

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



Ecole Nationale Supérieure
des Travaux Publics
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme
ingénieur d'état en travaux publics

Thème

LA ROCADÉ FERROVIAIRE DES HAUTS PLATEAUX
REALISATION DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAIRE
A VOIE UNIQUE TIARET - SAIDA SUR UN LINEAIRE
DE 55 KM

Sous la direction de :

Dr AIT MOKHTAR.K

Présenté par :

BOUZID HOUARI MOKHTAR

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Sidi Garidi 1. Kouba. ALGER

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Madame AIT MOKHTAR Khedidja, ma promotrice, pour son aide, son soutien et surtout ses précieux conseils.

En d'autre part, que tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici, l'expression de ma gratitude et de ma reconnaissance.

Que soient remerciés également tous les enseignants de l'ENSTP, particulièrement Mesdames MORSLI Fatima.Z et DERRICHE Zohra, ainsi que Messieurs KARA Benchohra, BOUZIDI Cherif, BERRODJI Sid Ahmed, BENCHIKH EI Hocine, REMKI Boudjamaa, BOUHELLAL Othman, GHETACH Brahim, BERICHE Yacine, RAHMANI Douadi, TAKI Mohamed, GASSIS Sofiane, GOUMETRE Ahmed, BELABDELWAHAB Farid et DJILJLI Zahir.

Enfin, mes remerciements aux responsables de la bibliothèque pour leur disponibilité, leur aide et leur affabilité.

BOUZID HOUARI MOKHTAR

DEDICACES

C'est

- Aux personnes qui m'ont apporté leur soutien.
- A la mémoire de mon cher père parti trop tôt et qui aurait sûrement souhaité vivre plus longtemps pour voir ce jour.
- A celle qui m'a transmis la vie, l'amour et le courage, à toi ma très chère mère, ma fierté.
- A mon petit frère Kamel à qui je souhaite la réussite.
- A mon oncle Fouad.
- A mon grand père et à ma grand-mère.
- A mes professeurs.
- A mes amis Abderezak, Fares, Réda, Midou, Brahim, Djilali, Hamza, Bachir, Rafiq, Alawi, Boubkar, ainsi qu'à toute ma famille et à toutes les personnes chères à mon cœur et qui ont une place dans ma vie.

que je dédie ce mémoire.

BOUZID Houari Mokhtar

AVANT-PROPOS

La mobilité fait partie des besoins des hommes parmi les plus fondamentaux. François Plassard souligne dans son ouvrage *Transport et territoire (2003)*:

« Cette soif de mobilité, ce besoin d'aller toujours vers un ailleurs sans doute meilleur, que l'on retrouve dans toutes les sociétés, a poussé les hommes à imaginer sans cesse de nouveaux moyens de transport qui leur permettent d'aller plus vite et donc plus loin ».

Aller plus vite et plus loin, c'est précisément ce que permettent les infrastructures de transports en facilitant la mobilité des hommes et des marchandises. Donc le développement des échanges et l'accès des hommes à des territoires plus vastes. En ce sens, ils sont un ingrédient essentiel de la croissance potentielle.

La question du choix du niveau d'investissement en infrastructures de transport et du choix des bons projets est donc tout à fait essentielle et constitue un enjeu économique majeur.

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau.I.1.Communes de la wilaya de Saïda.
- Tableau.I.2.Insolation par région.
- Tableau.II.1.Tableau comparative entre les variantes proposées.
- Tableau.III.1.Répartition de modèle de charge.
- Tableau.III.2.Valeurs du gauche maximal (SNTF).
- Tableau. III.3. Les éléments de la clothoïde.
- Tableau.III.4.Tableau récapitulatif des dévers et vérification de l'insuffisance.
- Tableau.III.5.Limites de rayon de raccordement vertical.
- Tableau.III.6.Limite de l'accélération verticale.
- Tableau.III.7.Les type de branchement.
- Tableau.III.8.Classe de qualité du sol.
- Tableau.III.9.Classe de portance de la plateforme.
- Tableau.III.10.Sensibilité au gel de diverses classes granulaires
- Tableau.III.11.Tableau récapitulatif de calcul numérique.
- Tableau.III.12.Pondération des critères.
- Tableau.III.12.Pondération des critères.
- Tableau.III.14.Evaluation d'impact sur l'environnement.
- Tableau.III.15.Evaluation des terrains traversés.
- Tableau.III.16.Difficulté d'exploitation et contrainte de
- Tableau.III.17.Bilan d'évaluation des variantes.
- Tableau.III.18.Notation des variantes.
- Tableau. IV.1.Tableau récapitulatif des résultats.
- Tableau.IV.2.Caractéristiques des moules pour essai Proctor.
- Tableau.IV.1.Essai Proctor – Compactage du matériau dans le moule
- Tableau.VI.3.Quantité approximative de matériau à utiliser pour chaque couche (essai Proctor).
- Tableau.IV.3.Stratification des couches d'assises.
- Tableau.IV.4.a.Tableau récapitulatif de calcul numérique (Mouvement des terres).
- Tableau.IV.4.b.Tableau récapitulatif de calcul numérique (Couches d'assises).
- Tableau.IV.4.Moyenne de précipitation.
- Tableau.IV.5.Pluie maximale en 24 heures.
- Tableau.IV.6.Estimation des fortes pluies.
- Tableau.IV.7.Coefficient de ruissellement C.
- Tableau.IV.7.Variable de Gauss U.
- Tableau.IV.7.Coefficient de MANING STRIKLER.

LISTE DES FIGURES :

- Figure.I.1. La rocade ferroviaire des hauts plateaux.
- Figure.I.3. Relief et morphologie de la zone d'étude.
- Figure.I.2. Limites de la wilaya de Saïda.
- Figure. I.4. Irradiation solaire globale en été et en hiver.
- Figure.I.5. Géologie de la zone d'étude.
- Figure.I.6. Eaux souterraines de la zone d'étude.
- Figure.I.7. Eaux superficielle de la zone d'étude.
- Figure.I.8. Infrastructures des transports de la wilaya de Saida.
- Figure.II.1. Carte synoptique représentative de notre projet.
- Figure.II.2. Variante I.
- Figure.II.3. Variante II.
- Figure.II.4. Variante III.
- Figure.II.5. Variante IV.
- Figure.III.1. Le gabarit GC.
- Figure.III.2. Model de charge 71.
- Figure.III.3. Model de charge SW/0.
- Figure.III.4. Vitesse minimal de définition.
- Figure.III.5. Section transversale de la voie et du véhicule dans une courbe.
- Figure.III.6. Illustration du gauche Rp.
- Figure.III.1.7. Raccordement d'entrée en courbe.
- Figure.III.7. Les éléments de la clothoïde.
- Figure.III.8. Rampe maximale admissible.
- Figure.III.9. Les éléments de calcul du profil en long.
- Figure.III.10. Les éléments de calcul du profil en long.
- Figure.III.11. la voie.
- Figure.III.11. Plateforme à voie unique.
- Figure.III.12. Rail UIC.
- Figure.III.13. Section de rail UIC 60.
- Figure.III.14. Travers en béton bi-blocs
- Figure.III.15. Caractéristiques du travers en béton bi-bloc.
- Figure.III.16. Attache Nabla.
- Figure.III.17. Cinématique de franchissement d'un branchement.
- Figure.III.18. Appareille de voie branchement simple.
- Figure.III.19. Élément traversée oblique.
- Figure.III.20. Élément traversée jonction simple.
- Figure.III.21. Croisement intersection double.
- Figure.III.22. Branchement de communication.

Figure.III.23. géologie de la région
Figure.III.24. Stratification des couches d'assises.
Figure.IV.1. La voie.
Figure.IV.2. tronçon d'étude.
Fig.IV.3. géologie de tronçon d'étude.
Photo.IV.4. Réalisation des puits.
Figure. IV.5. Coupe et photo du puits au PK98+450
Figure. IV.6. Coupe et photo du puits au PK99+700
Figure. IV.7. Coupe et photo du puits au PK102+350.
Figure. IV.8. Coupe et photo du puits au PK103+050.
Figure. IV.9. Coupe et photo du puits au PK105+170.
Figure. IV.10. Coupe et photo du puits au PK105+800.
Figure. IV.11. Coupe et photo du puits au PK106+700.
Figure. IV.12. Coupe et photo du puits au PK107+500.
Figure.IV.13. Tamis à mailles carrées
Figure.IV.14. Essai d'équivalent de sable
Figure.IV.15. Essai de bleu de méthylène à la tâche
Figure.IV.16. Couches d'assises.
Figure.IV.17. Appareillage Proctor – Appareillage CBR
Figure.IV.18. Aperçu des terrains traversés.

DEFINITIONS DES TERMES UTILISES

Termes utilisés	Définitions
<p>Sécurité</p>	<p>La sécurité est probablement la plus haute exigence de tout le système de transport ; cette exigence traite des risques de toute exposition à des effets nocifs pour les voyageurs, les riverains ou les agents de chemin de fer, et peut donc être amalgamée avec une exigence en matière de santé, ce qui représente un autre type de risque non nécessairement lié directement au trafic ferroviaire.</p> <p>La sécurité est généralement traitée au sein des systèmes ferroviaires par des réglementations nationales applicables directement ou par délégation explicite de l'organisme d'Etat chargé du contrôle au gestionnaire d'infrastructure. Dans de nombreux cas, seules les règles en matière de sécurité et de santé sont à soumettre aux autorités de tutelle. Les règles portant sur la sécurité décrivent le système et sous-systèmes associés, avec les interfaces : système de signalisation, voie ferrée, matériel roulant, règles d'exploitation. Ces règles décrivent également des exigences fonctionnelles, telles que le programme et le plan de sécurité d'un système, les essais de qualification relatifs au système et au personnel. Les exigences minimales applicables à la maintenance font partie des règles de sécurité.</p>
<p>Confort</p>	<p>Le confort peut être classé comme une exigence économique, car la satisfaction de ce critère peut séduire les voyageurs et donc augmenter les recettes. Toutefois, c'est une exigence spécifique, s'agissant de la seule interface directe, autre que la sécurité, avec le sous-système véhicule.</p> <p>Le confort des voyageurs dans le domaine vibratoire dépend des accélérations en translation et rotation qui elles-mêmes dépendent en partie de la conception du tracé, à savoir des courbes circulaires horizontales et verticales et des variations de dévers et d'insuffisance de dévers induites par les courbes de raccordement, exprimées sous la forme d'une accélération angulaire.</p> <p>La qualité géométrique de la voie est au moins aussi importante que son tracé en termes de confort, et la limite de confort est souvent considérée comme une limite de maintenance, bien qu'elle puisse s'écarter de la limite liée au coût optimal pour la géométrie de la voie, qui constitue la limite de maintenance proprement dite.</p> <p>A ce jour, les effets respectifs de la conception du tracé de la voie et de sa qualité géométrique sur le confort n'ont été mis en relation dans aucune norme, principalement car ils correspondent à des processus différents ; l'investissement d'une part, la maintenance d'autre part. Les grands rayons de courbure avec de faibles insuffisances de dévers qui sont communément utilisés sur les lignes à grande vitesse afin de réduire les efforts transversaux des essieux induisent dans une certaine mesure une telle relation entre les effets quasi-statistiques et les effets dynamiques aléatoires, avec une influence manifeste sur le confort sur les lignes à</p>

	grande vitesse. La voie sur dalle, plus robuste et moins évolutive au fil du temps, permet quant à elle une limite supérieure d'insuffisance de dévers (par rapport à la voie ballastée) sans altérer le niveau de confort.
Valeur limite normale	Valeur à ne pas dépasser pour les trains roulant aux vitesses maximales ou minimales admissibles. Ce sont les valeurs limites qui doivent être appliquées par le concepteur pour le tracé de nouvelles lignes ou sections de lignes de chemin de fer, ou pour ménager les lignes existantes. De telles valeurs assurent un compromis économique entre les coûts de maintenances de la voie, ceux du matériel, le confort des voyageurs et les performances traduites en temps de parcours.
Valeur limite exceptionnelle	C'est une valeur plus défavorable que la valeur limite normale, qui peut être utilisé dans les cas les plus contraignantes lorsque le respect des valeurs normales peut se traduire par une baisse de performance de la ligne ou pas des aménagements du coût prohibitif. Pour répondre à ce type de singularité, il est possible alors de recourir à des valeurs ne dépassant pas toutefois des limites exceptionnelles. L'usage de ces valeurs, qui peuvent avoir des conséquences défavorables en matière de confort, de coût de maintenance et parfois de conditions d'exploitation, ne doit pas voir de caractère symétrique. en conséquence, on admet une valeur en plan et une valeur en long, à condition tous les 20Km qu'elles ne soient ni superposées ni juxtaposées à moins de 300m. Les valeurs limites et exceptionnelles conditionneront la définition géométrique du tracé.
Tracé en plan	L'axe du tracé en plan ou axe de référence est la projection à la réduction d'échelle près sur un plan horizontal d'un cylindre à axe vertical qui s'appuie sur l'axe réel de la route dans l'espace. Il se décompose en droites, cercles et raccordements à courbure variable entre les droites et les cercles.
Alignements	Un alignement droit est une courbe de rayon infini $-R=\infty-$ (de courbure nulle ($\rho=0$)).
Courbe	Par cette appellation, on désigne les courbes dans le plan ainsi que les éléments de transition qui y sont associés. Sauf spécification contraire, les paramètres de la courbe sont définis par rapport à l'axe de la voie.
Courbes circulaires	Une courbe de rayon constant.
Pleine courbe	La partie circulaire (rayon constant) d'une courbe.
Courbure	La courbure est l'inverse du rayon en un point considéré.
Raccordement progressif	C'est une courbe à rayon variable assurant la transition entre un alignement et une pleine courbe ou entre deux courbes circulaires de rayon différentes.
Flèche	La flèche est la distance entre le milieu d'un arc et le milieu de la corde (en principe d'une longueur de 20 m) qui le sous-tend. La flèche est exprimée en mm. Elle est représentative de la courbure de la voie.
Pente	Tronçon de voie où l'altitude est décroissante dans le sens de circulation

	(descente).
Rampe	Tronçon de voie où l'altitude est croissante dans le sens de circulation (montée).
Déclivité	la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale
Palier	Zone horizontale $i < 2/1000$.
Bourrage	action de compresser le ballast lors de travaux ferroviaires
Scories	sont des déchets solides provenant des opérations de traitement des minéraux métalliques ou de l'affinage de certains métaux
Dévers	Le dévers 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)
Insuffisance de dévers	Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est 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'extérieure de la courbe. On appelle insuffisance de dévers (exprimée en mm) la différence entre le dévers d'équilibre est le dévers prescrit.
Excès de dévers	Lorsque la vitesse d'un véhicule en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit, ce véhicule 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. On appelle excès de dévers (exprime en mm) La différence entre le devers prescrit et le devers d'équilibre.
Coefficient de dévers (C)	Le coefficient de devers exprime la proportionnalité entre le devers prescrit et la courbure. A la création d'une ligne, le respect d'un coefficient de devers commun a toute les courbes conduit à avoir un rapport constant entre courbure et insuffisance de devers. La prise en compte de cette disposition constitue un facteur de confort.
Dévers prescrit (dp)	Le choix du devers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation, dans des conditions normale de sécurité et de confort, aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lente de fret. Ce devers donné à la voie est appelé devers prescrit.
FRP	fin du raccordement progressif.
ORP	origine de raccordement progressif.
Variation du dévers suivant le temps	Taux suivant lequel le dévers augmente ou diminue relativement à la vitesse maximale d'un véhicule franchissant une courbe de transition.
Variation de dévers en fonction de la longueur	Taux suivant lequel le dévers augmente ou diminue sur une longueur donnée de la transition
Profil en travers	Une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe des voies projetée.

Profil en travers type	Contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs largeur des voies, les éléments de la supère structure, pente des surfaces et talus, dimensions des couches, systèmes d'évacuation des eaux ...etc.
Profil en travers courant	Est un profil en travers de base à des distances régulières, qui servent à calculer le projet.
Profil en long	Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la voie, développée et représentée sur un plan avec une échelle. En général le tracé d'une voie ferrée en profil est constitué par une succession de paliers et de déclivités reliés par des courbes de transition.
Raccordement circulaire (RC) de déclivités	Lorsque la différence algébrique de deux déclivités successives est importante, celles-ci sont raccordées entre elles par des cercles dans le plan vertical. Ces cercles sont appelés : (raccords de déclivité) ou (raccordements circulaires).
L'éclissage	C'est l'assemblage de deux rails consécutives à l'aide de deux éclisses qui sont constituées par deux plaques laminées placées entre le champignon et le patin, tout en respectant les diamètres des trous de perçage et leurs distance, les éclisses doit avoir la même qualité d'acier que le rail, et permettre au rail de se dilater en fonction des variations de température.
Les soudures	Les rails sont mis bout à bout et soudés par procédé aluminothermique qui consiste en un apport de métal en fusion dans une lacune crée entre les extrémités de ceux-ci. La qualité des aciers utilisés et les dispositions adoptées pour assurer une très grande rigidité à la voie permettant la pose en barres soudées de très grande longueur (allant jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres) ; les contraintes introduites par les changements de température étant absorbées sans déformation.
Drainage	Le drainage correspond à la collecte et à l'évacuation des eaux présentes dans le sol support et dans la voie. Il constitue l'un des trois volets du domaine de l'assainissement avec la collecte et l'évacuation des eaux de surface (assainissement superficiel) et le rétablissement des écoulements naturels.

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures de transport sont un élément primordial pour garantir la liberté de déplacement des personnes et des biens, afin d'assurer le fonctionnement et le développement de l'économie du pays.

Elles impliquent la puissance publique au niveau national, régional ou local ; nécessitant des espaces réservés qui limitent les espaces privés. Elles appliquent comme impératif le changement des modes de gestion face aux défis mondiaux exigeant des niveaux de performance plus élevés à la hauteur des grands défis.

Enfin, elles imposent des règles d'usage et des enjeux de protection de l'environnement.

Le chemin de fer est un système guidé de transport collectif de personnes et de marchandises. Il constitue une alternative à la voiture automobile, aux camions et à la congestion des portes de nos grandes agglomérations. Il permet des déplacements efficaces et reste en pratique le mode de transport terrestre dominant dans plusieurs pays. Le chemin de fer est un transport qui a influencé l'urbanisme, en ce sens qu'il représente un facteur essentiel de l'aménagement du territoire puisque c'est grâce à lui que de grandes quantités de marchandises ont pu être facilement transportées sur de grandes distances, et qu'ont été rendues possibles les grandes concentrations de population dans les villes industrielles avec le développement du tramway et du métro.

Ses aptitudes à des transports de masses (marchandises et voyageurs), et amoindrie l'encombrement des zones urbaines qu'il occasionne, en font un moyen de choix pour satisfaire le prodigieux développement des transports de voyageurs de banlieue, des transports inter urbains de voyageurs, et du transport des marchandises.

Un siècle après leur mise en exploitation et après quelques décennies d'abandon, les chemins de fer reviennent au centre d'intérêt du gouvernement, lequel a décidé de « remettre sur les rails » le transport ferroviaire. Les rails, s'étendant tout le long de notre pays, ont servi l'économie nationale sur tous les plans, et ce depuis leur réalisation qui remonte à 1871, date de l'exploitation de la première ligne ferroviaire reliant Alger à la wilaya de Blida, livrée le premier septembre 1870.

Aujourd'hui, et avec le retour de la stabilité, les pouvoirs publics ont décidé de moderniser ce secteur afin de désenclaver les différentes wilayas du pays de l'isolement qui les ronge depuis quelque temps, à travers la mise à niveau des lignes ferroviaires existantes, ce qui touchera un réseau de l'ordre de 855 kilomètres.

Les infrastructures de ce dernier représentent des investissements lourds. Elles sont réalisées par l'état, les collectivités locales, ou les entreprises utilisatrices, c'est le cas de la SNTF, et avec le rythme de développement économique que connaît ces dernières années l'Algérie, l'ampleur des investissements étrangers qui souhaitent s'installer dans le pays et

les nombreux projets à l'échelle nationale, qui sont en cours ou en voie de réalisation, ne tardera certainement pas à provoquer un effet de boule de neige dans le pays, afin d'assurer la continuité et la complémentarité des réseaux pour le transport des personnes, la croissance du transport de marchandises pour permettre l'expansion du commerce mondial et d'amplifier la capacité de production des régions desservies du pays.

La rocade ferroviaire des Hauts Plateaux qui porte sur la réalisation d'une ligne à grande vitesse constituée par la pénétrante Relizane-Tiaret sur 185 km, et les lignes nouvelles de Saïda-Tiaret d'une longueur de 153 km, celle de Tissemsilt-Boughezoul avec 139 km, et enfin Boughezoul-M'sila avec 151 km est inscrite en matière de développement du rail en Algérie. Cette initiative d'envergure qui a pour but de développer le secteur ferroviaire dans le cadre du programme de relance économique horizon 2014, s'inscrit dans le cadre du schéma national d'aménagement du territoire (SNAT 2025) dont la consistance globale est de 873 km reliant la wilaya de Sidi Bel Abbès à l'ouest, à Tébessa à l'est, a pour objectifs le maillage et la densification du réseau ferroviaire, le rapprochement, le désenclavement des villes et la contribution à l'émancipation des économies régionales ainsi que la réalisation d'une meilleure offre des transports.

Parmi ces lignes ferroviaires **la ligne nouvelle Tiaret – Saïda / tronçon Saïda**, cette dernière constitue l'objet de notre présente étude dans laquelle nous tenterons de localiser le meilleur tracé dont nous rechercherons les caractéristiques techniques et dimensionnelles puis nous évaluerons son impact sur l'environnement dans un contexte technique d'avant-projet.

Notre travail se compose de deux parties :

La première sera consacrée à l'évaluation de quelques variantes et à la présentation d'un certain nombre de normes ferroviaires à respecter dans la construction de la rocade ferroviaire et leur impact sur l'environnement.

La deuxième partie est réservée à l'étude de l'avant-projet détaillé.

Ce travail est intitulé : **LA ROCADE FERROVIAIRE DES HAUTS PLATEAUX.**

« Réalisation de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique TIARET - SAIDA sur un linéaire de 55 km »

CHAPITRE I

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

INTRODUCTION :

Dans le cadre de son programme pour le développement des transports ferroviaires inscrit au plan quinquennal du secteur du transport de l'état Algérien, la SNTF restructure le réseau ferroviaire national en modernisant :

- La rocade ferroviaire est – ouest (Oran - Alger - Annaba).
- La rocade ferroviaire des Hauts Plateaux (Aïn Touda - M'Sila - Aïn Ousséra - Tiaret - Saïda - Moulay Slissen).
- Les interconnexions entre les deux rocades.

La construction de la ligne et les pénétrantes permettra de désenclaver des zones isolées, de désengorger les axes routiers, notamment pour le transport de marchandises et d'améliorer les performances du chemin de fer ainsi que ses conditions d'exploitation.

I. PRESENTATION DU PROJET :

La ligne à réaliser au cours du présent projet est constituée du tronçon de Saïda de la section Tiaret / Saïda. Elle fera partie de la Rocade des Hauts Plateaux (voir figure.I.1).

La ligne est conçue comme ligne de grande vitesse (LGV) sur voie normale, une extension d'une deuxième voie et une électrification sont programmées ultérieurement. Elle sera construite selon les standards UIC non électrifiée.

Des gares de voyageurs sont prévues à toutes les agglomérations traversées par la ligne, en plus d'une gare de marchandises à Saïda et des gares de croisement sur toute la ligne.



Figure.I.1. La rocade ferroviaire des hauts plateaux.

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

II. DESCRIPTION GLOBALE DE LA WILAYA DE SAIDA :

On va essayer de présenter la wilaya de Saïda, qui occupe dans le cadre du nouveau plan d'aménagement du territoire, l'axe central de l'ensemble constitué par les wilayas de Tissemsilt, Tiaret, Naâma et El-Bayadh, plus connu sous le nom de « Hauts-Plateaux ouest ».

Saïda est un espace charnière entre les régions du nord et du sud du pays. Elle constitue naturellement, le meilleur maillon de la chaîne des monts telliens. Elle détient les premières ressources en eau et en végétation de l'Algérie.

La stratégie de développement de la wilaya de Saïda s'inscrit dans le cadre du schéma régional des hauts plateaux ouest. Partie intégrante de cet ensemble, elle occupe de par ses caractéristiques géographiques et économiques une position privilégiée au milieu de cette région du pays.

La démographie de la région est telle que :

- Nombres d'habitants (estimé au 31/12/2011) : 350371 habitants ;
- Taux d'accroissement annuel moyen de la population : 1,7 % ;
- Densité de la population au km² 51,78.

II.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La ville est localisée dans l'Algérie du nord-ouest, à 840 mètres d'altitude. Délimitée au nord par les wilayas de Tlemcen, Sidi Bel-Abbes, Mascara, au sud par la wilaya d'El Bayadh, à l'ouest par la wilaya de Sidi Bel-Abbes et à l'est par la wilaya de Tiaret (voir figure.I.2).

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE



Figure.I.2. Limites de la wilaya de Saïda.

Disséminés sur une superficie de 6765,40 km² ; la wilaya de Saïda est divisée en 6 daïras et 16 communes, représentées dans le tableau ci-après.

Tableau.I.1. Communes de la wilaya de Saïda.

Daïras Communes	Superficie (KM ²)	Distance / chef- lieu de WILAYA	Position administrative
Daïra de Saïda Commune de Saïda	75.83	-	Chef-lieu de wilaya Chef-lieu de daïra
Daïra d'Aïn-Lahdjar Commune d'Aïn-Lahdjar Commune de Moulay-Larbi Commune de Sidi-Ahmed	400.33 425.13 1281.77	7 km 27 km 40 km	Chef-lieu de daïra Chef-lieu de daïra Chef-lieu de daïra
Daïra de Sidi-Boubekeur Commune de Sidi-Boubekeur Commune d'Ouled-Khaled Commune de Sidi-Amar Commune de Hont	243.22 204.91 165.04 170.58	30 km 04 km 25km 56 km	Chef-lieu de daïra Chef-lieu de daïra Chef-lieu de daïra Chef-lieu de daïra
Daïra d'El-Hassassna Commune d'El-Hassassna Commune d'El- Maamora Commune de Skhouna	576.58 111.86 393.53	18km 45 km 90 km	Chef-lieu de daïra Chef-lieu de daïra Chef-lieu de daïra

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

Daïras Communes	Superficie (KM ²)	Distance / chef-lieu de WILAYA	Position administrative
Daïra d'Ouled-Brahim			
Commune d'Ouled-Brahim	248.00	40 km	Chef-lieu de daïra
Commune de Tircine	411,13	50 km	Chef-lieu de daïra
Commune d'Ain-Sultane	258.90	30 km	Chef-lieu de daïra
Daïra de Youb			
Commune de Youb	429.65	40 km	Chef-lieu de daïra
Commune de Doui Thabet	216.10	25 km	Chef-lieu de daïra

II.2. RELIEF ET MORPHOLOGIE :

La wilaya présente deux unités bien distinctes :

Dans sa partie Nord, les Monts de Daïa et dans sa partie Sud, les hautes plaines (parties sud des communes de Sidi Ahmed et El- Maamora).

L'aire d'étude se place dans la zone structuro-sédimentaire des "hauts plateaux", c'est-à-dire l'avant-pays alpin, à couverture sédimentaire réduite, où les processus locaux de distension ont permis la formation de bassins intra-montagneux.

La morphologie générale de la zone d'étude est très douce, avec des basses pentes topographiques subhorizontales de l'ordre de 5 à 10%.

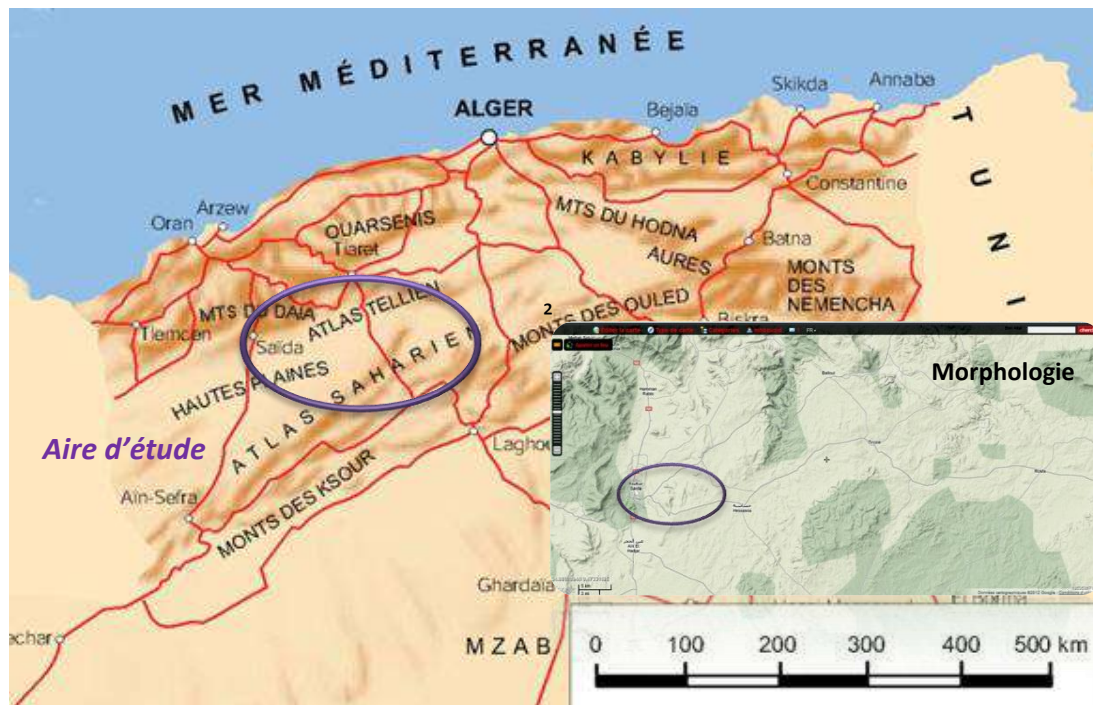


Figure.I.3. Relief et morphologie de la zone d'étude.

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

II.2. CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE :

II.2.1. LA PLUVIOMETRIE :

La pluviométrie moyenne varie entre 200 et 600 mm par an. Elle est mal répartie dans le temps et dans l'espace.

III.3.2. LE CLIMAT :

Le climat de la wilaya est continental, été chaud et sec et hiver froid. Les températures atteignent 40°C en été avec des journées de vents chauds (sirocco), et un minimum de 0 à 4°C en hiver avec des gelées fréquentes (en moyenne 30 J/AN).

III.3.3. L'ENSOLEILLEMENT :

L'Algérie, de par sa situation géographique, privilégiée par rapport à l'équateur, bénéficie d'un ensoleillement exceptionnel sur la quasi-totalité de son territoire. Cet ensoleillement représente un gisement d'énergie impressionnant encourageant son utilisation comme énergie renouvelable étant donné qu'il dépasse les cinq milliards de gigawatt heures par an. La répartition est donnée à titre indicatif par le tableau suivant :

Tableau.1.2. Insolation par région.

Régions	Zone côtière	Hauts plateaux	Sahara
Superficie en%	4	10	86
Energie moyenne reçue (kW/m ² /an)	1 700	900	2 650

Des cartes préliminaires de base, résultant d'un travail réalisé par le Centre de Développement des Energies Renouvelables, montrent ci-dessous l'irradiation solaire globale reçue sur plan incliné à la latitude du lieu :

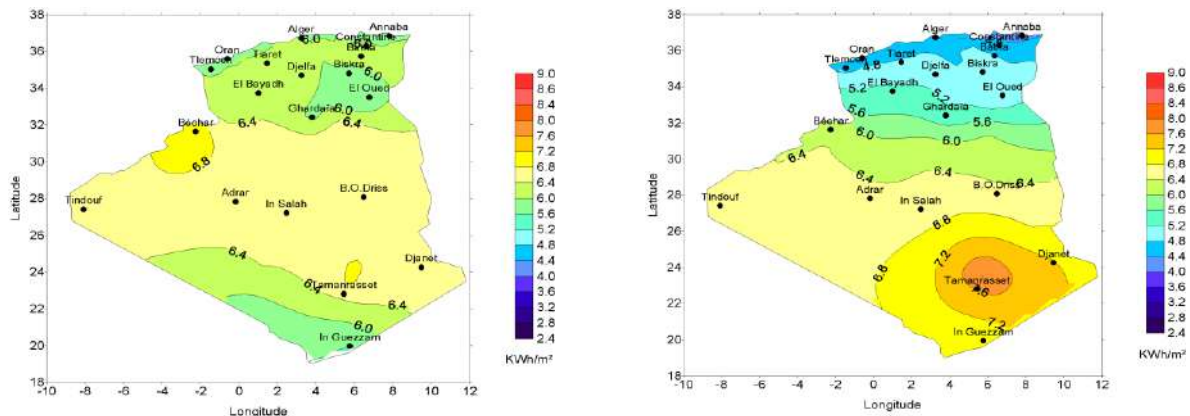


Figure. 1.4. Irradiation solaire globale en été et en hiver.

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

II.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE :

Quatre grands ensembles structuraux caractérisent les traits essentiels de la géologie Algérienne :

- Le domaine des massifs primaires kabyles ;
- Le domaine Tellien ;
- Le domaine présaharien qui regroupe :
 - Les hauts plateaux et les hautes plaines ;
 - L'atlas saharien.
- Le domaine de la plateforme saharienne.

La wilaya de Saïda se situe sur les hauts plateaux qui forment une unité géomorphologique caractéristique du domaine atlasique (voir figure.I.5), elle est limitée au nord par l'Atlas Tellien et au sud par l'Atlas Saharien. Les grands ensembles lithostratigraphiques rencontrés sont :

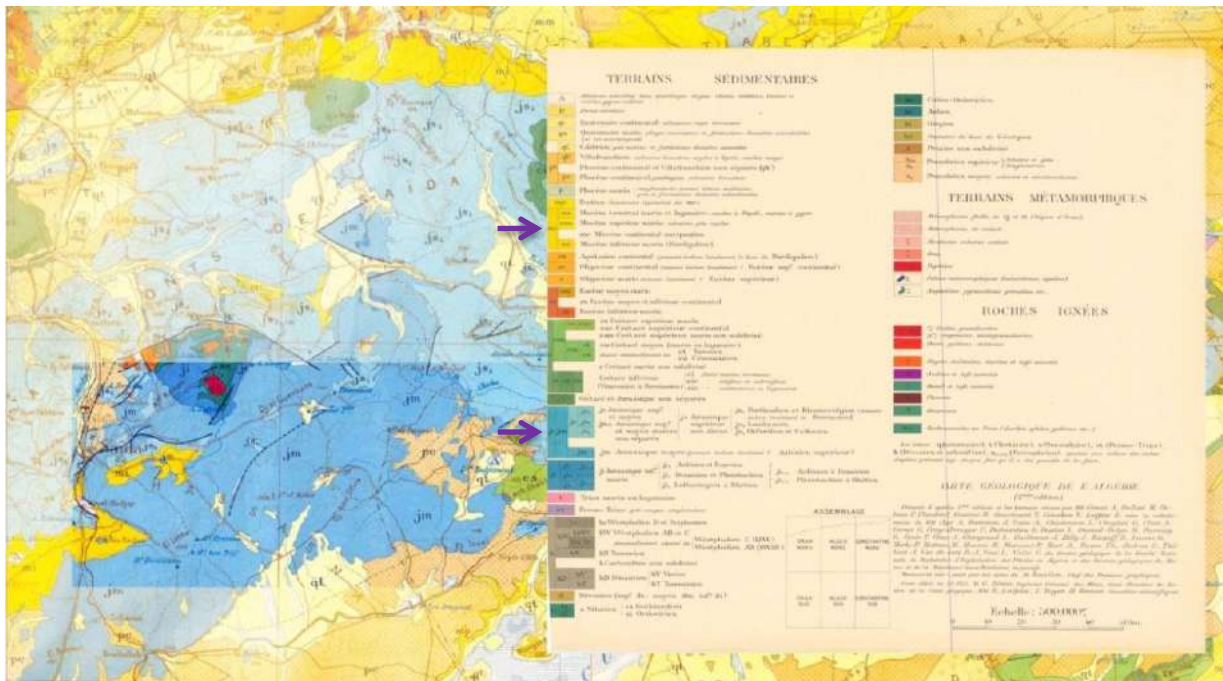


Figure.I.5. Géologie de la zone d'étude.

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

A- Le substratum Paléozoïque :

Les témoins du socle ancien sédimentaire ou éruptif sont très rares et réduits, on les rencontre au niveau des monts de Saïda (Môle de Tiffrit).

B- Les formations du Trias :

Le trias des hauts plateaux comprend une formation volcanodétritique dans les monts de Saïda (Tiffrit) et une série détritique sans volcanisme.

C- Les formations du Jurassique :

Cette couverture est répartie en trois groupes superposés:

- Groupe carbonaté (Jurassique inférieur et moyen) ;
- Groupe détritique ;
- Groupe carbonaté supérieur.

II.5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE :

La structure géologique de la région joue un rôle important dans la répartition et l'extension des aquifères.

Cette structure se caractérise par une grande complexité et par un compartimentage tectonique accentué des formations géologiques, susceptibles de constituer des réservoirs d'eau souterraine.

Dans la région, les eaux souterraines circulent dans de nombreuses formations aquifères d'âge et de nature lithologique divers (voir figure.I.6).

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

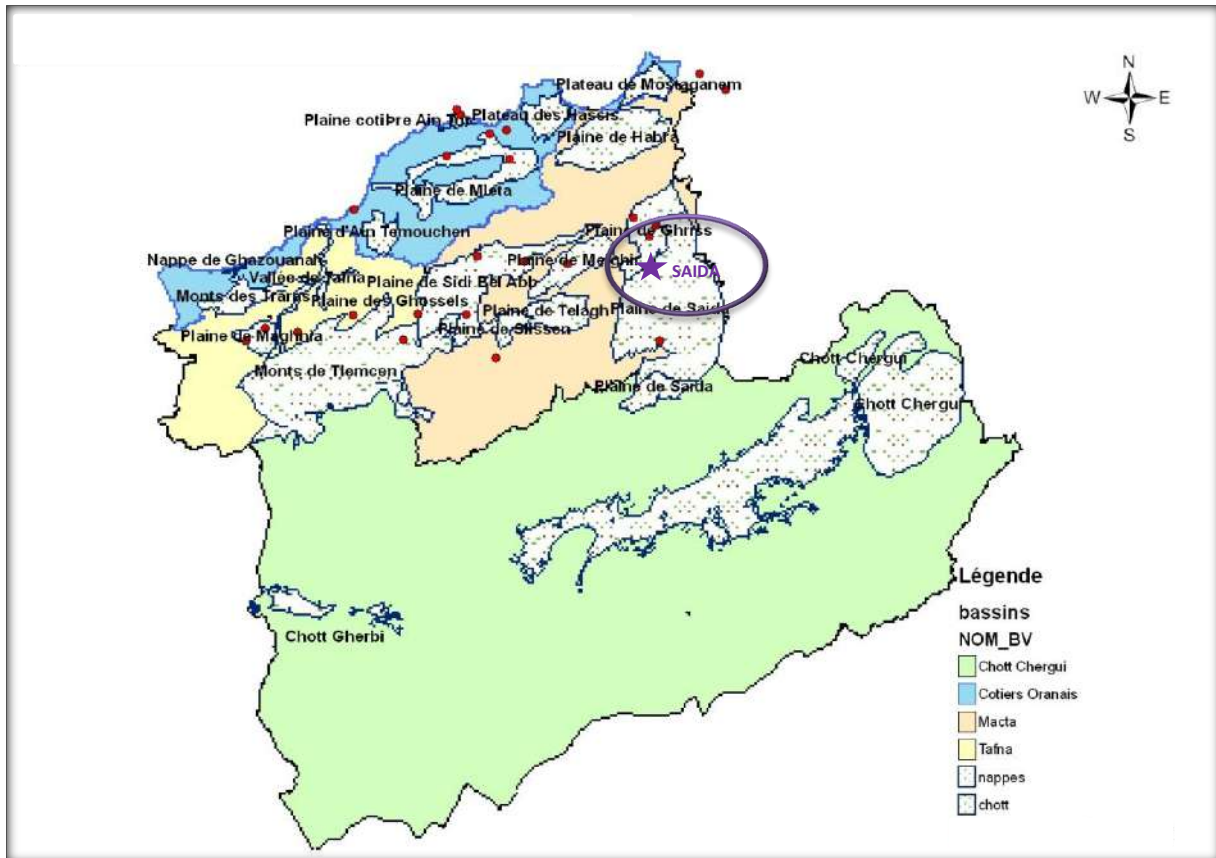


Figure.I.6. Eaux souterraines de la zone d'étude.

II.6. RESEAU HYDROGRAPHIQUE :

La formation du réseau hydrographique est fortement conditionnée par les caractéristiques des terrains traversés par les différents oueds. Ainsi, la lithologie intervient sur le degré de ramification des oueds, tandis que la tectonique et le relief ont pour effet d'influer sur les tracés.

Les principaux oueds du réseau hydrographique ont tous subi, plus ou moins, cette influence.

Dans les zones à grande perméabilité, zones calcaires et plaines alluviales, le réseau est généralement peu développé à cause des taux d'infiltration importants (voir figure.I.7).

A l'exception de quelques affluents, tous les oueds sont temporaires.

Le fait marquant est l'existence d'une grande zone endoréique au sud de la région (Bassin du Chott Chergui) (voir annexe.I.a) où les oueds convergent vers des chotts et sebkhas alignés en chapelets.

