASSEMENT

1. INTRODUCTION

Des terrains naturels dénivelés (plus hauts ou plus bas) par rapport aux cotes du projet sont remaniés pour être conforme au plan de terrassement ainsi qu'aux cotes du projet par les actions de remblai et déblai.

Les principales zone de déblai/remblai (ouvrages en terre) le long du tracé ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique établir sur la base du profile en long

2. ETUDE DE STABILITE DES OUVREGE EN TERRE

La sécurité au glissement des pentes, tant au court qu'à long terme, plus l'analyse en condition sismique doit être vitrifiée par le calcul à partir des caractéristiques mécaniques et hydrogéologiques. Afin d'adopter des pontages varie en selon la nature des terrains

3. DEBLAIS

Les principales zone de déblai le long du tracé ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique établir sur la base du profile en long, et leur caractéristiques géométriques récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau VII I Nature des terrains et pente proposé pour chaque déblai not la hauteur à l'axe supérieure à 8m

PK début	PK fin	Langueur (m)	Hmax (m)	Travaux d'investigation géotechnique	Profondeur de a (m)		Nature de terrain	U.G	Classe		Observation hydraulique	Pente, Berme, Hauteur proposées
									GTR	UIC		
0+00	0+775	775	12.952	PU-01-SB F-38-SB	0	9	Argile limoneuse	AGL	A2	QS1	Déblai sec	P : 2H/1V B : 3m H : 8m
					>9		Argile grisâtre	AG	A2			
2+475	5+620	3500	26.951	F 03.04.05 SB PU 02.03 SB	0.5	10		AGL	A2	QS1	Déblai sec	P : 2H/1V B : 3m H : 8m
					>10			AG	A3			

Pour des raisons de stabilité, mais aussi visant la création d'accès pour d'éventuels entretiens, des risbermes de 3m de largeur ont été adoptées, chaque 8 m pour les zones de déblais avec pente de 2H/1V. Un drainage longitudinal et transversal est à assurer pour l'évacuation des eaux superficielles.

❖ Stabilité des déblais.

Pour l'analyse de stabilité, la méthode de **Bishop** pour les surfaces générales de glissement a été utilisée. Les cas d'analyses effectuées tel que recommandé par le référentiel technique de la SNTF sont les suivants :

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

Cas statique à court terme : le coefficient de sécurité (F.S.) minimum recherché pour assurer la stabilité à court terme du talus est de 1,3.

- $F_s \geq 1,5$ pour la stabilité à long terme.
- $F_s \geq 1,3$ pour la stabilité à court terme
- $F_s \geq 1,0$ pour l'analyse en conditions sismiques.

Synthèse des calculs de stabilité des remblais. Les résultats de l'étude de stabilité des déblais par le logiciel **Slide**, sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII 2 Synthèse des calculs de stabilité des déblais

					Conditions statiques	Conditions sismiques
0+00	0+775	12.952	2H/1V	3m : 8m	1.52 > 1.5	1.31 > 1.0
2+475	5+620	26.951	2H/1V	3m : 8m	1.62 > 1.5	1.39 > 1.0

Les résultats de la vérification de la stabilité du déblai vis-à-vis au glissement sont présentés dans l'annexe D.

4. REMBLAIS

Les remblais seront profilés généralement à 3H/2V (Horizontal/Vertical) ou 2H/1V pour les remblais > 8m. Les pentes de talus pourront être optimisées en fonction des résultats des études de stabilité et des caractéristiques mécaniques des matériaux de réutilisation. Les principales zones de remblais le long du tracé dont la hauteur dépassant 8.00m sont récapitulées dans le tableau suivant Avec leurs caractéristiques géométriques et la nature du sol support.

Tableau VII 3 Liste des remblai dont la hauteur à l'axe est supérieur à 8m

PK début	PK fin	longueur	Hmax (PK)	PK (Hmax)	Travaux d'investigation géotechnique	Nature de terrain	Observation hydraulique	Pente, Berme, Hauteur proposées	Recommandation
0+825	2+425	1600	10.418	1725	F-01-SB F-02-SB SP-01-SB SP-02-SB	Alternance d'argile limoneuse et bans de calcaire	Zone sèche	P : 2H/1V B : 3m H : 8m	Remblai courant Décaper les terres arables et dépôts de remblais hétérogènes récents présents sur site
0+640	2+010	1370	13,78	1+475	PU-54-SB F-38-SB SP-22-SB	Argile à argile limoneuse	Zone sèche	2H/1V Berme3m Talus 8m	Remblai courant
By-pass									

Les terres végétales seront découpées et stockées pour leur réutilisation ; ainsi que les talus des remblais seront protégés contre l'érosion et l'infiltration des eaux par la mise en place d'une couche de terre végétale d'environ 0,2 m d'épaisseur.

❖ Stabilité des remblais

Les conditions de stabilité des remblais ont été évaluées par l'analyse des surfaces de glissement pour un talus de remblais dépassant les 8m de hauteur avec une pente de 2H/1V en considérant une berme de 3m chaque 8m de hauteur. L'analyse selon la méthode simplifiée de **Bishop** a été effectuée en utilisant le Logiciel **SLIDE 6.0**.

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

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

- **$F_s \geq 1,5$ pour la stabilité à long terme.**
- **$F_s \geq 1,3$ pour la stabilité à court terme.**
- **$F_s \geq 1,0$ pour l'analyse en conditions sismiques**

Les données de calcul : Caractéristiques mécanique du remblai :

- **$C' = 5 \text{ kPa}$,**
- **$\phi' = 30^\circ$.**
- **$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$.**

Les données de l'action sismique ont été déterminée en faisant référence aux normes parasismiques algériennes (Règles Parasismiques Ouvrages d'Art - R.P.O.A), en calculant l'action sismique comme une force statique équivalente, constante et proportionnelle au poids propre du terrain.

- Accélération sismique de la zone : $A=0.15g \text{ m/s}^2$.
- Coefficient sismique horizontale : $k_h = 0.06A$.
- Coefficient sismique verticale : $k_v = 0.018$.

Les résultats de la vérification de la stabilité de remblai vis-à-vis au glissement sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII 4 Liste des remblais dont la hauteur à l'axe est supérieur à 8m

					Conditions statiques	Conditions sismiques
0+825	2+425	10.418	2H/1V	Berne de 3m talus de 8.0m	1.57>1.5	1.38> 1.0
0+640	2+010	13,78	2H/1V	Berne de 3m talus de 8.0m	1.57>1.5	1.39> 1.0

Il est strictement interdit de poser les remblais ferroviaires sur les terres arables et dépôts de remblais récents. Il convient de procéder au nettoyage du sol d'assise des remblais, c'est-à-dire à terrasser et niveler correctement toutes les parties qui serviront d'assiette à l'édification du projet, notamment la section du remblais située entre PK0+800 et 2+200.

5. REUTILISATION DES MATERIAUX DE DEBLAI

La majorité des matériaux rencontrés le long du tracé du PK 00+000 au PK 10+000 sont classé selon les normes NF P11-300, UIC et le GTR comme des sols fins sensible à l'eau

(A1, A2, A3) avec une état hydrique (s, m, ts)

Cette classe correspond au sol fin dont le Dmax (Diamètre du plus gros élément en mm) est inférieur à 50 mm et les tamisât à 80µ supérieur à 35%. Les sols rentrant dans cette classe sont les limons argileux et les argiles limoneuses ainsi que les argilites, rencontrés le long du tracé.

D'après le GTR, la majorité des matériaux de déblais sont réutilisables en remblai et couche de forme sauf les matériaux de l'état hydrique (ts et th). Tel que la teneur en eau de ces matériaux, va définir les conditions de réutilisations en remblais (procédé d'extraction et mode de compactage) et pour leur utilisation en couche de forme il faut procéder par un traitement (liant hydraulique, chaux).

En tenant compte du volume important des déblais prévus le long du tracé d'une part et de la réutilisation des matériaux de déblai en remblai, ces matériaux la sont suffisant à couvrir les zones en remblais.

6. CARRIERE

Le long du tracé les excavations n'est pas prévu l'obtention de sols du type QS3 comme matériaux pour la couche de forme, couche de fondation, béton, couche de sous-ballast et ballast, qui devront être obtenus dans les carrières.

Donc Le long du notre tracé, plusieurs indices de substance utilisée comme matériaux (ballast, agrégats pour béton) ont été mise en évidence. Le tableau suivant montre les carrières identifiées le long du tracé :

Tableau VII 5 Localisation des carrières

EURL DJELDJELI	STITTEN	EURL privée	Calcaire	Couche de fondation Agrégats pour béton Couche de sous-ballast Couche de forme
EURL KHEZAR	EL-ABIODH	EURL privée	Calcaire	Couche de fondation Agrégats pour béton Couche de sous-ballast Couche de forme

7. ZONE DE DEPOT

Les zones s de dépôt sont servir à stocker les matériaux des déblais. Ces zones de dépôt peuvent être provisoires ou définitives selon la réutilisation des matériaux et la réglementation en vigueur en ce qui concerne particulièrement l'impact sur l'environnement.

CHAPITRE VIII

ASSAINISSEMENT

INTRODUCTION

DESCRIPTION HYDROLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS

DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

CHAPITRE VIII. : ASSAINISSEMENT

1. INTRODUCTION :

La voie ferrée est un ouvrage qui se développe linéairement sur le terrain et qui apporte par ses remblais et déblais des modifications qui perturbent les écoulements d'eau naturels. Ce qui nécessite une étude hydrologique et hydraulique.

L'hydrologie peut définir comme l'étude de cycle de l'eau, qui concerne l'estimation de ses différents flux et la délimitation des bassins versants, qui constitue une base de données à l'étude hydraulique qui couvre le rétablissement des écoulements naturels, l'assainissement des plates-formes de chaussée, le drainage et la lutte contre la pollution de la voie.

2. DESCRIPTION HYDROLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE**2.1. Description générale**

Notre zone d'étude situe dans la région hydraulique d'Oranie-chott Ech chergui traverse essentiellement deux bassins versants qui sont le bassin versant de la Macta par le bassin versant de l'oued Saïda et en grande partie le bassin versant du Chott Ech Chergui

Tableau VIII 1 Superficie des bassins versants de la région hydrographique étudiée [11]

Macta	14389
Chott chergui	49704

L'hydrologie de cette zone étant similaire ; caractérisée par des écoulements endoréiques ou les ruissellements progressent d'amonts en aval à travers un chevelu peu hiérarchisé. Les oueds ont la caractéristique de se fondre dans des dépressions après un parcours plus ou moins long. Les pentes, généralement faibles agissent sur les ruissellements de surface qui sont diffus et discontinus.



Figure VIII 1 Un grand Oued au PK 1+075 [11]

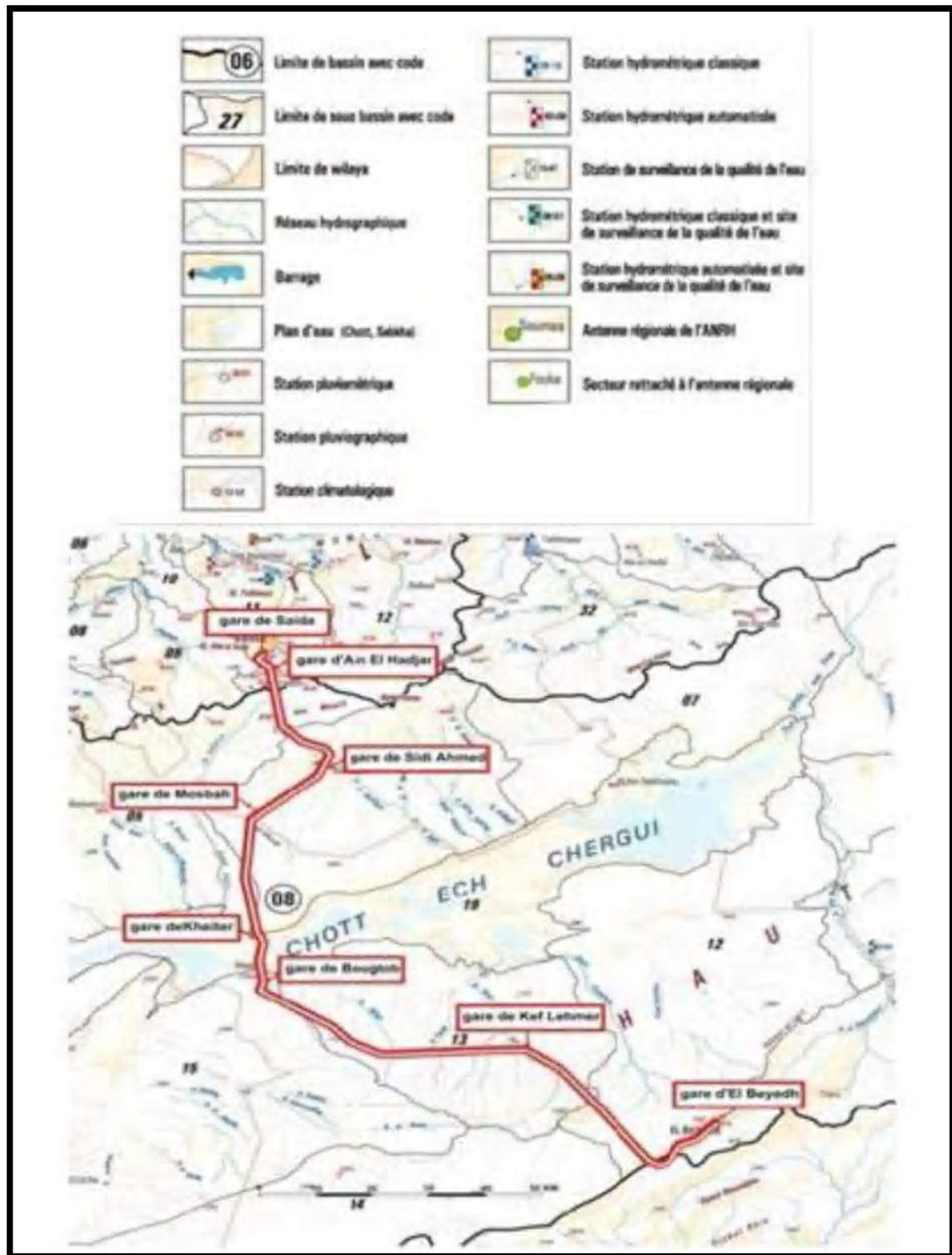


Figure VIII 2 Situation de la ligne ferroviaire Saida El Bayadh sur la carte hydrographique [11]

2.2. Climat

La région de Saida, soumise à l'influence d'un climat de type méditerranéen, est caractérisée par le contraste entre une longue saison estivale, sèche et chaude et une saison

hivernale pluvieuse et froide. Néanmoins les influences sahariennes sont prédominantes et déterminent un régime thermique qui traduit un climat semi-aride

Tableau VIII 2 Températures mensuelles et moyenne annuelle à la station de Saida pour la période 1995-2006 [2]

T _{moy} (C°)	8.5	9.2	12.3	14.1	18.6	24.1	25.7	27.2	27.1	22.4	18.9	12.6	17.5

L'influence des altitudes des monts des Beni-Chougrane et des monts de Saida apportent à la région une humidité très bénéfique. L'humidité annuelle moyenne est de 60%.

Tableau VIII 3 Moyennes mensuelles d'Humidité relative de l'air en % à la station de Saida pour la période 1995-2006 [2]

Humidité (%)	78	76	65	61	61	50	35	43	53	54	62	78	60

2.3. Précipitations

Les pluies dans cette région ont souvent un caractère torrentiel. Ils pleuvent de décembre à mai, soit une moyenne de cinquantaine de jours par an. La période à faible précipitations s'étale sur six mois de juin à novembre.

Tableau VIII 4 Précipitations mensuelles et moyenne annuelle à la station de Saida pour la période 1995-2006 [2]

Saida (mm/h)	37.43	35.83	30.03	33.13	29.73	4.83	9.53	20.03	34.35	41.43	39.43	326.41

3. DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS

Les caractéristiques de la pluie interviennent dans l'estimation des débits d'apport provenant des bassins versants.

Les caractéristiques physiques d'un bassin versant conditionnent l'écoulement de ses différents cours d'eau, l'écoulement peut être facilité ou retardé selon que la région est étalée ou non, par exemple. La détermination des caractéristiques physiques concernera les bassins versants suivants.

Les caractéristiques des bassins versants comportant la superficie, la longueur du thalweg principal et sa pente longitudinale ont été déterminées à partir des cartes topographiques. Ce sont des paramètres physiques fixes qui régissent les conditions de formation des crues

➤ **Superficie et périmètre : S-P**

La surface du bassin versant S est la portion du plan délimitée par le contour du bassin (ligne de crête), et le périmètre P est la longueur de la ligne de contour.

➤ **Indice de compacité : Kc**

L'indice de compacité « indice de **GRAVILIUS** » admis par les hydrologues pour caractériser la forme des bassins versants, qui est en fonction du surface et périmètre [12]

- S : « km² »
- P : « km »

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{S}}$$

➤ **Longueur du rectangle équivalent : Léq**

La notion de rectangle équivalent introduire pour pouvoir comparer des bassins versants entre eux de point de vue l'influence de la géométrie sur l'écoulement [12].

$$Léq = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} * (1 + \sqrt{1 - (\frac{1.12}{Kc})^2})$$

➤ **Altitude moyenne du bassin : Hmoy**

Hmax= altitude maximale « m »

Hmin=altitude minimale « m »

$$Hmoy = \frac{Hmax + Hmin}{2}$$

➤ **Pente moyenne : Ip**

$\Delta H = Hmax - Hmin$ en « m »

Lw = en « km »

$$Ip = \frac{\Delta H}{Lw * 1000}$$

➤ **Coefficient de ruissellement : Cr**

Coefficient de ruissellement caractériser la capacité d'un bassin versant à ruisseler, exprimé comme suite [12] :

$$Cr = \frac{\text{Hauteur d'eau ruisselée en mm}}{\text{Hauteur d'eau précipitée en mm}} * 100$$

➤ **Temps de concentration : Tc**

Le temps de concentration est le temps que mettent les gouttes d'eau à descendre du sommet du bassin versant jusqu'à l'exutoire. On a pris en considération les formules de calcul des temps de concentration Tc suivantes en rapport aux surfaces des bassins versants [12] :

Les bassins versants traversent notre tracé d'étude sont présentés sur une carte hydrographie dans l'Annexe C.6

Tableau VIII 5 Méthode de calcul de temps de concentration

	$0.004 < BV < 0.81$	$T_c = \frac{0.000325 * L^{0.77}}{I_p^{0.385}}$	T_c = temps de concentration en « h » L =longueur du cours d'eau principal en « km /m » I_p =pente moyenne du bassin versant en « m /m » S =surface du bassin versant en « km ² » H = H _{moy} -H _{min} en m
	$B.V < \text{à } 5$	$T_c = 0.127(S/I)^{1/2}$	
	$5 < BV < 25$	$T_c = 0.11 (S * L)^{1/3} / I^{1/2}$	
	$B.V > \text{à } 25$	$T_c = \frac{4 (S)^{1/2} + 1.5 L}{0.8 (H)^{1/2}}$	

Tableau VIII 6 Les caractéristiques morphologiques des bassins versant

	0+880	1+02	4+720	1.2	1.31	1+7 9	1160	984	1072	176	0.14	0.342
	0+860 by pass	3+85	9+11	10. 8	1.32	3.54	1138	990	1064	148	1.137	0.23
	1+460 by pass	11.760	17.27 0	6.7 8	1.41	6.94	1120	993.7 4	1056.8 7	126.2 6	0.018	3.52
	1+075.7 5	23.840	21.75 0	6.1	1.25	7.83	1170	989	1079.5	181	0.023	3.81
	3+072	1.040	4.723	1.2	1.30	1.78	1058	1018	1039	40	0.033	0.709
	3+111	0.240	2.385	0.6 5	1.36	0.94	1050	1026	1038	24	0.036	0.32
	4+132	0.340	2.430	0.5 66	1.17	0.78	1068	1033	1050.5	35	0.014	0.61
	4+871	0.740	4.040	1.1 7	1.31	1.54	1084	1030	1081	51	0.044	0.52
	9+167	22.040	18.92 0	7.9 3	1.13	5.31	1144	1131	1137.5	13	0.001 6	15.3

4. CALCULE DES DEBITS DE CRUE

L'estimation des débits de crue correspondant aux bassins versant naturels du projet est fonction de plusieurs facteurs ayant des effets plus ou moins déterminants sur la formation des crues, notamment, la topographie, la climatologie, la morphologie des bassins versant, la géologie, etc.

4.1. Période de récurrence de la crue de projet (période de retour)

Pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de franchissement du tracé de la nouvelle ligne ferroviaire de notre région, il est évident de définir la crue de projet. Le choix de la période de récurrence de cette crue est fait en considération de l'équilibre du coût d'investissement et le risque des dommages encourus quand les ouvrages sont soit

surdimensionnés ou sous dimensionnés. A cet égard, on se propose de retenir les périodes de récurrence de conception suivantes :

- 100 ans pour la conception des ponts
- 50 ans pour la conception des dalots et busse
- 10 ans pour la conception des éléments de drainage de la plateforme

4.2. Calcul de débit d'apport

Les méthodes de calcul sont multiples dont les résultats demeurent toujours incertains mais on se propose d'appliquer **la formule rationnelle** édictées dans le guide de l'assainissement (route et chemin de fer) de Sétra, connues par leur large utilisation dans les projets de drainage ferroviaire en Algérie. Le débit des eaux pluviales est donné par l'expression suivante [12] :

$$Q = K.C.I.A$$

- **K=0.278** :
- **Q** : débit de crue de période de retour voulue (en m³/s).
- **C** : coefficient d'écoulement.
- **A** : Aire d'apport en (Km²).
- **I** : intensité de pluie (en mm) pour le temps de concentration du B.V et la récurrence souhaitée (T).

4.2.1. Intensité de pluie (I)

La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est de la forme [12] :

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

- **I(t, T)** : Intensité de pluie en « mm/h »
- **T** : période de retour en « année »
- **t** : temps de concentration en « heures »
- **aetb** : paramètre de Montana
telqueb = 0.74 et (a) est défini en fonction de la période de récurrence

Tableau VIII 7 Valeur de paramètre de Montana « a » en fonction de période de récurrence

	14.2	21.2	25.9	30.3	36.1	40.4

4.2.2. Coefficient de ruissèlement (C)

Le coefficient de ruissèlement 'C' signifie le pourcentage des eaux écoulées sur la terre saturée de pluies par rapport à la quantité total des eaux courantes. On obtient les Ct en fonction de la période de retour T suivant :

Tableau VIII 8 Valeur de coefficient de ruissèlement en fonction de période de récurrence [11]

	0.45	0.5	0.54

Tableau VIII 9 Calcul des débits

				Q(10)	Q(50)	Q(100)
	0+875	1.02	0.342	2.45	3.8	4.58
	0+860 (by pass)	3.85	0.23	2.2	3.41	4.1
	1+460 (by pass)	11.760	3.52	15.00	21.63	28.08
	1+075.75	23.840	3.81	28.68	40.29	53.69
	3+072	1.040	0.285	4.68	6.2	7.98
	3+111	0.240	0.32	1.8	2.79	3.35
	4+132	0.340	0.61	1.58	2.4	2.9
	4+871	0.740	0.52	3.8	6.02	7.2
	9+167	22.040	15.3	9.47	13.20	17.74

5. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les ouvrages hydrauliques sont clairement identifiés et alimentés par les oueds que nous avons repérés sur cartes au 1/50 000 et visite sur site. Nous avons recensé plusieurs cours d'eaux importants pour lesquels nous avons projetés des ouvrages de drainage.

Ces ouvrages hydrauliques doivent faire transiter des débits donnés dans des conditions satisfaisantes. Pour cela le choix de type d'ouvrage et guide par plusieurs facteur :

- L'importance de débit.
- La largeur de lit du cours d'eau.
- La hauteur disponible entre la cote projet et le fond du talweg.
- La facilité de mise en place

Le débit de saturation ou le débit capable est calculé par le biais de la formule de **MANNINGSTRICKLER** sur un écoulement en régime uniforme [12].

$$Q_s = V \cdot S_m$$

$$Q_s = K_s \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

- Q_s : Débit maximum (débit capable) « m³/s ».
- S_m : Surface mouillée de l'ouvrage en « m² ».
- H_m : Hauteur mouillée en « m ».
- S_m : Surface mouillée en « m² »

$$R_h = \frac{S_m}{P_m}$$

- P_m : Périmètre mouillé en « m ».
- R_h : Rayon hydraulique en « m ».
- b : Largueur de l'ouvrage en « m ».
- I : Pente de pose de l'ouvrage en « m/m ».
- K_s : Coefficient de MANNING-STRICKLER (coefficient de rugosité).

Tableau VIII 9 Les valeurs de K_s [12]

	30	40	50	70			100

Pour notre projet, tous les ouvrages hydrauliques sont conçus en béton armé, dont leurs coefficients de rugosité de Manning-Strickler égale à 70.

Pour les dalots et buses, les fils d'eau à l'amont en entrée de collecteur doit respecter les contraintes de tirant d'air avec hauteur de remplissage :

- **Dalot** : $H_r = 0.8H$ Si $H < 2.5m$
 $H_r = H - 0.5$ Si $H > 2.5m$
- **Buse** : $H_r = 0.75\varnothing$ Si $H < 1m$
 $H_r = 0.5\varnothing$ Si $H > 1m$

❖ **Conditions de dimensionnement des ouvrages hydraulique :**

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

- **$Q_a < Q_s$**
 - **Q_a** : Débit d'apport (m³/s).
 - **Q_s** : Débit de saturation de l'ouvrage (m³/s).
- Selon le Guide technique « Assainissement routier » Sétra la vitesse doit respecter les critères suivants vis-à-vis de la durabilité des ouvrages :
 - Ouvrage en béton inférieure ou égale 4 m/s.
 - Ouvrage métalliques inférieure ou égale 2.5 m/s.

4.3. Ouvrage de drainage transversal

Ces ouvrages ont pour mission d'assurer la continuité des cours d'eau naturels traversant le projet et évacuer les débits des crues des bassins versants. Ces ouvrages sont généralement de trois types : buses, dalot ou pont/viaduc.

4.3.1. Dimensionnement des buses

Ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé, identifié par le diamètre ($\emptyset$), dans notre projet les buses sont en béton.

On a : $Q_a = Q_s$ donc : $Q_a = K_s \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$

$$\text{Avec : } R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi R^2}{2\pi R} = R/2 \text{ (m)}, \text{ et } D=2R$$

$$\text{On obtient : } R = \left(\frac{Q_a \cdot 2^{2/3}}{K_s \cdot I^{1/2}} \right)^{3/8}$$

❖ Vérification des conditions d'auto curage

- $V > 0.6 \text{ m/s}$ pour : $Q = 0.1 Q_{ps}$
- $V > 0.3 \text{ m/s}$ pour : $Q = 0.01 Q_{ps}$ avec : Q_{ps} : débit à plein section

4.3.2. Dimensionnement des dalots

Ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifié par la largeur de (b) et la hauteur (h).

On a : $Q_a = Q_s$ donc : $Q_a = n \cdot K_s \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$

$$\text{Avec : } R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8H \cdot b}{1.6H + b} \quad (n = \text{Nombre des cellules})$$

$$\text{On obtient : } H = \frac{1}{0.8 \cdot n \cdot b} \cdot \left(\frac{Q_a}{K_s \cdot I^{0.5}} \right)^{3/5} \cdot (1.6H + b)^{2/5}$$

❖ Vérification des conditions dans le cas d'un dalot ($b \cdot H$)

- $H > h_{\text{critique}}$ tel que : $h_{\text{critique}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g b^2}}$
- La vitesse d'écoulement doit être inférieure à 4 m/s .

4.3.3. Viaduc (pont)

Ouvrage envisagé lors d'un grand franchissement tel un oued, définit par une brèche à grand débit

Les ouvrages buses à préconiser le long du notre tracé sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VIII 11 Les ouvrages buses et leur dimensionnement préconiser le long du notre tracé

								$Q/Q_{ps}=0.1$ $V > 0.6 \text{ m/s}$	$Q/Q_{ps}=0.1$ $V > 0.3 \text{ m/s}$	
-	0+325	Un petit écoulement								
BV 0	0+875	4.58	1320.59	1500	1.76625	6.429	3.64	2.32	1.15	Cnd- vérif
BV 1 (by pass)	0+860	4.1	1266.88	1500	1.76625	6.429	3.64	2.32	1.15	Cnd- vérif

Les ouvrages dalots à préconiser le long du notre tracé sont présentés dans le tableau suivant :

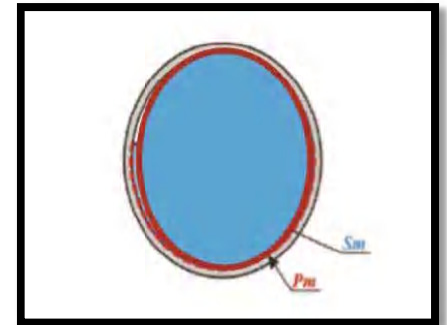


Figure VIII 3 Schéma d'une buse

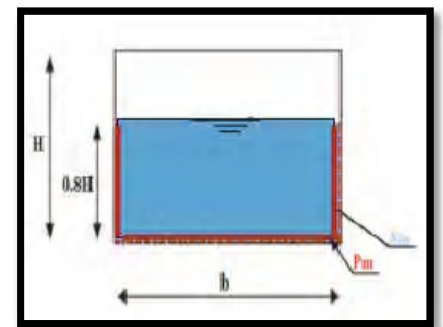


Figure VIII 4 Schéma d'un dalot

Tableau VIII 10 Les ouvrages dalots et leur dimensionnement précuniser le long du notre tracé

									V<4m/s	hcritique <H	
	1+460 (By-pass)	28.08	7	3	3	2.5	0.002	473.008	3.7	1.35	Cond- vérif
	1+075.75	53.69	3	3	3	2.5	0.002	64.11	2.85	3.17	Cond- vérif

Les oueds situés sur des déblais le long du notre tracé sont rapportée dans le tableau suivant :

Tableau VIII 11 Les Oueds situé sur des béblais le long du notre tracé

	3+072	7.98	Des oueds situés sur des déblais
	3+111	3.35	
	4+132	2.9	
	4+871	7.2	
	9+167	17.74	Partie de tunnel

Les solutions adoptées pour les oueds situés sur les déblais :

Vu que les contraintes du site le long du notre tracé on a rencontré des oueds sur des déblais, et pour assure la continuité de ces oueds naturel on a adopté

- des décédant d'eau on béton (de tête au pied de déblai) de mémé pente que les talus (1/2) pour chaque oued en déblai et le long des talus pour assainira les eaux vers les fossés de pied de déblai et les draine vers les ouvrages hydraulique ou vers un exutoire naturel
- Un fossé de crête de forme trapézoïdale dans les sections en déblai coté amont sert à dévier les eaux de ruissellement et les assainira vers les ouvrages hydrauliques ou vers un exutoire naturel.

4.4. Ouvrage de drainage longitudinal

Les ouvrages de drainage longitudinal destinés à recevoir et évacue les eaux de ruissellement des eaux pluviales provenant de la voie les bermes et les talus vers les exutoires naturels ou les ouvrages d'assainissement transversaux.

• Fossé de pied de talus de déblai

Afin d'évacuer les eaux superficielles de la plate-forme ferroviaire et des talus, le pied de talus de déblai est équipé d'ouvrages longitudinaux le long de la plate-forme. Pour les drains vers les ouvrages hydrauliques.

• Fossé de tête (crête) de talus de déblai

Dans le cas où le terrain naturel du 'crête de talus de déblai' est en pente descendante vers l'emprise ferroviaire, un réseau de fossé de crête sera prévu afin d'éviter les venues d'eau (écoulement ou infiltration des eaux pluviales) dans le talus susceptibles de provoquer des glissements de terrain et d'intercepter l'écoulement des eaux pluviales avant qu'elles arrivent à la plate-forme.

