



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Genie Civil et d'Hydraulique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Travaux Publics
Voies et Ouvrages d'art

Réf. : V 11/2018

Présenté et soutenu par :
MECHEHAT Abdelhakim

Le : dimanche 24 juin 2018

Portance de la plateforme ferroviaire renforcée par géosynthétiques : cas de la zone saline du contournement de la voie ferrée de Biskra

Jury :

Dr.	KHELIFA Tarek	MCB	Université de Biskra	Président
Dr.	REMADNA Sadok	MCA	Université de Biskra	Examineur
Dr.	BENAMMAR Benkhadda	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Introduction	
CHAPITRE 1 : Généralités sur les chemins de fer et présentation du projet	2
A. Généralités sur les chemins de fer	3
1. Généralités	3
2. Constitution D'une Voie Ferrée	5
3. Caractéristiques Géométriques Des Voies	11
3.1. Géométrie du tracé	11
3.2. Entraxes et gabarits	16
4. Dimensionnement Des Couches D'assises	17
4.1. Généralités	17
4.2. Couche de ballast	18
4.3. Sous-couche	20
4.4. Plate-forme	21
4.5. Épaisseur minimum des couches d'assises	25
5. Maintenance De La Voie	26
5.1. Généralités	26
5.2. Les propriétés mécaniques des couches d'assises	26
5.3. Le fonctionnement hydraulique des couches d'assise	27
5.4. Les effets de gel	27
5.5. La fatigue de la plate-forme	27
5.6. Influence de la rigidité sur la maintenance	27
6. Les Opérations Localisées Pour La Maintenance De La Structure D'assises	28
6.1. Amélioration	28
6.2. Drainage	29
6.3. Mise hors gel	30
6.4. Contrôle de la Végétation dans les Plates-Formes Ferroviaires	30
B. Présentation du projet	31
1. Chronologie du projet et description générale	31
2. Caractéristiques de la voie	33
3. Caractéristiques physiques	34
4. Superstructure de la voie	35
5. Les gares ferroviaires	35
6. Le drainage	36
7. Les ouvrages d'arts	36
Conclusion	40

Sommaire

CHAPITRE 2 : Les géosynthétiques et leur utilisation dans le GC	43
1. Définition	44
2. Classification des géosynthétiques	44
2.1. Les géotextiles	45
2.2. Les geogrilles	45
2.3. Les géofiles	45
2.4. Les géomembranes	45
2.5. Les géocomposites	46
2.6. Les géosynthétiques bentonitiques	46
2.7. Les géotuyaux	47
2.8. Les géosynthétiques alvéolaires	47
3. Domaines d'utilisation	47
3.1. Séparation	48
3.2. Filtration	48
3.3. Drainage	48
3.4. Renforcement	49
3.5. Confinement aux barrières	50
3.6. Contrôle de l'érosion	50
Conclusion	53
CHAPITRE 3 : Cas d'étude : utilisation du géotextile dans une zone saline	54
1. Etude géotechnique générale du tronçon	55
2. Reconnaissance géotechnique	57
2.1. Phases d'études	57
2.2. Programmes de reconnaissance	57
2.3. Description des sols rencontrés	57
3. Les géotextiles	58
4. Projets réalisés en Algérie	61
5. La salinisation	64
6. Généralités sur les sebkhas	67
CHAPITRE 4 : Mode d'exécution des travaux	68
1. Confortement de la section saline	69
2. Description et caractéristiques du géotextile filtration/séparation	70
3. Caractéristiques du géotextile non tissé aiguilleté de filtration/séparation	71
4. Vérification de la qualité du produit	71
5. Spécification de matériau de substitution	71
6. Identification et conditionnement des géosynthétiques	72
7. Conclusion	76
CONCLUSION GENERALE	79
BIBLIOGRAPHIE	

Liste des figures

	Page
Figure n°01 : rail double champignon	5
Figure n°02 : rail à patin	6
Figure n°03 : rail à gorge	6
Figure n°04: types de traverses	8
Figure n°05 : types d'attaches	10
Figure n°06: couches d'assises	18
Figure n°07 : plateforme à double voie (double pente)	24
Figure n°08 : plateforme à double voie (voie unique)	24
Figure n°09 : plateforme à voie unique	25
Figure n°10 : pont rail au pk 11+830	36
Figure n°11 : viaduc de 180 ml	37
Figure n°12: pont route au pk 4+555	37
Figure n°13 : pont chemin au pk 7+935	38
Figure n°14 : passage inférieur de chemin au pk 11+470	38
Figure n°15 : pont chemin au pk 12+000	38
Figure n°16 : pont chemin au pk 13+825	39
Figure n°17 : pont chemin au pk 15+025	39
Figure n°18: carte synoptique du projet	41
Figure n°19 : les géotextiles-les geogrilles - les géofilets	45
Figure n°20 : les géomembranes	45
Figure n°21 : les géocomposites	46
Figure n°22 : les géotuyaux	47
Figure n°23 : les géosynthétiques alvéolaires	47
Figure n°24 : les géosynthétiques de séparation	48
Figure n°25: les géosynthétiques filtration	48
Figure n°26 : les géosynthétiques de drainage	49
Figure n°27 : les géosynthétiques renforcement	49
Figure n°28 : les géosynthétiques de confinement et d'érosion	50
Figure n°29 : essai de plaque	60
Figure n°30 : renforcement des sols de fondation	64
Figure n°31 : géotextile tissé et non-tissé	75
Figure n°32 : profil en travers de la voie avec le géotextile	77

Liste des tableaux

	Page
Tableau n°1 : classification des voies ferrées	10
Tableau n°2 : vitesse de référence	11
Tableau n°3 : longueur minimum des éléments du tracé	13
Tableau n°4 : rayon admissible de raccordement de profil en long	14
Tableau n°5 : longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements de profil	14
Tableau n°6 : taux de variation de dévers des courbes de transition	15
Tableau n°7 : limite de variation de devers	16
Tableau n°8 : caractéristiques de matériau de ballast	19
Tableau n°9 : les épaisseurs de ballast	19
Tableau n°10 : classification des sols de plateforme	22
Tableau n°11 : classification des plateformes	23
Tableau n°12 : fonctions des géosynthétiques	51
Tableau n°13 : types et fonctions des différents géosynthétiques	52
Tableau n°14: caractéristiques des différentes catégories de sols salés	65

Liste des photos

	Page
Photo n°1 : photo satellitaire du projet	42
Photo n°2 : les géosynthétiques bentonitiques (GSB)	46
Photo n°3 : les géotextiles	60
Photo n°4 : route sur chott Hodna	62
Photo n°5 : CET Ain Oussara	63
Photo n°6 : mur de soutènement de Tifra-Bejaia-	63
Photo n°7 : mur de soutènement de Chevalley-Alger-	63
Photo n°8 : exemple sol salé	66
Photo n°9 : la grande sebkha d'Oran	67
Photo n°10 : section de la zone saline	70
Photo n°11: drainage de la zone saline	70
Photo n°12 : pose du géotextile	73
Photo n°13 : deux rouleaux joints	73
Photo n°14 : pose de la grave concassée sur le géotextile	74
Photo n°15 : liaison des deux rouleaux	74
Photo n°16 : Photo satellitaire de la zone saline	77

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

- ❖ *Mes parents*
- ❖ *Ma chère femme : BACHERA*
- ❖ *Mes enfants : Rouia- Nada rayhane-
Tamader- Amine- Fatima Zahra-
Yahia Zinedine*
- ❖ *Toute ma famille*
- ❖ *Tous mes amis*
- ❖ *A toute personne, ayant pris ce
document en main.*

remerciement

Je remercie infiniment :

➤ *Mon encadreur Monsieur :
BENAMMAR Benkhada pour son aide, ses
conseils et sa disponibilité.*

➤ *Un grand remerciement à toute
l'équipe de l'ANESRIF pour son aimable
accueil.*

➤ *A tous les enseignants du département
Génie civile et hydraulique option : voies et
ouvrages d'art. Pour leurs efforts durant cette
formation.*

Résumé

L'important programme d'investissement lancé par l'Algérie dans le secteur des travaux publics illustre la volonté politique soutenue par des actions concrètes à travers des projets de très grande envergure. Ces projets de construction sont réalisés selon les normes en vigueur et les règles de l'art, et ont introduit de nouvelles techniques comme l'utilisation des géosynthétiques dans les domaines du traitement des problèmes géotechniques tels que le renforcement des sols (stabilité de talus, confortement de glissement, lutte contre les remontées de fissures, etc.), de drainage et filtration en remplacement des techniques traditionnelles.

Et parmi ces importants projets : Le projet de contournement de la ville de Biskra qui traverse une zone critique caractérisée par le taux de salinisation très élevé qui rend la portance du sol de plus en plus faible. Pour résoudre ce problème plusieurs solutions ont été envisagées dont l'une d'entre elles a conduit à l'utilisation des produits synthétiques déjà utilisés dans d'autres projets dans des conditions pareilles.

La solution était donc de renforcer la plateforme par un géotextile non tissé pour améliorer la portance du sol dans cette zone.

Mots clés : plateforme, portance, géosynthétiques, géotextile, renforcement, zone saline

ملخص

إن برنامج الاستثمار الهام الذي أطلقته الجزائر في قطاع الأشغال العمومية يوضح الإرادة السياسية التي تدعمها إجراءات ملموسة من خلال مشاريع واسعة النطاق. هذه المشاريع أنجزت وفقاً للمعايير المعمول بها والقواعد الفنية، وقد أدخلت تقنيات جديدة مثل استخدام المواد المكررة في مجالات معالجة المشاكل الجيوتقنية مثل تعزيز الأرضية (استقرار المنحدر، الانزلاقات، وصعود التشققات، وما إلى ذلك)، والصرف والتصفية ليحل محل التقنيات التقليدية.

ومن بين هذه المشاريع مشروع الالتفاف لمدينة بسكرة الذي يمر بمنطقة حرجة تتميز بمعدل الملوحة العالي للغاية، مما يجعل تحمل التربة منخفضاً بشكل متزايد. ولحل هذه المشكلة تم طرح العديد من الحلول، والتي أدت واحدة منها إلى استخدام المنتجات التركيبية المستخدمة بالفعل في مشاريع أخرى في ظروف مماثلة.