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

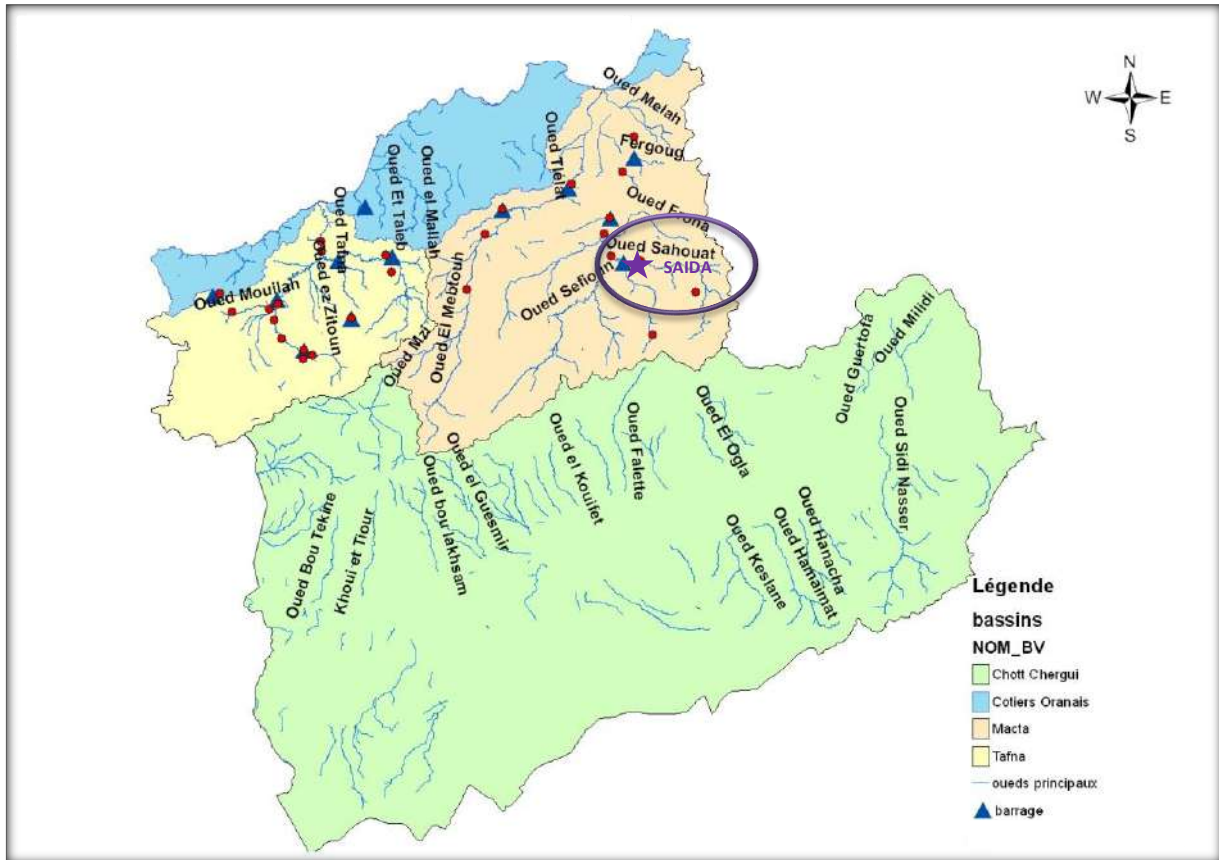


Figure.I.7. Eaux superficielle de la zone d'étude.

La densité de drainage est très faible, elle varie selon les bassins entre 0,33 km/km² et 0,56 km/km². Pour l'ensemble de la région hydrographique, elle n'est que de 0,40 km/km².

II.7. LE SECTEUR INDUSTRIEL :

En matière d'industrie, la wilaya dispose de deux zones industrielles pouvant accueillir les projets d'investissement économiques et industriels.

- La première se situe au niveau de la commune de Saïda et recouvre une superficie de 71.2 hectares ;
- La seconde se situe au niveau de la commune d'Aïn-Lahdjar et recouvre une superficie de 82.3 hectares.

Il y a une possibilité d'intégration industrielle entre les différentes régions, notamment entre Saïda et Tiaret dans la filière mécanique, et entre Saïda et Sidi-Bel-Abbès dans la filière électronique.

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

II.8. LES RESSOURCES LOCALES :

II.8.1. MINERAI ET AGREGAT :

La prospection géologique au niveau de la wilaya a mis en évidence une minéralisation très diversifiée susceptible d'être valorisée par l'exploitation industrielle et est répartie en plusieurs zones :

- *Calcaire pour agrégats* à Doui Thabet et S/ Boubekeur ;
- *Calcaire pour ciment* à Hassasna ;
- *Dolomie pour agrégats* à Saïda et O/ Khaled ;
- *Argile pour briques et tuiles* à Saïda et S/Aïssa ;
- *Gisement de granit* à Tiffrit ;
- *Indice de baryte* à Tircine, Hassasnas et Balloul ;
- *L'or et cuivre* à Tiffrit.

Ainsi, ces indices reflètent la richesse de la région en gisements pour matériaux de construction, indices de polymétaux et substances utiles non métallifères.

Cependant la wilaya passe actuellement par une phase de « déclin » de son activité industrielle due notamment aux « restructurations » des entreprises publiques.

II.8.2. EAUX THERMALES :

Parmi les spécificités de la wilaya, on compte le riche potentiel hydrique tant thermal que minéral. Les eaux thermales sont plus ou moins exploitées dans le cadre du thermalisme d'où les stations de Hammam Rabbi et Sidi Aïssa.

II.8.3. LE POTENTIEL AGRO-PASTORAL :

L'activité agro-pastorale est considérée comme production essentielle de la wilaya bien qu'il existe cependant un savoir-faire maraîcher, arboricole et pastoral.

II.8.4. LE POTENTIEL FORESTIER :

La wilaya compte l'un des grands potentiels forestiers de l'ouest Algérien.

La wilaya de Saïda couvre trois grands ensembles écologiques assez distincts qui constituent les centres d'intérêt en matière de développement forestière ; il s'agit :

- De la zone écologique du chêne vert (chênaie d'El Hassasna) ;
- De la pineraie de Saïda ;
- De la zone steppique.

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

II.9. LE SECTEUR COMMERCIAL :

Le secteur commercial dans la wilaya n'est pas vraiment important, il contribue uniquement sur le commerce national par des magasins de commerce de détails.

II.10. CONTRAINTES RENCONTREES :

- Désarticulation du tissu industriel existant ;
- Insuffisance de réseaux infrastructurels indispensables à l'activité économique (Rail, routes, aéroport et énergie).

II.11. LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT :

Les transports représentent une clé indispensable dans l'économie moderne, par leurs caractéristiques, leurs moyens. Ces paramètres doivent être à un niveau permettant le transport des personnes et tous types de marchandises dans un minimum de délai, de cout et un maximum de sécurité.

Saïda possède une couverture importante en matière de réseaux routiers (la RN 6, RN 92 et la RN 94) avec les wilayas environnantes, et un réseau ferroviaire allant de Mohammadia vers Béchar, (en passant par Saïda et Naâma).

Elle a aussi une position privilégiée quant à la proximité et l'ouverture vers les ports de la région ouest: Oran - Mostaganem, Beni-Saf et Ghazawat.

II.11.1. INFRASTRUCTURES AEROPORTUAIRES :

La réalisation d'un aéroport de catégorie C, dans la commune d'Ouled-Khaled est prévue. L'aéroport devrait être doté d'une piste d'atterrissage de 1300 m sur 30.

II.11.2. INFRASTRUCTURES ROUTIERES :

La wilaya dispose d'un important réseau routier (voir figure.I.8) constitué de :

- Routes nationales : 402 km
- Routes wilayales : 616 km
- Routes communales : 278 km
- Chemin à l'état de Pistes : 76km

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

La wilaya possède un parc d'automobiles de 56817 véhicules de toutes catégories⁽¹⁾, un trafic du transit, et un trafic dense des convois militaires et des matériaux sensiblement dangereux.

II.11.3. INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES :

La wilaya dispose en outre d'un réseau ferroviaire long de 133 km (voir figure.I.8). Ce réseau devrait être étendu à moyen terme.

Les principales lignes ferroviaires sont:

- El-Mohammadia-Saïda ;
- Saïda-Béchar ;
- Saïda-Khelfellah (région de Bourached) ;
- El-Hassassna-Aïn-Lahdjar.

Il est à noter que la voie ferrée est fermée depuis 2008.



Figure.I.8. Infrastructures des transports de la wilaya de Saïda.

(1): Premier trimestre 2011 ; d'après le service des cartes grises de la wilaya de Saïda.

PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU PROJET D'ETUDE

En dépit de ses potentialités, la wilaya de Saïda ne peut guère se permettre une relancé économique si elle n'est pas soutenue par la réalisation de l'axe structurant qui arrive du centre du pays (Boughezoul – Djelfa) et menant le long de la steppe de Sidi Bel Abbès (Ras El Ma) et Tlemcen (El Aricha) jusqu'à la frontière marocaine.

Ce qui nous amène à s'interroger sur :

- Le comment ?
- La meilleure façon de promouvoir cette région ?

CONCLUSION :

On déduit d'après cette présentation les clés majeures de l'économie de la wilaya de Saïda et les caractéristiques nécessaires de l'étude d'infrastructure qui seront pris en considération dans le futur ; La liaison de la wilaya de Saïda à la rocade ferroviaire des hauts plateaux est un élément primordial et indispensable.

La wilaya de Saïda dispose de nombreuses ressources et d'un climat approprié pouvant aider à la réalisation de nombreux investissements et d'éventuels projets dont l'objectif sera d'obtenir une satisfaction de la population.

Par qu'elle façon faut-il arriver à ces objectifs ?

La réponse à cette question est l'objet de notre travail, qui consiste à rechercher une solution technico-économique fiable pour apprécier le processus de développement dans la wilaya.

CHAPITRE II

ETUDE PRELIMINAIRE

ETUDE PRELIMINAIRE

INTRODUCTION :

Avant d'entamer l'étude d'avant-projet, les études préliminaires accompagnent l'étude économique de faisabilité.

Le choix de tracé appartient aux autorités qui auront à décider du principe de l'opération, le souci du projeteur est de présenter diverses variantes de tracé et leurs couts de construction, chacune complété par une étude économique.

A ce stade des études, on utilise les documents existants (cartes 1/50 000, 1/25 000 ou 1/20 000, carte géologique ou photos).

Ces études préliminaires sont avant tout, un travail d'ingénieur, basée à la fois sur la synthèse des renseignements existant et sur les indispensables reconnaissances sur le terrain, au moins des points clés (topographiques, géologiques, hydrologiques, d'urbanisation...etc.).

Elles comprennent :

- Des tracés des axes sur cartes ;
- Des profils en long du terrain naturel et du projet ;
- Une première étude géologique ;
- Des études de terrassement limitées au calcul des volumes des déblais et remblais, complété par une estimation forfaitaire des transports ;
- Inventaire des ouvrages important avec une appréciation des petits rétablissements ;
- Une estimation globale ;
- Un rapport justificatif (rapport descriptif de chaque variante).

L'objectif de ces estimations réside surtout dans la comparaison entre les variantes.

Après une première élimination des variantes par décision des autorités chargées d'approuver le projet, on fait choix d'un ou de plusieurs couloirs d'environ 1km de largeur pour chaqu'un, à l'intérieur duquel se situera l'axe définitif ou les variantes considérés comme possibles.

Vu la non disponibilité de la synthèse préliminaire de notre projet, on a proposé quatre variantes.

ETUDE PRELIMINAIRE

I. CHOIX DE COULOIR DE TRACE :

Comme on a constaté plus haut, notre projet est un tronçon qui fait partie de la rocade ferroviaire des hauts plateaux sections I (voir figure.II.1.).Il débutera du point kilométrique PK 98+390 de coordonnées X=290117.3420 Y=3159081.5352 Z=1035.42 jusqu'aux point X=239387.8875 Y=3853049.9493 Z=1056.71, d'où il doit suivre l'enchaînement et la logique des tracés des tronçons de la section I Tiaret / Saïda et de la section Saïda / Moulay-Slissen.

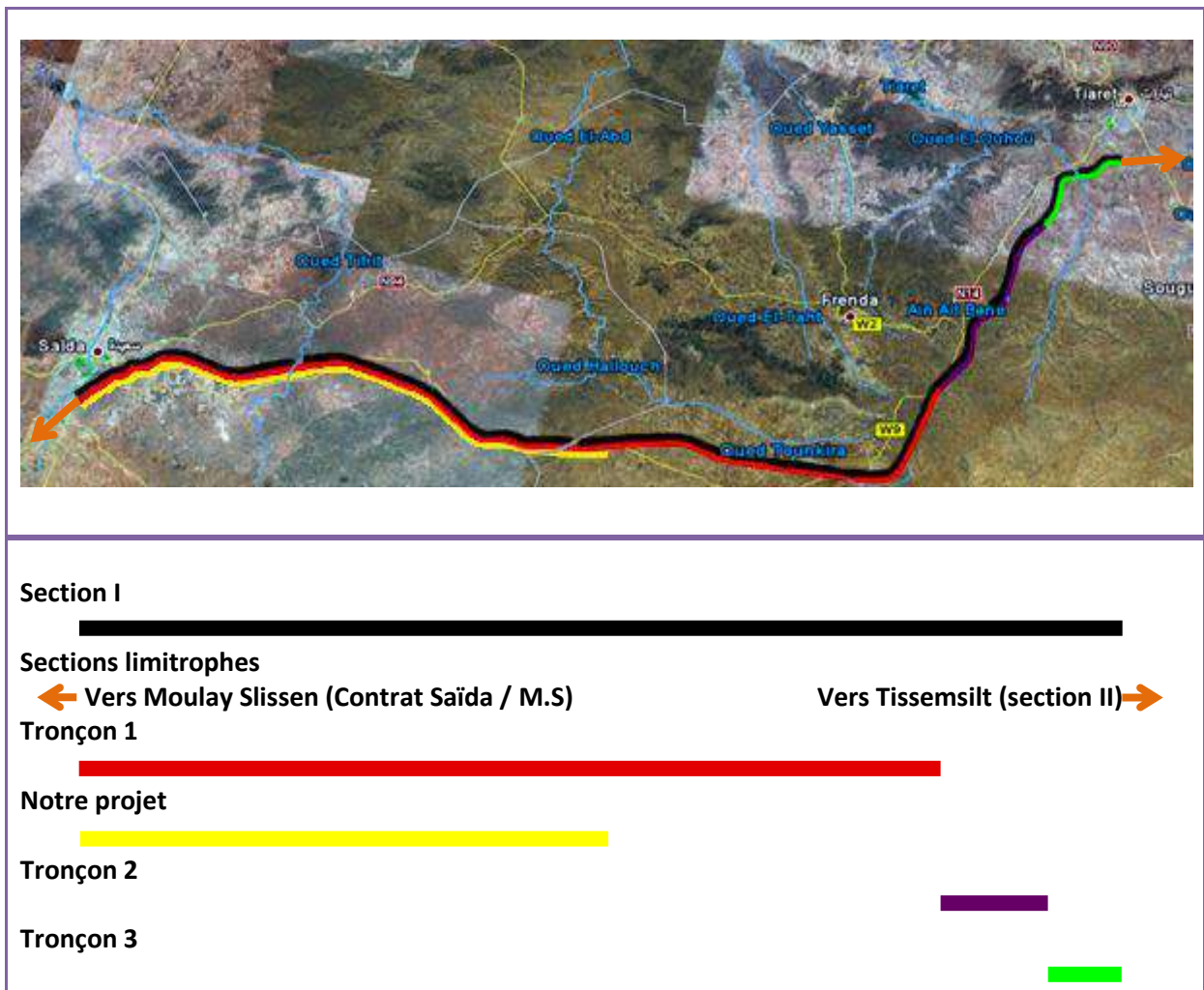
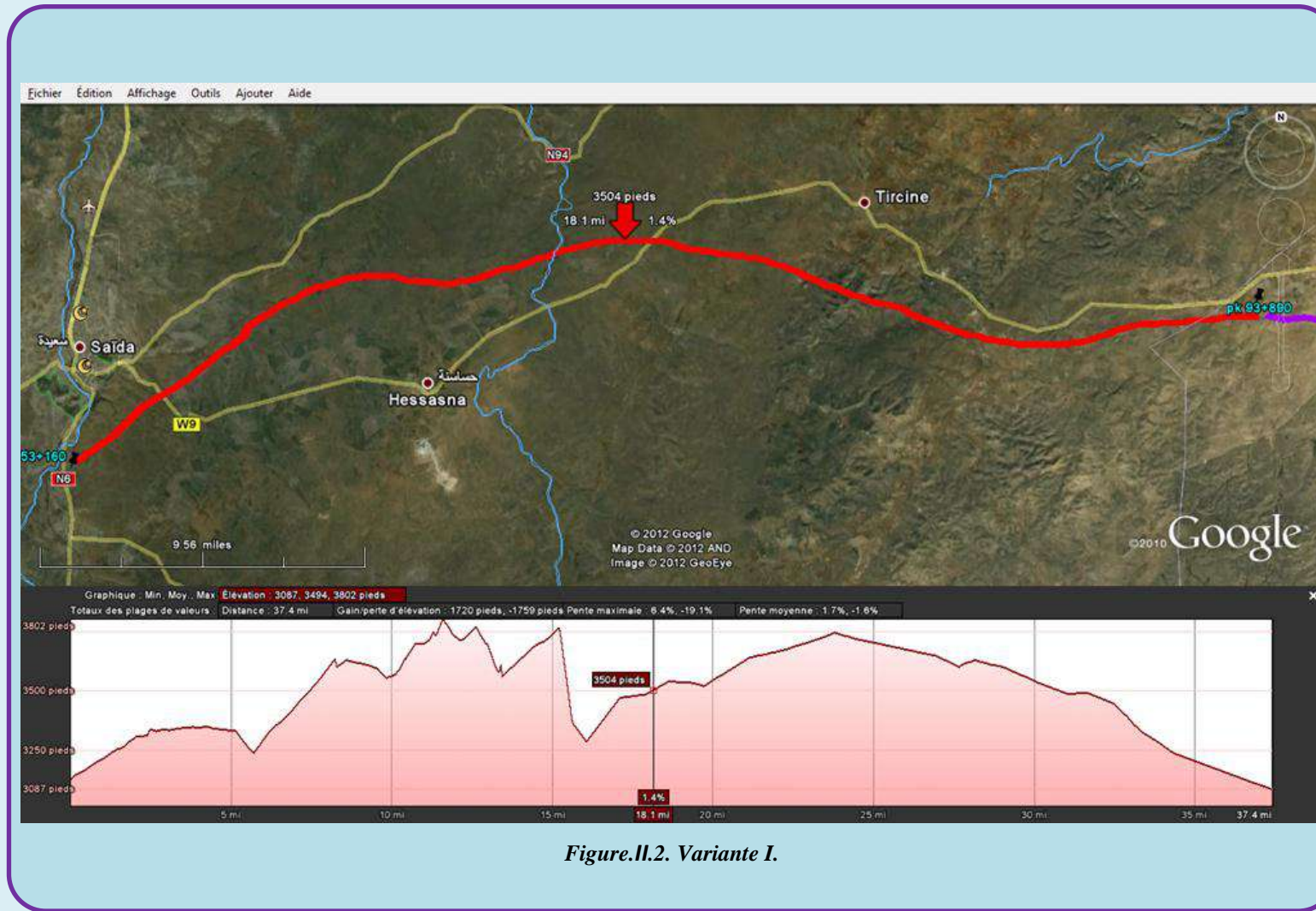


Figure.II.1. Carte synoptique représentative de notre projet.

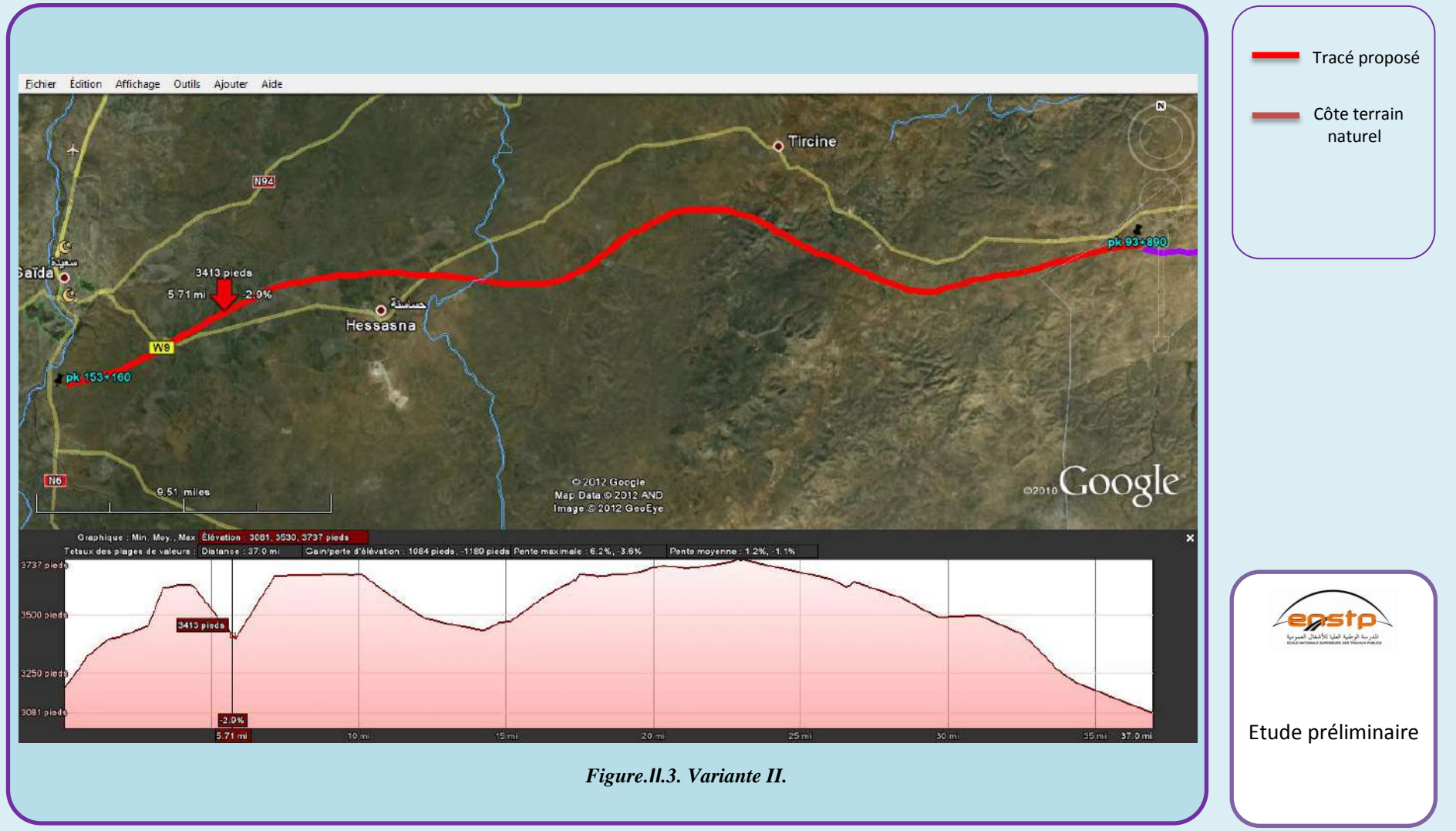
II. PRESENTATION DES ITINERAIRES PROPOSEES :

A ce stade d'étude, les variantes ont été projetés à l'aide de logiciel Google Earth et sont représentées comme suit :

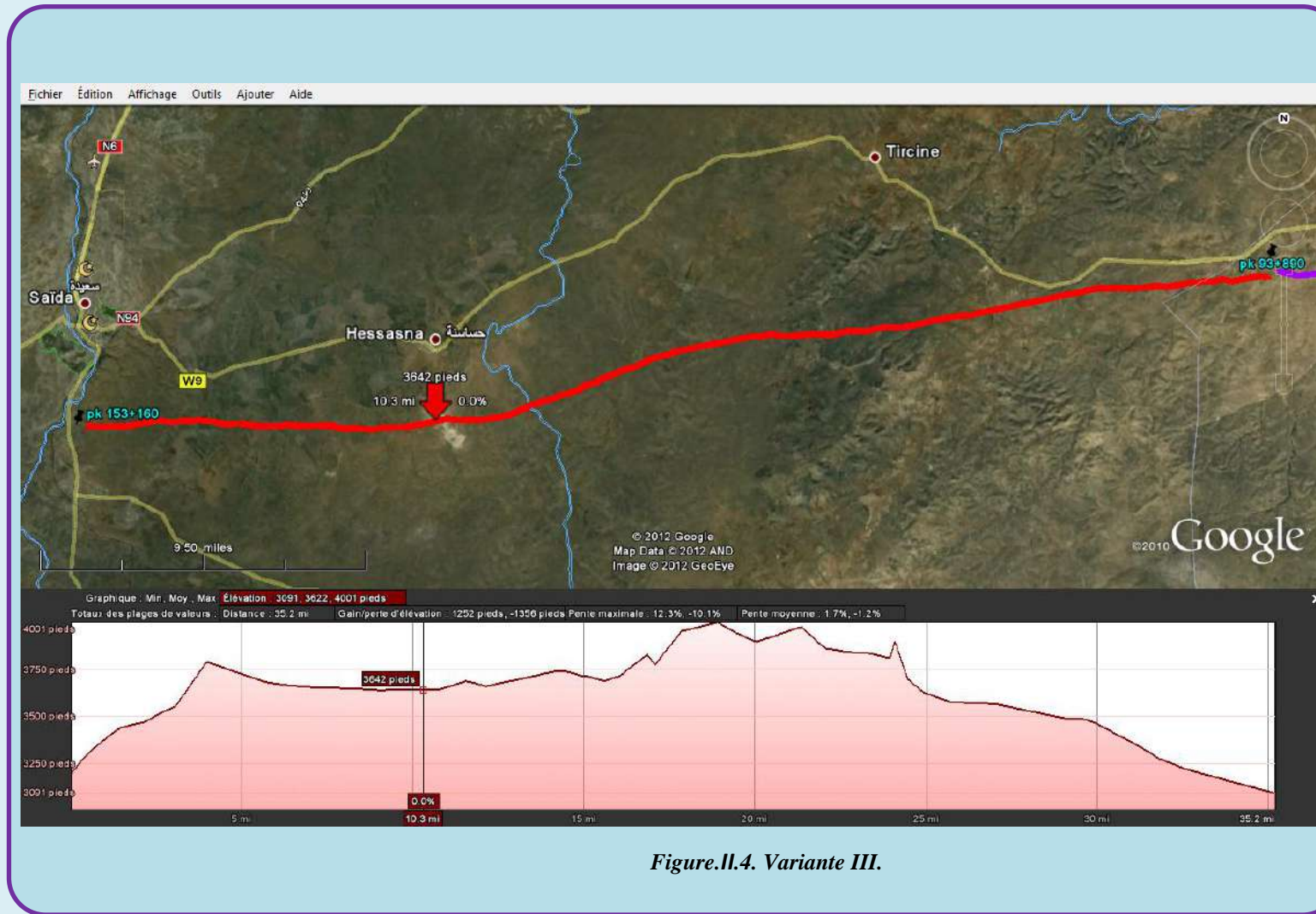
PRESENTATION DES ITINERAIRES PROPOSEES



PRESENTATION DES ITINERAIRES PROPOSEES



PRESENTATION DES ITINERAIRES PROPOSEES



PRESENTATION DES ITINERAIRES PROPOSEES

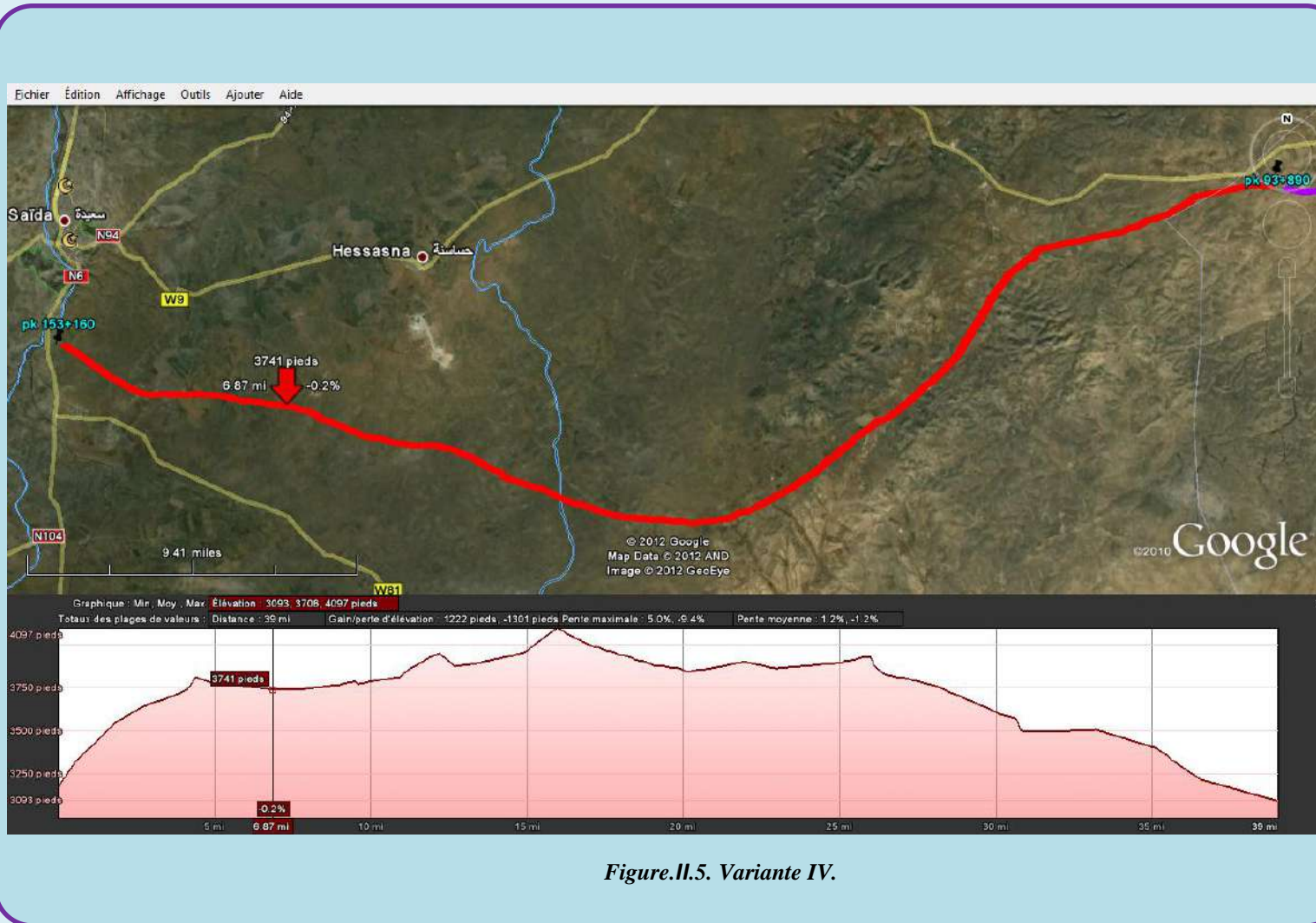




Figure.II.5. Variante IV.

 Tracé proposé
 Côte terrain naturel



Etude préliminaire

ETUDE PRELIMINAIRE

On se base pour le choix des variantes favorables, sur les critères qui suivent :

- La nature des terrains traversés ;
- La longueur du tracé ;
- Développements des régions (desserte et désenclavements)⁽¹⁾ ;
- Structuration de l'espace⁽²⁾.

Tableau.II.1. Tableau comparative entre les variantes proposées.

variantes	La nature des terrains traversés	La longueur du tracé	Développements des régions	Structuration de l'espace.
I				
II				
III				
IV				
	favorable			
	neutre			
	défavorable			

III. EVALUATION DES VARIANTES :

Malgré les terrains accidentés et les grandes longueurs, les variantes I et II servent à relier les zones de Hassasna et Tircine, contrairement à la variante IV qui a un terrain presque plat relativement et n'intervient dans aucun développement régional. La plus courte variante qui a un terrain vallonné est trop éloignée par rapport à la commune de Tircine et a une dénivelée très grande.

(1) : pour la desserte équilibrée du territoire et pour le désenclavement de zones jusqu'ici mal desservies. Ils s'inscrivent dans le cadre du plan directeur national qui définit un réseau assurant à la fois la continuité et l'armature structurant des grandes liaisons d'aménagement du territoire (loi n°2001-20 du Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire, p.15).

(2) : Les infrastructures induisent un effet de polarisation dans l'espace, autour des échanges, le long de l'axe dans les zones périurbains et autour des centres économiques. Cet effet se traduit par l'implantation de plateformes logistique, l'implantation d'activités et de projet d'aménagement.

Le chemin de fer augmente l'aire d'influence de grandes agglomération, la population va pouvoir grâce à la voie ferrée, s'installé dans des zones plus éloigné de leur lieux de travail là où la pression foncière et moins élevée et où l'environnement peut être plus agréable (effet de desserrement). Le contraire est aussi juste ou les entreprises qui vont s'implanter dans les grandes agglomérations et proposer leur produit à d'autres zones.

ETUDE PRELIMINAIRE

CONCLUSION :

Dans cette phase d'étude (étude préliminaire), le but est la recherche du couloir du passage.

En se basant sur les critères cités plus haut pour le choix des variantes, on opte pour les variantes I et II avec lesquelles nous allons faire l'étude d'avant-projet sommaire APS.

CHAPITRE III

AVANT PROJET SOMMAIRE

AVANT PROJET SOMMAIRE

INTRODUCTION

Les variantes retenues (I et II) à l'issue de la phase préliminaire seront étudiées sur des cartes topographiques, dont l'échelle est en fonction de la complexité du relief et de l'occupation au sol; afin de faire une comparaison multicritères entre eux pour retenir la meilleure techniquement et économiquement justifiée pour l'étude APD.

L'étude d'avant-projet sommaire de notre projet se caractérise par trois parties :

- Une partie géométrique qui contient le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.
- Une deuxième partie qui contient l'étude géologique et géotechnique et le dimensionnement de corps de chaussée.
- Partie impact sur l'environnement.

I. CARACTERISTIQUES DE BASE DU PROJET :

I.1. TRAFIC :

Cette ligne nouvelle Tiaret / Saïda est conçue pour un trafic mixte « trafic voyageurs et trafic marchandises ».

- Pour une vitesse maximale de train de voyageurs 160 km/h ;
- Pour une vitesse maximale de train de marchandises 100 km/h.

I.2. CARACTERISTIQUES DES RAILS :

- Rail UIC 60 ;
- A un écartement standard de 1435 mm entre les deux files de rails ;
- Rails assemblés par soudage (LRS).

I.3. TRAVERSES :

On distingue deux types de traverses :

- Pour les voies et gares : des traverses en béton bi-blocs ;
- Pour les appareils de voies : des traverses en bois.

I.4. GABARIT ET EMPATTEMENT DIVERS :

Les lignes de chemin de fer sont bordées d'obstacles : ouvrages d'art, quais, installations fixes des gares etc.

AVANT PROJET SOMMAIRE

Le gabarit est la section droite à l'intérieur de laquelle doivent se maintenir en toutes circonstances les véhicules et leurs chargements, afin d'éviter tous risques de choc avec des obstacles fixes ou des trains croiseurs.

On distingue :

1. **Le gabarit du matériel roulant** : *statique*, qui définit la section droite d'un véhicule à l'arrêt, et *cinématique*, qui tient compte des déplacements réels des véhicules et comporte donc une marge de sécurité;
 - Le gabarit à dégager est le gabarit GC de l'UIC. (voir Figure.III.1)

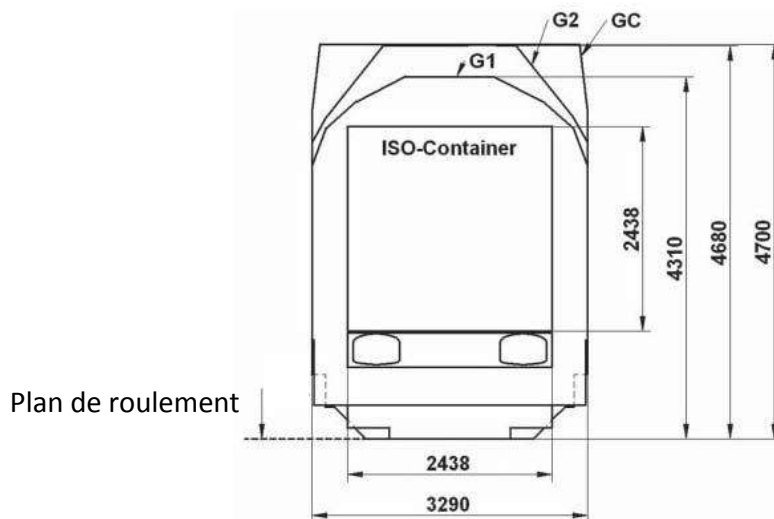


Figure.III.1. Le gabarit GC.

2. **Le gabarit d'obstacle** : qui se déduit des précédents par l'adjonction d'une marge de sécurité, dont la largeur facilite la circulation des chargements exceptionnels. L'augmentation des vitesses conduit à agrandir cette marge pour amortir les ondes de choc produites par le croisement de deux convois.
 - Le tracé final sera clôturé sur toute sa longueur, or des passages ont été prévus.

I.5. ENTRAXE DES VOIES :

Comme on l'a vu plus haut, la voie sera posée sur plateforme d'une voie, une extension pour une deuxième voie et une électrification sont programmées ultérieurement.

L'entraxe des voies est de 4,20 m (sans obstacles dans l'entrevoie), la voie unique étant réalisée à son emplacement définitif. L'axe de la deuxième voie sera placé ultérieurement à 4,20 m de l'axe de la voie unique.

AVANT PROJET SOMMAIRE

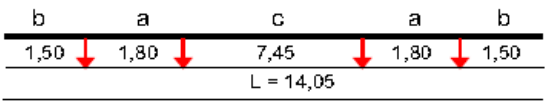
I.6. MASSE AUTORISEE PAR ESSIEU :

Les catégories de lignes représentent la capacité de charge verticale statique maximale d'une ligne ou d'une section de ligne en exploitation normale.

La répartition de modèle de charge (wagon-type) tient compte de 3 critères :

- la masse par essieu ;
- la masse par unité de longueur ;
- les caractéristiques géométriques.

Tableau.III.1. Répartition de modèle de charge.

Catégorie	Masse par essieu longueur	Masse par unité de longueur	Caractéristiques géométriques
D3	P = 22,5 t	p = 7,2 t/m	

a = écartement des essieux des bogies

b = distance entre l'extrémité de l'essieu et l'extrémité du tampon le plus proche

c = distance entre les 2 essieux intérieurs

L = longueur hors tampons

I.7. TRAIN TYPE POUR LE CALCUL DES PONTS :

Il s'agit du (train type) minimum sur lequel doivent se fonder les calculs des ouvrages sous rail (voir figure.III.2), on outre il doit tenir en compte de l'évolution future vers des charges à l'essieu et des poids complets du train plus élevés (figure.III.3).

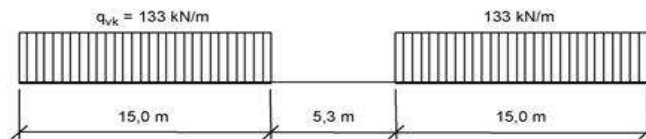


Figure.III.2. Model de charge 71

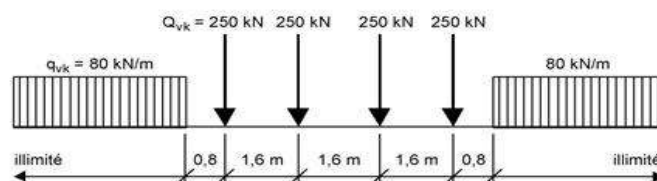


Figure.III.3. Model de charge SW/0.

AVANT PROJET SOMMAIRE

I.8. VITESSE REGLEMENTAIRES :

I.8.1. VITESSE MAXIMALES DE FRANCHISSEMENT DES COURBES EN PLAN :

La vitesse en courbe est en fonction du rayon R , de la courbe et du dévers d , après développement et pour une accélération latérale maximale n'engendrant pas l'inconfort,

$$V(Rmax) = 4.8 * \sqrt{R}$$

En réalité cette vitesse peut augmenter jusqu'à $Vmax = 5.5 * \sqrt{R}$ sans toutefois diminuer les caractéristiques de confort, soit en augmentant $Dmax$ sans dépasser la limite de l'excès de devers, soit en récurant à des véhicules pendulaires à caisse inclinable par rapport au plan de la voie.

I.8.2. VITESSE MINIMALE DE DEFINITION :

Cette vitesse détermine le choix des caractéristiques géométriques des sections (rayon de courbe et dévers), des installations de sécurité (distances de freinage) et des coefficients de freinage du matériel roulant.

La vitesse des trains de voyageurs est de l'ordre de 160 km/h, tandis que les trains de marchandises est de 100km/h.

Pour ces vitesses de projet, les paramètres du tracé adaptés communicant à une catégorie de trafic sont représentés dans la figure suivante :

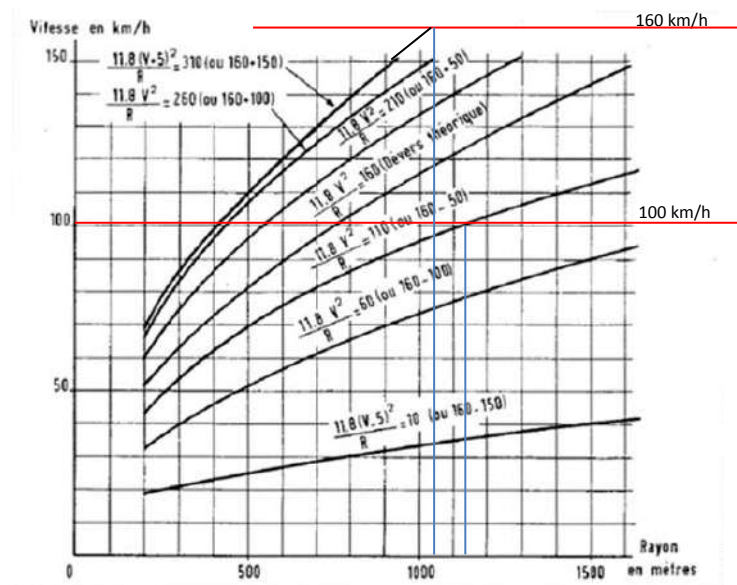


Figure.III.4. Vitesse minimale de définition.

AVANT PROJET SOMMAIRE

II. ETUDE GEOMETRIQUE :

Comme on a vu plus haut, l'étude géométrique de notre projet se résume dans trois étapes, le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers

II.1. TRACE EN PLAN :

Le tracé de l'axe des voies ferroviaires est composé de lignes droites raccordées par des cercles. Contrairement au tracés des routes, il est favorable que les chemins de fer soient tracés avec le plus d'alignement possible et avec des courbes circulaires de très grands rayons (plusieurs milliers de mètres), tout en assurant les conditions de confort et de sécurité.

Le passage d'un alignement à une courbe ne peut s'effectuer de façon instantanée, une variation progressive est nécessaire tant pour le confort des voyageurs et l'inscription des wagons dont l'inertie est importante dans les courbes.

Afin d'obtenir une vitesse régulière sur un tronçon de ligne, il est nécessaire d'établir un tracé dont les caractéristiques géométriques soient homogènes. Pour cela, l'adaptation au terrain est un des critères majeurs du tracé, cela veut dire que les éléments du tracé doivent être dans tous les cas à l'échelle des grandes lignes du terrain.

