

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : métiers de la ville

Spécialité : Géomatique et Gestion du Foncier

Par : HABIB OUSSAMA

BENSEGHIER HACHEMI

Sujet

**CONTRIBUTION DU PLAN ASBUILT DANS LE PROJET CHEMIN DE
FER BECHAR TINDOUF (100KM)**

Mme BENZIAN I.	MAA	Université de Tlemcen	Encadrante
Mme BENZENINE F.	MCB	Université de Tlemcen	Co-Encadrante
M. BENAMAR A.	MAA	Université de Tlemcen	Président
M. CHERIF BENMOUSSA M. Y.	MAA	Université de Tlemcen	Examineur

Année universitaire : 2025/2026

REMERCIEMENTS

Nous commençons par rendre grâce à Dieu Tout-Puissant qui nous a donné la force et la patience pour mener à bien ce mémoire. Nous adressons nos plus sincères remerciements à nos chers parents qui ont été notre soutien tout au long de notre parcours universitaire, avec leur appui moral et matériel inconditionnel.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos encadrantes, Madame **BENZIAN Imane** et Madame BENZENINE Faïla pour leur encadrement précieux, leurs conseils avisés et leur patience qui nous ont été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail

Nous adressons nos respectueux remerciements au président ainsi qu'aux membres du jury notamment le président M. BENAMAR et l'examineur M. CHERIF BENMOUSSA qui ont accepté d'évaluer ce travail. Nous rendons grâce à Dieu qui nous a donné la force et la détermination pour accomplir cette importante étape académique.

Enfin, nous gardons une pensée reconnaissante pour tous nos professeurs, depuis l'enseignement primaire jusqu'aux études supérieures, car ce que nous avons accompli aujourd'hui est le fruit de leurs efforts, de leur enseignement et de leur soutien continu.

DEDICACE

À mes chers parents,

Pour leurs sacrifices, leur disponibilité et leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours universitaire. Votre amour, vos conseils et votre encouragement constant ont été des piliers fondamentaux de ma réussite. Vous avez toujours cru en moi, même dans les moments les plus difficiles, et c'est grâce à votre dévouement et à vos sacrifices que j'ai pu réaliser mes rêves. Je vous suis profondément reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour moi.

À mes frères, et à ma chère sœur Pour leur appui constant et leurs encouragements.

À toute ma famille,

Pour leur présence et leur amour.

À mes meilleurs amis.

Pour leur amitié et leur soutien précieux

RESUME

Ce mémoire traite de l'étude et de la conception de la nouvelle ligne ferroviaire Béchar – Tindouf – Gara Djebilet, un projet stratégique visant à assurer le transport du minerai de fer du gisement de Gara Djebilet vers le nord de l'Algérie.

Ce travail présente l'importance des lignes ferroviaires minières dans le développement économique ainsi que l'évolution du réseau ferroviaire algérien. Il expose également les caractéristiques techniques du projet, les contraintes géographiques et climatiques de la zone d'étude, ainsi que les différentes études réalisées, notamment géologiques, géotechniques, hydrauliques, topographiques et géomatiques. Ces analyses ont permis de proposer des solutions adaptées pour garantir la stabilité, la sécurité et la durabilité de l'infrastructure ferroviaire, tout en assurant une exploitation efficace et sécurisée de cette future ligne stratégique.

Mots clés : Bechar, Ligne ferroviaire, Gara Djebilet, Géomatique

ملخص

تتناول هذه المذكرة دراسة وتصميم خط السكة الحديدية الجديد بشار – تندوف – غار جبيلات، والذي يُعد من المشاريع الاستراتيجية الهامة في الجزائر، حيث يهدف إلى نقل خام الحديد المستخرج من منجم غار جبيلات نحو المناطق الصناعية والموانئ في شمال البلاد. كما تعرض المذكرة أهمية الخطوط الحديدية المنجمية في التنمية الاقتصادية، إضافة إلى تطور شبكة السكك الحديدية في الجزائر. وتطرق إلى الدراسة إلى الخصائص التقنية للمشروع والظروف الجغرافية والمناخية لمنطقة الدراسة، مع إنجاز عدة دراسات تقنية تشمل الجيولوجيا، الجيوتقنية، الهيدرولوجيا، الهيدروليكا، الطبوغرافيا والجيوماتيك. وقد ساهمت هذه الدراسات في اقتراح حلول تقنية مناسبة لضمان استقرار وأمان وديمومة البنية التحتية للخط الحديدي، مع توفير شروط الاستغلال الفعال والأمن لهذا المشروع الاستراتيجي

الكلمات المفتاحية: بشار، خط سكة حديد، محطة جبيلات، الجيوماتيكس

ABSTRACT

This thesis focuses on the study and design of the new Béchar – Tindouf – Gara Djebilet railway line, a strategic infrastructure project aimed at transporting iron ore from the Gara Djebilet mine to northern Algeria. The study highlights the importance of mining railway lines in economic and industrial development and presents the evolution of the Algerian railway network. It also examines the technical characteristics of the project and the geographical and climatic conditions of the study area. Several technical investigations were carried out, including geological, geotechnical, hydraulic, topographic, and geomatics studies, in order to identify natural constraints and propose suitable engineering solutions. The results of these studies contribute to ensuring the stability, safety, durability, and efficient operation of the future railway.

Keywords: Bechar, Railway line, Gara Djebilet, Geomatics

TABLE DES MATIERES

Remerciements	1
Dédicace	2
Résumé	3
ملخص.....	3
Abstract	3
LA LISTE DES FIGURES :	7
LA LISTE DES TABLEAUX :	8
CHAPITRE 1 :	11
généralités sur chemin de fer.....	11
1-INTRODUCTION.....	12
2-HISTORIQUE	12
2-1-LES LIGNES FERROVIAIRES MINIÈRES DANS LE MONDE ET LEURS PARTICULARITÉS	12
2-2-IMPORTANCE STRATEGIQUE DANS L'ECONOMIE MONDIALE.....	13
3-OBJECTIF DE CETTE RECHERCHE :	14
4-PRINCIPALES LIGNES FERROVIAIRES MINIERES DANS LE MONDE	14
5-CONCLUSION	24
CHAPITRE 2 : présentation du projet	25
1-INTRODUCTION :	26
2-DESCRIPTION DE PROJET :	26
3-LES OBJECTIFS DU PROJET :	27
5-PRESENTATION DU SITE :	27
6-Caractéristique de notre projet :	31
7-INTERVENANTS DU PROJET :	31
7-1-Maitre d'œuvre :	33
7-2-Entreprises de réalisation :	34
8-PARAMETRES DE CONCEPTION.....	35
9- TRACE EN PLAN :	35

9.1. Longueur minimum des éléments du tracé :	35
9-2. Rayon minimum de l'alignement circulaire :	35
9-3-. Détermination de la longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements :	35
9-4. Caractéristiques du tracé en gare :	36
10-. Quais voyageurs :	36
11. Section transversal :	37
12- Tracé géométrique.....	38
12.1- Qualité et insuffisances du tracé	38
13- Conclusion:	39
CHAPITRE 3 :	40
Etude et conception du projet.....	40
1-Introduction	41
2-Etude géologique et topographie :	41
CADRE GEOLOGIQUE GLOBAL DE LA ZONE EXAMINEE :	41
3-Etude géotechnique :	43
4-Etude hydraulique	47
4-1-APERÇU CLIMATOLOGIQUE	47
4-2-CARTOGRAPHIE	47
4-3-METHODE DE CALCUL	48
5-ETUDE HYDROLOGIQUE.....	48
5-1-LIMITE DES BASSINS VERSANTS.....	48
6- Ouvrages de franchissement :	52
7-ÉTUDE D'EXECUTION ETUDE D'ASSAINISSEMENT :	56
2. DRAINAGE LONGITUDINAL	56
Chapitre 4 :	60
Méthodologie et application.....	60
2-PRESENTATION DES DONNEES UTILISEES :	61
2-1- Les données topographiques :	61
2-2 Logiciel utilisé :	61
2-3- Système des coordonnées :	62
3- Préparation des données :	62

3-1-organisation des données Excel :	62
4-ÉLABORATION DES CARTES THEMATIQUES :	62
4-1- Carte de tracé :	62
4-2- Carte de MNT :	68
5-La création de la base de données géographique a été réalisée sous QGIS :	72
CONCLUSION :	73
Conclusion générale :	75

LA LISTE DES FIGURES :

Figure 1: Premiers systèmes ferroviaires dans les mines (wagonnets tirés par des chevaux) [3].	13
Figure 2: Évolution projetée du marché mondial du transport ferroviaire de marchandises entre 2024 et 2033 [4]	14
Figure 3: la station Hussein Dey sur la ligne d'Alger à Blida.....	18
Figure 4: Ancienne gare	18
Figure 5: Passage supérieur de chemin de fer de Gustave Eiffel à Tlemcen	19
Figure 6: Réseau national de chemin de fer	20
Figure 7: Réalisation de la ligne de chemin de fer dans l'Antiquité.....	21
Figure 8 : Réseau national horizon 2014.....	23
Figure 9 : Réseau ferré national	24
Figure 10 : BECHAR-Port d'ARZEW.....	26
Figure 11 : section type de la gare.....	36
Figure 12 : Carte géologique de la zone d'étude.....	42
Figure 13 : Géologie Globale de BECHAR	43
Figure 14 : GÉOLOGIE GLOBALE DE BECHAR.....	43
Figure 15: Vue en plans d'Oued Bechar traversant le tracé au PK 75+100.....	44
Figure 16 : profil type de la digue batardeau pour la canalisation d'Oued Béchar.....	45
Figure 17 : type de Gabion.....	46
Figure 18: : Coupe transversal pour Gabion	46
Figure 19: profil type pour protection en enrochements	47
Figure 20: Carte topographique « Béchar » (Échelle 1:200 000)	49
Figure 21: Carte topographique « Oued Béchar ».....	51
Figure 22 : Coupe longitudinale.....	53
Figure 23 : Coffrage plot.....	53
Figure 24 : Vue en plan et coupe mur de tête.....	54
Figure 25 : Coupe longitudinale.....	55
Figure 26 : : Coupe transversa.....	56
: Dispositif de drainage (fossé) en déblai	27 Figure
Figure 28 DISPOSITIF DE DRAINAGE (FOSSE) EN DEBLAI:.....	57
Figure 29 : Dispositif de drainage en remblai	57
Figure 30 :DISPOSITIF DE DRAINAGE EN REMBLAI.....	57
Figure 31 CONSTITUANTS DE LA VOIE:	58
Figure 32: Interface d'accueil du logiciel QGIS.....	63
Figure 33: Fenêtre de configuration du Gestionnaire de sources de données (Texte délimité) sous QGIS.....	63
Figure 34 : Visualisation et étiquetage des points importés dans QGIS	64

Figure 35 : Tracé linéaire continu généré à partir des points de levé sous QGIS	65
Figure 36 : Initialisation de la mise en page cartographique du tracé sous QGIS	65
Figure 37 : Mise en page finale du tracé avec intégration du fond de carte (OpenStreetMap).....	66
Figure 38 : Cartes finales exportées du tracé linéaire (du PK 60+000 au PK 80+000)	67
Figure 39 : Superposition du tracé sur le Modèle Numérique de Terrain (MNT SRTM)	68
Figure 40 : Configuration de la symbologie du MNT.....	69
Figure 41 : Création de la mise en page de la carte MNT.....	70
Figure 42: Le rendu final exporté.....	71
Figure 43 : La création de la base de données.....	72

LA LISTE DES TABLEAUX :

Table 1:principales lignes ferroviaires minières dans le monde Les	14
Table 2: Les intervenants du projet	32
Table 3 : GROUPEMENT de Bureaux d'études algériens	33
Table 4: Groupement Entreprise de Réalisation GFBH	34
Table 5 : longueur minimum des éléments de trace.....	35
Table 6 : La longueur minimale des raccordements de déclivité.....	36
Table 7: Dévers maximum admissible	37
Table 8: Insuffisance de dévers maximale admissible	37
Table 9 : Excès de dévers maximal admissible.....	37
Table 10: valeurs maximales la variation de l'excès de dévers	37
Table 11 : les pentes des talus du profil en travers type de l'étude APD.....	38
Table 12: les pentes des talus du profil en travers courants de l'étude APD	38
Table 13 : les coordonnées de trace	61
Table 14 : Création des champs attributaires	73

INTRODUCTION GENERALE

Le réseau ferroviaire algérien représente un élément essentiel dans le développement économique du pays ainsi que dans l'organisation et l'aménagement du territoire. Exploité principalement par Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF), il couvre plusieurs milliers de kilomètres et assure la liaison entre les principales villes, les zones industrielles et les infrastructures portuaires. Au cours des dernières années, d'importants programmes de modernisation et d'extension ont été entrepris afin de renforcer les capacités du transport ferroviaire, aussi bien pour les voyageurs que pour les marchandises.

Dans ce contexte, les lignes ferroviaires minières occupent une place stratégique, puisqu'elles permettent le transport des ressources naturelles extraites vers les complexes industriels, les unités de transformation ou les ports d'exportation. La ligne Annaba – Ouenza est destinée à l'acheminement du minerai de fer vers le port d'Annaba, tandis que la ligne Tébessa – Djebel Onk – Skikda est dédiée au transport du phosphate vers Skikda. À l'ouest du pays, la ligne Béchar – Kenadsa – Oran assure le transport du charbon provenant des mines de Kenadsa. Ces infrastructures constituent ainsi des corridors logistiques majeurs reliant les zones minières aux pôles économiques nationaux.

Dans cette perspective de développement industriel et territorial, le projet de la ligne ferroviaire Gara Djebilet – Béchar apparaît comme une infrastructure stratégique de grande importance pour l'Algérie. Ce projet a pour objectif de connecter le gisement de minerai de fer de Gara Djebilet, localisé dans l'extrême sud-ouest du pays, à la ville de Béchar afin de l'intégrer au réseau ferroviaire national. Cette liaison facilitera le transport de grandes quantités de minerai vers les complexes industriels et les ports du nord, tout en contribuant à la valorisation économique de la région et au désenclavement d'un territoire longtemps isolé.

Le tracé de cette ligne traverse des régions sahariennes marquées par des conditions naturelles difficiles, notamment un climat aride, des formations géologiques complexes, la présence d'oueds et des terrains parfois instables. Ces caractéristiques nécessitent une approche technique adaptée aux contraintes géotechniques locales. Ainsi, la réussite du projet repose sur une étude approfondie du sol, une conception rigoureuse des plateformes ferroviaires, des ouvrages de franchissement ainsi que des systèmes d'assainissement.

L'objectif principal de cette étude est d'assurer la réalisation d'une infrastructure ferroviaire fiable, durable et adaptée à son environnement, garantissant une exploitation sécurisée, performante et économiquement efficace de cette liaison stratégique.

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, l'étude s'intéresse à un tronçon de 10 km, situé dans la wilaya de Béchar qui sera présenté comme suite :

CHAPITRE 1 :

GENERALITES SUR CHEMIN DE FER

1-Introduction :

Ce chapitre présente un aperçu historique et technique des lignes ferroviaires minières à travers le monde ainsi que de l'évolution du réseau ferroviaire en Algérie. Il met en évidence le rôle fondamental du transport ferroviaire dans l'exploitation et l'acheminement des ressources minières, notamment dans les régions à forte production de minerai.

À travers l'étude de plusieurs exemples internationaux, ce chapitre vise à montrer les particularités des lignes ferroviaires minières, leurs contraintes techniques et leur importance stratégique dans le développement économique des pays producteurs. Il retrace également les principales étapes de l'évolution du réseau ferroviaire algérien depuis la période coloniale jusqu'aux grands programmes de modernisation actuels, avec un intérêt particulier pour les nouveaux projets ferroviaires miniers stratégiques

2-HISTORIQUE

2-1-LES LIGNES FERROVIAIRES MINIÈRES DANS LE MONDE ET LEURS PARTICULARITÉS

À travers l'histoire, le transport de minerais a toujours posé des défis logistiques majeurs. Dès le XVII^e siècle, alors que l'exploitation minière prenait de l'ampleur en Europe, il devenait évident que les moyens classiques routes de terre, charrettes ou barges étaient inadaptés aux volumes croissants à déplacer. L'instabilité des terrains, la lenteur des convois et l'irrégularité des flux freinaient l'expansion des sites extractifs. C'est dans ce contexte qu'apparaissent les premières voies ferrées en bois, utilisées notamment dans les mines britanniques de Broseley, où des wagonnets tirés par chevaux circulaient sur des rudimentaires. Ce système simple mais ingénieux annonçait déjà les exigences fondamentales des futures lignes minières : fiabilité, stabilité et capacité. [1]

L'évolution technique du rail fonte moulé, puis acier, locomotives à vapeur a permis de transformer ces installations en véritables corridors de transport lourd, optimisés pour la régularité et l'endurance [2]. Mais au-delà des matériaux, ce sont les contraintes propres au transport minier qui ont forgé une typologie ferroviaire à part entière. Contraintes de poids, de fréquence, d'environnement extrême (poussière, chaleur, vibration), mais aussi de rentabilité sur de longues distances sans arrêts intermédiaires, ont mené à des choix d'ingénierie très spécifiques.

Aujourd'hui encore, les lignes ferroviaires minières présentes en Australie, au Brésil, au Canada, en Chine et dans plusieurs autres pays à travers le monde, sont conçues comme des structures résistantes et spécialisées. Elles se distinguent par leurs rails surdimensionnés, leurs plateformes renforcées, leurs systèmes de fixation adaptés aux efforts dynamiques, et leur logistique centrée sur le flux continu de matières premières. Leur performance conditionne directement la compétitivité de toute une filière industrielle [1].



FIGURE 1: PREMIERS SYSTEMES FERROVIAIRES DANS LES MINES (WAGONNETS TIRES PAR DES CHEVAUX) [3]

2-2-IMPORTANCE STRATEGIQUE DANS L'ECONOMIE MONDIALE

Le transport ferroviaire minier est un pilier fondamental de l'économie mondiale, assurant l'acheminement efficace de matières premières essentielles telles que le fer, la bauxite, le cuivre et le charbon. Ces ressources sont indispensables à des secteurs clés comme la construction, l'énergie et les technologies de pointe. Selon les données de l'Union internationale des chemins de fer (UIC), le transport de marchandises par rail a atteint des milliards de tonnes-kilomètres à l'échelle mondiale, témoignant de l'ampleur de ce mode de transport dans le commerce international. Par exemple, en 2023, l'Allemagne a enregistré une performance de 125 milliards de tonnes-kilomètres, représentant environ un tiers du total de l'Union européenne.

Le marché mondial du transport ferroviaire de marchandises, incluant le secteur minier, est en pleine expansion. En 2024, il était estimé à 173,27 milliards de dollars et devrait atteindre 252,1 milliards de dollars d'ici 2033 (Fig. 2), avec un taux de croissance annuel moyen de 3,8 %. Cette croissance reflète l'augmentation continue de la demande en matières premières, notamment dans les économies émergentes et dans le cadre de la transition vers une économie à faible émission de carbone.

Pour les pays producteurs, les infrastructures ferroviaires minières ne sont pas seulement des moyens logistiques ; elles sont des vecteurs de développement économique, facilitant les exportations, attirant les investissements et stimulant la croissance régionale.



FIGURE 2: ÉVOLUTION PROJETEE DU MARCHE MONDIAL DU TRANSPORT FERROVIAIRE DE MARCHANDISES ENTRE 2024 ET 2033

3-OBJECTIF DE CETTE RECHERCHE :

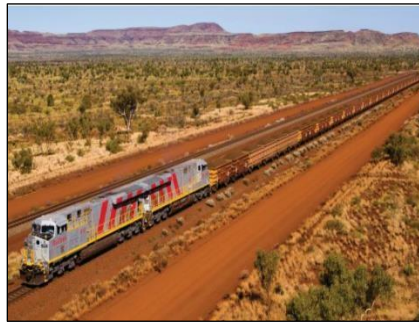
Cette recherche vise à illustrer le rôle stratégique des lignes ferroviaires minières dans le paysage industriel mondial, en présentant quelques-unes des infrastructures les plus emblématiques dédiées à ce type de transport. À travers ces exemples internationaux, il s'agit de mettre en évidence ce qui distingue ces lignes des réseaux ferroviaires classiques, notamment en termes de conception, de contraintes structurelles et d'exigences d'exploitation.