وكان الحل هو تعزيز الأرضية بجيوتكستيل غير منسوج لتحسين تحمل التربة في هذا المقطع من المشروع.

كلمات مفتاحية : الأرضية، تحمل، المواد المكررة، جيوتكستيل، تدعيم، منطقة مالحة

Introduction

Les transports occupent une place originale parmi les activités économiques, jouent un rôle primordial dans la mobilité des biens et des personnes, et sont considérés comme un facteur de développement indiscutable. Ils participent à la vie quotidienne de l'ensemble de la population et irriguent l'ensemble des secteurs économiques. Les transports sont présents dans tous les territoires, à toutes échelles, et ont pu être considérés à ce titre comme structurant.

Notre pays a encore besoin de nouvelles infrastructures pour bien desservir le territoire, pour intégrer parfaitement dans un tissu qui s'élargit rapidement et pour développer un système de transport plus durable en privilégiant les modes alternatifs à la route tel que le ferroviaire.

Le chemin de fer constitue un facteur important dans l'économie du pays, d'où la priorité accordée par l'état algérien pour la modernisation et le développement du réseau ferré Algérien.

Dans ce cadre, le Gouvernement a engagé un vaste programme d'investissement visant la modernisation des infrastructures existantes et la création de nouvelles lignes ferroviaires permettant d'accroître la capacité de transport par rail et d'assurer la compétitivité du chemin de fer.

Afin de satisfaire les orientations de cette politique, et pour le suivi de la réalisation de cet ambitieux programme d'investissements ferroviaires, l'agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires, par abréviation « ANESRIF » a été créée. Ce programme de réalisation ferroviaire a connu une évolution importante dans sa concrétisation depuis l'année 2005.

Le contournement de la ville de Biskra fait partie de ce programme sur un linéaire de 18 kms, dont une section qui traverse une zone saline où il a été choisi comme support de séparation la technique de l'utilisation des géo synthétiques ; qui fait l'objet de notre étude.

Afin d'accomplir cette mission j'ai procédé à établir un plan de travail décrit ainsi :

- ✓ Introduction
- ✓ Chapitre 1 : Généralités sur les chemins de fer et présentation du projet
- ✓ Chapitre 2 : Les géosynthétiques et leur utilisation dans le génie civil
- ✓ Chapitre 3 : Cas d'étude : utilisation du géotextile dans une zone saline
- ✓ Chapitre 4 : Mode d'exécution des travaux
- ✓ Conclusion

Et j'ai complété mon travail par une bibliographie illustrant tous les documents à qui on a fait référence.

Chapitre 1

Généralités sur les chemins de fer

Présentation du projet

A. Généralités sur les chemins de fer

Introduction

On désigne d'une façon générale sous le nom de chemins de fer des voies munies de rails, sur lesquelles circulent des trains remorqués par des locomotives. On peut aussi définir Le chemin de fer comme un service public créé pour la satisfaction des besoins du public et des structures industrielles. C'est un système de transport collectif guidé de personnes et de marchandises. Il constitue une alternative à la voiture, aux camions et à la congestion des portes des grandes agglomérations. Il permet des déplacements efficaces et reste en pratique le mode de transport terrestre dominant dans plusieurs pays. Il englobe le métro, le tramway et la voie ferrée.

1. Généralités

1.1. Invention

Leur invention remonte au commencement de XIXème siècle. On employa d'abord des rails plats munis d'un rebord, puis des rails en saillie, et la traction se firent soit au moyen de chevaux, soit au moyen de machines fixes.

C'est en 1811 que Georges Stephenson, ingénieur des houillères de Killingworth, construisit la première locomotive pour le service de ces mines ; en 1829 Stephenson produisit et fit adopter pour l'exploitation de la ligne de Liverpool à Manchester la fameuse Fusée qui demeure la mère des locomotives actuelles. Elle pesait quatre tonnes, pouvait remorquer en palier une charge de 13 tonnes à la vitesse de 22 kilomètres et atteindre sans charge la vitesse de 45 km/h, qui était considérable pour cette époque.

1.2. Avantages

Il présente de nombreux avantages dont les principaux sont :

- Le contact métal sur métal limite à une faible valeur la résistance au roulement ce qui permet aussi la remorque des charges élevées avec une puissance et un personnel de bord souvent réduit à un homme . En contrepartie, ce contact métal sur métal augmente les distances de freinage.
- Le chemin de fer est un transport guidé qui n'offre aux véhicules qu'un seul degré de liberté en avant ou en arrière. Les changements de voie ne peuvent se faire qu'aux aiguillages, le dépassement est impossible. Ceci constitue une sécurité vis-à-vis des accidents.
- La circulation des wagons ne se fait pas isolément comme sur la route mais en convoi.
- Le débit d'une voie ferrée est supérieur à celui d'une autoroute à 4 voies.

- Le coût moyen du kilomètre d'une voie ferrée à deux voies est moins cher que celui d'une autoroute à deux fois deux voies dans les mêmes conditions.
- Il présente un faible degré de pollution.
- A égalité de kilomètres transportés, le chemin de fer consomme deux à trois fois moins de carburant à la tonne transportée qu'un camion lourd.

1.3. Situation en Algérie

Le réseau ferroviaire actuel et futur comporte trois ensembles de lignes :

- **la rocade Nord** à voie normale (frontière Est/ Annaba/ Constantine/ Alger/ Oran/ Tlemcen / frontière Ouest) qui constitue l'artère principale des échanges entre les régions actuellement les plus développées du pays, **des lignes de rattachement**, également à voie normale, reliant la rocade aux principaux ports et à diverses villes (Guelma, Skikda, Bejaia, Tizi-Ouzou, Mostaganem, Arzew, Ain-Temouchent, Ghazaouet, Jijel...),
- **La ligne minière Est** à voie normale Annaba/Djebel-Onk dont l'activité est essentiellement liée au transport vers la zone d'Annaba des minerais de fer d'Ouenza – Bou-Khadra et des phosphates du Djebel – Onk.
- **Des lignes de pénétration** en direction des Hauts-Plateaux et du Sud : El-Gourzi/Touggourt, à voie normale ; Blida/Djelfa ; Relizane/Tiaret et Mohammadia/Béchar, à voie étroite.

Il se compose de :

Un linéaire de voies principales en exploitation de : 4 266 Km

- 3 606Km de voie principale en Voie normale
- 660. Km en Voie Etroite
- Longueur de lignes électrifiées : 386, 3 Kms * Banlieue d'Alger

* Ligne Minière Est

1.4. Les Intervenants Institutionnels :

La maîtrise d'ouvrage des projets du secteur ferroviaire est assurée par **l'Agence nationale d'études et de réalisation des infrastructures ferroviaires (ANESRIF)**. La gestion et l'exploitation de l'ensemble du réseau ferroviaire est confié, sous le régime de la concession, à **la Société nationale des transports ferroviaires (SNTF)**.

2. Constitution d'une voie ferrée

La voie ferre est constitué de deux parties distinctes (superstructure et infrastructure) :

L'infrastructure de la voie ferrée comporte en plus de l'ouvrage en terre les ouvrages d'arts, les galeries souterraines et les tranchées.

La superstructure est constitué par la plateforme, le sous ballast, le ballast, les traverses et les rails avec les accessoires d'attache et de fixation.

2.1. Le rail

Le rail est une poutre de répartition des charges de roues dans le Sens vertical, transversal et longitudinal et sert pour le guidage et maintien de la stabilité de l'essieu, le contact roue-rail (acier / acier) ayant les avantages de limiter la résistance à l'avancement par une surface réduite de contact et de faire le transfert des charges à la traverse via le système d'attaches.

Les rails sont caractérisés par : - leur profil
- la nuance d'acier qui les compose

2.1.1. Les différents types de rails

2.1.1.1. Rail DC (double champignon)

Le rail à double champignon est caractérisé par une forme symétrique avec champignon supérieur et champignon inférieur. Le rail à double champignon est fixé sur les traverses par l'intermédiaire de coussinets en fonte dans lesquels il est serré par des coins élastiques, en général métalliques, parfois en bois.

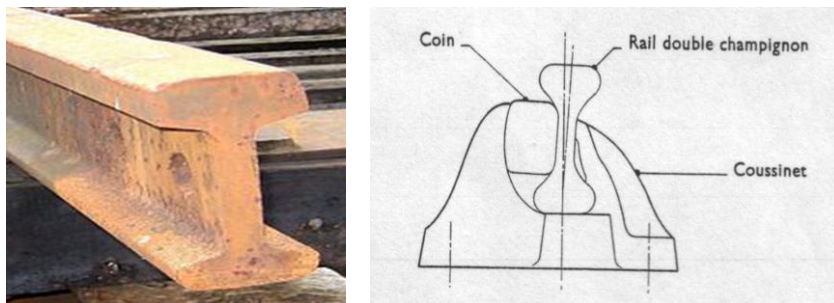


Fig. 1. Rail double champignon

2.1.1.2. Rail à patin (Vignole)

Ce rail couramment désigné sous le nom de Vignole, se caractérise par une base élargie qui permet une fixation facile sur la traverse. Il évite les nombreux inconvénients du rail à double champignon : fixation dans des coussinets en fonte, encochage du champignon inférieur, difficulté de conservation du dressage. Il est fixé sur les traverses, soit directement, soit par l'intermédiaire de selles métalliques.

Ce type est généralement utilisé pour le cas des trains de transport de marchandise et de transport de voyageur à longue distance ;

Le profil est composé de :

Champignon : Courbure pour le contact roue-rail et masse pour fretter la zone de contact

Ame : Raccord avec portées d'éclissage

Patin : Largeur pour transfert de charge à la traverse, portée d'éclissage et zones pour les attaches

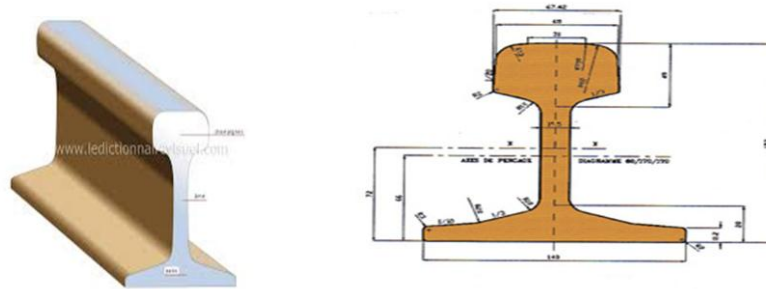


Fig.2. rail à patin

2.1.1.3. Rail à gorge (Tramway / voies de port)

Généralement utilisé pour le cas des tramways et les métros légers, leur poids propre est environ de 58,96 kg/ml et leur géométrie est schématisée sur la figure ci-dessous.