II.1.1. PARAMETRES FONDAMENTAUX :

Les fréquents changements du tracé (alignement, courbe de raccordement, courbe circulaire), ainsi que les éléments géométriques de courte longueur influencent négativement la marche des véhicules et le confort des usagers tout en compliquant l'entretien de la voie. L'alignement favorise l'exploitation; la résistance à l'avancement y est minimale et la vitesse de circulation homogène.

Les rayons minimaux des courbes circulaires sont essentiellement imposés par la vitesse de circulation des véhicules ou plutôt par la force centrifuge qui lui est liée. Toutefois, l'inscription des véhicules en courbe, la résistance locale et la stabilité en courbe peuvent également dicter le choix du rayon minimum des courbes.

II.1.1.1. VEHICULES EN COURBE :

Lorsqu'un véhicule circule à une vitesse uniforme en courbe de rayon R constant, il subit la poussée vers l'extérieur. La force qui le sollicite transversalement a pour valeur,

$$F = \frac{M * V^2}{R} = M * ac \quad (N)$$

AVANT PROJET SOMMAIRE

Avec F la force centrifuge en Newton (N); M la masse en gramme (g); V la vitesse en (m/s) et ac l'accélération en (m/s²).

Si on exprime V en (Km/h); l'accélération centrifuge ac devient,

$$ac = \frac{V^2}{R} = \frac{V^2}{3.62} = \frac{V^2}{12.96R} \quad (m/s^2)$$

La figure suivante montre la section transversale d'une voie en courbe, le rail K est à un niveau plus élevé que le rail L, la différence de niveau D , est en réalité, le dévers.

S étant l'axe central de la voie.

Le centre de gravité G (toute la masse étant supposée concentrée en un point vu que le rapport entre le rayon des courbes et les dimensions des véhicules est important), subit les accélérations suivantes :

- L'accélération verticale due à la pesanteur $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.
- L'accélération centrifuge $ac = \frac{v^2}{12.96R}$.

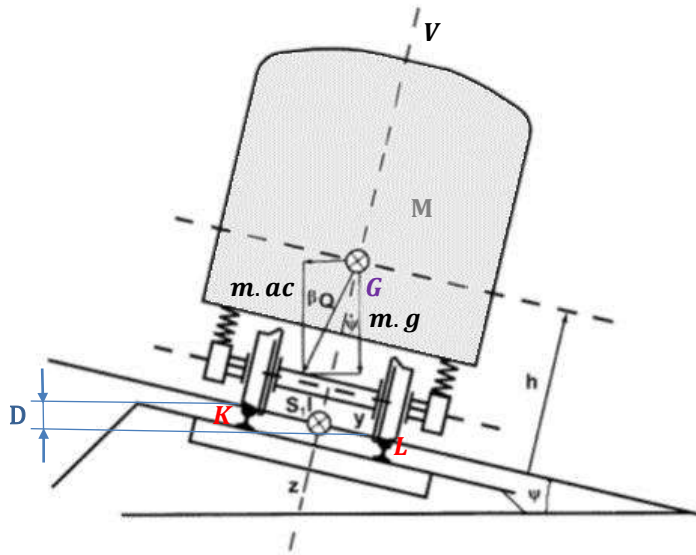


Figure.III.5. Section transversale de la voie et du véhicule dans une courbe.

Le vecteur β_Q représente l'accélération totale.

La résultante est exprimée comme suite, (développement en Annexe),

AVANT PROJET SOMMAIRE

$$p = ac - g * \frac{d}{e} = \frac{V^2}{12.96R} - 9.81 \frac{d}{2} \quad (m/s^2)$$

p : L'accélération latérale.

R : Rayon en mètre.

d : Dévers en mm.

e : Entre axe des rails.

L'accélération latérale influence grandement le confort du voyageur qui la ressent directement comme un effort le poussant contre la paroi du véhicule, l'arrimage des marchandises dans les wagons et est une cause de l'usure latérale des rails (excentricité du poids).

De plus, elle influence directement sur la condition de sécurité en favorisant le déraillement du train.

Des expériences en vraie grandeur ont montrés que l'accélération latérale maximale n'engendrant pas l'inconfort du voyageur se situe dans l'intervalle,

$$0.6 m/s^2 \leq p_{max} \leq 0.9 m/s^2$$

II.1.1.2. DEVERS :

Le dévers doit être déterminé en tenant compte des considérations suivantes :

- Un excès de devers dans les courbes de faible rayon augmente le risque de déraillement des wagons de fret.
- Un dévers dépassant 160 mm peut causer des déplacements de chargement, conduire a une deterioration du confort de voyageur, un blocage des wagons en cas d'arrêt inopiné, et une instabilité des engins de travaux et certain chargement a haut centre de gravité.

II.1.1.2.1. DEVERS THEORIQUES d_{th} :

Le dévers théorique correspondant à une vitesse V et un rayon R , est par définition le dévers qui rend nulle l'accélération latérale subie par un véhicule roulant dans une courbe.

Si $p = 0$, on aura,

$$d_{th} = \frac{e * V^2}{127,1 * R} \quad (m)$$

Avec V en (Km/h) et h en m. La valeur de D_{th} devient en mm,

AVANT PROJET SOMMAIRE

$$d_{th} = 11,8 \frac{V^2}{R} \quad (mm)$$

II.1.1.2.2. DEVERS MINIMUM :

La valeur minimale admissible du dévers est obtenue par l'équation suivante,

$$d_{min} = 11,8 \frac{V_{min}^2}{R} - I_{max} \quad (mm)$$

II.1.1.2.3. DEVERS MAXIMAL :

Le dévers maximal est donnée par :

$$d_{max} = 11,8 \frac{V_{max}^2}{R} + E_{max} \quad (mm)$$

II.1.1.2.4. DEVERS PRESCRIT D_p :

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 fret. Ce dévers donné à la voie est appelé dévers prescrit, dévers normal, dévers réel ou dévers pratique.

II.1.1.2.5. COEFFICIENT DE DEVERS C :

Le coefficient de dévers exprime la proportionnalité entre le dévers prescrit et la courbure,

$$d_p = \frac{1000 * C}{R} \quad (mm)$$

La valeur optimale du coefficient de devers étant de l'ordre de,

$$C = \frac{R_{min} * d(R_{min})}{R}$$

II.1.1.3. RAYON :

Le rayon de courbe minimum admissible pour une insuffisance de devers fixée à 100 mm ⁽¹⁾,

$$R_{min} = 11,8 \frac{V_{max}^2}{d(R_{min}) + 100} \quad (m)$$

Le rayon de courbe minimum pouvant être circulé à la vitesse minimale avec un excès de devers fixée à 70 mm ⁽¹⁾,

(1): Selon le standard UIC 703(Catégorie II/Valeur à ne dépasser pour les conditions normales).

AVANT PROJET SOMMAIRE

$$R_{min} = 11,8 \frac{V^2_{min}}{d(R_{min}) - 70} \quad (m)$$

Avec,

$$d(R_{min}) = 11,8 \frac{V^2_{max} * E_{max} + V^2_{min} * I_{max}}{V^2_{max} - V^2_{min}} \quad (m)$$

D'où le rayon de courbe minimum doit être déterminé de telle sorte,

$$\frac{11,8 * V_{min}^2}{d(R_{min}) + 100} \leq R \leq \frac{11,8 * V_{max}^2}{d(R_{min}) - 70} \quad (m)$$

L'insuffisance et l'excès de dévers forment une fourchette indiquant les possibilités de dévers à effectuer en pleine courbe. On cherchera à se rapprocher soit de la limite supérieure, ou de la limite l'inférieure, selon l'importance relative des trafics voyageurs et marchandises et la dispersion des vitesses.

Le dévers est déterminé pour respecter les valeurs limites d'insuffisance de dévers (100mm), et excès de dévers (70mm), soit,

$$11,8 \frac{V^2_{min}}{R} - 100 < dp < 11,8 \frac{V^2_{max}}{R} + 70 \quad (mm)$$

II.1.1.4. GAUCHE NOMINAL :

Il est impossible de donner le dévers d'un seul coup au point de tangente d'un alignement avec une courbe circulaire, on surlève progressivement la file extérieur par rapport à la file intérieure, figure suivante,

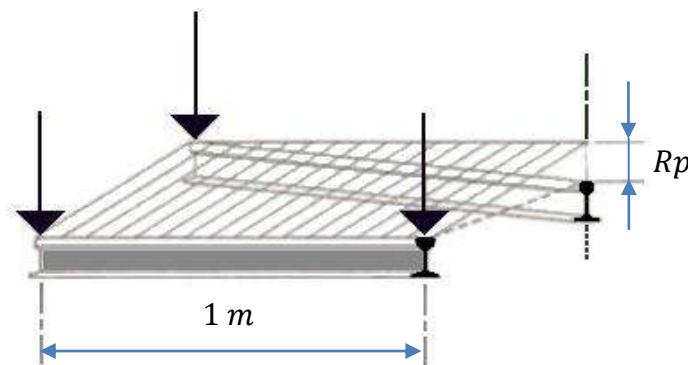


Figure.III.6. Illustration du gauche R_p .

La variation du dévers par unité de longueur $\frac{\Delta d}{\Delta L} = R_p$ s'appelle le *gauche nominal* et s'exprime en (mm/m) ou 1/1000.

(1): Selon le standard UIC 703(Catégorie II/Valeur à ne dépasser pour les conditions normales).

AVANT PROJET SOMMAIRE

Selon l'UIC, le gauchage maximal admissible est donné en fonction de la vitesse V par,

$$Rp < \frac{180}{V_{max}} \text{ mm/m (120mm)}$$

Et exceptionnellement,

$$Rp < \frac{216}{V_{max}} < 4 \text{ mm/m (150mm)}$$

Pour la SNTF, on détermine les valeurs du gauchage maximal selon le tableau suivant :

Tableau.III.2. Valeurs du gauchage maximal (SNTF).

V (km/h)	$\frac{\Delta d}{\Delta L}$	$\frac{\Delta d}{\Delta L}$ Exceptionnelle
>100	<1	<1,5
>80 <100	<1.5	<2

La longueur minimal de la rampe de devers est,

$$L_{min} = \frac{dp * V_{max}}{180} \quad (m)$$

Exceptionnellement,

$$L_{min} = \frac{dp * V_{max}}{216} \quad (m)$$

V Etant en (Km/h) et dp en (mm).

De plus, la longueur de la rampe de dévers doit être telle que,

$$30 \leq 0.4 V_{max} \leq L \quad \cap \quad L < \frac{R}{4}$$

II.1.1.5. COURBE DE RACCORDEMENT :

Le raccordement introduit entre un alignement et un arc de cercle doit, en définitive posséder les propriétés suivantes,

- Etre tangent à l'alignement et l'arc de cercle.
- Présenter en point de tangence à l'alignement une courbure nulle,
- Présenter au point de tangence à l'arc de cercle de rayon R une courbure égale à, $\frac{1}{R}$.
- Avoir entre ces deux points de tangence, une courbure progressive.
- Le raccordement doit ainsi être osculateur à l'alignement et à l'arc de cercle.

AVANT PROJET SOMMAIRE

On distingue différentes manières afin de répondre à ces exigences (voir annexe), La clothoïde est utilisée comme courbe de transition, dont l'équation s'écrit comme $R.L = A^2$, A étant le paramètre de la clothoïde (Figure.III.8), R Le rayon du raccordement circulaire et la longueur de la clothoïde.

Le volet précédent montre que, le dévers varie linéairement le long du raccordement, il suffit pour obtenir une variation régulière d'intercalé entre l'alignement et le cercle une courbe dont la courbure à $\frac{1}{\rho}$ varie suivant la loi de 0 à l'origine de la courbe, à $\frac{1}{R}$ au point de contact avec la courbe circulaire. Le dévers de pleine courbe se calcule avec le coefficient C de la section de ligne. L'insuffisance (Figure.III.7) ou l'excès de devers est alors appliqué progressivement aux véhicules et aux voyageurs jusqu'à atteindre la valeur prévue en pleine courbe. La longueur de raccordement est donnée par,

$$2\gamma = \frac{dp}{Rp}$$

dp : Devers en pleine courbe.

Rp : Gauche dans le raccordement.

Pour assurer la proportionnalité, le taux de courbure doit être,

$$k = \frac{1}{\rho R}$$

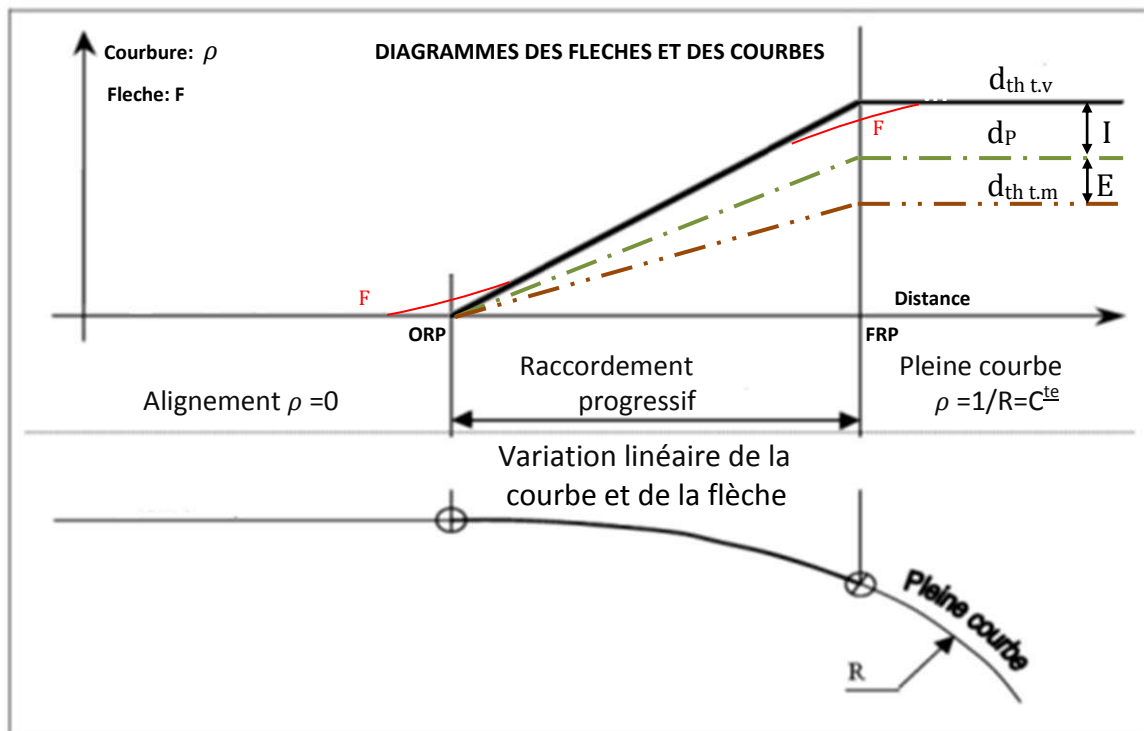


Figure.III.7. Raccordement d'entrée en courbe.

AVANT PROJET SOMMAIRE

II.1.4. APPLICATION AUX 2 VARIANTES RETENUES :

Vitesse des trains rapides $V_R = 160$ km/h

Vitesse des trains lents $V_L = 100$ km/h

$E_{max} = 70$ mm

$I_{normale} = 100$ mm

- **Rayon minimale :**

$$R_{min} = \frac{11.8V^2_{max}}{(d(R_{min}) + I_{max})}$$

$$\text{Avec } \begin{cases} d(R_{min}) = 120 \text{ mm} \\ I_{max} = 100 \text{ mm} \end{cases}$$

A.N :

$$R_{min} = \frac{11.8 * (160)^2}{(120 + 100)} \rightarrow R_{min} = 1373 \rightarrow R_{min} = 1400 \text{ m.}$$

- **Coefficient de dévers :**

Cette valeur doit se rendre à un multiple de 15 le plus proche.

Alors :

$$C = \frac{1400 * 120}{1000}$$

$$C = 168 \rightarrow C = 12 * 15 = 180$$

- **Calcul de L :** (longueur de la clothoïde)

D'après le tableau de fichier (UIC 703 R), On a :

$$\frac{dd}{dt} = 28$$

$$\frac{dd}{dt} = \frac{d * V_{max}}{3.6 * L} \leq \left(\frac{dd}{dt}\right) \rightarrow L \geq \frac{d * V_{max}}{3.6 * \left(\frac{dd}{dt}\right)} = 1.4 * d$$

II.1.4.1. PRESENTATION DES TRACES :

Les tracés pris en phase d'APS sont représentées dans les pages qui suivent.

AVANT PROJET SOMMAIRE

AVANT PROJET SOMMAIRE

AVANT PROJET SOMMAIRE

II.1.4.2. CALCUL D'AXE :

Pour calculer l'axe, on détermine tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît les coordonnées (point départ), pour atteindre un deuxième point (point d'arrivée).

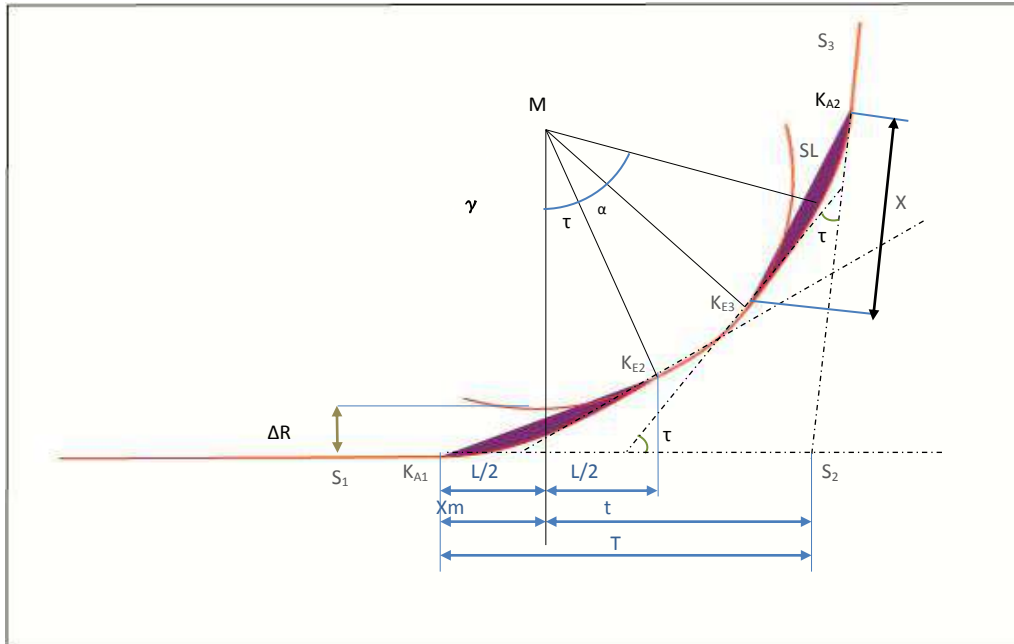


Figure.III.8. Les éléments de la clothoïde.

Tableau. III.3. Les éléments de la clothoïde.

PARAMETRES	DISCRIPTIONS
ΔR	Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage).
σ	Angle polaire (angle de corde avec la tangente).
L	longueur de la branche de la clothoïde.
X_m	Abscisse du centre du cercle.
K_E	Extrémité de la clothoïde.
A	Paramètre de la clothoïde.
K_A	Origine de la clothoïde.
τ	Angle des tangentes.
S_L	Corde (KA – KE).
M	Centre de cercle.
X	Abscisse de KE.
Y	Origine de KE.
t	tangente courte.

AVANT PROJET SOMMAIRE

➤ DETERMINATION PRATIQUES DU TRACE EN PLAN :

La liaison prise comme exemple de calcul manuel se trouve dans la première variante. Les coordonnées des sommets sont :

$$S1(X_1=247557,939, Y_1=3859661,741) \text{ « PK149+169 »}$$

$$S2(X_2=248260,750, Y_2=3859843,845)$$

$$S3(X_3=247923,834, Y_3=3859687,201)$$

Rayon R = 1500 m et V = 160 km/h

• CALCUL DES GISEMENTS :

$$|\Delta X| = |X_{S2} - X_{S1}| = 702,811; |\Delta X1| = |X_{S3} - X_{S2}| = 336,916$$

$$|\Delta Y| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = 182,104; |\Delta Y1| = |Y_{S3} - Y_{S2}| = 156,644$$

$$\overline{S2S1} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = 725,02\text{m.}$$

$$\overline{S3S2} = \sqrt{(\Delta X1^2 + \Delta Y1^2)} = 371.55\text{m.}$$

D'où:

$$G_{s1}^{s2} = 100 + \arctan \frac{|\Delta Y|}{|\Delta X|} = 116.14 \text{ gr}$$

$$G_{s2}^{s3} = 100 + \arctan \frac{|\Delta Y1|}{|\Delta X1|} = 127.70 \text{ gr}$$

• CALCUL DE L'ANGLE γ :

$$\gamma = |G_{s1}^{s2} - G_{s0}^{s1}| = 11.55 \text{ gr}$$

• CALCUL DE L'ANGLE τ :

D'après le tableau de fiche (UIC 703 R), On a :

$$dD/dt = [D \cdot V_{\max} / 3.6 \cdot L] \leq (dD/dt)_{\text{rec}}, L \geq d \cdot V_{\max} / 3.6 \cdot (dD/dt)_{\text{rec}}$$

(dD/dt) rec = 28 (cas normal),

L = 1.269D (pour le cas normal)

$$L = 97.45\text{m.}$$

$$\tau = \frac{L \times 200}{2R \times \pi} = \frac{97.45 \times 200}{2 * 2000 \times \pi} = 1.55$$

• VERIFICATION DE NON CHEVAUCHEMENT :

AVANT PROJET SOMMAIRE

$$\tau = 1.55 \text{ gr}$$

$$\frac{Y}{2} = 5.77 \text{ gr} > \tau . \text{ Vérifié}$$

• **CARACTERISTIQUE DE LA COURBE DE RACCORDEMENT :**

On a : $\frac{L}{R} = 0.04$; D'après le tableau de clothoïde on tire les valeurs suivantes,

$$\frac{|\Delta R|}{R} = 0.000099 \Rightarrow \Delta R = 0.198\text{m} ; \frac{X_m}{R} = 0.0244 \Rightarrow X_m = 48.8\text{m}$$

$$\frac{X}{R} = 0.0488 \Rightarrow X = 97.6\text{m} ; \frac{Y}{R} = 0.00398 \Rightarrow Y = 0.796\text{m}$$

$$T = X_m + (R + \Delta R) \tan\left(\frac{Y}{2}\right) (\text{m}) = 48.8 + (2000 + 0.198) \tan\left(\frac{11.54}{2}\right) = 230.83 \text{ m}$$

• **CALCUL DE LA CORDE S_L :**

$$S_L = \sqrt{(X^2 + Y^2)} = \sqrt{(97.6^2 + 0.796^2)} = 97.60\text{m}$$

• **CALCUL DE σ :**

$$\sigma = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) = \arctan\left(\frac{0.796}{97.6}\right) = 0.51 \text{ gr}$$

• **CALCUL DE L'ARC :**

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{\pi * R * (\gamma - 2\tau)}{200} = \frac{\pi * 2000 * (10.55 - 2 * 1.55)}{200} = 265.33$$

• **CALCUL DES COORDONNEES DES POINTS SINGULIERS :**

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + \overline{(S_2 S_1 - T)} \times \sin(200 - G_{S1}^{S2}) = 248037,129 \\ Y_{KA1} = Y_{S1} - \overline{(S_2 S_1 - T)} \times \cos(200 - G_{S1}^{S2}) = 3859537,581 \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin(200 - \sigma - G_{S1}^{S2}) = 248062,359 \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} - S_L \times \cos(200 - \sigma - G_{S1}^{S2}) = 3859631,8619 \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \times \cos(200 - G_{S2}^{S3}) = 248357,69 \\ Y_{KA2} = Y_{S2} - T \times \sin(200 - G_{S2}^{S3}) = 3859746,898 \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \cos(G_{S1}^{S2} - \sigma - 100) = 248268,86 \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \sin(G_{S1}^{S2} - \sigma - 100) = 3859787,318 \end{cases}$$

• **CALCUL DE POINT KILOMETRIQUE DES POINTS SINGULIERS :**

$$PK_{A1} = PK_{S1} + \overline{(S_2 S_1 - T)} = 146+929$$

AVANT PROJET SOMMAIRE

$$PK_{E1} = PK_{KA1} + L = 147+026$$

$$PK_{E2} = PK_{KE1} + \widehat{K_{E1}K_{E2}} = 147+291$$

$$PK_{A2} = PK_{E1+} + L = 147+389$$

II.1.4.3. DETERMINATION PRATIQUE DU TRACE :

Tableau.III.4. Tableau récapitulatif des dévers et vérification de l'insuffisance.

C = 180							
Rayon (m)	$d_p=1000C/R$	Trains Voyageurs (160 km/h)		Trains Marchandises (80 km/h)		L(m)	$A(m)=\sqrt{R_i \cdot L_i}$
		D_{thv}	I	D_{thm}	E		
15000.0000	12	20.13	8.13	5.03	6.97	Ne nécessite pas de dévers	
10000.0000	18	30.20	12.2	7.75	10.25	Ne nécessite pas de dévers	
8500.0000	21.17	35.53	14.36	8.88	12.29	30	504.975
7500.000	24	40.27	16.27	10.06	13.94	34	504.975
5500.0000	32.72	54.92	22.2	13.73	18.99	46	502.991
5000.0000	36	60.41	24.41	15.10	20.9	51	504.975
2000.0000	90	151.04	61.04	37.76	52.24	126	501.996
1500.0000	120	201.38	81.38	50.34	69.66	168	501.996
1000.0000	180	302.08	122.08	75.52	104.48	252	501.996

AVANT PROJET SOMMAIRE

II.2. PROFIL EN LONG :

Le profil en long est composé de paliers et de déclivités raccordés par des courbes de très grands rayons, qui ne nécessitent généralement pas de courbes de raccordement.

II.2.1. PARAMETRES INFLUENÇANT LES DECLIVITES :

Les déclivités limites sont fonctions :

- De l'adhérence.
- Du mode de traction et des caractéristiques des véhicules (performances et résistance à l'attelage).
- Des programmes d'exploitation (trafic probable, longueur et charges des convois).
- De la longueur de la déclivité.

Lors de franchissement d'une courbe de raccordement verticale la notion du confort joue le rôle prépondérant.

II.2.1.1. L'ADHERENCE :

En chemin de fer, la sécurité des trains repose en grande partie sur le frein. En effet il est particulièrement sensible aux déclivités, le coefficient d'adhérence minimale acier-acier est de 0.10 (correspond au coefficient pneu-verglas pour une vitesse de 40km/h).

D'où la problématique qui se pose dans le freinage et qui 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 énergétique des équipements de freinage.

II.2.1.2. LE MODE DE TRACTION :

Dans un premier temps, la ligne n'est pas électrifiée. L'électrification pourra éventuellement intervenir plus tard.

Pour le transport de voyageurs, il est prévu un train rapide tracté par une locomotive diesel avec une vitesse maximale de $V_{max} = 120$ km/h, Les trains de marchandises seront configurés en traction double avec 2 locomotives diesels et avec une vitesse maximale $V_{max} = 80$ km/h.

AVANT PROJET SOMMAIRE

II.2.1.3. PROGRAMMES D'EXPLOITATION :

Dans notre projet le concept d'exploitation prévoit une capacité journalière de 62 trains/jour. Ceci permet d'avoir sur toutes les sections de la ligne une circulation de 52 trains de voyageurs (locomotive + 7 voitures), Le poids de la rame obtenue est de : $120 \text{ t} + 7 \times 40 = 400 \text{ t}$ et sa longueur est de **210 m**. Et 10 trains de marchandises (2 locomotive + 37 wagons de marchandises) avec un poids de la rame de : $2 \times 120 \text{ t} + 37 \times 40 \text{ t} = 1720 \text{ t}$ et sa longueur est de **750 m**.

II.2.2. VALEURS LIMITES DES DECLIVITES :

Comme notre projet est inscrit dans les hauts plateaux, donc le profil en long sera dans la majeure partie en remblais sauf la partie de la région qui se trouve entre l'Hassasna et Tircine.

II.2.2.1. LONGUEUR MINIMALE DES ELEMENTS DE TRACE :

La longueur minimale des éléments en plan et en profil en long est de $V/2$ (m), V étant la vitesse maximale de la voie en question en (km/h).

II.2.2.1.1. LIMITES PRATIQUE DE DECLIVITE :

L'ordre de grandeur de la déclivité pour une longueur inférieure à 3000 m, ne doit pas dépasser 16‰, et exceptionnellement 18‰. La figure.III.8, montre la déclivité admissible en fonction de la longueur de la rampe.

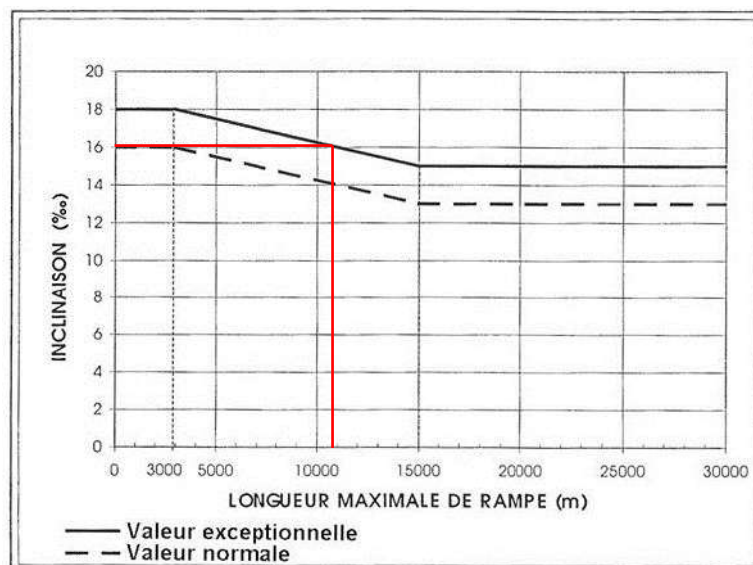


Figure.III.8. Rampe maximale admissible.

AVANT PROJET SOMMAIRE

II.2.2.2. RACCORDEMENT DE DECLIVITES :

Contrairement au cas de la route, les raccordements de déclivités ne sont pas soumis à des conditions de visibilité. Par contre le soulagement statique d'un essieu de véhicule à bogies peut, avec les effets dynamiques, compromettre la sécurité. De plus, l'inscription des châssis des véhicules de traction doit être possible et les conditions dynamiques dictées par les contraintes de confort des usages doivent être respectées.

En théorie, et par analogie avec le raccordement en plan, la courbe de raccordement devrait être constituée d'un arc de cercle et de deux clothoïdes. En fait compte tenu des grands rayons, on utilise simplement une parabole osculatrice à l'arc de cercle.

Soit R le rayon de l'arc de cercle, l'accélération centrifuge verticale, engendrée lors du franchissement de cette courbe est égale à,

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Pour restreindre la variation brutale de l'accélération verticale pour les circulations à vitesse maximale, on doit limiter le rayon minimum de ces courbes.

II.2.2.3. LONGUEUR MINIMALE DES PENTES :

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 :

Tableau.III.4. Longueur limite des pentes uniformes.

Catégorie de trafic (V en Km/h)	I Lignes à trafic mixte 80<V<120
Valeur limite recommandée(m)	V _{max} /3 > 30m
Valeur limite minimale (m)	V _{max} / 5

II.2.2.4. RAYONS MINIMAUX :

L'accélération verticale s'ajoute dans une cuvette (courbe concave) et se retranche dans un dos d'âne (courbe convexe) à l'accélération due à la pesanteur.

AVANT PROJET SOMMAIRE

Il en résulte ci-dessous les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil exprimés en mètre, à respecter,

Tableau.III.5. Limites de rayon de raccordement vertical.

Catégorie de trafic (V en Km/h)	I Lignes à trafic mixte 80<V<120	R _{min}
Valeur limite recommandée (m)	0.35V ²	9000
Valeur limite minimale (m)	0.25V ² < 2.000	2.000

L'application de ces formules permet de limiter l'accélération verticale subie par les voyageurs à :

Tableau.III.6. Limite de l'accélération verticale.

Catégorie de trafic (V en Km/h)	I Lignes à trafic mixte 80<V<120
Valeur limite recommandée(m)	0.22
Valeur limite minimale (m)	0.31

II.2.2.5. VITESSE MAXIMALE :

Tout comme les courbes, les déclivités et en particulier les pentes ont une influence sur la vitesse maximale des convois en raison de l'augmentation des distances de freinage.

La vitesse maximale admissible des convois dépend du type de frein ainsi que du rapport de freinage (rapport entre la somme des poids freins et le poids totale du train).

A l'heure actuelle, ce dernier paramètre est principalement déterminé pour les trains de marchandises.

II.2.2.6. DETERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle : $X^2 + Y^2 - 2RY = 0$ à l'équation de la parabole $X^2 - 2RY = 0 \Rightarrow Y = \frac{X^2}{2R}$

AVANT PROJET SOMMAIRE

Dans la variante II, pour les deux points A et D de coordonnées (abscisse, altitude) respectivement (106150, 1079.67) (106235, 1079.78), se situent sur les deux pentes respectivement P₁=1% P₂=0.1% et rayon de raccordement de 10.000, on détermine,

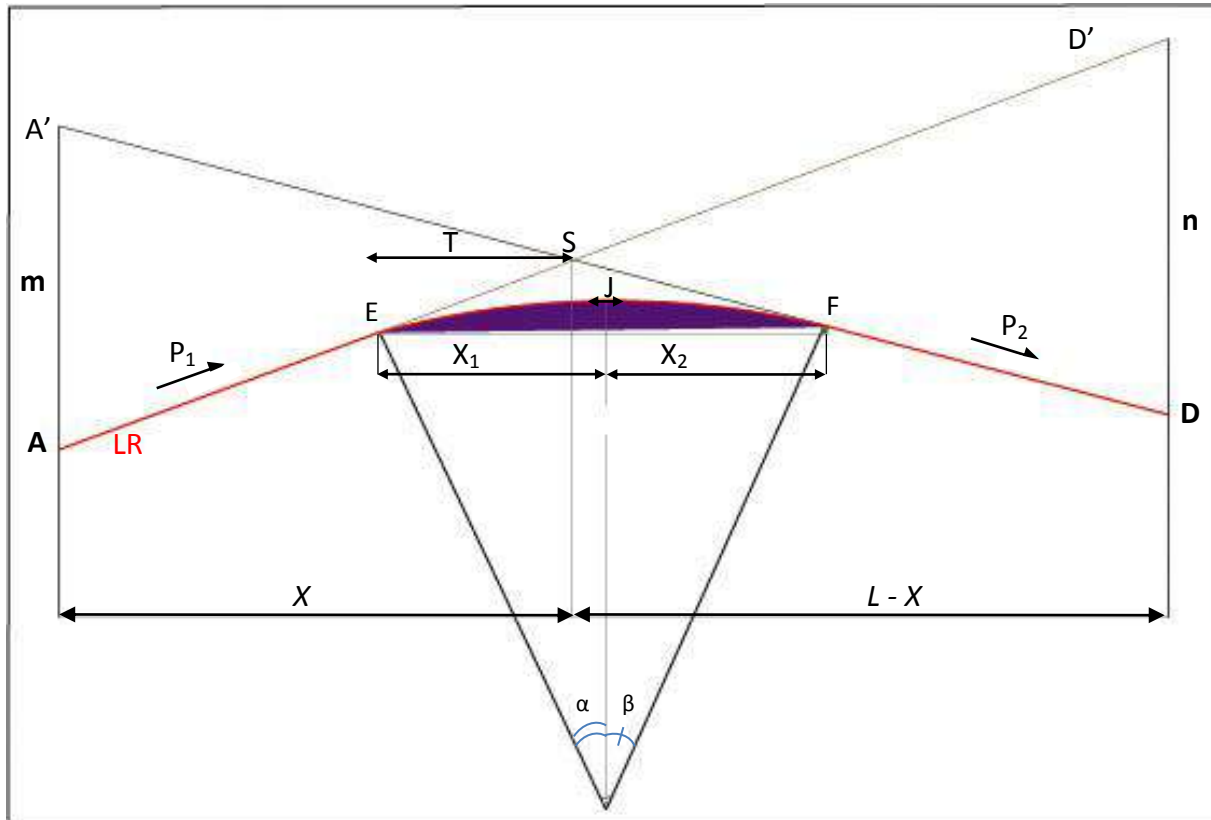


Figure.III.9. Les éléments de calcul du profil en long.

- **LA POSITION DU POINT DE RENCONTRE (s) :**

$$Z_{A'} = Z_D + L \cdot P_2 \qquad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{D'} = Z_A + L \cdot P_1 \qquad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{X}{L-X} \Rightarrow X = \frac{mL}{m+n} \text{ D'où } S = \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = Z_A + X \cdot P_1 \end{cases}$$

- **CALCUL DE LA TANGENTE :**

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes E et F

$$T = \frac{R}{2} = |P_2 - P_1|, \text{ On prend (+) pour les rampes et (-) pour les pentes.}$$

AVANT PROJET SOMMAIRE

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes E et F.

$$E = \begin{cases} X_E = X_S - T \\ Z_E = Z_S - T * P_1 \end{cases} \quad F = \begin{cases} X_F = T + X_S \\ Z_F = Z_S + T * P_2 \end{cases}$$

- **PROJECTION HORIZONTALE DE LA LONGUEUR DE RACCORDEMENT :** $LR=2T$
- **CALCUL DE LA FLECHE :**

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

- **CALCUL DE LA FLECHE ET L'ALTITUDE D'UN POINT COURANT M SUR LA COURBE**

$$M = \begin{cases} H_M = \frac{x^2}{2R} \\ Z_M = Z_E + X * P_1 - \frac{x^2}{2R} \end{cases}$$

- **CALCUL DES CORDONNEES DU SOMMET DE LA COURBE**

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$J = \begin{cases} X_J = X_E + R * P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 * P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{cases} ; \text{ Avec : } J = \begin{cases} X_1 = R * P_1 \\ X_2 = R * P_2 \end{cases}$$

Dans le cas des pentes de même sens, le point J est en dehors de la ligne de projet et n'a aucun sens. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J vers A et D.

II.2.3. APPLICATION SUR LE PROJET :

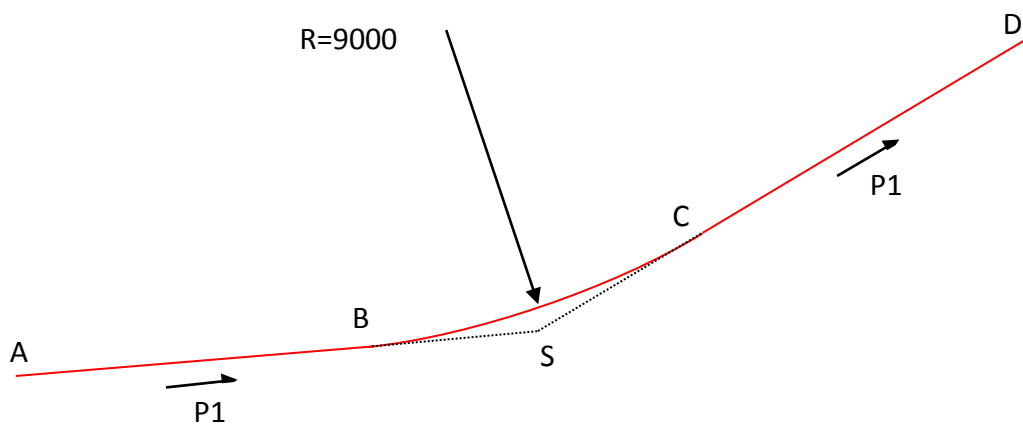


Figure.III.10. Les éléments de calcul du profil en long.

AVANT PROJET SOMMAIRE

Dans la variante I ;

$$A = \begin{cases} PK_A = 106 + 150 \\ Z_A = 1079.67 \text{ m} \end{cases} \quad S = \begin{cases} PK_S = 106 + 255 \\ Z_S = 1079.78 \end{cases} \quad D = \begin{cases} PK_D = 106 + 325 \\ Z_D = 1080.70 \end{cases}$$

- **Calcul des pentes :**

$$P_1 = 100 \times (\Delta Z_1 / \Delta PK_1) = 0.10 \%$$

$$P_2 = 100 \times (\Delta Z_2 / \Delta PK_2) = 1.02 \%$$

- **Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} |P_1 + P_2| = T = \frac{10000}{2 * 100} |0.10 + 1.02| \rightarrow T = 56 \text{ m}$$

- **Calcul des flèches :**

$$H = \frac{T^2}{2R} \rightarrow H = 0,1568 \text{ m}$$

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes**

$$C = \begin{cases} PK_C = PK_S + T = 106311 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \cdot P_2 = 1081.35 \text{ m} \end{cases}$$

$$B = \begin{cases} PK_B = PK_S - T = 106199 \text{ m} \\ Z_B = Z_S + T \cdot P_1 = 1079.72 \text{ m} \end{cases}$$

$$J = \begin{cases} PK_J = PK_B + RP_1 = 106208 \text{ m} \\ Z_J = Z_B - R \cdot P_1 \cdot P_2 + \frac{(R \cdot P_1)^2}{2R} = 1080.54 \end{cases}$$

AVANT PROJET SOMMAIRE

II.3. PROFIL EN TRAVERS :

La voie ferrée est un ensemble constitué principalement de deux poutres en acier (les rails) reposant parallèlement sur un châssis métallique, en bois ou en béton (les traverses).

La voie désigne l'ensemble des constituants assurant la circulation des trains. Elle repose sur une structure d'assise, appelée plateforme, voir figure.III.11. La grande vitesse nécessite la maîtrise de la stabilité du matériel roulant, ce qui implique une très grande qualité des infrastructures.