- **Fossé de pied de talus de remblai**

Le fossé de pied de talus situé au niveau du terrain naturel, pour fonction de recevoir les eaux pluviales de la plate-forme en remblai ainsi que de les canaliser et collecter, gravitairement, par le réseau de descentes d'eau. Afin que les eaux ne stagnent pas sous les assiettes de remblai

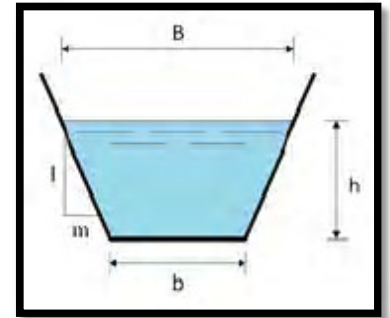


Figure VIII 3 Schéma d'un fossé

4.4.1. Dimensionnement des fossés

Pour notre projet, nous prévoyons de mettre en place des fossés trapézoïdaux le long de la voie. Pour le calcul de ces capacités hydrauliques en utilisant la formule de Manning Strickler pour un écoulement à surface libre : On a : $Q_a = Q_s = K_s \cdot S_m \cdot R_h \cdot I^{1/2}$

$$\text{Avec : } R_h = \frac{h(b+mh)}{b+n\sqrt{1+m^2}}$$

$$\text{On obtient : } h = \left[\frac{Q_a}{K_s \cdot I^{0.5}} \right]^{\frac{4}{7}} \cdot \frac{[b+h\sqrt{1+m^2}]^{3/7}}{b+mh}$$

Le choix de type de fossé est en fonction des débits d'apport évacué qui est rapporté par la plateforme berms et talus : $Q_a = Q_{pf} + Q_b + Q_t$

PK 2+700 au PK 5+620 zone de déblai voie principal :

Tableau VIII 12 Calcul des déblais d'apport pour les déblais

Talus	L=2920m h=18 $\alpha=2h/1v$ (0.5m/m)	$St = X \cdot L$ =0.099	0.056	198.02	0.4	2.4
Berne	L=2920m IB=3m I=4%	$Sb = L \cdot Ib$ =0.0175	0.084	161.93	0.4	0.35
plateforme	L=2920m Lp=8m I=4%	$Sp = L \cdot Ip$ =0.0233	0.097	145.57	0.2	0.678
Totale	$Q_a = Q_p + Q_b + Q_t = 3.41 \text{ m}^3/\text{s}$					

En conclusion, les valeurs de $b=0.7\text{m}$, et $h=0.7\text{m}$: celle-ci permettra au fossé de pied de talus de forme trapézoïdale en déblai d'évacuer le débit des eaux de ruissellement vers les ouvrages hydrauliques ou vers un exutoire naturel.

Dans les zones de remblai et pour des conditions topographiques on pas projetée des fossés, les eaux de ruissellement dégager directement vers le milieu naturel.

CHAPITRE IX

PROFIL EN TRAVERS ET CALCUL DES CUBATURES

PROFIL EN TRAVERS
CALCULE DES CUBATURES

CHAPITRE IX. PROFIL EN TRAVERS ET CALCUL DES CUBATURES

1. PROFIL EN TRAVERS

1.1. Introduction

Le profil en travers d'une voie ferrée est une section transversale perpendiculaire à l'axe de cette voie de l'ensemble des points sur un plan vertical. Il contient tous les éléments de la superstructure, l'infrastructure et d'assainissement.

On distingue deux types de profil :

- **Profil en travers type** : contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (les éléments de l'infrastructure, superstructure, et système d'assainissement)
- **Profil en travers courant** : s'applique au PK indiqué, prend et mentionne toutes les données caractérisant la section transversale de la voie au PK considéré

1.2. Les éléments du profil en travers

En chemin de fer, Les élément de profile en travers doit contenir tous les informations suivants :

1.2.1. Élément de la superstructure

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

1.2.2. Élément de l'infrastructure

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

1.2.3. Élément du talus

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

1.2.4. Élément d'assainissement

- Type et dimensions des fossés ou des drains
- Profil en travers type pour le tracé et pour les ouvrages d'arts

1.3. Profile en travers affectés au projet

Le tracé dans l'Etude de la Desserte Ferroviaire SAIDA-EL BAYEDH, a été prévu pour une ligne de chemin de fer à voie unique, mais avec une plateforme pour un futur élargissement à voie double par conséquent, toutes les dimensions de structures et les travaux de drainage ont été prévus en fonction de cette plateforme à voie double

Donc on a adopté pour les sections types le profile en travers comme se suite :

- Type de ligne : voie unique mixte électrifiée.
- Ecartement de la voie : 1.435 m (standard).
- Largeurs de la plate-forme : 8m.
- Une bande 700 mm sera prévue pour l'implantation des équipements de

signalisation, télécommunications et électrification ; l'axe des poteaux caténaires devra se situer à un minimum de 3250 mm de l'axe de la voie

- Un cheminement de 700 mm sera aussi implanté pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie dans le cas des voies à l'air libre uniquement
- Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Pente latérale de la couche du ballast : 3/2.
- Epaisseur du ballast : 30cm.
- Epaisseur du sous-ballast : 20 cm.
- Epaisseur de la couche de fondation : 15cm.
- Pente (déblai : 2H/1V et remblai : (2H/1V).
- Fossé trapézoïdale ($b=0.40$ m ; $h=0.60$ m avec une berme de 3/2).

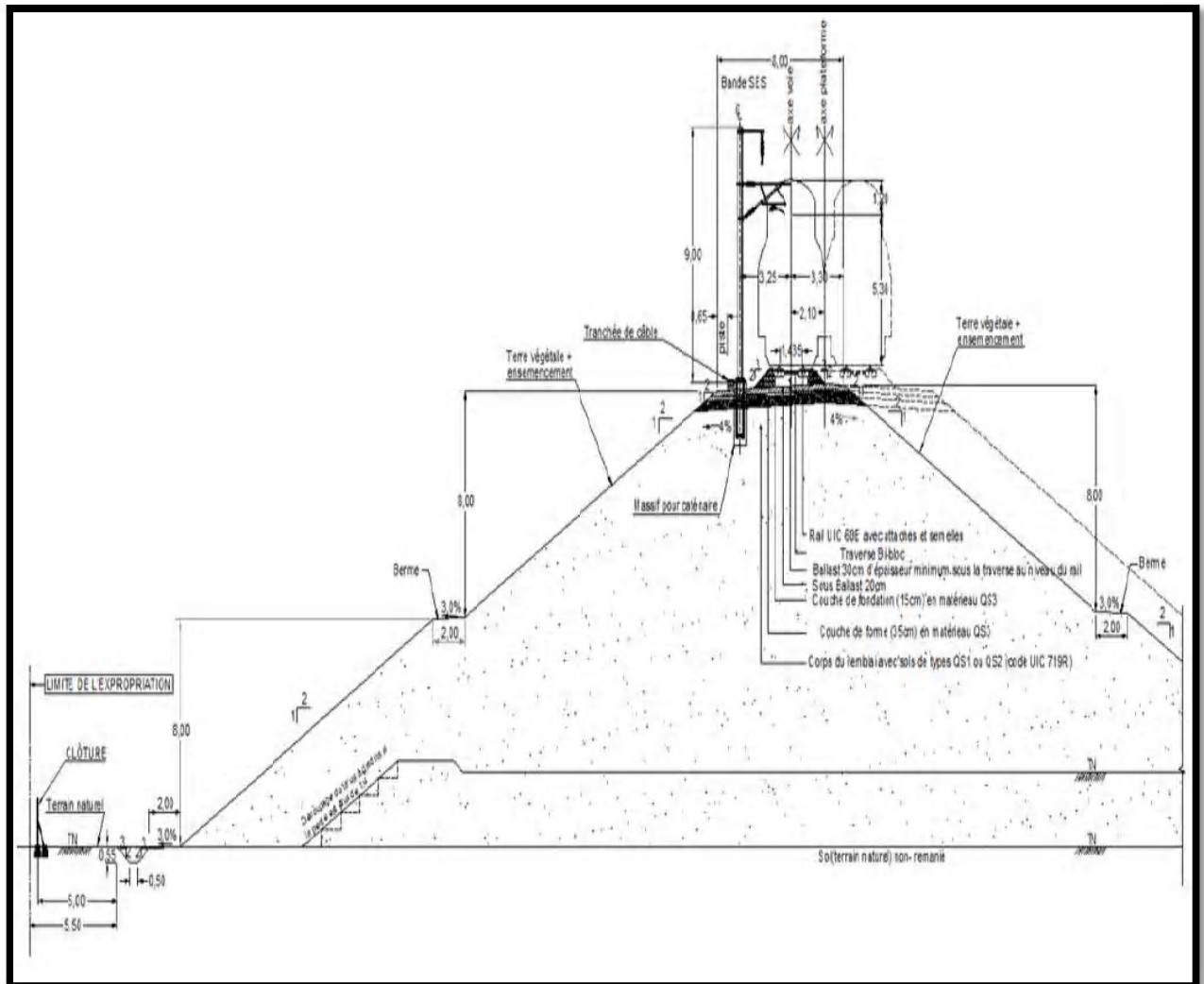


Figure IX 1 Profil en travers type en remblai

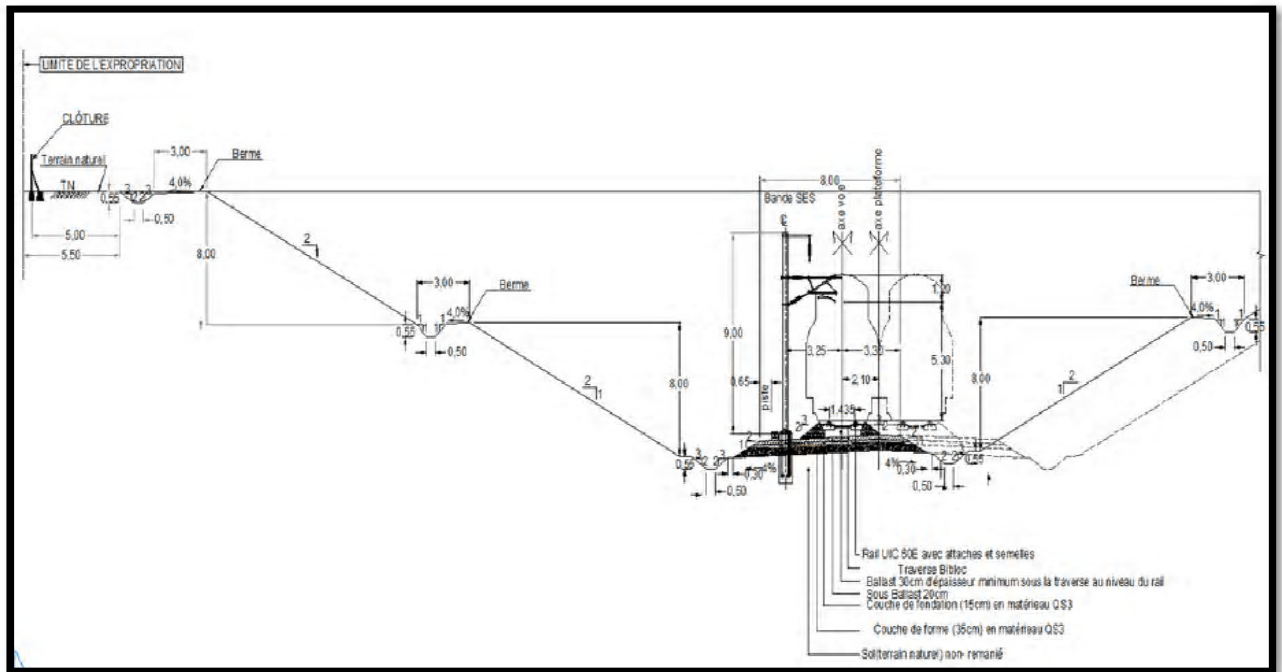


Figure IX 2. Profil en travers type en déblai

2. CALCULE DES CUBATURES

On définit les cubatures par le nombre des cubes (volume) de terre à déblayer ou à remblayer, à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne projet.

La cubature des matériaux de la voie est réalisée en fonction de la « coupe transversal » de la voie après dimensionnement de la voie. Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures parmi eux on a :

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

Pour notre projet le calcul des cubatures a été fait à l'aide du logiciel STAR, est les résultats du calcul automatique qui sert à estimer le cout du projet sont résumés dans le tableau ci-après :

Du PK 0+00 au PK 5+620 de la voie principal + du PK 0+00 au 1+930 du by pass

Tableau IX 1 Tableau récapitulatif des cubatures

	527872.95	3782656.1	17056.65	12734.032	10260.613	40061.692

CHAPITRE X.

LES OUVRAGES D'ART

INTRODUCTION

**LES CRITERES DE CHOIX ET DE CONCEPTION DES
OUVRAGES D'ART**

HAUTEUR DE FRANCHISSEMENT

LES OUVRAGES D'ARTS DU PROJET

CHAPITRE X. : LES OUVRAGES D'ART

1. INTRODUCTION

Les ouvrages d'art est tout ouvrage a pour but de franchir un obstacle par une voie de circulation

Pour la conception d'un tracé ferroviere qui répond aux exigences technique et économique tout en assurant la perméabilité transversale et le franchissement de différent obstacle, on doit doter notre nouvelle ligne des ouvrages d'arts suivants :

- Passage supérieure PS : c'est un ouvrage recommandés dans les point de croisement d'une route, qui traversé la voie en haute
- Passage inférieure PI : c'est un ouvrage recommandés dans les point de croisement d'une route, qui traversé la voie en bas
- Tunnel ferroviere : est un ouvrage souterrain livrant le passage à la voie
- Ouvrage hydraulique : des ouvrages qui permettre à la ligne ferroviere de franchir une cour d'eau, généralement sont de trois type (pont rail, dalots et busse)

2. LES CRITERES DE CHOIX ET DE CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART

En général, le choix de type d'ouvrage d'art et sa conception dépend de plusieurs critères et contraintes imposées pour concevoir un tracé optimale, à

- L'obstacle à franchir
- La situation de l'ouvrage
- Gabarit à respecter
- Contrainte économique
- La topographie et la morphologie du terrain traversé
- Tirant d'eau (cas d'un cour d'eau à franchir)

3. HAUTEUR DE FRANCHISSEMENT

Pour dimensionner et implanté un ouvrage d'art le long d'une voie de circulation, il est nécessaire de respecté le gabarit du matériel roulant au la hauteur de franchissement pour assurer la sécurité de circulation. Les hauteurs de franchissement en fonction d'ouvrage projeté sont :

- Route : 5.25m minimum (RN, CW, CC) et 3.5m minimum (piste)
- Chemin de fer (contact caténaire) : 7.00m minimum au-dessus de la surface supérieure du rail.
- Cours d'eau : distance minimale de 1.00m entre le NPHE et le point le plus bas d'ouvrage.

4. LES OUVRAGES D'ARTS DU PROJET

Nous avons rencontré plusieurs obstacles naturels (des cours d'eau, des déblais importants) et infrastructure le long du notre tronçon étudié, pour cela on a projeté plusieurs ouvrages qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau X 1 Les ouvrages d'arts/hydraulique projetés du projet

RN 06 (by pass)	PK 1+645	Passage inférieure (PI)	11* 5.5
Oued (by pass)	PK 1+450	Dalot	(3*3) *7
Oued	PK 1+075	Dalot	(3* 3) *3
CW 13	PK 1+890	Passage inférieure (PI)	11* 5.5
PISTE	PK 3+100	Passage supérieure (PS) en portique	B=25.5m
RN 06	PK 4+330	Passage supérieure (PS) en portique	B=82m
Des grands déblais	Du PK 5+620 au PK 10+520	Tunnel ferrovière	L=4900m

Le tracé rencontre une zone collineuse avec des hauteurs de déblai de 20 à 70 mètres, nécessite la construction d'un tunnel du PK 5+620 au PK10+520 pour ses avantages techniques et économiques. De ce fait, le tunnel est de 4900 mètres de long afin de minimiser les déblais de grande hauteur ainsi que l'empiètement sur les terres agricoles.

L'étude détaillée traite les types, les caractéristiques géométriques, méthode de creusement et soutènement de tunnel doivent être également étudiés en détail dans un dossier à part.

❖ **Avantage du tunnel par rapport aux délais de grande hauteur**

- minimiser les impacts sur l'environnement
- minimiser la surface de terrain à exproprier
- permettre d'économiser sur les coûts de travaux de réalisation et de maintenance
- le tunnel présente une grande sécurité et une protection contre les intempéries,
- il a surtout l'avantage de ne pas dégrader la nature et donc de ne pas contribuer à la fragmentation éco paysagère

D'après les recommandations techniques de la (SNTF version 02 chapitre 08 Tunnel) :

- L'ouvrage doit être conçu et construit avec un objectif de durée de vie de 100 ans sans réparations importantes nécessitant une intervention lourde sur la structure porteuse. Composés de deux tubes subparallèles à voie unique car le tunnel de longueur supérieure à 4000m (tunnel de longueur de 4900m).
- Il s'agit d'une ligne supportant un trafic mixte composé de trains de voyageurs et de trains de fret pouvant comprendre des matières dangereuses.
- La déclivité maximale dans le tunnel est de 16‰.

CHAPITRE XI.

AMENAGEMENT DE LA GARE DE AIN EL HDJAR

INTRODUCTION

LES TYPES DE GARES

AMENAGEMENT D'UNE GARE VOYAGEURS

RESEAU DE VOIE

AMENAGEMENT DE LA GARE DE AIN EL HDJAR

CHAPITRE XI. AMENAGEMENT DE LA GARE DE AIN EL HDJAR

1. INTRODUCTION

Une gare ferroviaire est le lieu d'arrêt ou de passage des trains. Elle comprend diverses installations établis à certains point d'une ligne de chemin de fer qui ont une double fonction, permettre la montée et la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises ainsi que pour certaines d'entre elles, assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.

2. LES TYPES DE GARES

❖ Gare de voyageurs

Les gares voyageurs présentent une grande diversité, elles peuvent classées d'après leurs disposition de construction aussi peuvent faire l'objet d'une classification fonctionnelle, en gare terminus et en gares de passage. souvent perçues comme des bâtiments, sont en fait des ensembles fonctionnels plus larges, conçus pour regrouper toutes les fonctions centrées sur l'accès au train, dont l'information sur le voyage, l'achat des titres de transports, ainsi que divers services commerciaux liés au voyage.

❖ Gare de marchandises

Est une gare ferroviaire destinée uniquement au trafic et au service des marchandises. Elle ne comporte aucun équipement pour les voyageurs qui n'y ont d'ailleurs pas accès.

❖ Gare mixte (voyageurs et marchandises)

Est une gare destinée au trafic voyageurs et marchandises ou même temps, donc elle comprend l'ensemble d'équipement et installation pour les voyageurs et marchandises

❖ Gare de croisement

Une gare de croisement est un endroit sur le tracé d'une voie ferrée où cette dernière se divise en deux voies parallèles, pour se rejoindre à nouveau, afin de permettre à deux trains de se croiser ou de se dépasser. Elle est implantée à une distance considérable d'une autre gare

❖ Gare de triage

Est une gare ferroviaire spécialisée où les wagons de marchandises isolés de leur rame initiale sont triés pour être incorporés dans de nouveaux trains de marchandises (fret). Elle se compose essentiellement de deux faisceaux de réception et de branchement.

Pour notre projet la gare d'Ain El Hdjar est destinée au trafic voyageur donc on fait l'aménagement de la gare voyageur d'Ain El Hdjar pour assurer les fonctions suivant :

- Circulation des trains et exploitation ferroviaire
- Circulation des personnes et fluidité
- Inter modalité
- Sécurité et accessibilité
- Service

3. AMENAGEMENT D'UNE GARE VOYAGEURS

L'aménagement d'une gare voyageurs comprend plusieurs installations et constructions qui sont :

- Le bâtiment de voyageurs (BV) : C'est un espace de service réservé aux voyageurs au on peut trouver des guichets de billet, une salle d'attente et des kiosques ... etc.
- Les bâtiments à usages divers(BUD) :c'est espace de service réservé aux agents de chemin de fer dans lequel on peut trouver des bureaux pour différent service
- Quais : c'est une bande parallèle à la voie de circulation, elle a un emplacement normalisée permet l'embarquement et débarquement des voyageurs aux trains à des conditions de sécurité et de confort assurer.
- Abris de quais : c'est une installation sur la voie qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.
- Les voies principales et les voie de services : ce sont des voies composant le réseau de la voie au niveau de la gare pour fonctions de sécurité et fluidité du réseau.
- les éventuels aménagements nécessaires à la circulation et fluidité des voyageurs (passerelles, passages souterraines)

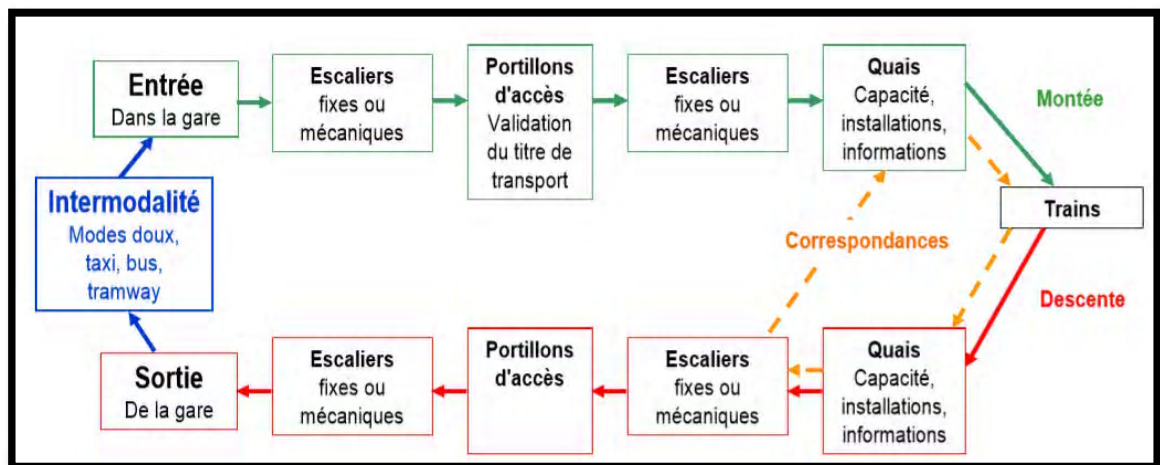


Figure XI 1Plan de circulation et fluidité des voyageurs

4. RESEAU DE VOIE

❖ Nombre et type de voie

La disposition des voies est bien entendu, conditionnée par le rôle fonctionnel de la gare let que :

- le type et l'importance de la gare
- la conception et catégories des lignes existantes.
- Le flux de la voie

❖ La marge de glissement à l'aval des signaux

La marge de glissement est la section de voie située dans le prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal fermé et aucune circulation n'est autorisée dans cette marge, pour but de minimiser les conséquences d'un accident de collision. Elle varie de 50 à 200m en fonction de la vitesse de la ligne

Les longueurs de la marge de glissement sont définies selon la norme UIC 739 comme suit :

- 200 m pour $V > 60$ km/m.
- 100 m pour $40\text{km/m} \leq V < 60\text{km/m}$.
- 50 m pour $V < 40\text{km/m}$.
- 50 m à l'aval des signaux de blocs

❖ Garage franc

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

Le garage franc marque la limite de la partie de voie au cœur de l'appareil de voie à un entre axe entre les voies de 3.57m

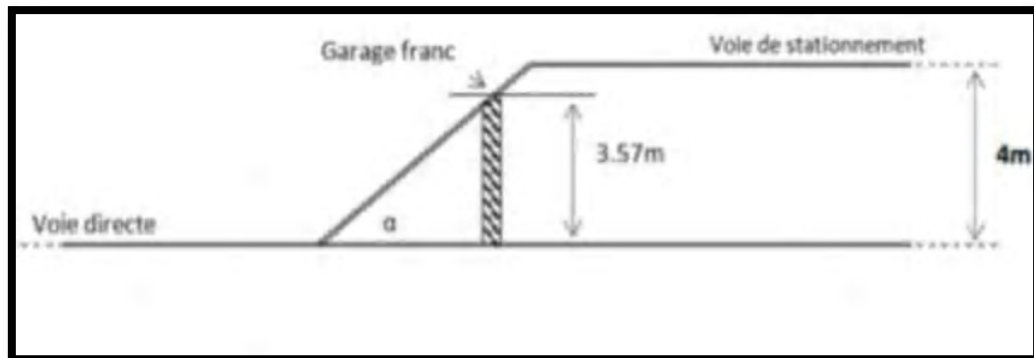


Figure XI 2Garage franc [15]

❖ La longueur utile d'une voie de stationnement

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

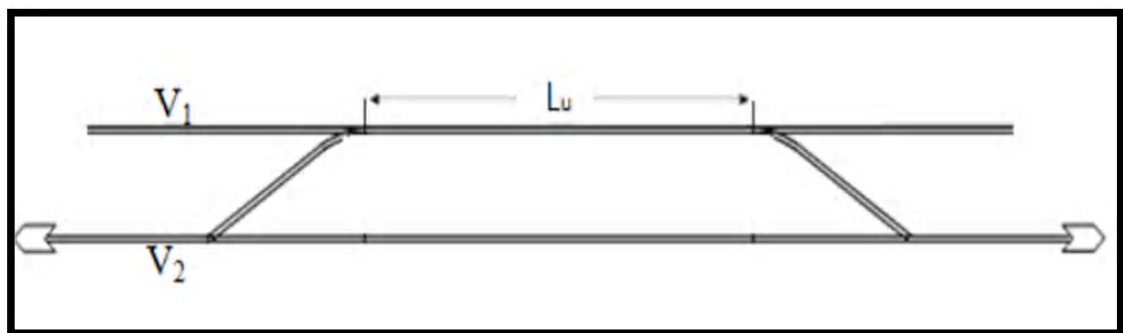


Figure XI 3longueur utile [15]

Les valeurs de la longueur utile sont représenté dans la norme SNTF (aménagement et gare, tracé des voies) comme suit [15]:

- La longueur utile minimale pour les trains voyageurs est : 426m
- La longueur utile minimale pour les trains de marchandise est : 870m

❖ Les appareils de voie

Il existe plusieurs dispositifs regroupés sous le terme d'appareil de voie, et on distingue deux types principaux d'appareil de voie :

- **Le branchement (aiguillage)**

Pour appareil de voie de type branchement on distingue trois type :

- Branchement simple
- Branchement symétrique
- Branchement double

- **Les traversés**

Les traversées jonction permettent le croisement d'une voie par une autre et également la jonction des deux voies, et on distingue deux types de traversée :

- Les traversées jonction simple qui permettant la jonction uniquement dans un sens de circulation.
- Les traversées jonction double permettant la jonction dans les deux sens de circulation.

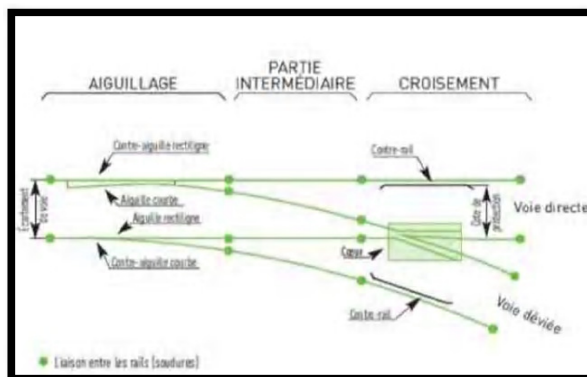


Figure XI 4 Appareil de voie type branchement [3]

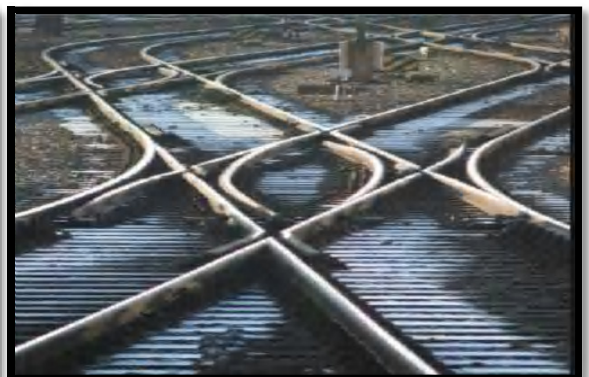


Figure XI 5 Appareil de voie type traversée [3]

5. AMENAGEMENT DE LA GARE DE AIN EL HDJAR

L'aménagement et la conception de la gare de AIN EL HDJAR établir selon la norme SNTF (aménagement et gare tracé des voies)

2.5. Implantation de la gare

La gare de Ain El Hdjar est une gare voyageurs situé entre le PK 1+900 et PK 3+400, du côté ouest de la ville de Ain El Hdjar, et le bâtiment voyageur situé au PK 2+700, elle est proche de la zone de développement urbain et la RN 06.