Fig.3. rail à gorge

2.1.2. Ecartement des rails

Conformément au règlement UIC l'écartement normal des rails sera comme suit :

- En alignement 1435 mm, avec une erreur de +0 à +2 mm
- En courbe $80 < R < 150$ m 1434,5 mm, avec une erreur de +0 à +2 mm
- En courbe $R < 80$ m 1430 mm, avec une erreur de +0 à +2 mm

2.2. La traverse

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous les rails, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails.

2.2.1. Fonction principale

- Répartir les charges verticales: Augmenter la surface d'appui sur le ballast
- Ancrer la voie transversalement: Contribuer à la stabilité du châssis de voie en charge (efforts des véhicules) ou à vide (stabilité LRS)
- Contribuer à la position géométrique des rails: écartement et inclinaison notamment Intégrer l'interface avec les systèmes d'attaches

2.2.2. Types de traverse

2.2.2.1. Traverses en bois

- Bois indigène : principalement chêne mais aussi hêtre et pin
- Bois exotique azobé

2.2.2.2. Traverses métalliques

Profil laminé en forme de U renversé, embouti aux extrémités pour assurer la résistance latérale de la voie.

2.2.2.3. Traverses en béton

Capacité à supporter les moments de flexion générés par les charges de roue:

- moment de flexion positif sous rail qui correspond au moment appliqué au droit de l'axe du rail et qui génère une tension au niveau de la partie inférieure de la traverse.
- moment de flexion négatif au centre des traverses monobloc qui correspond au moment appliqué au centre de la traverse et qui génère une tension au niveau de la partie supérieure de la traverse

2.2.2.3.1. Traverses bibloc

Formées de deux blocs de béton, les blochets, reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse. Il existe deux modèles de blochets :

- La traverse à blochets de 68 cm.
- La traverse à blochets de 84 cm.

2.2.2.2.2 Traverses monobloc

En béton précontraint, amincies dans leur partie centrale, armées de fils à haute résistance.

- L'ancienne génération (modèles V.W, SCOP,...), fabriquée jusqu'en 1967, a les caractéristiques suivantes :
 - * longueur = 2 30 m
 - * largeur = 25 cm
 - * épaisseur = 14 m
- La nouvelle génération, fabriquée à partir des années 1974 environ, présente les caractéristiques suivantes :
 - * longueur = 2 50 m
 - * largeur = 29 cm
 - * épaisseur = 17 ou 20 cm



Fig.4. Types de traverses

2.3. Systèmes de fixation :

- **Systèmes rigides**

 - Pas d'éléments élastiques

- **Systèmes élastiques**

 - Présence d'au moins un élément élastique (semelle et/ou attache)
 - Système de fixation directe, Le rail est fixé directement dans la traverse avec ou sans interposition de semelle ou de selle
 - Système de fixation indirecte; Le rail n'est pas fixé directement à la traverse ; interposition d'une selle

2.4. Attaches et semelles

Caractéristiques Mécaniques

- Assure un effort vertical de serrage du rail sur la traverse le plus constant possible
- Couple de renversement important, s'opposant au déversement du rail
- Transmission des efforts latéraux à la traverse
- Contribuer à l'élasticité et à l'amortissement de la voie (attaches élastiques)
- Assure l'isolement électrique

Types d'attaches :

- **Fixation rigide**

 - Crampons (utilisés aux USA)
 - Tirefonds sur les traverses en bois
 - Crapauds sur traverses métalliques

- **Fixation élastique directe**

 - Semelle en caoutchouc
 - Lame ressort : griffon
 - Attache Nabla
 - Fast clip
 - Vossloh

- **Fixation élastique indirecte**

 - Semelle en caoutchouc
 - Selle
 - Lame ressort (Attache Nabla, Fastclip, Vossloh)

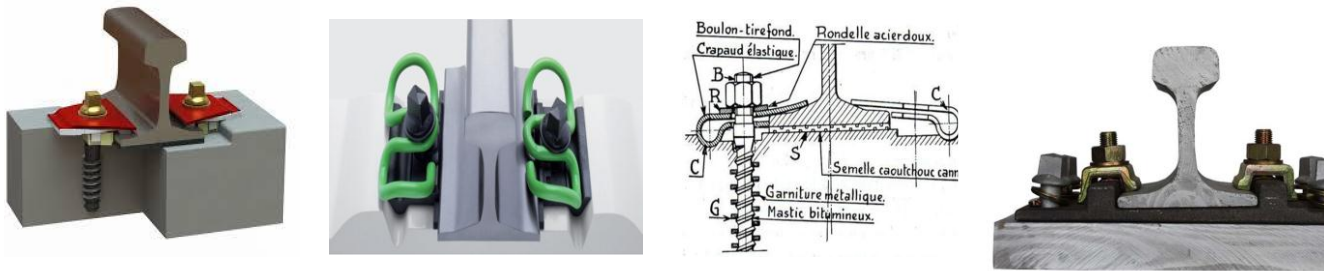


Fig.5. type d'attaches

2.5. Appareil de voie

Les appareils de voie sont un moyen de franchissement ou de passage d'un train (de voyageurs ou de marchandises) d'une voie principale à une voie service ou de franchissement d'une voie de croisement.

2.6. Classification des voies ferrées

La classification des voies ferrées est établie sur la base d'un trafic fictif (Tf) calculé suivant un tonnage journalier voyageurs, marchandises, du type d'engins de traction et de l'armement de la ligne (capacité d'une voie ferrée à supporter un trafic défini).

Les lignes sont classées en 9 groupes définis par des seuils indiqués ci-après :

Tableau n°1. Classification des VF

Groupe 1	Tf > 120000 tonnes
Groupe 2	120000 ≥ Tf > 85000
Groupe 3	85000 ≥ Tf > 50000
Groupe 4	50000 ≥ Tf > 28000
Groupe 5	28000 ≥ Tf > 14000
Groupe 6	14000 ≥ Tf > 7000
Groupe 7	7000 ≥ Tf > 3500
Groupe 8	3500 ≥ Tf > 1500
Groupe 9	1500 ≥ Tf en tonnes

Classification des lignes d'UIC

L'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) a établi une classification des lignes en fonction des charges de trafic supportées par l'infrastructure ainsi que du type de trafic.

Ainsi que les grandes lignes du réseau ferré appartiennent en principe aux :

- Ligne de groupes (UIC 1, UIC 2, UIC 3 et UIC 4) ce sont des lignes à grande vitesse supportant un trafic important.
- Ligne de groupes (UIC 5 et UIC 6). ce sont des lignes à moyenne vitesse supportant un trafic moyen.
- Les lignes faiblement chargées des groupes (UIC 7, UIC 8 et UIC 9) correspondent en général au réseau capillaire, généralement régional, dont le trafic est faible.

3. Caractéristiques géométriques des voies

3.1. Géométrie du tracé

3.1.1 Généralités

Les paramètres de tracé de voie pour les tronçons de ligne à réaliser :

- Gamme de vitesse ≤ 220 km/h
- Trafic mixte voyageurs - marchandises

3.1.2. Vitesses de référence

La voie sera conçue pour accueillir un trafic mixte voyageurs et fret circulant aux vitesses projetées apparaissant ci-dessous:

Tableau 2. Vitesses de référence

	Voie classique	En plaine	En zone montagneuse
Vitesse maximale admissible	120	220 km/h	200 km/h
Vitesse minimale à terme*	80	100 km/h	100 km/h

* à court terme certains trains « fret » seront limités à 80 km/h

3.1.3 .Critère de limitation des paramètres du tracé

Parmi les paramètres définissant la géométrie du tracé, certains ont été limités afin de respecter les exigences de sécurité, de confort pour les voyageurs et de tenue de la voie.

Les valeurs limites suivantes ont été définies:

- Valeur limite normale: valeur à ne pas dépasser pour les circulations roulant aux vitesses maximales ou minimales admissibles.
- Valeur limite exceptionnelle: c'est une valeur plus défavorable que la valeur limite normale, qui peut être utilisée dans des circonstances exceptionnelles.

3.1.4. Trace en Plan

Le tracé en plan se composera de la succession judicieuse des éléments suivants : alignement droit, pleine courbe et courbe de transition. Le plan de l'axe du tracé correspondra à l'axe de la voie dans le cas de voie unique, et à l'axe de la plate-forme dans le cas de voie double.

Règles à respecter dans le Tracé en plan :

- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- Eviter au maximum les propriétés privées
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement,
- Eviter les terrains très plastiques

3.1.5. Les paramètres limites qui conditionnent le tracé sont repris ci-après:

3.1.5.1 .Longueur minimum des éléments de tracé

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

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

Tableau 3. Longueur minimum des éléments de tracé

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

3.1.5.2. Rayon minimum de l'alignement circulaire

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

3.1.6. Profil en long

Le profil en long de la voie est constitué de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires. Le profil longitudinal sera défini par la projection horizontale de la cote de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé.

3.1.6.1. Déclivité maximale

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur. En principe, les valeurs admissibles à ne pas dépasser sont indiquées ci-après :

- En déclivité de longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.

- En déclivité de longueur comprise entre 3 000 m et 15 000 m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.

- En déclivité de longueur supérieure à 15 000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰.

3.1.6.2. Rayon admissible en raccords de profil en long

Les valeurs des rayons minimaux admissibles en profil en long sont limitées pour tenir compte des considérations suivantes :

a) lorsqu'un véhicule franchit à une vitesse « V » un raccordement de profil en long de rayon R_v , il est soumis à une accélération centrifuge :

$$a_v = \frac{V_{\max}^2}{12.96 \times R_v} \leq a_{v \text{ REC}} \text{ [m}^2/\text{s}^2]$$

Cette accélération doit être limitée afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.

b) Les raccordements de profil en long sont définis par des raccordements circulaires, sans courbes de transition entre les pentes et le raccordement. Cela entraîne une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

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

Il en résulte ci-dessous les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter (la vitesse V est exprimée en km/h) :

Tableau 4. Rayon admissible en raccordements de profil en long

Valeur normale	$0,35 V^2$
Valeur exceptionnelle	$0,25 V^2$
Points particuliers à des vitesses inférieures ou égales à 140 km/h	$0,15 V^2$

3.1.6.3. Détermination de la longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil

La valeur de la longueur minimale des déclivités constantes est donc limitée à :

Tableau 5. Longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil

Valeur minimale normale	$V / 2$
Valeur minimale exceptionnelle	$V / 2,5$

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

3.1.6.4. Autres contraintes du tracé en profil

Les zones de changement de phase d'alimentation électrique ainsi que les points de changement de voies avec voie d'évitement impliquent des contraintes de profil en long.