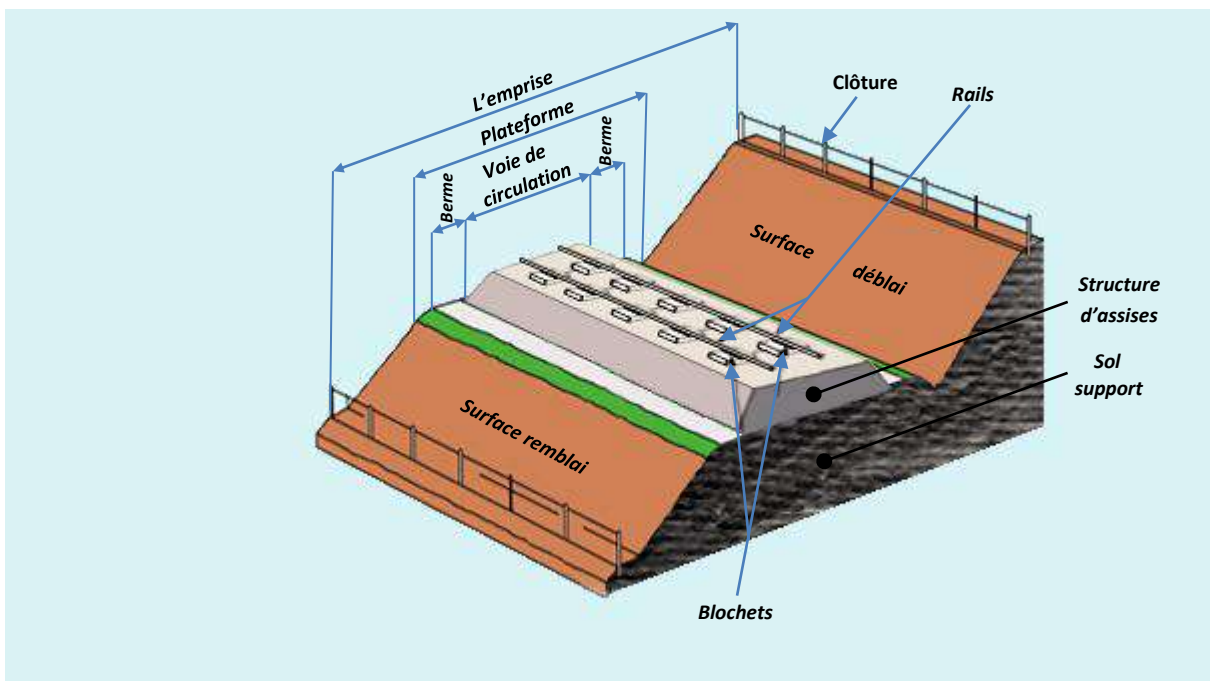


Figure.III.11. la voie.

II.3.1. INFRASTRUCTURE DE LA VOIE :

L'infrastructure de la voie ballastée, est une succession des couches : ballast, sous ballast, une couche de fondation et éventuellement une couche anticorrosive et une couche drainante.

La voie repose sur une partie inférieure, afin d'assurer le bon comportement de la voie ferrée en :

- Répartissant sur la plateforme les charges reçues ;
- Amortissant les vibrations résultant de la circulation des véhicules ;
- Evacuant les eaux de pluie vers les ouvrages d'assainissement ;
- Et pour protection du ballast par les fines argileuses provenant du sol support.

AVANT PROJET SOMMAIRE

La plateforme est constituée d'une couche de forme, Au-dessus du déblai ou de la surface supérieure de remblai nivelé.

L'épaisseur et la nature de ces couches dépendent des caractéristiques globales des sols de la plateforme (nature, portance, sensibilité à l'eau et au gel) et de la supère structure.

Pour les voies ballastées chaque couche présente un dévers de 4 % vers l'extérieur du corps de la voie.

II.3.1.1. LE BALLAST :

Le ballast est un granulat provenant du concassage de roches extraites des carrières de pierres dures (granite, diorite, rhyolite, quartzite, grès). Il constitue un élément support de la voie. Il est disposé en couches sous et autour des traverses. L'épaisseur de la couche de ballast sous les traverses est de 30 cm environ. Les fonctions du ballast sont les suivantes :

- transmission et répartition des efforts ;
- absorption des vibrations mécaniques et acoustiques ;
- ancrage latéral (circulation en courbe) et longitudinal de la voie (accélération, freinage) ;
- drainage des eaux pluviales ;
- maintenance et mise en place aisées de la voie.

Le ballast doit répondre aux critères suivants :

- une granulométrie et une propreté qui assure un bon drainage ;
- une angularité pour la résistance au cisaillement ;
- une insensibilité à l'eau et au gel ;
- une homogénéité de la forme des grains, en évitant les formes allongées ou aplaties ;
- une bonne résistance mécanique pour résister aux efforts.

II.3.1.2. LA SOUS-COUCHE :

C'est une couche d'adaptation interposée entre le ballast et la plateforme, elle peut être mono ou multicouche. Elle remplit plusieurs rôles dont on note :

- protection de la plate-forme contre l'action du poinçonnement par la couche de ballast ;
- protection de la plate-forme contre le gel ;
- répartition des charges transmises à la plate-forme.

AVANT PROJET SOMMAIRE

Elle se compose :

- d'une couche de sous-ballast : grave propre (0/31.5) ;
- de la couche de fondation (facultative) : graves compactées ;
- d'une couche anti-contaminante (facultative) : constituée d'un géotextile ;
- d'une couche drainante (facultative) constituée d'un sable propre.

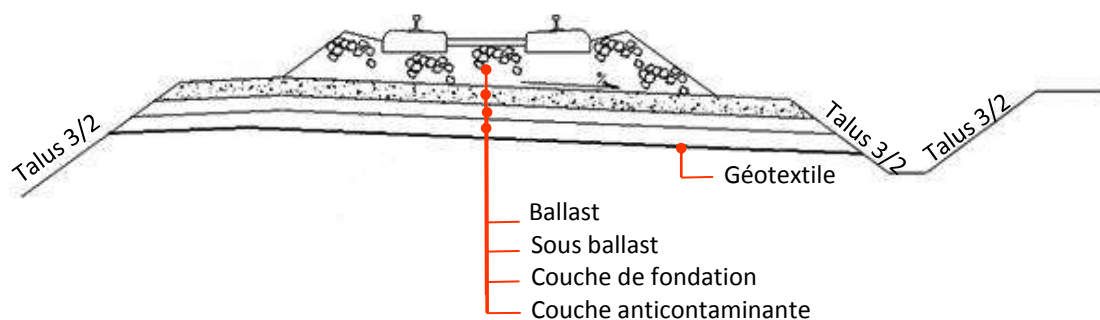
Pour éviter la contamination de la sous-couche par les éléments fins de la plateforme ; il faut utiliser des matériaux respectant certaines règles de granularité, ceci est rarement réalisable, surtout lorsque la plateforme contient une grande proportion d'éléments fins. On a recours alors à un géotextile.

II.3.1.3. LA PLATE-FORME :

La plate-forme dont la partie supérieure est compactée en couche de forme, et qui est également inclinée transversalement est constituée de sol, rapportée pour le remblai et en place pour le déblai, sa partie supérieure est aménagée en couche de forme, de pente transversale.

Dans le cas d'un remblai, cette couche de forme est d'un sol de meilleure qualité

Dans le cas d'un déblai, la couche de forme est obtenue par compactage du fond de fouille sur une épaisseur minimale de 30 cm.



Section en déblai

Figure.III.11. Plateforme à voie unique.

AVANT PROJET SOMMAIRE

II.3.2. LA SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE :

II.3.2.1. LES RAILS :

Les rails sont le premier élément en contact entre le véhicule et la voie. Ce sont des barres d'acier profilées de 36m ou 72m de masse linéique de 60kg/m, boulonnées ou soudées électriquement pour obtenir les Longs Rails Soudés (LRS).



Figure.III.12. Rail UIC

Ils se chargent de diriger les trains, de transmettre et de répartir les forces des véhicules sur les traverses.

La figure.III.13, présente la section du rail standard U.I.C 60.

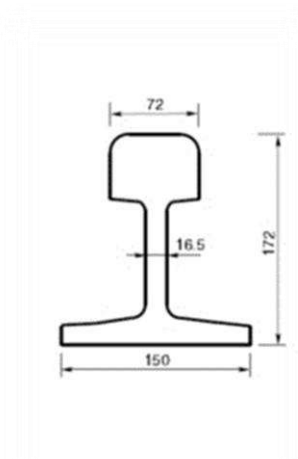


Figure.III.13. Section de rail UIC 60.

L'assemblage des rails peut être fait soit par éclissage (boulonnage) ou par soudage :

- L'éclissage : c'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses qui sont constituées par deux plaques laminées placées entre le champignon et le patin, toute on respectant les diamètres des trous de perçage et leurs distance, les éclisses doit avoir la même qualité d'acier que le rail, et permettre au rail de se dilater en fonction des variations de température ;

AVANT PROJET SOMMAIRE

- Le soudage : les rails sont mis bout à bout et soudés par procédé aluminothermique qui consiste en un apport de métal en fusion dans une lacune créée entre les extrémités de ceux-ci.

La qualité des aciers utilisés et les dispositions adoptées pour assurer une très grande rigidité à la voie permettent la pose en barres soudées de très grande longueur (allant jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres).

Les longs rails soudés, appelés aussi barres longues, constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées.

Les LRS présentent deux principaux avantages, qui sont la conséquence de la suppression des joints éclissés :

- Une réduction des coûts d'entretien de la voie ;
- Une meilleure qualité de roulement et plus grand confort pour les voyageurs.

II.3.2.2. LES TRAVERSES :

Les traverses sont des éléments en bois, en métal ou en béton (mono-bloc ou bi-blocs). Elles sont placées en travers de la voie pour,

- La transmission des charges du rail au ballast ;
- Le maintien de l'écartement des deux rails ;
- Le maintien d'une certaine inclinaison du rail.

Actuellement, les traverses en béton armé sont les plus utilisées (par rapport à celles en bois et en acier). La figure.III.14 présente une traverse en béton bi-blocs qui mesure 2.415 m de long et pèse 245 kg.

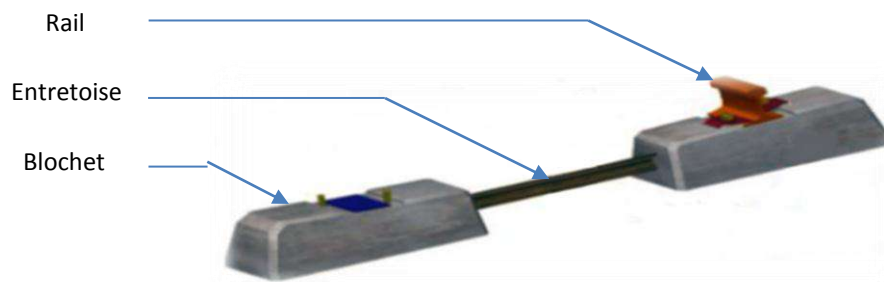


Figure.III.14. Travers en béton bi-blocs.

AVANT PROJET SOMMAIRE

Les caractéristiques de la traverse en béton bi-blocs sont représentées dans la figure suivante :

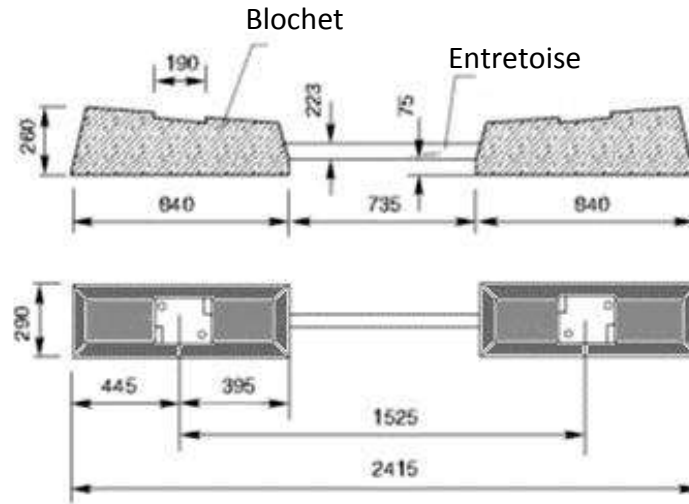


Figure.III.15. Caractéristiques du travers en béton bi-bloc.

L'amortissement de la charge dynamique transmise par le rail est obtenu par une semelle en élastomère (9 mm d'épaisseur) est mise entre le rail et la traverse. La fixation du rail sur les traverses se fait par des attaches.

II.3.2.3. LES ATTACHES :

Il existe plusieurs systèmes permettant de fixer le rail aux traverses.

Une attache de type *Nabla* est un appareil constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse, elle sert à fixer le rail sur cette traverse pour l'empêcher de tout déplacement voire (figure.III.16).

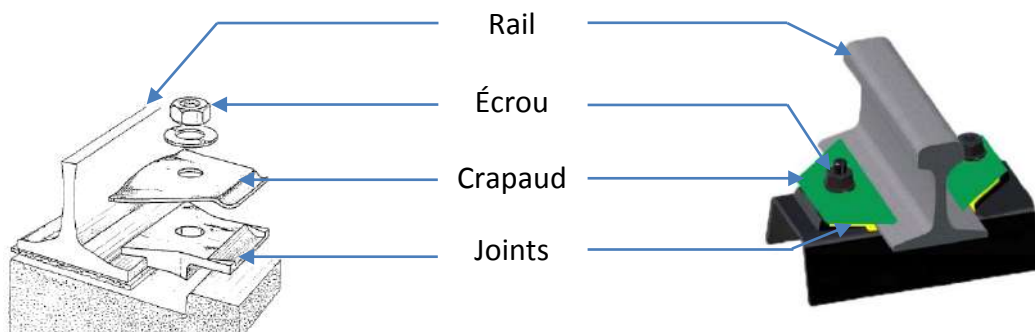


Figure.III.16. Attache Nabla.

AVANT PROJET SOMMAIRE

II.3.3. LES APPAREILS DE VOIE :

L'exploitation des voies ferrées exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires, que l'on désigne sous le terme générale d'appareils de voie.

Les appareils de voie sont constitués de rails spéciaux (croisement de rails) et d'éléments mobiles (aiguille). Ils permettent le passage d'une voie à une ou plusieurs autres, voir (figure.III.17). Lorsque l'étude géométrique est terminée, il devient possible de déterminer le schéma d'implantation de l'appareil, c'est-à-dire sa représentation topographique.

Le type de l'appareil est désigné par la valeur de tangente d'implantation exprimée sous la forme décimale.

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

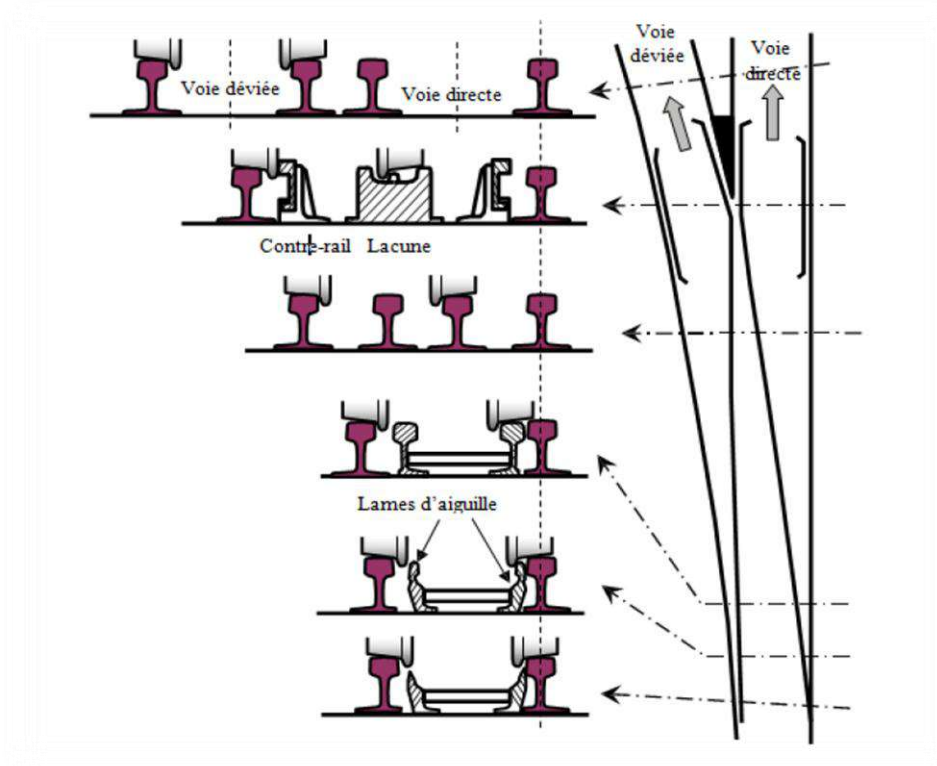


Figure.III.17. Cinématique de franchissement d'un branchement.

AVANT PROJET SOMMAIRE

Il existe trois catégories d'appareils de voie :

- Les branchements ;
- Les traversées ;
- Les traversées jonctions.

II.3.3.1. LE BRANCHEMENT :

Le branchement simple permet à un itinéraire de se scinder en 2, il se compose de 03 parties en générales (voir figure.III.18)

- a- partie aiguillage (qui comprend essentiellement les aiguilles mobiles)
- b- partie intermédiaire (assimilable à la voie courante)
- c- partie croisement (qui comprend essentiellement le cœur de croisement).

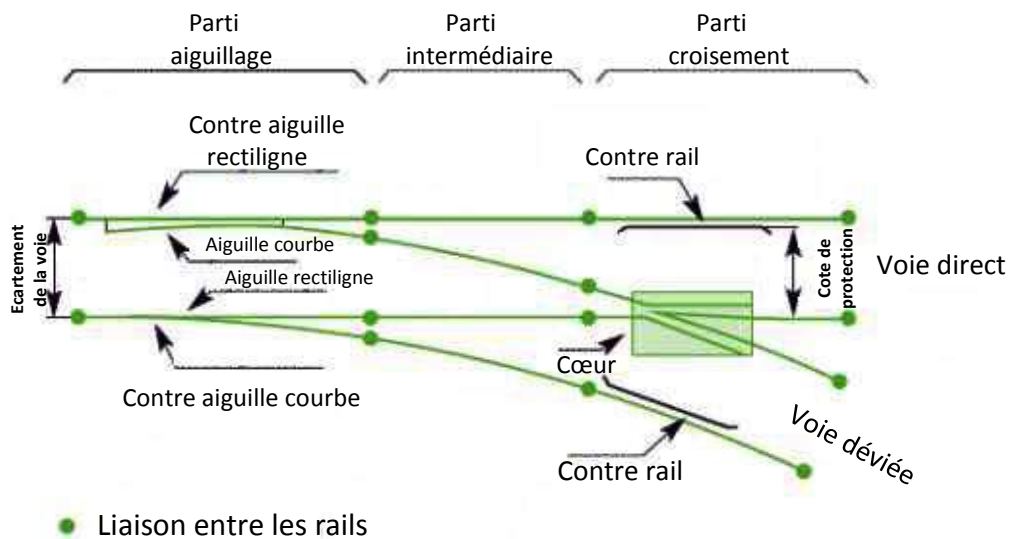


Figure.III.18. Appareille de voie branchement simple.

Au niveau du cœur il existe une lacune dans la continuité des rails qui permet le passage des roues, mais où le guidage n'est plus assuré. On utilise des contre rails pour rétablir ce guidage.

Il y'a deux critères pour choisir le type du branchement :

- a- En fonction de la vitesse de l'embranchement ;
- b- En fonction du tracé.

Le tableau ci-après montre les cas d'application des types de branchement plus courante dans notre pays et En fonction de la vitesse de branchement :

AVANT PROJET SOMMAIRE

Tableau.III.7. Les type de branchement.

Domaine d'emploi du branchement	Vitesse (Km/h)	Type de branchement
<ul style="list-style-type: none"> Dans le réseau des zones industrielles. Dans le réseau d'embranchement particulier. 	30	140- 1/6 tg (0,167)
<ul style="list-style-type: none"> Dans les faisceaux de classement, remisage, voie de nettoyage et toutes les voies de manœuvre 	40	190- 1/7 tg (0,143) 190- 1/9 tg (0,111)
<ul style="list-style-type: none"> Comme branchement d'entrée et de sortie de voies de quais les trains de voyageurs. Dans le faisceau de transfert de la a gare de marchandises. Dans la voie de circulation des trains marchandises 	50	300- 1/9 tg (0,111)
<ul style="list-style-type: none"> Comme branchement d'entrée et de sortie des voies de quai utilisées par les trains de banlieue ou de voyageurs. Dans les communications des voies de ligne. Dans la bifurcation d'une voie de ligne Comme branchements d'entrée et de sortie des gares. 	70	500- 1/12 (0,083)

On appelle "aiguilles" ou "aiguillage" la partie de l'appareil de voie qui détermine la direction que prend le train. Cette partie est généralement composée de deux demi aiguillages : un demi-aiguillage de droite et un demi-aiguillage de gauche, (on regarde l'appareil de la pointe vers le talon).

Chaque demi-aiguillage est composé d'une aiguille et d'une contre-aiguille. Les deux aiguilles sont reliées entre-elles au moyen d'un tringle d'écartement qui permet de connecter les deux aiguilles : lorsque l'une est ouverte, l'autre est plaquée. Les tringles de manœuvre assurent la transmission du mouvement du moteur ou de la boîte de manœuvre aux aiguilles.

AVANT PROJET SOMMAIRE

II.3.3.2. LES TRAVERSEES :

A- LA TRAVERSEE OBLIQUE ORDINAIRE :

Elle permet l'intersection de deux voies en alignement ou en courbes de même rayon (cas de l'enroulement) l'intersection se fait sous un angle compris entre 6° et 90° .

➤ ELEMENT DE LA TRAVERSEE OBLIQUE ORDINAIRE :

La traversée oblique ordinaire est constituée d'une traversée proprement dite, de deux croisements. Elle comporte également deux groupes de quatre files de rails intermédiaires. Les différentes parties d'une traversée oblique sont dites à droite ou à gauche suivant leurs positions par rapport à un observateur situé au centre et dirigé suivant l'axe longitudinal (voir figure).

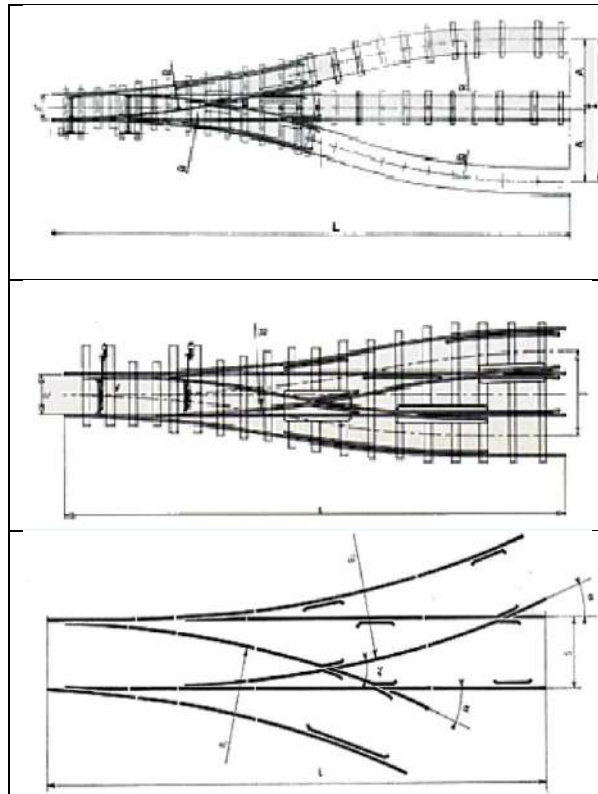


Figure.III.19. Élément traversée oblique.

B- LA TRAVERSEE JONCTION SIMPLE (TJS) :

La traversée jonction simple est une traversée oblique qui grâce à l'adjonction d'aiguillages, permet de relier entre elles les deux voies qui se croisent d'une seule côte, par rapport à l'axe longitudinal de la traversée oblique (voir figure.III.20), Elle est constituée de deux croisements, d'une traversée proprement dite, de deux aiguillages et de voie intermédiaire.

AVANT PROJET SOMMAIRE

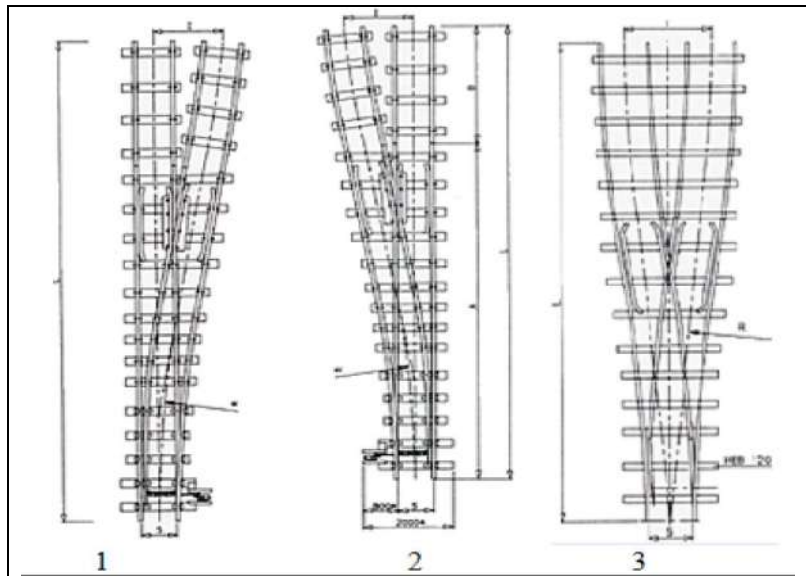


Figure.III.20. Élément traversée jonction simple.

1. Croisement déviation à droite.
2. Croisement déviation à gauche.
3. Croisement à symétrique à deux voies.

C- LA TRAVERSEE JONCTION DOUBLE (TJD) :

La traversée jonction double à en plus des éléments de la traversée jonction simple, deux aiguillages permettant à cet appareil de relier les deux voies qui se croisent de deux cotés par rapport à l'axe de l'appareil.

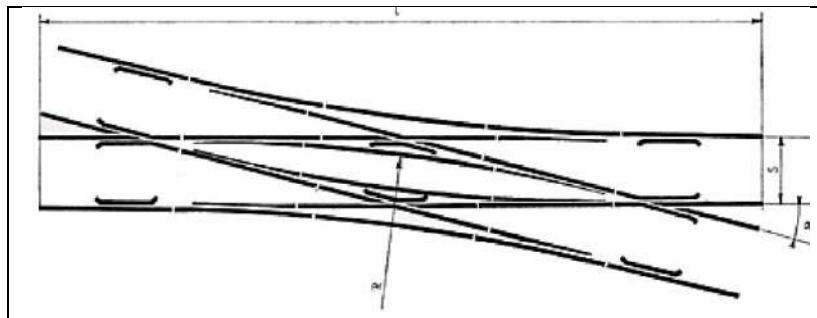


Figure.III.21. Croisement intersection double.

II.3.3.3. LES COMMUNICATIONS :

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

AVANT PROJET SOMMAIRE

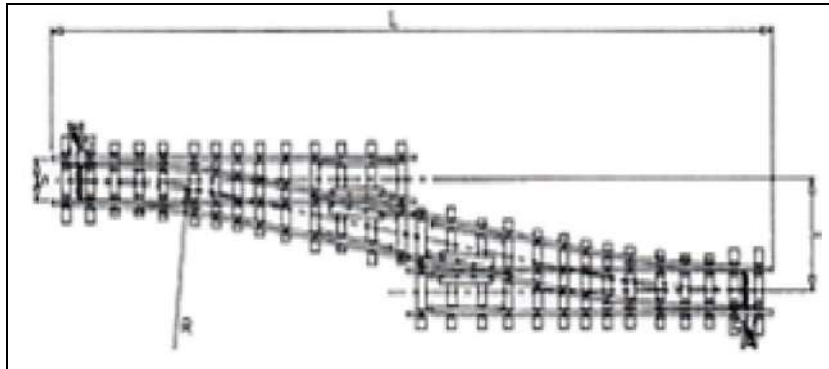


Figure.III.22. Branchement de communication.

II.3.4. PROFIL EN TRAVERS TYPE :

Le profil en travers type est représenté dans l'annexe. Il contient des :

➤ **Éléments d'infrastructure :**

- Les épaisseurs et la nomination de chaque couche ;
- Les pentes de chaque couche ;
- Prochain emplacement des caténaires.

➤ **Éléments de superstructure :**

- La longueur des butées du ballast ;
- Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie ;
- Le type des traverses utilisées ;
- La valeur de la pente des couches d'assises.

➤ **Éléments d'assainissement :**

- Type du fossé et des drains.

➤ **Éléments du talus :**

- La pente de chaque talus ;
- Les ouvrages de consolidation éventuels.

AVANT PROJET SOMMAIRE

III. ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE :

Les études géologiques et géotechniques sont nécessaires dès l'avant-projet sommaire pour mesurer l'incident des choix du profil en long et d'une manière générale du tracé en termes de coût. On peut dire aussi que la géotechnique est une science empirique qui se fait en partie sur les données recueillies lors des essais en laboratoire et sur terrain.

III.1. ETUDE GEOLOGIQUE :

Une analyse géologique est essentielle pour pouvoir proposer un type de corps de chaussée idéal pour chaque section de la liaison et aussi pour le but d'éviter les terrains instables ou très rocheux, pour une bonne estimation du cout de construction du projet.

L'étude géologique s'est appuyée sur la carte géologique à l'échelle 1:500.000 (France. Institut Géographique National, Paris: IGN, 1967) (Figure.III.23) fournie par la bibliothèque des sciences et de la terre, aucune autre carte géologique concernant la zone du projet étant à disposition.

Le couloir des tracés s'étend essentiellement sur de la roche du crétacé et jurassique, pour certaines parties, avec une dominance sur des roches carbonatées (biogènes, bioclastiques, chimiques).

Sur les plateaux largement étendus, le massif montagneux ancien est recouvert sur une grande surface de couches peu épaisses de graviers et pierres altérés par l'érosion.

Dans les vallées peu prononcées se présentent des sédiments quaternaires peu profonds (limons alluviaux, sables et graviers). Les vallées du quaternaire sont remplies de limons alluviaux, de sables et de graviers de tailles hétérogènes.

Les roches carbonatées en question sont disposées en strates alternées sur une épaisseur allant de plusieurs décimètres à quelques mètres.

III.2. ETUDE GEOTECHNIQUE :

Avant toutes réalisations d'un projet (infrastructure, ouvrage d'art etc.), on doit faire une série des essais géotechniques in situ ou en laboratoire afin de déterminer les différentes caractéristiques du sol où le projet sera exécuté.

AVANT PROJET SOMMAIRE

AVANT PROJET SOMMAIRE

L'investigation in situ a permis de reconnaître un sol formé essentiellement par une formation de natures variées : argiles et marnes, structurées en nappes de charriage et des terrains représentés par des formations anciennes épaisses crétacé et jurassique, surmontées par des sédiments récents (quaternaire), ces derniers de couverture argilo-sablo limoneuse.

De cela pour la phase d'avant-projet sommaire, le type de sol sera classé de type **Qs1** (sol médiocre) de portance moyenne ; cette interprétation est nécessaire pour le dimensionnement qui sera sujet de titre suivant.

AVANT PROJET SOMMAIRE

IV. DIMENSIONNEMENT :

L'épaisseur et la nature des couches d'assises dépendent des facteurs suivants :

- Des caractéristiques globales des sols de la plateforme (nature, portance, sensibilité à l'eau et au gel),
- Des conditions climatiques du site,
- Du trafic (tonnage, charges, vitesse)
- De l'armement (profil du rail, nature et espacement des traverses)

IV.1. CARACTERISTIQUES GLOBALES DES SOLS DE LA PLATEFORME :

IV.1.1. CLASSIFICATION DES SOLS DE LA PLATEFORME :

La classification des sols est abordée de diverses manières mais les méthodes les plus courantes classent les sols selon trois grandes familles,

- Sols minéraux. classifiés selon leurs : granulométrie, plasticité, minéralogie, et sensibilité à l'eau.
- Sols organiques.
- Sols mixtes.

IV.1.2. PORTANCE DES SOLS DE LA PLATEFORME :

Pour classer les plateformes, il convient :

- ✓ Tous d'abord d'apprécier la classe de qualité de chaque sol composant la plateforme.
- ✓ Puis d'apprécier la classe de portance de la plateforme complète (couche de forme + sol sous-jacent).

A- CLASSE DE QUALITE DE SOL :

La classe de qualité du sol support pour un sol en place peut être,

- QS0 : Sol impropre à toute utilisation,
- QS1 : Sol médiocre,
- QS2 : Sol de qualité moyenne,
- QS3 : Sol de bonne qualité.

AVANT PROJET SOMMAIRE

Tableau.III.8. Classe de qualité du sol.

Classe de qualité de sol	Classification géotechnique
Sol impropre QS0 <ul style="list-style-type: none"> ➤ Substitution du matériau. ➤ Traitement par un liant. ➤ Géotextile. 	0.1- Sols organiques. 0.2- Sols comportant plus de 40% de fines. 0.3- Matériaux solubles (gypse, sel) 0.4- Matériaux polluants (déchets industrielles) 0.5- Sols minéraux organique.
Sols mauvais QS1	1.1- Sols comportant plus de 15% de fines 1.2- Roches très évolutives (craies très friables, marnes, schistes altérés) 1.3- Roches évolutives (craies de faible friabilité, schistes non altérés) 1.4- Roches tendre ($DS < 6$ et $LA > 33$)
Sols moyens QS2	2.1- Sols comportant de 5 à 15% de fines. 2.2- Sables comportant moins de 5% de fines. 2.3- Roches moyennement dures ($6 \leq DS \leq 9$ et $30 \leq LA \leq 33$)
Bons sols	3.1- Sols comportant moins de 5% de fines 3.2- Roches durs ($DS \geq 9$ et $LA \geq 33$)

B- CLASSE DE PORTANCE DE LA PLATEFORME :

La portance d'une plateforme dépend de la qualité du sol support (constituants du corps de remblai ou du sol en place du fond de déblai) et de la couche de forme (qualité et épaisseur - lorsqu'elle existe-) :

On distingue les trois classes suivantes,

- P1 : plateforme mauvaise.
- P2 : plateforme moyenne.
- P3 : plateforme bonne.

Le tableau suivant permet de détermination de la classe de portance de la plateforme,

AVANT PROJET SOMMAIRE

Tableau.III.9. Classe de portance de la plateforme.

Classe de qualité du sol	Classe de portance envisagée pour la plateforme	Classe de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance	
		Qualité	Épaisseur minimale : e_f (m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	Sol traité au liant	0,3
	P2	QS2	0,55
	P2	QS3	0,40
	P3	QS3	0,60
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0,40
QS3	P3	QS3	-

e_f : épaisseur de la couche.

IV.2. CONDITION HYDROGÉOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES :

Le drainage judicieux des eaux superficielles et souterraines garantit la pérennité de l'infrastructure d'où l'importance de l'étude hydrogéologique qui inventorie l'existence des nappes d'eau et de l'étude hydrologique qui s'occupe des cours d'eau et des écoulements en surface en générale. Une étude déterminera ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à mettre en œuvre pour maintenir ces écoulements.

Ces condition hydrogéologiques et hydrologiques sont réputée bonnes si :

- La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle.
- La plateforme n'est pas le siège de percolations naturelles nocives transversales longitudinale ou verticale.
- Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs longitudinaux ou transversaux d'assainissement sont en bon fonctionnement.

Si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas remplie, les conditions hydrogéologiques et hydrologique sont mauvaises.

IV.3. SENSIBILITE AU GEL DES SOLS :

On peut diviser les sols en trois classes, selon leur degré de sensibilité au gel :

- Sols insensibles au gel
- Sols sensibles au gel
- Sols très sensibles au gel

Pour les classes granulaires élémentaires, la sensibilité au gel s'évolue sans au moyen du tableau ci- après :

AVANT PROJET SOMMAIRE

Tableau.III.10. Sensibilité au gel de diverses classes granulaires

Classe granulaire	Classe de sensibilité au gel
Gravier + sable	Insensible au gel
Argile	Sensible au gel
Limon	Très sensible au gel

IV.4. CARACTERISTIQUES DU TRAFIC :

Selon l’UIC 714, la nouvelle ligne est classé comme étant UIC1 « (1720+400) x 365 > 120 000 tonnes », elle est circulée par des trains dont les essieux sont chargés à 22.5 (voir. *Paramètre de conception de voie*. Titre .3.1.3.4).

IV.5. DIMENSIONNEMENT DES COUCHES D’ASSISES :

Dès la construction d’une ligne nouvelle, il convient de mettre en place des structures d’assises de caractéristiques appropriés et d’épaisseurs suffisantes. Le dimensionnement doit assurer une bonne résistance à la fatigue de la plate-forme et doit mettre hors gel les sols sensibles.

L’épaisseur de la couche d’assise **e** = **épaisseur du ballast + épaisseur de la sous couche** est dépendante des facteurs suivantes :

E : Facteur dépendant des classes de portance (P1, P2, P3).

a : Facteur dépendant de l’UIC groupe.

b : Facteur dépendant de type de traverses.

c : Facteur dépendant des conditions du travail.

d : Facteur dépendant de la charge maximale d’essieu des véhicules.

f : Facteur dépendant de la vitesse.

g : Facteur dépendant d’installation de géotextiles.

e : est déterminé comme suit,

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

AVANT PROJET SOMMAIRE

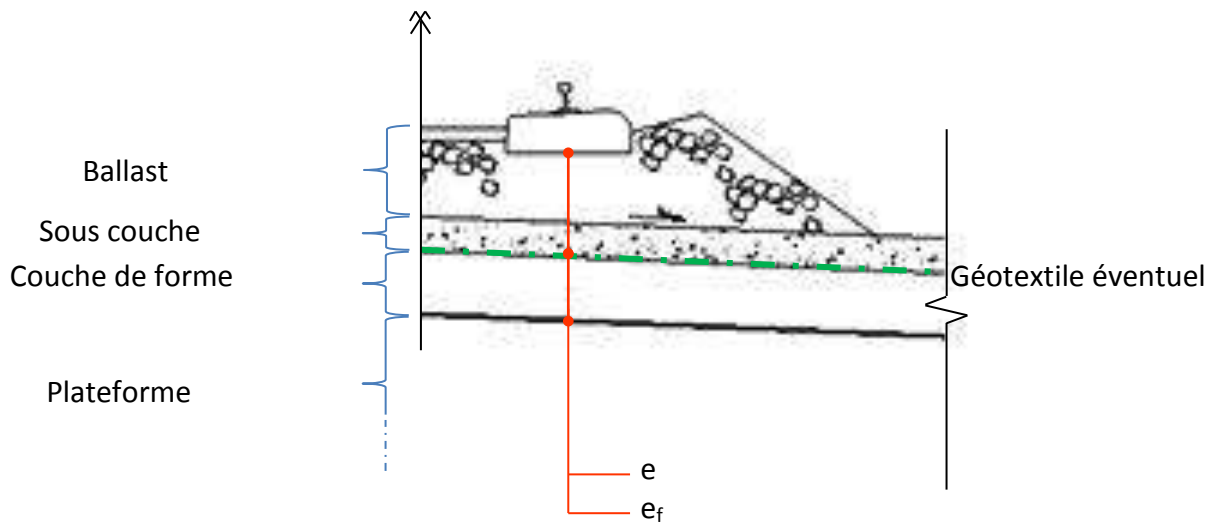


Figure.III.24. Stratification des couches d'assises.

e_f étant l'épaisseur de la couche de forme figurant dans le tableau.

Les valeurs des paramètres de dimensionnement :

- **Valeur de E :**

$E = 0,70$ m pour les plateformes de classe de portance P1.

$E = 0,55$ m pour les plateformes de classe de portance P2.

$E = 0,45$ m pour les plateformes de classe de portance P3.

- **Valeur de a :**

$a = 0$ m pour les groupe UIC 1-2 (ou lignes à $V \geq 160$ km/h quel que soit le groupe UIC).

$a = -0,05$ m pour les groupe UIC 3 et 4.

$a = -0,10$ m pour les groupe UIC 5, 6, '7, 8 et 9 avec voyageurs'.

$a = -0,15$ m pour les groupe UIC '7, 8, 9 sans voyageur'.

- **Valeur de b :**

$b = 0$ m pour les traverses bois de longueur 2,60 m.

$b = (2,5-L)/2$ pour les traverses en béton de longueur L.

- **Valeur de c :**

$c = 0$ m pour un dimensionnement normal.

AVANT PROJET SOMMAIRE

$c = -0,10$ m à titre exceptionnel.

$c = -0,05$ m à titre exceptionnel pour des opérations sur LE de groupe UIC 7-9 SV.

- **Valeur de d :**

$d = 0$ m la charge d'essieu des véhicules ≤ 20 t

$d = 0,05$ m la charge d'essieu des véhicules $\leq 22,5$ t

$d = 0,12$ m la charge d'essieu des véhicules ≤ 25 t.

- **Valeur de f :**

$f = 0$ m pour les lignes à $V \leq 160$ km/h et pour les plates-formes de portance P3 des LGV.

$f = 0,05$ m pour les plates-formes de classe de portance P2 des LGV.

$f = 0,10$ m pour les plates-formes de classe de portance P1 des LGV.

- **Valeur de g :**

$g = +$ géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2.

$g = 0$ (pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol QS3.

- ✓ **Détermination de la couche ballast et la sous couche :**

Le sol dans la zone d'étude d'étend sur la roche moyennement dure, ce qui correspond à la classe QS2 qui est d'une portance moyenne, et pour cette raison nous avons ajouté une couche de forme d'épaisseur $e_f = 0,40$ m pour atteindre la portance P3.

1. Calcul de l'épaisseur minimale « e » des couches d'assises :

- E : Sol de classe : QS1 } E = 0,55.
Plateform : P2
- a = 0m.
- $b = (2,5 - 2,244) / 2 = 0,13$ m.
- c = 0 m.
- d = 0,05 m.
- f = 0,05 m.
- g = 0,01 m.
- Donc : $e = 0,55 + 0,13 + 0,05 + 0,05 + 0,01$
- $e \approx 0,80$ m
- $e_f = 0.40$ m

1 cm géotextile



▲ Schématisation de stratification de l'infrastructure.

AVANT PROJET SOMMAIRE

IV.6. CALCUL DES CUBATURES :

Il existe plusieurs méthodes manuelles de calcul des cubatures, parmi elles on peut citer,

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

Pour notre projet les calculs des cubatures de terrassement ont été faites à l'aide logiciel Covadis, les détails de calcul numérique de la phase APS sont joints dans le CD ci joint.

Le tableau si dessous résume les résultats des calculs numériques.

Tableau.III.11. Tableau récapitulatif de calcul numérique.

	Variante I	Variante II
Mvt des terres	Remblais	
	5.258.366	8.256.369
	Déblais	
	11.589.369	10.569.886
	Couche végétal m³	
	165.750	159.422
Couches d'assises	Ballast m³	
	135.910	130.725
	Sous ballast m³	
	118.442	113.918
	Couche de fondation m³	
	118.147	113.635
	Géotextile m³	
	5.396	5.181
	Couche de forme m³	
206.304	198.425	

AVANT PROJET SOMMAIRE

V. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT :

L'objet de cette partie d'étude est de tenter de faire le point sur les effets positifs et négatifs, généré par la rocade ferroviaire sur l'environnement dans une contexte technico-économique. L'étude est devisée sur trois parties :

- Une première consacrée à la recherche de la zone touchée par les effets engendrés par l'infrastructure.
- Une deuxième partie consacrée aux effets positifs et négatifs de l'infrastructure sur l'environnement de la région ou de la zone d'influence.
- La partie où on trouve des solutions pour réduire les effets seront proposées.