4-PRINCIPALES LIGNES FERROVIAIRES MINIERES DANS LE MONDE

Pour mieux comprendre les spécificités des lignes ferroviaires minières, il est essentiel d'examiner les exemples les plus emblématiques à l'échelle mondiale. Ces lignes, conçues pour relever des défis techniques, logistiques et environnementaux très variés, offrent une richesse d'enseignements en matière de conception, d'exploitation et de résilience. Le tableau ci-dessous présente quelques-unes des principales lignes ferroviaires minières dans le monde

TABLE 1: PRINCIPALES LIGNES FERROVIAIRES MINIERES DANS LE MONDE LES

Pays	Nom de la ligne	Longueur (km)	Caractéristiques principales	Illustration représentative
Brésil	Carajás (EFC/EF-315)	892	Transport de >120 Mt/an de minerai de fer ; dessert aussi 350 000 passagers/an.	

Brésil	Vitória–Minas (EFVM)	664	Transport de minerai de fer ; service passager quotidien longue distance.	
Guinée	Simandou (en projet)	670	Transport de minerai de fer ; mise en service prévue en 2025 ; défis sécuritaires et techniques.	
Canada	QNS&L (Québec North Shore & Labrador)	414	Transport de minerai de fer dans conditions extrêmes ; ancienne desserte de passagers.	

Russie	Transsibérien	9 289	Transport de ressources variées vers l'Asie ; ligne intercontinentale stratégique.	
---------------	---------------	-------	--	---

Russie	BAM (Baïkal-Amour Magistral)	4 300	Transport de charbon, minerais, bois ; relie la Sibérie à l'Extrême-Orient russe.	
Mauritanie	Zouérate–Nouadhibou	704	Trains de 2,5 km ; 17 000 t de minerai de fer ; transport rudimentaire de passagers.	
Algérie	Annaba–Djebel el-Onk	422	Ligne modernisée ; relie les mines de l'est au port d'Annaba.	
Algérie	Béchar–Tindouf–Gara Djebilet (en projet)	>950	Transport de minerai de fer vers le nord ; ligne stratégique pour le sud algérien.	

La voie ferrée en l'Algérie : 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 tout 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. 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[4].

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-Bouchegouf-Guelma, Khroub-Oued Zenati, Constantine-Skikda, Constantine-Sétif, Alger-Thénia, Alger-Oran, Arzew-La Macta-Mohammadia, Mohammadia-Mécheria, Oued Tlélât-Sidi Bel Abbès.

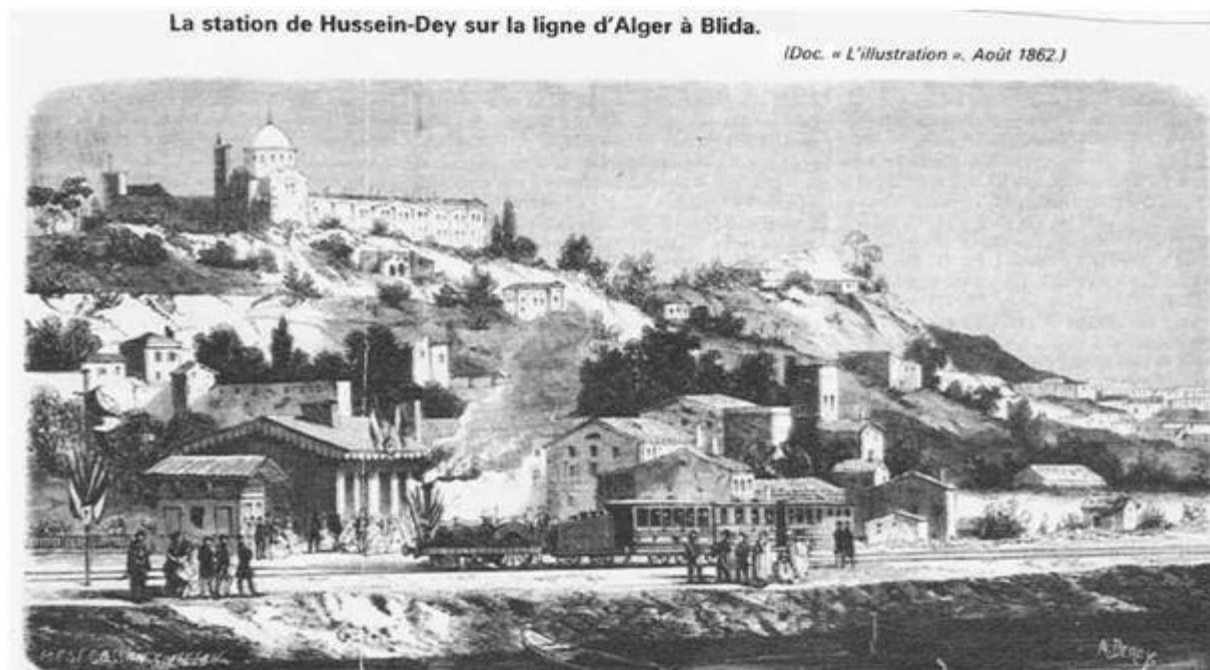


FIGURE 3: LA STATION HUSSEIN DEY SUR LA LIGNE D'ALGER A BLIDA

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, Béjaia et Sour El Ghoulane, Blida-Berrouaghia, Mostaganem-Relizane-Tiaret, Oran-Arzew, Sénia-Témouchent, Sidi Bel Abbès-Tlemcen-Frontière, Tabia-Crampel, Méchéria-Béchar, Tizi-Mascara.



FIGURE 4: ANCIENNE GARE

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-Tougourt 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.

Après les déficits des compagnies concessionnaires, l'Etat a racheté les concessions, l'Etat a racheté les concessions des compagnies Franco-Algérienne, Est Algérien, Bône-Guelma et Ouest Algérien en 1900, 1908, 1905 et 1920.

Le 27 Septembre 1912 est créée la Compagnie des Chemins de Fer Algériens de l'Etat (CFAE) qui prend le relais de l'exploitation des réseaux des concessionnaires à l'exception du réseau PLM.

Le 30 Mai 1938, les lignes CFAE et PLM d'intérêt général sont rattachées à la SNCF récemment constituée, et le réseau algérien en devient une région. Le 1^{er} Janvier 1939, est institué un **Office des Chemins de fer Algériens (Office CFA)**.

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 (CFRA).

Le 30 Juin 1959 est établie la Convention entre l'Etat et l'Office CFA. Le 1er Janvier 1960, est créée une **Société des Chemins de Fer Français en Algérie** qui sera régie par la Convention de Juin 1959 jusqu'au 16 Juin 1963, date à laquelle sera créée la **Société Nationale des Chemins de Fer Algériens (SNCF)** [4].

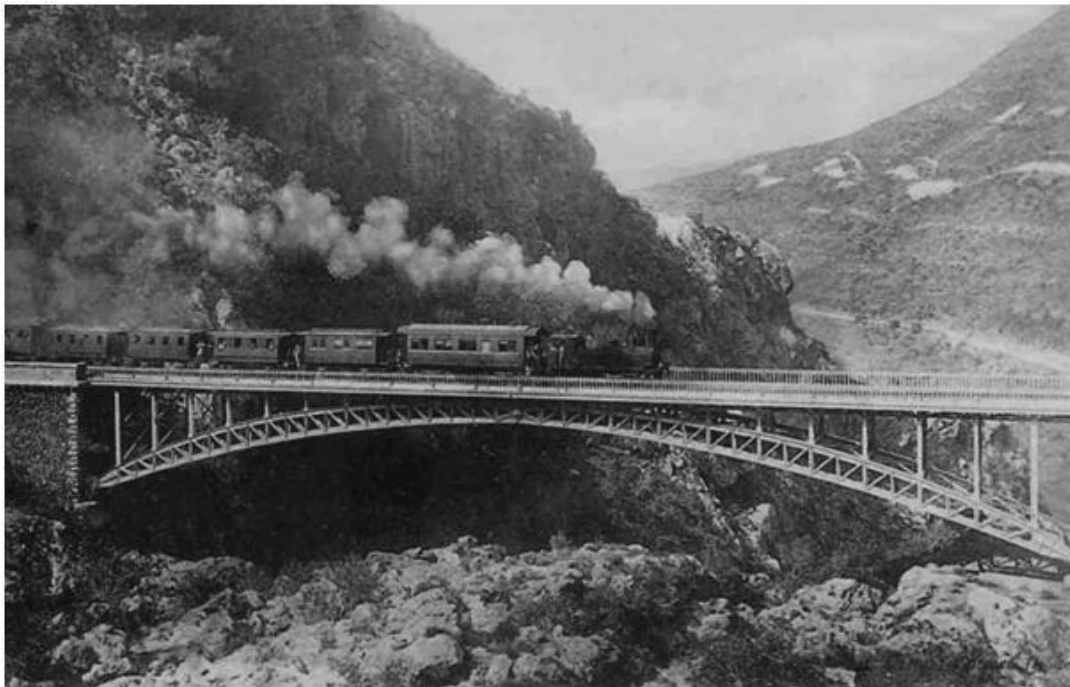


FIGURE 5: PASSAGE SUPERIEUR DE CHEMIN DE FER DE GUSTAVE EIFFEL A TLEMCEM

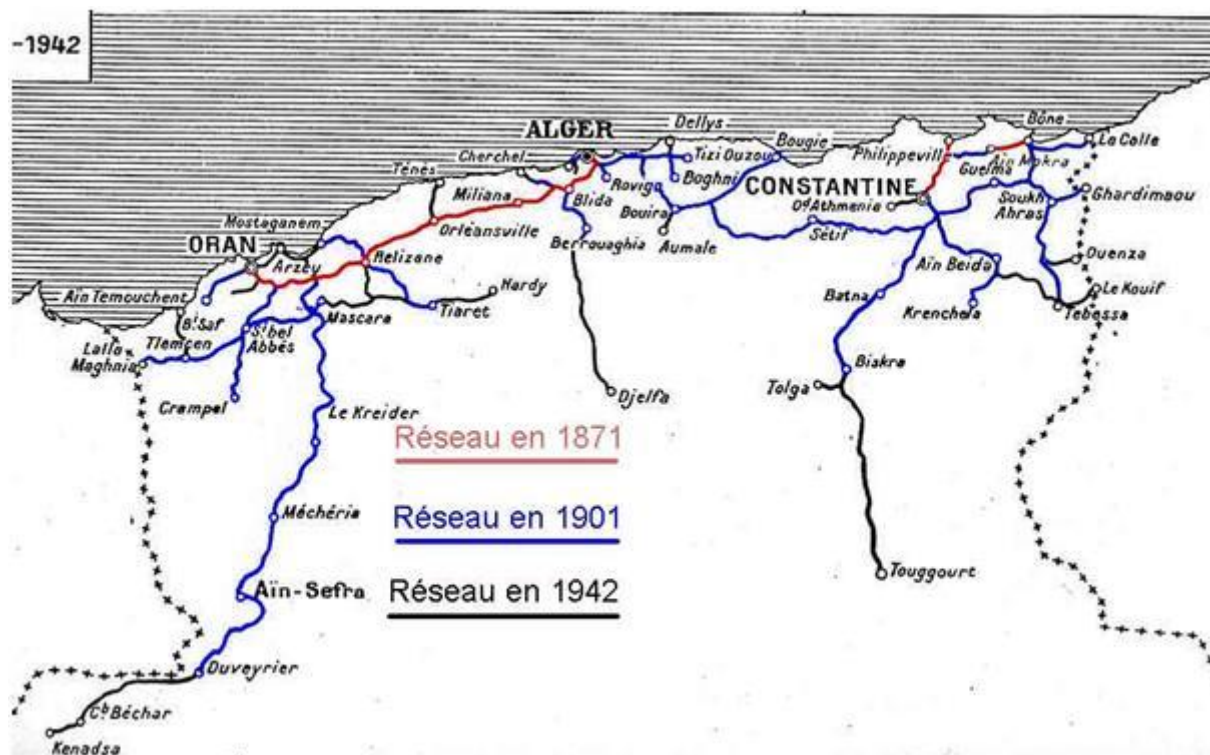


FIGURE 6: RESEAU NATIONAL DE CHEMIN DE FER

PERIODE POST-INDEPENDENCE

La Convention de Juin 1959 continua à régir les relations entre l'Etat et la SNCFA jusqu'à 1976, date à laquelle est créée, **la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF)** suite à la promulgation des textes portant gestion socialiste des entreprises (GSE) par ordonnance N° 76-28 du 25 Mars 1976.

Cette dernière a été restructurée en trois entreprises :

- **La SNTF**, société nationale chargée de l'exploitation et de l'entretien du réseau ferroviaire.
- **La SNERIF**, société nationale chargée du renouvellement et de l'extension du réseau ferroviaire.
- **La SIF**, société d'engineering et de réalisation d'infrastructures ferroviaires.

Cette réorganisation avait pour objectif de séparer les activités d'exploitation et d'entretien de celles du renouvellement et l'extension du réseau. Cette expérience n'a pas atteint les objectifs attendus et les deux sociétés SNERIF et SIF ont été ainsi dissoutes.

PROGRAMME D'INVESTISSEMENT DE 1980

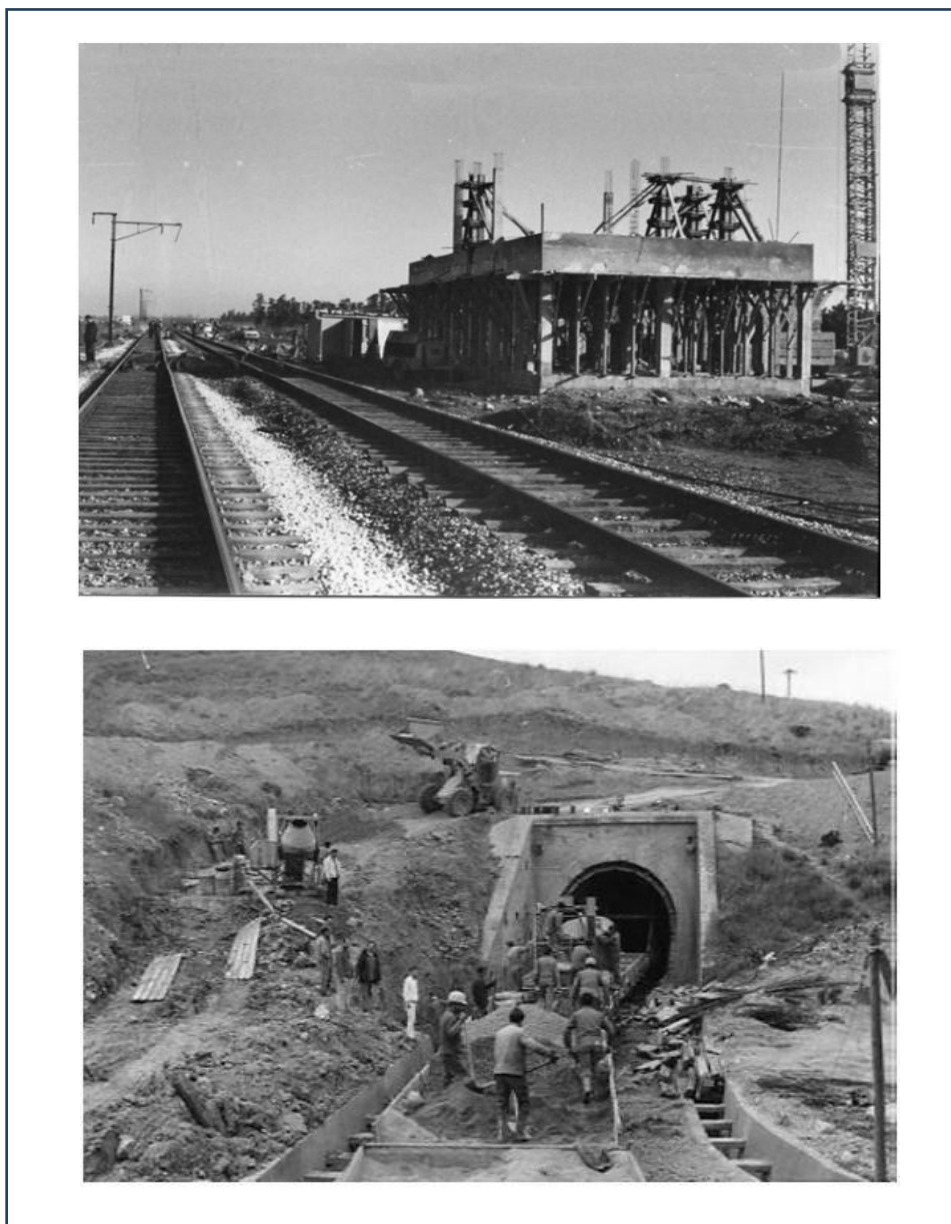


FIGURE 7: REALISATION DE LA LIGNE DE CHEMIN DE FER

Une convention définissant les responsabilités respectives de l'Etat et de la SNTF a été instituée par décret N°88-128 du 28 juin 1988. Cette convention reprend certaines dispositions de l'ancienne convention de juin 1959 concernant l'infrastructure et la compensation de service public.

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 (23 km) 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 gares réparties sur le réseau.
- Aménagement ferroviaire des régions d'Annaba et d'Alger (partiellement).

En 1990

La SNTF change de statut et devient un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) par décret exécutif N°90-391 du 1er Décembre 1990, sous tutelle du Ministère des Transports. Son siège social est situé au 21-23 Boulevard Mohamed V à Alger.

PROGRAMMES D'INVESTISSEMENTS FERROVIAIRES

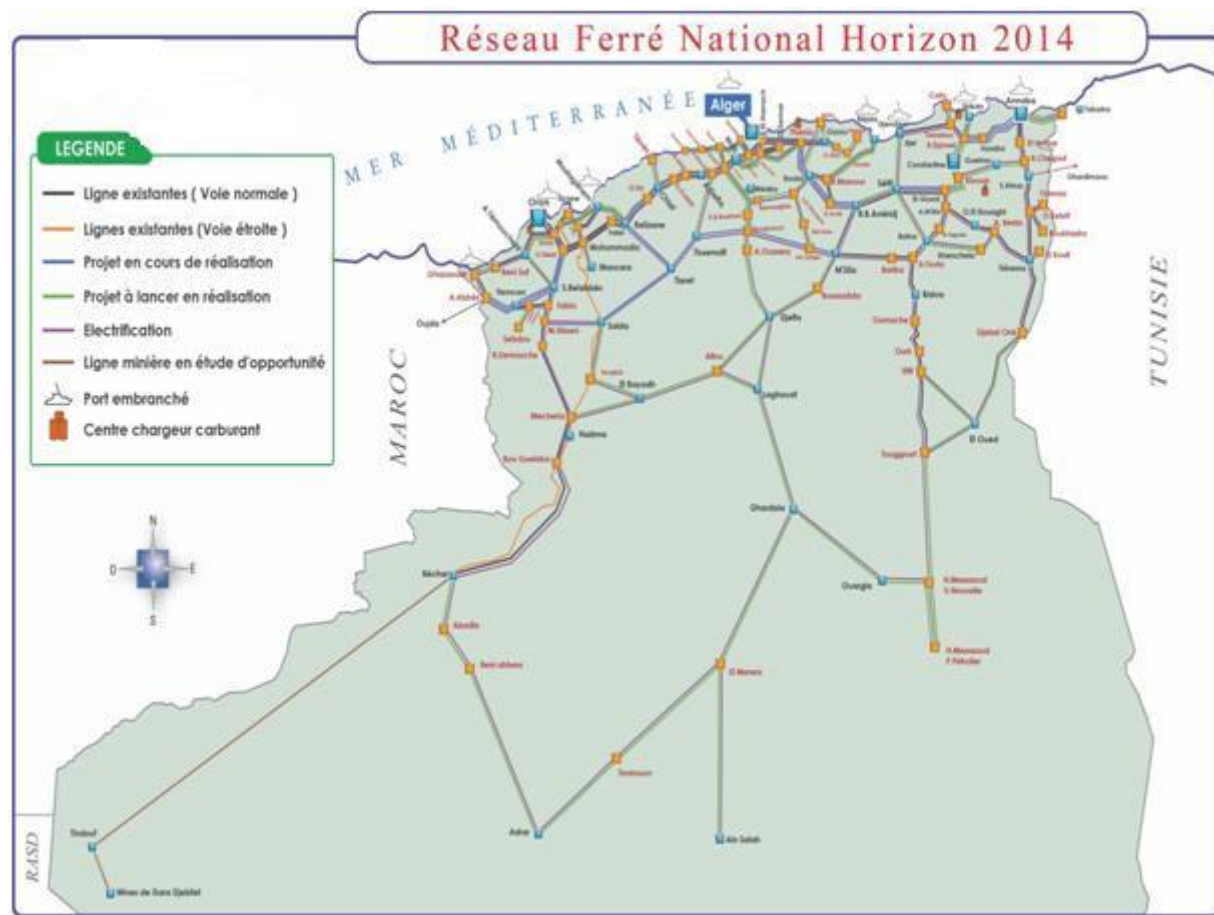


FIGURE 8 : RESEAU NATIONAL HORIZON 2014

Dés 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 vise le développement et la modernisation du réseau existant. Par décision D1b N° 03 2007 du 23 Mai 2007, une nouvelle organisation est adoptée au sein de la SNTF, visant à répondre aux implications de la création de l'Agence Nationale d'Etudes et Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF). Cette réorganisation permettra à la SNTF de se recentrer sur ses métiers de base qui sont le transport de voyageurs et de marchandises.