3.1.7. Section Transversale

3.1.7.1. Ecartement de la voie

Il est fixé à **1,435 m** entre les 2 rails (écartement UIC).

3.1.7.2 Dévers.

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

➤ **Dévers théorique (d_v)**

Formule pratique $d_v = 11.8 V^2 / R$ [d en mm, V en km/h, R en m]

➤ **Dévers 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.

e : dévers donné à la voie est appelé dévers prescrit, est en général compris entre $0.4 d_v$ et $0.6 d_v$.

3.1.8. Interaction entre Trace en plan et Section transversale

3.1.8.1. Limite de la variation de dévers dans les courbes de transition

Du fait de la variation du dévers dans les courbes de transition, les deux rails forment un «**gauche**» qui nuit à la stabilité des véhicules. Dont *la Vitesse de montée ou de descente d'un rail par rapport à l'autre pour un véhicule : 50 mm/s (maxi 60 mm/s)*

Afin d'éviter que les surcharges et les délestages puissent déstabiliser les circulations et les faire dérailler, la longueur des courbes de transition sera fonction du dévers adopté et du taux de variation de dévers admissible, selon la relation suivante :

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} = R_p$$

R_p étant le taux de variation dévers maximal admissible en mm/m

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

Tableau 6. Taux de variation de devers dans les courbes de transition

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

3.1.8.2. Limite de la variation d'insuffisance de dévers

Variation d'accélération transversale "jerk" limitée à 0.5 m/s³ Les valeurs maximales sont indiquées ci-dessous :

Tableau 7. Limites de variation d'insuffisance de dévers

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

3.2. Entraxes et Gabarits

3.2.1. Gabarits De Circulation

Les gabarits à prendre en compte se déterminent à partir des contours de référence GC».

3.2.1.1. Gabarit d'implantation des obstacles :

L'ensemble des obstacles : structures, équipements pour la fourniture d'énergie, pour la signalisation, etc., respecteront les prescriptions suivantes :

- Des contours cinématiques de référence définis ci-avant.
- Du tracé et de la vitesse de circulation sur la voie contiguë.
- De la nature et de la longueur de l'obstacle (continu, discontinu ...).
- Du type de matériel roulant.
- Des marges et des besoins de la maintenance.
- De la sécurité du personnel d'après les règlements en vigueur et les prescriptions adoptées.

3.2.1.2. Gabarits latéraux minimum

Ils seront étudiés sur la base d'une piste de 70 cm de largeur au minimum pour le personnel.

3.2.2. Dispositions relatives à la sécurité du personnel

Des dispositions complémentaires permettant la sécurité du personnel seront envisagées en fonction des dimensions des gabarits latéraux et des obstacles à implanter.

3.2.2.1. Hauteur libre des ponts - routes

La hauteur minimale a été fixée à 6,35 m, sauf cas particuliers qui feront l'objet d'études spécifiques telles que :

- Les appareils de voie implantés à proximité des ponts - route
- Les conditions particulières de l'environnement

3. 2.2.2. Quais de voyageurs

La construction de quais de voyageurs n'est pas prévue sur le parcours des voies à Grande Vitesse.

Les cas des points de changement de voie avec évitement avec quais de service sont traités dans les documents infrastructures.

3.2.2.3. Entrevoies

L'entraxe pour la voie double principale est de **4,20 m**. Dans les raccordements de la ligne nouvelle avec la ligne classique, on adoptera un entraxe de 3,67m dès lors que celui-ci sera parcouru à une vitesse inférieure à 160 km/h.

Double voie à Grande Vitesse/voie d'évitement :

- Quelle que soit la vitesse sur la voie principale, l'entraxe minimum entre la voie d'évitement et la voie principale la plus proche sera de 6,50 m.
- Cette valeur permettra l'implantation d'une piste ou de poteaux caténaires. Elle est à majorer en fonction de la taille des obstacles et de l'existence simultanée de poteaux caténaires et de pistes.

4. Dimensionnement des couches d'assises

4.1 .Généralités

Par définition, La couche d'assise comprend la couche de ballast et la sous-couche (sous ballast).

Leurs rôles principaux sont :

- L'amortissement des vibrations importantes provenant du contact Rail- Roue
- La répartition des charges provenant des traversés d'une manière presque uniforme sur la plateforme
- La contribution à la stabilité longitudinale et transversale de la voie ferrée
- L'évacuation des eaux de ruissellement par le drainage

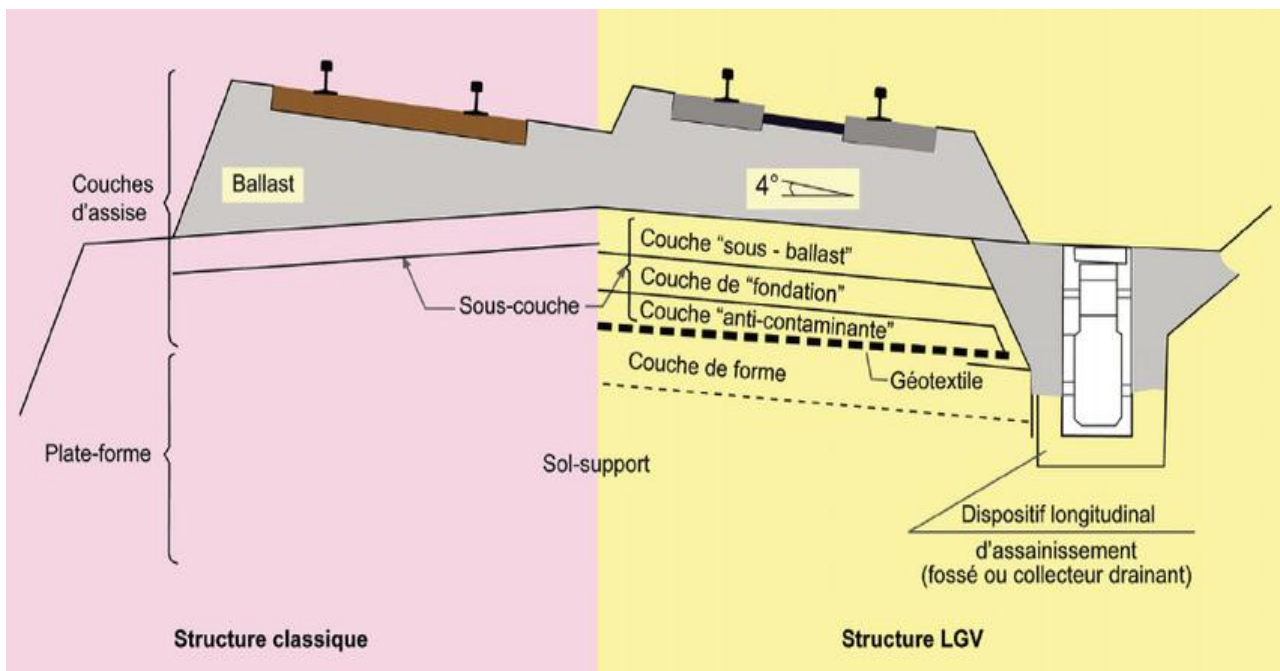


Fig.6. couches d'assises

4.2 .Couche de Ballast :

Le ballast est un granulat utilisé dans la construction de voies ferrées et dont 100 % de la surface des grains est entièrement concassée

4.2.1. Rôle

- La transmission des efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement.
- Le rôle du ballast est aussi d'enchâsser les traverses afin d'assurer une résistance aux déformations longitudinales, particulièrement importante pour la technique des longs rails soudés.
- Assure en raison de sa granularité particulière le drainage et l'évacuation des eaux superficielles.
- Joue le rôle d'un amortisseur de vibration très efficace grâce à sa propriété rhéologique (dissipation de l'énergie de vibration par attrition (contact des éléments)).

4.2.2 .Matériau

On utilise généralement de la pierre concassée, de granulométrie variant entre 31,5 mm et 50 mm, de type plutonique : granite, diorite, etc. On utilise du gravillon fin (10 mm à 35 mm) pour le nivellement.

Les éléments du ballast doivent s'imbriquer, de façon à former une masse compacte, mais perméable. La qualité de ballast est exprimée à partir des essais classiques :

- Essai de la résistance à l'usure (essai Deval ou microdeval) ;
- Essai de la résistance à la fragmentation (essai de Los Angles)
- Essai de la résistance à la compression

Référence normative : **NF EN 13450** Granulats pour ballasts de voies ferrées

Le ballast utilisé en chemins de fer doit avoir au moins les qualités suivantes :

- La résistance à la compression simple $RC \geq 1400 \text{ kg/cm}^2$
- Coefficient Micro Deval $M_{DE} \leq 15$
- Coefficient Los Angles sec $LA \leq 24$
- La catégorie A du tableau 1 de la norme EN 13450 est exigée (ballast 31.5/50).

Tableau .8. Caractéristiques du matériau du ballast

Catégories	Ballast (d/D)	Granularité (Pourcentage en masse de passant)							
		80	63	50	40	31.5	22.4*	31.5 à 50	31.5 à 63
NF EN 13450									
A	31.5/50	100	100	70 à 90	30 à 65	1 à 25	0 à 3	≥ 50	-

* Il est permis d'utiliser un tamis de 25 mm au lieu du tamis de 22.4 mm avec une tolérance de 0à5.

*Les épaisseurs de ballast sont indiquées ci-dessous :

Tableau .9. Les épaisseurs du ballast

Épaisseur normale	0,30 m
Cas des viaducs et tunnels	0,35 m

4.2.3 .Contrainte

Le ballast subit deux types d'usure :

- Contamination par des matériaux parasites, par exemple de la terre. On procède à des désherbages, mais il est nécessaire de remplacer le ballast régulièrement .
- tassement du ballast sous les traverses, ce qui provoque une déformation verticale de la voie. Il est alors nécessaire de réinjecter du ballast de faible granulométrie sous les traverses; ou bien de réaliser une opération d'entretien à l'aide d'une bourreuse.