2.6. Caractéristique de la gare

❖ Description du plan de la gare

- la gare conçus pour le trafic voyageur
- bâtiment de la gare construit au sol (gare aérienne) en R+1
- 3voies principales (V1, V2, V3) + 2 Impasses de sécurité de 75m et une voie de tiroir de 250m.
 - V1 : pour service de voyageurs et passage/dépassements des trains sans arrêt.
 - V2, V3 : pour le passage et l'arrêt des trains voyageurs et marchandises
 - Impasse de sécurité : pour protéger la voie principale
- 2quais latérales (A : 300*8m / B : 300*8m)
- Passage souterrain pour l'accès aux quais
- Longueur utile de la voie en gare de 1110m
- Appareil de voie UIC E1 1/12 400 :5unités UIC E1 1/9 200 :2 unités

❖ Caractéristiques géométriques

- **Dimensions des quais**
 - Longueur des quais = 350m
 - Hauteur des quais= 550mm (mi- haute)
 - Largeur des quais (extérieur)= 8m
- **Entre axe**
 - L'entraxe entre les voie =4.2m
 - La distance entre l'axe de la voie et la bordure des quais =1.65m

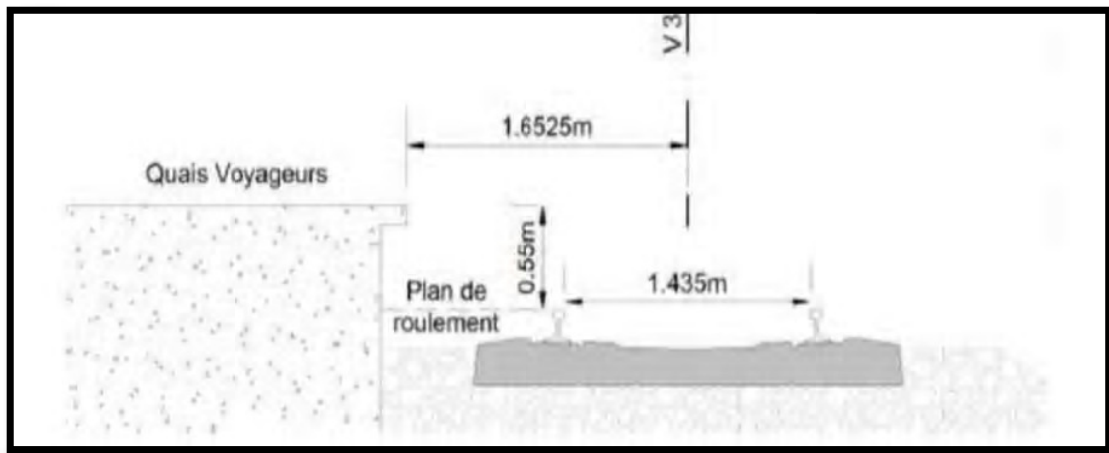


Figure XI 6 Les entre axes quia et voie [15]

- Entraxe entre quais : 11.7m >9.3m

❖ Passage souterrain

Pour l'accessibilité et le déplacement des voyageurs au sien de la gare dans des conditions bien sécurisées et d'après les conditions du notre tracé et la topographie de la zone d'implantation de la gare, nous avons conçu un passage souterrain

Pour la mise en accessibilité et la fluidité quais bâtiment voyageur en sécurisé, nous avons conçu un passage souterrain dont les dimensions recommandées par le référentiel technique de la SNTF sont représentées dans la figure ci-dessous :

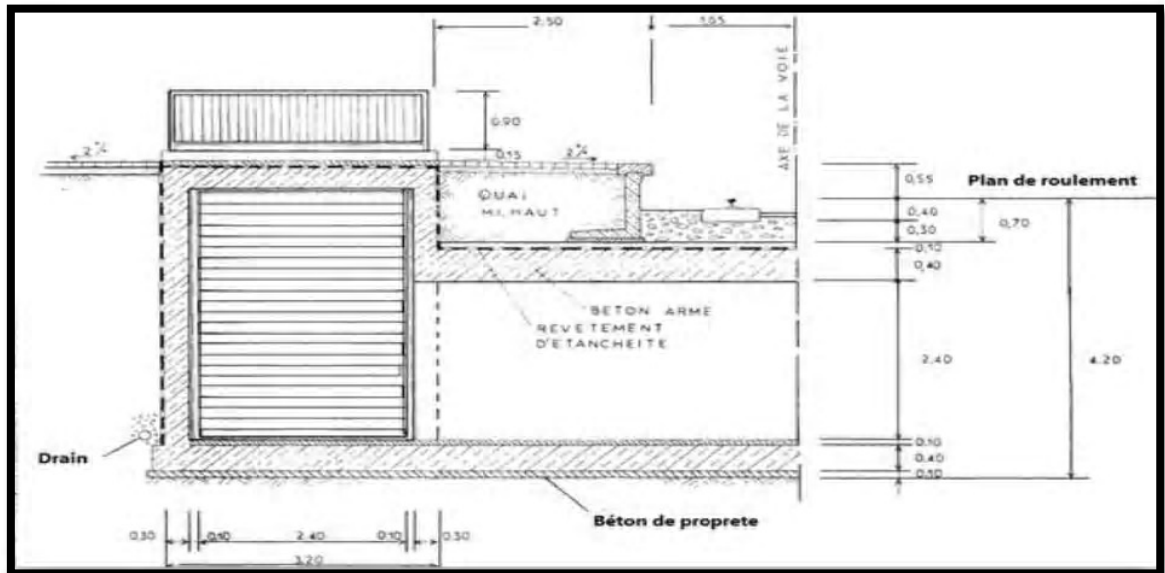


Figure XI 8 Les dimensions du passage souterrain dans la gare [15]

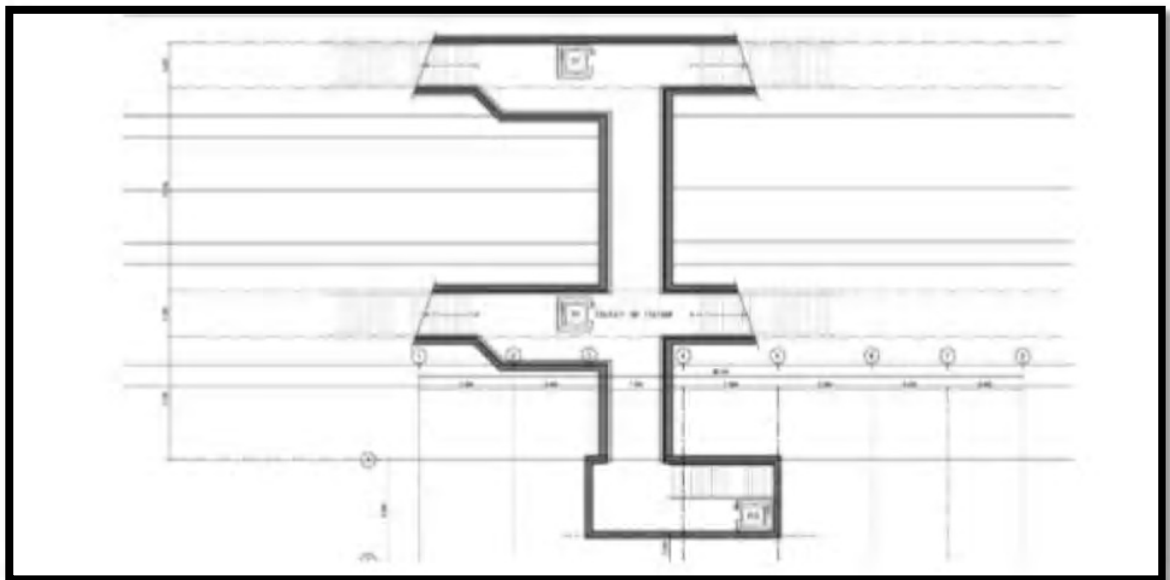


Figure XI 9 Plan de passage souterrain de la gare d'Ain El Hdjar

Pour l'accessibilité au passage souterrain on a installé des escaliers pour les piétons et des ascenseurs pour les personnes handicapées (PMR) présentés dans la figure suivante :

❖ Assainissement de la gare

• Assainissement transversale

Vu que la déclivité de voie en gare 0‰ et pour assurer un bon drainage des eaux dans la gare, les quais doivent avoir une pente de 2‰ en toit, avec inclinaison transversale des plateformes de 4‰

• Assainissement longitudinale

Pour collecter les eaux drainées vers les puits des pentes des plateformes transversalement, il aura lieu la pose des tuyaux perforés le long de la section de la gare avec des pentes de 4‰ pour éviter la stagnation des eaux et les évacuer vers le réseau d'assainissement via les ouvrages hydraulique transversal ou longitudinal ou des exutoires naturel à l'intermédiaire des regards de contrôles et de nettoyage relais entre elle par des fossés bétonnés.

❖ Profil en travers de la gare

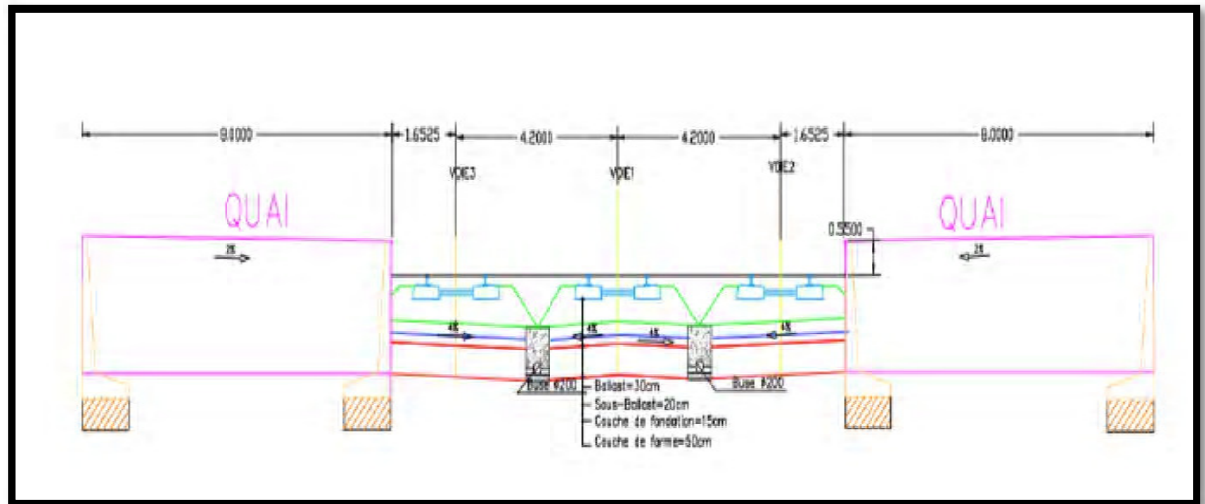
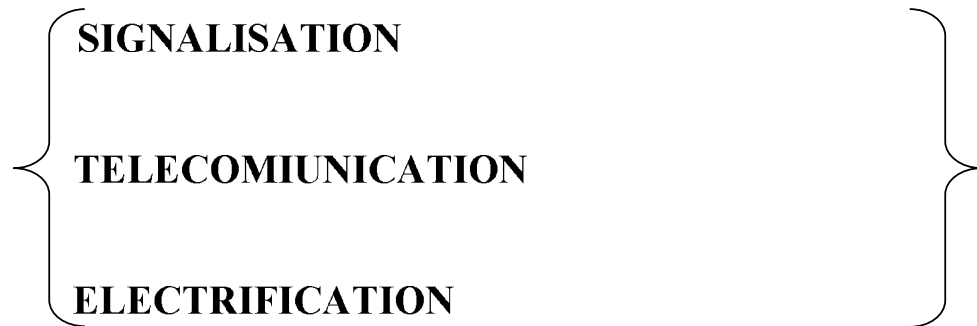


Figure XI 10 Profil en travers type dans la gare

CHAPITRE XII
SIGNALISATION, TELECOMMUNICATION, ET
ELECTRIFICATION



CHAPITRE XII. SIGNALISATION, TELECOMMUNICATION, ET ELECTRIFICATION

1. SIGNALISATION

1.1. INTRODUCTION

Pour assurer une bonne fonctionnalité et la sécurité d'une ligne ferroviaire il faut introduire un système d'information destiné à renseigner et guider le conducteur, ce système appelée « **système de signalisation** », est un ensemble des signaux diverses de forme, couleur et combinaisons disposées le long des voies

1.2. Objectifs de la signalisation

Le principe de base est de garantir le bon fonctionnement d'un système de commande de signalisation même en mode dégradé (fail-safe). Pour que la sécurité ferroviaire soit une priorité absolue, la signalisation et la protection des trains à voie unique doivent satisfaire les conditions suivantes [16]:

- Maintenir l'espacement entre les trains en marche pour éviter le rattrapage (collision par l'arrière).
- Assurer l'itinéraire de trains jusqu'à leur destination en toute sécurité
- Assurer la sécurité ferroviaire dans toutes situations changeantes : la prévention de collision ou d'accident, par exemple.
- Assurer le bon roulement du train et l'efficacité d'exploitation
- Prévenir les risques de déraillement en raison d'une vitesse excessive et minimiser les interférences avec les obstacles

1.3. Fonction des signaux

Les signaux utilisés le long de la voie sont essentiellement pour assurer les fonctions suivantes [16]:

- Signalisation de limitation de vitesse
- Signalisation d'arrêt
- Signalisation de direction

1.4. Description du système de signalisation

1.4.1. Mode de signalisation au sol

La signalisation au sol est un procédé se rapportant à des opérations manuelles effectuées par le conducteur pour l'accélération, la décélération et le freinage dans la section de contrôle en fonction des signaux affichés (indiqués) en amont, à l'aide des signaux implantés aux frontières des sections de block

Lorsqu'un train passe à un point donné en fonction des signaux affichés, un signal d'arrêt ou un signal d'avertissement sera transmis aux équipements embarqués à bord par les équipements au sol. Les équipements embarqués actionnent le frein d'urgence lorsque le train dépasse la limite de vitesse, et le système de signalisation au sol est comme suit :

- Trois signalisations : carré, avertissement, marche (vitesse libre)
- Quatre signalisations : carré, avertissement, ralentissement, marche (vitesse libre)

- Cinq signalisations : carré, annonce (arrêté au signal suivant), avertissement, ralentissement, marche (vitesse libre)

1.4.2. Mode de signalisation en cabine (embarquée à bord)

La signalisation embarquée à bord est une méthode pour exploiter des trains en fonction des signaux affichés par MMI (Man Machine Interface) installé en face du siège du conducteur. Elle permet d'augmenter la vitesse de train et de réduire les intervalles entre les trains car l'ordinateur de bord calcule automatiquement la position cible de freinage pendant la circulation du train. Son concept principal est comme suit :

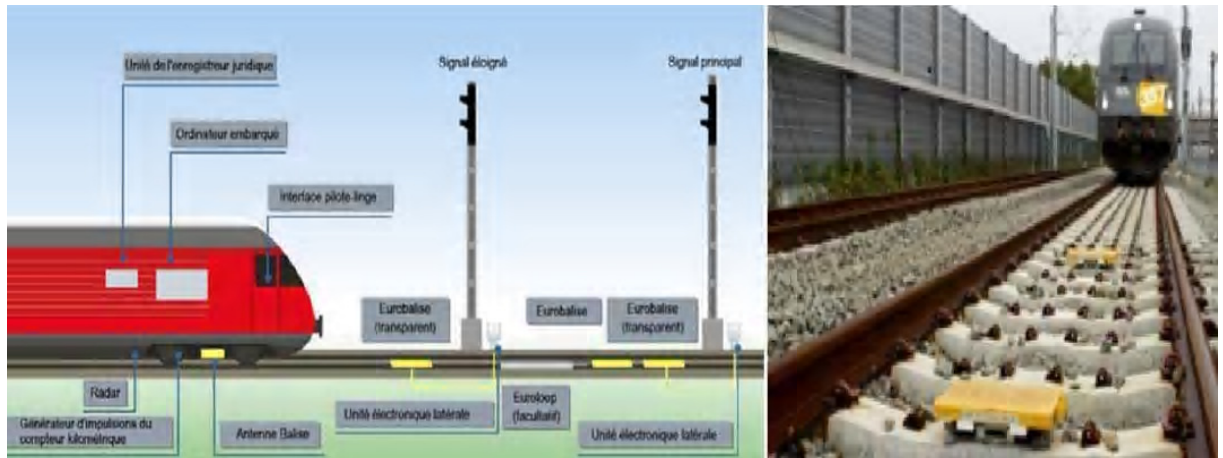


Figure XII 1 Plan de fonctionnement de signalisation en cabine [16] :

Pour la signalisation de cabine, il y a des différents systèmes utilisés comme suit [16]:

- ATC (Automatic Train Control)
- ATP (Automatic Train Protection)
- ATO (Automatic Train Operation)
- ETCS Niveaux 1, 2 et 3

Le mode de signalisation au sol est toujours beaucoup utilisé depuis qu'il a été introduit au début de l'établissement du chemin de fer pour ses avantages de la simplicité et d'un faible coût. Le mode de signalisation en cabine a été introduit plus tard par rapport à la signalisation au sol pour but de remédier aux inconvénients de la signalisation au sol et améliorer la sécurité de la circulation des trains. La stabilité et l'efficacité de la circulation des trains sont beaucoup améliorées par rapport au mode de signalisation au sol.

1.4.3. Cantonnement (block système)

Le mode « Distance to Go » : permet au train de se déplacer sur une distance autorisée. Ordinateur de bord calcule la courbe de freinage requis, basée sur la distance à parcourir (Distance to Go) jusqu'au point cible d'arrêt tout en utilisant les informations reçues depuis les dispositifs installés le long de voie telles que la vitesse autorisée, la position du train précédent...etc.

Le block enclenché : est un mode de cantonnement fonctionnant à travers l'interaction des postes d'aiguillage des gares avoisinantes. Il assure une sécurité absolue pour l'exploitation des trains sur la ligne à voie unique.

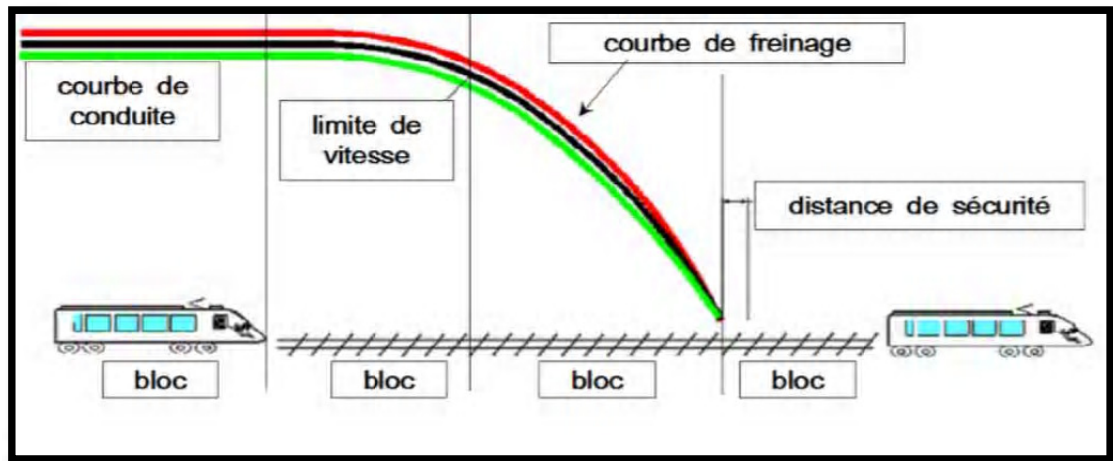


Figure XII 2 Fonctionnement de mode de contonnement [16]

1.5. Application à notre projet

Le système de signalisation et de protection des trains de notre projet à grande vitesse sera construit sur la base de la signalisation latérale et la signalisation en cabine (ERTMS / ETCS Niveau 1)

Les deux systèmes devront être entièrement compatibles et permettre indifféremment la circulation des trains équipés ERTMS et des trains non équipés sans qu'il soit nécessaire d'intervenir sur les systèmes

L'ERTMS / ETCS Niveau 1 prévu pour la ligne Saïda / El Bayadh est conçu avec le cantonnement fixe basé sur le principe de « Distance to Go (Distance à Parcourir) »

Bien que la ligne Saïda / El-Bayadh soit ultérieurement mise à double voie, elle est construite pour l'instant en voie unique. De ce fait, l'on applique le block enclenché pour l'exploitation des trains sur la présente ligne.

1.5.1. SYSTEME DE SIGNALISATION ERTMS/ETCS NIVEAU 1

L'ETCS est un sous-système de l'ERTMS, système composé de matériel informatique et de logiciel de haute performance permettant de surveiller en continu le déplacement du train en accordant le système de signalisation selon les conditions exigées normalisée [16].

Ce mode de signalisation nécessite l'installation préalable du système de signalisation au sol, ensuite l'introduction du système de protection automatique de train (ATP) peut être considérée.

- **ETCS** : (European Train Control System), le système européen de contrôle des trains
- **ERTMS** : (European Rail Traffic Management System), le système européen de surveillance du trafic ferroviaire
- **ATP** : exploite les informations relatives à la géométrie de la voie ferrée pouvant affecter la sécurité ferroviaire (par exemple : courbure, pentes, tunnel, etc.) son rôle est similaire à celui du conducteur.

L'objectif du système ERTMS/ETCS niveau 1 est de [16]:

- Contrôler de la vitesse du train à travers les informations de signalisation latérale par l'Euro balise standard.
- Donner l'autorité de déplacement jusqu'au prochain système de signalisation latérale en basant sur le principe de blocage fixé.
- Transformer les informations de signalisation latérale à travers l'Unité de contrôle latéral (LEU) afin de transmettre par la balise jusqu'au train.
- Pour le conducteur, conduire en vérifiant tous les situations par MMI.

D'offrir un système assurant la haute fiabilité et la disponibilité, et ainsi de permettre de contrôler des trains en toute sécurité d'une manière efficace. Il vise aussi à réduire les charges d'investissements et d'entretien des installations fixes (installations au sol, signaux... etc.)

1.5.2. Architecture général de système de signalisation

Le système de signalisation est constitué de plusieurs équipements [16] :

- Des équipements du PCC (Poste de Commande Centralisé) : Les installations de signalisation seront télécommandées depuis le PCC unique installé à Alger
- Des équipements de salle technique de signalisation
- Des équipements de PCL (Poste de Commande Local) : les postes locaux seront télécommandés depuis le PCC
- Partie de dispositifs d'enclenchement
- Des équipements sur site (latéral)
- Protection Automatique des Trains (ATP) (ETCS niveau.1)

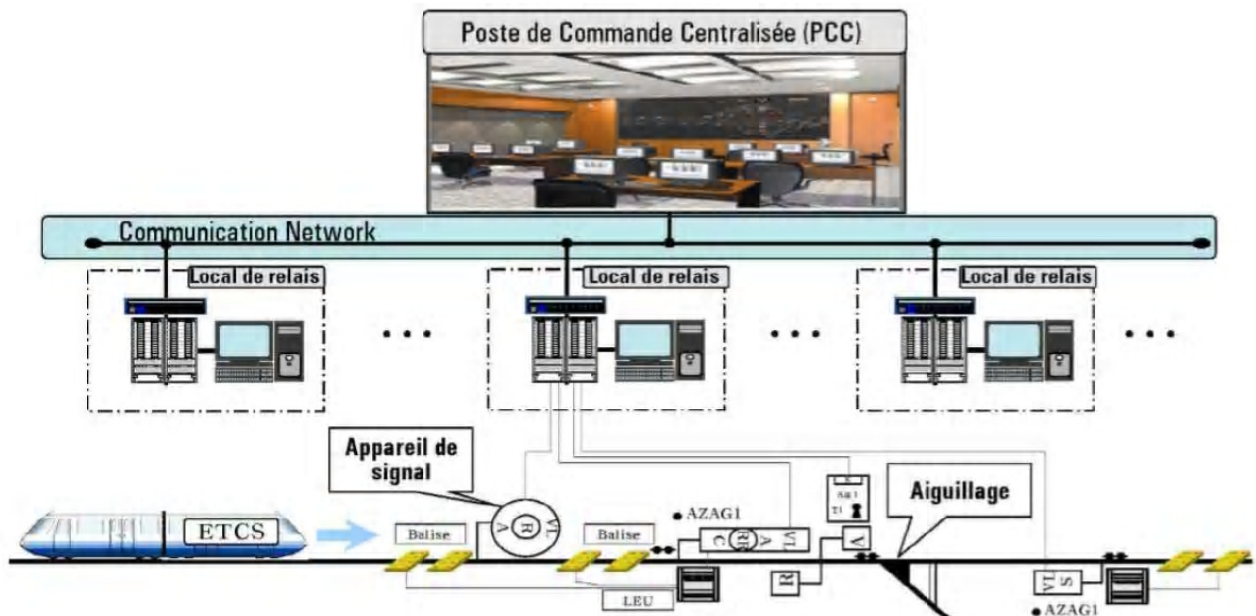


Figure XII 3 Architecture de système de signalisation

2. TELECOMIUNICATION

La gestion de la LGV sera essentiellement centralisée (PCC, CSS, ...). Par ailleurs, le système ATC/ATP nécessite pour la partie ERTMS des liaisons sol - trains extrêmement performantes

Donc il est nécessaire de maitre en place [16]:

- Un système de transmission de données fixe qui prendra en charge toute liaison en relation avec data ou informatique.
- d'établir des liaisons de sécurité entre gares, gare régulateur, les installations de signalisation de campagne au régulateur. Aussi, il déterminera l'équipement à installer dans les gares et au régulateur.
- de mettre en place un call center qui prendra en charge les appels téléphoniques.
- de mettre en place des réseaux d'information (chronométrie, sonorisation, téléaffichage et interphonie).
- de mettre à disposition des moyens de télécommunications indispensables dans la gestion de l'administration des différents établissements tant en phonie qu'en data (notamment l'informatique).
- de prévoir des postes téléphoniques à IP

Pour le projet SAIDA-EL BAYEDH Télétransmissions de type GSM-R et fibre optique sont utilisé pour assurer la liaison sol-train.

❖ TYPE DE SYSTEME DE TELECOMIUNICATION

Les systèmes de télécommunication à utiliser le long de la ligne SAIDA-EL BAYEDH sont :

- Système numérique de transmission SDH (Digital Transmission System)
- Réseau de câbles à fibre optique (Optic Fiber Cable Network)
- Système radio sol-trains - GSM-R
- Système téléphonique (Telephone System)
- Système de verrouillage Chronométrie (Clock System)
- Système de renseignements voyageurs (Remote display)
- Système d'information aux voyageurs (téléaffichage)
- Public Address (Sound System)
- Système d'accès et de contrôle de caméra de surveillance
- Système de détection du feu (Fire Detection System)
- Système de billetterie.

➤ **Système de radio sol-trains (GSM-R)**

Le réseau de communication mobile de GSM-R sera développé de manière à satisfaire tous les demandes du réseau de communication téléphonique entre «Sol-Train» et «Sol-Sol» et garanti pour la sécurité de transport

➤ **Réseau de câblage à fibre optique**

Le câble à fibres optiques est un système d'alimentation du circuit de communication de bonne qualité pour la transmission audio, vidéo et des données

Le système de signalisation et télécommunication utilisé à la nouvelle ligne SAIDA-EL BAYEDH sera électrifié et alimenté en énergie à basse tension.

3. ELECTRIFICATION

3.1. Introduction

L'électrification est l'énergie fournie sous forme de courant électrique à un système électronique ou électrotechnique. Le système d'électrification ferroviaire est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour alimenter les trains en énergie électrique

3.2. Avantage d'électrification ferroviaire

Le développement conçu le système de traction des trains de passage vers les locomotives électrique au lieu les engins moteurs diesel à ces avantages majeure qui sont comme suite :

- Avantage technique (le confort, puissance, vitesse et performance, qualité de service)
- Avantage économique (le cout globale trois foi moi chère, entretien plus simple)
- Avantage environnementale (système écologique, moins de nuisance sonore)

Pour notre projet d'étude la ligne ferroviaire du PK 0+000 au PK 10+520 plus le Bypass sera conçu par le mode de traction électrique aérienne contacte « caténaire » pour une vitesse d'exploitation à 220km/h

3.3. Equipement du système de traction

Un circuit de traction comprend [4] :

- Des sous station réparties le long de la ligne qui servent d'intermédiaire entre les lignes haute tension et la voie ferrée
- Une ligne de contact on caténaire sur laquelle la locomotive capte le courant au moyen d'un pantographe
- Un conducteur de retour aux sous station : les rails de roulement

Ces types d'électrification ont utilisé pour répandre aux deux problèmes :

- Le transport de l'énergie jusqu'à la ; locomotive
- L'utilisation de cette énergie sur la locomotive

3.4. Composant générale du caténaire

La caténaire est l'ensemble des poteaux et câble qui sont come suite :

- (1) Un porteur.
- (6) Un fil de contact.
- (2) Une suspension "Y" (suivant le type de caténaire).
- (7) Des pendules.
- (4) Un câble de protection aérien (CdPA)
- (5) Cable porteur

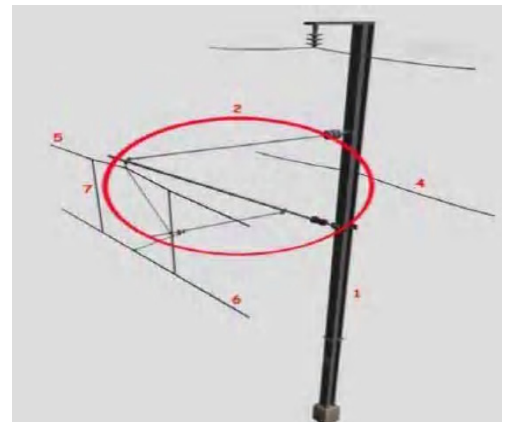


Figure XII 4 Schéma d'une caténaire [17]

La suspension caténaire a pour but de maintenir le fil de contact (5.5 m au-dessus du plan de roulement) aussi parallèle à la voie que possible. A cet effet, le fils de contact est accroché au porteur principal qui est accroché à intervalles régulière (de 27 0à 63m) au moyen de pendules régulièrement espacés.

3.5. Description technique du système

Le système d'alimentation à employer est du type caténaire pour courant alternatif 25kV /50 Hz

Sous-stations convertissent le courant HT en courant de traction de nature et de tension convenables, la commande de l'appareillage des sous-stations se fait à partir d'un poste central, appelé « central sous-station »

La caténaire assure la transmission aux locomotives électriques de leur énergie de traction

Le contact caténaire (fil de contacte) et locomotive ce fait à l'intermédiaire du pantographe de la locomotive

Pour cela la caténaire doit satisfaire les deux conditions [4] :

- **Electrique** : la section de cuivre des conducteurs est de 100mm² à 150 mm²
- **Mécanique** : assure un bon captage du courant par le pantographe à toutes les vitesses admissibles, la caténaire doit résister à la fois aux efforts extérieurs (vent) et à la pression des pantographes.

DEVIS QUANTITATIF EST ESTIMATIF

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	Unité	Quantité	PRIX UNITAIRE (DA)	MONTANT (H.T)
1-00	PREPARATION CHANTIER				*
1-1	ACQUISITION DU TERRAIN	M²	800 000	1000	800000000
1-2	INSTALLATION DU CHANTIER	F	1	151226976	151226976
2-00	TERRASSEMENTS				*
2-1	REMBLAIS	M³	527872.95	1100	580660245
2-2	DEBLAIS	M³	3782656.1	900	3404390490
2-3	DECAPAGE TERRE EP : 0.20 M	M³	11200	450	5040000
3-00	TRAVEAU DE LA VOIE				
3-1	BALLASTAGE	M³	17056.65	2500	42641625
3-2	SOUS-COUCHE	M³	12734.032	3500	44569112
3-3	COUCHE DE FORME	M³	40061.692	2200	88135722.4
3-4	COUCHE DE FONDATION (GNT)	M³	10260.613	800	8208490.4
3-5	FOURNITURE DE RAIL UIC 60 (60.34 KG /M)	T	752.625	107306	80761178.25
3-6	POSE DE VOIE	ML	17400	5000	87000000
3-7	FOURNITURE TRAVERSE BI-OBLOC	U	25005	6000	150030000
3-8	ATTACHE NABLA	U	100020	590	59011800
3-9	SOUDURE ALUMINOTHERMIQUE	U	146.34	4000	585360
3-10	APPAREIL DE VOIE UIC-60 1200 -1 :18.5	U	2	15 000 000	30000000
3-11	ELECTRIFICATION	KM	13	35 000 000	455000000
3-12	SOUDAGE ELECTRIQUE	U	428.57	650	278570.5
4-00	OUVRAGES D'ARTS ET TUNNEL				
4-1	LES PASSAGES SUPERIEURS	U	2	1 500 000	3000000
4-2	LES PASSAGES INFERIEURS	U	2	900 000	1800000
4-3	DALOT	M³	90	40000	3600000
4-4	BUSE 1500	ML	300	40000	12000000
4-5	FOSSE EN BETON ARME	ML	4100	6000	24600000
5-00	LA GARE DE AIN LAHDIJAR				
5-1	BATIMENT VOYAGEURS	U	1	20 000 000	20000000
5-2	QUAI	M²	4800	40 000	192000000
5-3	PASSAGE SOUTERRAIN	U	1	3 500 000	3500000
5-4	APPAREIL DE VOIE UIC -60 400 -1:12	U	5	29 000 000	145000000
5-5	APPAREIL DE VOIE UIC -60 200 -1:9	U	3	12 626 324	37878972
6-00	SIGNALISATION/ ELECTRIFICATION				
6-1	INSTALLATION DES SYSTEMES (S.T)	U	1		321545927
6-2	INSTALLATION DE SYSTEME D'ELECTRIFICATION	U	1		321545927
7-00	TOTAL				7074010396

SEPT MILLIARDS SOIXANTE-QUATORZE MILLIONS DIX MILLE TROIS CENT QUATRE-VINGT-SEIZE DINARS

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans le cadre de programme de développement de transport ferroviere national les autorités algériennes ont fourni de grands effort pour la couverture de la région des hauts plateaux qui est une priorité pour la politique d'aménagement de territoire, pour objectif d'améliorer le niveau de vie des citoyens.

Ce projet de fin d'étude concerne l'étude détail du la nouvelle linge ferroviaire Saida-El Bayedh du PK 0+000 au PK 10+520 qui s'intègre dans ce contexte. Cette étude a été conçue on respectant les normes et les recommandations techniques envisager au transport ferroviaire (UIC, SNTF) en tenu compte les conditions exigés par la situation réelle, on assurant le confort et la sécurité des usagers en premier lieu et en second lieu l'aspect économique, pour avoir un projet rentable techniquement économique.

La réalisation du ce projet basse aussi sur l'utilisation des outils informatiques, qui sont des logiciel de dessin et de calcul notamment Auto CADE, COVADIS9.1 (AUTOPISTE), STAR, GEOSTRUCTURAL ANALYSIS–SLIDE 6.0-.

Nous avons compris le long du notre travail que le rôle d'un ingénieur est de s'adapter aux difficultés et de chercher la solution optimale en respectant les contraintes imposées dont la nature.

Enfin, ce projet de fin d'étude était très bénéfique, car une opportunité pour nous d'immerger dans le monde professionnel de l'ingénierie des travaux publics, et de mettre en pratique énormément de connaissances théorique acquises durant les cinq années d'enseignement supérieure, en plus de tous sa nous nous rendrons compte que beaucoup reste à apprendre sur ce vaste domaine, point qui nous pause à vouloir enrichir nos connaissances.