V.1. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE :

Les principaux textes de loi à prendre en compte sont contenus dans la loi cadre N° 83-03 sur la protection de l'environnement. Cette loi couvre les principaux aspects de la protection de l'environnement

- Protection de la nature et préservation des espèces animales et végétales et des milieux récepteurs (eau, air, sol)
- Prévention et lutte contre toute forme de pollution et nuisances générales.
- Evaluation des incidences des projets sur les différents équilibres écologique par le biais d'étude d'impact sur l'environnement.

Les principaux objectifs visés par la loi cadre sont de déterminer les normes de gestion de l'environnement ; d'inciter le développement durable ; de prévenir la pollution ; de réparer les milieux naturels touchés ; de promouvoir l'utilisation écologique des ressources naturelles et de technologies propres, de renforcer l'information, la sensibilisation et la participation du public aux mesures de protection de l'environnement.

Le décret d'application a été promulgué en 1990 (décret exécutif 90-78 du février 1990) il a pour objet de déterminer les conditions et les modalités d'application de la loi et étend l'application à tous les travaux d'aménagement ou ouvrages qui par leur importance, leurs dimensions ou leurs incidences peuvent porter directement ou indirectement préjudice à leur environnement notamment à la santé publique, l'agriculture, les espaces naturels, la faune, la flore la conservation des sites.

L'article 5 précise le contenu de l'étude d'impact sur l'environnement, il doit être en relation avec l'importance des projets et leurs incidences prévisibles ; il doit comprendre :

AVANT PROJET SOMMAIRE

- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces agricoles, forestiers, hydrauliques ou de loisir.
- Une analyse des effets sur l'environnement et en particulier sur les sites et paysage, la faune, la flore, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la commodité du voisinage sur l'hygiène et la salubrité publique.
- Les mesures envisagées pour supprimer, réduire et compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes.

Notre étude va porter sur les quatre points présentés dans l'article 5 de ce décret, La loi N°83-03 et le décret exécutif 90-78 du 27 février 1990.

V.2. LES ELEMENTS ENVIRONNEMENTAUX PRIS EN COMPTE :

Le but d'une étude d'impact sur l'environnement est d'évaluer les effets, soit positifs ou négatifs, d'un projet sur l'espace environnemental où il sera réalisé. Pour cela la recherche des paramètres ou éléments environnementaux pris en compte pour l'évaluation des effets est une étape indispensable de l'étude d'impact. Ces éléments pour le cas de notre projet sont représentés dans les points suivant :

V.2.1. LES RESSOURCES EN EAU :

Le passage d'une infrastructure provoque inévitablement plusieurs effets : une étanchéification de l'emprise et donc diminution des apports pluviométrique, une modification des régimes d'écoulement superficiels des sols et des oueds, qui peut provoquer des érosions, une pollution chronique du milieu naturel du fait des risques de pollution accidentelle avec déversement de produits toxiques dans le milieu naturel.

La proximité de captages d'eau souterraine (puits, forage), de retenues collinaires ou de barrage est donc considéré comme très sensible.

V.2.2. LES SITES ARCHEOLOGIQUES ET HISTORIQUES :

Le patrimoine constitue une richesse d'un point de vue scientifique et historique, ainsi que d'un point de vu culturel. Sa prospection et son exploitation par les spécialistes constituent des aides importantes pour la connaissance de l'histoire et la culture de la région. D'autre part, ce patrimoine forme souvent un pôle de développement touristique important qui peut générer des nombreuses activités socio-économiques. L'infrastructure peut porter des dommages importants à ce patrimoine.

AVANT PROJET SOMMAIRE

V.2.3. LES ZONES AGRICOLES :

De leur poids économique très important, les zones agricoles à promouvoir ou mises en valeur représentent un caractère stratégique en Algérie. Le passage d'une infrastructure dans ces zones peut provoquer des coupures et des modifications de cheminements pour les agriculteurs ainsi qu'une régression dans les potentialités sous l'effet de l'érosion et des modifications des structures lithologiques des abords, en plus de la substitution des terrains au profit de la route.

V.2.4. LE COUVERT FORESTIER :

Au-delà du caractère protecteur des reliefs ainsi que la barrière contre l'avancée de sables, les sites forestiers revêtent également un caractère stratégique dans la région de Saïda, composées essentiellement de formation de chêne vert (chênaie d'El Hassasna), la pineraie et la zone steppique représentantes une grande richesse tant sur le plan économique que naturel.

Les coupures provoquées par le passage de l'infrastructure peuvent accentuer la dégradation constatée du patrimoine forestier en plus de la substitution du foret au profit de la voie.

V.2.5. LES ZONES URBANISEES :

Les secteurs urbanisés constituent une véritable contrainte par rapport au passage de la voie. Les effets générés sont multiples : les risques sanitaires liés à la nuisance sonore provoquée par le passage de convoie, la coupure de l'espace urbain, la dégradation visuelle du paysage urbain, la destruction d'habitation et le déplacement de population.

La présence d'agglomérations urbaines et rurales à proximité de l'infrastructure est donc considérée comme très sensible.

V.3. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT PAR LE PROJET :

Dans ce paragraphe, on présente les effets engendrés par la construction de la voie sur l'environnement de la région à échelle régionale. Ces effets sont négatifs en général et ils peuvent être positifs dans des cas particuliers.

AVANT PROJET SOMMAIRE

V.3.1. EFFET NEGATIFS :

V.3.1.1. LES EFFETS A ECHELLE GLOBALE : EFFET DE SERRE :

Le transport ferroviaire émet du gaz carbonique (CO₂) qualifié de gaz à effet de serre. Il est à craindre que l'accroissement de l'effet de serre entraîne du réchauffement de la planète avec des effets importants mais mal connus sur la faune et la flore. Il a été constaté qu'il y a eu réchauffement de la planète de 0.5°C depuis un siècle suivi de l'augmentation de la teneur en CO₂.

Malgré une faible émission par rapport aux autres transports, les effets négatifs de la voie qui sera juste dans un premier temps à traction diesel est considéré comme négatif. L'électrification est prévue ultérieurement.

V.3.1.2. LA POLLUTION LOCALE ET REGIONALE DE L'AIR :

La pollution de l'air cause des dommages à la santé des hommes, aux biens matériels (salissures, corrosion) et des atteintes à la flore (disparition d'espèces par érosion du sol), mais ces effets sont encore mal connus.

V.3.1.3. POLLUTION LOCALE (RIVERAINS) :

Elle est due dans un premier temps avant l'électrification à des émissions d'hydrocarbures non brûlés, de monoxyde de carbone, leur nocivité n'apparaît qu'en milieu urbain.

V.3.1.4. POLLUTION REGIONALE :

Elle est due aux émissions d'oxydes d'azote (NO₂) est aux oxydes de soufre (SO₂), qui, même émis faiblement dans un premier temps, finissent par toucher les zones habitées.

V.3.1.5. LE BRUIT :

La source principale de bruit provient du passage de convoie et de sifflement, liés à la vitesse élevés. On considère qu'il y a nuisance à partir d'un niveau de bruit de 55 dB.

Le problème du bruit est rencontré lorsque l'infrastructure passe dans une agglomération ou à côté d'elle.

AVANT PROJET SOMMAIRE

V.4. AUTRES EFFETS :

V.4.1. LA POLLUTION DES EAUX :

La pollution des eaux de surfaces et souterraines et la modification des systèmes hydrologiques lors de la construction.

V.4.2. IMPACT SUR LES TERRAINS :

L'utilisation des terrains par l'emprise de l'infrastructure et notamment le cas d'emprise des forêts et les terrains agricoles et l'extraction des matériaux de construction.

V.4.3. LA DEGRADATION DE LA FAUNE ET LA FLORE :

Les travaux qui engendrent plusieurs problèmes pour les animaux qui utilisent les forêts et les cours d'eau comme une source de vie.

V.4.4. LES EFFETS DE COUPURE URBAIN / RURAL :

Qui induisent des impacts d'instruction visuelle, des modifications des cheminements des hommes et des animaux, des morcellements des entités géographiques (territoires communaux, exploitations agricoles...etc.)

V.4.5. L'EFFET SUR LE PAYSAGE ET LE PATRIMOINE:

Le passage d'une infrastructure peut engendrer des effets négatifs sur le paysage naturel et le patrimoine culturel.

V.5. EFFET POSITIFS :

Le projet de la rocade ferroviaire des hauts plateaux engendre quelques effets positifs pour l'environnement, on va essayer de présenter quelque uns dans ce qui suit :

- La liaison ferroviaire peut détourner le trafic de la RN xx et diminue les effets négatifs de cette dernière en termes de pollutions engendrés par le trafic (rn xx) et de diminution de nombre d'accidents.
- Elle représente une sécurité contre les incendies dans les zones à risque en évitant la propagation du feu.

AVANT PROJET SOMMAIRE

V.6. ANALYSE DE L'ÉTAT ACTUELLE DE LA ZONE D'INFLUENCE :

Le but recherché par cette partie est de présenter les zones touchées par les tracé et de localiser les problèmes engendrés par la réalisation de l'infrastructure d'une part et les problèmes qui seront créés prochainement par l'exploitation de l'infrastructure sur l'environnement, donc ces problèmes sont représentés dans les cartes synoptiques aux pages qui se suivent,

V.7. MESURES PRISES EN COMPTE :

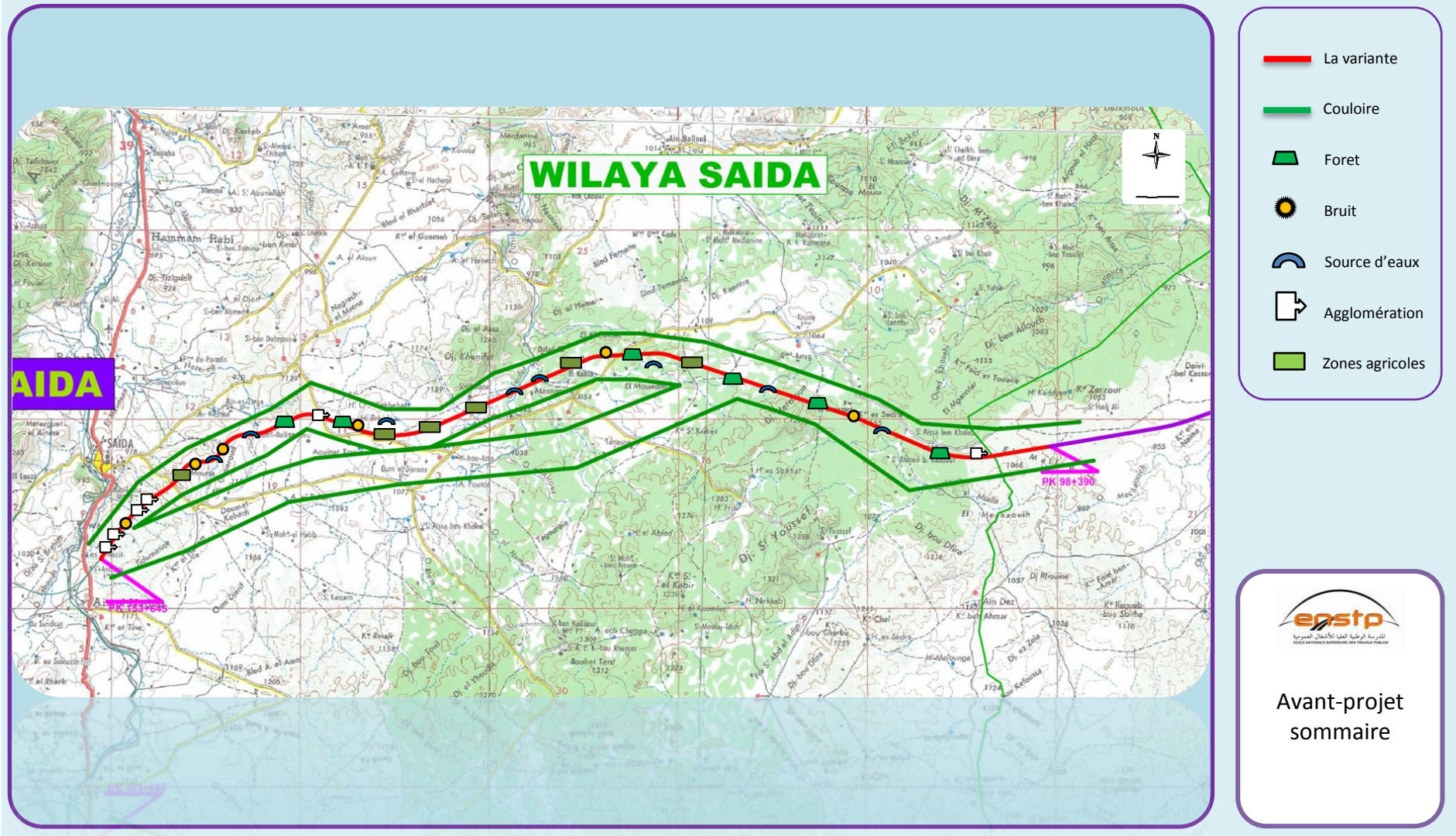
Pour diminuer ou minimiser l'impact sur l'environnement engendré par le projet, on va essayer de présenter dans ce qui suit les mesures qu'il faut prendre en considération dans la prochaine phase d'étude d'avant-projet détaillé, ces recommandations et mesures sont représentées dans les points suivants :

- Pour le passage sur les systèmes d'irrigation, il faut prévoir des dalots ou des ponceaux et un passage supérieur du tracé, selon le cas.
- Pour les nuisances du bruit, et si les nuisances dépassent le seuil minimum, il faut prévoir des digues, des éléments de construction formant un écran ou des merlons.
- Pour faciliter la circulation des citoyens à côté des agglomérations, les agriculteurs dans les zones agricoles et les batailles, il faut prévoir des passages inférieurs.
- Le problème des zones forestières, il faut prévoir une campagne de reboisement dans les zones détruites par les travaux.
- Pour assurer la sécurité des animaux dans les forêts, il faut prévoir une clôture totale de la rocade.
- Pour ne pas perturber les écoulements d'eau naturelle (oueds), il faut essayer de diminuer les risques lors de la coupure des cours d'eau.

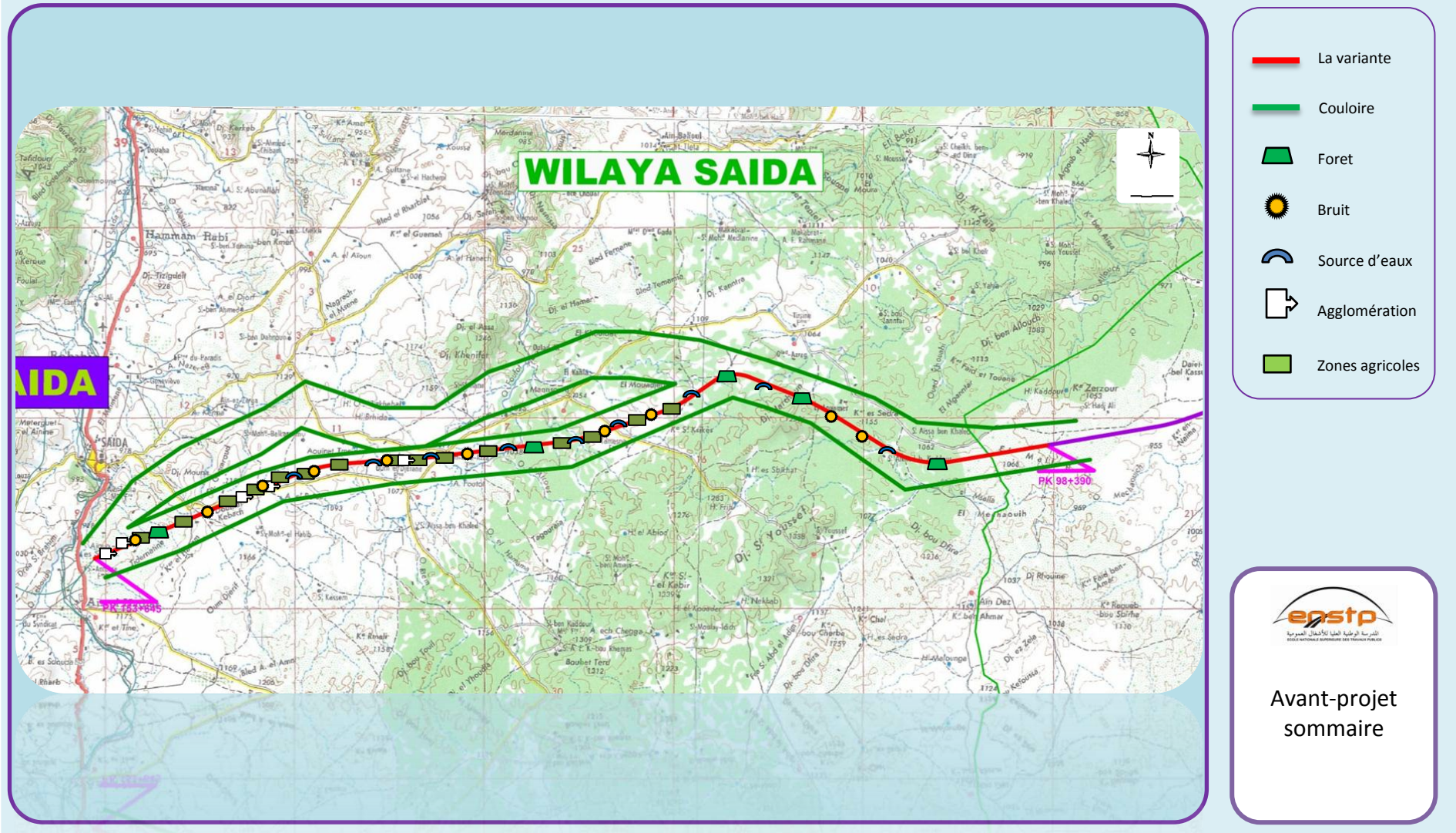
AVANT PROJET SOMMAIRE

AVANT PROJET SOMMAIRE

PRESENTATION DES DIFFERENTS IMPACTS / VARIANTE I:



PRESENTATION DES DIFFERENTS IMPACTS / VARIANTE II:



AVANT PROJET SOMMAIRE
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

VI. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF :

N°	Désignation	Unité	Quantité		Prix unitaire	Montant (DA)	
			Var I	Var II		Variante I	Variante II
1	Acquisition du terrain	m ²	2.762.500	2.657.000	1.000	2.762.500.000	2.657.000.000
	Abattage des arbres 50 cm	U	7.007	9.048	2.00	1.401.400	1.809.600
2	Terrassement						
	Décapage de terre végétale (30 cm)	m ³	165.750	159.420	189,57	31.421.227,5	30.221.249,4
	Déblais mise en remblais	m ³	5794684,5	5284943	480,60	2539943605,8	2539943605,8
	Déblais mise en dépôt	m ³	4635747,6	4227954,4	373,80	1732842452,88	1580409354,72
	Remblais en provenance d'emprunt	m ³	1158936,9	1056988,6	498,80	578077725,72	527225913,68
	Total terrassement					4.882.285.011,9	4.677.800.123,6
3	Couches d'assises						
	Couche de ballast (25/50)	m ³	135.915	130.725	2.500,90	339.909.823,5	326.930.152,5
	Couche de sous ballast (GC 0/31,5)	m ³	118.442	113.918	2.225,00	263.533.450	253.467.550
	Couche de fondation (GC 0/40)	m ³	118.147	113.635	729,80	86.223.680,6	82.930.823
	Couche de forme (G. drainante 20/40)	m ³	206.304	198.425	3.001,08	619.134.808,3	595.489.299
	Géotextile	m ³	5.396	5.181	596,30	3.217.634,8	3.089.430,3
	Total couches d'assises					1.312.019.397,2	1.261.907.254,8
4	Ouvrage d'art	m ²	2100	1570		2.624.038.794,4	2.523.814.509,6
5	Pose de rail de roulement						
	Rail UIC 60	T	6.667,570	6412,936	86.997,50	580.061.921	557.909.399
	Traverses en béton bi-blocs	U	92.047	88.532	3.497,70	321.952.791,9	309.658.376,4

AVANT PROJET SOMMAIRE
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

	Attaches Nabla	U	368.188	354.128	498,40	183.504.899,2	176.497.395,2
	Total pose de voie					1.085.519.612,1	1.044.065.170,6
	Travaux divers						
6	Clôtures	ml	110.500	106.280	1.900,15	209.966.575	201.947.942
7	Signalisation	5%	1	1	Fonc pose de voie	10.498.328,75	52.203.258,53
8	Assainissement	10%	1	1	Fonc terrassement	488.228.501,19	467.780.012,36
9	Etude complémentaire d'exécution	5%	1	1	Fonc terrassement	244.114.250,595	233.890.006,18

Fonc : en fonction de

	Le cout total	
Variante I	13.620.571.871	Treize milliard six cent vingt million cinq cent soixante et onze mille huit cent soixante et onze dinars Algérien.
Variante II	13.122.217.877	Treize milliard cent vingt-deux million deux cent dix-sept mille huit cent soixante-dix-sept dinars Algérien.

AVANT PROJET SOMMAIRE

VII. ANALYSE MULTICRITERES :

Après une étude technique des deux variantes, on est amenée à comparer entre eux afin d'effectuer un choix, pour retenir la meilleure, qui sera bien détaillée en APD.

Pour la section de notre projet, ce choix exercé entre les variantes est principalement basé sur des critères de comparaison pondérés selon leurs importances.

VII.1. COMPARAISON MULTICRITERE ET PRESENTATION DES RESULTATS :

VII.1.1.COMPARAISON MULTICRITERE :

La démarche est une approche macroéconomique basée sur des critères économique, fonctionnel, d'exploitation et environnemental qui intègre les objectifs de la politique économique nationale en matière d'aménagement du territoire.

Après avoir évalué les critères, on effectue les choix entre les variantes sur la base d'une comparaison multicritères.

Il est toutefois évident que l'évaluation du coût de la réalisation de chaque variante ne peut être déterminant dans le choix définitif de la variante. Cette dernière, la moins chère n'est pas forcément la meilleure.

Nous présenterons dans ce qui suit certains critères que nous avons pris en considération pour l'évaluation des variantes.

VII.1.2.LA DEMARCHE DE L'ANALYSE MULTICRITERES :

Cette méthode d'analyse reprend le principe de la notation traditionnelle des examens sur plusieurs matières effectuée avec un coefficient de pondération, ici on va noter un projet selon plusieurs critères et à la fin on cherchera à lui donner une note globale (moyenne pondérée des notes)

VII.1.3.LES CRITERES DE COMPARAISON :

Plusieurs critères de choix peuvent être adoptés pour l'analyse multicritères, nous présentons dans ce qui suit les critères qui ont été pris afin d'apprécier les effets possibles de chaque variante.

AVANT PROJET SOMMAIRE

- **Le CRITERE FINANCIER**

- Estimations des coûts d'infrastructure.

- **Les CRITERES TECHNIQUE :**

- Impact sur les structures urbaines.
- Impact sur l'environnement.
- Estimations des difficultés géologiques et géotechniques.
- Estimation des pertes du a l'exploitation.
- Estimations des temps de parcours.
- Estimations des mouvements de terres.

VII.2.4.PRINCIPE DE PONDERATION :

La pondération des critères tient compte de leur importance dans le projet et aux risques associés.

Tableau.III.12. Pondération des critères.

CRITERES	PONDERATION
1. ESTIMATIONS DES COUTS D'INFRASTRUCTURE	80
2. IMPACT SUR LES STRUCTURES URBAINES	30
3. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	35
4. CONTRAINTES GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES	20
5. DIFFICULTES D'EXPLOITATION	25
6. TEMPS DE PARCOURS	35
7. MOUVEMENT DES TERRES	25
Total obtenu sur 250 POINTS	*

VII.2.5.PRINCIPE DE NOTATION PAR CRITERE :

- 5 pour très favorable.
- 4 pour favorable.
- 3 pour neutre.
- 2 pour défavorable.
- 1 pour très défavorable.

AVANT PROJET SOMMAIRE

VII.2.6.METHODE D’EVALUATION :






En ce qui concerne les critères ayant une valeur arithmétique (couts de réalisation, temps de parcours, mouvement des terres), la notation se fait au prorata des valeurs respectives, par la simple règle de trois.

Pour les critères qualitatifs (Impact sur l’urbanisme, impact sur l’environnement, difficultés d’exploitation, contraintes géologiques et géotechniques), l’évaluation a été basée sur l’évaluation des contraintes propres à chaque tronçon.

➤ **IMPACT SUR LES STRUCTURES URBAINES :**

La notation de ce critère a été faite selon le tableau ci-dessous,

Tableau.III.13. Evaluation d’impact sur les structures urbaines.

IMPACT SUR L’URBANISME	NOTATION	DESCRIPTION D’IMPACT	INDICATION PAR COULEUR
Plus faible	5	Evitement de l’agglomération	
Faible	4	Contourner avec nuisance	
Moyen	3	Coupure/déranger/démolition limité	
Elevé	2	Coupure/déranger/démolition	
Très élevé	1	Démolition nécessaire	

- ✓ Pour avoir une évaluation de ce critère, la notation est faite pour toutes les communes touchées par les variantes.
- ✓ Pour Chaque tronçon la note totale obtenue est divisée par 5 pour avoir une note moyenne sur quatre points à introduire dans le tableau de notation avec pondération.

➤ **IMPACT SUR L’ENVIRONNEMENT :**





On première approche, l’étude environnementale est basée sur les éléments environnementaux suivants :

- ✓ L’écosystème (eau, faune et flore).
- ✓ Les activités humaines (agriculture et aménagement rural).
- ✓ La qualité de vie (patrimoine et paysage).

AVANT PROJET SOMMAIRE

Et le barème est repris sur le tableau ci-dessous pour chaque élément:

Tableau.III.14. Evaluation d'impact sur l'environnement.



DEGRE D'IMPORTANCE	NOTATION	INDICATION PAR COULEUR
Faible	4	
Moyen	3	
Important	2	
Grave	1	

Pour Chaque tronçon la note totale obtenue est divisée par 4 pour avoir une note moyenne sur quatre points à introduire dans le tableau de notation avec pondération.

➤ **ASPECT GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE :**

L'évaluation a été faite sur la base des observations et des descriptions extraits de la carte géologique.

Tableau.III.15. Evaluation des terrains traversés.

DESCRIPTION D'IMPACT	NOTATION	INDICATION PAR COULEUR
Jurassique moyen	2	
Miocène inférieur marin (burdigalien)	1	

La meilleure note a été donnée à la variante la plus avantageuse.




➤ **DIFFICULTES D'EXPLOITATION :**

L'évaluation a été basée sur le nombre de courbes à faible rayon, les longueurs continues de zones à forte déclivité et sur le nombre d'ouvrages (ponts, ponts rail).

La meilleure note a été donnée à la variante la plus avantageuse.

AVANT PROJET SOMMAIRE

Tableau.III.16. Difficulté d'exploitation et contrainte de

	DEGRE D'IMPORTANCE	NOTATION	DESCRIPTION D'IMPACT	INDICATION PAR COULEUR
Courbes	Important / Faible	1 u 2	Courbe de faible rayon, (condition exceptionnelle)	
Longueurs continues	Important / Faible	1 u 2	Longueur continu de fortes déclivités. (condition exceptionnelle)	
Ouvrages (ponts, ponts rail)	Important / Faible	1 u 2	Ouvrage	










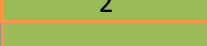









➤ **TEMPS DE PARCOURS:**

Le temps de parcours a été évalué à partir de la longueur propre de chaque variante et les difficultés d'exploitation de chaque tronçon.

VII.1.2. PRESENTATION DES RESULTATS :

A- Le tableau suivant présente le bilan qui consiste à présenter les critères choisis pour l'évaluation ainsi que les résultats de l'évaluation de chaque variante.

Tableau.III.17. Bilan d'évaluation des variantes.

	Variante I	Variante II
CRITERE	Résultat de l'évaluation	
1. ESTIMATIONS DES COÛTS D'INFRASTRUCTURE		
CRITERES	Résultat de l'évaluation	
2. IMPACT SUR LES STRUCTURES URBAINES		
3. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT		
4. CONTRAINTES GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES		
5. DIFFICULTES D'EXPLOITATION		
6. TEMPS DE PARCOURS		
7. MOUVEMENT DES TERRES (cubatures)		
	très favorable	
	favorable	
	neutre	
	défavorable	
	très défavorable	

○ **Nota :** Pour l'impact sur l'environnement, contraintes géologiques et géotechniques, difficultés d'exploitations et impact sur les structures, se référencier des cartes synoptiques aux pages suivantes.

AVANT PROJET SOMMAIRE

B- La note de chaque variante en fonction de sa performance, pour les critères considérés est représentée dans le tableau ci-dessous,

Tableau.III.18. Notation des variantes.

CRITERE	Coeff de pondération	Variante I	Variante II
		Note / 20	
1. ESTIMATIONS DES COÛTS D'INFRASTRUCTURE	80	18.2	19
2. IMPACT SUR LES STRUCTURES URBAINES	30	12.8	0.8
3. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	35	20	10
4. CONTRAINTES GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES	25	16	6
5. DIFFICULTES D'EXPLOITATION	20	5.32	13.32
6. TEMPS DE PARCOURS	35	17.85	18.51
7. MOUVEMENT DES TERRES	25	16	10.5
Moyenne /20		16.28	12.88

CONCLUSION :

D'après l'analyse multicritère qui s'est basée sur les critères énoncés plus haut et une estimation approximative des coûts de réalisation, on voit que malgré le coût minimal de la variante II, de sa courte longueur, elle est désavantageuse en matière d'impact sur l'environnement et sur les structures urbaines.

De cela, la variante (I) est retenue pour approfondir l'étude en APS.

AVANT PROJET SOMMAIRE

AVANT PROJET SOMMAIRE

CHAPITRE IV

AVANT PROJET DETAILLE

AVANT PROJET DETAILLE

INTRODUCTION :

La phase d'étude d'avant-projet détaillé (APD) est un perfectionnement de la solution retenue dans la phase d'étude d'avant-projet sommaire, les plans de la variante (I) seront établis à l'échelle 1/1000.

Cette dernière sert à établir des dossiers d'enquêtes parcellaires permettant les acquisitions de terrains, et sert également de base pour les dossiers d'appels d'offres.

L'étude d'avant-projet détaillé de notre projet se caractérise par cinq parties :

- Une partie tracé, contient le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers ;
- Une deuxième partie géotechnique, contient l'étude géologique et géotechnique, et le dimensionnement de corps de chaussée de la voie ;
- Assainissement et drainage ;
- Partie conception des gares.
- Partie impact sur l'environnement.

I. CARACTERISTIQUES DE BASE :

Cette ligne nouvelle Tiaret / Saïda est conçue pour un trafic mixte, c'est-à-dire, pour un trafic voyageurs et marchandises,

- Longueur du tronçon de notre projet 55 km ;
- Les caractéristiques géométriques et techniques selon les standards UIC et des pratiques de la S.N.T.F ;
- Pour des vitesses maximales de : 160 km/h (voyageurs) et 100 km/h (marchandises);
- A un écartement standard de 1435 entre les deux files de rails ;
- A voie unique posée sur plateforme d'une voie ;
- une extension par une deuxième voie et une électrification, sont programmée ultérieurement ;
- Une ligne clôturée de bout en bout ;
- Gares de croisement conçues pour garer des trains de 750 m sur tout l'itinéraire;
- Gare de marchandise à Saïda ;
- Traction, actuellement diesel.

AVANT PROJET DETAILLE

II. TRACE :

Dans ce chapitre, les caractéristiques générales du tracé sont présentées. En particulier, les paramètres d'étude de tracé en plan et profil en long, ainsi que la description du tracé.

La ligne nouvelle a été conçue pour trafic mixte. C'est pourquoi il est nécessaire de considérer pour les paramètres de tracé les deux natures de trafic avec leurs vitesses maximales.

La ligne a été tracée pour les vitesses maximales suivantes :

- Vitesse maximale trains voyageurs : 160 km/h
- Vitesse maximale trains marchandises : 100 km/h

II.1. TRACE EN PLAN :

Les paramètres prisent pour l'établissement du tracé en plan, sont comme suit,

II.1.1. PARAMETRES DE L'ETUDE :

II.1.1.1. LONGUEUR MINIMALE DES ELEMENTS DE TRACE :

La longueur minimum des éléments en plan et en profil en long est de $\frac{V}{2}$ (m).

II.1.1.2. RAYON :

En fonction de la vitesse d'exploitation prévue, les rayons ont été définis selon la formule suivante :

$$\frac{11.8 * Vmin^2}{d(Rmin) + Imax} \leq R \leq \frac{11.8 * Vmax^2}{d(Rmin) - Emax}$$

R = Rayon de courbe (m)

V = Vitesse (km/h)

D = Dévers (mm)

I = Insuffisance de dévers (mm)

$Imax$ = Insuffisance de dévers maximum $Imax = 100$ mm

$Dmax$ = Dévers maximal $Dmax = 160$ mm

$Emax$ = Excès de dévers maximal $Emax = 70$ mm

D'où le rayon minimum pris en considération pour notre étude d'avant-projet détaillé et

$R = 1500$ m (Limite normale), exceptionnellement 1000.

AVANT PROJET DETAILLE

II.1.1.3. COURBE DE RACCORDEMENT :

La clothoïde est utilisée pour les courbes de raccordement de paramètre A tel que,

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

Et

$$L = 1,4 \mathbf{d} \text{ (pour le cas normal)}$$

$$L = 1,587 \mathbf{d} \text{ (pour le cas maximal)}$$

\mathbf{d} : Dévers prescrit.

R : Rayon de courbe (m)

L : Longueur de la clothoïde.

Avec une longueur minimale de courbes de raccordement est de 60 m.

II.1.1.4. DEVERS :

$$11,8 \frac{V^2_{min}}{R} - I_{max} < \mathbf{dp} < 11,8 \frac{V^2_{max}}{R} + E_{max} \quad (mm)$$

II.1.1.5. LIMITE DE LA VARIATION DE DEVERS DANS LES COURBES DE TRANSITION :

$$R_p = 1,125 \text{mm/m.}$$

II.1.1.6. LIMITE DE LA VARIATION D'INSUFFISANCE DE DEVERS :

Valeur maximale $\geq 75 \text{mm/s.}$

II.1.2. CALCUL DES DEVERS ET VERIFICATION DES INSUFFISANCES :

Pour : $V_{max} = V$ (train de voyageurs) = 160 km/h.

$V_{min} = V$ (train de marchandises) = 100 km/h.

$I_{max} = 150 \text{ mm.}$

$E_{max} = 110 \text{ mm.}$

$d = 160 \text{ mm}$

$C = 165.$

AVANT PROJET DETAILLE

Tableau. IV.1. Tableau récapitulatif des résultats.

R	D _p	Train de voyageur		Train de marchandise		L(m)	A(m)
		D _{thv}	I	D _{thm}	E		
1000	165	302,08	137,08	75,52	89.48	261,855	511.72
1500	110	201,38	91,38	50,34	59.66	174,57	511.72
2000	82.5	151,04	68,54	37,76	44.74	130,9275	511.72
3000	55	100,69	45,69	25,17	29.83	87,285	511.72
7500	22	40,27	18,27	10,07	11.93	34,914	511.72
10000	16.5	30,21	13,71	7,55	8.95	26,1855	511.72

II.1.3. CONDITIONS ET REGLES DE TRACE :

Pour la bonne conception d'un nouveau tracé, tout en assurant un compromis entre les coûts, le confort des voyageurs et les performances, traduites en temps de parcours. On doit respecter les règles :

II.1.3.1. EN PLEINE VOIE :

- Eviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible qui nécessite la réalisation des ouvrages d'arts, dans le cas où c'était inévitable le franchissement s'effectuera perpendiculairement à sa ligne d'écoulement ou dans les endroits les plus étroits.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer le terrassement.
- Eviter les problèmes de talus :
 - **Talus en déblai** : éviter
 - Présence de nappe.
 - Terrains plastiques.
 - Présence de roches fissurées.
 - **Talus en remblai** : éviter
 - Présence de terrain instable (pouvant être mis en mouvement par le remblai)
 - Sol très compressible

II.1.3.2. AU NIVEAU DES GARES :

Au niveau des gares (croisement ou marchandises), le tracé est constitué par des alignements droits dont la longueur est égale ou supérieur à la longueur du véhicule (environ 750 m), et cela pour faciliter le mouvement des trains (accélération, freinage, changement de voies).

AVANT PROJET DETAILLE

II.1.4. CALCUL D'AXE :

Le calcul a été fait par logiciel Covadis (résultats de calcul d'axe sont joints en annexe).

II.2. PROFIL EN LONG :

La constitution du profil en long est la tâche la plus importante avec laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique (Quantité de déblai et de remblai, les ouvrages d'arts), soit sur le plan technique (déclivités, coordination tracé en plan et profil en long et emplacement des gares).

Nous reprenons l'étude du profil en long de la variante retenue (I) mais en faisant le tracé à partir des levées topographiques et non à partir de Google Earth comme dans l'APS.

II.2.1. TOPOGRAPHIE :

Dans un projet de telle envergure, l'étude topographique ne peut guère se réaliser, de cela le cadre de l'étude d'ingénierie de la ligne s'est basé sur les travaux de photogrammétrie et des ortho photos faites à partir de scanners de photos aériennes, et autres montés sur photos satellites.

L'étude est effectuée dans le système de coordonnées UTM, fuseau 31 Nord, avec le système géodésique WGS84.

II.2.2. PARAMETRES DE L'ETUDE :

II.2.2.1. DECLIVITE :

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur :

- La déclivité maximale est fixée à 16‰.
- En déclivité de longueur inférieure à 11.000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰.
- En déclivité de longueur supérieure à 11.000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 15‰.
- La déclivité dans les gares et gares de croisement est fixée à 0,00‰.

II.2.2.2. RACCORDEMENT LONGITUDINAL :

- Valeur limite recommandée : $R_{min} = 9.000$ m.
- Valeur limite minimal : $R_{min} = 2.000$ m.

AVANT PROJET DETAILLE

II.2.3. CONDITIONS ET REGLES DE TRACE :

On a essayé de respecter les recommandations et les prescriptions suivantes :

- La déclivité maximale est de 16‰, en gare elle est de 1‰ au maximum ;
- Assurer un palier de 350 à 400 m de part et d'autre de la gare, avec une certaine pente pour un redémarrage facile des trains en cas d'arrêt au voisinage de cette gare ;
- La distance minimale entre deux points de changement de déclivité doit être 800 m ;
- Minimiser les quantités de déblai et remblai ;
- Eviter les angles rentrants en déblais pour assurer une bonne évacuation des eaux ;
- Eviter les hauteurs excessives en remblai et respecter les hauteurs maximales en déblai ;
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long ;
- Distinguer clairement les dispositions des points singuliers (changement de voie ; appareil de voie) qui sont placées en palier.

II.3. DESCRIPTION DU TRACE :

II.3.1. TRONÇON DU PK 98,390 AU PK 109,558 :

La ligne du point kilométrique 98.390 démarre vers l'ouest. Elle passe au nord du pied de la chaîne de montagne en faisant de grandes courbes pour tourner en direction nord-ouest à la fin du tronçon.

Le terrain se fait progressivement plus montagneux, on trouve vers le sud en particulier de grandes chaînes de montagne. Au niveau de la ligne ferroviaire, le terrain monte de façon continue. Alors que le début du tronçon est situé à une altitude d'environ 1000m, la fin est déjà à 1160m. Cela exige sur une grande partie du tronçon des pentes de 16 ‰ sur des longueurs pouvant aller jusqu'à 3000m. Cependant, il n'est pas nécessaire d'avoir des ponts ni des tunnels.

Au PK 106,833, le CW04 traverse la voie ferroviaire par le haut.

Sur ce tronçon, les buissons et les zones de forêts aérées dominant.

II.3.2. TRONÇON DU PK 109,558 AU PK 117,150 :

Sur ce tronçon, la ligne fait une grande courbe depuis la direction nord-ouest vers l'ouest, et longe la chaîne de montagnes située au sud.

Le terrain est vallonné, avec une déclivité en longueur de 16 ‰, descend de 1160m ensuite de 1130m ; remonte jusqu'à 1195m. Sur ce tronçon, aucun pont ni tunnel est nécessaire.

Une gare de croisement (3) est située sur un large ensellement (entre le PK 115,835 et le PK 117,150). Au sein de ce tronçon, 13 oueds croisent le tracé et peuvent être guidés dans des dalots sous la ligne.

AVANT PROJET DETAILLE

La végétation se compose principalement d'arbres et de buissons, néanmoins entrecoupés par des prairies et de prés.

II.3.3. TRONÇON DU PK 117,150 AU PK 129,210 :

Le tronçon reste vallonné. Sur la ligne courant vers l'ouest, le terrain est en pente continue. L'altitude au début du tronçon est d'environ 1195 m, alors qu'elle est de 1055 m au point le plus bas (PK 128,3). Pour franchir ce dénivelé, plusieurs rampes de 16 ‰ d'une longueur pouvant aller jusqu'à 3000m seront une fois de plus nécessaires. Pour traverser deux oueds, deux ponts de 11 et 12m de longueur sont requis.

- PK 120,148 L = 11m.
- PK 127,078 L = 12m.

La gare de croisement (2) est située dans la vallée de l'oued Felfout du PK 127,895 au PK 129,210.

Au PK 119,309, la C.W10 passe par-dessus la ligne ferroviaire. Au PK 122,719, la C.W09 juxtapose la voie ferrée. Deux chemins non-stabilisés sont également dotés d'un passage inférieur.

Ce tronçon est aussi caractérisé par une végétation de buissons. Des prés et prairies à utilisation agricole peuvent être rencontrés.

II.3.4. TRONÇON DU PK 129,210 AU PK 139,950 :

Le tracé se dirige d'abord en direction du sud-ouest, puis reprend pratiquement une direction ouest à partir du PK 135.

Du point de vue topographique, ce tronçon recense encore des collines se trouvant tant au nord qu'au sud du tracé. Le terrain du tracé recommence à monter de façon continue, passant d'env. 1075 m. au début de ce tronçon à env. 1175 m au PK 136,1. A partir de là, le terrain redescend légèrement à environs 1155 m à la fin du tronçon. Pour franchir ce dénivelé, de longs tronçons présentant la déclivité longitudinale maximale de 16‰ devront être employés.

Sur une zone plate comprise entre le PK 138,635 et le PK 139,950, est située une première gare de croisement(1).

Outre les buissons isolés, cette zone se caractérise principalement par une utilisation agricole dans des champs et des prés.