4.3. Sous-couche :

La sous-couche est une couche d'adaptation interposée entre la couche de ballast et la plateforme, La sous-couche peut être mono ou multicouche.

Elle comprend du haut vers le bas, une couche "sous ballast" en grave propre bien gradué (0/31.5) puis une couche de fondation dans le cas de mauvais sol et enfin, s'il y a lieu une couche anti-contaminatrice complétée par des feuilles de géotextile ou géomembrane

4.3.1. Rôle de la sous-couche

Elle a des rôles multiples :

- Amélioration de la portance et meilleure répartition des charges transmises.
- Contribution à l'amélioration des propriétés vibratoires.
- Anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast, - Protection contre l'érosion et le gel, - Evacuation des eaux de pluies.

4.3.2. Exigence technique

L'épaisseur et la nature de la sous -couche d'assise dépendent :

- Des caractéristiques intrinsèques des sols de la plateforme ;
- Des conditions climatiques du site;
- Des caractéristiques hydrogéologique et hydraulique de site ;

L'épaisseur de la couche de ballast doit être prise en compte lorsque l'on dimensionne la sous-couche.

4.4. Plateforme

4.4.1. Définition

Partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche. La plateforme est constituée de terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai.

Pour évaluer la qualité de la plateforme, il convient :

- D'apprécier la qualité de chaque sol composant la plateforme,
- D'apprécier la qualité de la plateforme complète : couche de forme + sol sous-jacent.

4.4.2. Classification des sols pour la plateforme

La qualité d'un sol dépend des deux paramètres ci-après :

- La nature géotechnique du sol ; à cet égard, on utilise l'identification géotechnique.
- Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales ; ces conditions sont réputées bonnes si :
 - La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle (niveau de cette dernière mesuré avant toute opération de rabattement complémentaire et en période climatique défavorable).
 - La plateforme n'est pas le siège de percolations (pénétration par l'eau circulant dans le sol (éventuellement pollué)) naturelles transversales, longitudinales ou verticales nocives,
 - Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement.

Si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas remplie, les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont réputées mauvaises. On distingue, selon que les conditions ci-dessus soient bonnes ou mauvaises et selon les modalités de tableau, les quatre classes de *qualité Q_{Si} de sols* ci-après:

- Q_{S0} : **Sols "impropres"** à la réalisation d'une plateforme correcte et nécessitant certaines mesures confortatives, (remplacement du matériau sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.).
- Q_{S1} : **Sols médiocres** acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent, éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié, (traitement aux liants).
- Q_{S2} : **Sols moyens.**
- Q_{S3} : **Bons sols.**

Tableau .10. Classification des sols de la plateforme

Classification des sols (identification géotechnique)	Classe de qualité des sols
0.1.Sols organiques 0.2.Sols fins (comportant plus de 15 % de fines) foisonnés, humides et donc non compactables 0.3. Sols thixotropes (quick-clay par exemple) 0.4.Sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse) 0.5.Sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels, par exemple) 0.6.Sols mixtes « minéraux organiques »	QS0 Sols impropres
1.1.Sols comportant plus de 40 % de fines(sauf sols 0.2) 1.2.Roches très évolutives ; par exemple : -Craies de Pd < 1.7 t/m ³ et de friabilité forte - Marnes -Schistes altérés 1.3. Sols comportant de 15 à 40 % de fines (sauf sols 0.2) 1.4.Roches évolutives ; par exemple : -Craies de Pd < 1.7 t/m ³ et de friabilité faible -Schistes non altérés 1.5.Roches tendres ; Par exemple : 1.6. Si microdeval en présence d'eau (MDE)>40 et Los Angeles (LA)>40	QS1 Sols médiocres
2.1. Sols comportant de 5 à 15 % de fines 2.2. Sols comportant moins de 5% de fines mais uniformes ($C_u \leq 6$) 2.3. Roches moyennement dures Par exemple : Si $25 < MDE \leq 40$ et $30 < LA \leq 40$	QS2 Sols moyens
3.1. Sols comportant moins de 5 % de fines 3.2. Roches dures Par exemple : Si $MDE \leq 25$ et $LA \leq 30$	QS3 Bons Sols

4.4.3. Classification des plateformes

La portance d'une plateforme dépend de la:

- qualité du sol constituant le corps de remblai ou du sol en place en fond de déblai.
- qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsque cette dernière existe).

On peut distinguer, en fonction des paramètres ci-dessus les trois classes suivantes de plateformes en fonction de la qualité de leur portance :

□ **P₁** : Plateforme médiocre. □ **P₂** : Plateforme moyenne. □ **P₃** : Plateforme bonne.

Les méthodes pour effectuer ce classement sont diverses. Une de ces méthodes est donnée ci-après :

Tableau 11. Classification des plateformes

Spécifications pour le cœur du remblai ou esplanade naturelle de déblai		Capacité de support nécessaire pour la plateforme	Spécifications pour la couche de forme		
Qualité du matériel	CBR min(a)		Qualité du matériel posé	CBR min(b)	Epaisseur minimale (m)
QS1	2-3	P1	QS1	2-3	--
		P2	QS2	5	0,50
		P2	QS3	10-17	0,35
		P3	QS3	10-17	0,50
QS2	5	P2	QS2	5	--
		P3	QS3	10-17	0,35
QS3	10-17	P3	QS3	10-17	--

Le CBR sur échantillon inaltéré lorsqu'il s'agit du terrain naturel, et sur échantillon remoulé et compacté quand il s'agit du cœur du remblai (les échantillons doivent être saturé durant l'essai).

- (a) Le CBR sur échantillon remoulé et compacté (les échantillons doivent être saturés durant l'essai)

4.4.4. Section type de la plateforme

La largeur de la plateforme en double voie dont l'entraxe mesurera 4,20 m (sans obstacles dans l'entrevoie) sera fixée à 13,60 m. En voie unique, cette largeur de plateforme sera fixée à 8 m. Une zone sera réservée à l'implantation d'équipements de signalisation, de télécommunications, etc.

Sur les voies à l'air libre, un passage permettant la circulation du personnel a été prévu latéralement pour chaque côté en double voies et d'un seul côté pour les plateformes de voie unique.

Schéma en coupe de La plateforme type

- **Plate-forme à double voie en double pente :**

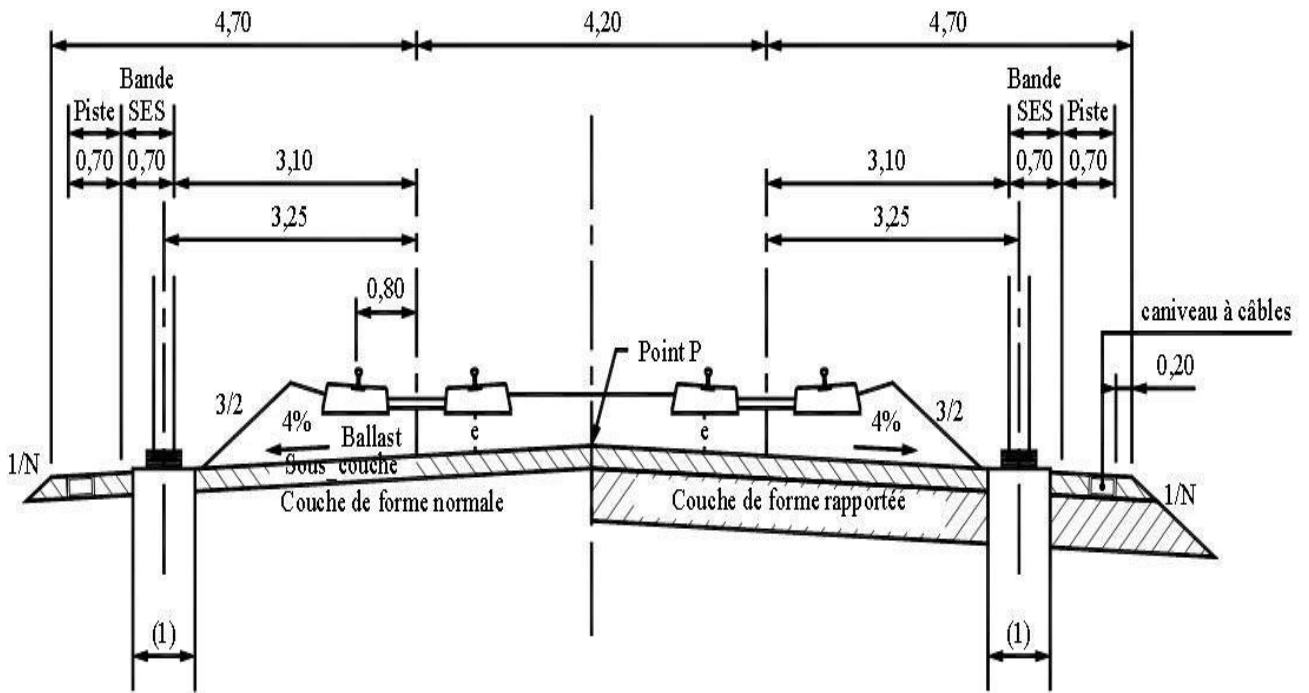


Fig.7. Plate-forme à double voie (double pente)