Bibliographie

- [1] Société nationale des transports ferroviaires(SNTF) à l'adresse URL : <https://www.sntf.dz/>
- [2] Société d'études technique t de l'ingénierie du rail (STIRAIL), « étude préliminaire de la nouvelle ligne électrifiée entre Saida et El Bayadh (200km) pour une exploitation à 220kl/h »
- [3] Wikipédia, à l'adresse URL : <http://fr.wikipedia.org/>
- [4] Alias.J (1984) LA VOIE FERREE (Technique de construction et d'entretien), 2ème édition
- [5] SETIRAIL, « étude APS de la nouvelle ligne électrifier entre Saida et El Bayedh (200km), pour une exploitation à 220km/h »
- [6] SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 06 : Géométrie de la voie
- [7] UIC 703R : caractéristiques de trace des voies parcourues par des trains de voyageur rapide
- [8] SETIRAIL, « Rapport d'investigation géotechnique (APD) »
- [9] Samuel. A & Jean-François, propriétés mécaniques des sols déterminées en place, C220.
- [10] UIC719 R, Ouvrage en terre et couche d'assise ferroviaire, 2^e édition, 01/01/1994.
- [11] SETIRAIL, « Rapport APD de l'étude hydrologique et hydraulique ».
- [12] Sétra, Guide technique : Assainissement routier, Octobre 2006.
- [13] Projet de fin d'étude, voie ferré (ENSTP)
- [14] UIC741F : Quai des voyageurs-règle pour l'implantation des bordures des quais par rapport à la voie, 3^e édition.
- [15] SNTF, Fiche de normalisation : aménagement et gare, trace des voies, 3e édition, JUIN 1985.
- [16] SNTF, Référentiel technique, version 02 chapitre 10 : Signalisation et télécommunication.
- [17] SNTF, Référentiel technique, version 02 chapitre 11 : Caténaire.

ANNEXE

ANNEXE A. LISTING AXE

1. LISTING VOIE PRINCIPAL

- Légende listing :

ORP : Origine raccordement parabolique

OC : Origine courbe

FC : fin courbe

FRP : Fin raccordement parabolique

Eq : équidistance (25m) / Tg : Début, Fin axe

ORV : Origine raccordement vertical

FRV : Fin raccordement vertical

Cumulées (m)	Type	x (m)	y (m)	hauteur projet (plateforme)	hauteur terrain	gisement (grades)
0	Tg	235535.834	3851420.31	980.65	986.924	131.295241
25	Eq	235557.874	3851408.5	981.048	982.449	131.295241
50	Eq	235579.913	3851396.7	981.446	982.465	131.295241
75	Eq	235601.953	3851384.9	981.844	984.399	131.295241
93.569	ORP	235618.323	3851376.14	982.139	987.189	131.295241
100	Eq	235623.992	3851373.1	982.241	987.442	131.302872
125	Eq	235646.018	3851361.28	982.639	986.946	131.477534
150	Eq	235667.99	3851349.35	983.037	983.733	131.882855
175	Eq	235689.863	3851337.24	983.435	989.569	132.518837
200	Eq	235711.591	3851324.88	983.833	988.134	133.385477
208.569	OC	235718.997	3851320.57	983.969	988.563	133.735614
225	Eq	235733.129	3851312.19	984.231	988.401	134.43296
250	Eq	235754.452	3851299.14	984.628	991.481	135.493993
275	Eq	235775.555	3851285.73	985.026	994.884	136.555026
300	Eq	235796.431	3851271.98	985.424	991.739	137.616059
325	Eq	235817.076	3851257.88	985.822	998.044	138.677092
350	Eq	235837.482	3851243.44	986.22	996.236	139.738125
375	Eq	235857.645	3851228.66	986.618	994.528	140.799158
400	Eq	235877.559	3851213.54	987.015	997.018	141.860191
425	Eq	235897.218	3851198.1	987.413	996.368	142.921224
450	Eq	235916.617	3851182.33	987.811	995.849	143.982257
475	Eq	235935.751	3851166.24	988.209	995.331	145.04329
500	Eq	235954.614	3851149.84	988.607	994.931	146.104323
506.763	FC	235959.669	3851145.34	988.714	994.788	146.391337
525	Eq	235973.205	3851133.12	989.005	994.493	147.103982

550	Eq	235991.559	3851116.15	989.402	994.158	147.88142
575	Eq	236009.737	3851098.98	989.8	993.988	148.428198
600	Eq	236027.797	3851081.7	990.198	993.987	148.744317
621.763	FRP	236043.472	3851066.6	990.544	993.985	148.831711
625	Eq	236045.803	3851064.35	990.596	994.032	148.831711
650	Eq	236063.802	3851047	990.994	994.422	148.831711
675	Eq	236081.801	3851029.65	991.392	994.672	148.831711
700	Eq	236099.801	3851012.3	991.789	994.764	148.831711
725	Eq	236117.8	3850994.95	992.187	994.589	148.831711
750	Eq	236135.799	3850977.6	992.585	994.116	148.831711
775	Eq	236153.798	3850960.25	992.983	993.298	148.831711
800	Eq	236171.797	3850942.9	993.381	992.654	148.831711
825	Eq	236189.796	3850925.55	993.779	992.555	148.831711
850	Eq	236207.795	3850908.2	994.176	991.555	148.831711
875	Eq	236225.794	3850890.85	994.574	989.373	148.831711
900	Eq	236243.793	3850873.5	994.972	989.927	148.831711
925	Eq	236261.792	3850856.15	995.37	990.616	148.831711
950	Eq	236279.791	3850838.8	995.768	991.115	148.831711
975	Eq	236297.791	3850821.45	996.166	991.169	148.831711
1000	Eq	236315.79	3850804.1	996.563	991.007	148.831711
1025	Eq	236333.789	3850786.75	996.961	989.829	148.831711
1050	Eq	236351.788	3850769.4	997.359	988.803	148.831711
1075	Eq	236369.787	3850752.05	997.757	989.028	148.831711
1100	Eq	236387.786	3850734.7	998.155	990.061	148.831711
1125	Eq	236405.785	3850717.35	998.553	990.929	148.831711
1150	Eq	236423.784	3850700	998.95	991.547	148.831711
1175	Eq	236441.783	3850682.65	999.348	992.165	148.831711
1200	Eq	236459.782	3850665.3	999.746	992.284	148.831711
1225	Eq	236477.781	3850647.95	1000.144	992.499	148.831711
1250	Eq	236495.78	3850630.6	1000.542	992.971	148.831711
1275	Eq	236513.78	3850613.25	1000.94	993.283	148.831711
1300	Eq	236531.779	3850595.9	1001.337	993.499	148.831711
1325	Eq	236549.778	3850578.55	1001.735	993.752	148.831711
1350	Eq	236567.777	3850561.2	1002.133	993.881	148.831711
1375	Eq	236585.776	3850543.85	1002.531	994.295	148.831711
1400	Eq	236603.775	3850526.5	1002.929	994.517	148.831711
1425	Eq	236621.774	3850509.15	1003.327	994.739	148.831711
1450	Eq	236639.773	3850491.79	1003.724	995.022	148.831711
1475	Eq	236657.772	3850474.44	1004.122	995.201	148.831711
1500	Eq	236675.771	3850457.09	1004.52	995.379	148.831711
1525	Eq	236693.77	3850439.74	1004.918	995.633	148.831711
1531.796	ORV	236698.663	3850435.03	1005.026	1005.026	148.831711
1550	Eq	236711.769	3850422.39	1005.308	995.849	148.831711
1575	Eq	236729.769	3850405.04	1005.667	996.065	148.831711

1600	Eq	236747.768	3850387.69	1005.995	996.281	148.831711
1625	Eq	236765.767	3850370.34	1006.292	996.801	148.831711
1650	Eq	236783.766	3850352.99	1006.558	996.993	148.831711
1675	Eq	236801.765	3850335.64	1006.792	996.986	148.831711
1700	Eq	236819.764	3850318.29	1006.995	996.793	148.831711
1725	Eq	236837.763	3850300.94	1007.167	996.749	148.831711
1750	Eq	236855.762	3850283.59	1007.308	997.07	148.831711
1775	Eq	236873.761	3850266.24	1007.417	997.648	148.831711
1800	Eq	236891.76	3850248.89	1007.495	998.565	148.831711
1825	Eq	236909.759	3850231.54	1007.542	998.862	148.831711
1850	Eq	236927.758	3850214.19	1007.558	999.158	148.831711
1850.024	FRV	236927.776	3850214.17	1007.558	1007.558	148.831711
1875	Eq	236945.758	3850196.84	1007.558	999.407	148.831711
1900	Eq	236963.757	3850179.49	1007.558	999.628	148.831711
1925	Eq	236981.756	3850162.14	1007.558	999.956	148.831711
1950	Eq	236999.755	3850144.79	1007.558	1000.178	148.831711
1975	Eq	237017.754	3850127.44	1007.558	1000.563	148.831711
2000	Eq	237035.753	3850110.09	1007.558	1000.671	148.831711
2025	Eq	237053.752	3850092.74	1007.558	1001.177	148.831711
2050	Eq	237071.751	3850075.39	1007.558	1000.794	148.831711
2075	Eq	237089.75	3850058.04	1007.558	1000.861	148.831711
2100	Eq	237107.749	3850040.69	1007.558	1001.173	148.831711
2125	Eq	237125.748	3850023.34	1007.558	1001.436	148.831711
2150	Eq	237143.748	3850005.99	1007.558	1001.761	148.831711
2175	Eq	237161.747	3849988.64	1007.558	1002.086	148.831711
2200	Eq	237179.746	3849971.29	1007.558	1002.591	148.831711
2225	Eq	237197.745	3849953.94	1007.558	1002.768	148.831711
2250	Eq	237215.744	3849936.59	1007.558	1002.945	148.831711
2275	Eq	237233.743	3849919.23	1007.558	1003.195	148.831711
2300	Eq	237251.742	3849901.88	1007.558	1003.592	148.831711
2325	Eq	237269.741	3849884.53	1007.558	1003.921	148.831711
2350	Eq	237287.74	3849867.18	1007.558	1004.276	148.831711
2375	Eq	237305.739	3849849.83	1007.558	1004.754	148.831711
2400	Eq	237323.738	3849832.48	1007.558	1005.291	148.831711
2425	Eq	237341.737	3849815.13	1007.558	1006.159	148.831711
2450	Eq	237359.737	3849797.78	1007.558	1006.741	148.831711
2475	Eq	237377.736	3849780.43	1007.558	1007.941	148.831711
2500	Eq	237395.735	3849763.08	1007.558	1008.258	148.831711
2525	Eq	237413.734	3849745.73	1007.558	1008.64	148.831711
2550	Eq	237431.733	3849728.38	1007.558	1008.876	148.831711
2575	Eq	237449.732	3849711.03	1007.558	1008.705	148.831711
2600	Eq	237467.731	3849693.68	1007.558	1009.049	148.831711
2625	Eq	237485.73	3849676.33	1007.558	1009.56	148.831711
2650	Eq	237503.729	3849658.98	1007.558	1009.306	148.831711

2675	Eq	237521.728	3849641.63	1007.558	1009.564	148.831711
2700	Eq	237539.727	3849624.28	1007.558	1009.847	148.831711
2725	Eq	237557.726	3849606.93	1007.558	1011.161	148.831711
2750	Eq	237575.726	3849589.58	1007.558	1012.474	148.831711
2775	Eq	237593.725	3849572.23	1007.558	1013.947	148.831711
2800	Eq	237611.724	3849554.88	1007.558	1015.899	148.831711
2825	Eq	237629.723	3849537.53	1007.558	1016.72	148.831711
2850	Eq	237647.722	3849520.18	1007.558	1018.153	148.831711
2875	Eq	237665.721	3849502.83	1007.558	1018.363	148.831711
2900	Eq	237683.72	3849485.48	1007.558	1018.442	148.831711
2925	Eq	237701.719	3849468.13	1007.558	1018.522	148.831711
2950	Eq	237719.718	3849450.78	1007.558	1018.082	148.831711
2975	Eq	237737.717	3849433.43	1007.558	1017.595	148.831711
3000	Eq	237755.716	3849416.08	1007.558	1017.168	148.831711
3025	Eq	237773.716	3849398.73	1007.558	1017.074	148.831711
3050	Eq	237791.715	3849381.38	1007.558	1017.747	148.831711
3075	Eq	237809.714	3849364.03	1007.558	1017.649	148.831711
3100	Eq	237827.713	3849346.67	1007.558	1018.579	148.831711
3125	Eq	237845.712	3849329.32	1007.558	1018.941	148.831711
3150	Eq	237863.711	3849311.97	1007.558	1020.227	148.831711
3175	Eq	237881.71	3849294.62	1007.558	1021.642	148.831711
3200	Eq	237899.709	3849277.27	1007.558	1023.128	148.831711
3225	Eq	237917.708	3849259.92	1007.558	1024.437	148.831711
3250	Eq	237935.707	3849242.57	1007.558	1025.545	148.831711
3260.004	ORV	237942.909	3849235.63	1007.558	1007.558	148.831711
3275	Eq	237953.706	3849225.22	1007.564	1026.793	148.831711
3300	Eq	237971.705	3849207.87	1007.598	1027.795	148.831711
3325	Eq	237989.705	3849190.52	1007.664	1028.567	148.831711
3350	Eq	238007.704	3849173.17	1007.76	1029.339	148.831711
3375	Eq	238025.703	3849155.82	1007.889	1030.194	148.831711
3400	Eq	238043.702	3849138.47	1008.048	1031.404	148.831711
3425	Eq	238061.701	3849121.12	1008.239	1032.536	148.831711
3450	Eq	238079.7	3849103.77	1008.46	1034.135	148.831711
3475	Eq	238097.699	3849086.42	1008.714	1035.408	148.831711
3500	Eq	238115.698	3849069.07	1008.998	1035.949	148.831711
3525	Eq	238133.697	3849051.72	1009.314	1035.184	148.831711
3550	Eq	238151.696	3849034.37	1009.661	1033.695	148.831711
3575	Eq	238169.695	3849017.02	1010.039	1031.917	148.831711
3579.976	FRV	238173.278	3849013.57	1010.118	1010.118	148.831711
3600	Eq	238187.694	3848999.67	1010.438	1030.282	148.831711
3625	Eq	238205.694	3848982.32	1010.838	1028.647	148.831711
3650	Eq	238223.693	3848964.97	1011.238	1027.578	148.831711
3675	Eq	238241.692	3848947.62	1011.638	1027.172	148.831711
3700	Eq	238259.691	3848930.27	1012.038	1027.2	148.831711

3725	Eq	238277.69	3848912.92	1012.438	1026.739	148.831711
3750	Eq	238295.689	3848895.57	1012.838	1027.181	148.831711
3775	Eq	238313.688	3848878.22	1013.238	1027.985	148.831711
3800	Eq	238331.687	3848860.87	1013.638	1028.508	148.831711
3825	Eq	238349.686	3848843.52	1014.038	1029.781	148.831711
3850	Eq	238367.685	3848826.17	1014.438	1032.164	148.831711
3875	Eq	238385.684	3848808.82	1014.838	1035.287	148.831711
3900	Eq	238403.684	3848791.47	1015.238	1038.938	148.831711
3925	Eq	238421.683	3848774.12	1015.638	1037.378	148.831711
3950	Eq	238439.682	3848756.76	1016.038	1035.881	148.831711
3975	Eq	238457.681	3848739.41	1016.438	1033.782	148.831711
4000	Eq	238475.68	3848722.06	1016.838	1032.033	148.831711
4005.38	ORP	238479.553	3848718.33	1016.924	1031.825	148.831711
4025	Eq	238493.676	3848704.71	1017.238	1031.662	148.866035
4050	Eq	238511.649	3848687.33	1017.638	1031.455	149.009231
4075	Eq	238529.568	3848669.9	1018.038	1031.73	149.263881
4100	Eq	238547.401	3848652.38	1018.438	1032.144	149.629983
4125	Eq	238565.117	3848634.74	1018.838	1032.921	150.107538
4150	Eq	238582.685	3848616.95	1019.238	1033.499	150.696547
4175	Eq	238600.073	3848598.99	1019.639	1035.289	151.397008
4175.38	OC	238600.335	3848598.72	1019.645	1035.324	151.408507
4200	Eq	238617.25	3848580.83	1020.039	1037.542	152.154876
4225	Eq	238634.21	3848562.46	1020.439	1039.225	152.912756
4250	Eq	238650.951	3848543.89	1020.839	1041.058	153.670637
4275	Eq	238667.469	3848525.13	1021.239	1041.289	154.428518
4300	Eq	238683.762	3848506.17	1021.639	1041.351	155.186398
4325	Eq	238699.829	3848487.01	1022.039	1042.833	155.944279
4350	Eq	238715.666	3848467.67	1022.439	1041.182	156.70216
4375	Eq	238731.273	3848448.14	1022.839	1041.326	157.46004
4400	Eq	238746.645	3848428.42	1023.239	1041.469	158.217921
4425	Eq	238761.782	3848408.53	1023.639	1041.496	158.975802
4450	Eq	238776.681	3848388.45	1024.039	1041.358	159.733682
4475	Eq	238791.339	3848368.2	1024.439	1041.006	160.491563
4500	Eq	238805.756	3848347.78	1024.839	1040.724	161.249444
4525	Eq	238819.928	3848327.18	1025.239	1040.582	162.007325
4550	Eq	238833.855	3848306.42	1025.639	1040.256	162.765205
4575	Eq	238847.533	3848285.49	1026.039	1039.622	163.523086
4600	Eq	238860.961	3848264.41	1026.439	1038.723	164.280967
4625	Eq	238874.137	3848243.16	1026.839	1038.286	165.038847
4650	Eq	238887.059	3848221.76	1027.239	1038.138	165.796728
4675	Eq	238899.726	3848200.21	1027.639	1038.782	166.554609
4700	Eq	238912.135	3848178.5	1028.039	1039.558	167.312489
4725	Eq	238924.285	3848156.65	1028.439	1039.905	168.07037
4750	Eq	238936.173	3848134.66	1028.839	1040.07	168.828251

4775	Eq	238947.8	3848112.53	1029.239	1039.852	169.586131
4800	Eq	238959.162	3848090.26	1029.639	1039.227	170.344012
4825	Eq	238970.258	3848067.86	1030.039	1038.707	171.101893
4850	Eq	238981.086	3848045.33	1030.439	1038.213	171.859773
4875	Eq	238991.646	3848022.67	1030.839	1038.488	172.617654
4900	Eq	239001.935	3847999.88	1031.239	1038.633	173.375535
4925	Eq	239011.952	3847976.98	1031.639	1038.676	174.133415
4950	Eq	239021.695	3847953.95	1032.039	1038.923	174.891296
4975	Eq	239031.164	3847930.82	1032.439	1039.541	175.649177
5000	Eq	239040.357	3847907.57	1032.839	1040.061	176.407057
5025	Eq	239049.272	3847884.21	1033.239	1040.539	177.164938
5050	Eq	239057.909	3847860.75	1033.639	1040.939	177.922819
5075	Eq	239066.266	3847837.19	1034.039	1041.386	178.6807
5100	Eq	239074.342	3847813.53	1034.439	1041.937	179.43858
5125	Eq	239082.135	3847789.78	1034.839	1042.522	180.196461
5150	Eq	239089.645	3847765.93	1035.239	1043.424	180.954342
5175	Eq	239096.871	3847742	1035.639	1044.364	181.712222
5200	Eq	239103.811	3847717.98	1036.039	1045.215	182.470103
5225	Eq	239110.465	3847693.88	1036.439	1045.834	183.227984
5250	Eq	239116.832	3847669.71	1036.839	1046.313	183.985864
5275	Eq	239122.91	3847645.46	1037.239	1047.187	184.743745
5300	Eq	239128.7	3847621.14	1037.639	1049.377	185.501626
5325	Eq	239134.199	3847596.75	1038.039	1050.731	186.259506
5350	Eq	239139.408	3847572.3	1038.439	1051.754	187.017387
5375	Eq	239144.325	3847547.79	1038.839	1052.776	187.775268
5400	Eq	239148.95	3847523.22	1039.239	1054.143	188.533148
5425	Eq	239153.282	3847498.6	1039.639	1055.402	189.291029
5450	Eq	239157.321	3847473.93	1040.039	1056.385	190.04891
5475	Eq	239161.066	3847449.21	1040.439	1057.368	190.80679
5487.369	FC	239162.809	3847436.96	1040.637	1057.855	191.181762
5500	Eq	239164.517	3847424.45	1040.839	1058.327	191.550446
5525	Eq	239167.696	3847399.65	1041.239	1059.263	192.19629
5550	Eq	239170.645	3847374.82	1041.639	1060.259	192.730681
5575	Eq	239173.407	3847349.98	1042.039	1061.347	193.153619
5600	Eq	239176.026	3847325.12	1042.439	1062.687	193.465105
5625	Eq	239178.545	3847300.24	1042.839	1064.459	193.665137
5650	Eq	239181.008	3847275.36	1043.239	1066.566	193.753716
5657.369	FRP	239181.729	3847268.03	1043.357	1067.187	193.758558
5675	Eq	239183.455	3847250.48	1043.64	1068.732	193.758558
5700	Eq	239185.902	3847225.6	1044.04	1070.99	193.758558
5725	Eq	239188.349	3847200.72	1044.44	1072.92	193.758558
5750	Eq	239190.796	3847175.84	1044.84	1074.565	193.758558
5775	Eq	239193.243	3847150.96	1045.24	1076.587	193.758558
5800	Eq	239195.69	3847126.08	1045.64	1079.344	193.758558

5825	Eq	239198.138	3847101.2	1046.04	1081.793	193.758558
5850	Eq	239200.585	3847076.32	1046.44	1084.19	193.758558
5875	Eq	239203.032	3847051.44	1046.84	1086.298	193.758558
5900	Eq	239205.479	3847026.57	1047.24	1088.626	193.758558
5925	Eq	239207.926	3847001.69	1047.64	1090.772	193.758558
5950	Eq	239210.373	3846976.81	1048.04	1093.131	193.758558
5975	Eq	239212.82	3846951.93	1048.44	1095.375	193.758558
6000	Eq	239215.267	3846927.05	1048.84	1097.367	193.758558
6025	Eq	239217.714	3846902.17	1049.24	1099.726	193.758558
6050	Eq	239220.161	3846877.29	1049.64	1101.158	193.758558
6075	Eq	239222.608	3846852.41	1050.04	1100.128	193.758558
6100	Eq	239225.055	3846827.53	1050.44	1101.607	193.758558
6125	Eq	239227.503	3846802.65	1050.84	1102.058	193.758558
6150	Eq	239229.95	3846777.77	1051.24	1105.54	193.758558
6175	Eq	239232.397	3846752.89	1051.64	1110.275	193.758558
6200	Eq	239234.844	3846728.01	1052.04	1114.147	193.758558
6225	Eq	239237.291	3846703.13	1052.44	1117.508	193.758558
6250	Eq	239239.738	3846678.25	1052.84	1120.469	193.758558
6275	Eq	239242.185	3846653.37	1053.24	1123.169	193.758558
6300	Eq	239244.632	3846628.49	1053.64	1126.147	193.758558
6325	Eq	239247.079	3846603.61	1054.04	1129.042	193.758558
6350	Eq	239249.526	3846578.73	1054.44	1130.828	193.758558
6375	Eq	239251.973	3846553.85	1054.84	1132.317	193.758558
6394.503	ORV	239253.882	3846534.44	1055.152	1055.152	193.758558
6400	Eq	239254.42	3846528.97	1055.239	1133.259	193.758558
6425	Eq	239256.868	3846504.09	1055.613	1134.126	193.758558
6445.498	FRV	239258.874	3846483.69	1055.891	1055.891	193.758558
6450	Eq	239259.315	3846479.21	1055.95	1135.267	193.758558
6475	Eq	239261.762	3846454.33	1056.275	1136.662	193.758558
6500	Eq	239264.209	3846429.45	1056.6	1138.262	193.758558
6525	Eq	239266.656	3846404.57	1056.925	1138.925	193.758558
6550	Eq	239269.103	3846379.69	1057.25	1138.156	193.758558
6575	Eq	239271.55	3846354.81	1057.575	1137.037	193.758558
6600	Eq	239273.997	3846329.93	1057.9	1136.461	193.758558
6625	Eq	239276.444	3846305.05	1058.225	1135.952	193.758558
6650	Eq	239278.891	3846280.17	1058.55	1135.5	193.758558
6675	Eq	239281.338	3846255.29	1058.875	1135.075	193.758558
6700	Eq	239283.785	3846230.41	1059.2	1134.366	193.758558
6725	Eq	239286.233	3846205.53	1059.525	1133.656	193.758558
6750	Eq	239288.68	3846180.65	1059.85	1133.105	193.758558
6775	Eq	239291.127	3846155.77	1060.175	1132.618	193.758558
6800	Eq	239293.574	3846130.89	1060.5	1132.198	193.758558
6825	Eq	239296.021	3846106.01	1060.825	1131.641	193.758558
6850	Eq	239298.468	3846081.13	1061.15	1131.119	193.758558

6875	Eq	239300.915	3846056.25	1061.475	1130.718	193.758558
6900	Eq	239303.362	3846031.37	1061.8	1130.35	193.758558
6925	Eq	239305.809	3846006.49	1062.125	1130.218	193.758558
6950	Eq	239308.256	3845981.61	1062.45	1130.282	193.758558
6975	Eq	239310.703	3845956.73	1062.775	1130.578	193.758558
7000	Eq	239313.15	3845931.85	1063.1	1131.008	193.758558
7025	Eq	239315.598	3845906.97	1063.425	1131.38	193.758558
7050	Eq	239318.045	3845882.09	1063.75	1131.752	193.758558
7075	Eq	239320.492	3845857.21	1064.075	1132.123	193.758558
7100	Eq	239322.939	3845832.33	1064.4	1132.306	193.758558
7125	Eq	239325.386	3845807.45	1064.725	1132.293	193.758558
7150	Eq	239327.833	3845782.57	1065.05	1131.828	193.758558
7175	Eq	239330.28	3845757.69	1065.375	1131.248	193.758558
7200	Eq	239332.727	3845732.81	1065.7	1131.023	193.758558
7225	Eq	239335.174	3845707.93	1066.025	1131.518	193.758558
7250	Eq	239337.621	3845683.05	1066.35	1131.393	193.758558
7275	Eq	239340.068	3845658.17	1066.675	1131.898	193.758558
7300	Eq	239342.515	3845633.29	1067	1132.508	193.758558
7325	Eq	239344.963	3845608.41	1067.325	1132.623	193.758558
7350	Eq	239347.41	3845583.53	1067.65	1132.915	193.758558
7375	Eq	239349.857	3845558.65	1067.975	1133.171	193.758558
7400	Eq	239352.304	3845533.77	1068.3	1133.736	193.758558
7425	Eq	239354.751	3845508.89	1068.625	1134.481	193.758558
7450	Eq	239357.198	3845484.01	1068.95	1135.226	193.758558
7475	Eq	239359.645	3845459.13	1069.275	1136.187	193.758558
7500	Eq	239362.092	3845434.25	1069.6	1136.018	193.758558
7525	Eq	239364.539	3845409.37	1069.925	1135.5	193.758558
7550	Eq	239366.986	3845384.49	1070.25	1135.252	193.758558
7575	Eq	239369.433	3845359.61	1070.575	1134.855	193.758558
7600	Eq	239371.88	3845334.73	1070.9	1134.429	193.758558
7625	Eq	239374.328	3845309.85	1071.225	1134.278	193.758558
7650	Eq	239376.775	3845284.97	1071.55	1134.026	193.758558
7675	Eq	239379.222	3845260.09	1071.875	1133.734	193.758558
7700	Eq	239381.669	3845235.21	1072.2	1133.721	193.758558
7725	Eq	239384.116	3845210.33	1072.525	1133.747	193.758558
7750	Eq	239386.563	3845185.45	1072.85	1133.934	193.758558
7775	Eq	239389.01	3845160.57	1073.175	1134.122	193.758558
7800	Eq	239391.457	3845135.69	1073.5	1134.476	193.758558
7825	Eq	239393.904	3845110.81	1073.825	1134.795	193.758558
7850	Eq	239396.351	3845085.93	1074.15	1135.037	193.758558
7875	Eq	239398.798	3845061.05	1074.475	1135.239	193.758558
7900	Eq	239401.245	3845036.17	1074.8	1135.404	193.758558
7925	Eq	239403.693	3845011.29	1075.125	1135.448	193.758558
7950	Eq	239406.14	3844986.41	1075.45	1135.491	193.758558

7975	Eq	239408.587	3844961.53	1075.775	1135.534	193.758558
8000	Eq	239411.034	3844936.65	1076.1	1135.569	193.758558
8025	Eq	239413.481	3844911.77	1076.425	1135.31	193.758558
8050	Eq	239415.928	3844886.89	1076.75	1135.011	193.758558
8075	Eq	239418.375	3844862.01	1077.075	1134.749	193.758558
8100	Eq	239420.822	3844837.13	1077.4	1134.488	193.758558
8125	Eq	239423.269	3844812.25	1077.725	1134.432	193.758558
8150	Eq	239425.716	3844787.37	1078.05	1134.716	193.758558
8175	Eq	239428.163	3844762.49	1078.375	1134.94	193.758558
8200	Eq	239430.61	3844737.61	1078.7	1135.165	193.758558
8225	Eq	239433.058	3844712.73	1079.025	1135.39	193.758558
8250	Eq	239435.505	3844687.85	1079.35	1135.578	193.758558
8275	Eq	239437.952	3844662.97	1079.675	1135.717	193.758558
8300	Eq	239440.399	3844638.09	1080	1135.886	193.758558
8325	Eq	239442.846	3844613.21	1080.325	1135.906	193.758558
8350	Eq	239445.293	3844588.33	1080.65	1135.806	193.758558
8375	Eq	239447.74	3844563.45	1080.975	1135.793	193.758558
8390.012	ORV	239449.21	3844548.51	1081.17	1081.17	193.758558
8400	Eq	239450.187	3844538.57	1081.302	1135.78	193.758558
8425	Eq	239452.634	3844513.69	1081.656	1135.767	193.758558
8449.987	FRV	239455.08	3844488.82	1082.04	1082.04	193.758558
8450	Eq	239455.081	3844488.81	1082.04	1135.645	193.758558
8475	Eq	239457.528	3844463.93	1082.44	1135.619	193.758558
8500	Eq	239459.975	3844439.05	1082.84	1135.627	193.758558
8525	Eq	239462.423	3844414.17	1083.24	1135.513	193.758558
8550	Eq	239464.87	3844389.29	1083.64	1135.366	193.758558
8575	Eq	239467.317	3844364.41	1084.04	1135.455	193.758558
8600	Eq	239469.764	3844339.53	1084.44	1135.486	193.758558
8625	Eq	239472.211	3844314.65	1084.84	1135.468	193.758558
8650	Eq	239474.658	3844289.77	1085.24	1135.413	193.758558
8675	Eq	239477.105	3844264.89	1085.64	1135.357	193.758558
8700	Eq	239479.552	3844240.01	1086.04	1135.346	193.758558
8725	Eq	239481.999	3844215.13	1086.44	1135.41	193.758558
8750	Eq	239484.446	3844190.25	1086.84	1135.338	193.758558
8775	Eq	239486.893	3844165.37	1087.24	1135.265	193.758558
8800	Eq	239489.341	3844140.49	1087.64	1135.13	193.758558
8825	Eq	239491.788	3844115.61	1088.04	1134.896	193.758558
8850	Eq	239494.235	3844090.73	1088.44	1134.609	193.758558
8875	Eq	239496.682	3844065.85	1088.84	1134.404	193.758558
8900	Eq	239499.129	3844040.97	1089.24	1134.1	193.758558
8925	Eq	239501.576	3844016.09	1089.64	1133.9	193.758558
8950	Eq	239504.023	3843991.21	1090.04	1133.977	193.758558
8975	Eq	239506.47	3843966.33	1090.44	1134.133	193.758558
9000	Eq	239508.917	3843941.45	1090.84	1134.105	193.758558