II.3.5. TRONÇON DU PK 139,950 AU PK 154,032 :

Le tracé quitte la gare de croisement (1) vers une direction ouest en se dirigeant ensuite, vers une direction sud-ouest en passant par une grande courbe. Avec plusieurs virages

AVANT PROJET DETAILLE

étroits d'un rayon de 1000m, les collines de Saïda sont contournées et le tracé arrive à la gare de marchandises de Saïda.

Ce tronçon du tracé est caractérisé par des collines, et des montagnes bien marquées séparées en partie par des oueds situés profondément dans la vallée. Le terrain descend en direction du nord-ouest, exigeant une rampe de 16‰ d'environ 5500m. Le terrain reste ensuite fortement vallonné à montagneux. La gare de marchandises de Saïda à la fin du tronçon est cependant située à 1055 m.

En raison de la topographie difficile pour le franchissement des vallées profondes de ce tronçon, 11 viaducs doivent être construits. 3 parmi eux ont une longueur allant jusqu'à 50 m, 6 entre 50 et 200m et un viaduc d'une longueur de 352m.

- PK 141,454 L = 52m
- PK 143,011 L = 152m
- PK 143,277 L = 176m
- PK 145,548 L = 176m
- PK 148,265 L = 352m
- PK 148,511 L = 28m
- PK 149,086 L = 102m
- PK 149,397 L = 148m
- PK 150,628 L = 132m
- PK 151,271 L = 10m
- PK 153,630 L = 10m

La gare de marchandises de Saïda se situe entre le PK 151,287 et le PK 153,620 sur un plateau au sud de Saïda, légèrement en pente en direction du nord-ouest vers la ville.

Les coteaux escarpés sont couverts de buissons et d'une végétation de steppe. Les parcelles plus planes sont utilisées pour l'agriculture.

II.4. PROFIL EN TRAVERS :

Dans la phase APD, on doit établir le long de notre tracé plusieurs profils en travers, et cela selon la nature topographique et géologique du terrain naturel, le cas où on est en alignement ou en courbe à une échelle de 1/100, en hauteur et en longueur pour conserver les vraies pentes au talus.

AVANT PROJET DETAILLE

II.4.1. CARACTERISTIQUES DE LA VOIE :

II.4.1.1. SUPERSTRUCTURE :

➤ **RAILS :**

- En pleine voie et en gares, rail UIC 60. En (LRS).

➤ **TRAVERSES :**

- Traverses bi-bloc en pleine voie et voies de gare.
- Traverses en bois pour les appareils de voie.

➤ **ATTACHES :**

- Attaches élastiques de type Nabla.

➤ **APPAREILS DE VOIE :**

- UIC-60 300-1:9 50 km/h
- UIC-60 500-1:12 70 km/h

II.4.1.2. INFRASTRUCTURE :

Une voie unique de 8,00 m de largeur reposant soit on un fond de déblais ou la surface supérieur d'un remblai nivelé ; la sous couche de la voie est constituée d'une couche de sous ballast et d'une couche de fondation ; Chaque couche présente un dévers de 4 % vers l'extérieur du corps de la voie ; Les couches d'assises sont posées sur une couche de forme. (Voir figure.IV.1.)

Du côté gauche de la voie (dans le sens du kilométrage), une bande latérale est prévue pour l'installation des poteaux d'une caténaire est prévue et, parallèlement, pour une conduite de télécommunication.

Les talus de remblai et de déblai auront des pentes de 1H:1,5V.

Dans les zones de déblai, des fossés capteurs sont prévus à côté du corps de la voie pour l'évacuation des eaux de ruissellement. De même, pour la protection des pieds de talus de remblai contre le trempage, des fossés d'écoulement ont été prévus. (Pour les détails du dimensionnement des fossés voir chapitre Assainissement).

AVANT PROJET DETAILLE

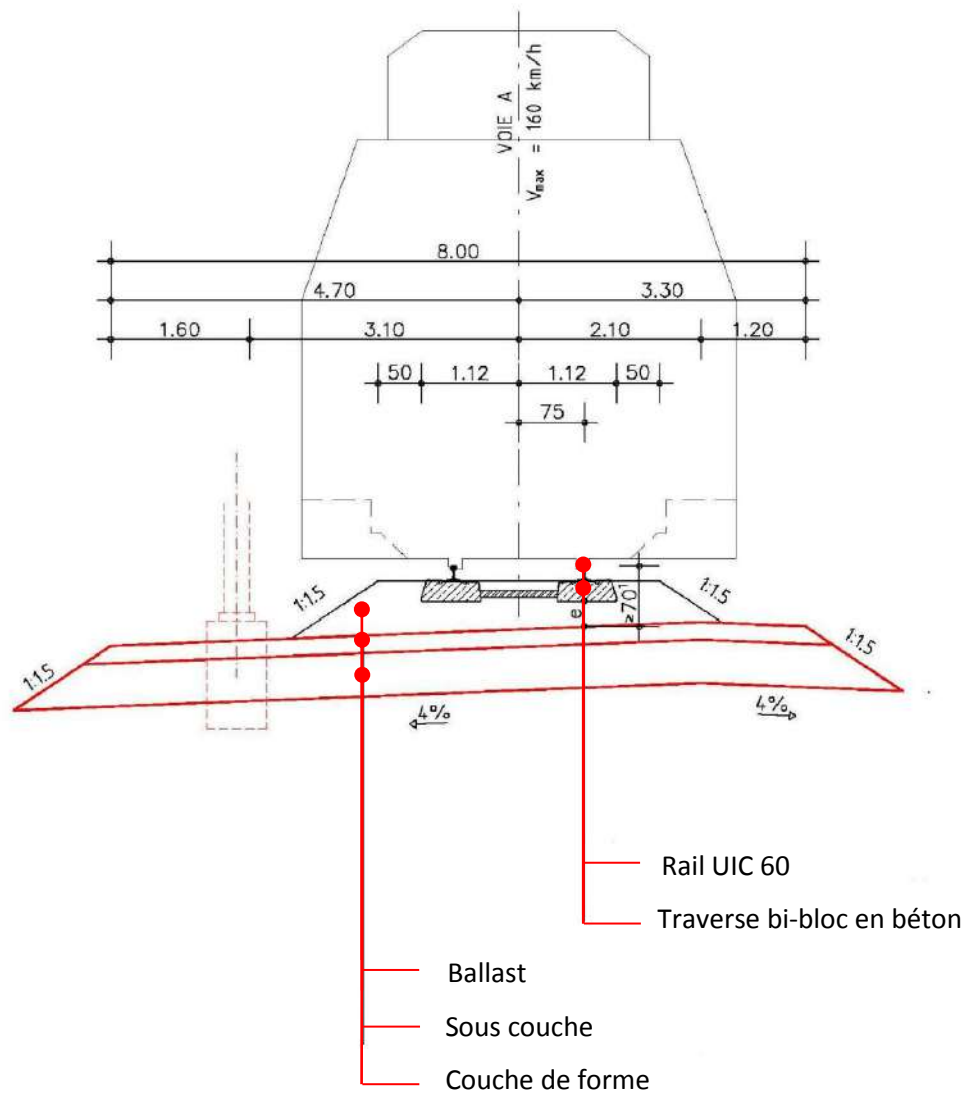


Figure.IV.1. La voie.

II.4.1.3. PROFIL EN TRAVERS TYPE :

Les détails du profil en travers type se trouvent dans la coupe transversale type présentée en annexe.

Après les études du tracé en situation et du tracé en élévation recherchant essentiellement l'évolution de l'axe de la voie, et les dépendances de la coupe transversale ; On constat qu'il n'y a pas de recettes miracles pour résoudre des problèmes souvent complexes et de situations variées. La solution est de trouver un compromis entre les différents éléments.

AVANT PROJET DETAILLE

III. GEOTECHNIQUE :

III.1. CADRE GEOLOGIQUE :

Vue la non disponibilité de l'étude géologique de tous le tracé, l'étude géologique et géotechnique de notre projet c'est appuyer sur une partie prioritaire de tronçon (voir figure ci-dessous).

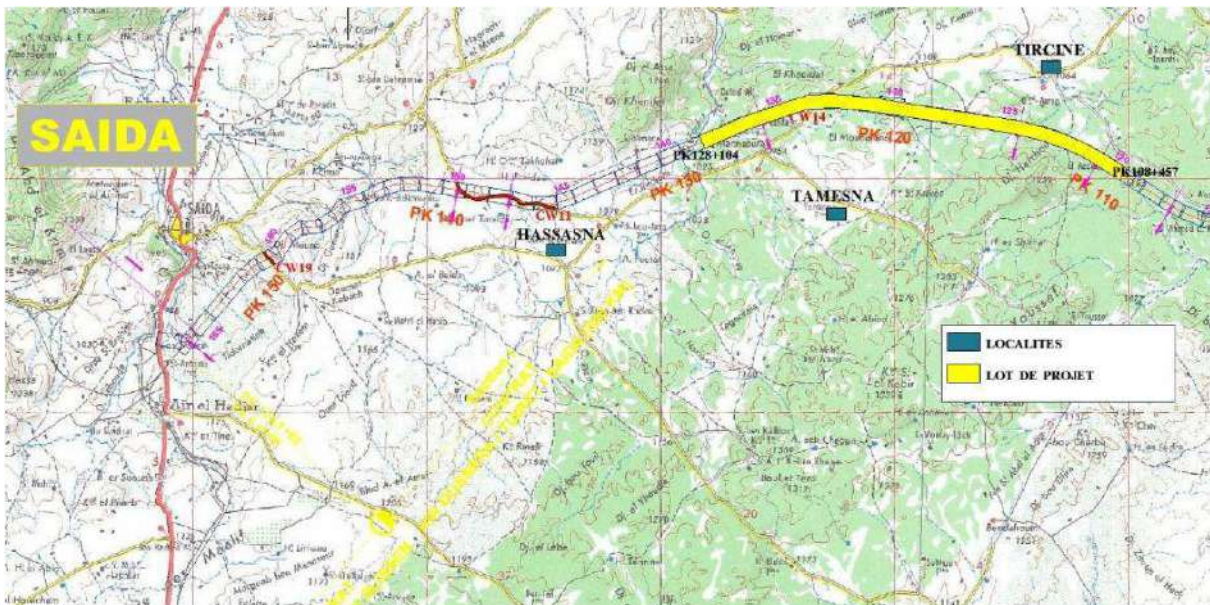


Figure.IV.2. Tronçon d'étude.

III.1.1. DESCRIPTION DE LA GEOLOGIE DE L' AIRE D' ETUDE :

Les formations jurassiques forment l'essentiel des affleurements dans la zone du tronçon prioritaire. En particulier, on reconnaît les principales formations du groupe carbonaté inférieur (Jurassique inférieur et moyen), du groupe détritique des Hauts Plateaux et du groupe carbonaté supérieur (jurassique supérieur à valanginien) (voir figure.IV.2).

Le groupe carbonaté inferieur correspond aux dolomies, ce groupe comporte trois formation à dominance calcaire, qui sont de bas en haut : la formation carbonatée du Lias inferieur-moyen, la formation des marnes du lias supérieure et la formation des calcaire de l'Aalénien-Bajocien.

La formation carbonatée existe dans toute la zone des Hauts Plateaux et comprend un membre inférieur, constitué de 300 m, au moins, de dolomies massives avec passées de calcaires olithiques à bioclastes, et un membre supérieur, d'épaisseur très variable (20 à 115 m), formé de calcaires en bancs décimétriques et de marno-calcaire qui se développent vers le sommet.

AVANT PROJET DETAILLE

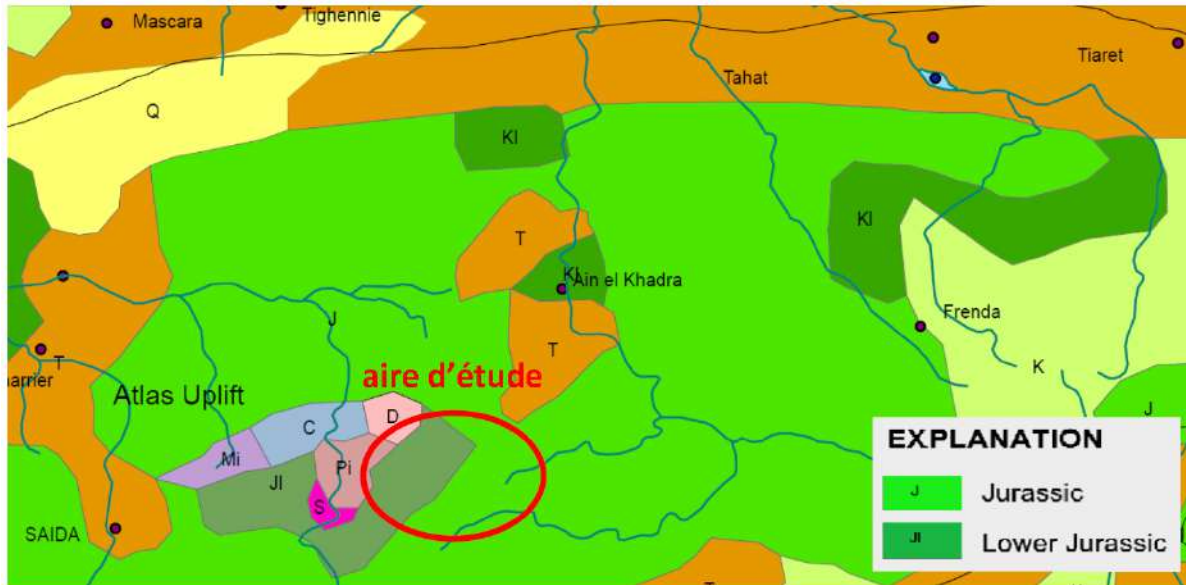


Fig.IV.3. Géologie de tronçon d'étude.

La formation de marnes comprend des marnes vertes, parfois rouges, à débris végétaux, et des marno-calcaires avec des épaisseurs variables de 10 à 600 m, correspond au sommet des dolomies et montre des faciès calcaires parfois olithiques '130 à 210 m ou plus dolomitiques.

A partir du Callovien, une sédimentation deltaïque alimentée par des apports venant du S-SW, envahit toute la région. Ce groupe correspond aux classiques formations des argiles de saïda. Ce dernier est un ensemble argilo-gréseux à débris végétaux, de 180 à 350 m d'épaisseur, et d'âge callovien inférieur à oxfordien inférieur.

III.1.2. GEOMORPHOLOGIE :

Ce tronçon de projet est situé à l'est de Saïda, à peu près 35 Km de la ville. Le tracé en objet se trouve à une altitude variable entre 1140 mètres et 1040 mètres. L'altitude maximum est atteinte au PK. 117+000, tandis que l'altitude minimum est atteinte au PK. 126+000. La morphologie générale de la zone d'étude est très douce, avec des basses pentes topographiques dues principalement à l'état de fracturation et de karstification du massif calcaire affleurant.

III.2. CADRE GEOTECHNIQUE :

L'étude géotechnique doit d'abord permettre de localiser les différentes couches formant le sol support et donner les renseignements de chaque couche et ses caractéristiques mécaniques et physiques.

Dans le cadre de la reconnaissance du sol, Il a été réalisé une campagne de puits et sondages dont le but était de définir les caractéristiques physico-mécaniques des terrains traversés par le tracé principal.

AVANT PROJET DETAILLE

III.1.1. CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE :

III.1.1.1. LES ESSAIS IN SITU :

Une série de puits a été réalisé en vue de mettre à jour le sol support et d'analyser ses caractéristiques. Seuls les puits réalisés entre les PK 108+450 et le PK 128+104.200 nous ont été communiqués.

III.1.1.2. LES ESSAIS DE LABORATOIRE :

Les échantillons prélevés des puits de reconnaissance ont subi des essais de laboratoire afin de pouvoir classifier le sol support selon la réglementation UIC dans un but de dimensionnement des couches d'assises. Les essais effectués sont :

1. Analyse granulométrique et sédimentométrique ;
2. Equivalent de sable ;
3. Mesure des limites d'Atterberg ;
4. Essai Proctor.

III.2. RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE :

III.2.1. DESCRIPTION DES PUIITS DE RECONNAISSANCE :

Les puits ont été creusés à la pelle mécanique. Nous présentons ci-après quelques photos des puits :



Figure.IV.4. Réalisation des puits.

AVANT PROJET DETAILLE

➤ L'ANALYSE LITHOLOGIQUE DES PUIITS A DONNE LES RESULTATS SUIVANTS :

PK 98+450


PHOTO	PROFONDITÉ MÈTRES	LOG	DESCRIPTION	NOTES
	0,5		Terrain végétale	
	1		Tuf (Sable calcaire maron avec veines blanchâtre, faiblement addensé)	
	2	2,0		
	2,6		Argiles et argiles sableuse maron avec galets de petit taille	
	3			
	4			
	5			

Figure. IV.5. Coupe et photo du puits au PK98+450

PK 99+700


PHOTO	PROFONDITÉ MÈTRES	LOG	DESCRIPTION	NOTES
	0,5		Terrain végétale	L'excavation n'est pas pu aller plus en profondeur de 0,50 mètres.
	1	1,0	Tuf (calcaire sableuse blanchâtre dur et compact, très addensé)	
	2			
	3			
	4			
	5			

Figure. IV.6. Coupe et photo du puits au PK99+700

AVANT PROJET DETAILLE

PK 102+350


PHOTO	PROFONDITÉ MÈTRES	LOG	DESCRIPTION	NOTES
	0,3		Terrain végétale	L'excavation n'est pas pu aller plus en profondeur de 0,80 mètres
	0,8		Tuf (Sable calcaire blanchâtre, faiblement addensé)	
	1,5		Conglomérat de faiblement à très cimenté	
	2			
	3			
	4			
	5			

Figure. IV.7. Coupe et photo du puits au PK102+350.

PK 103+050


PHOTO	PROFONDITÉ MÈTRES	LOG	DESCRIPTION	NOTES
	0,5		Tuf (Sable calcaire blanchâtre, faiblement addensé)	L'excavation n'est pas pu aller plus en profondeur de 0,50 mètres
	1		Conglomérat de faiblement à très cimenté	
	2			
	3			
	4			
	5			

Figure. IV.8. Coupe et photo du puits au PK103+050.

AVANT PROJET DETAILLE

PK 105+250


PHOTO	PROFONDITÉ MÈTRES		LOG	DESCRIPTION	NOTES
		0,5		Terrain végétale et encoûtements calcaires blanchâtres	L'excavation n'est pas pu aller plus en profondeur de 0,50 mètres
	1	1,0		Calcaire dur, fracturé et altéré	
	2				
	3				
	4				
	5				

Figure. IV.9. Coupe et photo du puits au PK105+250.

PK 105+800


PHOTO	PROFONDITÉ MÈTRES		LOG	DESCRIPTION	NOTES
		0,5		Terrain végétale brunâtre	L'excavation n'est pas pu aller plus en profondeur de 0,80 mètres
	1	1,0		Calcaire dur, très fracturé	
	2				
	3				
	4				
	5				

Figure. IV.10. Coupe et photo du puits au PK105+800.

AVANT PROJET DETAILLE

PK 106+700


		0,5		Terrain végétale
	1			Tuf (Sable calcaire maron avec veines blanchâtre, faiblement addensé)
		1,5		
	2			Argile et sable marrons, faiblement addensées
		2,3		
	3			
	4			
	5			

Figure. IV.11. Coupe et photo du puits au PK106+700.

PK 107+500


PHOTO	PROFONDITÉ MÈTRES	LOG	DESCRIPTION	
	1		Grès argileuse marrons avec intercalations mameuses argileuses et encroûtements calcaires blanchâtres	
	2			
		1,8		
	3			
	4			
	5			

Figure. IV.12. Coupe et photo du puits au PK107+500.

AVANT PROJET DETAILLE

On voit que les sols support est constitué d'une terre végétale allant jusqu'à 60 cm d'épaisseur surmontant parfois une couche superficielle constituée d'encroutements grésocalcaires blanchâtres appelée "tuf" (T) et parfois des argiles et sables avec des concrétions carbonatées et dépôts rougeâtre d'altération superficielle (TV).

On rencontre aussi dans certains puits des grés argileux en couches avec des intercalations marneuses et d'argile (GA) et marnes schisteuses a haut contenu d'argiles très altérées (MA).

III.2.2. ESSAIS DE LABORATOIRE :

Nous donnons ci-après une description des essais de laboratoire permettant de classer notre sol support puis par la suite un tableau récapitulatif regroupant l'ensemble des résultats de laboratoire ainsi qu'une interprétation de ces derniers.

III.2.2.1. ANALYSE GRANULOMETRIQUE :

Faire une granulométrie, c'est procéder à un tri par tamisages successifs à travers des mailles calibrées et normalisées de plus en plus fines (maille carrée), afin d'établir une courbe granulométrique (le mode opératoire est défini par des normes AFNOR (voie humide et sèche) qui représente les proportions respectives des classes de dimensions des granulats. Elle se fait par tamisage par voie sèche après lavage les sols dont les éléments Sant supérieurs à 80 μm (NF P94-056) et par sédimentation pour les éléments inférieurs ou égaux à 80 μm (NF P94-056). L'analyse granulométrique du sol jusqu'au diamètre de 80 μm se fait en utilisant une série de tamis (NF P 94-056).

L'analyse granulométrique par sédimentation est un essai géotechnique qui complète l'analyse granulométrique par tamisage d'un sol est qui peut être nécessaire à sa description et à sa classification.

La sédimentation s'applique aux éléments d'un sol naturel passant à travers le tamis à maille carré de 80 μm d'ouverture les particules de taille inférieure à 1 μm ne peuvent cependant pas être différenciées par cet essai. Elle se fait selon le processus suivant :




- Lavage de l'échantillon



AVANT PROJET DETAILLE

<p>- Séchage de l'échantillon</p>	
<p>- Désagréger le tamisât avec le pilon dans le mortier puis homogénéiser le tout.</p>	
<p>- Prélever une prise d'essai de 80 g</p>	
<p>- Introduire la prise d'essai dans le récipient utilisé avec l'agitateur mécanique</p>	
<p>- Ajouter 500 cm³ de la solution pour imbiber</p>	
<p>- Disperser la prise d'essai au moyen de l'agitateur mécanique</p>	
<p>- Verser la suspension dispersée dans une éprouvette d'essai immédiatement après la fin de l'agitation mécanique.</p>	
<p>- Rincer le récipient et l'agitateur avec de l'eau distillé</p>	
<p>- Compléter par de l'eau distillée jusqu'à 2000 cm³</p>	

AVANT PROJET DETAILLE

<p>- Agiter vigoureusement la suspension au moyen de l'agitateur manuel</p>	
<p>- Retirer l'agitateur et déclencher le chronomètre au même temps</p>	
<p>- Prolonger le densimètre dans la suspension juste après de déclenchement du chronomètre</p>	
<p>- Effectuer les lectures de densité aux temps suivants en minutes.</p>	
<p>-Retirer le densimètre après chaque mesure.</p>	

La granularité est exprimée par une courbe granulométrique qui donne la répartition de la dimension moyenne des grains, exprimée sous forme de pourcentage du poids total du matériau.

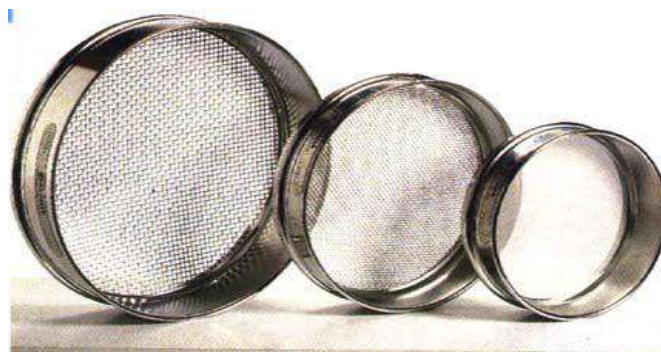


Figure.IV.13. Tamis à mailles carrées

AVANT PROJET DETAILLE

La classification suivante permet de trouver la dénomination du matériau :

➤ Caillou et bloc	$200 > d > 20$
➤ Gravier	$20 > d > 2$
➤ Sable grossier	$2 > d > 2 \cdot 10^{-2}$
➤ Silt (limon)	$2 \cdot 10^{-2} > d > 2 \cdot 10^{-3}$
➤ Argile	$2 \cdot 10^{-3} > d > 2 \cdot 10^{-4}$
➤ Ultra-argile	$2 \cdot 10^{-4} > d > 2 \cdot 10^{-5}$

A partir des résultats de l'analyse granulométrique, on définit les coefficients suivants :

Le coefficient d'uniformité (de HAZEN) :

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

Le coefficient de courbure :

$$C_c = D_{30}^2 / D_{60} \cdot D_{10}$$

Pour $C_u < 2$ la granulométrie est dite uniforme.

Pour $C_u > 2$ la granulométrie est dite étalée.

III.2.2.2. EQUIVALENT DE SABLE :

L'intérêt de cet essai réside dans le fait qu'il constitue pratiquement le seul essai qui permette actuellement de contrôler la constance de certaines qualités de matériaux mis en œuvre sur chantier à la cadence rapide imposée par les moyens mécaniques modernes. C'est un essai empirique, simple et rapide, ne nécessitant qu'un appareillage très élémentaire permettant son utilisation sur un chantier. Cet essai est utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables entrant dans la composition des bétons, est aussi pour les sols mais dans ce cas, son importance est moindre, le paramètre le plus significatif étant la valeur de bleu du sol. L'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sol des éléments sableux plus grossiers. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie la propreté de celui-ci.

L'essai est effectué sur la fraction 0/5 mm du matériau à étudier. Le tamisage se fait par voie humide afin de ne pas perdre d'éléments fins.

On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout. Au bout de 20 minutes on mesure les éléments suivants :

AVANT PROJET DETAILLE

- Hauteur h1 : sable propre plus éléments fins.
- Hauteur h2 : sable propre seulement.

On déduit l'ES qui, par convention, est :

$$ES = \frac{h2}{h1} \times 10$$



Figure.IV.14. Essai d'équivalent de sable

Selon que la hauteur (h2) est mesurée visuellement ou à l'aide d'un piston, on détermine ESV (équivalent de sable visuel) ou ES (équivalent de sable au piston). L'essai est effectué sur 120g de grains secs. Il est préférable d'utiliser un échantillon humide, ce qui évite de perdre les éléments fins du sol.

III.2.2.3. ESSAI AU BLEU DE METHYLENE (A LA TACHE) (NF P 18 – 592) :

La valeur de bleu, notée VB et exprimée en grammes de bleu de méthylène par 100 g de matériau, est la quantité de ce colorant qui est nécessaire pour recouvrir d'une couche mono moléculaire les surfaces internes et externes de toutes les particules argileuses présentes dans 100 g de sol.

L'essai s'effectue sur 30 g de matériau, mis à tremper dans 0,2 L d'eau et maintenus en permanence sous agitation. On procède à des additions de bleu de méthylène jusqu'à ce que toutes les particules du sol soient saturées. La saturation est déterminée par le test de la tache, en observant la formation d'une auréole bleue sur le papier filtre où l'on dépose une goutte de solution.

AVANT PROJET DETAILLE

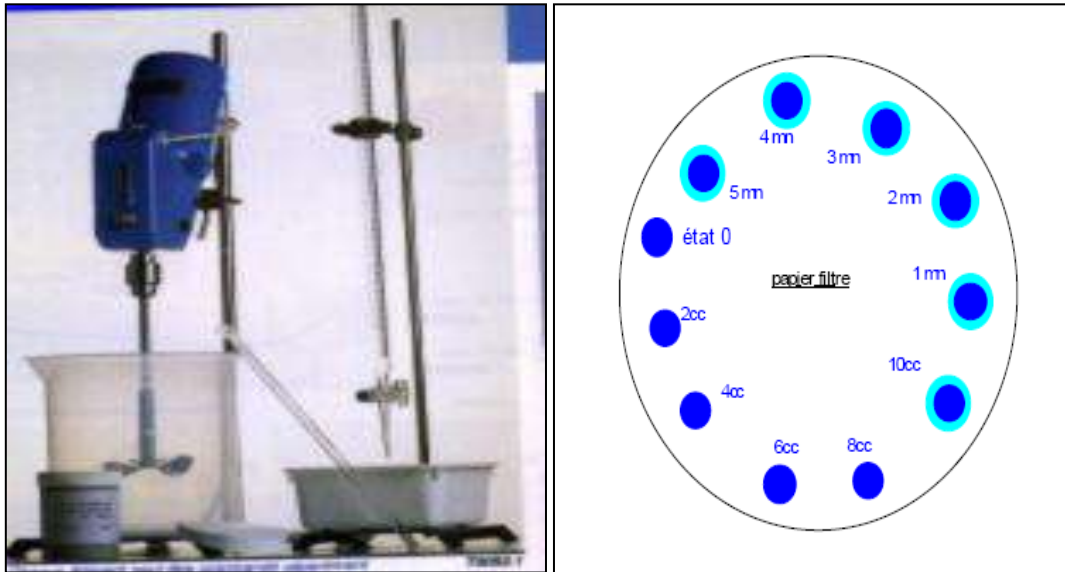


Figure.IV.15. Essai de bleu de méthylène à la tâche.

Cet essai est utilisé pour caractériser l'activité des argiles contenues dans les sables et graves d'origine naturelle ou artificielle.

III.2.2.4. LES LIMITES D'ATTERBERG :

Les limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance et de plasticité. Elles correspondent à des états particuliers d'un sol.

Limite de liquidité W_l : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquides et plastiques.

Limite de plasticité W_p : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastiques et solides.

Indice de plasticité : différence entre les limites de liquidité et de plasticité. Cet indice l'étendue du domaine plastique.

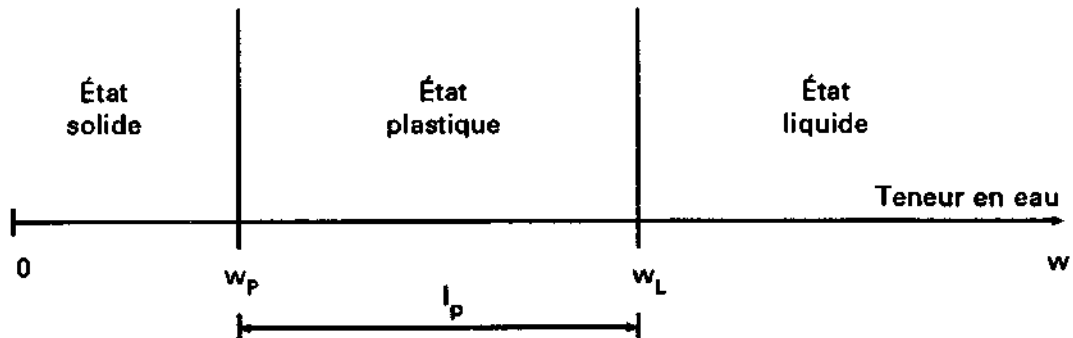
$$I_p = W_l - W_p$$

L'indice de consistance I_c :

$$I_c = (W_l - W) / I_p$$






Les teneurs en eau étant exprimée en pourcentage, l'indice de plasticité est un nombre sans dimension.

AVANT PROJET DETAILLE






III.2.2.5. LA LIMITE DE LIQUIDITE :

Par définition, la limite de liquidité est la teneur en eau du matériau qui correspond à une fermeture sur 1 cm des lèvres de la rainure après 25 coups. Le processus de détermination de la limite de liquidité est le suivant :



<p>- Lavage de l'échantillon</p>	
<p>- Séchage de l'échantillon</p>	
<p>- Imbiber une masse m de matériau pendant 24 h</p>	
<p>- Malaxer le tamisât afin d'obtenir une pâte homogène et presque fluide</p>	
<p>- Répartir avec la spatule dans la coupelle une masse m de matériau.</p>	

AVANT PROJET DETAILLE




<p>- Partager la pâte en deux avec l'outil à rainurer</p>	
<p>-Fixer la coupelle sur le support de l'appareil de Casagrande</p>	
<p>-Actionner la came de façon à soumettre la coupelle à une série de chocs.</p>	
<p>-Noter le nombre N de chocs.</p>	
<p>- Prélever environ 5 g de pâte. de chaque côté des lèvres pour déterminer la teneur en eau.</p>	
<p>- Le prélèvement est placé dans une capsule de masse connue</p>	
<p>-Etuver le tout à T= 105 C°.</p>	

III.2.2.6. LA LIMITE DE PLASTICITE :

- Détermination de la limite de plasticité :

<p>- Former une boulette à partir de la pâte</p>	
<p>- Rouler la boulette sur une plaque lisse.</p>	

AVANT PROJET DETAILLE

<p>- Amincir le rouleau de façon continue jusqu'à obtenir un diamètre de 3 mm</p>	
<p>- Une fois le rouleau se fissure, prélever la partie centrale et la placer dans une capsule de masse connus.</p>	
<p>- Peser le tout.</p>	
<p>- Etuver pour déterminer la teneur en eau</p>	

Suivant la valeur de I_p , on dit que :

$I_p \leq 12\%$ on dit que le sol est non plastique ;

$12\% < I_p \leq 25\%$ on dit que le sol est peu plastique ;

$25\% < I_p \leq 40\%$ on dit que le sol est plastique ;

$I_p > 40\%$ on dit que le sol est très plastique.

Suivant la valeur de I_c , on dit que :

Un sol à la limite de liquidité a un indice de consistance nul.

Si $I_c < 0$, le sol est à l'état liquide.

Si $0 < I_c < 1$, le sol est à l'état plastique (les déformations sont possibles).

Le sol est d'autant plus susceptible de tasser que la valeur de I_c est proche de 0.

$I_c > 1$, le sol est solide.

AVANT PROJET DETAILLE

III.2.2.7. ESSAI PROCTOR :

L'expérience montre que lorsque l'on compacte un sol, suivant un processus normalisé bien défini, à différentes teneurs en eau, on obtient un matériau dont le poids volumique évolue. Si on présente sur un graphique l'évolution du poids volumique sec (qui représente la quantité de matière solide par unité de volume) en fonction de la teneur en eau w pour différents essais de compactage menés de manière strictement identique (en particulier à énergie de compactage constante), on obtient une courbe présentant un poids volumique sec maximum pour une teneur en eau optimale.

○ **Rappel :**

- Poids volumique sec: $\gamma_d = (\text{poids du sol sec}) / (\text{volume échantillon})$,
- Teneur en eau : $w = (\text{poids sec} - \text{poids humide}) / (\text{poids du sol sec})$.

Il existe donc une teneur en eau particulière w_{opt} , notée w_{opt} pour laquelle le compactage conduit à un poids volumique γ_d maximum. L'essai Proctor permet de déterminer ces conditions particulières.

Il existe deux moules :

- Le moule Proctor (le plus petit), utilisable pour les sols fins,
- Le moule CBR, le plus utilisé. Il sert aussi pour l'essai CBR, d'où son nom, et comporte de ce fait un disque d'espacement qui en réduit la hauteur utile.

Tableau.IV.2. Caractéristiques des moules pour essai Proctor.

Moule	D (mm)	H (mm)
Proctor	101.6	117
C.B.R	152	152 dont disque d'espacement, épaisseur 25.4 mm. Soit H utile = 126.6 mm

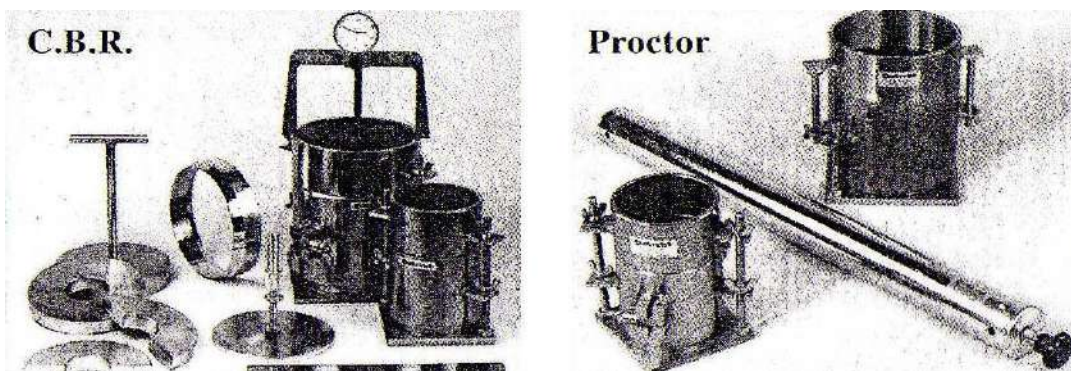


Figure.IV.17. Appareillage Proctor – Appareillage CBR

AVANT PROJET DETAILLE

La quantité à prélever dépend du moule qui sera utilisé. En effet, la courbe expérimentale donnant l'évolution du poids volumique γ_d en fonction de la teneur en eau w sera définie, au mieux, par 5 points. Il est préférable, si cela est possible d'en obtenir un 6e. En conséquence, la quantité de sol à préparer pour réaliser 6 essais sera:

- Dans le cas (en principe rare) d'utilisation du moule Proctor: $6 * 2,5 \text{ Kg} = 15 \text{ Kg}$ de sol,
- Dans le cas du moule CBR (cas général): $6 * 5,5 \text{ Kg} = 33 \text{ Kg}$ au moins).

Le choix du moule dépend de la grosseur D des plus gros grains du sol :

Si $D \leq 5 \text{ mm}$ (et seulement dans ce cas), le moule Proctor est autorisé, mais le moule CBR est conseillé.

Si $5 < D \leq 20 \text{ mm}$, utiliser le moule CBR. Conserver ce sol intact, avec tous ses constituants.

Si $D > 20 \text{ mm}$, tamiser à 20 mm , et peser le refus:

Si refus $\leq 25\%$, l'essai se fait dans le moule CBR, mais sans y intégrer le refus (échantillon écrêté à 20 mm),

Si refus $> 25\%$, l'essai Proctor ne peut être fait.

○ **Remarque :**

S'il y a des éléments de plus de 20 mm , il faut tamiser, et on ne peut le faire avec un sol humide. Dans tous les cas, il faut amener la teneur en eau w à une valeur nettement inférieure à la teneur en eau optimale recherchée, car on fera des essais à des valeurs croissantes de w .

Tableau.IV.3. Essai Proctor – Compactage du matériau dans le moule

	Essai Proctor Normal (Moule Proctor)	Essai Proctor Modifié (Moule CBR)
Masse de la dame	2.480 kg	4.535 kg
Hauteur de chute	305 mm	475 mm
Nombre de couches pour le remplissage du moule	3	5
Nombre de coups par couche	25	55
Diamètre du moule	101.6 mm	152 mm

La quantité de matériau à utiliser pour chaque couche est approximativement:

AVANT PROJET DETAILLE

Tableau.VI.4. Quantité approximative de matériau à utiliser pour chaque couche (essai Proctor).

Moule	Essai Proctor Normal (3 couches)	Essai Proctor Modifié (5 couches)
Proctor	650 g	400 g
CBR	1700 g	1050 g

L'essai se fait selon les étapes suivantes :

- Assembler moule et embase (pour le moule CBR, mettre le disque d'espacement). Mettre un disque de papier filtre au fond du moule, ce qui facilite le démoulage.
- Peser l'ensemble moule + embase à 5g près (soit Pm). Mettre en place la hausse.
- Introduire la première couche de sol et la compacter. Scarifier la surface compactée afin de faciliter la liaison avec la couche suivante.
- Procéder de manière identique pour les couches suivantes.
- Après compactage de la dernière couche, enlever la hausse. Le sol compacté doit dépasser le moule de 1 cm environ. Si ce n'est pas le cas, recommencer le remplissage du moule en augmentant légèrement la quantité de matériau compacté à chaque couche.
- Araser soigneusement le moule et le nettoyer puis le peser (soit Ph). On veillera, au cours de l'arasement à ne pas créer de trous sur la surface arasée.
- Ôter l'embase et prélever 2 prises sur l'échantillon, l'une en haut et l'autre en bas, et en déterminer la teneur en eau w. On prendra la moyenne des deux valeurs obtenues.
- On obtient ainsi le premier point de la courbe dont les coordonnées sont:
 - En abscisse: w, teneur en eau déterminée en 6,
 - En ordonnée: γ_d , poids volumique sec qui s'exprime par:

$$\gamma_d = (P_h - P_m) / ((1 + w) * V)$$

V: volume du moule,

Pm: poids du moule et de son embase,

Ph: poids du moule plein de sol à la teneur en eau w,

w : teneur en eau du sol compacté dans le moule exprimée en valeur unitaire (exemple: 0,12 et non 12 %).

- Pour les points suivants, augmenter à chaque fois la teneur en eau de 2% et recommencer les mêmes opérations. De manière pratique, ceci conduit à ajouter les quantités d'eau suivantes:
 - Moule Proctor, ajouter 50 g d'eau à 2500 g de sol,

AVANT PROJET DETAILLE

- Moule CBR, ajouter 110 g d'eau à 5500 g de sol.
- Tracer la courbe de la teneur en eau w mesurée après chaque essai en fonction du poids volumique γ_d obtenu.
- On en déduit la position de l'optimum Proctor et le couple (w_{opt} , γ_d maxi) correspondant:

Si on a effectué un essai Proctor normal, on a un optimum Proctor normal ou OPN.

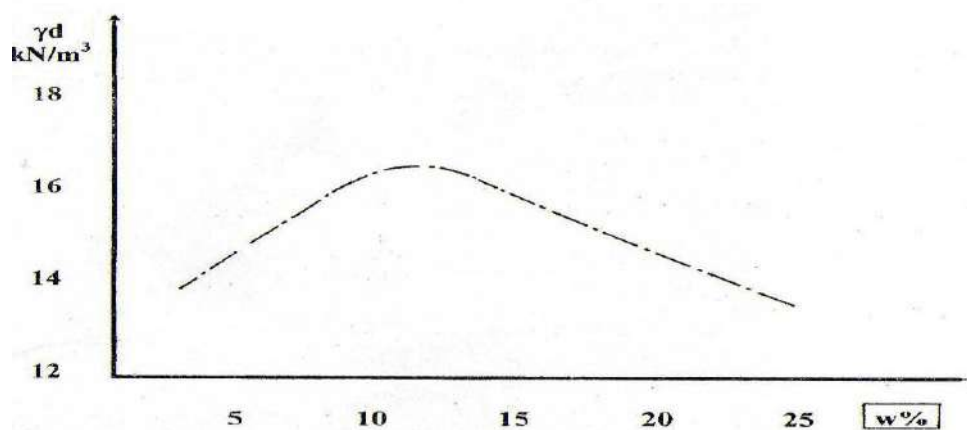
Si on a effectué un essai Proctor modifié, on a un optimum Proctor modifié ou OPM.

○ Remarque :

Avant d'arrêter les essais, il faut s'assurer que l'optimum a été atteint et largement dépassé. On observe l'évolution du poids humide du sol compacté dans le moule après arasement.