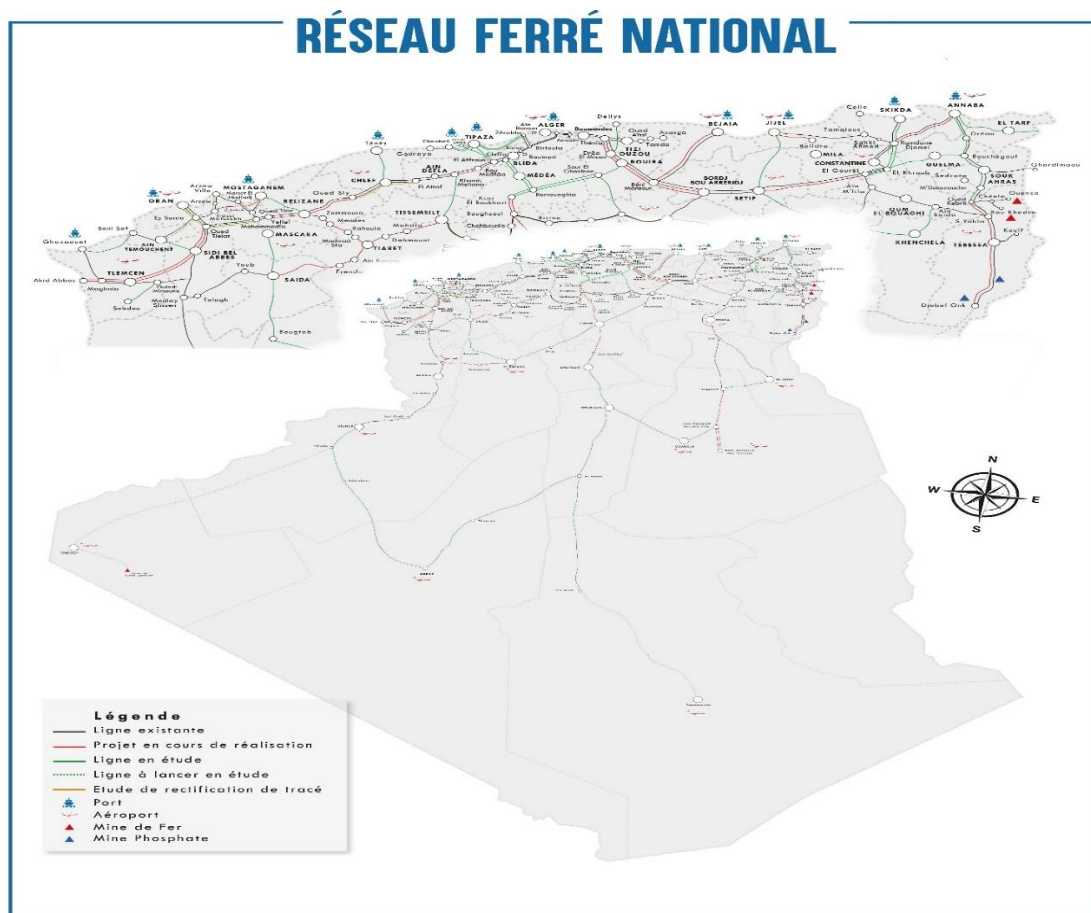


FIGURE 9 : RESEAU FERRE NATIONAL

5-Conclusion -

À travers ce chapitre, il apparaît que les lignes ferroviaires minières occupent une place essentielle dans le développement économique et industriel à l'échelle mondiale. Leur évolution historique démontre l'importance du chemin de fer dans l'optimisation du transport des ressources minières sur de longues distances, tout en répondant à des contraintes techniques et logistiques particulières.

Les exemples étudiés montrent que ces infrastructures se distinguent des réseaux ferroviaires classiques par leur capacité élevée, leur robustesse et leur adaptation aux conditions d'exploitation extrêmes. En Algérie, le développement du réseau ferroviaire, depuis la période coloniale jusqu'aux programmes de modernisation récents, reflète la volonté de renforcer les infrastructures de transport afin d'accompagner le développement économique national.

Enfin, les nouveaux projets ferroviaires miniers, notamment la ligne Béchar–Tindouf–Gara Djebilet, constituent un enjeu stratégique majeur pour la valorisation des ressources minières et l'intégration économique des régions du sud du pays

CHAPITRE 2 :

PRESENTATION DU PROJET

1-INTRODUCTION :

Dans le cadre de l'exploitation de la mine de fer de Gara Djebilet, située au Sud-Ouest de l'Algérie, les autorités de notre pays ont décidé de réaliser une étude de conception pour une nouvelle ligne ferroviaire reliant BECHAR à GARA DJEBILET.

Cette ligne, qui desservira les villes de Béchar, Abadla, Hassi Khebi Oum El Assel et Tindouf, s'étendra sur environ neuf cent cinquante (950) kilomètres.

Dotée d'un caractère stratégique, cette nouvelle infrastructure ouvre des perspectives de développement et d'exploitation pour l'une des plus grandes mines de fer au monde.

2-DESCRIPTION DE PROJET :

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

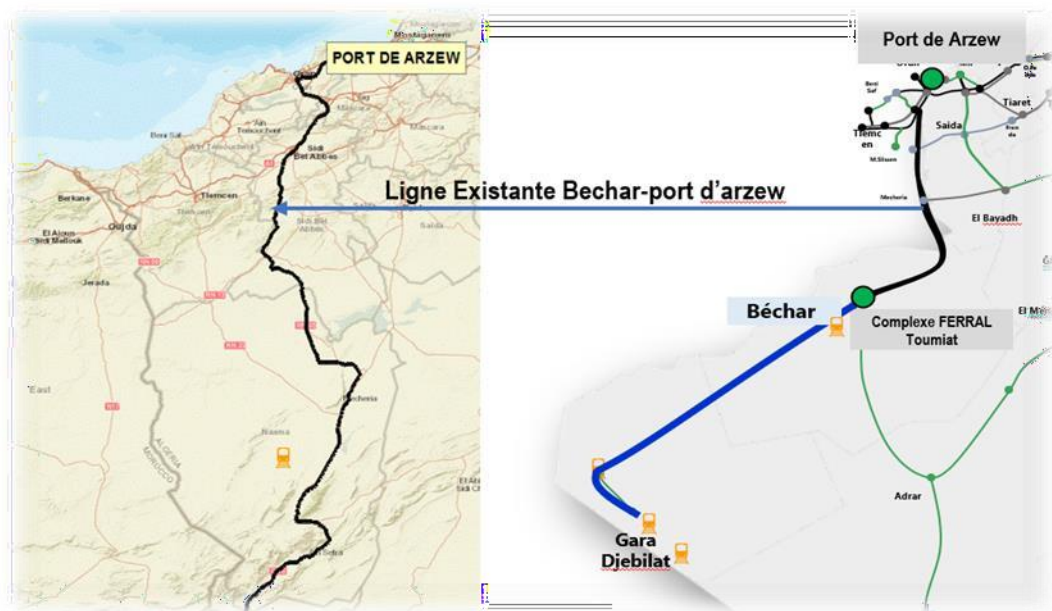


FIGURE 10 : BECHAR-PORT D'ARZEW.

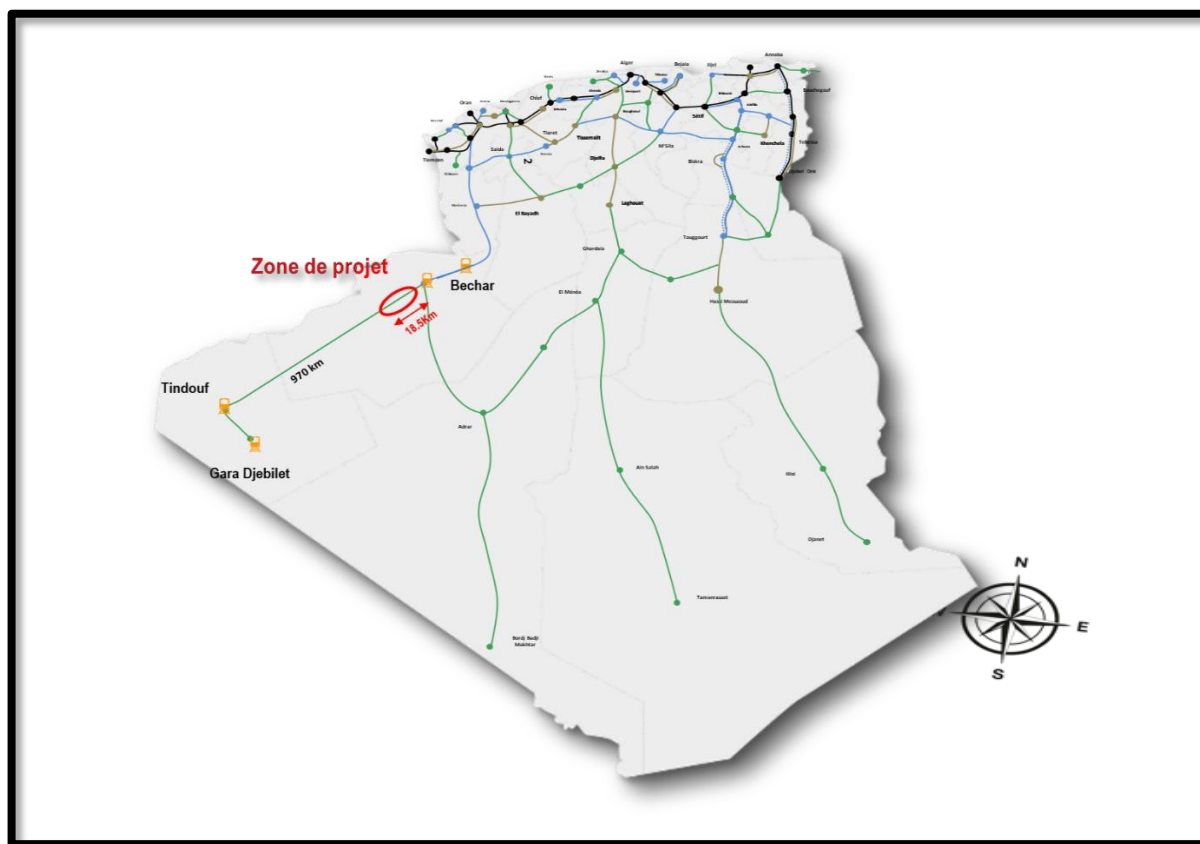


FIGURE11 : RÉSEAU FERROVIAIRE EN ALGÉRIE.

3-LES OBJECTIFS DU PROJET :

Ce projet permettra l'acheminement du minerai de fer du gisement de Gara-Djebilet (Tindouf), vers Bechar et Oran. Il vise aussi le développement à l'avenir, du transport ferroviaire des voyageurs par train du Sud-ouest-vers le Nord et du Nord vers le sud-ouest du pays, pour ce faire il faut :

- Construire de nouvelles lignes ferroviaires et moderniser les infrastructures existantes pour assurer l'efficacité et la sécurité du transport.
- Assurer un moyen de transport rapide, sûr et confortable, reliant le Sud et le Nord de manière efficace.
- Favoriser le progrès socio-économique des régions traversées par le biais de ces projets.

5-PRESENTATION DU SITE :

Les wilayas sont concernées par le projet, sont Béchar et Tindouf qui seront présentées brièvement :

WILAYA DE BECHAR



Figure : Carte de localisation et des limites de la province wilaya de Béchar.

Situation géographique (climat-relief)

La wilaya de Béchar occupe une position géostratégique dans la partie sud-ouest du pays. Elle s'étend sur une superficie de 49.693 km². Son chef-lieu de wilaya éponyme est situé à 900 Km au sud de la capitale Alger.

Elle est limitée :

- Au nord, par la wilaya de Naâma.
- A l'est, par la wilaya d'El Bayadh.
- Au sud, par les wilayas de Béni-Abbès et de Timimoune.
- A l'ouest, par le Maroc.

Son climat est de type désertique continental ; Les étés sont très chauds (+ 45°C) et les hivers très rudes (2°C à 3°C). Les précipitations sont de l'ordre de 60 mm/an. Les vents de sable sont fréquents et souvent violents (peuvent atteindre les 100 km/h).

Le Relief de la région se limite à des montagnes dénudées et parfois élevées comme djebel Antar(1953m), djebel Grouz (1835m) et djebel Béchar (1206 m).

Par ailleurs, six principaux oueds sillonnent la wilaya du Nord au Sud ; il s'agit d'oued Namous, oued Zouzfana, oued Bechar, oued Guir, oued Saoura et oued Daoura.

Les principales vallées sont celles de la Zouzfana, du Guir et de la Saoura.

Les regs (Hamada) : Ce sont de vastes étendues rocailleuses dont les plus importantes sont celles de Guir et de Daoura.

Les regs : Ils représentent des massifs dunaires pouvant atteindre 300m de hauteur et s'étalent sur de grandes superficies ; Il s'agit du Grand Erg occidental, erg Erraoui, erg El Atchane et erg Iguidi.

Organisation administrative

La wilaya de Béchar comprend 6 Daira et 11 communes

Les potentialités naturelles – 2021

Les ressources hydrauliques :

-Nombre de forages : 54

-Nombre de retenues collinaires : 15

Capacité des retenues collinaires : 5 892 000 M³

Les infrastructures de base existantes- 2021-

Réseau routier

Routes Nationales : 1227 Chemins de wilaya :395 Chemins communaux : 602,7

Réseau ferroviaire

Longueur du réseau : 142 Km Nombre de gares : 02

Nombre de passagers : 399 103 passagers/an

Réseau aéroportuaire

Aéroport Boudghene Ben Ali Lotfi Aéroport Ouakda

WILAYA DE TINDOUF



Figure : Carte de localisation de la wilaya de Tindouf.

Situation géographique (climat-relief)

La wilaya de Tindouf est située au sud-ouest du pays et occupe une position géostratégique et elle s'étend sur une superficie de 158 874 km². Le chef-lieu éponyme de la wilaya est situé à :

- 2 248 km de Tamanrasset.
- 1 816 km de la capitale Alger.
- 1 174 km d'Adrar.
- 850 km de Béchar.
- 50 km des frontières avec le Maroc.
- 75 km de la frontière avec la Mauritanie.

La wilaya de Tindouf est caractérisée par un climat désertique, chaud et aride. Les précipitations sont très faibles. Les pluies maximales sont enregistrées durant le mois de février.

Le relief :

La wilaya s'intègre dans un ensemble désertique fortement dominé par la hamada, très vaste étendue bordée au nord-est par le piémont de l'Atlas. La Hamada se présente par une succession de reliefs monoclinaux :

La **sebkha** qui s'est développée dans la zone de dépression sur une longueur d'environ 100 km et une largeur de 10 à 20 km de direction Ouest Est.

Le **massif** de Yetti-Eglab, situé au Sud de la wilaya, constitué de terrains pénéplaines où le relief fait apparaître des intrusions de diorites et de rhydites.

L'**erg Iguidi** qui s'étend à l'ouest et couvre avec ses dunes le massif Eglab à l'ouest et au nord. Sa structure géologique présente un aspect de la région saharienne formé d'ergs, de plateaux rocailloux et de vallées creusées par les oueds

Organisation administrative

- La wilaya de Tindouf comprend 01 daïras et 02 communes

Les potentialités naturelles – 2021

Les ressources en eau de la wilaya sont constituées d'eaux souterraines

Les infrastructures de base existantes- 2021-

Le réseau routier

Routes Nationales : 1 107 Chemins de wilaya :151 Chemins communaux :483,16

Pistes :115

Réseau aéroportuaire

La wilaya dispose d'un aéroport régional, l'aéroport Commandant Ferradj situé à 07 km au nord-ouest du chef-lieu de wilaya.

6-Caractéristique de notre projet :

Les caractéristiques générales de la ligne sont résumées :

- La ligne alterne entre des sections à voie unique et des sections à double voie
- Caractéristiques géométriques selon les normes **UIC**.
- Logiciel a utilisé dans l'étude est : **Covadis 16.0d**
- Mode de traction prévue : Diesel, avec prévision d'une électrification future.
- Longueur : 12.750 km.
- Type des rails : rails UIC 60 E1
- Type de travers :
- Bi-bloc de type B440 NP (VAX U31)
- Mono bloc de type M450 NP
- Écartement de la voie (standard) : 1435mm.
- Charges à l'essieu : 22.5 t – ouvrages d'art 25 t
- Charges à l'essieu dans la gare : 32.5 t.
- Distance axe voie – axe caténaire : 3.15m.
- Pente latérale plateforme : **4%**.
- Vitesse de tracé : **$V_v = 160 \text{ km/h}$ – $V_m = 70 \text{ km/h}$.**
- La ligne est mixte voyageurs/marchandises.
- Le type d'attaches : Attaches élastiques NABLA Tirefond spécial 22-115 type 5 avec semelle élastique en élastomère d'une épaisseur de 9mm, collé sur la table d'appui des traverses.
- La longueur utile de la gare : 2400 m
- La pente maximale admissible du profil en long est 16 ‰ et 0 ‰ au niveau des gares
- L'entraxe des voies est de 5,00 m.
- Les Appareils de voie choisis dans la gamme ci-après :
- UIC-60 300- 1 :9 avec une vitesse de 50 km/h.
- UIC-60 500- 1 :12 avec une vitesse de 65 km/h.

7-Intervenants du projet :

Plusieurs entreprises interviennent dans la réalisation de ce réseau ferroviaire concernant la ligne minière, ils sont détaillés dans le tableau suivant :

TABLE 2: LES INTERVENANTS DU PROJET

Fonction	Nom	Logos	Adresse	Description
Maitre D'Ouvrage	ANESRIF		15, Bis Rue Colonel Amirouche, Rouïba, Alger, Algérie	L'ANESRIF (Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires) est un Établissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC) algérien. Créée en 2005, elle agit en tant que maître d'ouvrage délégué pour superviser, concevoir et moderniser le réseau national de chemins de fer.
Maitre D'œuvre	Groupement GCTB : SETIRAIL (Chef de file) SEATI SET Sétif SIDEM LNHC		Basevie GFBH OUAKDA- BECHAR	
Entreprise de réalisation	Groupement GFBH : COSIDER TP (Chef de file) INFRARAIL ENGOA SERO Est EPTP-Alger		Base vie GFBH OUAKDA- BECHAR	

7-1-Maitre d'œuvre :

Le marché est confié à un Groupement de Bureaux d'études algériens, SETIRAIL (chef de file) / SAETI / SET SETIF / SIDEM / LNHC, les taux de participation de chaque Bureau d'étude sont les suivantes :

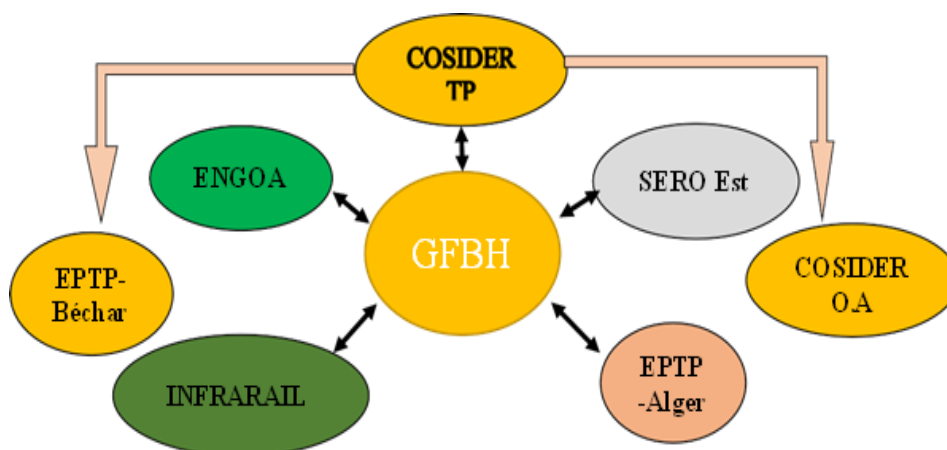
TABLE 3 : GROUPEMENT DE BUREAUX D'ETUDES ALGERIENS

		Organisme	Intervention	Taux de Participation
Groupement Bureaux D'étude : GCTB		Marché N° : DPLM 8.01.5.3.15.23.H		
		SETIRAIL (Chef de file)	- Approbation des études d'exécutions : ▪ Terrassement, Géotechnique et assainissement ▪ Ouvrage d'art ▪ Ouvrages Hydrauliques ▪ Voie - Contrôle et suivi des travaux	45,00 %
		SAETI	- Approbation des études d'exécutions : ▪ Terrassement, Géotechniques assainissement ▪ Ouvrage d'art ▪ Ouvrages Hydrauliques ▪ Voie ▪ Tunnel - Contrôle et suivi des travaux	20,00 %
		SET SETIF	- Approbation des études d'exécutions : ▪ Terrassement, Géotechniques assainissement ▪ Ouvrage d'art ▪ Ouvrages Hydrauliques ▪ Voie - Contrôle et suivi des travaux	20,00 %
		SIDEM	- Approbation des études d'exécutions : ▪ Bâtiments - Contrôle et suivi des travaux	09,00 %
		LNHC	-contrôle et suivi des travaux	06,00 %

7-2-Entreprises de réalisation :

TABLE 4: GROUPEMENT ENTREPRISE DE REALISATION GFBH

	Organisme	Intervention	Taux de participation
Groupe Entreprises de Réalisation GFBH :	Marché N° : DPLM 8.03.5.3.12.23. G		
	COSIDER TP (chef de file)	- Terrassements, Voie, Tunnel, drainage Et Assainissement, Viaducs et Ouvrages D'art	73.18 %
	INFRARAIL Spa	- Voie	8.75 %
	ENGOA Spa	- Viaducs et Ouvrages d'art.	5.61 %
	SERO EST Spa	- Viaducs et Ouvrages d'art.	5.61 %
	EPTP Alger Spa	-Terrassements, Drainage et Assainissement	6.85 %



8-PARAMETRES DE CONCEPTION

Ce chapitre présente les critères de conception du projet et les paramètres géométriques du tracé d'une ligne d'exploration prétendue (Trafic Voyageurs : Vitesse 160 km/h et Marchandises : vitesse 70 km/h) et s'encadrent dans les normes généralement utilisées, notamment les codes UIC. En conséquence les caractéristiques géométriques et techniques pour cette étude d'exécution seront basées sur les caractéristiques fondamentales mentionnées ci-dessus, les paramètres non précisés sur cette dernière seront déduits des recommandations européennes et des pratiques de la S.N.T.F.)