9025	Eq	239511.364	3843916.57	1091.24	1134.043	193.758558
9050	Eq	239513.811	3843891.69	1091.64	1134.079	193.758558
9075	Eq	239516.258	3843866.81	1092.04	1134.114	193.758558
9100	Eq	239518.706	3843841.93	1092.44	1134.31	193.758558
9125	Eq	239521.153	3843817.05	1092.84	1134.16	193.758558
9150	Eq	239523.6	3843792.17	1093.24	1133.985	193.758558
9175	Eq	239526.047	3843767.29	1093.64	1133.881	193.758558
9200	Eq	239528.494	3843742.41	1094.04	1133.937	193.758558
9225	Eq	239530.941	3843717.53	1094.44	1134.037	193.758558
9250	Eq	239533.388	3843692.65	1094.84	1134.071	193.758558
9275	Eq	239535.835	3843667.77	1095.24	1133.985	193.758558
9300	Eq	239538.282	3843642.89	1095.64	1133.987	193.758558
9325	Eq	239540.729	3843618.01	1096.04	1133.922	193.758558
9350	Eq	239543.176	3843593.13	1096.44	1133.756	193.758558
9375	Eq	239545.623	3843568.25	1096.84	1133.73	193.758558
9400	Eq	239548.071	3843543.37	1097.24	1133.589	193.758558
9425	Eq	239550.518	3843518.49	1097.64	1133.411	193.758558
9450	Eq	239552.965	3843493.61	1098.04	1133.233	193.758558
9475	Eq	239555.412	3843468.73	1098.44	1133.23	193.758558
9500	Eq	239557.859	3843443.85	1098.84	1132.828	193.758558
9525	Eq	239560.306	3843418.97	1099.24	1132.327	193.758558
9550	Eq	239562.753	3843394.09	1099.64	1132.169	193.758558
9575	Eq	239565.2	3843369.21	1100.04	1132.351	193.758558
9600	Eq	239567.647	3843344.33	1100.44	1131.998	193.758558
9625	Eq	239570.094	3843319.45	1100.84	1131.796	193.758558
9650	Eq	239572.541	3843294.57	1101.24	1131.173	193.758558
9675	Eq	239574.988	3843269.69	1101.64	1130.037	193.758558
9700	Eq	239577.436	3843244.81	1102.04	1129.314	193.758558
9725	Eq	239579.883	3843219.93	1102.44	1129.098	193.758558
9750	Eq	239582.33	3843195.05	1102.84	1128.882	193.758558
9775	Eq	239584.777	3843170.17	1103.24	1128.667	193.758558
9800	Eq	239587.224	3843145.29	1103.64	1128.621	193.758558
9825	Eq	239589.671	3843120.41	1104.04	1128.988	193.758558
9850	Eq	239592.118	3843095.53	1104.44	1129.099	193.758558
9875	Eq	239594.565	3843070.65	1104.84	1129.361	193.758558
9900	Eq	239597.012	3843045.77	1105.24	1129.648	193.758558
9925	Eq	239599.459	3843020.89	1105.64	1129.791	193.758558
9950	Eq	239601.906	3842996.01	1106.04	1129.933	193.758558
9975	Eq	239604.353	3842971.13	1106.44	1129.927	193.758558
10000	Eq	239606.801	3842946.25	1106.84	1129.876	193.758558
10025	Eq	239609.248	3842921.37	1107.239	1130.624	193.758558
10050	Eq	239611.695	3842896.49	1107.639	1130.552	193.758558
10075	Eq	239614.142	3842871.61	1108.039	1130.212	193.758558
10100	Eq	239616.589	3842846.73	1108.439	1130.524	193.758558

10125	Eq	239619.036	3842821.85	1108.839	1131.002	193.758558
10150	Eq	239621.483	3842796.97	1109.239	1131.505	193.758558
10175	Eq	239623.93	3842772.09	1109.639	1132.008	193.758558
10200	Eq	239626.377	3842747.21	1110.039	1132.511	193.758558
10225	Eq	239628.824	3842722.33	1110.439	1133.399	193.758558
10250	Eq	239631.271	3842697.45	1110.839	1134.11	193.758558
10275	Eq	239633.718	3842672.57	1111.239	1134.82	193.758558
10300	Eq	239636.166	3842647.69	1111.639	1135.476	193.758558
10325	Eq	239638.613	3842622.81	1112.039	1135.938	193.758558
10350	Eq	239641.06	3842597.93	1112.439	1136.452	193.758558
10375	Eq	239643.507	3842573.05	1112.839	1136.706	193.758558
10400	Eq	239645.954	3842548.17	1113.239	1136.917	193.758558
10425	Eq	239648.401	3842523.29	1113.639	1136.752	193.758558
10450	Eq	239650.848	3842498.41	1114.039	1136.417	193.758558
10475	Eq	239653.295	3842473.53	1114.439	1136.082	193.758558
10500	Eq	239655.742	3842448.65	1114.839	1135.883	193.758558
10521.604	Tg	239657.857	3842427.15	1115.185	1135.58	193.758558

2. LISTING BY PASS

Cumulées (m)	Type	x (m)	y (m)	hauteur projet	hauteur terrain	gisement (grades)
25	Eq	237756.43	3851569.66	1001.07	997.588	255.789583
50	Eq	237737.22	3851553.66	1000.911	997.823	255.789583
75	Eq	237718.009	3851537.66	1000.751	997.591	255.789583
100	Eq	237698.799	3851521.66	1000.591	998.289	255.789583
125	Eq	237679.589	3851505.66	1000.432	997.88	255.789583
150	Eq	237660.379	3851489.66	1000.272	998.29	255.789583
175	Eq	237641.169	3851473.66	1000.113	998.465	255.789583
200	Eq	237621.959	3851457.67	999.953	998.164	255.789583
225	Eq	237602.749	3851441.67	999.793	997.295	255.789583
250	Eq	237583.539	3851425.67	999.634	996.426	255.789583
275	Eq	237564.329	3851409.67	999.474	995.557	255.789583
300	Eq	237545.119	3851393.67	999.314	993.664	255.789583
325	Eq	237525.909	3851377.67	999.155	993.138	255.789583
350	Eq	237506.699	3851361.67	998.995	994.187	255.789583
375	Eq	237487.489	3851345.67	998.836	995.131	255.789583
400	Eq	237468.279	3851329.67	998.676	996.615	255.789583
425	Eq	237449.069	3851313.67	998.516	997.687	255.789583
450	Eq	237429.859	3851297.67	998.357	998.278	255.789583
475	Eq	237410.649	3851281.67	998.197	998.685	255.789583
500	Eq	237391.439	3851265.68	998.037	998.522	255.789583
508.313	ORV	237385.051	3851260.36	997.984	998.403	255.789583

525	Eq	237372.228	3851249.68	997.886	998.163	255.789583
550	Eq	237353.018	3851233.68	997.769	998.316	255.789583
575	Eq	237333.808	3851217.68	997.689	998.148	255.789583
600	Eq	237314.598	3851201.68	997.646	998.201	255.789583
625	Eq	237295.388	3851185.68	997.64	997.739	255.789583
650	Eq	237276.178	3851169.68	997.67	997.239	255.789583
675	Eq	237256.968	3851153.68	997.737	995.979	255.789583
700	Eq	237237.758	3851137.68	997.841	994.167	255.789583
725	Eq	237218.548	3851121.68	997.982	992.655	255.789583
750	Eq	237199.338	3851105.68	998.159	991.799	255.789583
775	Eq	237180.128	3851089.68	998.373	991.232	255.789583
800	Eq	237160.918	3851073.69	998.624	991.112	255.789583
804.081	FRV	237157.782	3851071.07	998.669	991.082	255.789583
825	Eq	237141.708	3851057.69	998.935	990.928	255.789583
850	Eq	237122.498	3851041.69	999.238	990.969	255.789583
875	Eq	237103.288	3851025.69	999.540	991.011	255.789583
900	Eq	237084.078	3851009.69	999.843	991.218	255.789583
925	Eq	237064.868	3850993.69	1000.145	992.036	255.789583
950	Eq	237045.658	3850977.69	1000.448	992.449	255.789583
972.276	ORP	237028.541	3850963.43	1000.771	992.574	255.789583
975	Eq	237026.448	3850961.69	1000.750	992.601	255.784858
1000	Eq	237007.283	3850945.64	1001.053	992.85	255.300254
1025	Eq	236988.343	3850929.32	1001.355	992.917	254.01987
1050	Eq	236969.84	3850912.51	1001.658	992.695	251.943705
1072.275	OC	236953.91	3850896.94	1001.927	992.346	249.42343
1075	Eq	236952.006	3850894.99	1001.960	992.322	249.076487
1100	Eq	236935.042	3850876.63	1002.263	992.202	245.893388
1125	Eq	236919.017	3850857.45	1002.565	992.426	242.710289
1150	Eq	236903.97	3850837.49	1002.868	992.681	239.52719
1175	Eq	236889.941	3850816.8	1003.170	992.878	236.344092
1200	Eq	236876.963	3850795.43	1003.473	993.074	233.160993
1225	Eq	236865.068	3850773.45	1003.775	993.308	229.977894
1250	Eq	236854.288	3850750.89	1004.078	993.576	226.794795
1275	Eq	236844.648	3850727.83	1004.380	993.845	223.611696
1300	Eq	236836.173	3850704.31	1004.683	994.113	220.428597
1325	Eq	236828.884	3850680.4	1004.985	994.382	217.245498
1350	Eq	236822.799	3850656.16	1005.288	994.696	214.0624
1375	Eq	236817.934	3850631.64	1005.590	994.892	210.879301
1400	Eq	236814.3	3850606.9	1005.893	994.677	207.696202
1425	Eq	236811.906	3850582.02	1006.195	993.381	204.513103
1450	Eq	236810.76	3850557.05	1006.498	993.111	201.330004
1452.392	ORV	236810.715	3850554.66	1006.521	993.029	201.025449
1475	Eq	236810.862	3850532.05	1006.751	992.258	198.146905
1500	Eq	236812.214	3850507.09	1006.89	992.606	194.963806

1525	Eq	236814.812	3850482.23	1007.160	993.077	191.780707
1550	Eq	236818.649	3850457.53	1007.310	993.816	188.597609
1575	Eq	236823.716	3850433.05	1007.440	993.457	185.41451
1600	Eq	236830	3850408.86	1007.50	994.869	182.231411
1625	Eq	236837.485	3850385.01	1007.540	996.047	179.048312
1639.614	FRV	236842.41	3850371.25	1007.550	996.407	177.187637
1650	Eq	236846.153	3850361.56	1007.550	996.663	175.865213
1675	Eq	236855.982	3850338.58	1007.550	996.859	172.682114
1700	Eq	236866.947	3850316.11	1007.550	997.15	169.499015
1725	Eq	236879.022	3850294.22	1007.550	997.5	166.315917
1750	Eq	236892.175	3850272.97	1007.550	998.333	163.132818
1775	Eq	236906.374	3850252.39	1007.550	998.933	159.949719
1800	Eq	236921.584	3850232.56	1007.550	999.261	156.76662
1812.23	FC	236929.381	3850223.13	1007.550	999.422	155.209469
1825	Eq	236937.761	3850213.5	1007.550	999.563	153.68734
1850	Eq	236954.75	3850195.16	1007.550	998.993	151.308621
1875	Eq	236972.301	3850177.36	1007.550	1000.132	149.725683
1900	Eq	236990.181	3850159.89	1007.550	1000.414	148.938525
1912.229	FRP	236998.98	3850151.39	1007.550	1000.522	148.843317
1925	Eq	237008.173	3850142.53	1007.550	1000.677	148.843317
1930.12	Tg	237014.552	3850136.38	1007.550	1000.695	148.843317

ANNEXE B. CALCULE DE DEVERE

1. CALCULE DEVERS VOIE PRINCIPAL

COURBE01			
CLOTHOIDE 01			
Vitesse (km/h) :	170.00	Insuffisance (mm) :	112
Valeur du dévers minimum (mm) :	0.0	Valeur du dévers maximum (mm) :	115
Cumulée :	93.569 m		
Distance au dévers minimum :	0.000 m	Cumulée début :	93.569 m
Distance au dévers maximum :	115.000 m	Cumulée fin :	208.569 m
Fraction devers (depl. vert. rail bas voie intérieure)	0		
Seuil devers plateforme (mm) :	0		
Distance entre le seuil et début devers plateforme	0,00m		
Distance entre le seuil et fin devers plateforme :	115.000 m		
CLOTHOIDE 02			
Vitesse (km/h) :	170	Insuffisance (mm) :	112
Valeur du dévers minimum (mm) :	0.0	Valeur du dévers maximum (mm) :	115
Cumulée :	506.763 m		
Distance au dévers minimum :	115.00 m	Cumulée début :	621.763 m
Distance au dévers maximum :	0.000 m	Cumulée fin :	506.763 m
Fraction devers (depl. vert. rail bas voie intérieure)	0		
Seuil devers plateforme (mm) :	0.000		
Distance entre le seuil et début devers plateforme	0.000 m		
Distance entre le seuil et fin devers plateforme :	115.000 m		
COURBE2			
CLOTHOIDE 03			
Vitesse (km/h) :	220.00	Insuffisance (mm) :	134
Valeur du dévers minimum (mm) :	0.0	Valeur du dévers maximum (mm) :	138.3
Cumulée :	4005.38 m		
Distance au dévers minimum :	0.00 m	Cumulée début :	4005.380 m
Distance au dévers maximum :	170.000 m	Cumulée fin :	4175.380 m
Fraction devers (depl. vert. rail bas voie intérieure)	0		
Seuil devers plateforme (mm) :	0.000		
Distance entre le seuil et début devers plateforme	0.000 m		
Distance entre le seuil et fin devers plateforme :	170.000 m		
CLOTHOIDE 04			
Vitesse (km/h) :	220.00	Insuffisance (mm) :	134
Valeur du dévers minimum (mm) :	0.0	Valeur du dévers maximum (mm) :	138.3
Cumulée :	5487.369m		
Distance au dévers minimum :	170.000 m	Cumulée début :	5657.369 m
Distance au dévers maximum :	0.000 m	Cumulée fin :	5487.369 m
Fraction devers (depl. vert. rail bas voie intérieure)	0		
Seuil devers plateforme (mm) :	0.000		
Distance entre le seuil et début devers plateforme	0.000 m		
Distance entre le seuil et fin devers plateforme :	170.000 m		

2. CALCULE DEVERS BY PASS

COURBE01			
	CLOTHOIDE 01		
Vitesse (km/h)	100.00	Insuffisance (mm)	86
Valeur du dévers minimum (mm)	0	Valeur du dévers maximum (mm)	150
Cumulée	971.778 m		
Distance au dévers minimum	0.000 m	Cumulée début	971.778 m
Distance au dévers maximum	100.000 m	Cumulée fin	1071.778 m
Fraction devers (depl. vert. rail bas voie intérieure)	0		
Seuil devers plateforme (mm)	0.000		
Distance entre le seuil et début devers plateforme	0.000 m		
Distance entre le seuil et fin devers plateforme	100.000 m		
CLOTHOIDE 02			
Vitesse (km/h)	100.00	Insuffisance (mm)	86
Valeur du dévers minimum (mm)	0.0	Valeur du dévers maximum (mm)	150.0
Cumulée	1811.906m		
Distance au dévers minimum	100.000 m	Cumulée début	1911.906 m
Distance au dévers maximum	0.000 m	Cumulée fin	1811.906 m
Fraction devers (depl. vert. rail bas voie intérieure)	0		
Seuil devers plateforme (mm)	0.000		
Distance entre le seuil et début devers plateforme	0.000 m		
Distance entre le seuil et fin devers plateforme	100.000 m		

ANNEXE C GEOTECHNIQUE ET HYDROLOGIE

1. LES UNITES GEOTACHNIQUES

UNITE 01 : Argile limoneuse (AGL)

Paramètres	Désignation	Nombre de valeurs	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Poids volumique sec	γ_d (t/m ³)	40	0.99	1.9	1.64
Poids volumique humide	γ_h (t/m ³)	40	1.47	2.24	1.96
Teneur en eau	W (%)	40	0.92	48,00	20,98
Degré de saturation	Sr (%)	40	6,18	100,00	83,45
Granulométrie	< 2mm	40	63,71	100,00	90,37
	< 80 μ m		39,90	100,00	72,90
Limites d'Atterberg	WL (%)	24	21,00	75,00	44,63
	WP (%)		15,78	44,00	23,67
	IP (%)		4,00	31,00	21,53
VBS	(%)	16	0,42	2,45	1,25
Compression simple	Rc (MPa)	4	0.1	1.4	0.93
Compressibilité à l'odomètre	Pc (bars)	28	0.5	5.24	2.34
	Cc (%)		12.29	46.51	21.44
	Cg (%)		1.74	12.79	5.11
Cisaillement rectiligne CU	Cu (bars)	31	0.3	1.62	0.47
	ϕ_u (°)		7.29	41	23.47
Cisaillement rectiligne CD	C' (bars)	15	0.09	1.2	0.32
	Φ' (°)		14	51	31.53
Analyse chimique	PH	14	7	8.91	/
	Sulfates (%)		0.2	0.42	/
	Carbonates (%)		0.44	32.12	/
	Chlorures(%)		0.04	0.11	/
Pression limite	PI (MPa)	54	2.55	7.29	4.95
Module préssiométrique	Em (MPa)	54	64.13	185.44	131.27
CLASSE GTR	A2m				
CLASSE UIC	QS1				

UNITE 02 : Argile AG

Paramètres	Désignation	Nombre de valeurs	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Poids volumique sec	γ_d (t/m ³)	11	1.75	2.04	1.88
Poids volumique humide	γ_h (t/m ³)	11	2.03	2.35	2.15
Teneur en eau	W (%)	11	12.21	16.57	14.61
Degré de saturation	Sr (%)	11	81.21	100	91.70
Granulométrie	< 2mm	11	69.99	100	90.47
	< 80 μ m		59	100	86.19
Limites d'Atterberg	WL (%)	11	36	45	40.63
	WP (%)		20	29	24.18
	IP (%)		9	21	15.75
VBS	(%)	/	/	/	/
Compression simple	Rc (Bars)	5	0.2	6.2	3.04
Compressibilité à l'odomètre	Pc (bars)	07	1.07	5.14	2.77
	Cc (%)		14.82	37.9	19.92
	Cg (%)		2.26	9.55	4.7
Cisaillement rectiligne UU	Cu (bars)	04	0.33	0.55	0.44
	ϕ_u (°)		12.33	21.03	15.28
Cisaillement rectiligne CD	C' (bars)	04	0.17	0.38	0.3
	Φ' (°)		14.21	23	17.45
Analyse chimique	PH	7	8.1	8.86	8.31
	Sulfates (%)	7	0.19	0.39	0.27
	Carbonates (%)	7	0	11	4.51
	Chlorures(%)	7	0.07	0.53	0.19
Pression limite	PI (MPa)	14	4.98	5.04	5
Module préssiométrique	Em (MPa)	14	88.4	211	152.47
CLASSE GTR	A2S				
CLASSE UIC	QS1				

UNITE 03 : Argilite (ARG)

Paramètres	Designation	Nombre de valeurs	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Poids volumique sec	γ_d (t/m ³)	5	1.84	2.12	2.02
Poids volumique humide	γ_h (t/m ³)	5	2.12	2.54	2.32
Teneur en eau	W (%)	5	10.3	15.27	12.2
Degré de saturation	Sr (%)	5	91.92	100	97.98
Granulométrie	< 2mm	4	75.83	96.26	89.91
	< 80 μ m		60.85	96.26	84.41
Limites d'Atterberg	WL (%)	3	34.93	44	38.98
	WP (%)		21	29	25.33
	IP (%)		13	19	16
Compression simple	Rc (MPa)	4	7.3	359.30	99.53
Analyse chimique	PH	2	7.8	8.1	/
	Sulfates (%)	2	0.26	0.65	/
	Carbonates (%)	2	0.54	0.88	/
	Chlorures (%)	2	0.14	0.60	/
Pression limite	PI (MPa)	6	5.05	7.55	6.22
Module préssiométrique	Em (MPa)	6	97.82	1180.29	113.44
Classe GTR	A2ts				
Classe UIC	QS0				

2. Résultats des sondages carottiers F 02- SB



RAPPORT DE FORAGE

Sondage : F-02-SB

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh

Dossier N° : GLX-15-014

Endroit : PK 01+ 752

Client : SETIRAIL

Date début : 12/06/2015
Date fin : 12/06/2015
Profondeur forée (m) : 15
Niveau d'eau (m) : 4,1

Coordonnées GPS:
X : 236966
Y : 3850204
Z :

Boue de forage : Eau claire
Type forage : Carottage + SPT
Foreuse : FORDIA

Etat des échantillons :



Échelle (m)	Élévation (m)	Profondeur (m)	Récupération	SPT (N1 + N2)	RQD	Tubage	Carottier	État	Profondeur Échantillon	Niveau d'eau	DESCRIPTION
			25 50 75 100								
1.0	-0.80	0.80	80 %								Terre végétale.
	-0.80	1.50									Remblai.
2.0											
3.0											
4.0											
5.0				24			SPT		4.50		
6.0			93 %						4.95		
7.0											
8.0				31			SPT		6.12		
9.0									6.50		
10.0	-9.80	9.80		39			SPT		7.50		
11.0									7.95		
12.0									8.36		
13.0									8.56		
14.0			94 %						9.00		
15.0	-15.00	15.00							9.20		
16.0									9.45		
17.0									11.16		
									11.37		
									12.27		
									12.60		
									13.68		
									13.89		
											Argile sableuse caillouteuse verdâtre, compacte à ferme carbonatée, passage gréseux entre (5.8 et 6.1)m et (6.5 et 6.7) m récupéré sous forme de fragments.
											Argile ferme grisâtre carbonaté.
											Fin du forage à une profondeur de 15 m.

REMARQUES :

TYPE CAROTTIER :

ABREVIATIONS :

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

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

Préparé par : T.MARMOUZ

Vérifié par : FBEGHACHI

30/06/2015

Page : 1 de 1



Projet : Étude APD de la nouvelle
ligne électrifiée entre Saida et El-Bayadh
(200 Km)

Sondage : F-02-SB - Caisse n° : 1/3

Profondeur : 0,00 à 5,00 m



Projet : Étude APD de la nouvelle
ligne électrifiée entre Saida et El-Bayadh
(200 Km)

Sondage : F-02-SB - Caisse n° : 2/3

Profondeur : 5,00 à 10,00 m



Projet : Étude APD de la nouvelle
ligne électrifiée entre Saida et El-Bayadh
(200 Km)

Sondage : F-02-SB - Caisse n° : 3/3

Profondeur : 10,00 à 15,00 m



RAPPORT D'ESSAI ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF P 94-056 / NF P 94-057

Client : SETIRAIL

N° Projet : GLX-15-014

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh Réf. Client :

Endroit : Saida- El Bayadh

N° rapport :

Sondage n° : F-02-SB

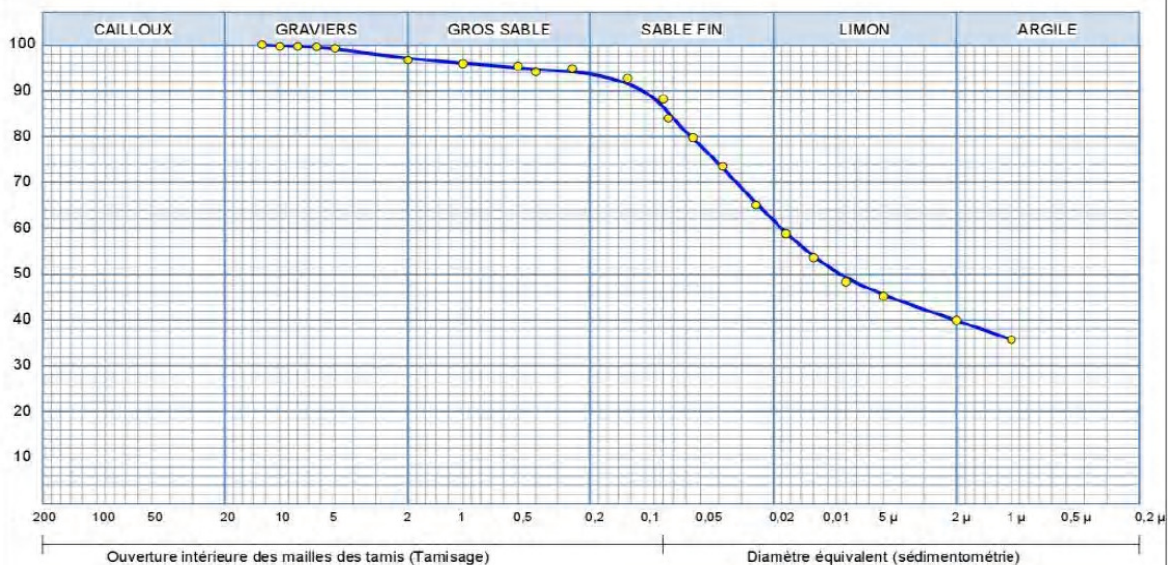
—●— Sondage: F-02-SB : 06.12 - 06.50

Profondeur : 06.12 - 06.50

Matériaux : Argile sableuse

Provenance :

Date essais : 23/08/2015



Analyse Granulométrique		Analyse sédimentométrique	
Tamisé (mm)	Tamisé (%)	Diamètre équivalent	Tamisé (%)
12,50	100,00	75,00 μm	83,99
10,00	99,07	55,00 μm	79,79
8,00	99,67	38,00 μm	73,50
6,30	99,58	25,00 μm	65,10
5,00	99,28	17,00 μm	58,81
2,00	96,71	12,00 μm	53,56
1,00	95,87	8,00 μm	48,31
0,50	95,31	5,00 μm	45,17
0,40	94,13	2,00 μm	39,92
0,25	94,83	1,00 μm	35,72
0,13	92,71		
0,08	88,19		

Echant	< 80 μ	LIMITES D'ATTERBERG			Classificat°
		W.L (%)	W.P (%)	I.P (%)	
—●—	88,19 %	42 %	22 %	20 %	Ap

© SoTests 2013

Remarque :

Préparé par :

B.N

Approuvé par :

ZEGGAGH SOFIANE

Date :

28/08/2015



RAPPORT D'ESSAI

Masse Volumique des sols fins
Teneur en eau pondérale

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifée entre Saida et El Bayadh

Client : SETIRAIL

Lieu :

N° Dossier : GLX-15-014

Sondage : F-02-SB

Profondeur : 06.12 - 06.50 m

Date Essai : 09/08/2015

Température étuve : °C

Nature Sol :

Détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux Méthode par étuvage (NF P94-050)

N°Echant	1						
Poids total humide (g)	2944,7						
Poids total sec (g)	2552,3						
Poids de la tare (g)	674						
Poids d'eau	392,40						
Poids du sol sec (g)	1878,30						
Teneur en eau (%)	20,89						
Weau (%)	20,89						

Détermination de la Masse Volumique des sols fins Méthode par immersion dans l'eau (NF P94-053)

N°Echant	1						
Poids total sans paraffine (g)	214,9						
Poids total avec paraffine (g)	218,7						
Poids total dans l'eau (g)	96,5						
Volume brute (cm³)	122,20						
Volume de la paraffine (cm³)	4,32						
Volume net (cm³)	117,88						
Masse volumique (g/cm³)	1,82						
γ_h (g/cm³)	1,82						
γ_d (g/cm³)	1,51						
Sr (%)	73,33						

* Densité Paraffine = 0.88 g/cm³

* Densité de l'eau = 1 g/cm³

Remarque :

Chargé de l'essai : B.N

Responsable : ZEGGAGH SOFIANE



RAPPORT D'ESSAI

Les Limites d'Atterberg: NF P94-051

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh

Client : SETIRAIL

Lieu :

N° Dossier : GLX-15-014

Sondage : F-02-SB

Profondeur : 06.12 - 06.50 m

Date Essai : 18/08/2015

Température étuve : 105 °C

Nature Sol :

Détermination de la limite de Liquidité

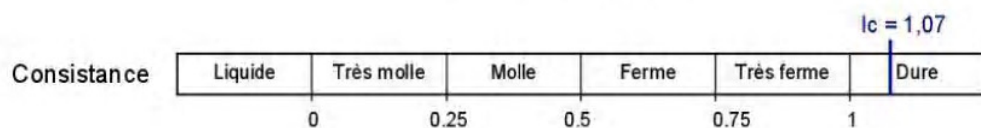
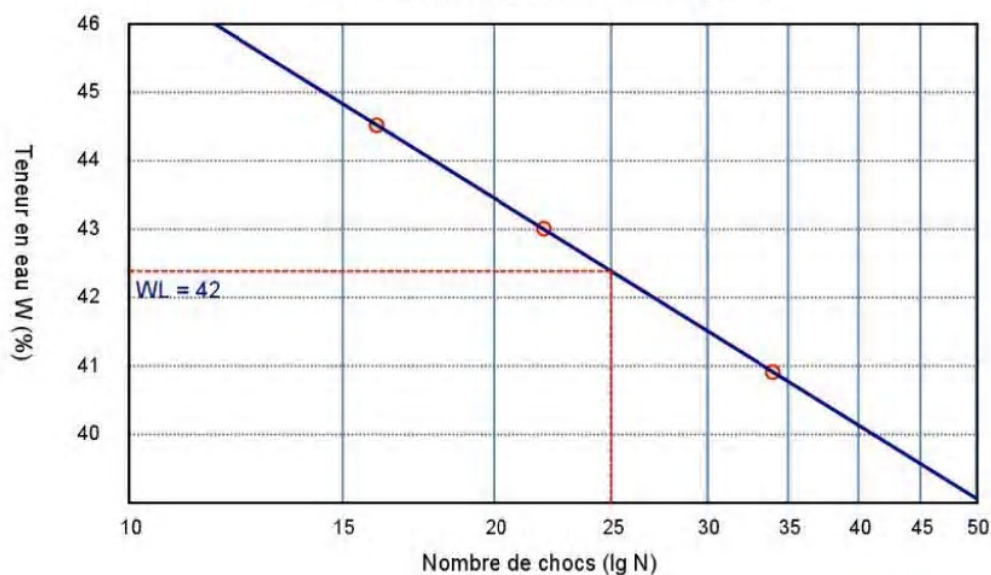
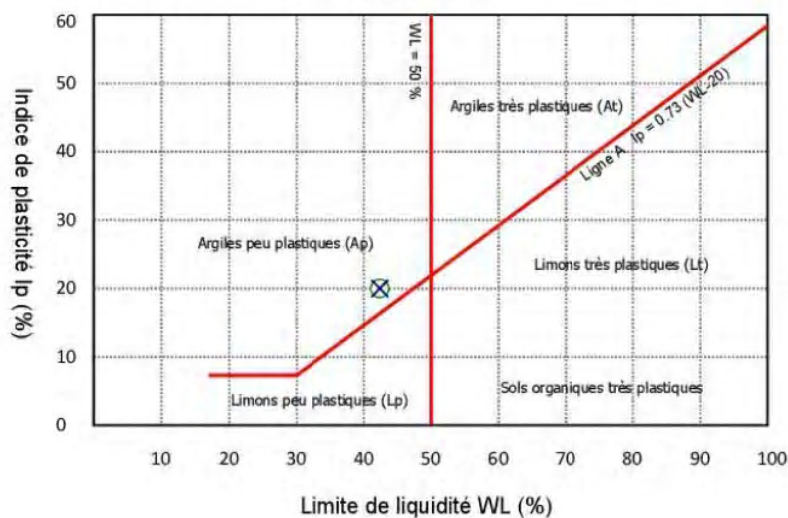


Diagramme de Casagrande



Limite de liquidité WL = 42 %
Limite de plasticité Wp = 22 %
Indice de plasticité Ip = 20 %
Teneur en eau W = 20,89 %
Indice de consistance Ic = 1,07

Remarque :



RAPPORT D'ESSAI
COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE
XP P 94-090-1

Client : SETIRAIL

N° Projet : GLX-15-014

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh

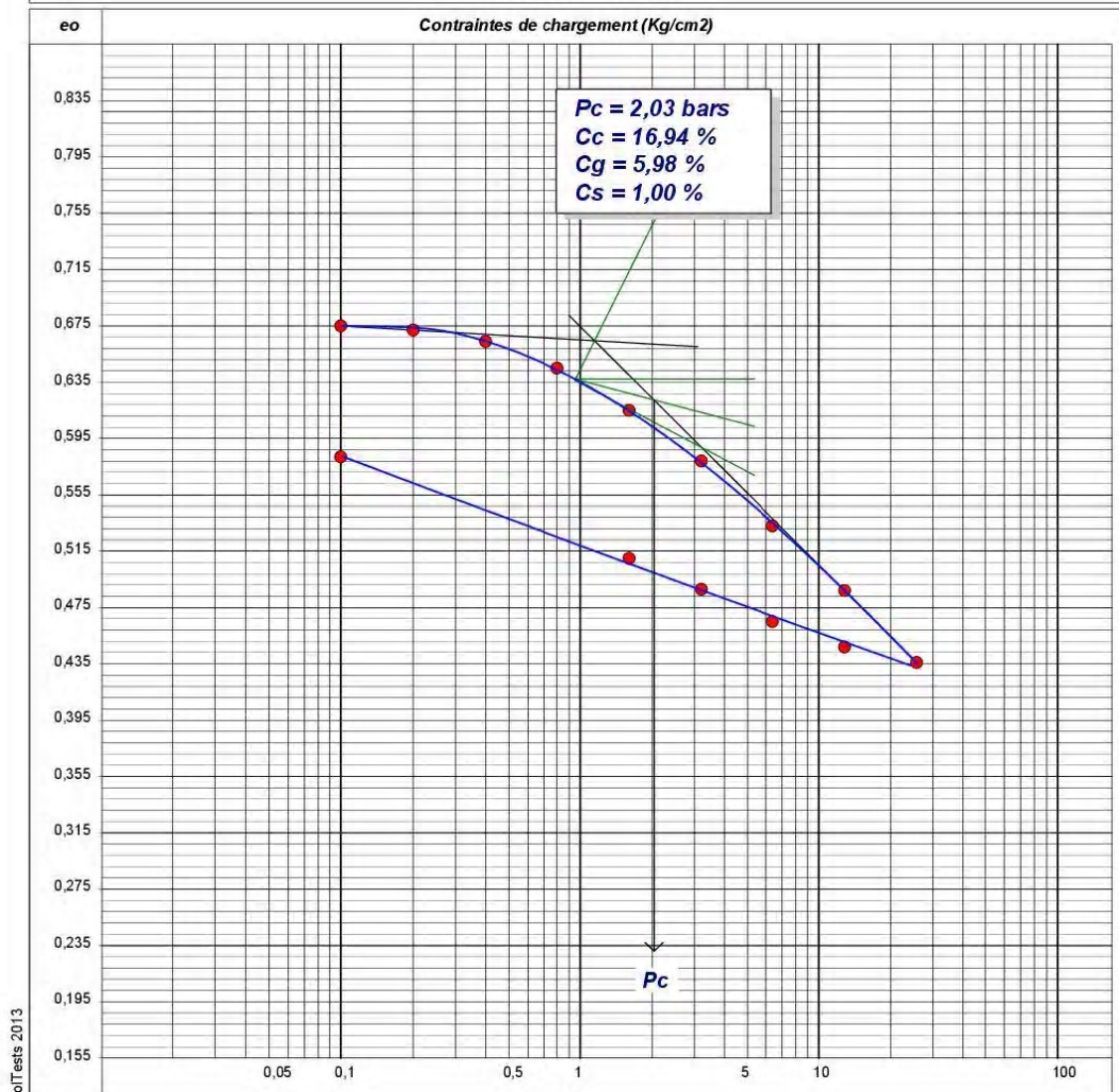
Endroit : Saida- El Bayadh

Sondage n° : F-02-SB

Profondeur : 06.12 - 06.50

Nature :

Date essais : 28/07/2015



Remarque :

Préparé par :

A OKBA

Approuvé par :

ZEGGAGH SOFIANE

Date :

15/08/2015



ESSAI DE COMPRESSION AXIALE
Selon la norme NF P 94-077

Sols

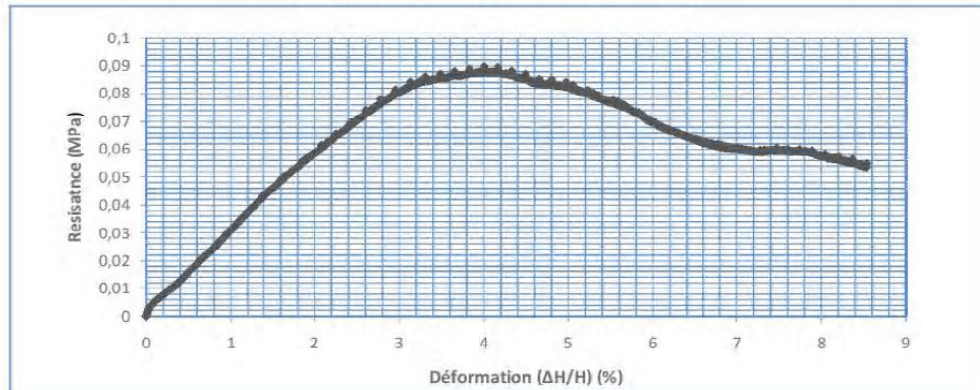
Ref :
SU-0909-AG15

N° échantillon : **	N° de sondage : F-02-SB	REFERENCE MATERIEL
Date de prélèvement **	Profondeur : 06,12m-06,50 m	Etuve ET03
Cliant : SETIRAIL	Date de l'essai : 17/08/2015	Balance BAL03

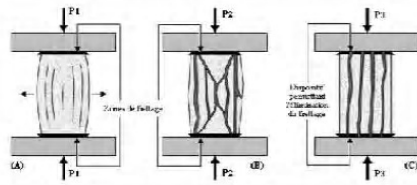
Projet : Etude APD et DCE de la nouvelle ligne Electricité Entre SAIDA et ELBAYADH(200Km).