- **Plate-forme à double voie en pente unique :**

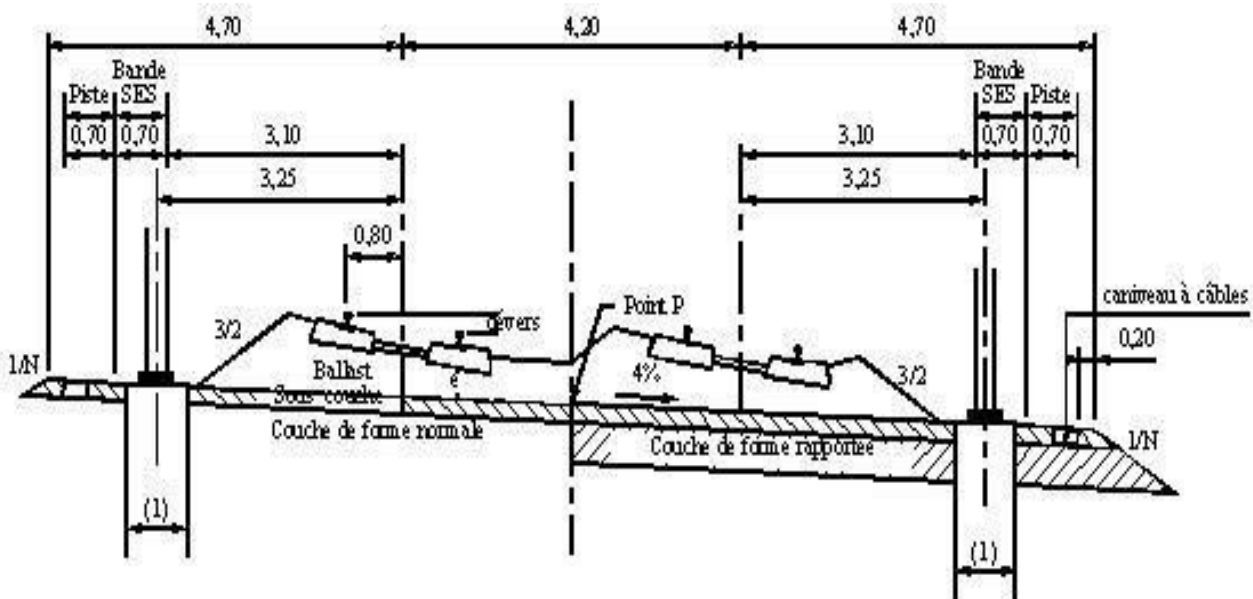


Fig.8. Plate-forme à double voie (pente unique)

- Plate-forme à voie unique en double pente :

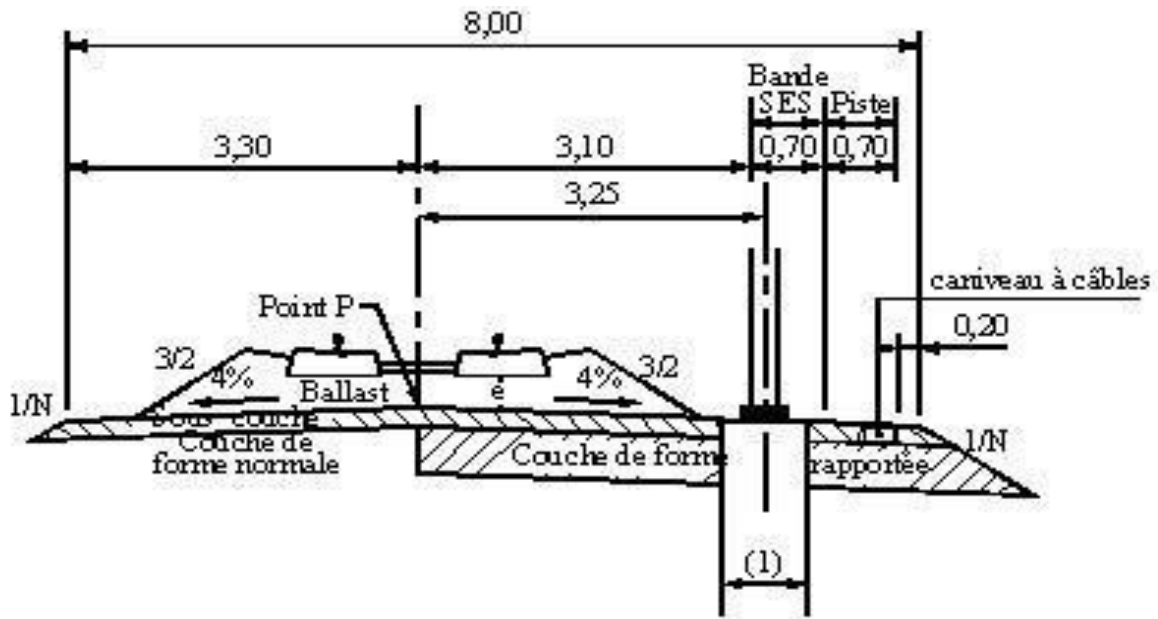


Fig.9. Plate-forme à voie unique

Les dispositions prises en compte pour les études sont les suivantes :

- Référence en altitude de la plateforme: point P. Le point P étant le niveau supérieur de la sous-couche située sous le ballast considéré dans l'axe de la plateforme future. Ce point P correspond à l'axe de la voie dans le cas de la voie unique et à l'axe de l'entrevoie dans le cas de la voie double.
- Le calage du point P par rapport aux rails sera déterminé à partir de la hauteur de ballast, mesurée entre la partie inférieure de la traverse et la plateforme, à la verticale du rail dans les conditions les plus défavorables permettant d'obtenir l'épaisseur de ballast souhaitée.

4.5 .Épaisseur Minimum des Couches d’assises

Détermination de l’épaisseur minimum

La formule de calcul¹ de l’épaisseur minimal de la couche d’assise est donnée comme suit

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

E : paramètre qui dépend de la qualité de portance de la plate-forme a, b, c, d, f et g sont des paramètres qui dépend de la classe de voie, de l'armement (type de rails), de l'intensité du trafic de la voie et de vitesse du train .

5. Maintenance de la voie

5.1. Généralités

Les opérations de maintenance sont conduites en fonctions des trois paramètres ci-après :

- la nature de trafic (charge par essieu, tonnage circulé, vitesse) ;
- la qualité géométrique de la voie compatible avec le trafic ;
- le coût de maintenance nécessaire pour assurer cette qualité géométrique.

Pour mettre en œuvre de façon rationnelle la politique de maintenance, il est nécessaire:

- de bien comprendre les facteurs intervenant la dégradation de la voie ;
- de distingué les zones selon les fréquences des interventions nécessaires sur nivellement, a cet égard, la SNCF a défini une notion de « **coefficient d'entretien d'assise** » ;
- d'analyser les problèmes de plates-formes sous l'aspect géotechnique.

5.2. Les propriétés mécaniques des couches d'assises

La qualité des couches d'assise influe sur la tenue du nivellement de la voie :

- par la qualité mécanique de chacune des couches. Identifiée, par des essais appropriés ; la qualité de sol QS_i et le degré de pollution des couches
- par la plus ou moins grande compatibilité des couches entre elles :
- Pour pallier une insuffisance notoire de qualité des couches d'assise, il est possible soit :
- dans les cas graves, de substituer totalement ces couches
- plus généralement, d'estimer la portance du système "plate-forme et couche intermédiaire" (assimilée à une sous-couche), et d'améliorer les couches d'assise conformément aux règle de dimensionnement.
- Bien entendu, il faut faire en sorte que, lors d'un **renouvellement de ballast**, la couche éventuelle interposée entre ballast et plate-forme soit maintenue dans son intégralité et non dangereusement amincie (amoindrie), voire même supprimée.

5.3. Le fonctionnement hydraulique des couches d'assises

Pour assurer un bon fonctionnement hydraulique des couches d'assise :

- le ballast doit reposer sur une "sous-couche" correctement pentée transversalement vers des dispositifs de collecte longitudinaux (cas de déblai) ou vers l'extérieur (cas de remblai). Cela se trouve compromis² lorsqu'il y a pollution du ballast (soit par attrition de celui-ci, soit par apport de pollution extérieure, soit par remontée des fines de la plate-forme), lorsqu'il y a déformation de l'assise, ou lorsque le pentage transversal initial était mauvais et non dirigé vers un organe de collecte
- la sous-couche est suffisamment dense pour diminuer l'infiltration de l'eau dans la plate-forme
- la sous-couche a la possibilité, elle-même, de s'essorer transversalement vers les dispositifs de collecte ou vers l'extérieur. Cela se trouve compromis lorsque la sous-couche elle-même est polluée outre mesure (Avec excès) et déformée transversalement.

5.4. Les effets du gel

Lorsque le ballast ou la sous-couche deviennent sensibles au gel, ou lorsque le front de gel pénètre dans une plate-forme en sol sensible, des désordres de nivellement inacceptables peuvent se produire (soulèvement en période de gel et chute de portance lors du dégel).

5.5. La fatigue de la plate-forme

La sollicitation à la fatigue d'un sol de plate-forme dépend :

- des caractéristiques du trafic,
- des caractéristiques du châssis de voie,
- de l'épaisseur et des caractéristiques des couches d'assise.
- des caractéristiques de la plate-forme.

5.6. Influence de la rigidité sur la maintenance

La caractéristique principale pour la bonne tenue de la voie est la rigidité de l'ensemble "sous-couche - plate-forme" qui dépend de sa portance.

La réalisation de couches d'assise conformément aux recommandations d'une épaisseur minimum est une optimisation.

- Une portance, une rigidité, de l'ensemble "sous-couche + plate-forme" trop faible se traduit par une augmentation des travaux d'entretien et de maintenance du ballast et du nivellement.
-

- Une rigidité trop forte (par exemple par traitement au ciment) peut provoquer pour des charges d'essieu et pour des vitesses élevées une destruction plus rapide du ballast et la réduction du confort.

6. Les opérations localisées pour la maintenance de la structure d'assises

6.1. Amélioration de la portance

Les divers procédés d'amélioration de la portance de la structure d'assise sont :

6.1.1. Renforcement de la sous-couche lors du renouvellement

Le renouvellement de la voie s'opère comme suit :

- Dégarnissage avec pentage transversal vers l'extérieur ou vers les dispositifs de drainage longitudinaux
- mise en œuvre d'une couche de grave d'au moins 15 cm d'épaisseur, elle-même pentée transversalement ;
- reballastage en cherchant à relever la voie de façon à limiter le plus possible la profondeur de dégarnissage.

Ces mesures, pour être durables, doivent s'accompagner d'une mise en état ou de la création s'il y a lieu, de dispositifs longitudinaux de drainage et de transit

6.1.2. Substitution complète des couches d'assises

Diverses techniques sont utilisées :

- Mise en œuvre d'une sous-couche classique en granulats

Il n'y a pas de différence de principe avec les lignes nouvelles. Cependant, les possibilités réelles d'excavation peuvent nécessiter une minimisation des épaisseurs. A cet égard, les épaisseurs "ballast - sous-couche" peuvent être réduites dans une certaine mesure. - Imperméabilisation par géomembrane ou couche bitumineuse étanche.