Avant l'optimum, la variation du poids humide de sol compacté, d'un essai au suivant, est nettement supérieure à la quantité d'eau ajoutée (50 g ou 110 g selon l'essai). Après l'optimum, cette variation est nettement inférieure à la quantité d'eau ajoutée. On constate en effet que la pente de la courbe est plus accentuée dans la partie sèche par rapport à la partie humide.

Le tracé de la courbe $\gamma_d = f(w)$ permet de déterminer la valeur maximale du poids volumique sec γ_d c'est à dire l'optimum Proctor normal.



Graphique de l'Optimum Proctor

Deux cas sont possibles:

- Essai à l'énergie modérée ou essai Proctor normal. On détermine le couple γ_d maxi obtenu pour w_{opt} qui est la teneur en eau de l'optimum Proctor normal (OPN).

AVANT PROJET DETAILLE

- Essai à énergie importante ou essai Proctor modifié. On détermine également le couple γ_d maxi pour w_{optm} (optimum Proctor modifié).

Donc, sur un chantier, et en fonction des spécifications du cahier des clauses techniques particulières qui précise si l'essai de référence est un essai Proctor normal ou un essai Proctor modifié, on doit vérifier la teneur en eau naturelle (w_n) des sols à compacter et la comparer à la teneur en eau optimale obtenue au cours l'essai de compactage.

Par exemple, pour un essai Proctor normal :

- Si $w_n = w_{optn}$, le compactage est effectué,
- Si $w_n < w_{optn}$, le sol doit être arrosé avant compactage jusqu'à atteindre w_{optn} ,

Si $w_n > w_{optn}$, le sol doit être aéré pour sécher. En cas de mauvais temps, le compacter superficiellement afin d'empêcher l'eau de pluie de s'infiltrer puis l'aérer lorsque le beau temps est de retour.

Le tableau suivant donne les résultats des essais de laboratoire :

Tableau.IV.5. Résultats des essais de laboratoires de quelque puits

PK N°	Granularité				Limite D'ATTERBERG			Equivalent de sable	Proctor	
	5mm	2mm	80 μ	3 μ	WL%	WP%	IP %	E S	Wopt%	γ_b
98+450	95	89	53	42	65.80	34.60	31.20	/	9.10	2.10
102+350	91	77	30	10	20	4	16	58.7	14	1.70
105+250	83	69	41	30	37	11	26	30	10.34	1.80
106+700	80	71	58	20	26	12	14	49	10	1.73
107+500	93	82	47	12	54	8	20	17	11	2

Les caractéristiques physico-mécaniques du sol sont mauvaises, il sera classé (QS1). La portance choisie sera de classe P1. Ce principe de classement est adopté pour toute la ligne.

Vis-à-vis l'instabilité de quelques tronçons de la liaison, on va essayer de proposer quelques solutions des problèmes d'instabilité des talus ou de glissement du terrain présentées dans les points suivants :

- Prévoir un système d'assainissement fiable ou soit en pied de remblais ou en pied de déblai.
- Evacuer toutes les venues d'eaux (sources, nappe et autres).
- Prévoir des solutions adéquates type (mur de soutènement, gabionnage, géotextile) pour les glissements de terrain.
- Utilisation du géotextile comme une couche anti contaminante pour protéger le corps de chaussée contre les remontées d'eau.

AVANT PROJET DETAILLE

III.3. DIMENSIONNEMENT :

Après appréciation de qualités du sol de la plate-forme puis la classe de portance de la plate-forme complète. Le dimensionnement doit assurer une bonne résistance à la fatigue de cette dernière et doit mettre hors gel les sols sensibles.

III.3.1. COUCHES D'ASSISES :

Pour notre projet en APD, on opte la structure suivante :

Pour :

- $E = 0,70$.
- $a = 0\text{ m}$
- $b = (2,5 - 2,244) / 2 = 0,13\text{ m}$.
- $c = 0\text{ m}$.
- $d = 0,05\text{ m}$.
- $f = 0,05\text{ m}$.
- $g = 0,01\text{ m}$.

Donc :

$$e = 0,7 + 0,13 + 0,05 + 0,05 + 0,01 = 0,94\text{ m}.$$

D'où :

- $e \approx 0,95\text{ m}$
- $e_f = 0,60\text{ m}$

Or, le tableau suivant montre la structure des couches d'assises :

Tableau.IV.6. Stratification des couches d'assises.

Nature de la couche	Epaisseur (m)
Ballast	0.30
Sous Ballast	0.30
Fondation	0.34
Géotextile	0.01
QS3 non traité	0.60

AVANT PROJET DETAILLE

Cette structure sera mise en place comme suit :

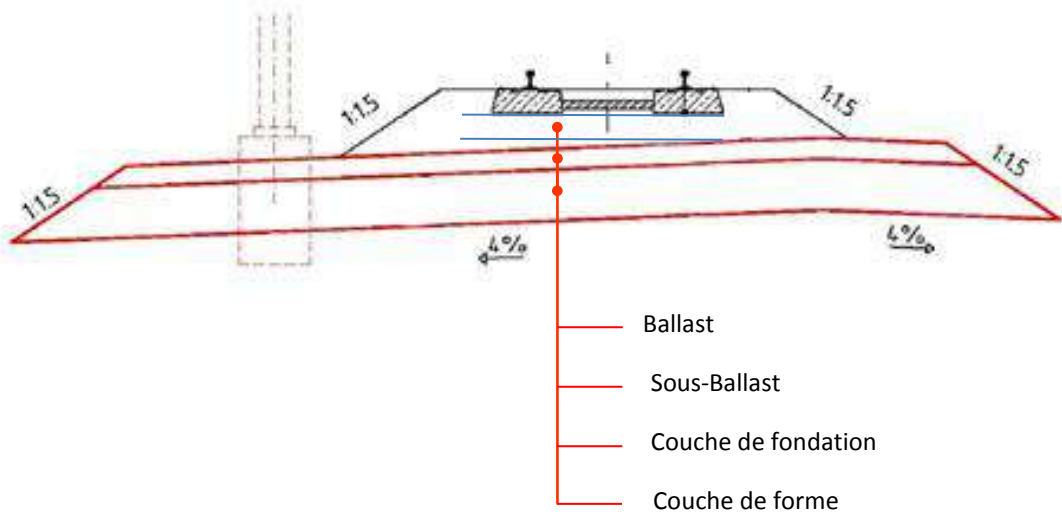


Figure.IV.18. Couches d'assises.

III.3.2. CALCUL DES CUBATURES :

Le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide logiciel Covadis, les détails de calcul sont joints dans le CD.

Le tableau suivant résume les résultats de calcul automatique,

Tableau.IV.7.a. Tableau récapitulatif de calcul numérique (Mouvement des terres).

	Longueur du tracé 55909.7 m
Mvt des terres	Remblais m³
	6.277.711
	Déblais³
	17.676.784
	Couche végétal m³
	3.319.416,46

AVANT PROJET DETAILLE

Tableau.IV.7.b. Tableau récapitulatif de calcul numérique (Couches d'assises).

Couches d'assises	Ballast m³
	136280
	Sous ballast m³
	140474
	Couche de fondation m³
	164431
	Géotextile m³
	49201
	Couche de forme m³
	303590

AVANT PROJET DETAILLE

IV. ASSAINISSEMENT :

IV.1. PRESENTATION GENERALE :

L'évacuation rapide des eaux de ruissellement en surface et celle qui s'infiltré dans les différentes couches assure une longue durée de vie du corps de la voie et une protection efficace contre les effets destructeurs des phénomènes de gel - dégel.

Ce présent chapitre a pour but de dresser un inventaire des caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques de la zone d'étude et dimensionner les équipements mises en œuvre pour le captage des eaux pluviales iceux des nappes phréatiques afin d'assurer la stabilité de l'infrastructure et pour améliorer la portance de la plateforme.

IV.1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Le couloir de tracé franchit un grand nombre de chevelu d'oueds et d'oueds d'importance variable. Dans le tronçon de notre projet, le tracé franchit oued Dez et son chevelu, les chevelus d'oued de Mina, oued Alloche et oued Nahr Ouassel (voir carte synoptique dans la page suivante).

A l'exception d'oued Dez, tous les oueds du bassin sont temporaires.

Le fait marquant est l'existence d'une grande zone endoréique au sud de la région (Bassin du Chott Chergui) où les oueds convergent vers des chotts et sebkhas alignés en chapelets.

IV.1.2. VEGETATION / SOLS :

Suite à une visite in situ les tronçons de ligne dans la majeure partie se caractérisent par un terrain très instable. Saïda est située à une altitude d'environ à 840 m.

La végétation est essentiellement constituée de surfaces herbeuses parsemées de broussailles. Sur certains tronçons, on trouve des terres cultivées. De vastes secteurs sont composés de terres incultes ou de steppes sans végétation notable.

L'ensemble de tracé repose essentiellement sur un sol sablonneux ou une terre glaise sableuse offrant des possibilités d'infiltration réduites (voir figure.IV.19).

Compte tenu de ces conditions de végétation et de sol, une grande partie des précipitations s'écoule en cas de fortes pluies.

AVANT PROJET DETAILLE

AVANT PROJET DETAILLE

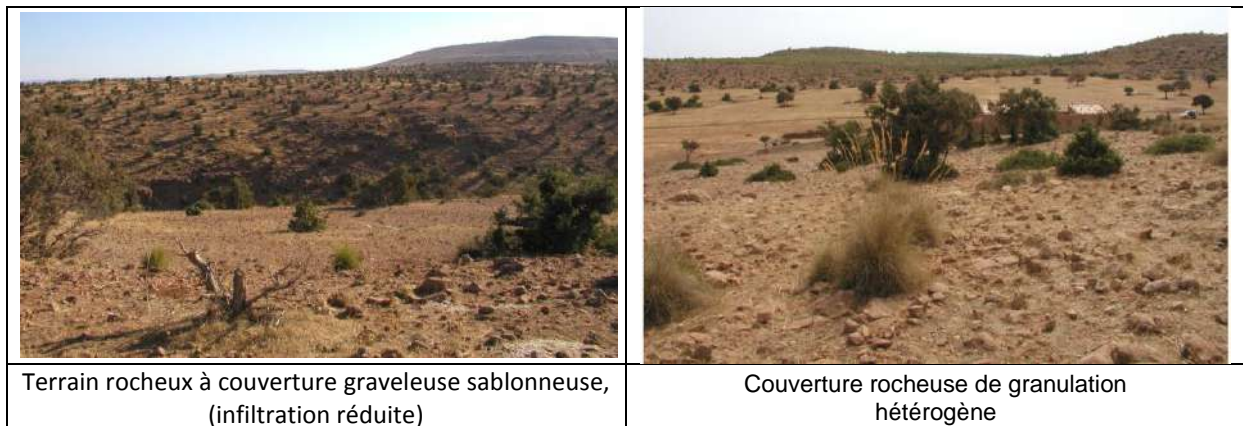


Figure.IV.19. Aperçu des terrains traversés.

IV.1.3. DONNEES CLIMATIQUES :

Un climat méditerranéen, avec des étés secs et des hivers humides, règne dans la région traversée par le couloir.

Le Centre climatologique national a mis à disposition les données climatiques essentielles des stations météorologiques. La moyenne des précipitations de 1983 à 2005 figure dans le tableau suivant :

Tableau.IV.6. Moyenne de précipitation.

Mois	Minimum [mm]	Maximum [mm]
Janvier	0,6	117,4
Février	0,0	152,2
Mars	0,0	118,6
Avril	0,0	130,0
Mai	1,6	66,6
Juin	0,0	41,3
Juillet	0,0	29,6
Août	0,1	54,9
Septembre	0,5	87,8
Octobre	2,2	85,3
Novembre	5,7	105,8
Décembre	13,9	79,2

IV.1.4. PRECIPITATION :

La pluviométrie, déterminante pour dimensionner les installations de drainage, a également été donnée par le Centre Climatologique National.

AVANT PROJET DETAILLE

Tableau.IV.7. pluie maximale en 24 heures.

Durée de retour	Pluie maximale en 24 heures (mm / 24 h)
2 ans	31,1
5 ans	41,1
10 ans	47,3
25 ans	55,0
50 ans	60,8

La pluviosité sur 24 heures (pluviosité journalière) pour différentes durées de retour figure dans le tableau ci-dessus.

Cependant, ce sont les fortes précipitations, avec une importante quantité d'eau tombant en peu de temps, qui sollicitent le plus les installations de drainage.

Afin de garantir la stabilité statique du tracé, ces pointes d'écoulements doivent pouvoir être évacuées sans dommages par les fossés et les ponceaux.

On suppose qu'en cas de fortes pluies, dans le cas le plus défavorable, l'ensemble des précipitations d'une journée [mm/24 h] tombe en 1 heure. L'estimation de telles fortes pluies se fait à partir du tableau des pluies maximales suivant:

Tableau.IV.8. Estimation des fortes pluies.

Durée de retour	Pluie maximal [l/(s*0,01 km ²)]
2 ans	215,97
5 ans	285,42
10 ans	328,47
25 ans	381,94
50 ans	422,22

IV.1.5. BASSINS VERSANTS :

Les bassins versants d'oueds pour évaluer les quantités d'eau s'écoulant dans ces oueds lors d'une pluie centenaire sont comme suit ;

L'oued Dez possède une superficie de bassin versant d'environ 125 km².

L'oued Mina possède une superficie de bassin versant d'environ 380 km². L'oued Nahr Ouassel possède une superficie de bassin versant d'environ 1230 km².

IV.2. DRAINAGE :

Le drainage participe de façon essentielle au bon comportement mécanique de la voie et contribue ainsi largement à la pérennité des ouvrages ferroviaires.

AVANT PROJET DETAILLE

IV.2.1. OUVRAGES DE DRAINAGE :

IV.2.1.1. COLLECTEUR (CANALISATION):

Conduite principale récoltante les eaux d'autres conduites, dites Collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

IV.2.1.2. CHEMINEE (CHAMBRE DE VISITE):

Ouvrage placé sur les canalisations pour contrôler, nettoyé et pour faciliter l'entretien des canalisations.

Pour cette dernière raison, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 100 m.

IV.2.1.3. SACS :

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles, et sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

IV.2.1.4. CUEILLE DE LOUP, GRILLE D'INTRODUCTION ET GUEULARD :

Ils permettront l'écoulement de l'eau superficielle dans les sacs.

IV.2.1.5. OVOÏDE :

Lorsque les débits sont importants et entraînent de gros diamètres, la canalisation est remplacée par un ovoïde.

IV.2.1.6. LES REGARDS :

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien.

Pour la dérivation des eaux de pluie, les dispositifs de drainage suivants sont prévus :

A- TRACE EN REMBLAI :

- *Dalot* sous le tracé sur les points bas du terrain.
- *Dalot* sous le tracé au franchissement des oueds, d'un diamètre à calculer en fonction de l'importance d'oued et des quantités d'eau arrivantes.
- *Fossés* de drainage au pied du remblai.

AVANT PROJET DETAILLE

B- TRACE EN TRANCHEE :

- Fossés de drainage de part et d'autre de la plate-forme de la voie, de dimensions a calculée en fonction de la quantité d'eau.
- Fossés de crêtes avec merlon de protection sur l'arête supérieure du talus de la tranchée.

IV.2.2. ASSAINISSEMENT DE LA PLATEFORME:

Le bon assainissement assure le maintien de bonnes conditions de viabilité en évitant le problème de submersion de la voie.

L'assainissement de la plateforme doit assurer :

- La collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la voie.
- La protection des couches d'assise contre les eaux internes (drainage).
- Le rétablissement des petits écoulements naturels.

IV.2.3. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE RETABLISSEMENT DES ÉCOULEMENTS :

IV.2.3.1. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE RETABLISSEMENT DES ÉCOULEMENTS :

1) ESTIMATION DES DEBITS D'APPORT (Q_A) :

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne I de la pluie, et de durée " t " égale au temps de concentration est effectué par une formule donnant un débit de la méthode dite rationnelle et elle est donnée par:

$$Q_a = K \times C \times I \times A$$

Q_a : débit d'apport en (m³/s).

C : coefficient de ruissellement.

I : intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration en (mm/h).

K = 0.2778 : coefficient qui permet de convertir les (mm/h) en (l/s).

A : superficie de la surface drainée (bassin versant) **A= 0.9 Km²**.

2) COEFFICIENT DE RUISSellement C :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants :

La couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

AVANT PROJET DETAILLE

Tableau.IV.9. Coefficient de ruissellement C.

Type de sol	Coefficient	Valeurs prises
Talus sol perméable	0.1-0.3	0.3
Terrain naturel	0.05-0.2	0.2

3) INTENSITE DE LA PLUIE :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

3).1. HAUTEUR DE LA PLUIE JOURNALIERE MAXIMALE ANNUELLE :

$$P_j (\%) = \frac{P_{j_{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

$P_{j_{moy}}$: pluie journalière moyenne (mm).

C_v : Coefficient de variation.

U : Variable de Gauss.

\ln : Log. Népérien.

Tableau.IV.10. Variable de Gauss U.

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

La pluie de référence pour le dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie (t) en minute et une période de retour de 10 ans pour les buses, 50 ans pour les dalots et 100 ans pour les ouvrages.

Soit le tableau suivant qui donne les valeurs du variable de GAUSS en fonction de la fréquence :

Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.

Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.

Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

3).2. CALCUL DE LA FREQUENCE D'AVERSE :

AVANT PROJET DETAILLE

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_j (\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique.

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

t_c : Temps de concentration (heure).

3).3. Temps de concentration :

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration.

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passing, Giandothi, comme suit :

- lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:
$$t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$$
- lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$:
$$t_c = 0,108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$
- lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:
$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8 \sqrt{H}}$$

t_c : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km^2).

L : Longueur de bassin versant (km).

P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).

H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

3).4. L'INTENSITE HORAIRE :

$$i = \frac{P(t)}{t_c}$$

i : Intensité de la pluie (**mm/h**).

t_c : Temps de concentration (**heure**).

$P(t)$: Hauteur de la pluie de durée t_c (**mm**).

4) CALCUL DE DEBIT DE SATURATION (Q_s) :

Le calcul du débit est déterminé par la formule de MANING STRIKLER ;

$$Q_s = V \times S_u$$

AVANT PROJET DETAILLE

$$V = K_{st} J^{1/2} \times R^{2/3}$$

J : pente longitudinale de l'ouvrage

R_H : Rayon hydraulique

S_t : Section totale de l'ouvrage

S_u : Section utile de l'ouvrage **b x H_u**

H_u : hauteur utile

Tableau.IV.11. Coefficient de MANING STRIKLER.

Coefficient M.S	Surface
30	Terre
40	Buses métalliques
50	Maçonneries
70	Bétons (dalots)
80	Bétons (buses préfabriquées)

5) Dimensionnement du réseau de drainage des rampes

En ce qui concerne l'assainissement des rampes des bordures hautes qui protègent les remblais des eaux de ruissellement sont prévus le long de ces rampes.

Les eaux de ruissellement sont à cheminées à l'aide des descentes maçonnées à canettes.

Les canalisations se font à l'aide de semi buses en directions du fossé principal.

Le diamètre de la canalisation est fonction du débit maximum à évacuer, ce dernier est donné par la formule de « MANING-STRIKLER ».

$$Q_s = K_{st} R^{2/3} I^{1/2} S$$

Q_s: débit maximum

K_{st}: coefficient de rugosité de canalisation.

I: pente de canalisation. (m/m).

S: section transversale de l'écoulement.

R_H: rayon hydraulique ($R_H = S_m / P_m$).

$$\left. \begin{array}{l} S_m = \pi R^2 / 2 \\ P_m = \pi R \end{array} \right\} R_H = S_m / P_m$$

AVANT PROJET DETAILLE

IV.2.3.2. APPLICATION DU PROJET :

• **Calcul de précipitation :**

D'après la formule de « GALTON » on a :

$$P_j (\%) = \frac{P_{j\text{ moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \times \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

• **L'intensité de pluie :**

➤ **Pendant 10ans :**

$$u = 1.282, C_v = 0.37, P_{j\text{ moy}} = 45.68 \text{ mm}$$

$$P_j (10\%) = \frac{45.68}{\sqrt{0.37^2 + 1}} e^{1.282 \times \sqrt{\ln(0.37^2 + 1)}} \Rightarrow P_j (10\%) = 49.12 \text{ mm}$$

➤ **Pendant 50ans :**

$$u = 2.05, C_v = 0.37, P_{j\text{ moy}} = 45.68 \text{ mm}$$

$$P_j (02\%) = \frac{45.68}{\sqrt{0.37^2 + 1}} e^{2.05 \times \sqrt{\ln(0.37^2 + 1)}} \Rightarrow P_j (02\%) = 79.04 \text{ mm}$$

➤ **Pendant 100 ans :**

$$u = 2.327, C_v = 0.37, P_{j\text{ moy}} = 45.68 \text{ mm}$$

$$P_j (01\%) = \frac{45.68}{\sqrt{0.37^2 + 1}} e^{2.327 \times \sqrt{\ln(0.37^2 + 1)}} \Rightarrow P_j (01\%) = 85.86 \text{ mm}$$

i. **L'intensité de l'averse est de:**

$$I = \frac{P_j (10\%)}{24}$$

➤ Pour : $P_j (10\%) = 49.12 \text{ mm}, I(10) = \frac{49.12}{24} \Rightarrow I(10\%) = 2.05 \text{ mm/h}$

➤ Pour : $P_j (2\%) = 79.04 \text{ mm}, I(2) = \frac{79.04}{24} \Rightarrow I(02\%) = 3.29 \text{ mm/h}$

➤ Pour : $P_j (1\%) = 85.86 \text{ mm}, I(1) = \frac{85.86}{24} \Rightarrow I(1\%) = 3.58 \text{ mm/h}$

AVANT PROJET DETAILLE

○ **Dimensionnement des buses :**

Pour dimensionner les buses on prend $Q_a=Q_s$:

$$Q_s=S.K_{ST}.R^{2/3}.I^{1/2}$$

$$Q_a=K.C.I_t.A$$

$$I_t=I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$$

$$t_c=0.127\times\sqrt{\frac{A}{P}} \text{ (Le temps de concentration pour les bassins versant inférieurs à 5 Km}^2\text{)}$$

✓ **Calcul de la surface du bassin versant**

Surface de la plateforme : $A_p = 8\times 3140.10^{-4} = 2.512\text{ha}$

Surface du la berme : $A_b = 0.3\times 3140.10^{-4} = 0.0942\text{ha}$

Surface du talus : $A_t = 18\times 3140.10^{-4} = 5.652\text{ha}$

✓ **Calcul des débits d'apport (Qa)**

• **Pour la plateforme :**

$C = 0.2$, $p = 4\%$, $I(10\%) = 2.05\text{ mm/h}$, $b = 0.3$, $A = 2.512\text{ha}$

$$t_c=0.127\times\sqrt{\frac{A}{P}}=0.127\times\sqrt{\frac{2.512}{4}} \Rightarrow t_c = 0.101\text{h}$$

$$I_t=I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}=2.05.\left(\frac{0.101}{24}\right)^{0.3-1} \Rightarrow I_t=94.38\text{ mm/h}$$

$$Q_a=K.C.I.A=0.278\times 0.2\times 94.38\times 2.512 \Rightarrow Q_a=131.8.10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}$$

• **Pour la berme:**

$C = 0.35$, $p = 4\%$, $I(10\%) = 2.05\text{ mm/h}$, $b = 0.3$, $A = 0,0942\text{ ha}$.

$$t_c=0.127\times\sqrt{\frac{A}{P}}=0.127\times\sqrt{\frac{0.0942}{4}} \Rightarrow t_c = 0.013\text{h}$$

$$I_t=I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}=2.05.\left(\frac{0.013}{24}\right)^{0.3-1} \Rightarrow I_t=396.41\text{ mm/h}$$

$$Q_a=K.C.I.A=0.278\times 0.35\times 396.41\times 0.0942 \Rightarrow Q_a=36.33.10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}$$

• **Pour le talus:**

$C = 0.2$, $p = 67\%$, $I(10\%) = 2.05\text{ mm/h}$, $b = 0.3$, $A = 5.652\text{ ha}$.

$$t_c=0.127\times\sqrt{\frac{A}{P}}=0.127\times\sqrt{\frac{5.652}{67}} \Rightarrow t_c = 0.03688\text{h}$$

AVANT PROJET DETAILLE

$$I_t = I. \left(\frac{t_c}{24} \right)^{b-1} = 2.05. \left(\frac{0.03688}{24} \right)^{0.3-1} \Rightarrow I_t = 191.05 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = K.C.I.A = 0.278 \times 0.2 \times 191.05 \times 5.652 \Rightarrow Q_a = 600.38 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = Q_a + Q_a + Q_a = (131.8 + 36.33 + 600.38) \cdot 10^{-3} = 768.51 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

✓ **Calcul de débit de saturation (QS)**

$$Q_s = S \times K_{ST} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

On a :

$$S_m: \text{surface mouillée} = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2 \text{ (pour une hauteur de remplissage égale à } 0.5\Phi)$$

$$R_h: \text{rayon hydraulique} = R/2$$

$$K_{st} = 80 \text{ (pour les buses)}$$

I : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4 m/s. Pour notre cas ; On a I = 2.5%

$$Q_s = 80 \times (R/2)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0.025)^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow 80 \times (R/2)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0.025)^{1/2} = 0.768 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow R^{8/3} = 0.03857.$$

Donc: $R = 0.295\text{m}$ on prend $R = 300\text{mm}$ D'où: $\Phi = 600 \text{ mm}$

○ **Dimensionnements des fosses :**

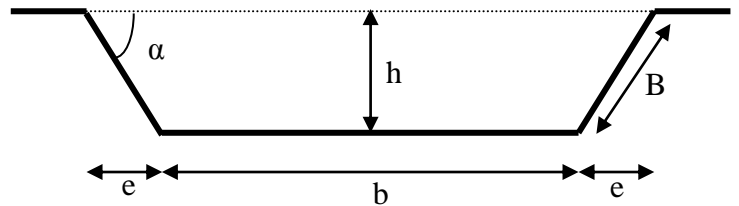
Le profil en travers hypothétique de fosse est donné dans la figure ci-dessous avec :

S_m : surface mouillée.

U : périmètre mouillé.

R : rayon hydraulique $R = S/U$.

P : pente du talus $P = 1/n$.



On fixe la base de la fosse à ($b = 100 \text{ cm}$) et la pente du talus à ($1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

$K_{st} : 70$ (Bétons (dalots))

Pente de fosse $I=4\%$

✓ **Calcul de la surface mouillée :**

$$S_m = bh + 2 \frac{eh}{2} = bh + n.h^2 = h. (b + n.h) \Rightarrow S_m = h. (b + n. h)$$

$$\text{Avec } \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où } e = n.h$$

AVANT PROJET DETAILLE

✓ **Calcul du périmètre mouille**

$$P_m = b + 2B \quad \Rightarrow \quad P_m = b + 2h \cdot \sqrt{1+n^2}$$

Avec : $B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 \cdot h^2} = h \cdot \sqrt{1+n^2}$

✓ **Calcul le rayon hydraulique**

$$R_h = S_m / P_m = \frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{1+n^2}}$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot l^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$$

$$Q_a = Q_s = (K_{st} \cdot l^{1/2}) \cdot h \cdot (b + n \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{1+n^2}} \right]^{2/3}$$

$$0.768 = 30 \cdot (0.04^{1/2}) h (0.50+1.5h) \cdot \left[\frac{h \cdot (0.50+1.5 \cdot h)}{0.50 + 2h\sqrt{1+1.5^2}} \right]^{2/3}$$

$$12.8 \cdot 10^{-2} = h (0.50+1.5h) \left[\frac{h \cdot (0.50+1.5 \cdot h)}{0.50 + 3.6h} \right]^{2/3}$$

Après un calcul itératif sur tableau, on trouve $h = 0.48 \text{ m} \approx 0.50 \text{ m}$

○ **Dimensionnement des dalots :**

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Le calcul des dalots se fait comme suit :

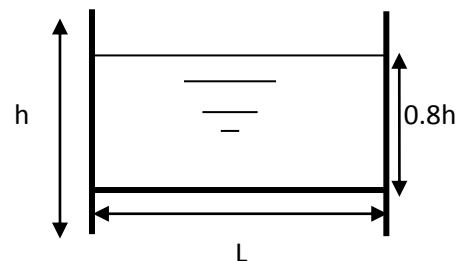
- On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long ;
- On calcule la travée nécessaire ;
- On fixe aussi la hauteur de remplissage à $p = 0.8h$.

$$S_m = 0.8h \times L \quad P_m = 1.6h + L$$

$$R_h = S_m / P_m = \frac{0.8h \times L}{1.6h + L}$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot l^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$$

Avec: $K_{st} = 70$ bétons (dalots), $l = 2.5\%$



AVANT PROJET DETAILLE

Tableau.IV.12. Tableau réductif des ouvrages hydrauliques de franchissement.

AVANT PROJET DETAILLE

V. GARE :

Une gare est un lieu d'arrêt des trains, comprend divers installation qui ont une double fonction :

- Permettre la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises.
- Pour certains d'entre elle, assurer des fonctions de sécurité dans circulation des trains comportant au moins un agent circulation, ainsi que les aménagements nécessaires pour effectuer les opérations relatives à la circulation.

V.1. CONCEPTION GENERALE :

V.1.1. PLAN DE MASSE D'UNE GARE :

Le concepteur de la gare est appelé à établir un plan de masse de la gare, en tenant compte des fonctions de toutes les installations de base qui la constituent.

A ce stade, trois éléments sont nécessaires pour l'étude de plan de masse:

- a. Catégorie de la gare :** C'est en fonction de cet élément que l'on peut déterminer son rôle et ses constituants.
- b. Son trafic :** C'est par lequel, que l'on estime et évalue l'importance de la gare pour l'aménager d'une façon convenable.
- c. Son emplacement :** Généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

CONSIDERATIONS GENERALES :

Une gare doit remplir son rôle dans un climat satisfaisant et avec un service convenable et agréable, pour cela, plusieurs agents peuvent intervenir pour évaluer la qualité du service.

- a. La rapidité du travail :** C'est le facteur primordial intervenant dans la comparaison globale avec ses concurrents.
- b. La sécurité :** Le transport fait appel à des véhicules lourds dont il faut écarter le public en dehors des espaces aménagés pour l'accès, on doit réparer matériellement entre le cheminement du public et ceux des véhicules, ce qui oblige à recourir aux croisements a niveaux différents.

Toutes les aires destinées aux voyageurs ou marchandises doivent porter le souci de sécurité sur l'ensemble de la gare.

AVANT PROJET DETAILLE

- c. Rupture de charge des voyageurs :** Occasionne dans le voyage un temps mort qu'il faut s'acharner à réduire en simplifiant les parcours et les formalités.
- d. Politique commerciale :** L'aspect commercial subit la concurrence des autres modes de transport, et sont soumis au comportement de la clientèle qui reste libre de son choix, le transport commercial doit chercher la meilleure rentabilité par la meilleure productivité, son rôle des installations de transit reste déterminant, la satisfaction des usagers sera d'autant plus complète que les opérations fastidieuses du transit se déroulent dans un cadre :
- Simple : sans risque d'erreur
 - Propre : ensemble sanitaire adéquat.
 - Agréable : qualité de l'architecture, éclairage, accès facile, aire de stationnement, positionnement.
 - Souplesse évolutive: il sera sage d'étendre l'analyse « prospective » à l'ensemble des facteurs qui conditionnent l'activité des transporteurs et notamment de tenir le plus grand compte des prévisions économiques et territoriales, tels que les plans d'équipement et d'aménagements et de rendre possible les extensions.

V.1.1. INSTALLATIONS DE BASE D'UNE GARE :

Selon le type de la gare et sa catégorie, on peut y trouver :

- Bâtiment de voyageurs
- Quais d'embarquement et de débarquement
- Hangar destiné à recevoir et stocker les marchandises
- Hangar de maintenance des voies
- Atelier d'entretien des véhicules
- Chantier de permutation
- Réseau de voie
- Les heurtoirs
- Autre éléments (passerelles, signalisation, sécurité, etc.)

V.2. GARES VOYAGEURS :

Les gares, souvent perçues principalement 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. Pour certaines gares, le passage de nombreux voyageurs justifie l'installation de fonctions annexes au déplacement proprement dit, tels que des commerces variés.

AVANT PROJET DETAILLE

Les gares de voyageurs sont de tailles très variables. Les gares peu importantes, qui constituent un simple point d'arrêt, souvent sans personnel permanent, sont appelées « haltes » ou « points d'arrêt ».

Les gares principales situées dans les grandes villes sont des lieux d'échange entre le mode ferroviaire et les divers modes de transport urbains (bus, tramway, métro) ; on les appelle alors pôles d'échanges. Elles voient passer quotidiennement un nombre considérable de personnes, tant voyageurs que chalandes venant fréquenter les nombreux commerces qui s'y sont souvent installés. Dans certains pays, elles sont gérées par des sociétés distinctes, souvent filiales, des entreprises ferroviaires.

On distinguera deux types de gares de voyageurs :

- **LES GARES TERMINUS** : Le bâtiment est généralement au bout des quais, il est composé symétriquement : un côté pour les départs, et l'autre pour les arrivées.
- **LES GARES DE PASSAGE** : Le bâtiment est généralement le long des voies, du côté orienté vers le centre de l'agglomération. On accède aux quais par une passerelle ou un souterrain. Il arrive qu'il soit placé au-dessus des quais. Les installations d'accueil des voyageurs peuvent aussi se trouver sous les quais.

V.2.1. BATIMENT VOYAGEURS :

Dans les bâtiments de gares, il y a lieu de distinguer deux sortes de bâtiments :

- a. **Les bâtiments à voyageurs (B.V)** : Dans lesquels une partie au moins des locaux est accessible à la clientèle « voyageurs ». Ces bâtiments permettent notamment aux voyageurs de passer de la voie publique vers les quais à voyageurs.
- b. **Les bâtiments à usages divers (B.U.D)** : Qui comprennent des locaux de service exclusivement réservés aux agents du chemin de fer, tels que cabine de signalisation, magasin, magasin des coulis, bureaux, etc.

V.2.2. EQUIPEMENTS DE LA GARE A VOYAGEURS :

V.2.2.1. QUAIS :

Dans les gares à voyageurs, les quais servent à l'embarquement ou au débarquement des voyageurs.

Les quais peuvent être bas ou hauts.

Le long des quais surélevés, lesquels se rencontrent le plus souvent sur les lignes électrifiées, des marches d'accès sont établies tous les 25 mètres afin de permettre au personnel se trouvant dans les voies de s'échapper sans difficulté à l'arrivée des trains.

AVANT PROJET DETAILLE

Les quais doivent présenter une surface bien régulière et unie, non glissante et légèrement bombée ; ils sont souvent recouverts d'un revêtement dur (dalles en béton, asphalte,...).

V.2.2.2. AUVENTS ET ABRIS :

Dans le but de protéger les voyageurs des intempéries, on prévoit des auvents dans les gares importantes et des abris dans les gares intermédiaires.

V.2.2.3. TRAVERSEES ET COULOIRS SOUS VOIES :

- a- **Les traversées de voies** : entre deux quais où un revêtement en dur, de façon à permettre la traversée des voyageurs et éventuellement des véhicules de service (charrettes et tracteurs).
- b- **Les couloirs sous voies (passages sous terrain)** : sont construits dans les gares importantes (plusieurs quais) et dans les gares situées sur les lignes électrifiées.

V.2.2.4. Halte ferroviaire :

Les haltes sont des points d'arrêt dépourvus de bâtiment voyageurs et de présence permanente de personnel ; les infrastructures ferroviaires y sont généralement très réduites.

Le plan de voie se limite souvent à la simple voie directe. Cependant il peut y avoir un évitement ou une voie de garage en particulier pour les trains de service.

On peut distinguer deux grands types de haltes :

- les haltes rurales correspondant en général à des points d'arrêt à fréquentations très réduites dans des zones à faible densité de population ; cette catégorie comprend aussi les cas d'anciennes gares désaffectées, qui deviennent de facto des haltes ;
- les haltes périurbaines : dans ce cas, le choix de ne pas accompagner le point d'arrêt de personnel résulte d'une approche économique, la fréquentation attendue du point d'arrêt étant essentiellement une clientèle de déplacements pendulaires, qui nécessite peu d'information et dispose d'abonnements.

V.3. GARE MARCHANDISES :

Les marchandises, aujourd'hui nommées « fret », sont transportées en trains-blocs ou trains entiers ou en transport combiné, de moins en moins souvent en wagon isolé (peu rentable) et se traitent pour l'essentiel :

- soit dans des embranchements particuliers qui relient directement les installations industrielles (usines, mines, carrières, entrepôts...) au réseau ferré principal (trains entiers ou wagon isolé) ;

AVANT PROJET DETAILLE

- soit dans des chantiers multimodaux, dans lesquels sont manutentionnés les conteneurs et caisses mobiles utilisés dans le transport combiné rail/route ;
- soit dans les installations portuaires (voies ferrées desservant directement les quais maritimes ou fluviaux) (combiné).

a. Embranchements particuliers : Ces embranchements sont de plus en plus très intégrés dans la logistique des entreprises clientes du chemin de fer, et à ce titre appelées, « installations terminales embranchées » ; elles peuvent englober diverses installations de manutention destinées à faciliter le transfert des marchandises : grues à portiques, bandes transporteuses, silos, etc. Les voies ferrées elles-mêmes peuvent dans certains cas représenter des longueurs considérables.

b. Embranchements portuaires :

Les embranchements portuaires sont l'ensemble des voies marchandises qui arrivent jusqu'aux quais dans les ports de commerce. Les marchandises transportées dans les wagons peuvent ainsi être transbordée dans les navires et réciproquement. Ces transbordements font souvent appel à des grues. Dans les grands ports, les embranchements peuvent représenter des longueurs de voies très importantes.

Un autre type d'embranchement portuaire est celui des ports de pêche. Les wagons réfrigérés sont alors chargés le plus souvent à la main ou à l'aide de chariots élévateurs des produits frais pour être transportés rapidement sur les marchés.

V.3.1. EQUIPEMENTS DE LA GARE A MARCHANDISE :

V.3.1.1. HALLE A MARCHANDISE :

Une halle à marchandise est un bâtiment utilisé pour le stockage des marchandises ainsi que le chargement et déchargement dans les trains.

V.3.1.2. TRIAGE :

Un cas particulier est celui des gares de triage, dont la fonction est d'assurer la recomposition des trains dits du lotissement, c'est-à-dire des trains qui acheminent les wagons isolés.

V.3.1.3. LES HEURTOIRS :

Les heurtoirs matérialisent la fin d'une voie de garage ou de sécurité .Ils sont placées aux extrémités des voies en cul-de-sac pour éviter que les véhicules en mouvement n'en franchissent les extrémités.

En règle générale, les heurtoirs doivent être précédés, à 10 m. de distance, par des patins de freinage, qui après chaque déplacement doivent être remis en place.

AVANT PROJET DETAILLE

Il existe deux principaux types de heurtoirs :

- ✓ les heurtoirs fixes ;
- ✓ les heurtoirs patinant, petit et grand modèle.

V.4. LES GARE DE CROISEMENT :

Ce sont des gares implanter a un distance considérable, sur le long des voies unique pour permettre le croisement des trains sont risque d'une collision, le changement de voie ou il y'a deux catégories de trafics rapide (voyageurs) lent (marchandises)

V.5. RESEAU DE VOIE :

Selon l'importance des gares, le nombre de voies de chaque réseau est variable, chaque voie à sa fonction spécifique, mais elle peut éventuellement servir pour une autre, à condition que celle –ci n'ait pas de priorité sur la fonction spécifique.

Le tableau suivant indique la composition des réseaux selon leurs destinations.

Tableau.IV.12. La composition des réseaux selon leurs destinations.

Réseau de voies	Voies composant le réseau
Destiné au transport de voyageurs	Voie principale Voie de déplacement Voie de gare
Destiné au aux ateliers d'entretien des véhicules	Voie de liaison Voie d'entretien
Destiné à l'aire d'approvisionnement en carburant	Voie d'approvisionnement
Destiné au service de la maintenance de la voie	Voie d'acheminement vers le hangar de maintenance Voie de hangar

- Composition des réseaux selon leur destination

Le tracé de réseau d'une gare et sa signalisation ne peuvent se faire qu'en analysant avec précision tous mouvements et manœuvres comprises qui comportent l'exploitation de la gare aux jours de pointe de trafic.

Grâce à une telle analyse, il est possible de proportionner les moyens aux besoins de signalisation moderne qui coûtent cher, et est donc économiquement intéressant de limiter non seulement le nombre des voies, mais celui des liaisons à ce qui est indispensable.

AVANT PROJET DETAILLE

V.5.1. MARGE DE GLISSEMENT A L'AVANT DES SIGNAUX :

V.5.1.1. DEFINITION DE LA MARGE DE GLISSEMENT :

C'est le tronçon de voie situé au prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal fermé, et aucune autre circulation de train n'est autorisée dans cette marge, qui, pour certains réseaux, doit être libre de toute occupation.

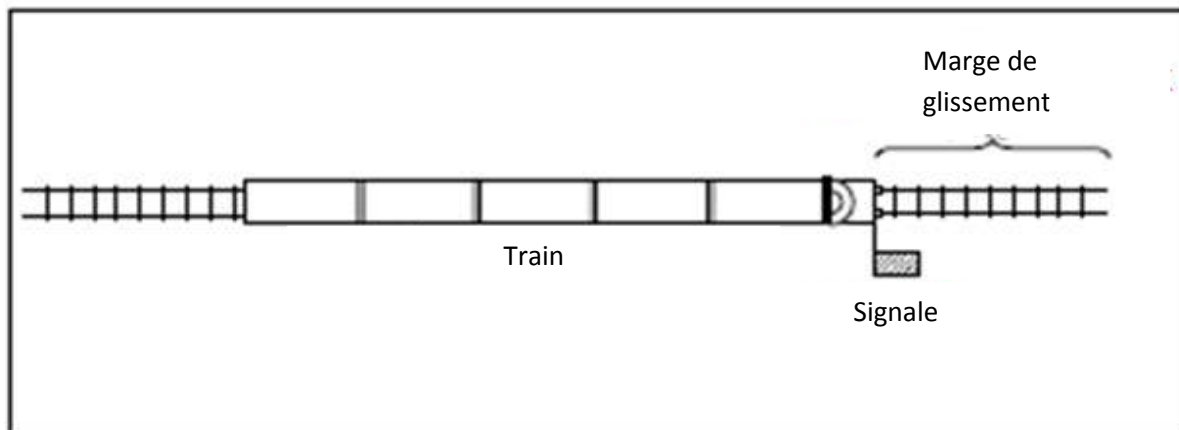


Figure.IV.13. Schématisation de la marge de glissement

Elle a pour but de minimiser les conséquences d'un accident de collision lorsqu'un train n'a pas pu d'arrêter avant cette marge, faute de freinage ou rails glissants.