N° Carotte	Type de rupture de la carotte	Vitesse mm/min	Diam. (mm)	Haut. (mm)	γ (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	W (%)	RC (MPa)
1	B	1,6	85	170	1,83	1,53	19,49%	0,09
2								

COURBE D'ECRASEMENT DES EPROUVETTES



Types de ruptures



Observations :

LE CHEF DE DEPARTEMENT
S.ZEGGAGH

3. Résultats des Puits de reconnaissance PU 03 -SB

	PROJET : Etude APD et DCE la nouvelle ligne électrifiée entre SAIDA/EL BAYADH	ENTREPRISE REALISANT LE PUITS : INZAMAC ALGER RH	TEMPS D'OUVERTURE DU PUITS (h) : 1h	PUITS N°: PU-03
	REFERENCE : GLX-15-014	EQUIPEMENT D'EXCAVATION : Pelle mécanique	TAILLE DU PUITS (longueur/prof) (m) : 3,8*0,8*3,5	
	PUISANCE DE L'EQUIPEMENT (CV) :			
SITUATION DU PUITS (PK.) :		LONGUEUR DU BRAS (m) : 6m	NOM DU GÉOLOGUE : MARMOUZ Taou	
DISTANCE L'AXE DU TRACÉ INDIQUER DROIT OU GAUCHE :		DATE DE LA RÉALISATION DU PUITS : 11/06/2015		
COORDONNÉES (X, Y) : 238861-3848298				

Profondeur (m)	Profondeur du toit de la couche (m)	Orientation des couches		Description lithologique (1a)	Profilométrie du niveau piézométrique (niveau factuel) (m) (36a)	Présence de roches carbonatées (38a)	Type d'altération (39a)	Degré de cimentation (2a)	Résistance à l'excavation (6a)	Degré de stabilité des parois (5a)	# fractures (6a)	Risque d'écoulement "in situ" (13a)	Courbure des angles (34a), 39.621 (2a)	Composition granulométrique des sables (2b)
		Direction de pendage (°)	Pendage (%)											
0.00				Terre végétale,										
0.50	0.63													
1.00														
1.50														
2.00	2.50			Argile limonneuse marne à verdâtre, compacte avec traces d'oxydation, avec aspect strié.										
2.50														
3.00														
3.50	3.5													
4.00														
4.50														
5.00														

PRESENTATION PHOTOGRAPHIQUE DU PUITS

Photo N° 01 :



Photo N° 02 :



Photo N° 03 :



Legend

(2a) Compacité, densité relative des sables (Concours de stabilité et ou 2002)

(2b) Degré de cimentation

(3a) Nature composition de l'argile (nature, degré d'hydratation, couleur, notes organiques et autres aspects)

(3b) Résistance à l'excavation

(3c) Type d'altération (craquelure, (a) = adhésive, (b) = friable, (c) = déstructurée)

(3d) Degré de stabilité des parois

(3e) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3f) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3g) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3h) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3i) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3j) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3k) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3l) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3m) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3n) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3o) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3p) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3q) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3r) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3s) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3t) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3u) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3v) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3w) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3x) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3y) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)

(3z) Stabilité de la paroi (stabilité, stabilité, stabilité)



RAPPORT D'ESSAI ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF P 94-056 / NF P 94-057

Client : SETIRAIL

N° Projet : GLX-15-014

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saïda et El Bayadh Réf. Client :

Endroit : Saïda- El Bayadh

N° rapport :

Sondage n° : PU-03-SB

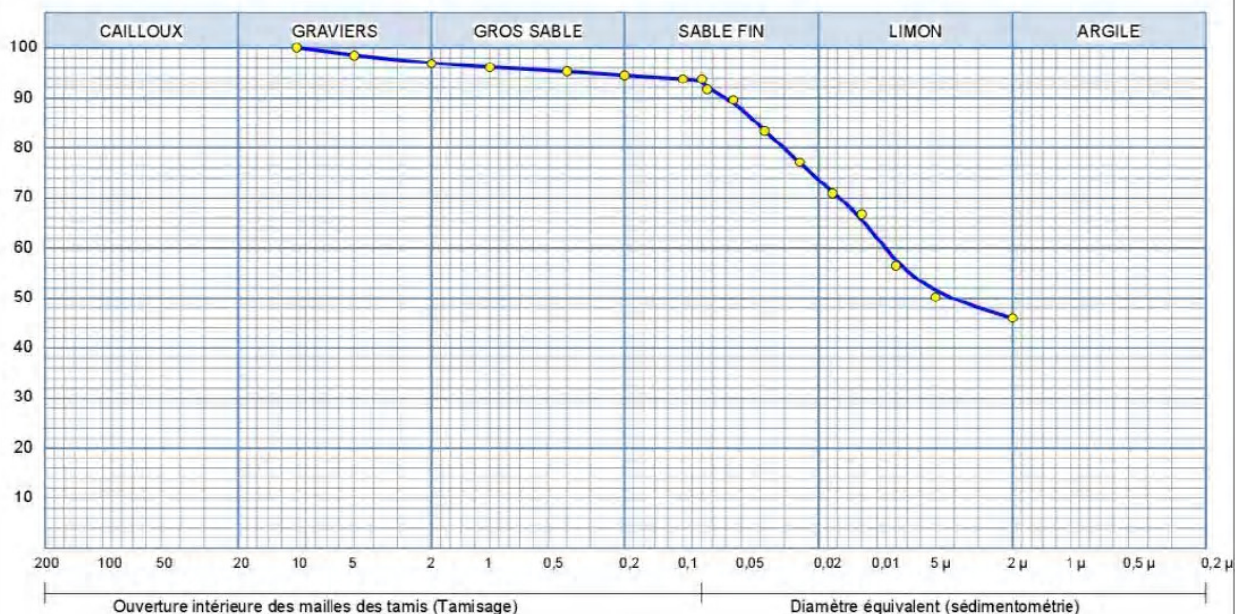
Profondeur : 00.60 - 03.50

Matériaux :

Provenance :

Date essais : 25/09/2015

Sondage: PU-03-SB : 00.60 - 03.50



Analyse Granulométrique		Analyse sédimentométrique	
Tamis (mm)	Tamisat (%)	Diamètre équivalent	Tamisat (%)
10,00	100,00	75,00 μm	91,68
5,00	98,44	55,00 μm	89,60
2,00	96,88	38,00 μm	83,38
1,00	96,09	25,00 μm	77,15
0,40	95,31	17,00 μm	70,93
0,20	94,53	12,00 μm	66,78
0,10	93,75	8,00 μm	56,40
0,08	93,75	5,00 μm	50,18
		2,00 μm	46,03

Echant	< 80 μ	LIMITES D'ATTERBERG			Classificat*
		W.L (%)	W.P (%)	I.P (%)	
—●—	93,75 %	48 %	20,1 %	27,9 %	Ap

© SolTests 2013

Remarque :

Préparé par :
M.B

Approuvé par :
ZEGGAGH SOFIANE

Date :
28/09/2015

F. BAIL INZANAB ALGERIE
Chef de Projet



LIMITES D'ATTERBERG

Selon la norme NF 94-051

Client : SETIRAIL	N° échantillon : 03	Puits n° : PU-03-SB
Provenance : Saida- El Bayad	Profondeur : 0.6 à 3.50 m	Date de l'essai : 15/08/2015
Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh	Code : SU-873-AG15	

Limite de Plasticité

	1 ^{er} Essai		2 ^{ème} Essai		3 ^{ème} Essai	
N° Tare	A	B	C	D	E	9
Poids total humide	10.186	10.195	10.239	10.481	9.908	10.829
Poids total sec	10.008	10.015	10.016	10.250	9.735	10.657
Poids de la tare	9.129	9.111	8.906	9.100	8.874	9.817
Poids de l'eau	0.178	0.180	0.223	0.231	0.173	0.172
Poids du sol sec	0.879	0.904	1.11	1.15	0.861	0.84
Teneur en eau (%)	20.25	19.91	20.09	20.09	20.09	20.48
Moyenne	20.08 %		20.09 %		20.29 %	

Limite de plasticité $W_p = 20.1 \%$

Limite de Liquidité à la coupelle de casagrande

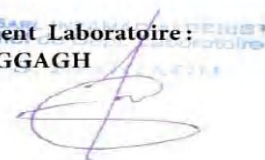
	1 ^{er} Essai		2 ^{ème} Essai		3 ^{ème} Essai		4 ^{ème} Essai		5 ^{ème} Essai	
Nombre de choc	16		22		26		29		37	
N° Tare	I 05	I 12	I 07	I 06	I 08	I 09	I 11	I 10	H 01	H 02
Poids total humide	17.235	17.044	17.293	17.467	17.444	17.348	17.489	16.471	19.161	17.435
Poids total sec	15.541	15.404	15.676	15.546	15.707	15.665	15.696	14.949	16.885	15.688
Poids de la tare	12.154	12.113	12.372	11.640	12.061	12.151	11.921	11.757	12.013	11.919
Poids de l'eau	1.694	1.64	1.617	1.921	1.737	1.683	1.793	1.522	2.276	1.747
Poids du sol sec	3.387	3.291	3.304	13.906	3.646	3.514	3.775	3.192	4.872	3.769
Teneur en eau (%)	50.01	49.83	48.94	49.18	47.64	47.89	47.50	47.68	46.63	46.35
Moyenne	49.9 %		48.1 %		47.8 %		47.6 %		46.5 %	

Limite de Liquidité $W_L = 48 \%$

DETERMINATION D'INDICE DE PLASTICITE

Limite de Plasticité $W_p = 20.1 \%$	Indice de Plasticité $IP = 28$
Limite de Liquidité $W_L = 48 \%$	
Teneur en eau du sol $W_N = 14.8 \%$	Indice de consistance $I_c = 1.2$

Chef de Département Laboratoire :
S.ZEGGAGH





ESSAI PROCTOR
Selon la norme NF P 94-093

Essai: - Modifié - Normale X:

Client : SETIRAIL	N° échantillon : S	Date de prélèvement : **
Provenance : Saida- El Bayad	Profondeur : 0.60 à 3.50	Date de l'essai : 16/09/2015
Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh	m Puits n° : PU-03-SB	Nom opérateur : Dj Boulmaâli

Densité apparente sèche :

Echantillon n° :	1	2	3	4	5
Eau ajoutée (%)	12 %	14 %	16 %	18 %	20 %
Poids total humide (Pth)	4949	4998	5092	5143	5175
Poids moule vide (PM)	3319	3319	3319	3319	3319
Poids sol humide (Ph)	1630	1679	1773	1824	1856
Poids sol sec [$P_s = P_h / (1 - w)$]	1430	1446	1506	1525	1518
Volume du moule (V)	942	942	942	942	942
Masse volumique sec ($\gamma_d = M_s / V$)	1.52	1.54	1.60	1.62	1.61

Teneur en eau

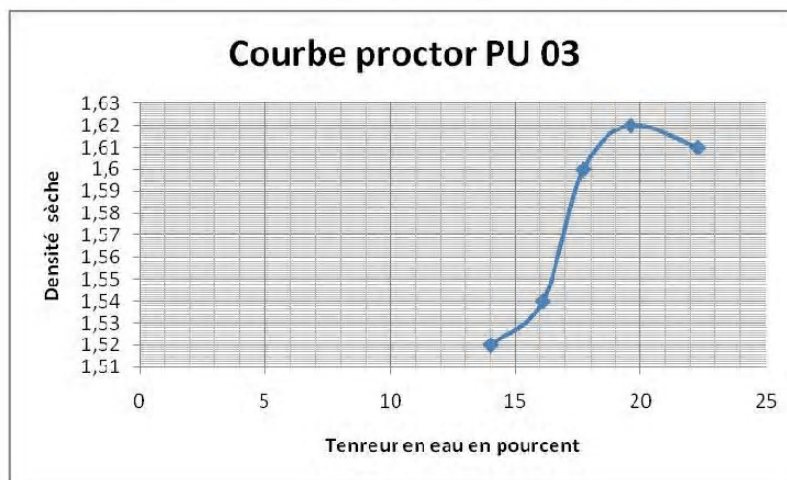
Numéro de la tare										
Poids total humide (Pth)	410	414	408	396	373	383	363	371	309	321
Poids total sec (Pts)	388	390	383	372	350	360	333	340	293	303
Poids de la tare (Po)	224	226	228	223	222	228	181	180	221	223
Poids de l'eau [$P_w = P_{th} - P_{ts}$]	22	24	25	24	23	23	30	31	16	18
Poids du sol sec ($P_s = P_{ts} - P_o$)	164	164	155	149	128	132	152	160	72	80
Teneur en eau (%) ($w = P_w / P_s$)	13.4	14.6	16.2	16.1	18	17.4	19.7	19.4	22.2	22.5
Moyenne (%) :	14 %	16.1 %	17.7 %	19.6 %	22.3 %					

- Densité sèche maximale : 1.62

- Teneur en eau optimal : 19.6 %

Chef de Département Laboratoire :
S.ZEGGAGH

REPRESENTATION GRAPHIQUE



Résultats de l'essai

W_{OPM} = 19.6 %	ρ_d = 1.62
Essai effectué sur les éléments : 5 mm 20 mm	
Refus à 20 mm : m = %	
Correction en fonction de la granulométrie	
$\omega' = \omega_{omp} \times \left(1 - \frac{m}{100}\right)$	$\rho'_d = \frac{\rho_d}{1 + \frac{m}{100} \times \left(\frac{\rho_d}{\rho_s} - 1\right)}$
ω' =	ρ' _d =

Avec :

W : teneur en eau Proctor du matériau 0/D, en pourcentage,
 W : teneur en eau Proctor du matériau déterminée sur la fraction 0/20, en pourcent,
 m : proportion de la fraction 0/20 dans le matériau, en pourcent,
 ρ'_d : masse volumique sèche Proctor du matériau 0/D, en tonnes par mètre cube,
 ρ_d : masse volumique sèche déterminée sur la fraction 0/20, en tonnes par mètre cube.
 ρ_s : masse volumique sèche des particules élémentaires du sol, en tonnes par mètre cube,



ESSAI C.B.R
Selon la norme NF P 94-078

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifée entre Saïda et El Bayadh	N° échantillon : PU-03-SB Profondeur : 00.60-03.50m Date d'essai : 09/09/2015	Intensité de compactage : 10 c/c Nom opérateur : Djamel B Indice Portant : ** CBR immergé à 4 jours : 0
---	--	--

I- Etat initial de l'échantillon étudié

			<u>DENSITE SECHE :</u>	
N° de la tare :	1	2	P. total humide :	14105
P. total humide :	468	457	P. du moule	10894
P. total sec :	420	411	P. du sol humide :	3211
P. de la tare :	182	179	Teneur en eau (%) :	20
P. de l'eau :	48	46	P. sec calculé :	2676
P. du sol sec :	238	232	Volume du moule :	2104
Teneur en eau :	20.17 %	19.83 %	Densité sèche ps : 1.27	
Moyenne :	20			

II- Etat final de l'échantillon après imbibition

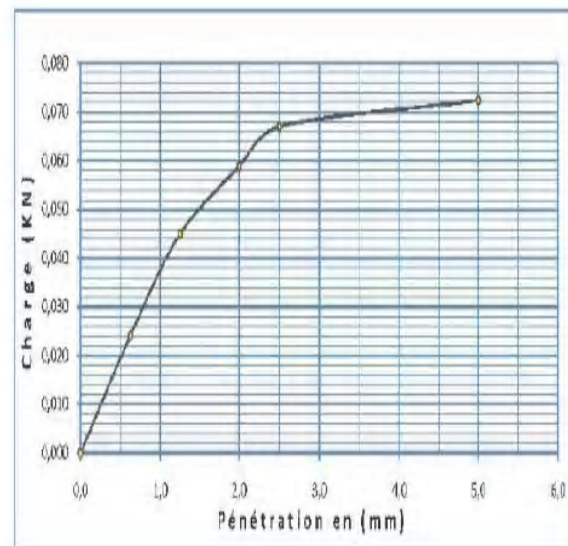
<u>TENEUR EN EAU APRES IMBIBITION (%) :</u>			<u>POIDS APPROXIMATIF DU SOL IMBIBE .:</u>			
N° de la tare :	1	2	P. total humide après imbibition :		14553	
P. total humide :	381	482	P. total avant imbibition :		14105	
P. total sec :	331	433	P. de l'eau absorbée :		448	
P. de la tare :	182	291	Différence de teneur en eau :		24	
P. de l'eau :	50	49	P. app. de sol imbibé :		3659	
P. du sol sec :	149	142	Profondeur conventionnelle d'imbibition :			
Teneur en eau :	33.56 %	34.50 %				
Moyenne :	34.03 %					
Gonflement :	Temps	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	Gonflement relatif
	Lecture du comparateur en 1/100 mm	3.98	4.65	5.12	5.42	4.7
	Valeur du gonflement					

Date de Poinçonnement : 13/09/2015

Lecture Initiale du cadran de la presse :

Temps	Enfon- cement	Force totale		Pression en KG/cm ²
		Lecture	Valeur	
30''	0,625	1	0.0241	
1'	1,25	1	0.0450	
1'40''	2	1	0.0588	
2'	<u>2,5</u>	1	0.0670	
4'	<u>5</u>	3	0.0724	

COURBE DE POINÇONNEMENT



CALCUL DE L'INDICE PORTANT

$$\begin{aligned} & F(2,5) \\ \text{à } 2,5 \text{ mm : } & \frac{\quad}{13.35} \times 100 = 0.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & F(5) \\ \text{à } 5 \text{ mm : } & \frac{\quad}{19.93} \times 100 = 0.4 \text{ D'où } \text{ICBR} = 0.4 \end{aligned}$$

Chef de Département Laboratoire :

S.ZEGGAGH



ESSAI C.B.R
Selon la norme NF P 94-078

Projet : Campagne Géotechnique
Ligne Electrifiée entre
Saida et El Bayadh

N° échantillon : PU 03
Profondeur : 00.60-03.50m
Date d'essai : 09/09/2015

Intensité de compactage : 25 c/c
Nom opérateur : Djamel B
Indice Portant : **
CBR immergé à 4 jours : 1

I- Etat initial de l'échantillon étudié

			<u>DENSITE SECHE :</u>	
N° de la tare :	1	2	P. total humide :	14718
P. total humide :	450	427	P. du moule	10994
P. total sec :	413	386	P. du sol humide :	4034
P. de la tare :	224	179	Teneur en eau (%) :	19.7
P. de l'eau :	37	41	P. sec calculé :	3370
P. du sol sec :	189	207	Volume du moule :	2104
Teneur en eau :	19.58 %	19.81 %	Densité sèche ps : 1.60	
Moyenne :	19.7 %			

II- Etat final de l'échantillon après imbibition

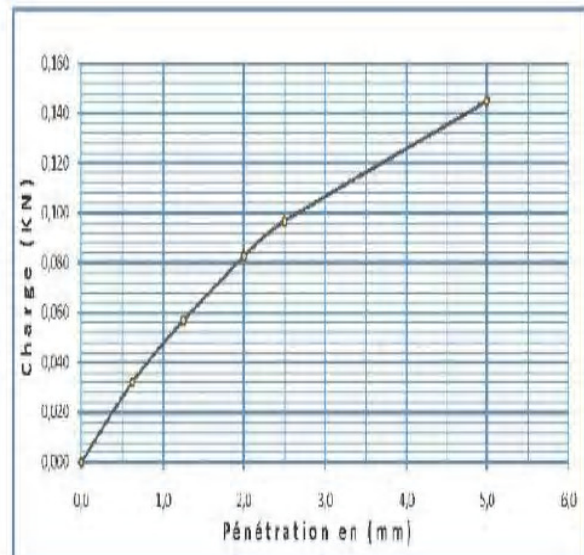
<u>TENEUR EN EAU APRES IMBIBITION (%) :</u>			<u>POIDS APPROXIMATIF DU SOL IMBIBE :</u>			
N° de la tare :	1	2	P. total humide après imbibition :	15046		
P. total humide :	588	574	P. total avant imbibition :	14718		
P. total sec :	536	522	P. de l'eau absorbée :	328		
P. de la tare :	384	368	Différence de teneur en eau :	14		
P. de l'eau :	52	52	P. app. de sol imbibé :	4052		
P. du sol sec :	152	154	Profondeur conventionnelle d'imbibition :			
Teneur en eau :	34.21 %	33.77 %				
Moyenne :	34.0					
Gonflement :	Temps	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	Gonflement relatif
	Lecture du comparateur en 1/100 mm	5.60	6.20	6.64	7.02	6
	Valeur du gonflement					

Date de Poinçonnement : 13/09/2015

Lecture Initiale du cadran de la presse :

Temps	Enfon- cement	Force totale		Pression en KG/cm ²
		Lecture	Valeur	
30''	0,625	1	0.0321	
1'	1,25	1	0.0568	
1'40''	2	3	0.0825	
2'	<u>2,5</u>	4	0.0966	
4'	<u>5</u>	6	0.1449	

COURBE DE POINÇONNEMENT



CALCUL DE L'INDICE PORTANT

$$\begin{aligned}
 & \text{à } 2,5 \text{ mm : } \frac{F(2,5)}{13.35} \times 100 = 0.7 \\
 & \text{à } 5 \text{ mm : } \frac{F(5)}{19.93} \times 100 = 0.7 \text{ D'où ICBR} = 0.7
 \end{aligned}$$

Chef de Département Laboratoire :
S.ZEGGAGH

Stamp: LABORATOIRE D'ESSAIS
13/09/2015
Signature: [Handwritten signature]



ESSAI C.B.R Selon la norme NF P 94-078

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh	N° échantillon : PU 03 Profondeur : 00.60-03.50m Date d'essai : 0909/2015	Intensité de compactage : 56 c/c Nom opérateur : Djamel B Indice Portant : ** CBR immergé à 4 jours : 1
--	--	--

I- Etat initial de l'échantillon étudié

			<u>DENSITE SECHE :</u>	
N° de la tare :	1	2	P. total humide :	14928
P. total humide :	420	534	P. du moule	10894
P. total sec :	380	489	P. du sol humide :	4034
P. de la tare :	183	259	Teneur en eau (%) :	19.9
P. de l'eau :	40	45	P. sec calculé :	3363
P. du sol sec :	197	230	Volume du moule :	2104
Teneur en eau :	20.30 %	19.57 %	Densité sèche ps :	1.60
Moyenne :	19.9 %			

II- Etat final de l'échantillon après imbibition

<u>TENEUR EN EAU APRES IMBIBITION (%) :</u>			<u>POIDS APPROXIMATIF DU SOL IMBIBE :</u>			
N° de la tare :	1	2	P. total humide après imbibition :		15124	
P. total humide :	681	566	P. total avant imbibition :		14928	
P. total sec :	612	524	P. de l'eau absorbée :		196	
P. de la tare :	372	387	Différence de teneur en eau :		9.8	
P. de l'eau :	69	42	P. app. de sol imbibé :		4230	
P. du sol sec :	240	137	Profondeur conventionnelle d'imbibition :			
Teneur en eau :	28.75 %	30.66 %				
Moyenne :	29.7 %					

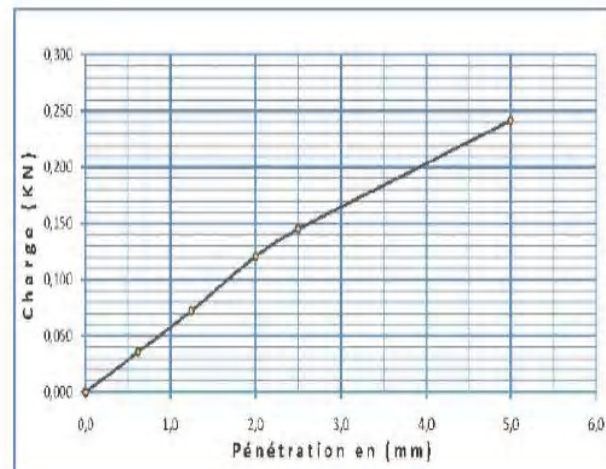
Gonflement :	Temps	1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	Gonflement relatif
	Lecture du comparateur en 1/100 mm	4.85	5.25	5.66	5.86	5
	Valeur du gonflement					

Date de Poinçonnement : 13/09/2015

Lecture Initiale du cadran de la presse :

Temps	Enfon- cement	Force totale		Pression en KG/cm ²
		Lecture	Valeur	
30''	0,625	1	0.0358	
1'	1,25	3	0.0724	
1'40''	2	5	0.1207	
2'	<u>2,5</u>	6	0.1449	
4'	<u>5</u>	10	0.2415	

COURBE DE POINCONNEMENT



CALCUL DE L'INDICE PORTANT

$$\begin{aligned} & \frac{F(2,5)}{\text{à } 2,5 \text{ mm :}} \times 100 = 1 \\ & \quad 13.35 \\ & \frac{F(5)}{\text{à } 5 \text{ mm :}} \times 100 = 1 \text{ D'où ICBR}=1 \\ & \quad 19.93 \end{aligned}$$

Chef de Département Laboratoire:
S.ZEGGAGH

[Signature]

4. Résultats d'essais préssiométrique Ménard SP-01-SB



RAPPORT DE SONDAGE Essai Pressiométrique Menard NF P 94-110-1

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh

N° Dossier : GLX-15-014

Lieu : Saida- El Bayadh

Cliant : SETIRAIL

Sondage N°: SP01

Appareil:

Date essai : 10/07/2015

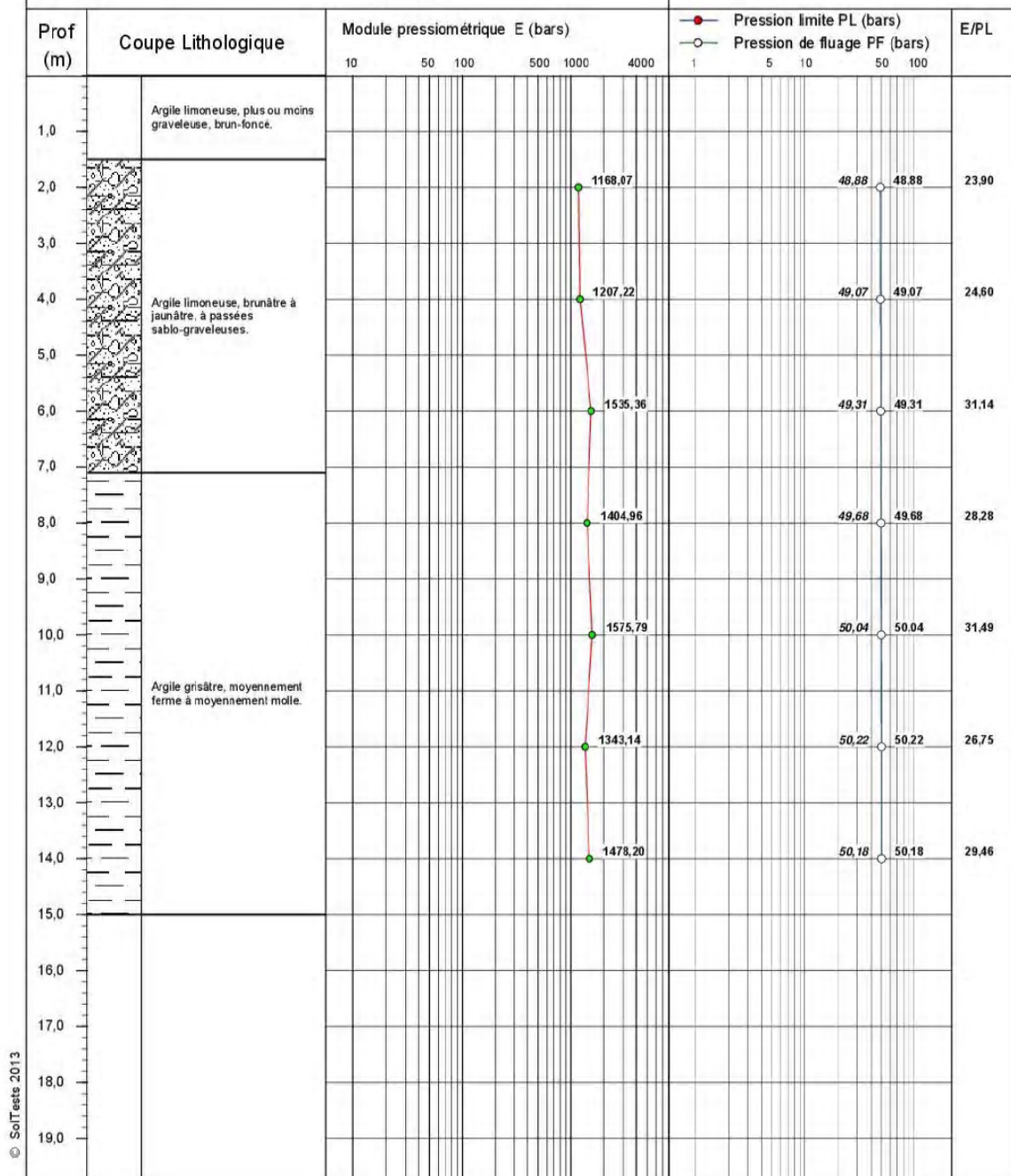
Profondeur nappe / TN (m):

Coordonnées GPS :

X : 236 413

Z :

Y : 3 850 739



© SolTeeste 2013

Remarque :



RAPPORT D'ESSAI Essai Pressiométrique Menard NF P 94-110-1

Client : SETIRAIL
Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh
Endroit : Saida- El Bayadh

N° Projet : GLX-15-014
Réf. Client :
N° rapport :

Sondage n° : SP01
Profondeur Essai : 2 m

Coordonnées GPS :

X : 236 413

Z :

Y : 3 850 739

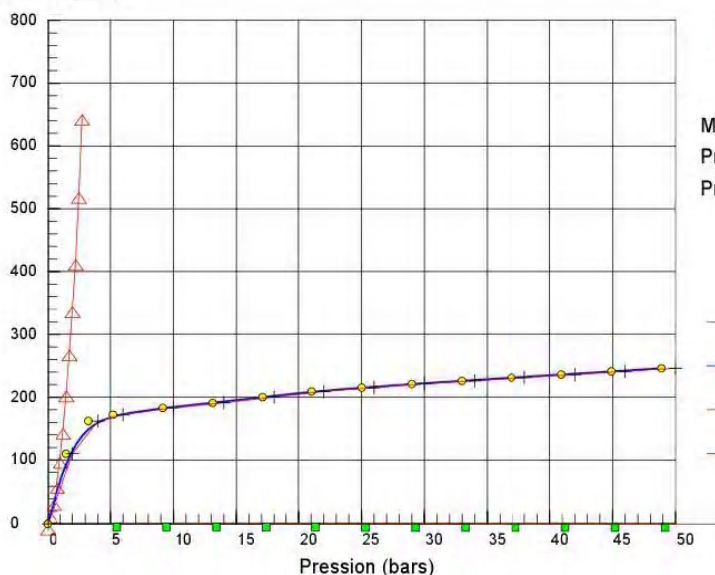
Date essai : 10/07/2015

Volume de la sonde <Vs> (cm3) : 535

Hauteur CPV/Terrain naturel (m) : 1,1

Profondeur nappe / TN (m) :

Volume (cm3)



Courbe Pressiométrique

Module pressiométrique : $E = 1168,07$ bars

Pression limite : $PL = 48,88$ bars

Pression de fluage : $Pf = 48,88$ bars

- △— : Courbe d'étalonnage.
- : Courbe corrigée.
- : Courbe de fluage.
- : Courbe brute.