Ce procédé ne peut être utilisé que lorsque les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont bonnes. Il permet une réduction d'épaisseur des couches d'assise. Cette épaisseur peut être établie par assimilation aux épaisseurs calculées par La formule de calcul de l'épaisseur minimal de la couche d'assise, cependant, on considère qu'après imperméabilisation, une plate-forme de classe initiale de portance P1 devient une plate- forme de classe P2.

L'expérience a montré qu'il est nécessaire de disposer sous la géomembrane ou la couche bitumineuse une couche en matériaux drainants.

- Différentes méthodes sont utilisées : Emploi de matériaux traités

- **Utilisation de grave-ciment** : mais ils, sur voies fortement chargées, se sont révélés peu concluants : des fissures sont apparues dans la grave-ciment accompagnées d'un phénomène de pompage.
- **Utilisation de sable chaulé (Lavé)** : Il est nécessaire d'interposer entre la couche traitée et le ballast, un matelas de grave non traitée. Cette couche de grave non traitée protège le sable chaulé vis-à-vis de l'agression du ballast et aussi des eaux d'infiltration. De plus, elle doit conférer à la structure d'assise une épaisseur suffisante eu égard à la tenue du sol sous-jacent.
- **Amélioration des plates-formes par traitement aux liants hydrauliques** : utilisent également des couches de sol traitées en place à la chaux avec apport d'une couche de grave sus-jacente(placé au-dessus) d'au moins 15 cm d'épaisseur.
- **Renforcement des plates-formes en sols organiques** :le traitement classique de ces plates-formes s'opère au cours de l'entretien courant en compensant les tassements permanents par des relevages de voie correspondants.

Le rechargement doit également être exécuté de part et d'autre de la voie (y compris éventuellement l'aménagement de banquettes de pied de talus) de façon à éviter un tassement ultérieur dissymétrique générateur de gauche. Afin de réduire les tassements et les vibrations élastiques il peut être recommandé d'utiliser un matériau compacté de faible densité.

6.2. Drainage

Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales sont déterminées par le niveau de la nappe phréatique. De mauvaises conditions hydrogéologiques et hydrologiques peuvent avoir des influences néfastes sur la portance de la plateforme et la tenue de la voie, on y remédie par rabattement de la nappe par des fossés ou des drainages profonds. Selon la situation locale, des réseaux prescrivent des valeurs limites variant de 0,8 à 2,5 m sous le plan de roulement. La valeur de 0,8 m n'étant acceptée que pour des plates-formes de bonne qualité (P3) hors gel et lorsque la nappe a un très faible écoulement. - **Eaux de surface.**

Il est important d'évacuer au plus vite les eaux zénithales susceptibles d'arriver sur la plateforme. Pour cela, il est nécessaire :

1. De penter correctement, dans le sens transversal, les plateformes vers les dispositifs longitudinaux de drainage (dans les déblais) ou vers l'extérieur (dans les remblais) tant en alignement qu'en courbe. La pente transversale doit être comprise entre 3 et 5 %.

Cependant dans certaines parties en dévers, on peut être amené à concevoir des plateformes de double voie à pente unique transversale.

Le dessus de sous-couche doit être également penté. En effet, sous réserve que la sous-couche soit bien graduée, 80 % environ (coefficient de ruissellement $c = 0,8$) de l'eau zénithale s'écoulent directement de l'interface « ballast/sous-couche » vers les drainages. Les 20 % restants s'infiltrent dans la sous-couche, le pentage permettant l'essorage rapide.

2. De dimensionner correctement les dispositifs de drainage longitudinaux.

Ceux-ci doivent évacuer les débits apportés lors des orages importants (par exemple orages décennaux) :

- par l'ensemble "talus de déblai et voie ferrée" (débit Q_p), d'une part.
- par l'ensemble des éventuels bassins versants affluents de la tranchée (débit Q_v), d'autre part.

Bien souvent, les temps de concentration relatifs à chacun des débits Q_p et Q_v sont très différents ; Il faut ajouter, le cas échéant, les débits en provenance des rabattements de nappe.

6.3. Mise hors gel

On énumère ci-après, en les commentant, divers procédés de mise hors gel.

- **Épuration du ballast** : L'épuration du ballast pollué suffit dans les cas où les couches sous-jacentes ne sont pas incriminées.
- **Remplacement de la sous-couche** : Si la couche intermédiaire entre la plate-forme et le ballast (soit couche constituée d'un mélange ancien de ballast, de matériaux divers et de sol, soit véritable sous-couche) est sensible au gel ou d'épaisseur insuffisante, on excave et on substitue par un granulat insensible.
- **Relèvement de la voie** : Cette possibilité de relever la voie est cependant limitée (déclivités, ponts, tunnels et caténaires).

6.4. Contrôle de la végétation dans les plates-formes ferroviaires

Pour des raisons de sécurité de service et de coût d'entretien, le développement de la végétation doit être contrôlé à intervalles réguliers, du moins sur les lignes à fort trafic.

Le drainage correct des couches d'assise et de la couche de forme est un bon moyen pour les protéger du développement de la végétation.

Les herbicides sont à utiliser en dosage minimal, les conditions météorologiques doivent être appropriées (dans la mesure du possible : travaux de jour, absence de vent et de pluie) . Des contraintes

supplémentaires peuvent réglementer l'utilisation d'herbicides en zone d'aménagement spécial ou de protection de nappe.

Lorsque, par des soins appropriés (coupe régulière par exemple) la végétation est limitée au seul gazon sur une bande d'environ 3 m de part et d'autre des voies le développement de la végétation vers les voies est réduit. On peut également empêcher la formation de végétation en réduisant à proximité des voies l'offre en substances nutritives.

Le développement de la végétation dans la voie peut être réduit par la mise en œuvre d'une couche d'asphalte sous le ballast et sur les pistes et les accotements.

B. Présentation du projet

Afin de développer le réseau de chemin de fer, l'état a programmé plusieurs projets pour améliorer ce dernier ; l'évitement de la voie ferrée de la ville de Biskra fait partie de ce programme où l'utilisation des géosynthétiques comme renforcement de la plateforme du dit tronçon est l'objet de notre étude.

1. Chronologie du projet et Description générale :

Le projet est sous la direction de l'agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires- **ANESRIF**-, qui a confié au groupe GETINSA-SETIRAIL-SAETI l'étude du « Contournement et aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra (Ligne ferroviaire El-Ghourzi–Touggourt) sur 18+840 kms.

Les missions à développer sont les suivantes:

- Révision de l'Etude Préliminaire précédente: Réalisation d'une nouvelle Etude Préliminaire.
- Etude d'Avant-Projet Sommaire (APS).
- Etude d'Avant-Projet Détaillé (APD).
- Dossier de Consultation d'Entreprises (DCE).

En Mars de l'année 2007, le groupement GETINSA-SETIRAIL-SAETI a remis le document analyse -critique de l'Etude Préliminaire existante dans laquelle a été choisie la variante retenue.

En Août de l'année 2007, le groupement GETINSA-SETIRAIL-SAETI a remis le document Avant-Projet Sommaire suite aux études géotechniques et topographiques (tracé retenu) et des ouvrages de drainage ainsi que l'élaboration des plans et des descriptifs techniques des éléments constitutifs des voies, des accès aux installations, des ouvrages d'arts, des gares de voyageurs et de marchandises, de la signalisation et de la télécommunication.

Dans le document Avant-projet détaillé sont développés ; par l'A.N.E.S.R.I.F ; les moyens humains et matériels à mettre en œuvre pour la réalisation du projet.

Description générale :

Dans le présent document est définie une ligne ferroviaire à voie unique pour voyageurs en prévoyant dans le dimensionnement des infrastructures la future électrification de la ligne.

Le projet est partagé en trois sections :

-Section 01 ; PK 00+000 au PK 06+000

- Section 02 ; PK 06+000 au PK 12+000

-Section 03 ; PK 12+000 au PK 18+840

L'origine du tracé (PK 0+000) se trouve au PK 195+000 de la ligne ferroviaire reliant El Ghourzi à Touggourt. Le tracé du projet contourne la ville de Biskra par l'Ouest sur une longueur de 18,840 kilomètres pour se connecter sur la voie existante au Sud de la ville de Biskra. Le tracé se termine dans la future gare de marchandises en aval de la connexion de la ligne projetée avec la ligne existante venant de la zone industrielle au PK 18+840. Le départ du projet se situe au nord de la ville de Biskra, au P.K. 195+000 de la ligne actuelle. Après un bref parcours sur la plateforme existante, le tracé prend la direction du Sud-ouest pour commencer le contournement de la ville.

Dans cette zone le tracé passe près de la nouvelle zone de décharge contrôlée en construction, sans l'affecter directement. Ensuite, au P.K. 4+555, le projet croise le tracé de la route RN-03, le rétablissement de cet axe routier est projeté par la réalisation de deux ponts routiers, un ouvrage par sens de circulation.

A partir de ce point, le projet poursuit son parcours vers le Sud en s'étendant le long du tracé de la rocade routière de la ville, la RN-03, de façon à ce que l'emprise foncière entre cette infrastructure routière et le nouveau tracé ferroviaire soit compatible avec le plan de développement urbain de la Wilaya de Biskra. En continuant le tracé dans la direction sud, on croise divers oueds qui seront franchis par des ouvrages de drainage transversaux.

Aux alentours du P.K. 7+935, on croise un chemin local pour lequel on prévoit le franchissement au moyen d'un passage supérieur.

En continuation de la succession des oueds de taille moyenne, un chemin rural sera franchi au moyen d'un passage inférieur au P.K. 11+470, cadre de 8×5.5 mètres.

Ensuite, le tracé se rapproche de la zone Sud-Ouest de la ville de Biskra, où le tracé est contraint aux conditions les plus restrictives. Il convient de souligner entre autre, l'orographie, les installations industrielles, les infrastructures routières et les prévisions de service.

Les installations industrielles associées à la briqueterie située entre le P.K. 11+600 et 12+000 sont modérément affectées. Aux alentours du P.K. 11+600 et P.K.11+800, le tracé se poursuit entre la zone

de stockage des matériaux (situé dans la marge droite) et la briqueterie (marge gauche). Pour minimiser les affectations aux travaux de production, la structure pont-rail au P.K. 11+800 est projetée avec une longueur de 20 mètres ce qui permettra la circulation des machines et personnel associés aux ouvrages de production de l'industrie entre les installations mentionnées par la route d'accès maintenue.