9-. Tracé en plan :

9.1. Longueur minimum des éléments du tracé :

Afin d'amortir suffisamment le roulis de la caisse des véhicules, des longueurs minimales ont été fixées pour les éléments de tracé. Les doucines (arrondis du diagramme des flèches centrées sur une origine ou une fin de raccordement progressif) ont des longueurs normales comprises entre 30 et 40 mètres, exceptionnellement 20 mètres.

Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes, entre milieux de doucines, doivent respecter les valeurs exprimées en mètres ci-après (la vitesse V est exprimée en km/h)

TABLE 5 : LONGUEUR MINIMUM DES ELEMENTS DE TRACE

Valeur limite normale	$V/2$
Valeur limite exceptionnelle	$V/3$

9-2. Rayon minimum de l'alignement circulaire :

La valeur du rayon minimum admissible est limitée pour assurer, en fonction des vitesses de circulation, le confort des voyageurs et éviter que les efforts transversaux sur la voie ne soient trop importants.

Le rayon minimum (normal et exceptionnel), sera défini à partir de l'insuffisance de dévers admissible pour les vitesses maximales et à partir de l'excès de dévers pour les vitesses minimales sans que le dévers maximum ne soit dépassé.

9-3-. Détermination de la longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements :

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

La valeur de la longueur minimale des déclivités constantes est donc limitée à la longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

TABLEAU 6 : LA LONGUEUR MINIMALE DES RACCORDEMENTS DE DECLIVITE

Valeur minimale normale	$V / 2$
Valeur minimale exceptionnelle	$V / 2.5$

L'entraxe est de 4000mm en voie principale et de 4200 à 5000mm dans les faisceaux de voie.

9-4. Caractéristiques du tracé en gare :

Ce chapitre présente les données caractéristiques utilisées ainsi que leur source pour la conception des différents éléments des gares.

10-. Quais voyageurs :

Les quais de toutes les gares sont implantés en alignement droit. La largeur des quais entre deux voies est de 8m et 6m en voie latérale.

Il sera considéré un entre-axe de 4.20m, une hauteur de 0.550m concernant le plan de roulement et un éloignement de 1.65m par rapport à la bordure, tel qu'on peut l'observer dans la figure suivante :

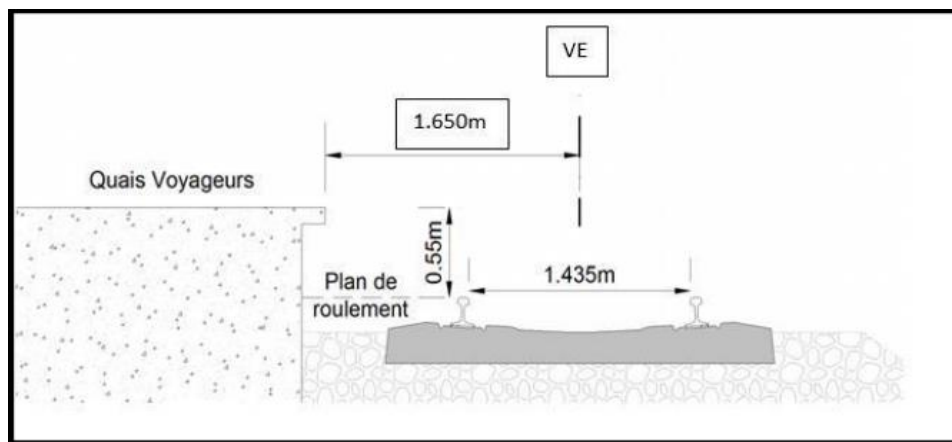


FIGURE 11 : SECTION TYPE DE LA GARE

Au niveau des gares, le nombre des voies et les distances entre les voies peuvent varier. Le gabarit GC détermine l'aire à réserver aux véhicules, aménagement des quais et espaces de sécurité.

De chaque côté des voies, des éléments garde ballast, des conduites pour câbles, des trottoirs et des garde-corps ont été pris en considération. Sur les ponts, comme dans les sections de pleine voie, un ballastage est prévu. L'épaisseur de chaque couche de la plateforme est définie selon le rapport géotechnique.

11. Section transversal :

Ecartement de la voie est fixé à 1,435 m entre les 2 rails (écartement UIC).

Dévers. Insuffisance de dévers. Excès de dévers

Le dévers sera obtenu en surélevant le rail extérieur par rapport au rail intérieur. La variation du dévers à l'entrée et à la sortie d'une courbe sera continue tout au long de la courbe de transition.

Dévers maximum admissible :

Le dévers maximum est limité afin de ne pas perturber le confort des voyageurs et d'éviter le déplacement de marchandises lors de l'arrêt impromptu du train fret dans une courbe .

TABLE 7: DEVERS MAXIMUM ADMISSIBLE

Valeur maximale du devers	150mm
---------------------------	-------

Insuffisance de dévers maximale admissible :

On limite l'accélération non compensée, afin d'assurer la sécurité des circulations, le confort des voyageurs et un coût raisonnable de l'entretien de la voie.

Les valeurs maximales admissibles sont :

TABLE 8: INSUFFISANCE DE DEVERS MAXIMALE ADMISSIBLE

Valeur maximale normale	120mm
Valeur maximale exceptionnelle	150mm

Excès de dévers maximal admissible :

L'excès de dévers est limité pour éviter l'usure prématurée du rail intérieur dans les courbes. (Voir tableau suivant)

TABLE 9 : EXCES DE DEVERS MAXIMAL ADMISSIBLE

Valeur maximale normale	110mm
Valeur maximale exceptionnelle	130mm

Limites de ce taux exprimé en mm (la vitesse est exprimée en km/h) :

TABLE 10: VALEURS MAXIMALES LA VARIATION DE L'EXCES DE DEVERS

Valeur maximale normale	180/V
Valeur maximale exceptionnelle	216/V

CORRECTIONS APPORTEES SUR L'ETUDE APD

Dans ce cadre il est demandé de faire une analyse critique des documents de l'étude APD pour faire ressortir les insuffisances éventuelles de cette étude.

Dans cette section nous aborderons les sujets suivants pour l'analyse du dossier Tracé de voie APD du PK 60+000 au PK 80+000

12- Tracé géométrique

- Qualité et insuffisances du tracé.
- Non-conformités éventuelles par rapport aux normes utilisées.
- Paramètres de tracé à adopter pour l'étude d'exécution.

12.1- Qualité et insuffisances du tracé

Les profils en travers courants ne sont pas conformes au profil en travers type, les pentes des talus de remblai supérieur à 8m et du déblai inférieur 6m mentionnées dans les profils en travers types ne sont pas appliquées dans les profils en travers courants.

Le tableau suivant résume les pentes des talus du profil en travers type de l'étude APD

TABLE 11 : LES PENTES DES TALUS DU PROFIL EN TRAVERS TYPE DE L'ETUDE APD

	PROFIL EN TRAVERS TYPES			
Type de terrassement	REMBLAI < 8m	REMBLAI > 8m	DEBLAI < 6m	DEBLAI > 6m
Pente du talus	2/3	1/2	1/1	2/3

Le tableau suivant résume les pentes des talus du profil en travers courants de l'étude APD

TABLE 12: LES PENTES DES TALUS DU PROFIL EN TRAVERS COURANTS DE L'ETUDE APD

	PROFIL EN TRAVERS COURANTS			
Type de terrassement	REMBLAI < 8m	REMBLAI > 8m	DEBLAI < 6m	DEBLAI > 6m
Pente du talus	2/3	2/2	2/3	2/3

Paramètres de tracé à adopter pour l'étude d'exécution

Les caractéristiques techniques principales sont les suivantes :

- Ligne à voie unique posée sur plateforme à voie unique.
- Les ouvrages d'arts ferroviaires et les rétablissements routiers sont prévus pour double voie.

- Trafic mixte voyageurs et marchandises.
- Pente maximale dans le sens chargé de 10‰.
- Rampe maximale dans le sens chargé de 08 ‰.
- Traction actuellement diesel et électrification en perspective.
- Charges à l'essieu de 32,5 T en pleine voie.
- Charges à l'essieu de 32,5 T pour les ouvrages d'art

Les paramètres de conception du tracé géométrique pour l'étude d'exécution (EXE) vont être adoptés suivant l'étude APD avec quelques corrections suivant le REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF.

La ligne Béchar-Gara Djebilet est conçue pour un trafic mixte. Les vitesses maximales pour les trains de voyageurs et de marchandises respectives sont :

- Vitesse maximale trains voyageurs : 160 km/h
- Vitesse maximale trains marchandises : 70 km/h

13- Conclusion:

À travers ce chapitre, il ressort que le projet de la nouvelle ligne ferroviaire Béchar – Tindouf – Gara Djebilet représente un projet stratégique majeur pour l'Algérie, tant sur le plan économique que logistique. Cette infrastructure ferroviaire permettra non seulement d'assurer le transport du minerai de fer de Gara Djebilet vers les régions industrielles et portuaires du nord du pays, mais également de renforcer le développement des régions du sud-ouest algérien.

L'étude des caractéristiques techniques du projet, de son environnement géographique ainsi que des différents intervenants met en évidence l'importance et la complexité de cette réalisation ferroviaire. Grâce à ses objectifs de modernisation, de sécurité et de développement socio-économique, ce projet constitue un élément essentiel dans la stratégie nationale de développement du transport ferroviaire et de valorisation.

CHAPITRE 3 :

ETUDE ET CONCEPTION DU PROJET

1-Introduction :

La conception des projets ferroviaires repose sur une approche multidisciplinaire intégrant plusieurs études techniques indispensables à la compréhension du milieu naturel et à la définition optimale du tracé. Ces études permettent d'assurer la stabilité, la sécurité et la durabilité de l'infrastructure tout en optimisant les coûts de réalisation et d'exploitation.

Dans le cadre du projet de la ligne ferroviaire Béchar – Gara Djebilet, l'étape d'étude et de conception constitue une phase déterminante qui s'appuie sur un ensemble d'analyses complémentaires, notamment les études géotechniques, hydrauliques, topographiques et géomatiques.

2-Etude géologique et topographie :

CADRE GEOLOGIQUE GLOBAL DE LA ZONE EXAMINEE :

Sous nos pieds, la ville de Béchar repose sur des terrains très anciens, formés il y a environ 300 millions d'années, à l'époque dite du Westphalien supérieur. Ce socle est fait d'une alternance de grès plus ou moins sableux, d'argiles et de schistes traversés par des veines de charbon. Ces couches ne sont pas horizontales : elles penchent doucement vers le Nord-Ouest, à environ 30°, et finissent par disparaître sous une falaise calcaire venue les recouvrir bien plus tard.

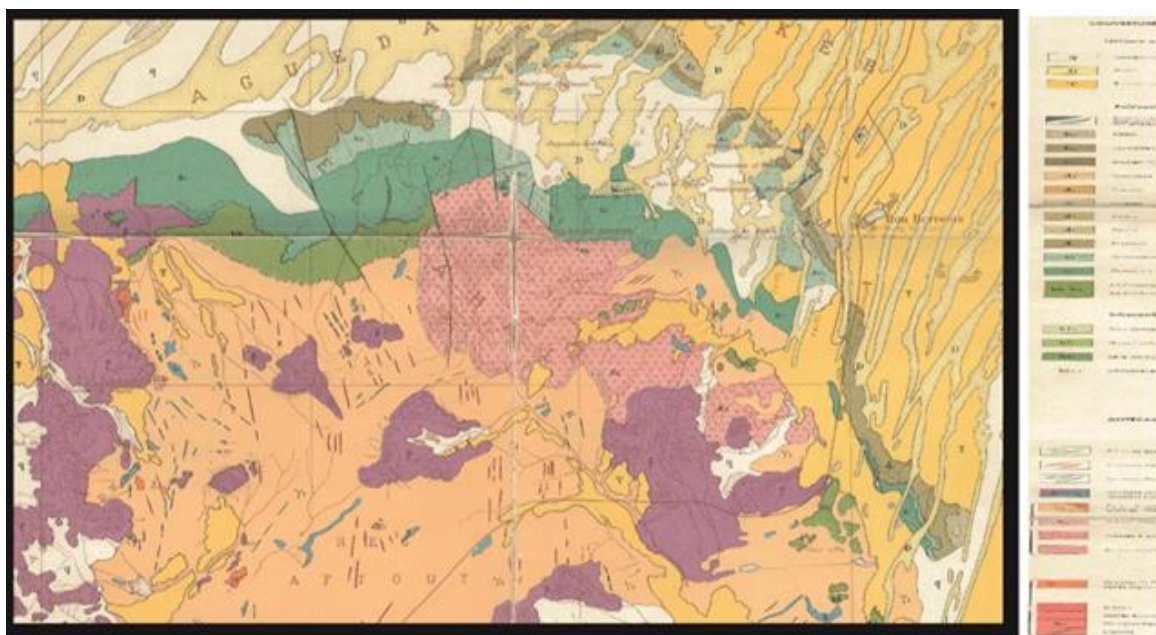
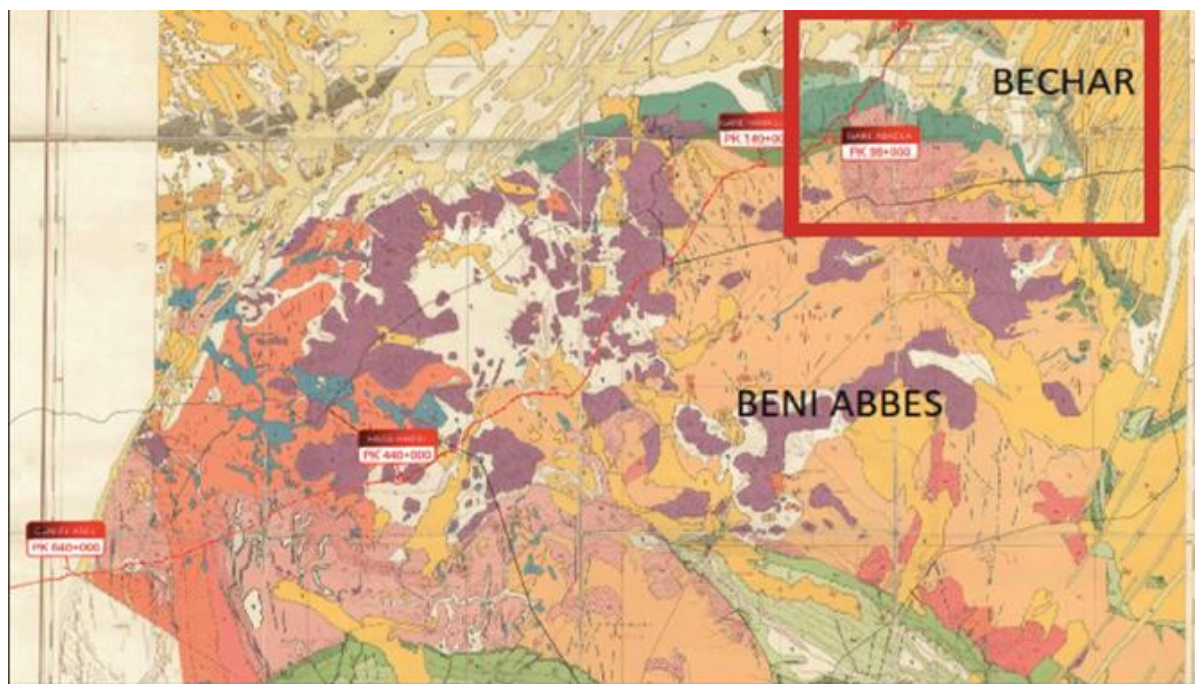


FIGURE 12 : CARTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

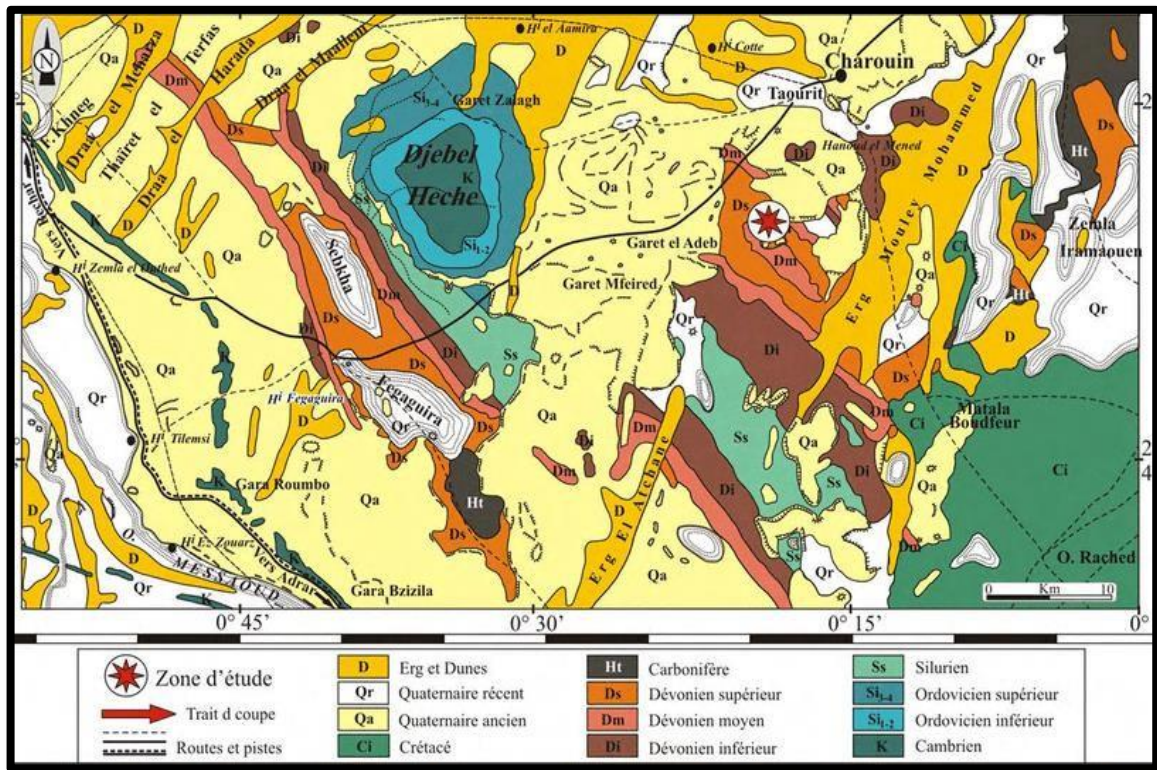


FIGURE 14 : GÉOLOGIE GLOBALE DE BECHAR

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

3-Etude géotechnique :

Une ligne de train entre Béchar et Gara Djebilet : bâtir sur un territoire capricieux reliant Béchar à Gara Djebilet par le rail est une ambition forte. Mais construire une ligne ferroviaire dans cette région, c'est aussi apprendre à composer avec la nature — et notamment avec ses oueds, ces rivières au caractère imprévisible qui peuvent rester sèches des mois durant avant de se transformer, en quelques heures, en torrents dévastateurs. Erosion des berges, montées soudaines des eaux, crues violentes capables de déstabiliser les remblais ou d'emporter les fondations : les risques sont réels, et ils ne peuvent pas être ignorés.