Pr. brute (bars)	Vol à 30s (cm3)	Vol à 60s (cm3)	Pr. corrigée (bars)
0,00	0	0	-0,04
2,00	94	110	1,47
4,00	160	162	3,25
6,00	171	172	5,20
10,00	182	183	9,16
14,00	190	191	13,12
18,00	199	200	17,08
22,00	208	209	21,04
26,00	215	215	25,02
30,00	221	221	28,99
34,00	226	226	32,97
38,00	231	231	36,95
42,00	236	236	40,92

Pr. brute (bars)	Vol à 30s (cm3)	Vol à 60s (cm3)	Pr. corrigée (bars)
46,00	241	241	44,90
50,00	246	246	48,88

© SoITests 2013

Remarque :

Préparé par :

Date :

Approuvé par :

Date :

**5. Résultats d'essais
pénétrromètre
dynamique lourd
PDL-02-SB**

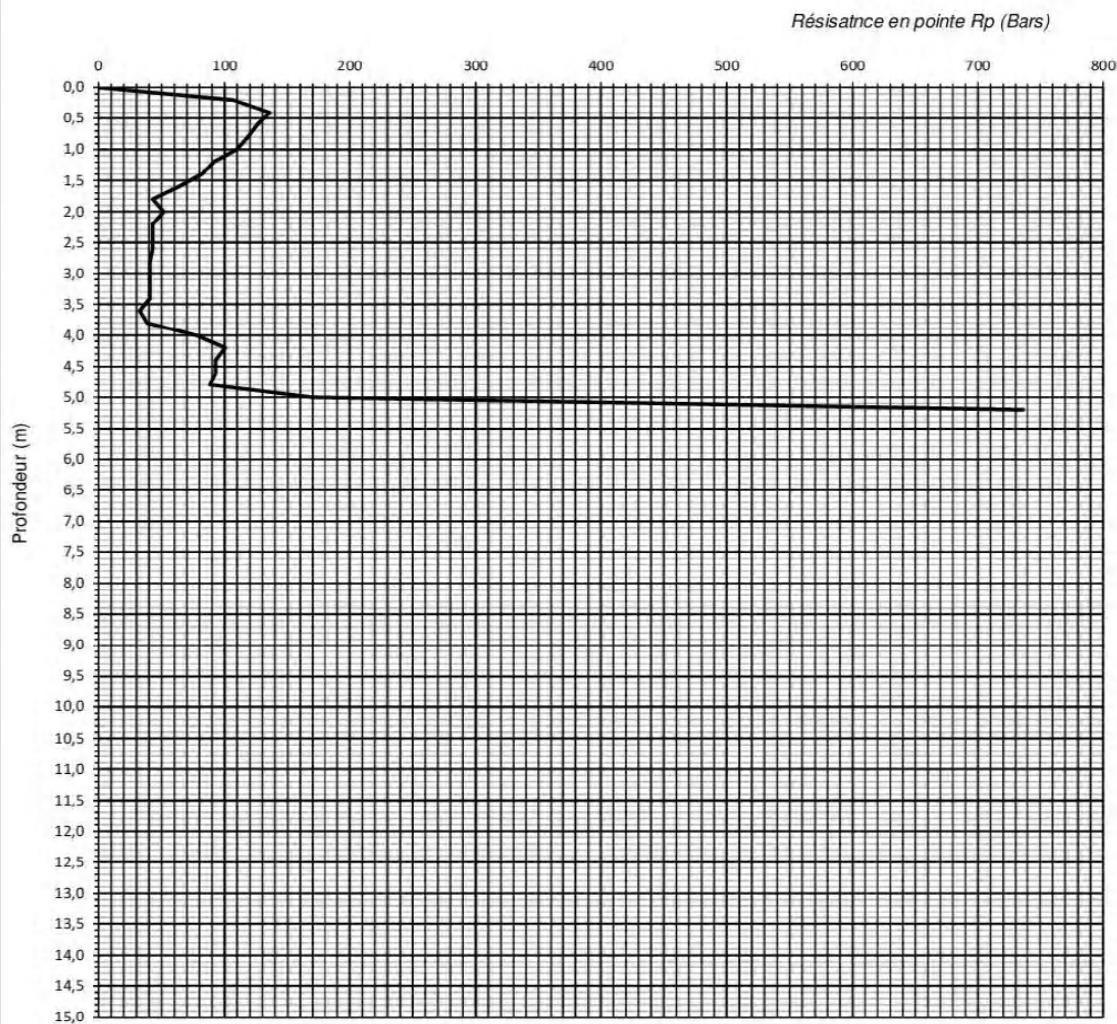


ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD
Selon la norme NF P 94-115

Ref :
GLX-15-014

Date d'essai : 14/06/2015	Réf. point : PDL-01	REFERENCES MATERIEL Poids du mouton : 63 Kg. Hauteur de chute : 75 Cm. Section de la pointe : 19,63 cm ² . Longueur de la tige : 1 m.
Cliant : SETIRAIL	Profondeur refus : 5,2 m	
Lieu : SAIDA-EL BAYADH	Opérateur : Amara	
Projet : Etude APD et DCE la nouvelle ligne électrifiée entre SAIDA/EL BAYADH	Coordonnées : - X = 237 790 - Y = 3 849 451	

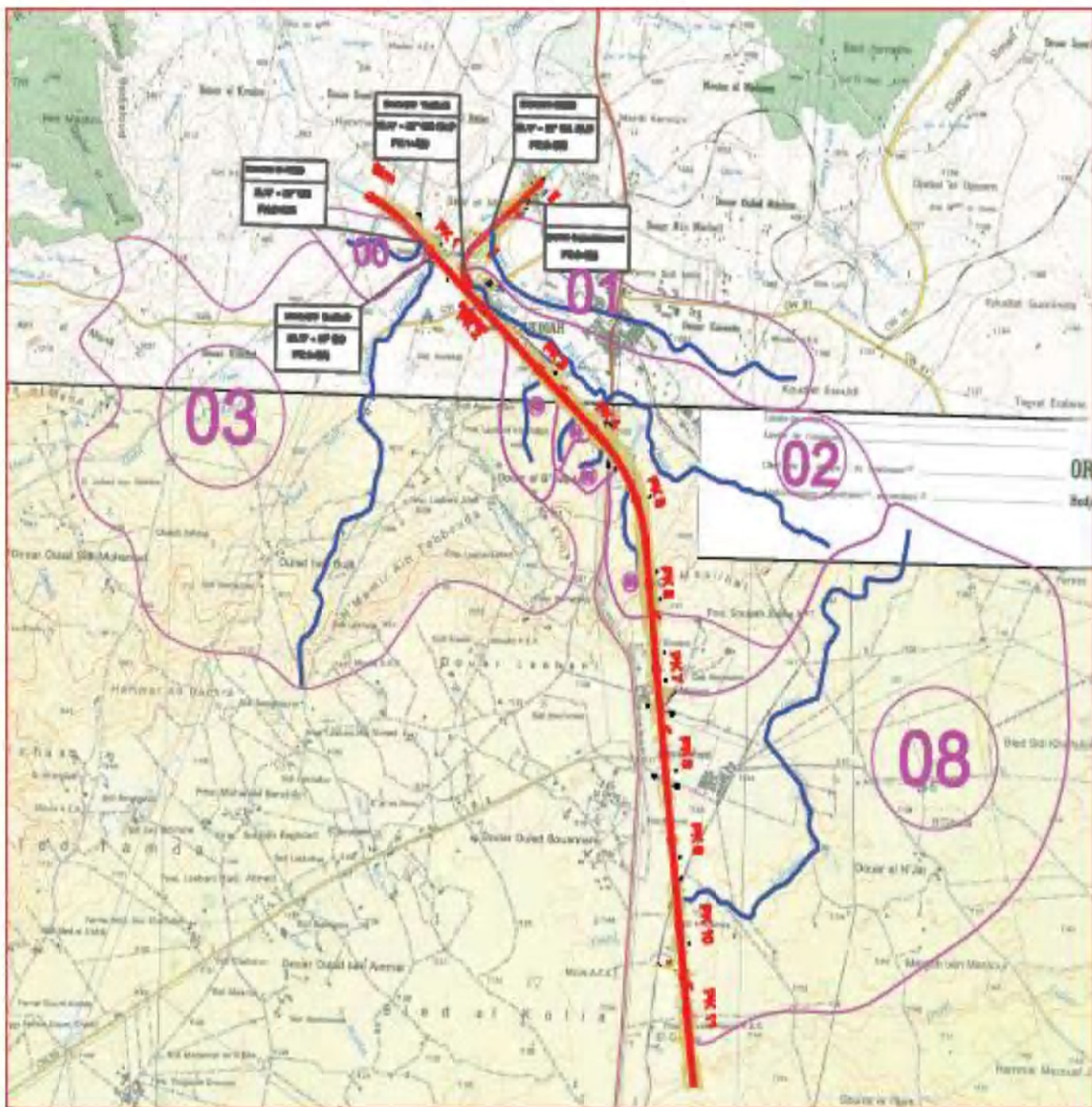
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD



L'ingénieur géologue

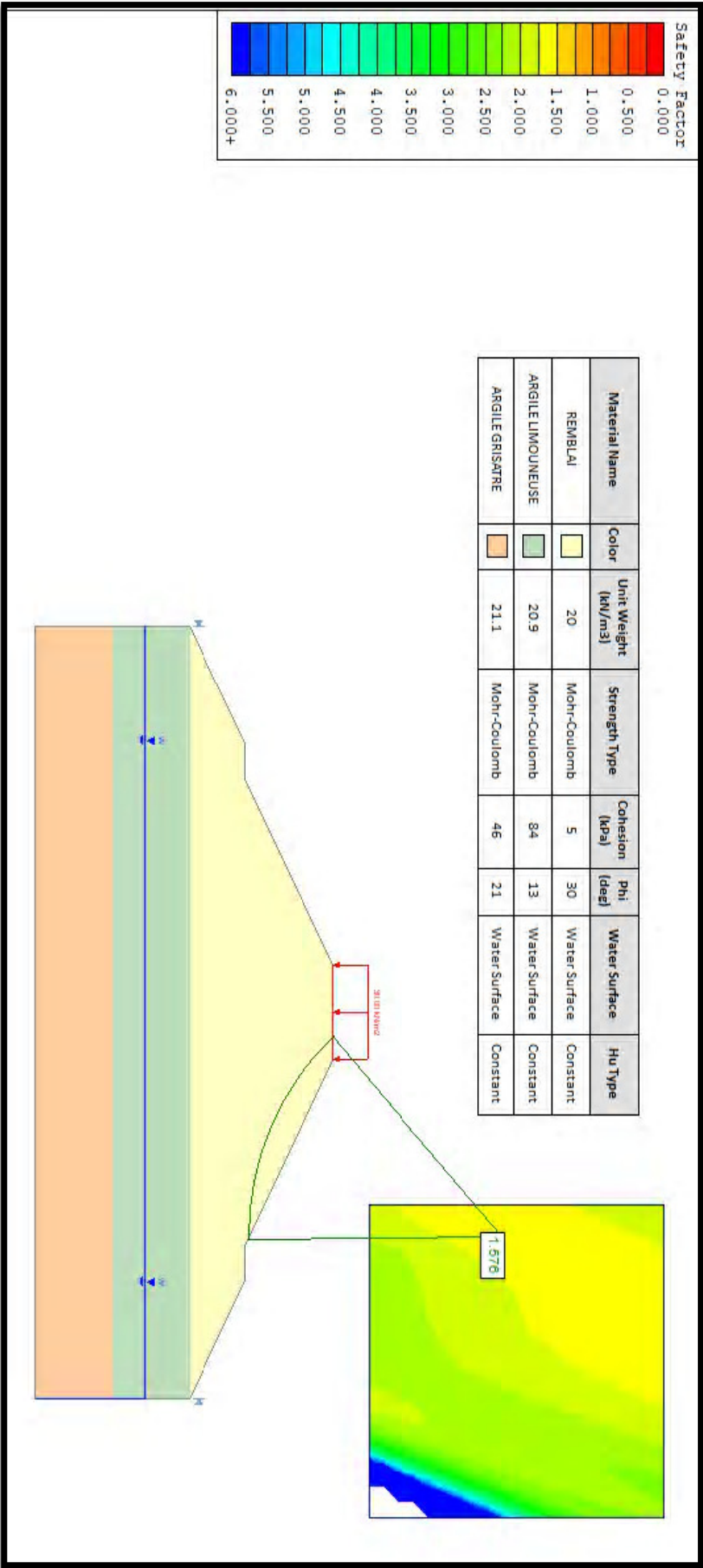
T.MARMOUZ

6. Délimitation des bassins versants

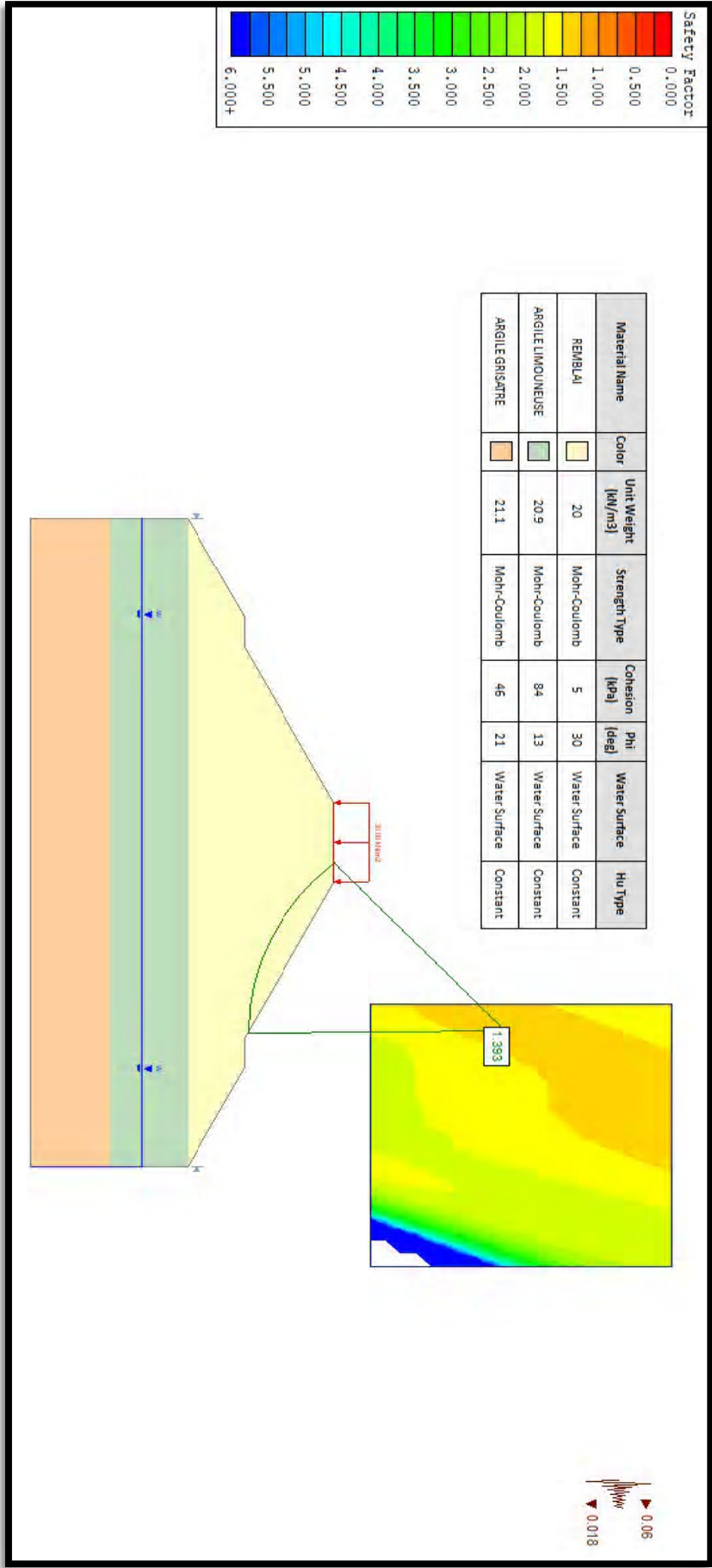


ANNEXE D. TERRASSEMENT

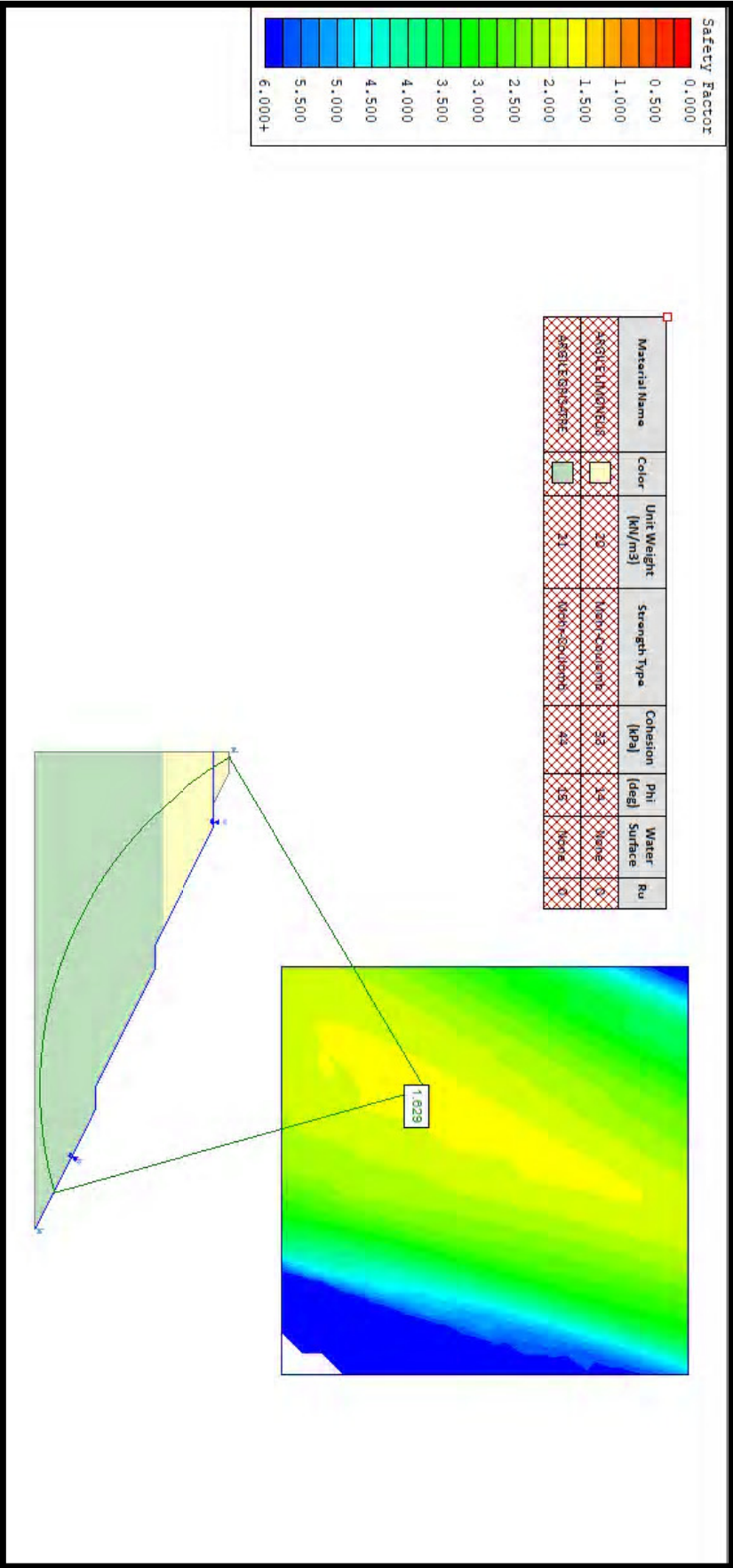
1. Modèle de calcul de coefficient de sécurité à long terme par logiciel SLIDE 6.0 du remblai au PK 1+600 du By-pass
(Pente 2V/1H)



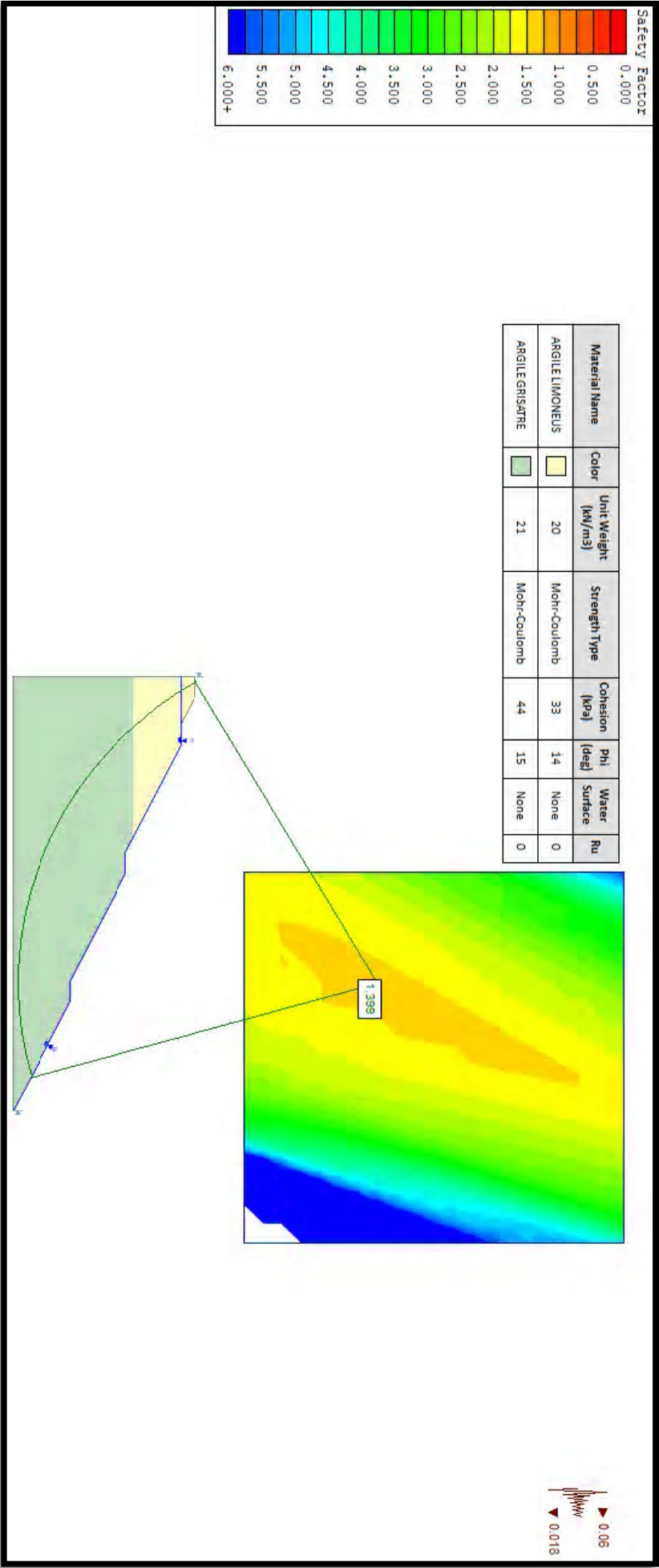
2. Modèle de calcul de coefficient de sécurité par logiciel SLIDE 6.0 du remblai sous sollicitation sismique au PK 1+600 du By-pass (Pente 2V/1H)



3. Modèle de calcul de coefficient de sécurité à long terme par logiciel SLIDE 6.0 du déblai au PK 3+500 (Pente 2H/1V)



4. Modèle de calcul de coefficient de sécurité par logiciel SLIDE 6.0 du déblai sous sollicitation sismique au PK 3+500 (Pente 2H/1V)



ANNEXE E. CALCUL DES CUBATURES

1. TABLEAU RECAPITULATIF DES SURFACES ET VOLUMES NETS (BY PASSS)

CAUMULEES (M)	SURFACE NETTE (M2)	VOLUME NET (M3)	VOLUME Cumulé (M3)	DIF. (M3)	VOLUME Cumulé (M3)
-1	Remblai	Remblai	Remblai		
-2	Déblai	Déblai	Déblai	(1)-(2)	Ballast
0.00	63.55	794.33	794.3		
	0.00	0.00	0.0	794.3	26.52
25.00	45.53	1138.21	1932.5		
	0.00	0.00	0.0	1932.5	79.56
50.00	35.38	884.58	2817.1		
	0.00	0.00	0.0	2817.1	132.61
75.00	32.71	817.70	3634.8		
	0.00	0.00	0.0	3634.8	185.65
100.00	18.66	466.49	4101.3		
	0.00	0.00	0.0	4101.3	238.69
125.00	15.47	386.69	4488.0		
	0.00	0.00	0.0	4488.0	291.73
150.00	11.61	290.14	4778.2		
	0.00	0.00	0.0	4778.2	344.78
175.00	3.44	86.04	4864.2		
	3.72	93.09	93.1	4771.1	397.82
200.00	3.51	87.84	4952.0		
	1.27	31.84	124.9	4827.1	450.86
225.00	10.62	265.48	5217.5		
	5.34	133.51	258.4	4959.1	503.90
250.00	20.45	511.32	5728.8		
	2.52	63.07	321.5	5407.3	556.95
275.00	29.66	741.62	6470.5		
	0.26	6.47	328.0	6142.5	609.99
300.00	72.68	1816.96	8287.4		
	0.00	0.00	328.0	7959.4	663.03
325.00	82.95	1094.88	9382.3		
	0.00	0.00	328.0	9054.3	691.04
326.40	84.51	1056.33	10438.6		
	0.00	0.00	328.0	10110.6	717.56
350.00	46.91	1139.99	11578.6		
	0.00	0.00	328.0	11250.6	769.12
375.00	26.89	672.32	12250.9		
	0.00	0.00	328.0	11922.9	822.16

400.00	0.05	1.35	12252.3		
	0.36	9.02	337.0	11915.3	875.20
425.00	0.00	0.00	12252.3		
	26.58	664.38	1001.4	11250.9	928.24
450.00	0.00	0.00	12252.3		
	44.45	1111.34	2112.7	10139.6	981.29
475.00	0.00	0.00	12252.3		
	56.99	1424.81	3537.5	8714.7	1034.33
500.00	0.00	0.00	12252.3		
	47.70	1192.45	4730.0	7522.3	1087.37
525.00	0.00	0.00	12252.3		
	44.73	1118.29	5848.3	6404.0	1140.41
550.00	0.00	0.00	12252.3		
	44.81	1120.26	6968.5	5283.7	1193.46
575.00	0.00	0.00	12252.3		
	38.58	964.40	7932.9	4319.3	1246.50
600.00	0.00	0.00	12252.3		
	35.28	882.03	8815.0	3437.3	1299.54
625.00	0.00	0.00	12252.3		
	19.93	493.38	9308.3	2943.9	1352.06
649.50	0.00	0.00	12252.3		
	5.15	64.38	9372.7	2879.6	1378.58
650.00	0.00	0.00	12252.3		
	4.63	59.03	9431.8	2820.5	1405.63
675.00	19.37	484.34	12736.6		
	0.00	0.00	9431.8	3304.9	1458.67
700.00	61.00	1524.89	14261.5		
	0.00	0.00	9431.8	4829.7	1511.71
725.00	106.55	2663.76	16925.3		
	0.00	0.00	9431.8	7493.5	1564.75
750.00	142.59	3564.82	20490.1		
	0.00	0.00	9431.8	11058.3	1617.80
775.00	173.98	4349.46	24839.5		
	0.00	0.00	9431.8	15407.8	1670.84
800.00	187.87	4696.71	29536.2		
	0.00	0.00	9431.8	20104.5	1723.88
825.00	206.30	5157.45	34693.7		
	0.00	0.00	9431.8	25261.9	1776.92
850.00	213.99	5349.79	40043.5		
	0.00	0.00	9431.8	30611.7	1829.97
875.00	227.14	5678.51	45722.0		
	0.00	0.00	9431.8	36290.3	1883.01
900.00	221.38	5534.61	51256.6		
	0.00	0.00	9431.8	41824.9	1936.05