V.5.1.2. LONGUEURS DE LA MARGE DE GLISSEMENT :

- $50 \leq LG \leq 200$, selon la vitesse de la ligne, on l'utilise comme marge à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie.

$LG = 200 \text{ m}$ pour $V \geq 60 \text{ km/h}$

$LG = 100 \text{ m}$ pour $40 \text{ km/h} \leq V \leq 60 \text{ km/h}$

$LG = 50 \text{ m}$ pour $V < 40 \text{ km/h}$.

Donc : $50 \leq LG \leq 200\text{m}$

- $LG = 50 \text{ m}$: à l'aval des signaux de blocs

Une réduction de la longueur prescrite est admissible sur la ligne où l'on circule à faible vitesse ou dans des conditions d'exploitation très simples.

Lorsqu'on ne peut pas réaliser cette marge, on doit systématiquement réduire la vitesse d'entrée avant le signal.

V.5.1.3. LA LONGUEUR UTILE D'UNE VOIE DE STATIONNEMENT :

C'est la longueur nécessaire est suffisante qui permet au train de stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines.

AVANT PROJET DETAILLE

- **Garage franc** : de part et d'autre de la voie de stationnement, il marque la partie de voie à occuper par les véhicules garés.

L'entraxe entre la voie directe et le garage franc sur la voie déviée du branchement est de 4 m.

- **Détermination de la longueur utile :**

Cette longueur est donnée par le règlement comme suit :

$$LU = LG + LS + LT + LA + LC$$

LU : Longueur utile

LG : Longueur de glissement

LS : Longueur de sécurité

LT : Longueur maximale de train

LA : marge de tolérance d'arrêt

LC : tronçon d'isolation pour le système de contrôle

La longueur de glissement LG est fonction de la vitesse d'accès aux appareils de voie, elle est aussi fonction de la variation moyenne de la pente sur 2.000 m avant le premier appareil de voie :

$$LG = 200 \pm x \quad \text{pour } V \geq 60 \text{ km/h}$$

$$LG = 100 \pm x \quad \text{pour } 40 \leq V \leq 60 \text{ km/h}$$

$$LG = 50 \pm x \quad \text{pour } V < 40 \text{ km/h}$$

x : c'est l'augmentation de 10 % (pour chaque unité de pente (1‰) des 200 m, 100 m ou de 50 m,

Dans le cas d'une pente, la valeur maximale $LG_{MAX} = 300 \text{ m}$.

Dans le cas des rampes, x c'est la diminution de 5 % des 200 m, 100 m, ou de 50 m pour chaque unité de la rampe (1‰), la valeur minimale $LG_{MIN} = 50 \text{ m}$.

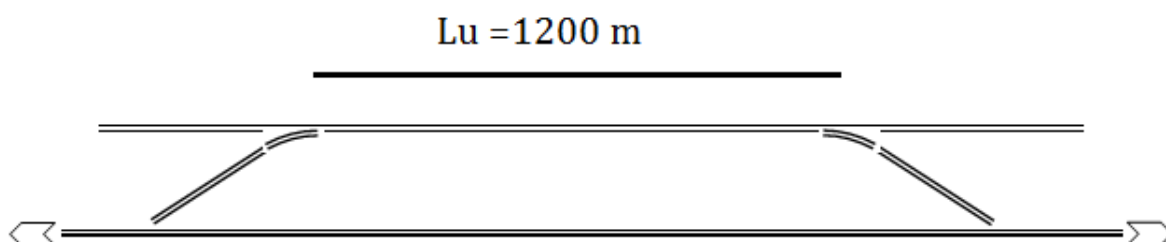


Figure.IV.14. Schéma de la Longueur utile.

AVANT PROJET DETAILLE

V.5.1.4. LA SIGNALISATION :

La signalisation ferroviaire est un système d'informations destiné à renseigner le mécanicien du train d'une circulation ferroviaire, on lui donnant sous forme de codes réalisés par des signaux de forme, de combinaisons, ou de couleur diverses, disposés le long des voies. Les informations données par ce moyen peuvent concerner une limitation de vitesse à respecter, un arrêt non prévu à la marche à exécuter, l'information d'une direction géographique vers laquelle le convoi va s'engager, des prescriptions concernant la traction électrique, d'où la signalisation est un des éléments de base de la sécurité ferroviaire.

V.5.1.4.1. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION:

La signalisation ferroviaire est un moyen de donner des ordres au conducteur d'un véhicule et a pour objectif d'éviter :

- les risques inhérents à la circulation ferroviaire :
 - ✓ Le « nez à nez », quand deux trains se retrouvent face à face sur la même voie.
 - ✓ Le « rattrapage », quand le train suiveur rattrape celui qui précède.
 - ✓ La « prise en écharpe », quand un train arrive sur un aiguillage déjà occupé par un train venant d'une autre direction.
- les risques de déraillement (limitation de vitesse dans les courbes, les zones d'aiguillage et de travaux).
- les risques inhérents aux passages à niveau, intersections avec le réseau routier.

Le risque de nez-à-nez est pris en charge par les **enclenchements** de sens.

Le risque de rattrapage est pris en charge par le **cantonement**.

Le risque de prise en écharpe est pris en charge par les **enclenchements internes** au poste d'aiguillage (enclenchement d'itinéraires, enclenchement de transit...).

Les risques de déraillement sont pris en charge par les limitations de vitesse, des systèmes de surveillance des chargements et de la température des boîtes d'essieux.

Les risques aux passages à niveau sont pris en charge par des dispositifs d'annonce des trains.

Afin de réaliser l'espacement des circulations, on découpe la voie en sections appelées "cantons". Chaque canton est alors précédé d'un signal indiquant si ce canton est libre ou occupé par un autre train.

AVANT PROJET DETAILLE

V.5.1.4.2. LES COMPOSANTES DE LA SIGNALISATION :

a. les signaux et les plaques:

Les signaux mécaniques étant en cours de disparition la distinction technique traditionnelle entre signaux mécaniques et électriques n'a plus réellement d'usage, il existe au plan fonctionnel deux types de signaux. :

- Les signaux de protection et de cantonnement ;
- Les signaux de limitation des vitesses.

Qui peuvent présenter deux états :

- Ouvert ou effacé ;
- Fermé ou présent.

Et qui quand ils sont fermés ou présentés, présentent :

- Soit une indication d'annonce ;
- Soit une indication d'exécution.

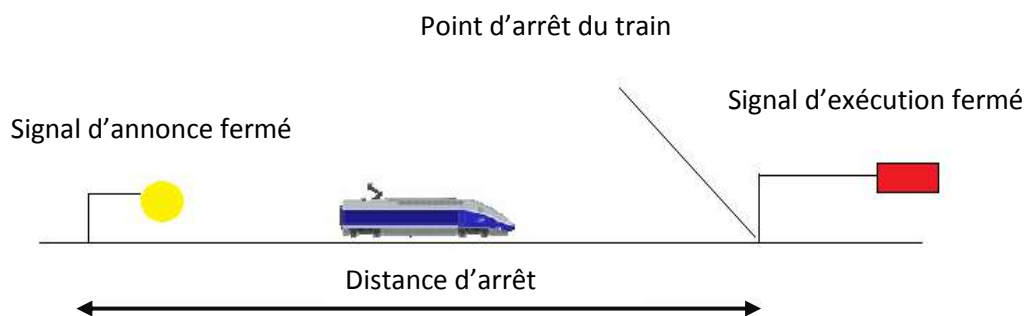


Figure.IV.15. Signal de protection ou de cantonnement.

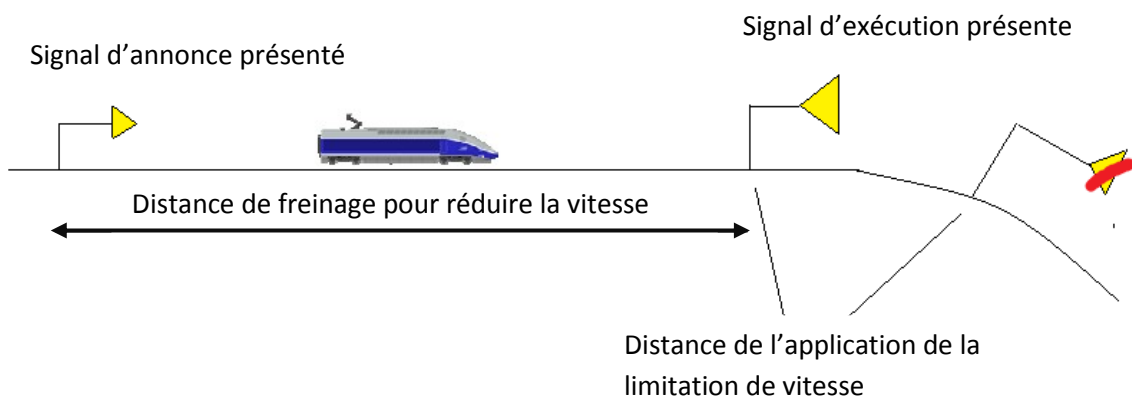


Figure.IV.16. Signal de limitation de vitesse.

AVANT PROJET DETAILLE

Il existe aussi des signaux indicateurs de direction dont les fonctions sont très différentes selon les pays.

b. IMPLANTATION DES SIGNAUX :

Afin de permettre au mécanicien de s'arrêter devant un signal d'arrêt (au point à protéger) ou de respecter une limitation de vitesse dans une zone délimitée, il est nécessaire de le prévenir à une distance suffisante pour que le freinage puisse être mis en œuvre dans les conditions normales, c'est le rôle des signaux d'annonce à distance.

Ces distances sont appelées respectivement :

- distance d'arrêt
- distance de ralentissement

La distance d'implantation d'un signal à distance est en fonction :

- du profil moyen de la partie de la voie intéressée (déclivité moyenne)
- de la vitesse maximale à laquelle est abordé le signal à distance
- des caractéristiques de freinage des circulations.

c. VISIBILITE DES SIGNAUX :

Deux principales conditions concernant la visibilité à partir des cabines de conduite

■ **Visibilité des signaux hauts :**

Les signaux hauts, supposés implantés à droite ou à gauche à 2,42 m de l'axe de la voie, et dont la hauteur est comprise entre 2,8 m et 6,3 m au-dessus du plan de roulement doivent être visibles à une distance supérieure à 10 m du plan de front des tampons.

■ **Visibilité des signaux bas :**

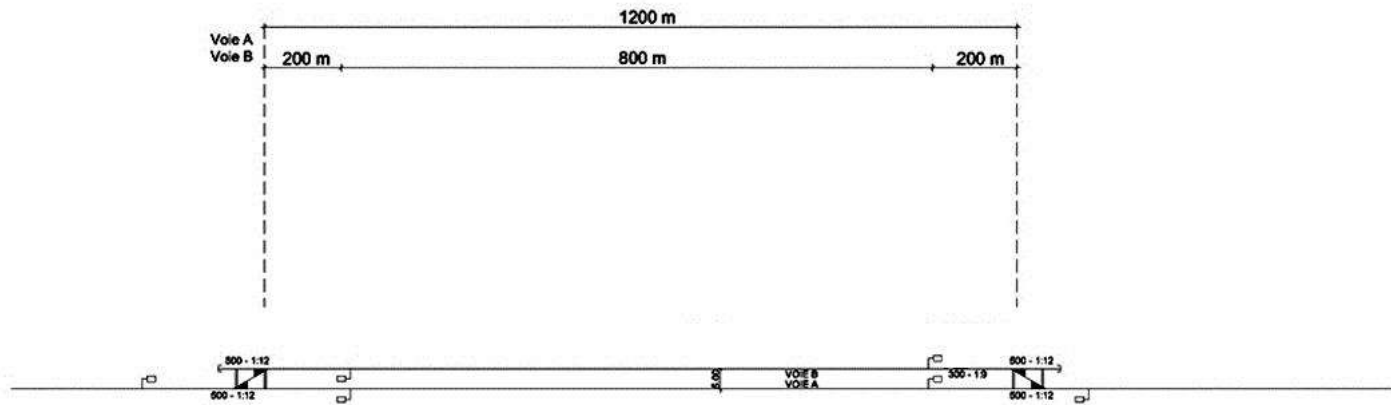
Les signaux bas, supposés implantés à droite ou à gauche, à 1,75 m de l'axe de la voie et à 0,24 m au-dessus du plan de roulement.

V.6. CONCEPTION DE LA GARE DE CROISEMENT :

Les quatre gares de croisement portant les numéros 1 à 4 – dont les gares :

- Seront toutes construites selon le même schéma de voies (voir figure.IV.17). La voie A est la voie principale directe. La voie B est reliée à la voie A par deux appareils de voie de type 500 – 1:12 et sert de voie de croisement. La voie A et la voie B sont chacune prévues pour une longueur maximum de train de 750 m.

- La vitesse de passage sur la voie A correspond à la vitesse fixée pour la ligne (160 km/h). Les vitesses d'entrée et de sortie sur la voie B sont déterminées par les rayons des appareils de voie et par les aspects possibles de la signalisation et sont de 70 km/h.



Voie	Longueur maximum du train (m)
A	750
B	750
1	Entraxe voies A – B (m)
l	5



Figure.IV.17. Schéma de gare de croisement.

AVANT PROJET DETAILLE

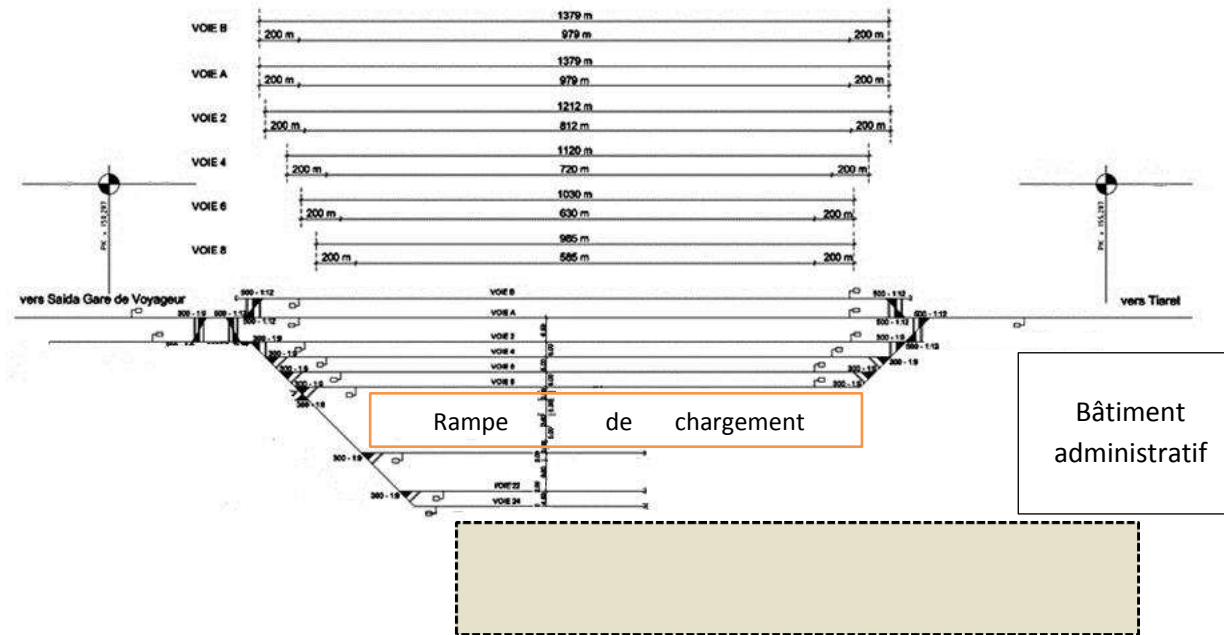
V.6. CONCEPTION DE LA GARE DE SAÏDA :

Pour notre projet, la gare de Saïda marchandises est une gare de marchandises situé au PK 152+077, avec 8 voies (dont 4 pour une longueur maximum de train de 750 m) et en même temps une gare de croisement simple avec deux voies (voies A et B, longueur maximum de train de 750 m).

Avec une emprise de 5000 x 300 m, la gare de Saïda est constituée d'un bâtiment de voyageur avec parking (voitures, camions),

- Les appareils de voie de la gare de croisement et vers le UIC60 500 – 1:12 permettant une vitesse maximale de 70 km/h.

- Dans la zone des voies de marchandises, seuls des appareils de voie manuels sont utilisés; la vitesse est de 30 km/h au maximum.



Voie	Longueur maximum du train (m)	Entraxe (m)
A	750	-
B	750	5
1	750	5
2	750	5
3	750	5
4	750	5
5	400	5
6	400	5

Figure.IV.18. Schéma de la gare Saïda marchandises.



AVANT PROJET DETAILLE

VI. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT :

L'infrastructure génère un nombre d'impacts sur les composantes de l'environnement. Ces conséquences sont réduites ou compensées par un ensemble de mesures et dispositions contractualisant du projet.

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques.

La région sud-est de Saïda abrite une faune et une flore assez diversifiées. On y trouve des formations forestières, et maintes espèces d'animaux.

Les régions touchées par l'infrastructure sont :
Commune de Saïda

- Commune d'Aïn-Lahdjar ;
- Commune d'El-Hassasna ;
- Commune de Skhouana.

VI.1. IMPACT SUR LE MILIEU NATUREL :

VI.1.1. LES PRINCIPAUX IMPACTS :

- Ennuis pendant la durée des travaux sur la flore (poussière, blessures) et sur la faune (bruit, accidents) ;
- Occupation de couverture végétale et d'habitats d'espèces ;
- Coupe de couloirs de déplacement de la faune ;
- Risques d'accidents avec la faune.

Malgré la longueur de cette emprise ferroviaire, les régions ne connaîtront pas une diminution dans ses richesses écologiques, leurs ressources naturelles ni les espèces flore et faune menacées.

L'impact n'est pas singulier, autrement dit, les espèces singulières menacées ou pas continueront à caractériser le territoire.

Il faut connaître les mesures destinées à empêcher la pollution du sol et de l'eau par les produits dérivés du pétrole pendant les œuvres, et par d'autres résidus.

De cette manière, le chemin de fer ne poserait pas d'impacts critiques, bien qu'une bonne gestion environnementale est nécessaire pour maintenir opérationnelles les mesures de correction proposées.

AVANT PROJET DETAILLE

VI.2. IMPACTS SUR LA QUALITE DES SOLS :

A- PHASE DE CONSTRUCTION :

Les agents potentiels responsables d'impact sur les sols aux chantiers sont les possibles rejets accidentels ou imprévus des déchets ou résidus liquides à caractère toxique, surtout huiles et/ou liquides de moteur des machines, dont le volume est nécessairement faible. En outre, le passage et le stationnement des machines lourdes et l'abandon du déchet, débris...etc.

Les impacts qui peuvent être produits sont :

- Modification des caractéristiques structurelles causées par piétinement des machines lourdes pendant son transit hors des chemins et pendant le stationnement ;
- La perte de sol provoquée par les terrassements, d'où le souci pour la récupération de la terre dite végétale et son recyclage sur la surface nouvelle et sur les autres sols abimés pendant les travaux ;
- La pollution des horizons édaphiques atteints par des produits toxiques ;
- Erosion induite par le passage des machines et par les terrassements.

B- PHASE D'EXPLOITATION :

Le frottement des roues contre les rails et l'usure des voitures produit des métaux lourds, en plus des petites pertes d'huiles et l'émission des autres produits toxiques en faibles quantités.

Tout cela reste dans le sol, car ces substances ne sont pas tellement facile à laver par la pluie : le sol les retient « filtre efficace ».

Normalement, l'accumulation des substances toxiques ne pose pas de problème, Mais quand le ballast, les couches de forme et de fondation des voies sont changés, elles doivent être ramenées à une décharge contrôlée autorisée.

VI.3. IMPACTS SUR LA QUALITE DES EAUX :

A- PHASE DE CONSTRUCTION :

Les agents potentiels responsables d'impact sur les eaux superficielles sont les solides arrachés par le ruissellement sur les surfaces des terrassements et leurs alentours, les rejets accidentels, les déchets et résidus liquides toxiques.

Les impacts qui peuvent être produits sont :

AVANT PROJET DETAILLE

- Risque de pollution des eaux par les rejets de résidus liquides et/ou solides ;
- Risque de pollution des sources d'eau nourries depuis le bassin qui supporte les excavations, soit des eaux superficielles ou souterraines.

B- PHASE D'EXPLOITATION :

La seule manière que les polluants émis depuis les voitures et les roues, les voies ou les moteurs, atteignent les cours d'eau ou les nappes phréatiques, est à travers le sol. Celui-ci retient et permet pas que les quantités significatives de polluants finissent dans l'eau. Cependant, dans le cas de la traversée par des lieux de haute perméabilité, prévoir dans la mesure du possible l'évacuation des eaux hors des zones sensibles. C'est à nouveau un sujet pour la gestion environnementale.

VI.4. IMPACT SUR L'ATMOSPHERE :

A- PHASE DE CONSTRUCTION :

Il y aurait de la poussière produite dans les terrassements lors du chargement et déchargement des camions, et lors du transit de véhicules.

L'effet de ces actions est un accroissement de la pollution atmosphérique ; cette légère pollution influencera seulement l'environnement immédiat des chantiers.

Il faut aussi être attentif quand les chantiers sont dans les endroits habités, il peut y avoir des ennuis pour les voisins. Dans ce cas, il faut arroser les surfaces poussiéreuses.

L'impact est considéré négatif, de basse ampleur, temporaire et local ; il passe à non significatif avec l'application de la mesure corrective correspondante : l'arrosage des surfaces dans le temps sec et avec vent.

B- PHASE D'EXPLOITATION :

L'agent d'impact c'est l'émission des gaz des moteurs de locomotives et de certaines particules en provenance de l'usure des matériels voies et véhicules.

L'effet de ces actions est aussi un accroissement de la pollution atmosphérique.

V.5. LES BRUITS :

L'agent d'impact c'est spécialement le bruit des machines, sans connaître le type et le nombre précis de machine qui travailleraient à la fois aux terrassements, ni le bruit émis par chacune.

AVANT PROJET DETAILLE

Les ennuis sont relatifs, ils dépendent de l'horaire des travaux et de la proximité des machines.

A- LE BRUIT DES TRAINS :

Il s'agit d'un ensemble de condition qui par rapport à la pollution acoustique, doivent être respectées.

Ces objectifs peuvent s'établir pour la phase des travaux et pour la phase d'exploitation de la voie ferrée.

Une des conditions qui doit être respectée, est celle de maintenir les perturbations, par des bruits dont les limites sont indiquées dans la législation en vigueur.

B- RESULTAT :

Il faut connaître la topographie finale, le chiffre des trains et le bruit final pour mieux dimensionner les écrans à installer ; Pour cette raison c'est préférable de mesurer les bruits dans la situation réelle.

Conclusion

Les perspectives du développement des zones traversées par la nouvelle ligne ferroviaire ne peuvent être que prometteuse aux bénéfiques des populations riveraines. Le désenclavement de la zone apportera un essor certain à l'économie de la région.

La stratégie du développement industriel à mettre en place pour valoriser le transport ferroviaire, est de développer des industries qui valorisent au mieux les ressources des régions.

Par conséquent, on dira que les besoins des nécessités de l'humanité on permet les pistes infrastructurelles.

AVANT PROJET DETAILLE
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

VII. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF :

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant (DA)
1	Acquisition du terrain	m ²	2767200	1.000	2.767.200.000
2	Installation de chantier	/			20.000.000
	Abattage des arbres 50 cm	U	7007	2.00	1.401.400
3	Terrassement				
	Décapage de terre végétale (30 cm)	m ³	3.319.416,16	189,57	62.926.172.145,12
	Déblais mise en remblais	m ³	5.070.713,6	480,60	2.436.984.956,16
	Déblais mise en dépôt	m ³	7.070.713,6	373,80	2.643.032.743,68
	Remblais en provenance d'emprunt	m ³	1.002.222	498,80	499.908.333,6
	Total terrassement				68.506.098.178,56
4	Couches d'assises				
	Couche de ballast (25/50)	m ³	136280	2.500,90	340.822.652
	Couche de sous ballast (GC 0/31,5)	m ³	140474	2.225,00	312.554.650
	Couche de fondation (GC 0/40)	m ³	164431	729,80	120.001.743,8
	Couche de forme (G. drainante 20/40)	m ³	303590	3.001,08	911.097.877,2
	Géotextile	m ³	49201	596,30	29.338.556,3
	Total couches d'assises				1.713.815.479,3
5	Ouvrage d'art	m ²	18509,6	90.000	53.667.000
6	Pose de rail de roulement				
	Rail UIC 60	T	6747.19	86.997,50	58.698.866.202,5

AVANT PROJET DETAILLE
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

	Traverses en béton bi-blocs	U	93183	3.497,70	325.926.179,1
	Attaches Nabla	U	372732	498,40	185.769.628,8
	Appareil de voie	U	27	8500000	229.500.000
	Total pose de voie				59.440.062.010,4
	Travaux divers				
7	Clôtures	ml	111820	1.900,15	212474773
8	Signalisation	5%		Fonc pose de voie	2972003100,52
9	Assainissement	10%		Fonc terrassement	6850609817,856
10	Etude complémentaire d'exécution	5%		Fonc terrassement	3425304908,928

Fonc : en fonction de

	Le cout total	
Variante I	145.962.636.668,564	Cent quarante-cinq milliard neuf cent soixante-deux million six cent trente-six mille six cent soixante-huit dinars Algérien.

BIBLIOGRAPHIE

- Fiches UIC (Union Internationale des chemins de fer) ;
- Fiches pratiques de la SNCF ;
- Cours voies ferrées ENSTP, par AIT MOKHTAR Khedidja ;
- Cours économie de transport ENSTP, par DJILJLI Zahir ;
- Cours de route ENSTP, par KARA Benchohra ;
- La voie ferrée – technique de construction et d’entretien, par JEAN ALIAS ;
- Manuel de projet de route, par KALLI Fatima.Z et GOUMETRE Ahmed ;
- Système de transport 1, par Robert Rivier ;
- Infrastructures de transport, mobilité et croissance. Rapport Michel Didier et Rémy Prud’homme ;
- Mémoire de fin d’étude de l’ENSTP ;
- Notes de cours de l’académie militaire FONDOUK JEDID ;
- Cours d’hydraulique générale de l’ENSTP ;

SITIOLOGIE

- Google
- Wikipédia
- SNTF
- SNCF
- VFF

ANNEXE

LISTING PROFIL EN LONG

Profil En Long Projet				
Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 1 %	3259.0	98390.0	1035
Parabole 1	Pente 1 % Rayon 40000.0 m Sommet Absc. 101124.6 m Sommet Alt. 1075 m Pente 2 %	94.1	101649.0	1078
Pente 2	Pente 2 %	1533.6	101743.1	1079
Parabole 2	Pente 2 % Rayon -40000.0 m Sommet Absc. 103895.1 m Sommet Alt. 1108 m Pente 1 %	106.7	103276.6	1103
Pente 3	Pente 1 %	2240.7	103383.4	1105
Parabole 3	Pente 1 % Rayon -80000.0 m Sommet Absc. 106647.6 m Sommet Alt. 1140 m Pente 1 %	33.9	105624.1	1133
Pente 4	Pente 1 %	2217.2	105658.0	1134
Parabole 4	Pente 1 % Rayon -40000.0 m Sommet Absc. 108370.0 m Sommet Alt. 1164 m Pente -0 %	494.8	107875.1	1161
Pente 5	Pente 0 %	1075.0	108370.0	1164
Parabole 5	Pente -0 % Rayon -20000.0 m Sommet Absc. 109445.0 m Sommet Alt. 1164 m Pente -1 %	265.8	109445.0	1164
Pente 6	Pente -1 %	1542.5	109710.8	1163
Parabole 6	Pente -1 % Rayon 20000.0 m Sommet Absc. 111519.1 m Sommet Alt. 1140 m Pente 0 %	265.8	111253.3	1142
Pente 7	Pente 0 %	2135.7	111519.1	1140
Parabole 7	Pente 0 % Rayon 20000.0 m Sommet Absc. 113654.8 m Sommet Alt. 1140 m Pente 1 %	251.0	113654.8	1140
Pente 8	Pente 1 %	2107.7	113905.8	1142
Parabole 8	Pente 1 % Rayon -40000.0 m Sommet Absc. 116515.5 m Sommet Alt. 1171 m Pente 1 %	153.0	116013.5	1168
Pente 9	Pente 1 %	892.1	116166.5	1170
Parabole 9	Pente 1 % Rayon -10000.0 m Sommet Absc. 117145.8 m Sommet Alt. 1178 m Pente -1 %	222.9	117058.6	1178
Pente 10	Pente -1 %	1843.5	117281.4	1177

Profil En Long Projet					
Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude	
Parabole 10	Pente	-1 %	314.9	119124.9	1152
	Rayon	40000.0 m			
	Sommet Absc.	119667.4 m			
	Sommet Alt.	1148 m			
	Pente	-1 %			
Pente 11	Pente	-1 %	2540.6	119439.8	1149
Parabole 11	Pente	-1 %	179.2	121980.4	1135
	Rayon	-40000.0 m			
	Sommet Absc.	121752.8 m			
	Sommet Alt.	1135 m			
	Pente	-1 %			
Pente 12	Pente	-1 %	4711.9	122159.6	1133
Parabole 12	Pente	-1 %	406.8	126871.5	1085
	Rayon	40000.0 m			
	Sommet Absc.	127278.3 m			
	Sommet Alt.	1083 m			
	Pente	0 %			
Pente 13	Pente	0 %	3456.3	127278.3	1083
Parabole 13	Pente	0 %	606.7	130734.6	1083
	Rayon	40000.0 m			
	Sommet Absc.	130734.6 m			
	Sommet Alt.	1083 m			
	Pente	2 %			
Pente 14	Pente	2 %	828.1	131341.4	1088
Parabole 14	Pente	2 %	121.0	132169.5	1100
	Rayon	-40000.0 m			
	Sommet Absc.	132776.2 m			
	Sommet Alt.	1105 m			
	Pente	1 %			
Pente 15	Pente	1 %	1434.2	132290.5	1102
Parabole 15	Pente	1 %	238.2	133724.7	1119
	Rayon	140000.0 m			
	Sommet Absc.	132024.8 m			
	Sommet Alt.	1109 m			
	Pente	1 %			
Pente 16	Pente	1 %	2974.9	133962.9	1123
Parabole 16	Pente	1 %	415.3	136937.8	1164
	Rayon	-30000.0 m			
	Sommet Absc.	137353.1 m			
	Sommet Alt.	1167 m			
	Pente	-0 %			
Pente 17	Pente	0 %	1438.1	137353.1	1167
Parabole 17	Pente	-0 %	457.3	138791.2	1167
	Rayon	-30000.0 m			
	Sommet Absc.	138791.2 m			
	Sommet Alt.	1167 m			
	Pente	-2 %			
Pente 18	Pente	-2 %	3092.3	139248.5	1163
Parabole 18	Pente	-2 %	98.4	142340.8	1116
	Rayon	30000.0 m			
	Sommet Absc.	142798.1 m			
	Sommet Alt.	1113 m			
	Pente	-1 %			
Pente 19	Pente	-1 %	1432.8	142439.2	1115

Profil En Long Projet					
Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude	
Parabole 19	Pente	-1 %	1316.0	143872.0	1098
	Rayon	110000.0 m			
	Sommet Absc.	145188.0 m			
	Sommet Alt.	1090 m			
	Pente	0 %			
Pente 20	Pente	0 %	1163.4	145188.0	1090
Parabole 20	Pente	-0 %	117.1	146351.4	1090
	Rayon	-10000.0 m			
	Sommet Absc.	146351.4 m			
	Sommet Alt.	1090 m			
	Pente	-1 %			
Pente 21	Pente	-1 %	2524.7	146468.6	1089
Parabole 21	Pente	-1 %	94.7	148993.3	1059
	Rayon	10000.0 m			
	Sommet Absc.	149110.4 m			
	Sommet Alt.	1059 m			
	Pente	-0 %			
Pente 22	Pente	-0 %	1816.9	149088.0	1059
Parabole 22	Pente	-0 %	246.9	150904.9	1055
	Rayon	110000.0 m			
	Sommet Absc.	151151.8 m			
	Sommet Alt.	1054 m			
	Pente	0 %			
Pente 23	Pente	0 %	2285.0	151151.8	1054
Parabole 23	Pente	0 %	378.0	153436.8	1054
	Rayon	110000.0 m			
	Sommet Absc.	153436.8 m			
	Sommet Alt.	1054 m			
	Pente	0 %			
Pente 24	Pente	0 %	484.8	153814.9	1055
Pente 25	Pente	0 %	0.0	154299.7	1057
				154299.7	1049.7
Longueur totale de l'axe 55909.7 mètre(s)					

LISTING AXE EN PLAN

Axe En Plan					
EltS Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 286 g	1018.5	98390.0	290117.3	3859081.5
Clothoïde 1	Paramètre -520.0	180.3	99408.5	289123.1	3858860.8
Arc 1	Rayon -1500.0 m Centre X 288709.8 m Centre Y 3860306.5 m	444.9	99588.7	288946.4	3858825.3
Clothoïde 2	Paramètre 520.0	180.3	100033.6	288503.1	3858820.8
Droite 2	Gisement 313 g	986.8	100213.9	288325.7	3858852.8
Clothoïde 3	Paramètre 520.0	180.3	101200.7	287358.3	3859047.2
Arc 2	Rayon 1500.0 m Centre X 286974.2 m Centre Y 3857593.5 m	681.5	101381.0	287180.9	3859079.2
Clothoïde 4	Paramètre -520.0	180.3	102062.5	286507.9	3859019.2
Droite 3	Gisement 276 g	771.2	102242.7	286339.0	3858956.3
Clothoïde 5	Paramètre -520.0	90.1	103014.0	285621.7	3858673.0
Arc 3	Rayon -3000.0 m Centre X 284477.6 m Centre Y 3861446.8 m	1273.6	103104.1	285537.7	3858640.3
Clothoïde 6	Paramètre 520.0	90.1	104377.7	284287.6	3858452.8
Droite 4	Gisement 305 g	660.6	104467.9	284197.7	3858459.4
Clothoïde 7	Paramètre -520.0	180.3	105128.5	283539.1	3858511.1
Arc 4	Rayon -1500.0 m Centre X 283566.8 m Centre Y 3860014.5 m	517.1	105308.7	283359.8	3858528.8
Clothoïde 8	Paramètre 520.0	180.3	105825.9	282869.9	3858686.2
Droite 5	Gisement 335 g	5087.0	106006.1	282713.7	3858776.3
Clothoïde 9	Paramètre 520.0	27.0	111093.1	278359.3	3861406.2
Arc 5	Rayon 10000.0 m Centre X 273177.8 m Centre Y 3852853.3 m	3947.1	111120.2	278336.2	3861420.2
Clothoïde 10	Paramètre -520.0	27.0	115067.3	274645.2	3862745.1
Droite 6	Gisement 309 g	6071.0	115094.3	274618.4	3862749.0
Clothoïde 11	Paramètre 520.0	36.1	121165.3	268612.0	3863631.7
Arc 6	Rayon 7500.0 m Centre X 267503.7 m Centre Y 3856214.0 m	3234.4	121201.4	268576.3	3863636.9
Clothoïde 12	Paramètre -520.0	36.1	124435.7	265375.3	3863405.7
Droite 7	Gisement 282 g	1834.6	124471.8	265340.7	3863395.4
Clothoïde 13	Paramètre 520.0	90.1	126306.4	263582.8	3862870.6
Arc 7	Rayon 3000.0 m Centre X 264397.9 m Centre Y 3859983.0 m	312.4	126396.5	263496.6	3862844.3
Clothoïde 14	Paramètre -520.0	90.1	126708.9	263204.0	3862735.1
Droite 8	Gisement 273 g	7390.5	126799.1	263121.7	3862698.4
Clothoïde 15	Paramètre -520.0	90.1	134189.6	256386.6	3859655.7
Arc 8	Rayon -3000.0 m Centre X 255110.4 m Centre Y 3862371.2 m	1627.9	134279.7	256304.3	3859619.0
Clothoïde 16	Paramètre 520.0	90.1	135907.6	254711.6	3859397.8
Droite 9	Gisement 309 g	5035.2	135997.7	254622.4	3859410.7
Clothoïde 17	Paramètre 520.0	270.4	141032.9	249642.5	3860155.0
Arc 9	Rayon 1000.0 m Centre X 249360.6 m Centre Y 3859182.9 m	107.3	141303.3	249373.8	3860182.8
Clothoïde 18	Paramètre -520.0	270.4	141410.7	249266.6	3860178.5
Droite 10	Gisement 285 g	1845.0	141681.1	249001.0	3860129.0
Clothoïde 19	Paramètre 520.0	270.4	143526.1	247204.3	3859709.5

Axe En Plan						
Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Arc 10	Rayon 1000.0 m Centre X 247300.8 m Centre Y 3858702.0 m	455.3	143796.5	246944.2	3859636.2	
Clothoïde 20	Paramètre -520.0	270.4	144251.7	246569.7	3859384.3	
Droite 11	Gisement 239 g	516.2	144522.1	246403.9	3859171.0	
Clothoïde 21	Paramètre -520.0	270.4	145038.4	246105.7	3858749.6	
Arc 11	Rayon -1000.0 m Centre X 245208.9 m Centre Y 3859218.6 m	631.3	145308.8	245939.9	3858536.3	
Clothoïde 22	Paramètre 520.0	270.4	145940.1	245396.3	3858236.3	
Droite 12	Gisement 297 g	540.0	146210.5	245127.4	3858209.8	
Clothoïde 23	Paramètre 520.0	270.4	146750.5	244588.2	3858181.0	
Arc 12	Rayon 1000.0 m Centre X 244506.7 m Centre Y 3857172.2 m	778.5	147020.9	244319.3	3858154.5	
Clothoïde 24	Paramètre -520.0	270.4	147799.4	243683.5	3857739.9	
Droite 13	Gisement 230 g	389.3	148069.8	243550.8	3857504.6	
Clothoïde 25	Paramètre -520.0	270.4	148459.1	243374.9	3857157.3	
Arc 13	Rayon -1000.0 m Centre X 242419.0 m Centre Y 3857489.7 m	434.4	148729.5	243242.2	3856921.9	
Clothoïde 26	Paramètre 520.0	270.4	149163.9	242926.7	3856628.2	
Droite 14	Gisement 275 g	554.7	149434.3	242682.6	3856512.5	
Clothoïde 27	Paramètre 520.0	270.4	149989.0	242171.1	3856297.9	
Arc 14	Rayon 1000.0 m Centre X 242434.7 m Centre Y 3855320.7 m	239.8	150259.4	241927.0	3856182.2	
Clothoïde 28	Paramètre -520.0	270.4	150499.2	241736.9	3856036.9	
Droite 15	Gisement 242 g	3530.1	150769.6	241561.1	3855831.7	
			154299.7	239387.9	3853049.9	
Longueur totale de l'axe 55909.7 mètre(s)						

LISTING PROFILS EN TRAVERS

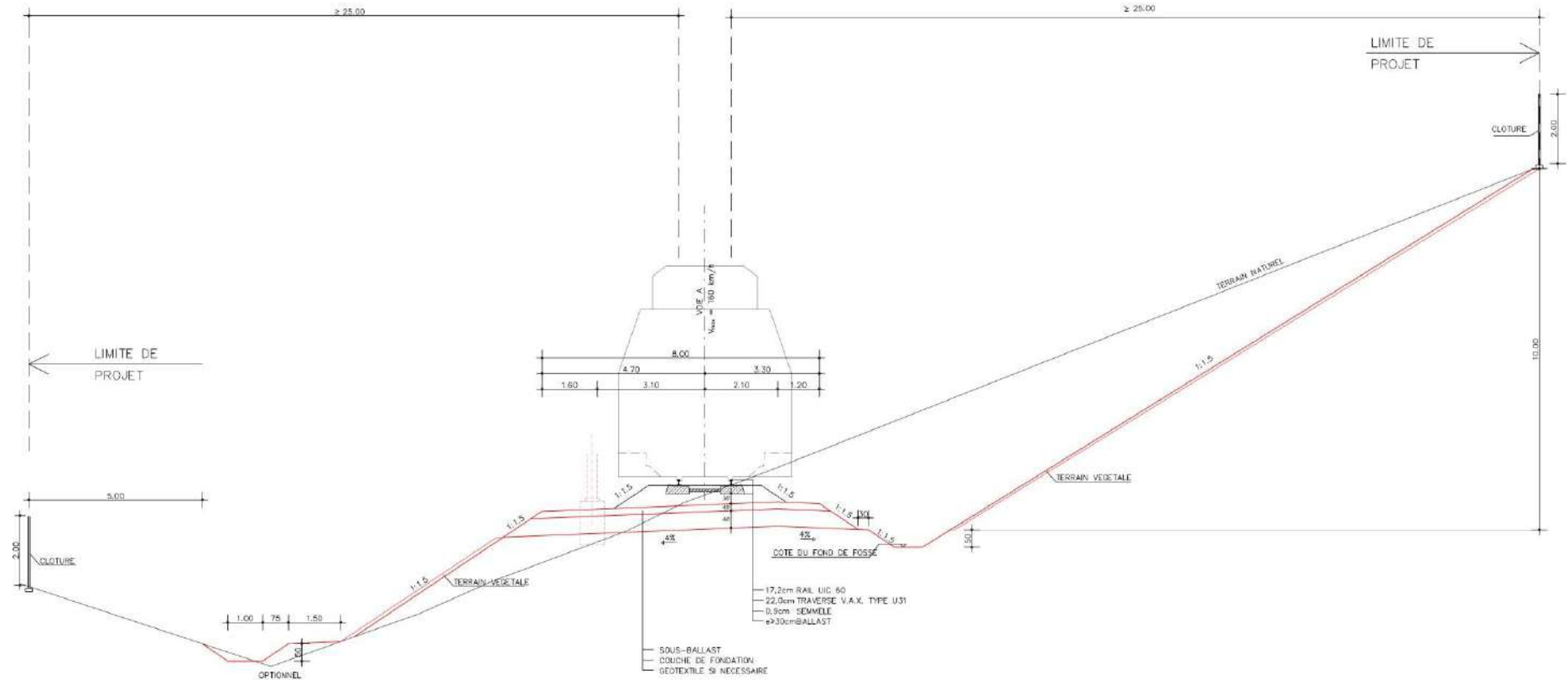
Exclusivement sur CD-R

CUBATURES - DECAPAGE (COMPENSE)

Exclusivement sur CD-R

CUBATURES DEBLAI - REMBLAI (COMPENSE)

Exclusivement sur CD-R



PROFIL EN TRAVERS TYPE