• Le réveil brutal de septembre 2024

Tout le monde s'en souvient dans la région. Les 7 et 8 septembre 2024, des pluies d'une rare intensité se sont abattues sur Béchar, provoquant des crues qui ont rappelé avec force à quel point ce territoire peut être imprévisible. Ces intempéries exceptionnelles ont eu le mérite de mettre les choses en perspective : si une telle crue survenait le long de la future ligne ferroviaire, quelles seraient les conséquences ?

Pour répondre à cette question, une équipe d'experts s'est rendue sur le terrain et a passé au peigne fin les cent premiers kilomètres du tracé — du PK 0 au PK 100 — pour évaluer les fragilités du terrain et proposer des solutions adaptées.

- **Simuler les crues pour mieux s'y préparer**

Avant de poser la moindre pierre, il fallait comprendre. Les ingénieurs ont donc eu recours à un outil de modélisation informatique très utilisé dans le monde de l'hydraulique : le logiciel **HEC-RAS**. Concrètement, ce programme permet de simuler le comportement des oueds en cas de crue, de calculer jusqu'où les eaux peuvent monter dans les scénarios les plus défavorables, et d'identifier les endroits du tracé les plus vulnérables. Armés de ces données, les experts ont pu anticiper les dangers plutôt que de les subir.

- **Protéger la ligne : un ensemble de solutions pensées sur mesure**

Les résultats de ces études ont conduit à proposer un éventail de mesures de protection, choisies en fonction de la nature des terrains et des contraintes économiques du projet :

- **Des digues** pour former une barrière entre les eaux et les voies, et éviter que les crues ne viennent lécher les rails.

Section du PK 75+100 : projection d'une digue de protection, une projection de digue est prévue à cet emplacement, les détails du profil et du dimensionnement de la digue sont présentés ci-dessous

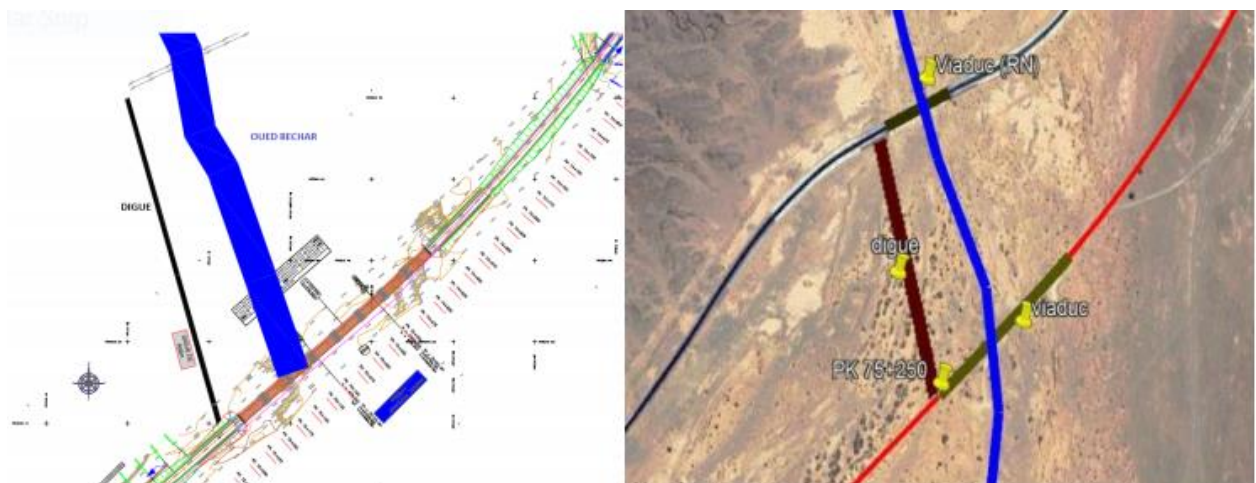


FIGURE 15: VUE EN PLANS D'OUED BECHAR TRAVERSANT LE TRACÉ AU PK 75+100

Les caractéristiques de la Crue centennale d'Oued Béchar :

- **Débit maximal estimé** : $1414 \text{ m}^3/\text{s}$ [À définir, par exemple, $20 \text{ m}^3/\text{s}$]
- **Vitesse d'écoulement** : 3.05 m/s

- **Niveau le plus haut d'eau NPHE : 3.13 m**

Les caractéristiques du talus principale de la digue :

- **Pente : 2/3** (angle de 33°)
- **Hauteur : NPHE +1 m**
- **Type de sol : remblais TVO**
- **Epaisseur de la couche d'enrochement de protection principale**
- **Epaisseur de la sous-couche d'enrochement**
- **Filtre en géotextil**

Un réaménagement des lits des oueds a été entrepris, afin de canaliser le flux, limiter l'érosion et surtout prévenir l'affouillement — ce phénomène insidieux où l'eau creuse lentement sous les fondations jusqu'à provoquer leur effondrement

A conception de la digue et de son système de protection, située au niveau du PK 74, est orientée perpendiculairement au tracé. Cette structure est essentielle pour garantir la sécurité de notre plateforme et pour stabiliser l'environnement de la région. La digue s'étendra sur environ 800 mètres, reliant la plateforme de la ligne ferroviaire à la RN 6. Elle jouera un rôle crucial dans la gestion de l'oued Bechar, en prévenant tout débordement au-delà de son tracé. Sa construction reposera sur un remblai ordinaire, utilisant des matériaux appropriés et résistants à l'eau, et pourra inclure des remblais provenant de zones préalablement classées.

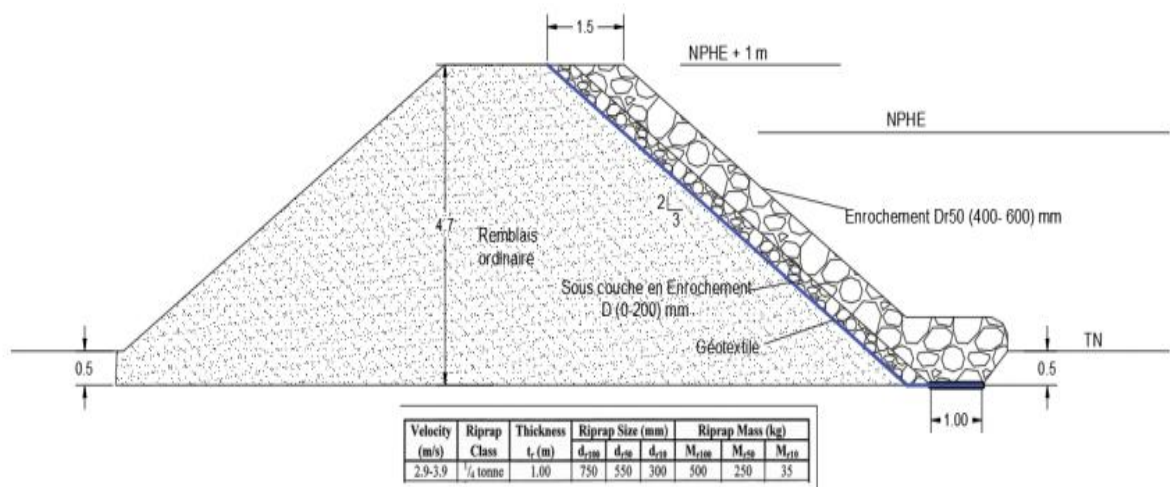


FIGURE 16 : PROFIL TYPE DE LA DIGUE BATARDEAU POUR LA CANALISATION D'OUED BECHAR

Des gabions — de solides cages en métal remplies de pierres — particulièrement efficaces pour stabiliser les berges sans nécessiter de moyens lourds. Les dimensions standards utilisé dans ce

projet sont classiques avec une base de 1m et une élévation dépendant de NPHE+(05~1) m avec un ancrage de 0.5 m dans le sol.

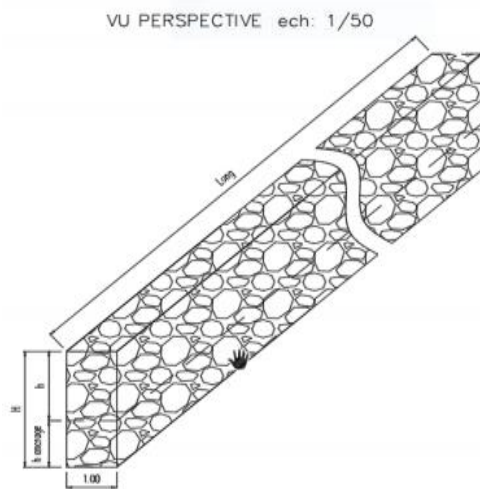


FIGURE 17 : TYPE DE GABION

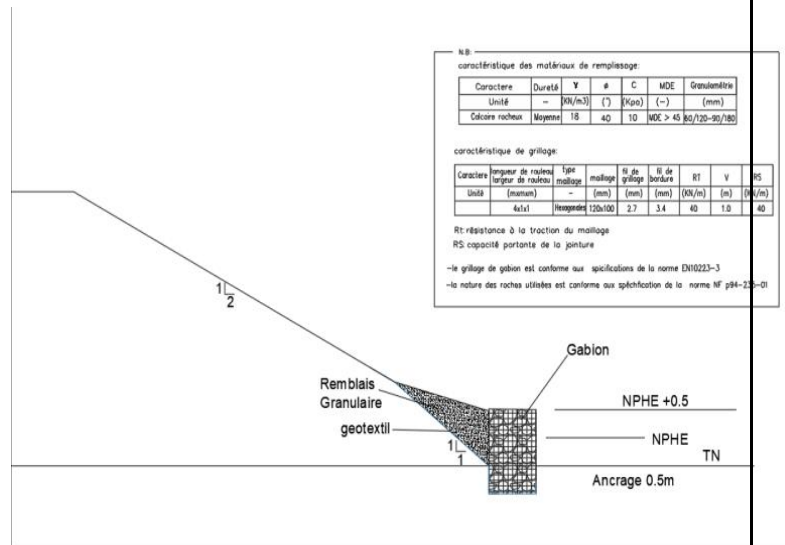


FIGURE 18: : COUPE TRANSVERSAL POUR GABION

Des enrochements pour renforcer les zones les plus exposées à l'usure de l'eau.

Conformément à ce qui a été prévu lors des réunions, une protection en enrochement aux droits des zones à écoulement parallèle est à protégé avec des enrochements RIPRAP

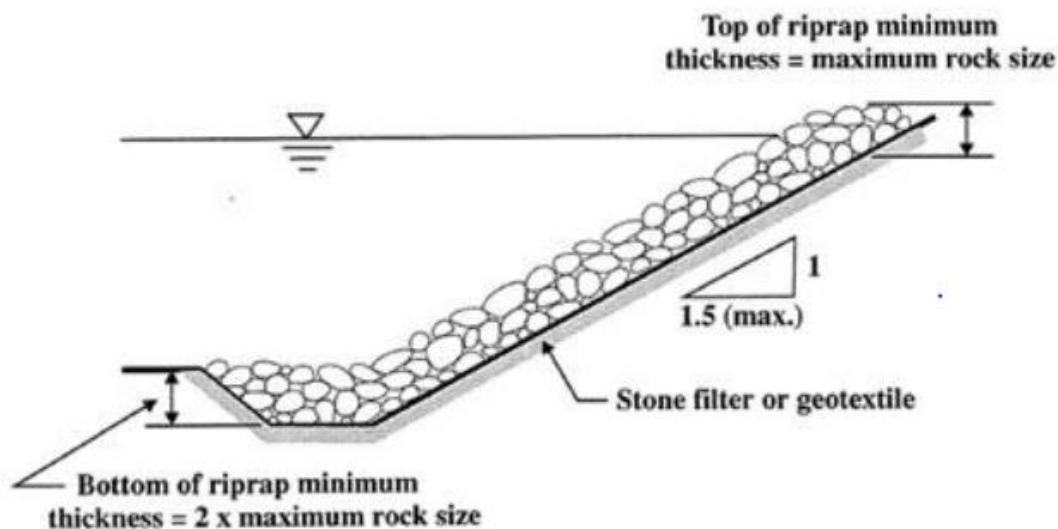


FIGURE 19: PROFIL TYPE POUR PROTECTION EN ENROCHEMENTS

4-Etude hydraulique

Les ouvrages hydrauliques des oueds nécessaires tout le long du tracé ferroviaire de la section du PK60+000 au PK 80+000 ont dû être dimensionnés à partir des études hydrologiques et hydrauliques qui visaient notamment à fournir les données hydrauliques nécessaires aux autres disciplines concernées par le projet.

Dans une première phase, une étude hydrologique a été réalisée pour déterminer les débits des cours d'eau qui traversent la plateforme de la voie ferrée. Ensuite, le calcul hydraulique est réalisé pour justifier les dimensions de chaque ouvrage

4-1-APERÇU CLIMATOLOGIQUE

La wilaya de Béchar est située dans le sud-ouest de l'Algérie en plein désert saharien. Le climat de la wilaya de Béchar est de type désertique continental qui se caractérise par un été très chaud (+45°C) et un hiver très froid. Les précipitations sont de faible niveau avec 15-200 mm/an.

4-2-CARTOGRAPHIE

Les données topographiques disponibles pour l'étude d'exécution proviennent de différentes cartes d'état-major et de la restitution faite à partir d'un levé topographique.

Dans notre étude ont été utilisés les cartes d'état-major permettant la délimitation des bassins versants.

4-3-METHODE DE CALCUL

L'accomplissement du travail et sa précision a été fait sur la base des calculs suivants :

- Etude hydrologique : Le calcul du débit des bassins versants ;
- Etude Hydraulique : Le dimensionnement des ouvrages hydraulique (ponts, dalots, buses).

5-ETUDE HYDROLOGIQUE

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

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

5-1-LIMITE DES BASSINS VERSANTS

Le bassin versant se définit comme une surface recevant les eaux qui alimentent une partie ou la totalité d'un cours d'eau. Les caractéristiques les plus importantes sont récapitulées ci-après :

- Superficie du bassin versant (km^2): C'est une aire délimitée par des lignes de crête, dans laquelle toutes les eaux tombées alimentent un même exutoire ;
- Périmètre du bassin : c'est la longueur de la ligne de contour des bassins versants ;
- La longueur (L) du cours principal ;
- Hauteur maximale (m)
- Hauteur minimal (m)

Les cartes topographiques constituent un outil fondamental dans les domaines de la géomatique, de l'aménagement du territoire et des projets d'infrastructures. Elles permettent de représenter avec précision les caractéristiques naturelles (relief, hydrographie) et artificielles (routes, voies ferrées, agglomérations) d'une région donnée.

Dans ce travail, nous présentons deux cartes couvrant la région de Béchar, réalisées à différentes échelles, afin d'analyser les particularités morphologiques, hydrologiques et les réseaux de transport de la zone d'étude.

FEUILLE NH 30 XXII



Cette carte à plus petite échelle (1:200 000) donne une vision globale de la région. Elle permet de situer Béchar dans son contexte régional et de comprendre l'organisation spatiale du territoire.

Le relief apparaît plus généralisé, avec une dominance de plateaux et de zones désertiques typiques du Sahara. Les oueds sont visibles mais moins détaillés. On remarque toutefois leur orientation générale et leur rôle structurant dans le paysage.

Les grandes infrastructures (routes principales, voies ferrées) sont bien visibles et montrent la connexion de Béchar avec les autres régions.

Cette carte est utilisée pour :

- La planification régionale
- Les études préliminaires (APS, APD)
- La compréhension globale

- L'implantation d'ouvrage

6- Ouvrages de franchissement :

Les ouvrages de franchissement sont des ouvrages qui permettent de traverser un cours d'eau, un canal ou une dépression.

1- Dalots :

Le dalot est un ouvrage de franchissement placé sous la chaussée. Il est généralement en béton armé et présente une section rectangulaire ou carrée. Le dalot est constitué par les éléments suivants :

- Un radier ou une semelle en béton armé ;
- Des piédroits ;
- Une dalle ou des dalles en béton ;
- Deux murs de tête ;
- Quatre murs en aile, en amont et en aval ;
- L'enrochement de protection amont et aval ;
- Les remblais d'accès.

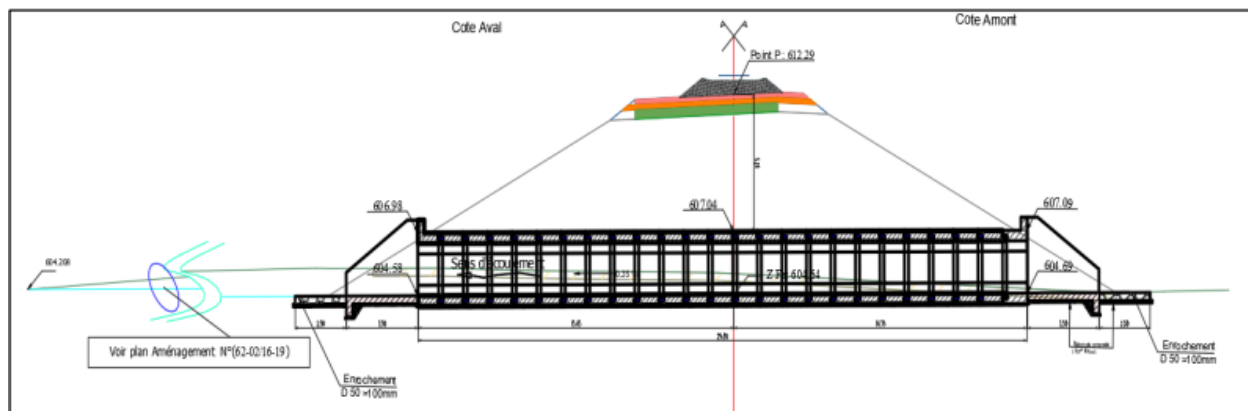


FIGURE 22 : COUPE LONGITUDINALE

Les jonctions piédroit/traverse et piédroit/radier sont renforcées par des goussets de 40 cm x 40 cm de dimensions. L'ouvrage est réalisé en élément préfabriqué avec emboîtement (mâle/femelle)