925.00	200.02	5000.45	56257.1		
	0.00	0.00	9431.8	46825.3	1989.09
950.00	189.87	4440.90	60698.0		
	0.00	0.00	9431.8	51266.2	2038.72
971.78	192.75	2409.33	63107.3		
	0.00	0.00	9431.8	53675.5	2065.24
975.00	192.82	2720.92	65828.2		
	0.00	0.00	9431.8	56396.5	2095.32
1000.00	192.23	4805.83	70634.0		
	0.00	0.00	9431.8	61202.3	2150.66
1025.00	199.92	4997.88	75631.9		
	0.00	0.00	9431.8	66200.2	2208.14
1050.00	219.83	5495.67	81127.6		
	0.00	0.00	9431.8	71695.8	2267.85
1075.00	248.85	3731.54	84859.1		
	0.00	0.00	9431.8	75427.4	2304.88
1079.99	252.18	3152.30	88011.4		
	0.00	0.00	9431.8	78579.7	2335.75
1100.00	261.19	5878.15	93889.6		
	0.00	0.00	9431.8	84457.8	2391.33
1125.00	263.73	6593.33	100482.9		
	0.00	0.00	9431.8	91051.1	2453.08
1150.00	263.04	6576.01	107058.9		
	0.00	0.00	9431.8	97627.2	2514.82
1175.00	264.41	6610.14	113669.1		
	0.00	0.00	9431.8	104237.3	2576.56
1200.00	266.18	6654.52	120323.6		
	0.00	0.00	9431.8	110891.8	2638.30
1225.00	266.43	6660.70	126984.3		
	0.00	0.00	9431.8	117552.5	2700.05
1250.00	264.61	6615.16	133599.4		
	0.00	0.00	9431.8	124167.7	2761.79
1275.00	262.75	6568.77	140168.2		
	0.00	0.00	9431.8	130736.4	2823.53
1300.00	259.86	6496.45	146664.6		
	0.00	0.00	9431.8	137232.9	2885.27
1325.00	257.73	6443.36	153108.0		
	0.00	0.00	9431.8	143676.3	2947.02
1350.00	253.42	6335.55	159443.6		
	0.00	0.00	9431.8	150011.8	3008.76
1375.00	257.66	6441.39	165885.0		
	0.00	0.00	9431.8	156453.2	3070.50
1400.00	276.90	6922.45	172807.4		
	0.00	0.00	9431.8	163375.6	3132.24

1425.00	332.78	8319.45	181126.9		
	0.00	0.00	9431.8	171695.1	3193.99
1450.00	373.36	9333.96	190460.8		
	0.00	0.00	9431.8	181029.1	3255.73
1475.00	402.28	10057.01	200517.8		
	0.00	0.00	9431.8	191086.1	3317.47
1500.00	383.97	9599.29	210117.1		
	0.00	0.00	9431.8	200685.4	3379.21
1525.00	409.86	5831.26	215948.4		
	0.00	0.00	9431.8	206516.6	3414.35
1528.45	416.51	5206.31	221154.7		
	0.00	0.00	9431.8	211722.9	3445.22
1550.00	404.05	9403.16	230557.8		
	0.00	0.00	9431.8	221126.1	3502.70
1575.00	418.68	10467.12	241025.0		
	0.00	0.00	9431.8	231593.2	3564.44
1600.00	387.27	9681.67	250706.6		
	0.00	0.00	9431.8	241274.9	3626.18
1625.00	291.12	7277.95	257984.6		
	0.00	0.00	9431.8	248552.8	3687.92
1650.00	266.58	6664.62	264649.2		
	0.00	0.00	9431.8	255217.5	3749.67
1675.00	258.27	4073.95	268723.2		
	0.00	0.00	9431.8	259291.4	3788.62
1681.55	256.13	3201.64	271924.8		
	0.00	0.00	9431.8	262493.0	3819.50
1700.00	244.45	5310.94	277235.7		
	0.00	0.00	9431.8	267804.0	3873.15
1725.00	228.33	5708.30	282944.0		
	0.00	0.00	9431.8	273512.3	3934.89
1750.00	197.46	4936.53	287880.6		
	0.00	0.00	9431.8	278448.8	3996.64
1775.00	167.95	4198.73	292079.3		
	0.00	0.00	9431.8	282647.5	4058.38
1800.00	156.66	2890.93	294970.2		
	0.00	0.00	9431.8	285538.5	4103.95
1811.91	151.27	1890.88	296861.1		
	0.00	0.00	9431.8	287429.4	4134.82
1825.00	145.28	2767.17	299628.3		
	0.00	0.00	9431.8	290196.5	4180.93
1850.00	150.41	3760.34	303388.6		
	0.00	0.00	9431.8	293956.9	4239.17
1875.00	129.97	3249.33	306637.9		
	0.00	0.00	9431.8	297206.2	4295.24

1900.00	116.12	2619.45	309257.4		
	0.00	0.00	9431.8	299825.6	4343.96
1920.12	109.71	1371.39	310628.8		
	0.00	0.00	9431.8	301197.0	4370.48
1925.00	107.47	537.35	311166.1		
	0.00	0.00	9431.8	301734.4	4381.09
1930.12	104.72	267.97	311434.1		
	0.00	0.00	9431.8	302002.4	4386.52

2. TABLEAU RECAPITULATIF DES SURFACES ET VOLUMES NETS (VOIE PRINCIPAL)

CUMULEES (M)	SURFACE NETTE (M2)	VOLUME NET (M3)	VOLUME Cumulé (M3)	DIF, (M3)	VOLUME Cumulé (M3)
-1	Remblai	Remblai	Remblai		
-2	Déblai	Déblai	Déblai	(1)-(2)	Ballast
0.00	-	-	-		
	265.33	3 316.64	3 316.60	-3 316.60	26.52
25.00	-	-	-		
	277.62	6 940.38	10 256.98	-10 256.98	79.56
50.00	-	-	-		
	386.62	9 665.56	19 922.54	-19 922.54	132.61
75.00	-	-	-		
	341.45	6 967.54	26 890.08	-26 890.08	175.90
90.81	-	-	-		
	382.32	4 778.96	31 669.04	- 31 669.04	202.42
100.00	-	-	-		
	403.15	6 891.72	38 560.76	- 38 560.76	239.28
125.00	-	-	-		
	406.03	10 150.83	48 711.59	- 48 711.59	295.62
150.00	-	-	-		
	229.60	5 739.89	54 451.48	- 54 451.48	354.48
175.00	-	-	-		
	431.65	8 808.02	63 259.50	- 63 259.50	404.67
190.81	-	-	-		
	392.07	4 900.86	68 160.36	- 68 160.36	436.27
200.00	-	-	-		
	397.85	6 801.02	74 961.38	- 74 961.38	479.49
225.00	-	-	-		
	439.11	10 977.77	85 939.15	- 85 939.15	542.69
250.00	-	-	-		
	455.56	11 389.10	97 328.25	- 97 328.25	605.89
275.00	-	-	-		
	508.38	12 709.58	110 037.83	- 110 037.83	669.09
300.00	-	-	-		
	395.90	9 897.49	119 935.32	- 119 935.32	732.28
325.00	-	-	-		
	482.30	12 057.60	131 992.92	- 131 992.92	795.48
350.00	-	-	-		
	426.23	10 655.87	142 648.79	- 142 648.79	858.68
375.00	-	-	-		
	354.16	8 853.94	151 502.73	- 151 502.73	921.88
400.00	-	-	-		

	425.88	10 646.88	162 149.61	- 162 149.61	985.08
425.00	-	-	-		
	392.04	9 800.94	171 950.55	- 171 950.55	1 048.28
450.00	-	-	-		
	343.25	8 581.32	180 531.87	- 180 531.87	1 111.48
475.00	-	-	-		
	289.39	7 234.76	187 766.63	- 187 766.63	1 174.68
500.00	-	-	-		
	246.05	3 372.97	191 139.60	- 191 139.60	1 209.34
502.42	-	-	-		
	241.93	3 024.08	194 163.68	- 194 163.68	1 240.94
525.00	-	-	-		
	206.22	4 906.22	199 069.90	- 199 069.90	1 298.77
550.00	-	-	-		
	173.80	4 344.92	203 414.82	- 203 414.82	1 356.94
575.00	-	-	-		
	151.12	3 778.12	207 192.94	- 207 192.94	1 412.61
600.00	-	-	-		
	135.20	1 853.37	209 046.31	- 209 046.31	1 441.81
602.42	-	-	-		
	134.02	1 675.23	210 721.54	- 210 721.54	1 468.34
625.00	-	-	-		
	123.58	2 940.13	213 661.67	- 213 661.67	1 518.81
650.00	-	-	-		
	123.16	3 078.99	216 740.66	- 216 740.66	1 571.86
675.00	-	-	-		
	118.42	2 960.51	219 701.17	- 219 701.17	1 624.90
700.00	-	-	-		
	107.60	2 690.06	222 391.23	- 222 391.23	1 677.94
725.00	-	-	-		
	87.10	2 177.60	224 568.83	- 224 568.83	1 730.98
750.00	-	-	-		
	60.39	1 509.81	226 078.64	- 226 078.64	1 784.03
775.00	-	-	-		
	27.37	684.16	226 762.80	- 226 762.80	1 837.07
800.00	-	-	-		
	3.51	87.77	226 850.57	- 226 850.57	1 890.11
825.00	7.88	196.92	196.92		
	-	-	226 850.57	- 226 653.65	1 943.15
850.00	32.90	822.40	1 019.32		
	-	-	226 850.57	- 225 831.25	1 996.20
875.00	83.85	2 096.27	3 115.59		
	-	-	226 850.57	- 223 734.98	2 049.24
900.00	82.84	2 071.04	5 186.63		

	-	-	226 850.57	- 221 663.94	2 102.28
925.00	74.63	1 865.75	7 052.38		
	-	-	226 850.57	- 219 798.19	2 155.32
950.00	73.48	1 837.01	8 889.39		
	-	-	226 850.57	- 217 961.18	2 208.37
975.00	82.16	2 054.04	10 943.43		
	-	-	226 850.57	- 215 907.14	2 261.41
1 000.00	99.89	2 497.17	13 440.60		
	-	-	226 850.57	- 213 409.97	2 314.45
1 025.00	151.54	3 788.44	17 229.04		
	-	-	226 850.57	- 209 621.53	2 367.49
1 050.00	206.36	5 159.03	22 388.07		
	-	-	226 850.57	- 204 462.50	2 420.54
1 075.00	204.37	5 109.13	27 497.20		
	-	-	226 850.57	- 199 353.37	2 473.58
1 100.00	189.65	4 741.21	32 238.41		
	-	-	226 850.57	- 194 612.16	2 526.62
1 125.00	172.69	4 317.16	36 555.57		
	-	-	226 850.57	- 190 295.00	2 579.66
1 150.00	163.54	4 088.38	40 643.95		
	-	-	226 850.57	- 186 206.62	2 632.71
1 175.00	156.87	3 921.76	44 565.71		
	-	-	226 850.57	- 182 284.86	2 685.75
1 200.00	163.33	4 083.36	48 649.07		
	-	-	226 850.57	- 178 201.50	2 738.79
1 225.00	166.70	4 167.56	52 816.63		
	-	-	226 850.57	- 174 033.94	2 791.83
1 250.00	164.22	4 105.60	56 922.23		
	-	-	226 850.57	- 169 928.34	2 844.88
1 275.00	167.12	4 177.99	61 100.22		
	-	-	226 850.57	- 165 750.35	2 897.92
1 300.00	173.70	4 342.52	65 442.74		
	-	-	226 850.57	- 161 407.83	2 950.96
1 325.00	179.30	4 482.53	69 925.27		
	-	-	226 850.57	- 156 925.30	3 004.00
1 350.00	188.35	4 708.77	74 634.04		
	-	-	226 850.57	- 152 216.53	3 057.05
1 375.00	188.39	4 709.74	79 343.78		
	-	-	226 850.57	- 147 506.79	3 110.09
1 400.00	196.32	4 908.04	84 251.82		
	-	-	226 850.57	- 142 598.75	3 163.13
1 425.00	203.81	5 095.37	89 347.19		
	-	-	226 850.57	- 137 503.38	3 216.17
1 450.00	208.67	5 115.10	94 462.29		

	-	-	226 850.57	- 132 388.28	3 268.18
1 474.03	217.16	2 714.45	97 176.74		
	-	-	226 850.57	- 129 673.83	3 294.70
1 475.00	217.55	2 825.28	100 002.02		
	-	-	226 850.57	- 126 848.55	3 322.26
1 500.00	225.42	5 635.46	105 637.48		
	-	-	226 850.57	- 121 213.09	3 375.30
1 525.00	228.82	5 720.60	111 358.08		
	-	-	226 850.57	- 115 492.49	3 428.34
1 550.00	234.67	5 866.79	117 224.87		
	-	-	226 850.57	- 109 625.70	3 481.39
1 575.00	235.93	5 898.14	123 123.01		
	-	-	226 850.57	- 103 727.56	3 534.43
1 600.00	237.47	5 936.84	129 059.85		
	-	-	226 850.57	- 97 790.72	3 587.47
1 625.00	228.60	5 714.93	134 774.78		
	-	-	226 850.57	- 92 075.79	3 640.51
1 650.00	223.14	5 578.59	140 353.37		
	-	-	226 850.57	- 86 497.20	3 693.56
1 675.00	225.12	5 628.09	145 981.46		
	-	-	226 850.57	- 80 869.11	3 746.60
1 700.00	237.13	5 928.30	151 909.76		
	-	-	226 850.57	- 74 940.81	3 799.64
1 725.00	241.04	5 542.87	157 452.63		
	-	-	226 850.57	- 69 397.94	3 848.43
1 745.99	229.42	2 867.81	160 320.44		
	-	-	226 850.57	- 66 530.13	3 874.95
1 750.00	227.28	3 296.56	163 617.00		
	-	-	226 850.57	- 63 233.57	3 905.73
1 775.00	202.14	5 053.58	168 670.58		
	-	-	226 850.57	- 58 179.99	3 958.77
1 800.00	166.24	4 156.12	172 826.70		
	-	-	226 850.57	- 54 023.87	4 011.81
1 825.00	154.23	3 855.73	176 682.43		
	-	-	226 850.57	- 50 168.14	4 064.85
1 850.00	144.87	3 621.73	180 304.16		
	-	-	226 850.57	- 46 546.41	4 117.90
1 875.00	145.34	3 633.42	183 937.58		
	-	-	226 850.57	- 42 912.99	4 170.94
1 900.00	134.60	3 365.08	187 302.66		
	-	-	226 850.57	- 39 547.91	4 223.98
1 925.00	117.47	2 936.64	190 239.30		
	-	-	226 850.57	- 36 611.27	4 277.02
1 950.00	110.17	2 754.23	192 993.53		

	-	-	226 850.57	- 33 857.04	4 330.07
1 975.00	98.50	2 462.58	195 456.11		
	-	-	226 850.57	- 31 394.46	4 383.11
2 000.00	94.99	2 374.69	197 830.80		
	-	-	226 850.57	- 29 019.77	4 436.15
2 025.00	82.66	2 066.60	199 897.40		
	-	-	226 850.57	- 26 953.17	4 489.19
2 050.00	90.91	2 272.84	202 170.24		
	-	-	226 850.57	- 24 680.33	4 542.24
2 075.00	88.01	2 200.13	204 370.37		
	-	-	226 850.57	- 22 480.20	4 595.28
2 100.00	80.29	2 007.19	206 377.56		
	-	-	226 850.57	- 20 473.01	4 648.32
2 125.00	73.04	1 826.08	208 203.64		
	-	-	226 850.57	- 18 646.93	4 701.36
2 150.00	63.61	1 590.22	209 793.86		
	-	-	226 850.57	- 17 056.71	4 754.41
2 175.00	55.13	1 378.28	211 172.14		
	-	-	226 850.57	- 15 678.43	4 807.45
2 200.00	44.40	1 110.05	212 282.19		
	-	-	226 850.57	- 14 568.38	4 860.49
2 225.00	39.92	998.02	213 280.21		
	-	-	226 850.57	- 13 570.36	4 913.53
2 250.00	35.94	898.62	214 178.83		
	-	-	226 850.57	- 12 671.74	4 966.58
2 275.00	30.58	764.52	214 943.35		
	-	-	226 850.57	- 11 907.22	5 019.62
2 300.00	23.46	586.55	215 529.90		
	-	-	226 850.57	- 11 320.67	5 072.66
2 325.00	18.15	453.70	215 983.60		
	-	-	226 850.57	- 10 866.97	5 125.70
2 350.00	12.49	312.28	216 295.88		
	-	-	226 850.57	- 10 554.69	5 178.75
2 375.00	5.72	142.97	216 438.85		
	-	-	226 850.57	- 10 411.72	5 231.79
2 400.00	-	-	216 438.85		
	5.04	126.07	226 976.64	- 10 537.79	5 284.83
2 425.00	-	-	216 438.85		
	27.16	678.89	227 655.53	- 11 216.68	5 337.87
2 450.00	-	-	216 438.85		
	47.26	1 181.51	228 837.04	- 12 398.19	5 390.92
2 475.00	-	-	216 438.85		
	84.37	2 109.30	230 946.34	- 14 507.49	5 443.96
2 500.00	-	-	216 438.85		

	93.69	2 342.17	233 288.51	- 16 849.66	5 497.00
2 525.00	-	-	216 438.85		
	106.53	2 663.19	235 951.70	- 19 512.85	5 550.04
2 550.00	-	-	216 438.85		
	116.54	2 913.55	238 865.25	- 22 426.40	5 603.09
2 575.00	-	-	216 438.85		
	114.71	2 867.68	241 732.93	- 25 294.08	5 656.13
2 600.00	-	-	216 438.85		
	125.19	3 129.68	244 862.61	- 28 423.76	5 709.17
2 625.00	-	-	216 438.85		
	130.95	3 273.74	248 136.35	- 31 697.50	5 762.21
2 650.00	-	-	216 438.85		
	123.21	3 080.25	251 216.60	- 34 777.75	5 815.26
2 675.00	-	-	216 438.85		
	133.03	3 325.87	254 542.47	- 38 103.62	5 868.30
2 700.00	-	-	216 438.85		
	151.88	3 796.89	258 339.36	- 41 900.51	5 921.34
2 725.00	-	-	216 438.85		
	202.95	5 073.76	263 413.12	- 46 974.27	5 974.38
2 750.00	-	-	216 438.85		
	299.66	7 491.43	270 904.55	- 54 465.70	6 027.43
2 775.00	-	-	216 438.85		
	404.85	10 121.36	281 025.91	- 64 587.06	6 080.47
2 800.00	-	-	216 438.85		
	490.41	12 260.24	293 286.15	- 76 847.30	6 133.51
2 825.00	-	-	216 438.85		
	551.87	13 796.73	307 082.88	- 90 644.03	6 186.55
2 850.00	-	-	216 438.85		
	637.25	15 931.28	323 014.16	- 106 575.31	6 239.60
2 875.00	-	-	216 438.85		
	660.97	16 524.33	339 538.49	- 123 099.64	6 292.64
2 900.00	-	-	216 438.85		
	671.01	16 775.34	356 313.83	- 139 874.98	6 345.68
2 925.00	-	-	216 438.85		
	682.31	17 057.64	373 371.47	- 156 932.62	6 398.72
2 950.00	-	-	216 438.85		
	648.39	16 209.63	389 581.10	- 173 142.25	6 451.77
2 975.00	-	-	216 438.85		
	604.81	15 120.17	404 701.27	- 188 262.42	6 504.81
3 000.00	-	-	216 438.85		
	574.82	14 370.55	419 071.82	- 202 632.97	6 557.85
3 025.00	-	-	216 438.85		
	559.39	13 984.72	433 056.54	- 216 617.69	6 610.89
3 050.00	-	-	216 438.85		

	607.32	15 183.05	448 239.59	- 231 800.74	6 663.94
3 075.00	-	-	216 438.85		
	631.92	15 797.94	464 037.53	- 247 598.68	6 716.98
3 100.00	-	-	216 438.85		
	664.46	16 611.60	480 649.13	- 264 210.28	6 770.02
3 125.00	-	-	216 438.85		
	719.45	17 986.27	498 635.40	- 282 196.55	6 823.06
3 150.00	-	-	216 438.85		
	840.89	21 022.14	519 657.54	- 303 218.69	6 876.11
3 175.00	-	-	216 438.85		
	977.21	24 430.27	544 087.81	- 327 648.96	6 929.15
3 200.00	-	-	216 438.85		
	1 120.92	28 022.99	572 110.80	- 355 671.95	6 982.19
3 225.00	-	-	216 438.85		
	1 265.74	31 643.39	603 754.19	- 387 315.34	7 035.23
3 250.00	-	-	216 438.85		
	1 405.82	35 145.42	638 899.61	- 422 460.76	7 088.28
3 275.00	-	-	216 438.85		
	1 554.45	38 861.18	677 760.79	- 461 321.94	7 141.32
3 300.00	-	-	216 438.85		
	1 694.35	42 358.68	720 119.47	- 503 680.62	7 194.36
3 325.00	-	-	216 438.85		
	1 800.04	45 000.91	765 120.38	- 548 681.53	7 247.40
3 350.00	-	-	216 438.85		
	1 909.52	42 018.01	807 138.39	- 590 699.54	7 294.09
3 369.01	-	-	216 438.85		
	2 011.81	25 147.57	832 285.96	- 615 847.11	7 320.61
3 375.00	-	-	216 438.85		
	2 047.82	31 732.06	864 018.02	- 647 579.17	7 353.49
3 400.00	-	-	216 438.85		
	2 208.88	55 222.02	919 240.04	- 702 801.19	7 406.53
3 425.00	-	-	216 438.85		
	2 395.93	59 898.25	979 138.29	- 762 699.44	7 459.57
3 450.00	-	-	216 438.85		
	2 595.45	64 886.30	1 044 024.59	- 827 585.74	7 512.62
3 475.00	-	-	216 438.85		
	2 718.35	67 958.73	1 111 983.32	- 895 544.47	7 565.66
3 500.00	-	-	216 438.85		
	2 781.52	69 537.96	1 181 521.28	- 965 082.43	7 618.70
3 525.00	-	-	216 438.85		
	2 676.96	66 924.00	1 248 445.28	-1 032 006.43	7 671.74
3 550.00	-	-	216 438.85		
	2 454.80	61 370.02	1 309 815.30	-1 093 376.45	7 724.79
3 575.00	-	-	216 438.85		

	2 161.98	54 049.39	1 363 864.69	-1 147 425.84	7 777.83
3 600.00	-	-	216 438.85		
	1 894.14	47 353.51	1 411 218.20	-1 194 779.35	7 830.87
3 625.00	-	-	216 438.85		
	1 663.91	34 088.59	1 445 306.79	-1 228 867.94	7 874.34
3 640.97	-	-	216 438.85		
	1 554.32	19 428.96	1 464 735.75	-1 248 296.90	7 900.86
3 650.00	-	-	216 438.85		
	1 499.70	25 514.45	1 490 250.20	-1 273 811.35	7 936.96
3 675.00	-	-	216 438.85		
	1 360.94	34 023.58	1 524 273.78	-1 307 834.93	7 990.00
3 700.00	-	-	216 438.85		
	1 253.62	31 340.56	1 555 614.34	-1 339 175.49	8 043.04
3 725.00	-	-	216 438.85		
	1 173.88	29 347.09	1 584 961.43	-1 368 522.58	8 096.08
3 750.00	-	-	216 438.85		
	1 148.18	28 704.60	1 613 666.03	-1 397 227.18	8 149.13
3 775.00	-	-	216 438.85		
	1 142.74	28 568.39	1 642 234.42	-1 425 795.57	8 202.17
3 800.00	-	-	216 438.85		
	1 176.17	29 404.27	1 671 638.69	-1 455 199.84	8 255.21
3 825.00	-	-	216 438.85		
	1 294.49	32 362.15	1 704 000.84	-1 487 561.99	8 308.25
3 850.00	-	-	216 438.85		
	1 495.16	37 379.04	1 741 379.88	-1 524 941.03	8 361.30
3 875.00	-	-	216 438.85		
	1 775.21	44 380.15	1 785 760.03	-1 569 321.18	8 414.34
3 900.00	-	-	216 438.85		
	2 075.64	51 890.90	1 837 650.93	-1 621 212.08	8 467.38
3 925.00	-	-	216 438.85		
	2 124.96	53 124.06	1 890 774.99	-1 674 336.14	8 520.42
3 950.00	-	-	216 438.85		
	1 942.29	48 557.35	1 939 332.34	-1 722 893.49	8 573.47
3 975.00	-	-	216 438.85		
	1 586.22	33 985.46	1 973 317.80	-1 756 878.95	8 618.92
3 992.85	-	-	216 438.85		
	1 390.29	17 378.64	1 990 696.44	-1 774 257.59	8 645.45
4 000.00	-	-	216 438.85		
	1 324.32	21 287.75	2 011 984.19	-1 795 545.34	8 679.77
4 025.00	-	-	216 438.85		
	1 190.49	29 762.28	2 041 746.47	-1 825 307.62	8 734.34
4 050.00	-	-	216 438.85		
	1 109.83	27 745.82	2 069 492.29	-1 853 053.44	8 790.12
4 075.00	-	-	216 438.85		

	1 078.37	26 959.21	2 096 451.50	-1 880 012.65	8 847.14
4 100.00	-	-	216 438.85		
	1 085.35	27 133.78	2 123 585.28	-1 907 146.43	8 905.43
4 125.00	-	-	216 438.85		
	1 111.55	27 788.68	2 151 373.96	-1 934 935.11	8 965.00
4 150.00	-	-	216 438.85		
	1 138.88	28 471.99	2 179 845.95	-1 963 407.10	9 025.89
4 175.00	-	-	216 438.85		
	1 247.05	26 718.62	2 206 564.57	-1 990 125.72	9 079.23
4 192.85	-	-	216 438.85		
	1 346.87	16 835.88	2 223 400.45	-2 006 961.60	9 110.83
4 200.00	-	-	216 438.85		
	1 393.62	22 401.71	2 245 802.16	-2 029 363.31	9 151.46
4 225.00	-	-	216 438.85		
	1 537.35	38 433.79	2 284 235.95	-2 067 797.10	9 214.66
4 250.00	-	-	216 438.85		
	1 675.06	41 876.45	2 326 112.40	-2 109 673.55	9 277.86
4 275.00	-	-	216 438.85		
	1 794.83	44 870.81	2 370 983.21	-2 154 544.36	9 341.06
4 300.00	-	-	216 438.85		
	1 807.15	45 178.65	2 416 161.86	-2 199 723.01	9 404.26
4 325.00	-	-	216 438.85		
	1 808.76	45 219.11	2 461 380.97	-2 244 942.12	9 467.46
4 350.00	-	-	216 438.85		
	1 750.82	43 770.46	2 505 151.43	-2 288 712.58	9 530.66
4 375.00	-	-	216 438.85		
	1 702.73	42 568.13	2 547 719.56	-2 331 280.71	9 593.86
4 400.00	-	-	216 438.85		
	1 642.80	41 070.06	2 588 789.62	-2 372 350.77	9 657.06
4 425.00	-	-	216 438.85		
	1 592.05	39 801.15	2 628 590.77	-2 412 151.92	9 720.26
4 450.00	-	-	216 438.85		
	1 512.27	37 806.84	2 666 397.61	-2 449 958.76	9 783.46
4 475.00	-	-	216 438.85		
	1 418.14	35 453.48	2 701 851.09	-2 485 412.24	9 846.66
4 500.00	-	-	216 438.85		
	1 330.14	33 253.61	2 735 104.70	-2 518 665.85	9 909.86
4 525.00	-	-	216 438.85		
	1 259.89	31 497.29	2 766 601.99	-2 550 163.14	9 973.06
4 550.00	-	-	216 438.85		
	1 185.57	29 639.16	2 796 241.15	-2 579 802.30	10 036.26
4 575.00	-	-	216 438.85		
	1 082.96	27 073.99	2 823 315.14	-2 606 876.29	10 099.46
4 600.00	-	-	216 438.85		

	957.28	23 932.03	2 847 247.17	-2 630 808.32	10 162.66
4 625.00	-	-	216 438.85		
	879.24	21 980.94	2 869 228.11	-2 652 789.26	10 225.86
4 650.00	-	-	216 438.85		
	826.71	20 667.78	2 889 895.89	-2 673 457.04	10 289.05
4 675.00	-	-	216 438.85		
	837.16	20 928.98	2 910 824.87	-2 694 386.02	10 352.25
4 700.00	-	-	216 438.85		
	877.10	32 891.43	2 943 716.30	-2 727 277.45	10 447.05
4 750.00	-	-	216 438.85		
	867.53	32 532.23	2 976 248.53	-2 759 809.68	10 541.85
4 775.00	-	-	216 438.85		
	782.22	19 555.52	2 995 804.05	-2 779 365.20	10 605.05
4 800.00	-	-	216 438.85		
	703.42	17 585.57	3 013 389.62	-2 796 950.77	10 668.25
4 825.00	-	-	216 438.85		
	653.45	16 336.20	3 029 725.82	-2 813 286.97	10 731.45
4 850.00	-	-	216 438.85		
	594.36	14 859.11	3 044 584.93	-2 828 146.08	10 794.65
4 875.00	-	-	216 438.85		
	566.59	14 164.63	3 058 749.56	-2 842 310.71	10 857.85
4 900.00	-	-	216 438.85		
	558.07	13 951.66	3 072 701.22	-2 856 262.37	10 921.05
4 925.00	-	-	216 438.85		
	544.56	13 613.92	3 086 315.14	-2 869 876.29	10 984.25
4 950.00	-	-	216 438.85		
	551.44	13 786.08	3 100 101.22	-2 883 662.37	11 047.45
4 975.00	-	-	216 438.85		
	548.08	13 701.92	3 113 803.14	-2 897 364.29	11 110.65
5 000.00	-	-	216 438.85		
	549.61	13 740.14	3 127 543.28	-2 911 104.43	11 173.85
5 025.00	-	-	216 438.85		
	551.71	13 792.72	3 141 336.00	-2 924 897.15	11 237.05
5 050.00	-	-	216 438.85		
	548.00	13 699.92	3 155 035.92	-2 938 597.07	11 300.25
5 075.00	-	-	216 438.85		
	550.22	13 755.43	3 168 791.35	-2 952 352.50	11 363.45
5 100.00	-	-	216 438.85		
	561.28	14 032.04	3 182 823.39	-2 966 384.54	11 426.65
5 125.00	-	-	216 438.85		
	578.57	14 464.18	3 197 287.57	-2 980 848.72	11 489.85
5 150.00	-	-	216 438.85		
	629.46	15 736.52	3 213 024.09	-2 996 585.24	11 553.05
5 175.00	-	-	216 438.85		

	659.12	16 478.00	3 229 502.09	-3 013 063.24	11 616.25
5 200.00	-	-	216 438.85		
	693.78	17 344.45	3 246 846.54	-3 030 407.69	11 679.45
5 225.00	-	-	216 438.85		
	714.17	17 854.19	3 264 700.73	-3 048 261.88	11 742.65
5 250.00	-	-	216 438.85		
	741.37	18 534.14	3 283 234.87	-3 066 796.02	11 805.85
5 275.00	-	-	216 438.85		
	794.11	19 852.74	3 303 087.61	-3 086 648.76	11 869.05
5 300.00	-	-	216 438.85		
	921.79	23 044.78	3 326 132.39	-3 109 693.54	11 932.25
5 325.00	-	-	216 438.85		
	1 021.61	25 540.17	3 351 672.56	-3 135 233.71	11 995.44
5 350.00	-	-	216 438.85		
	1 102.06	27 551.60	3 379 224.16	-3 162 785.31	12 058.64
5 375.00	-	-	216 438.85		
	1 182.64	29 565.88	3 408 790.04	-3 192 351.19	12 121.84
5 400.00	-	-	216 438.85		
	1 282.51	32 062.70	3 440 852.74	-3 224 413.89	12 185.04
5 425.00	-	-	216 438.85		
	1 364.53	34 113.37	3 474 966.11	-3 258 527.26	12 248.24
5 450.00	-	-	216 438.85		
	1 445.24	34 466.82	3 509 432.93	-3 292 994.08	12 308.53
5 472.70	-	-	216 438.85		
	1 510.16	18 877.03	3 528 309.96	-3 311 871.11	12 340.13
5 475.00	-	-	216 438.85		
	1 516.34	20 700.28	3 549 010.24	-3 332 571.39	12 374.57
5 500.00	-	-	216 438.85		
	1 591.66	39 791.62	3 588 801.86	-3 372 363.01	12 436.29
5 525.00	-	-	216 438.85		
	1 681.06	42 026.44	3 630 828.30	-3 414 389.45	12 496.68
5 550.00	-	-	216 438.85		
	1 775.93	44 398.29	3 675 226.59	-3 458 787.74	12 555.77
5 575.00	-	-	216 438.85		
	1 884.73	47 118.19	3 722 344.78	-3 505 905.93	12 613.57
5 600.00	-	-	216 438.85		
	2 035.18	50 879.52	3 773 224.30	-3 556 785.45	12 670.13