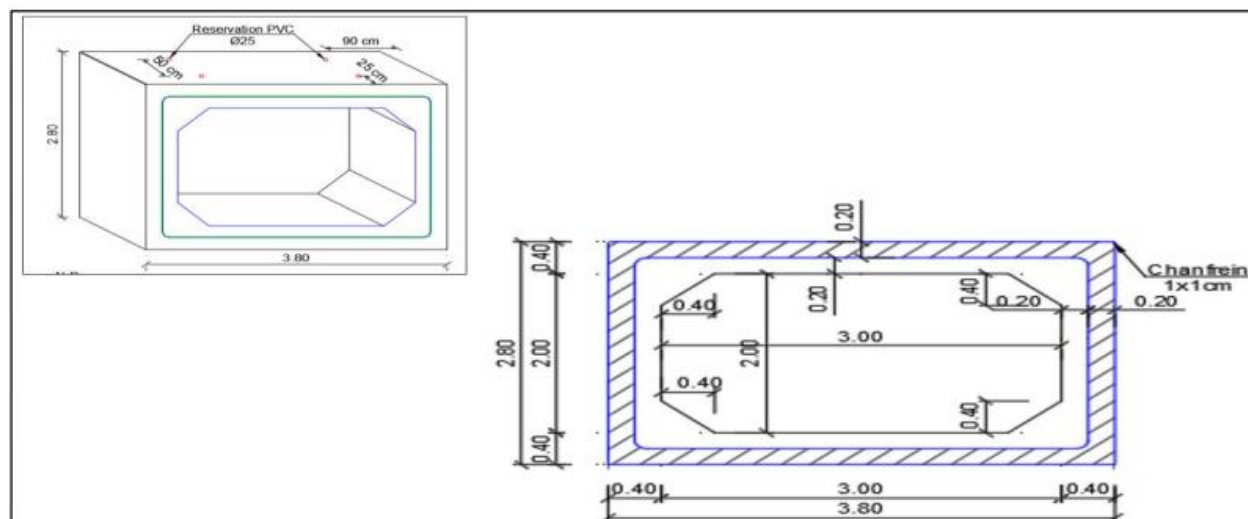


FIGURE 23 : COFFRAGE PLOT

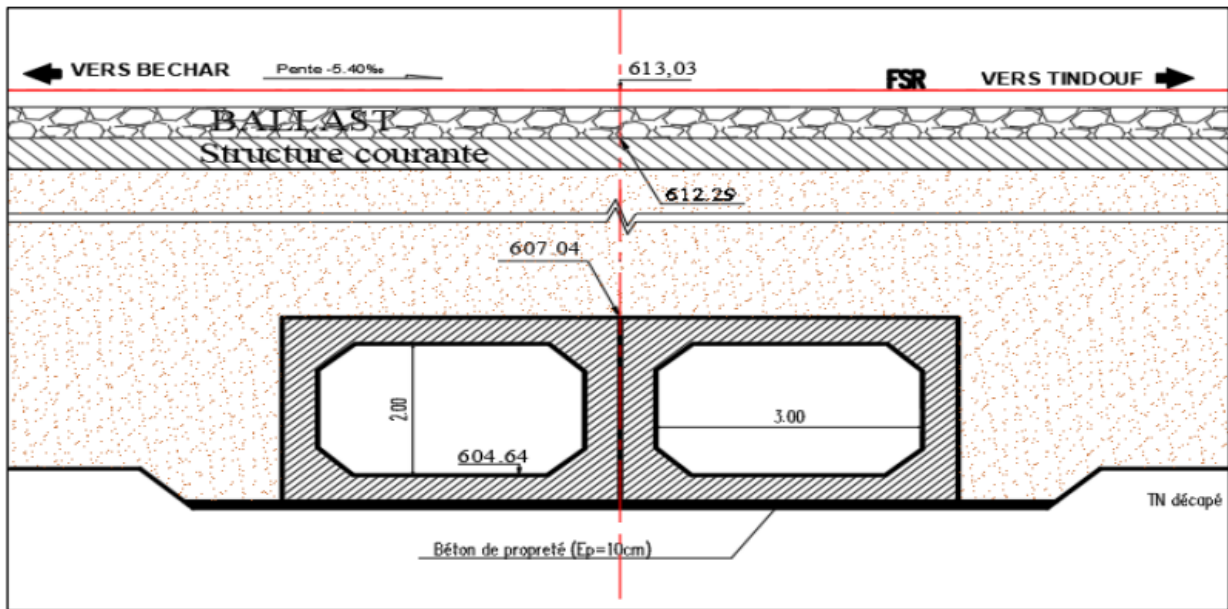


FIGURE23 : COUPE TRANSVERSAL

Les remblais ferroviaires sont protégés des murs de tête en forme de « U » présentant une épaisseur de 30 cm pour le radier et 30 cm pour les murs. Ces murs sont réalisés en coulé sur place.

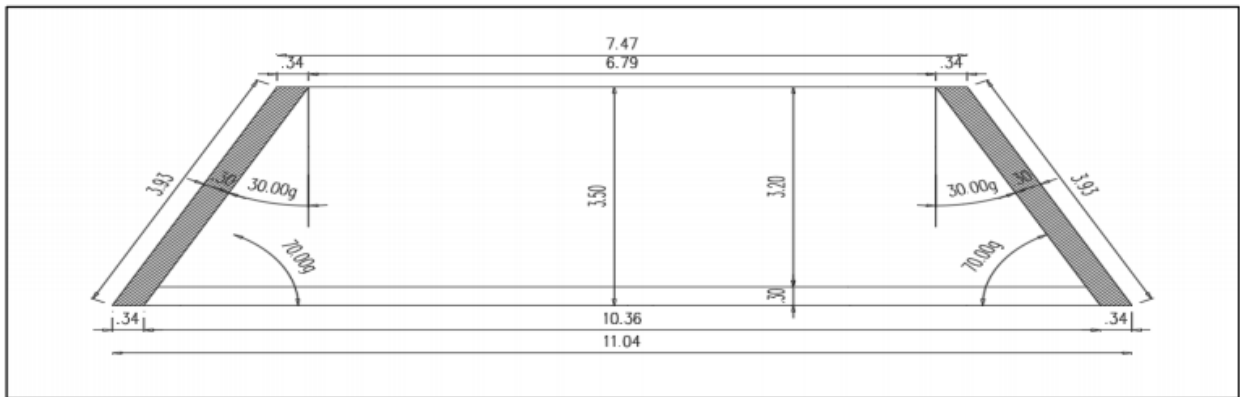


FIGURE 24 : VUE EN PLAN ET COUPE MUR DE TETE

2-Les buses :

Les buses sont des ouvrages de franchissement en béton armé ou en métal. Les buses en béton nécessitent une fondation rigide et quant aux buses métalliques, il faut une fondation souple

CARACTERISTIQUE DES BUSES :

Dimensionnement des buses :

Cette note de calcul a pour objet l'étude des buses sous l'action des charges permanentes notées G dues essentiellement au poids propre des terres et sous l'action des charges d'exploitation ferroviaire notée Q dues au convoi ferroviaire.

L'étude sera menée pour une hauteur $H = 1.08$ m

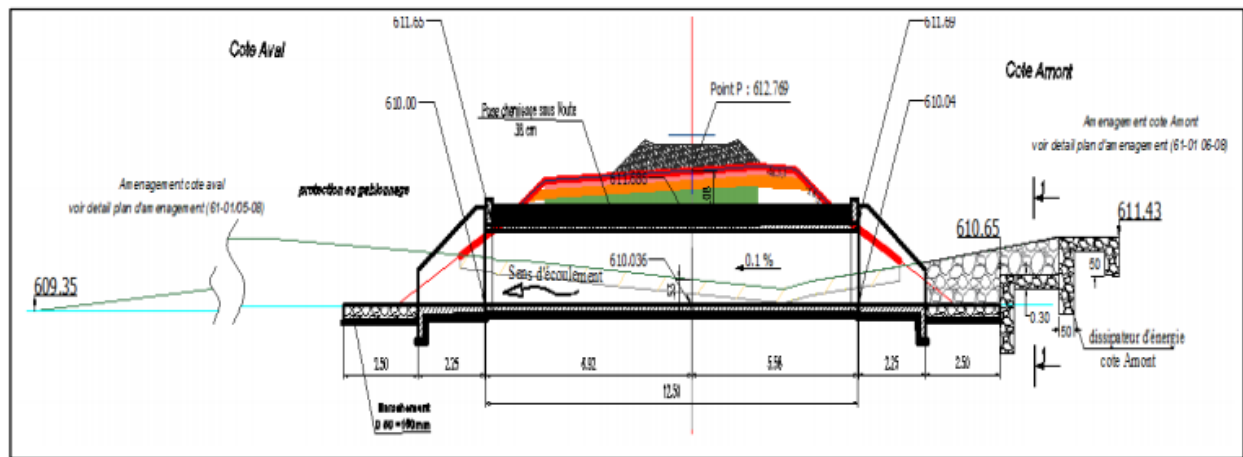
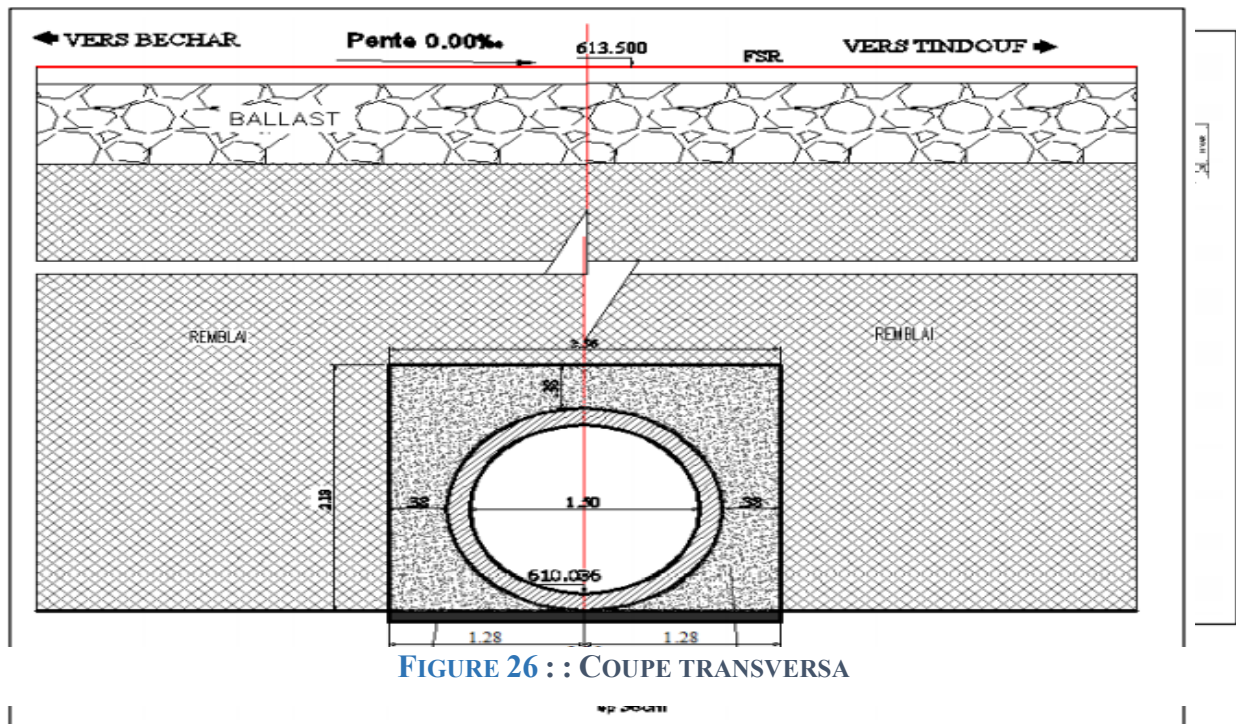


FIGURE 25 : COUPE LONGITUDINALE



7-ÉTUDE D'EXECUTION ETUDE D'ASSAINISSEMENT :

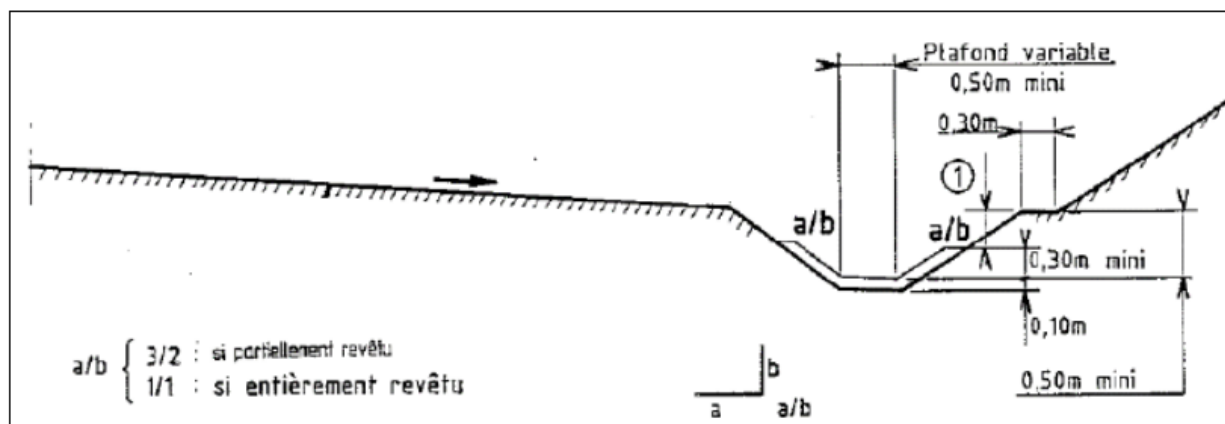
La présente étude rentre dans le cadre de l'étude d'exécution de la réalisation de la nouvelle ligne ferroviaire Bechar/Tindouf (Ghar Djebilet) tronçon n° 01 du pk 00+000 au pk 200+000.

Les différents éléments de drainage longitudinal à utiliser le long de l'infrastructure vont être décrit superficiellement :

DRAINAGE LONGITUDINAL

Le drainage longitudinal est dimensionné pour les eaux de la plateforme et des talus adjacents du déblai et du remblai de notre projet. On a privilégié un système de drainage à ciel ouvert avec une géométrie trapézoïdale, les fossés de drainage longitudinal sont revêtus en terre pour faciliter leur curage et assurer leur durabilité.

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



DISPOSITIF DE DRAINAGE (FOSSE) EN DEBLAI:28 FIGURE

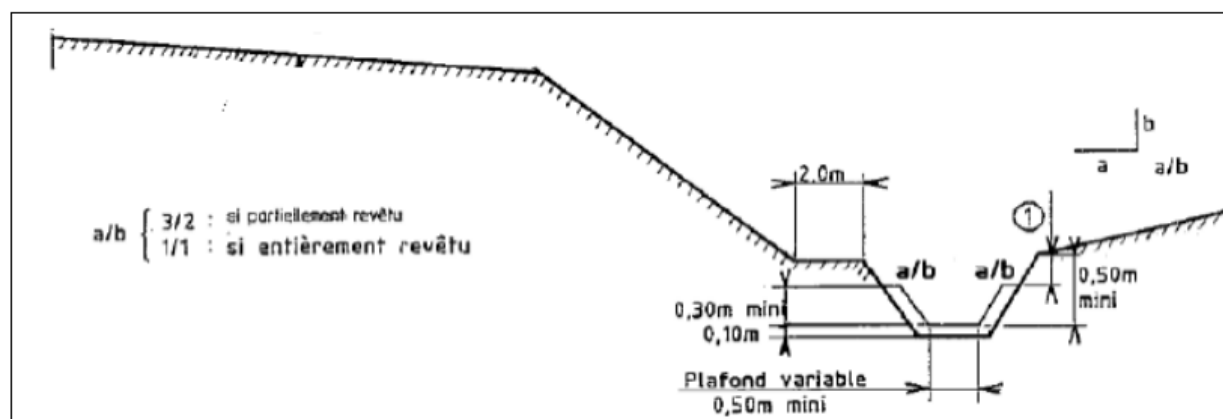


FIGURE 30 :DISPOSITIF DE DRAINAGE EN REMBLAI

TABLEAU14 : TYPE DES FOSSES :

TYPE FOSSE	DIMENSION
A	TRAPEZ 0.5*0.5
B	TRAPEZ 0.75*0.6
C	TRAPEZ 1* 1

Le matériau utilisé à l'aménagement des fossés sont :

- En terre.
- En béton : dans les déblais et Les zones ou la pente supérieure à 3.5%.

* Fosse de pied de déblai :

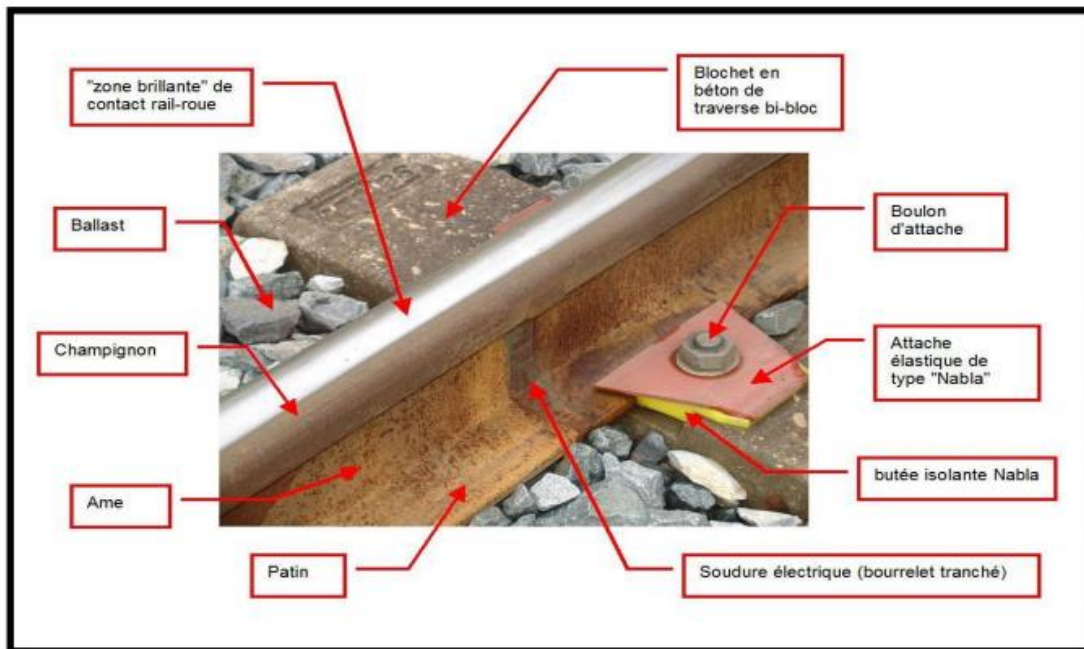
L'objectif de ce fossé est de drainer l'eau tombée sur la plate-forme et sur les talus de déblai, dans le but de la canaliser hors de la plate-forme, soit à un ouvrage de drainage transversal, soit moyennant d'autres éléments de drainage longitudinal.

*Fosse de tête de talus de déblai (fossé de crête)

Ce fossé a pour objectif est d'évacuer les eaux en provenance des zones adjacentes aux déblais, en les canalisant jusqu'à un lit ou ouvrage de drainage, de même, dans certains cas, ces fossés canalisent l'eau en provenance du fossé de pied de remblai. De cette manière on empêche que le ruissellement provenant de ces zones parvienne à la plateforme ou talus de déblai

La voie :

La voie est constituée par un assemblage d'éléments qui distribuent et transmettent les charges de trains uniformément à la plateforme. Pour ce projet, la voie est constituée de longs rails soudés en Barres continues, posés avec des attaches élastiques sur traverses monoblocs précontraints et de ballast.



CONSTITUANTS DE LA VOIE:31 FIGURE

8- Conclusion :

À travers ce chapitre, il ressort que les études techniques constituent une étape fondamentale dans la conception de la ligne ferroviaire Béchar – Gara Djebilet. Les différentes analyses réalisées ont permis de mieux comprendre les caractéristiques géologiques, hydrauliques et topographiques de la zone d'étude ainsi que les contraintes naturelles pouvant influencer la stabilité et la sécurité de l'infrastructure ferroviaire.

Les solutions proposées, notamment les ouvrages hydrauliques, les dispositifs de drainage et les mesures de protection contre les crues et l'érosion, contribuent à assurer la durabilité et la fiabilité de la future ligne ferroviaire. Enfin, l'intégration des outils géomatiques et topographiques modernes a permis d'optimiser l'étude et la conception du projet tout en facilitant l'analyse et la gestion des données spatiales

CHAPITRE 4 :

METHODOLOGIE ET APPLICATION

1-Introduction :

Ce chapitre présente la méthodologie adoptée pour la mise en place d'une base de données géomatique relative au projet ferroviaire Béchar – Gara Djebilet. L'objectif est de valoriser les données topographiques du plan As-Built à travers l'utilisation du logiciel QGIS afin de produire des cartes thématiques et des analyses spatiales utiles au suivi du projet.

2-Présentation des données utilisées :

2-1- Les données topographiques :

Les données topographiques utilisées dans cette étude proviennent des levés topographiques réalisés dans le cadre du projet ferroviaire Béchar – Gara Djebilet. Ces données constituent la base principale pour la création de la base de données géomatique et l'élaboration des cartes thématiques sous QGIS.

TABLE 13 : LES COORDONNEES DU TRACE

PK	PK_num	X	Y	Z_TN
60+000	60000	555061.8	3462266	616.594
60+025	60025	555053.4	3462242	616.351
60+050	60050	555044.9	3462219	616.227
60+075	60075	555036.5	3462195	616.029
60+100	60100	555028.1	3462172	615.667
60+125	60125	555019.5	3462148	615.462
60+150	60150	555010.9	3462125	615.343
60+175	60175	555002	3462101	615.023
60+200	60200	554992.9	3462078	614.877
60+225	60225	554983.6	3462055	614.864
60+250	60250	554973.9	3462032	614.831

2-2 Logiciel utilisé :

QGIS : est un logiciel SIG libre multiplateforme publié sous licence GPL. Le développement a débuté en mai 2002 et est sorti en tant que projet sur Source Forge en juin 2002. Il était également appelé Quantum GIS jusqu'en septembre 2013.

EXCEL : Microsoft Excel est un logiciel de tableur développé par Microsoft. Il permet la saisie, l'organisation, le traitement et l'analyse des données sous forme de tableaux.

2-3- Système des coordonnées :

WGS84 : (World Geodetic System 1984) est un système géodésique mondial fondé sur un ellipsoïde géocentrique. Il exprime une position en latitude et longitude (degrés décimaux), avec optionnellement une altitude ellipsoïdale. C'est le système de référence du GPS, et le format de stockage standard pour la donnée brute de géolocalisation.

UTM : (Universal Transverse Mercator) est une projection conforme cylindrique qui découpe la Terre en 60 zones de 6° de longitude chacune, projetées indépendamment. Les coordonnées sortent en mètres (easting, northing), donc directement utilisables pour des calculs de distance, d'aire ou de ,L'Algérie est divisée en 4 régions (UTM 29, UTM30, UTM31, UTM31)

3- Préparation des données :

3-1-organisation des données Excel :

Pour chaque tranche de 25 mètres, il donne la position géographique exacte en 3D (X, Y, Z) du terrain, **Colonne A** : PK (Point Kilométrique)

C'est un repère de distance utilisé pour se situer le long d'un axe (une route, par exemple).

Exemple : 60+000 correspond au kilomètre 60. 60+025 correspond au kilomètre 60 + 25 mètres. On remarque que les points sont relevés régulièrement tous les 25 mètres.

Colonne B : PK_num

C'est la conversion numérique simple du Point Kilométrique pour faciliter les calculs dans Excel.

Exemple : Le PK 60+025 devient le nombre entier 60025.

Colonne C : Représente la coordonnée est-ouest (abscisse) dans un système de projection géographique (comme le système UTM ou Lambert).

Colonne D : Y

Représente la coordonnée nord-sud (ordonnée) dans le même système de projection. En combinant X et Y, on obtient la position horizontale exacte de chaque point sur une carte.

Colonne E : Z_TN (Altitude du Terrain Naturel)

Le Z représente l'altitude (la hauteur par rapport au niveau de la mer).

TN signifie Terrain Naturel. Cette colonne indique donc l'altitude réelle du sol à chaque point kilométrique avant toute modification ou construction.

4-Élaboration des cartes thématiques :

4-1- Carte de tracé :

Étape 1 : Ouverture du projet et importation des points (Données brutes)

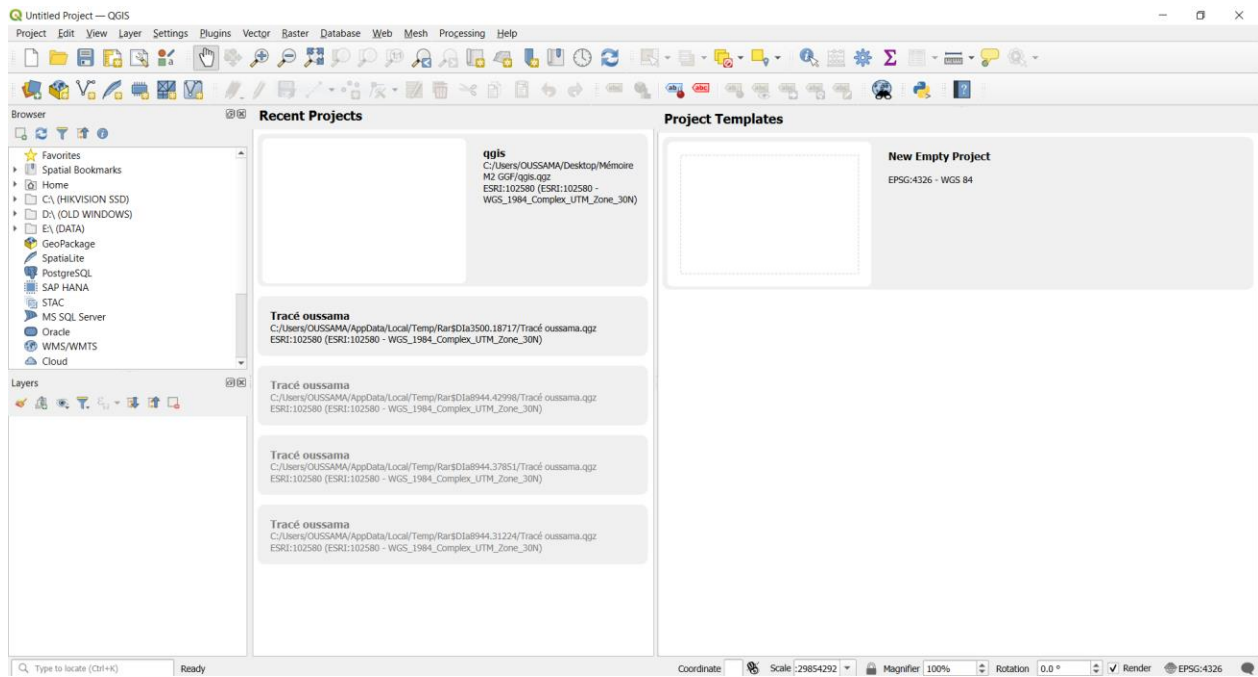


FIGURE 32: INTERFACE D'ACCUEIL DU LOGICIEL QGIS

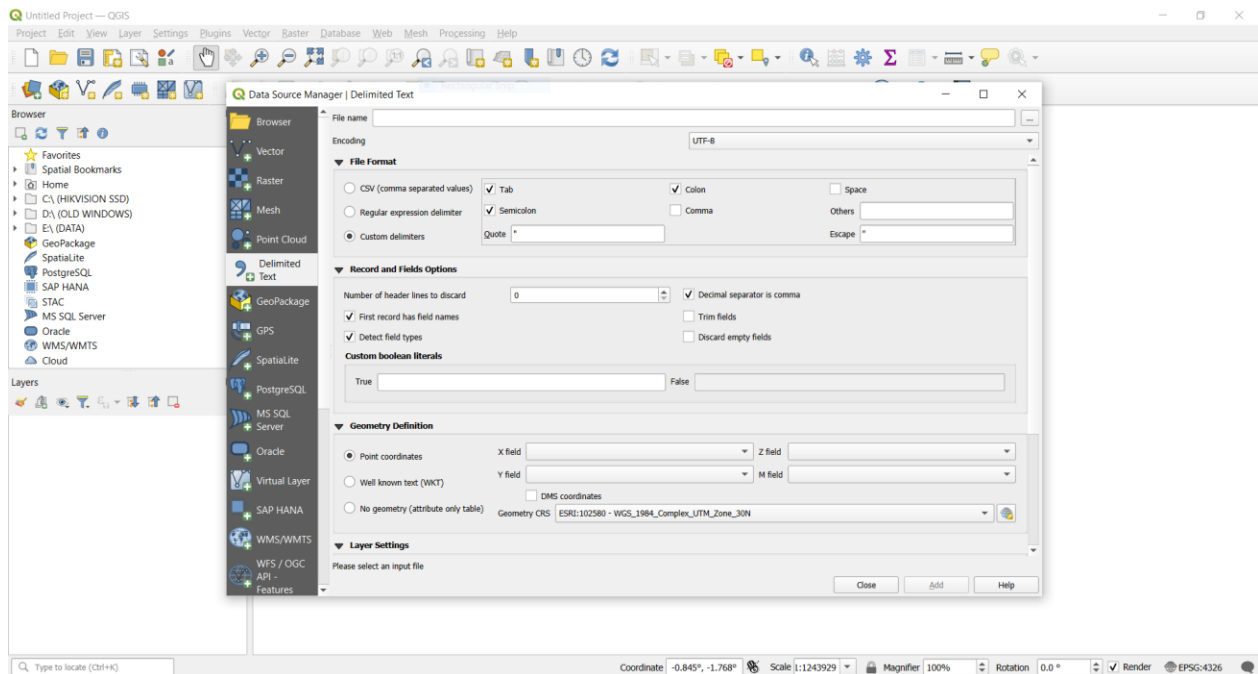


FIGURE 33: FENETRE DE CONFIGURATION DU GESTIONNAIRE DE SOURCES DE DONNEES (TEXTE DELIMITE) SOUS QGIS

Explication technique :

Sur l'image 1, vous ouvrez un nouveau projet QGIS. On aperçoit dans l'historique que vous utilisez le système de coordonnées de vos projets précédents : WGS 84 / Complex UTM Zone 30N (adapté à votre zone d'étude).

Sur l'image 2, vous utilisez le gestionnaire de sources de données (Data Source Manager) dans l'onglet Texte délimité (Delimited Text). Cette commande permet d'importer un fichier de coordonnées (comme un fichier Excel enregistré au format CSV ou TXT). Vous y définissez les séparateurs de champs et attribuez les colonnes X et Y pour que QGIS puisse positionner vos points géographiquement.

Étape 2 : Affichage des points et activation des étiquettes (Labels)

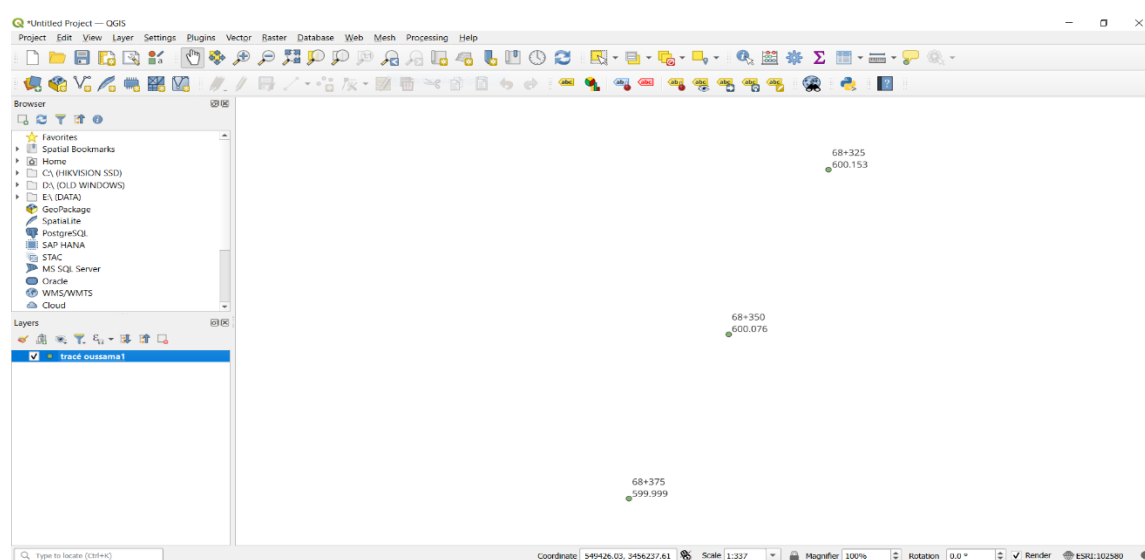


FIGURE 34 : VISUALISATION ET ETIQUETAGE DES POINTS IMPORTES DANS QGIS

Explication technique :

Après avoir cliqué sur "Ajouter", vos points apparaissent sous forme d'une couche vectorielle nommée tracé oussama1.

Vous avez ensuite configuré les Étiquettes (Labels) pour afficher automatiquement les informations textuelles associées à chaque point directement sur l'espace de travail. On voit clairement le Point Kilométrique (ex: 68+350) et juste en dessous la valeur de l'altitude ou de la coordonnée (ex: 600.076), ce qui permet de contrôler visuellement la progression du projet.

Étape 3 : Création de la ligne de tracé (Modélisation du projet linéaire)

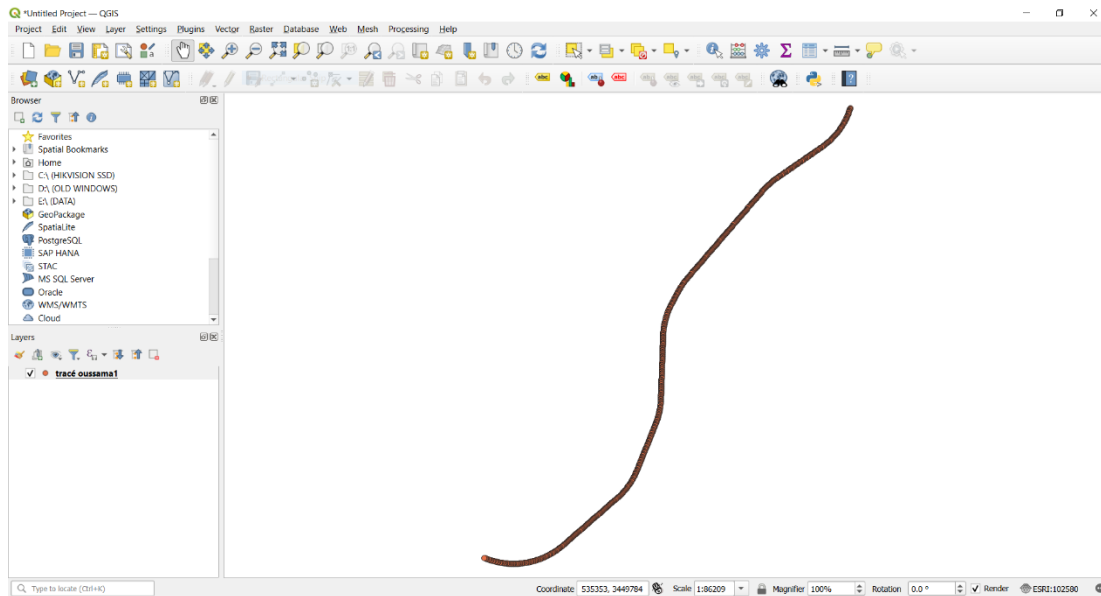


FIGURE 35 : TRACE LINEAIRE CONTINU GENERE A PARTIR DES POINTS DE LEVE SOUS QGIS

Explication technique :

À cette étape, les points individuels sont transformés en une ligne continue représentant l'axe central de la route (le tracé). Pour cela, on utilise généralement une extension ou un outil natif de QGIS comme **Points vers chemin** (*Points to Path*). Cet outil relie automatiquement les points entre eux en suivant l'ordre numérique des PK, ce qui donne cette forme fluide et courbe de 20 kilomètres de long.

Étape 4 : Mise en page et intégration d'un fond de carte

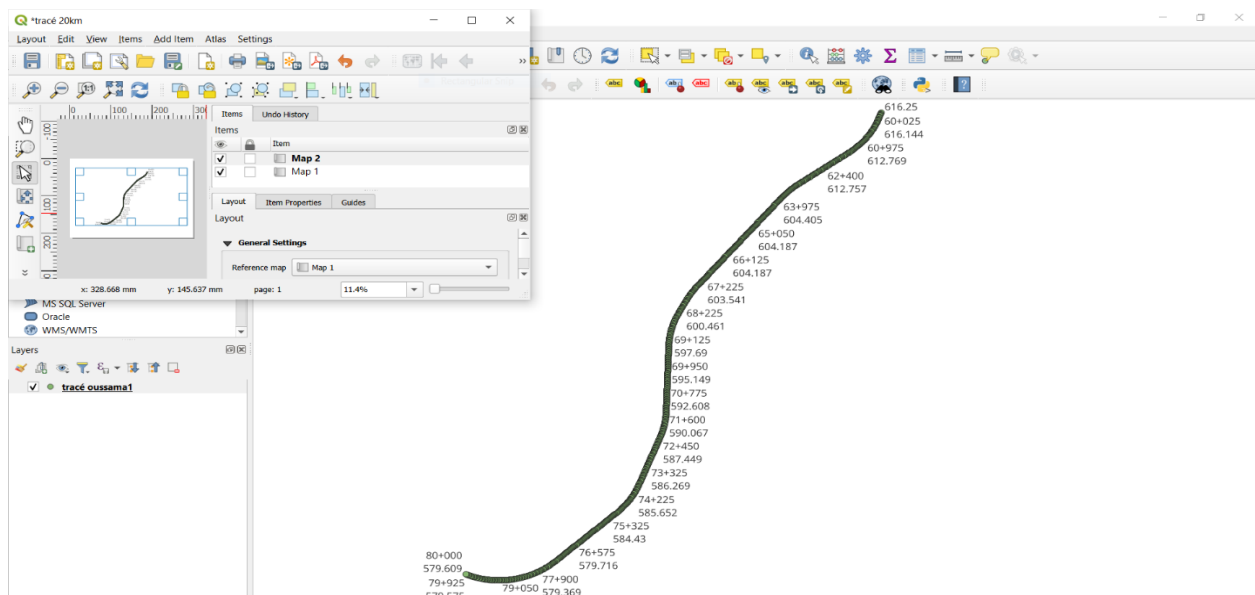


FIGURE 36 : INITIALISATION DE LA MISE EN PAGE CARTOGRAPHIQUE DU TRACE SOUS QGIS

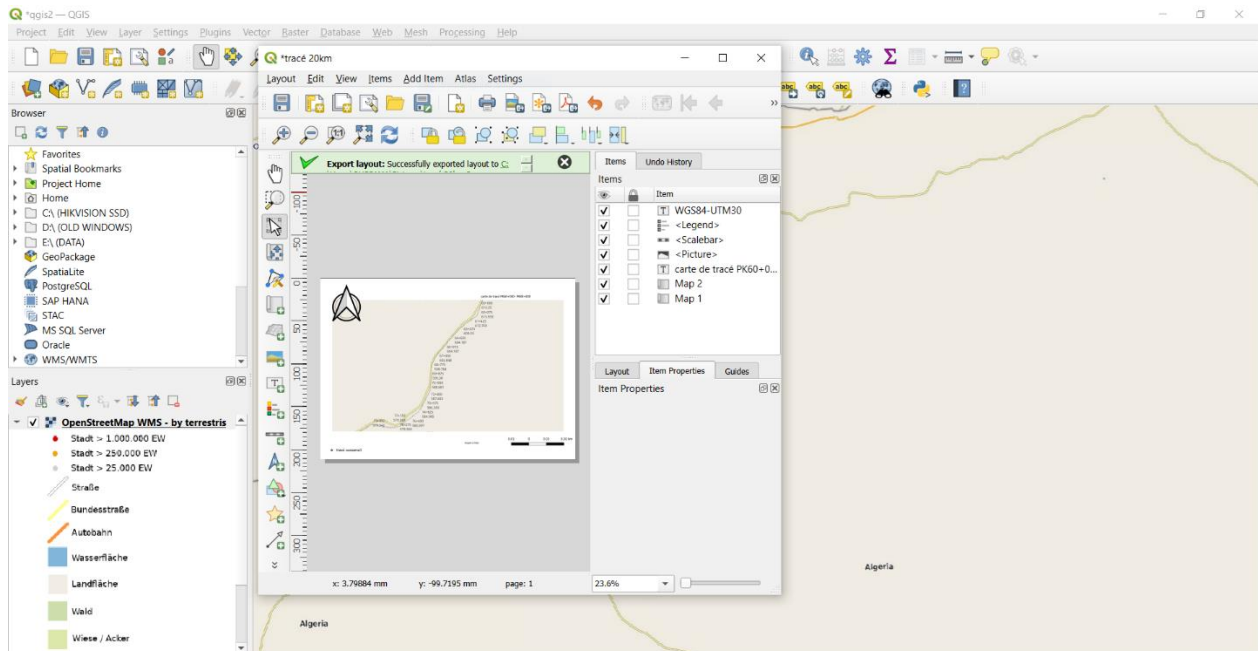


FIGURE 37 : MISE EN PAGE FINALE DU TRACE AVEC INTEGRATION DU FOND DE CARTE (OPENSTREETMAP)

Explication technique :

La **Mise en page de l'impression** (*Print Layout*) est activée pour concevoir la carte finale, un espace de travail nommé tracé 20km.

Sur l'image Capture 6.jpg, il faut ajouter une couche **OpenStreetMap (OSM)** en arrière-plan. C'est une étape essentielle en géomatique : elle apporte un contexte géographique au tracé, permettant de voir où se situe la route par rapport au territoire (comme on peut le deviner avec l'inscription "Algeria" en fond)

Étape 5 : Habillage et intégration des éléments cartographiques officiels

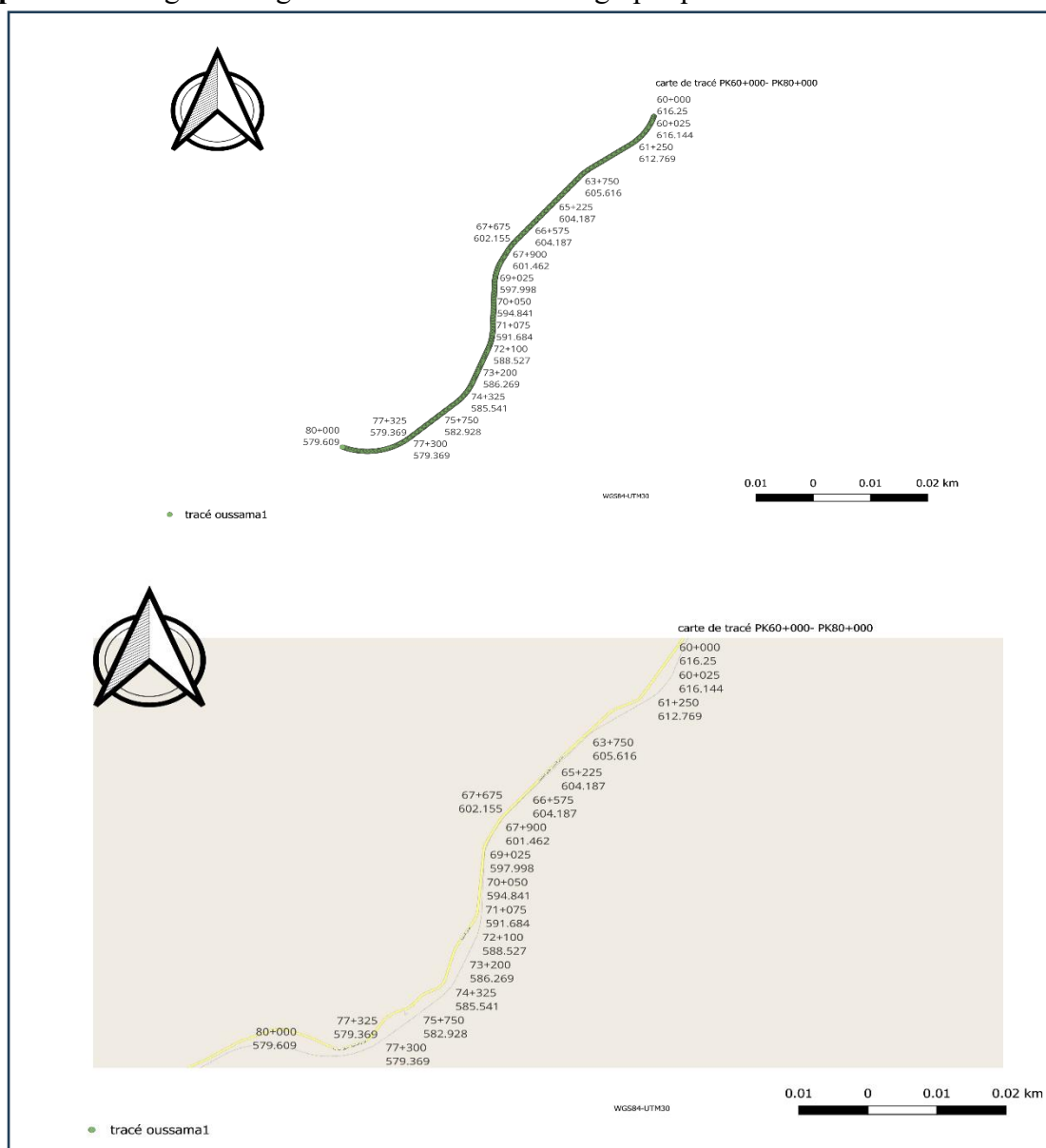


FIGURE 38 : CARTES FINALES EXPORTEES DU TRACE LINEAIRE (DU PK 60+000 AU PK 80+000)

Explication technique :

- 1-La flèche Nord : En haut à gauche, pour l'orientation géographique
- 2-Le titre : Indiqué en haut : carte de tracé PK60+000- PK80+000.
- 3-La légende : En bas à gauche, identifiant le symbole vert de la couche tracé oussama1
- 4-L'échelle graphique : En bas à droite, pour mesurer les distances réelles sur le papier (0.01 - 0.02 km).
- 5-Le système de référence : Mentionné discrètement en bas (WGS84-UTM30)

4-2- Carte de MNT :

Étape 1 : Importation du fichier MNT raster

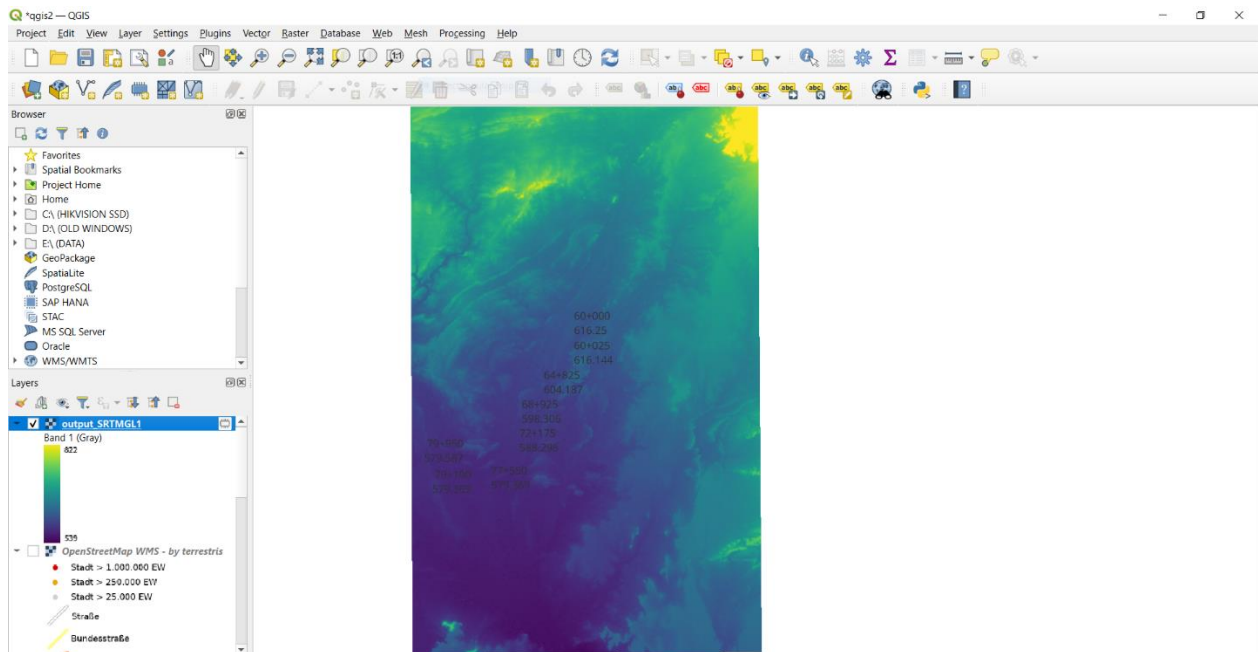


FIGURE 39 : SUPERPOSITION DU TRACÉ SUR LE MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT SRTM)

Explication technique :

On importe le fichier MNT (téléchargé généralement depuis des données satellites comme SRTM) sous forme de couche raster nommée `output_SRTMGL1`.

Par défaut, le MNT s'affiche avec un style basique (souvent en dégradé de gris du noir au blanc). Les étiquettes de votre tracé (tracé oussama1) apparaissent par-dessus

Étape 2 : Configuration de la symbologie du MNT (Coloration du relief)

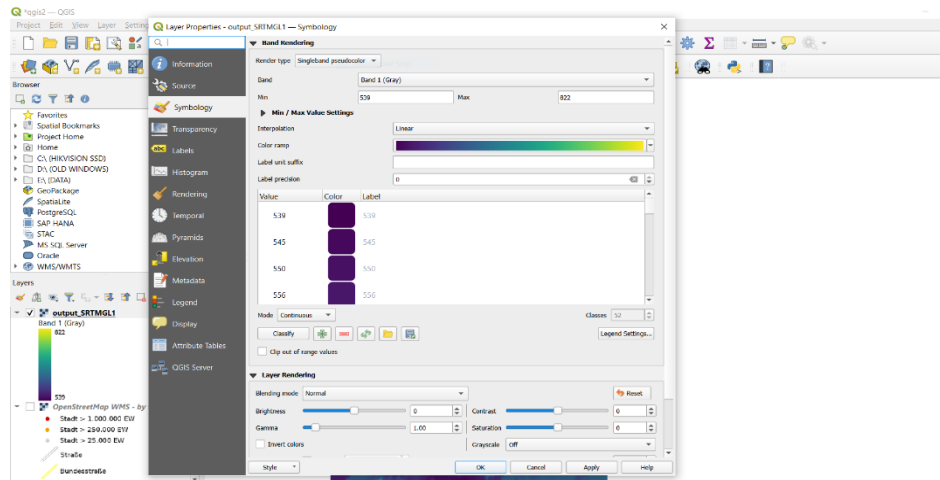


FIGURE 40 : CONFIGURATION DE LA SYMBOLOGIE DU MNT

Explication technique :

Pour rendre le relief lisible, il faut ouvrir les **Propriétés de la couche** (*Layer Properties*) du MNT dans l'onglet **Symbologie**.

On change le type de rendu en **Pseudocouleur à bande unique** (*Singleband pseudocolor*).

On choisit une rampe de couleur (*Color ramp*) adaptée (allant du violet/bleu pour les altitudes basses à 539 m, vers le vert/jaune pour les altitudes élevées jusqu'à 822 m). et cliquer ensuite sur **Classifier** (*Classify*) puis **Appliquer**.

Étape 3 : Création de la mise en page de la carte MNT

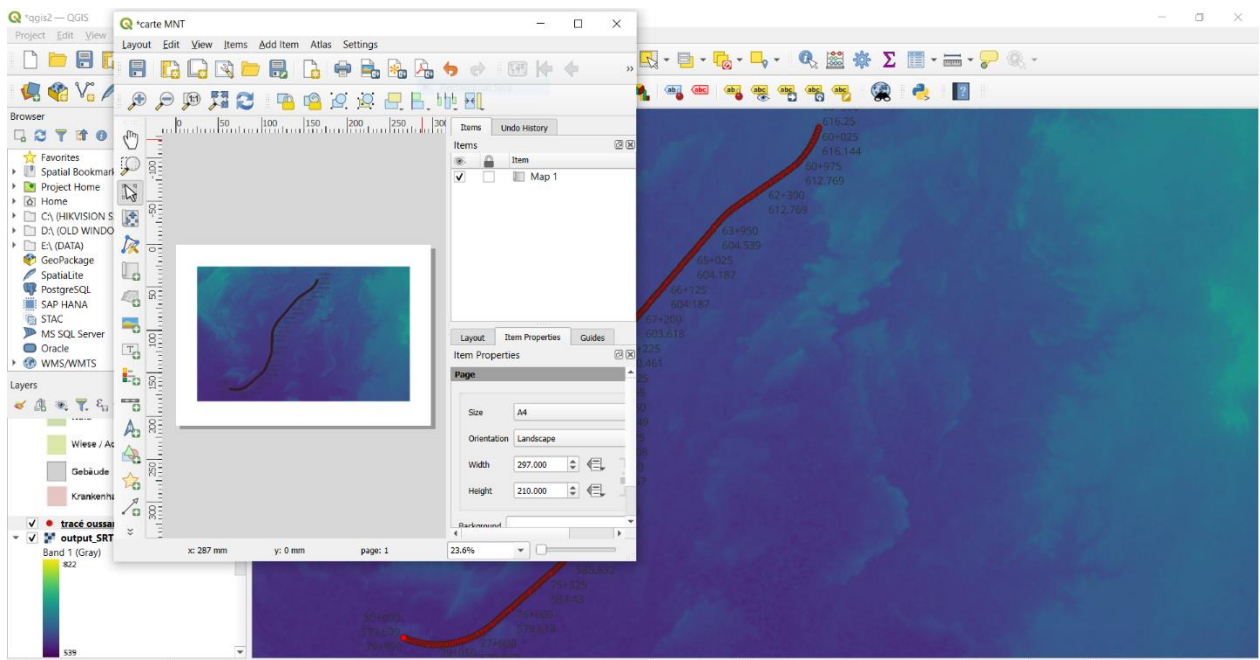


FIGURE 41 : CREATION DE LA MISE EN PAGE DE LA CARTE MNT

Explication technique :

Il faut ouvrir le gestionnaire de mise en page (*Print Layout*) et créer une nouvelle feuille que vous nommez carte MNT.

Utiliser l'outil **Ajouter une carte** (*Add Map*) pour afficher votre espace de travail QGIS sur la feuille de dessin (ici configurée au format A4 en orientation Paysage).

Étape 7 : Le rendu final exporté



FIGURE 42: LE RENDU FINAL EXPORTE

Explication technique :

C'est l'image finale exportée (au format JPEG/PNG) prête pour le rapport.

Elle réunit proprement le titre (CARTE MNT), le tracé avec ses PK et altitudes associés, le fond topographique coloré, l'échelle, la légende et l'orientation. C'est une carte thématique complète et professionnelle

5-La création de la base de données géographique a été réalisée sous QGIS :

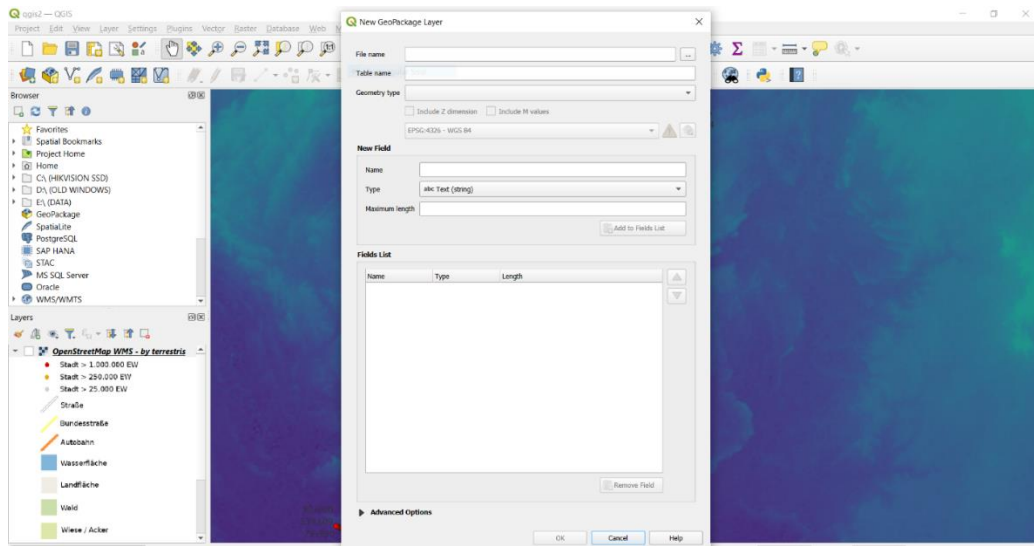


FIGURE 43 : LA CREATION DE LA BASE DE DONNEES

Étape 1 : Création d'une nouvelle couche

À partir du menu principal, la commande Layer → Create Layer → New GeoPackage Layer a été sélectionnée afin de créer une nouvelle couche géographique destinée au stockage des données du projet.

Étape 2 : Définition du type de géométrie

Le type de géométrie a été choisi en fonction de la nature des données :

- Point pour les points topographiques ;
- LineString pour le tracé ferroviaire.

Cette étape permet de définir la représentation spatiale des objets dans le système d'information géographique.

Étape 3 : Définition du système de coordonnées

Le système de coordonnées utilisé dans le projet a été sélectionné afin d'assurer la cohérence spatiale des données géographiques et leur bonne localisation dans l'espace.

Étape 4 : Création des champs attributaires

Dans la fenêtre de création de la couche, plusieurs champs attributaires ont été ajoutés à l'aide de l'option « Add to Fields List ». Chaque champ permet de stocker une information descriptive relative aux entités géographiques.

Les principaux champs créés sont :

TABLE 14 : CRÉATION DES CHAMPS ATTRIBUTAIRES

Nom du champ	Type de données	Description
ID	Integer	Identifiant unique du point
PK	Texte (String)	Point kilométrique du tracé
X	Nombre décimal (Real)	Coordonnée Est (Easting)
Y	Nombre décimal (Real)	Coordonnée Nord (Northing)
ZTN	Nombre décimal (Real)	Altitude du terrain naturel
ZPR	Nombre décimal (Real)	Altitude du projet
ZPLF	Nombre décimal (Real)	Altitude de la plateforme ferroviaire

Étape 5 : Validation et création de la couche

Après la saisie de l'ensemble des champs attributaires, la couche a été validée en cliquant sur le bouton « OK ». La nouvelle couche a alors été ajoutée au projet QGIS et intégrée à la base de données géographique.

Étape 6 : Intégration des données

Les données topographiques issues des levés de terrain ont ensuite été importées dans les différentes couches afin de constituer une base de données spatiale exploitable pour les analyses et la production cartographique du projet ferroviaire Béchar – Gara Djebilet.

Remarque : layers ajoutés sont : tracé ferroviaire, et ouvrages hydrauliques

Conclusion :

Au terme de ce chapitre, une méthodologie géomatique basée sur l'utilisation du logiciel QGIS a été mise en œuvre pour l'exploitation des données topographiques du projet ferroviaire Béchar – Gara Djebilet. Les différentes étapes réalisées ont permis l'intégration des données As-Built, la création du tracé ferroviaire, l'élaboration de cartes thématiques, notamment la carte du tracé et la carte du Modèle Numérique de Terrain (MNT), ainsi que la mise en place d'une base de données géographique structurée.

Les résultats obtenus démontrent l'importance des outils SIG dans la gestion, l'analyse et la valorisation des données spatiales. Cette approche a contribué à améliorer la compréhension du projet et à fournir des supports cartographiques fiables pour le suivi et l'aide à la décision dans les projets ferroviaires

CONCLUSION GENERALE :

CONCLUSION GENERALE :

Les infrastructures ferroviaires constituent aujourd'hui un levier essentiel du développement économique national. En facilitant la circulation des marchandises et en renforçant les échanges entre les régions, elles soutiennent durablement le tissu industriel du pays.

Dans cette mémoire s'inscrit dans un projet d'envergure nationale dont l'objectif est d'assurer le transport du minerai de fer extrait du gisement de Gara Djebilet vers les ports septentrionaux du pays. Il contribue ainsi à améliorer la compétitivité de l'économie algérienne tout en valorisant les richesses minières du Grand Sud. L'étude a été conduite dans le strict respect des normes techniques de l'UIC et des recommandations de la SNTF, en intégrant les contraintes propres à la traction lourde, fixées à 32,5 tonnes par essieu.

La plus-value des technologies géomatiques modernes : L'utilisation conjointe de Microsoft Excel et du logiciel SIG libre QGIS a été déterminante pour valoriser les données topographiques du plan As-Built. Elle a permis l'élaboration de cartes thématiques précises (cartes de tracé avec intégration OpenStreetMap, cartes de relief via Modèles Numériques de Terrain SRTM) et la structuration d'une base de données géographique moderne sous format GeoPackage. Cette base intègre l'ensemble des attributs spatiaux et techniques (coordonnées UTM, altitudes du terrain naturel, de la plateforme et des ouvrages hydrauliques), offrant un outil d'aide à la décision incontournable pour la gestion et le suivi à long terme du projet.

Sur le plan humain et professionnel, cette aventure s'est révélée particulièrement formatrice. Elle nous a enseigné les vertus du travail en équipe, la rigueur dans la gestion du temps, l'art de la communication avec des interlocuteurs variés et la capacité à prendre des décisions techniques éclairées. Le soutien constant de nos encadrants et des ingénieurs de terrain a été déterminant, tant pour la qualité de notre apprentissage que pour notre épanouissement personnel.

En définitive, ce projet de fin d'études a non seulement consolidé notre expertise en ingénierie ferroviaire, mais a également renforcé notre détermination à contribuer activement au développement durable des infrastructures de transport en Algérie. Fortes de cette riche expérience, nous abordons désormais les défis du métier d'ingénieur avec engagement, professionnalisme et ambition.

BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] **History of the railway track - Wikipedia.” Accessed: May 28, 2025. [Online]. Available:**

https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_railway_track

- [2] **L’aventure très osée du Stockton-Darlington en 1825. – Train Consultant Clive Lamming.” Accessed: May 28, 2025. [Online]. Available: <https://trainconsultant.com/2024/03/17/laventure-tres-osee-du-stockton-darlington-en-1825/>**

- [3] **Pit Ponies - Ghosts of the Coal Mines | Horse Journals.” Accessed: May 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.horsejournals.com/popular/history-heritage/pit-ponies-ghosts-coal-mines>**

- [4] **History of the railway Algeria - Wikipedia** web: www.sntf.dz