Par la suite, le tracé traverse la zone de relief la plus élevée en altitude et la plus accidentée du parcours. Aux alentours du P.K. 12+200 (marge droite), le tracé rencontre la plateforme en terrassement qui constitue actuellement un site d'activité associé à la briqueterie. On projette donc un passage supérieur au P.K. 12+200 afin de maintenir la communication entre les marges.

Ensuite, depuis le point le plus élevé du tracé débute une descente pour traverser en remblai la vallée suivante. Le franchissement de la route RN46 et des oueds proches est résolu au moyen d'un pont-rail P.K. 12+670 de 180 mètres de longueur.

Au P.K. 13+800, on prévoit la construction d'une future station d'autobus que le tracé doit respecter.

Puis le tracé se dirige dans la direction Sud-Est et commence à s'approcher du tracé de l'actuelle ligne ferroviaire. Dans cette zone, le tracé croise de nombreux chemins agricoles de longueurs moyennes. On prévoit le maintien de la communication entre les deux marges par la réalisation de deux passages supérieurs aux P.K. 13+825 et 15+025.

Aux alentours du P.K. 16+466 le tracé se connecte avec la ligne actuelle où l'on prévoit la construction d'une nouvelle station de marchandises sur le côté droit jusqu'à la fin du tracé au PK 18+840.

La connexion actuelle avec l'installation industrielle de l'entreprise Naftal située au sud de Biskra sera rétablie correctement (limitant la communication en direction du Sud, et utilisant pour la communication vers le Nord le passage obligatoire pour la gare de marchandises).

2. Caractéristiques de la voie:

. Caractéristique technique :

- Largeur de voie : $A = 1,435$ m

2.1. Vitesse admissible en voies générales:

- Vitesse maximale de circulation : $V_{MAX} = 180$ km/h

(Moins de 160 km/h en raccordement sur la voie existante)

- Vitesse minimale de circulation : $V_{MIN} = 100$ km/h

2.2. Rayon minimal :

- $R_{min} = 1275$ m en voie générale projetée

- $R_{min} = 300$ m en voie de raccordement Nord)

2.3. Profil en long :

Dans la définition du profil en long, ont été établies les limitations suivantes:

- Inclinaisons maximales : - 16% (pleine voie)
- 0‰ (gares)

2.4. Section type :

Les caractéristiques géométriques des sections type à adopter pour les voies générales sont les suivantes:

- Type de ligne : Voie unique (future électrification) ;
- Ecartement de la voie : 1,435 m
- Entraxe : 4,20 m
- Largeur de la plate-forme : 8,0 m (plateforme pour voie unique)
- Pente latérale de la plate-forme : 4%
- Épaisseur de ballast : 30 cm
- Epaisseur de couche de sous ballast : 20 cm
- Epaisseur de couche de forme : 50 cm
- Distance axe voie - axe caténaire : 3,25 m.

Pour la plateforme de chemin de fer sous les passages supérieurs sont pris en compte les gabarits de voie double sur plateforme électrifiée :

- Gabarit vertical à partir du rail le plus élevé : 7,0 m
- Gabarit horizontal (obstacle/axe de voie la plus proche) : 5,65 m.

Pour les viaducs et ponts rails la largeur est conçue pour une voie double électrifiée.

En ce qui concerne les gares, sont prises en compte les caractéristiques géométriques suivantes:

- Entraxe entre les voies d'évitement et la voie principale: 4,20 m;
- Épaisseur de ballast: 30 cm

3. Caractéristiques physiques :

- déblais : 818 485 m³
- remblais : 1 153 076 m³
- Couche de forme et sous ballast : 288 100 m³
- Ballast : 81 095 m³
- Pose de voie : 83 500 m³
- Ouvrages d'art (01 viaduc de 180ml, 02 ponts rail et 05 ponts route)
- Gare voyageurs (R+1) : 933 m³
- Gare marchandise : 3 532 m³

4. Superstructure de voie :

Le matériel de voie prévu pour la ligne en étude sera le suivant:

- Rail UIC 54
- Traverses Bi bloc B440 (anciennement VAX U31) pour rail UIC 54 (pleine voie, voie de gare)
- Appareils de voie UIC 54 190 1:7, UIC 54 500 1:12.

5- les Gares ferroviaires :

La ville de Biskra représente un point de passage essentiel des biens et des personnes sur la ligne El-Ghourzi - Touggourt d'une longueur de 420 kilomètres reliant le Nord au Sud du pays.

Par conséquent, il est nécessaire d'entreprendre les travaux suivants :

- Construction d'une nouvelle gare de voyageurs
- Construction d'une nouvelle gare au sud de la ville, destinée exclusivement aux services de marchandises, à un emplacement près de la zone d'activité industrielle de Biskra.

5.1. Gare de voyageurs de Biskra :

Les réalisations urbanistiques permettant d'implanter dans les abords extérieurs du bâtiment de la gare un espace esplanade piéton face à l'entrée principale du futur bâtiment de voyageurs, un parc de Stationnement pour les véhicules ; possiblement extensible en cas de nécessité, des points de stationnement pour les cycles, une plateforme de desserte pour les autobus .Il s'agit d'un bâtiment voyageur à R+1.

3 quais de dimensions 250 mètres par 6 mètres seront aménagés.

5.2. Gare de marchandises de Biskra :

La gare de marchandises sera implantée sur des terrains accueillant actuellement des palmeraies le long de la ligne de chemin de fer existante au Sud de la ville de Biskra en aval de l'appareillage de voie permettant d'accéder aux voies desservant la zone industrielle au Sud de l'agglomération. La base de partition du schéma fonctionnel considéré, correspond à la création conque dans l'étude préliminaire précédente auquel s'ajoutent les considérations spécifiques manifestées par l'A.N.E.S.R.I.F. Durant le développement des travaux. La gare de marchandises est constituée de :

- 2.1) Bâtiment administratif
- 2.2) Bâtiment de service
- 2.3) Poste de contrôle
- 2.4) Poste d'entretien des locomotives

2.5) Poste d'entretien des voitures

2.6) Hall de stockage

6. Drainage :

Les bassins interceptés par le tracé ont été étudiés. La dimension des ouvrages de drainage nécessaires a été calculée à partir des caractéristiques des paramètres de bassins versants des Oueds traversant la nouvelle voie ferrée et des précipitations maximales dans chaque cas. Pour quelques bassins, une continuité est donnée au lit au moyen de la structure projetée, étant déjà un viaduc, un pont ou un passage inférieur.

7. les ouvrages d'arts :

Les travaux singuliers du tronçon sont les suivants :

➤ Pont rail au P.K. 11+830

Qui permet la perméabilité entre la zone de dépôt et l'usine de la briqueterie. Ce pont coupe l'axe du chemin en dessous de lui avec un angle droit. L'ouvrage est constitué d'une travée unique d'une portée de 20,00 mètres. Il est de type isostatique. Le tablier se compose d'une dalle évidée, la largeur totale du tablier est de 13,50 mètres. De part et d'autre du tablier, des trottoirs (pour passage d'homme pour une inspection intérieure) sont prévus, ces trottoirs mesurent 95 centimètres. Les culées quant à elles sont pleines et les murs en retour sont ancrés au mur frontal. Les toutes, reposent sur une semelle superficielle de 2,50 mètres d'épaisseur. La continuité de l'ouvrage est assurée par une série de murs de soutènement de hauteur variable. Ces murs s'étendent sur une longueur de deux fois 20 mètres (20 mètres pour chaque culée).

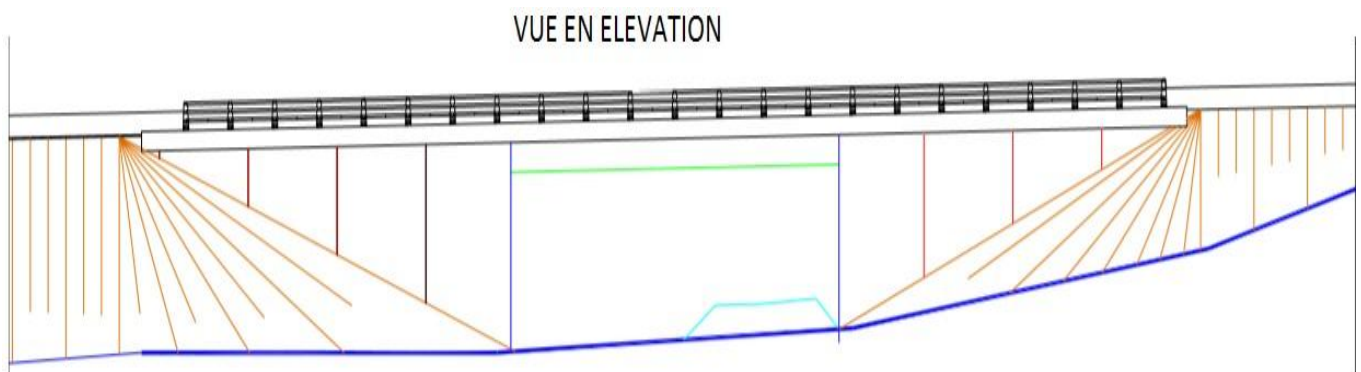


Fig. 10 : Pont rail au P.K 11+830

➤ **Viaduc du P.K. 12+550 au P.K. 12+630**

D'une longueur totale de 180 mètres. Cet ouvrage porte la ligne de chemin de fer et permet le franchissement de la route nationale R.N.46. L'ouvrage est constitué de cinq (05) travées, deux (02) travées extrêmes de 30,00 mètres de longueur et trois (03) travées centrales de 40,00 mètres de longueur. Il est de type hyperstatique. Le tablier se compose d'une poutre caisson en béton précontraint. La largeur totale du tablier est de 13,50 mètres. De part et d'autre du tablier, des trottoirs (pour passage d'homme pour une inspection intérieure) sont prévus, ces trottoirs mesurent 95 centimètres. Les piles au nombre de quatre (04) sont des caissons creux. Quant aux culées, elles sont de types culées remblayées constituées de trois (03) voiles de 0,50 mètre d'épaisseur, l'ensemble repose sur des semelles superficielles de 2,50 mètres d'épaisseur.

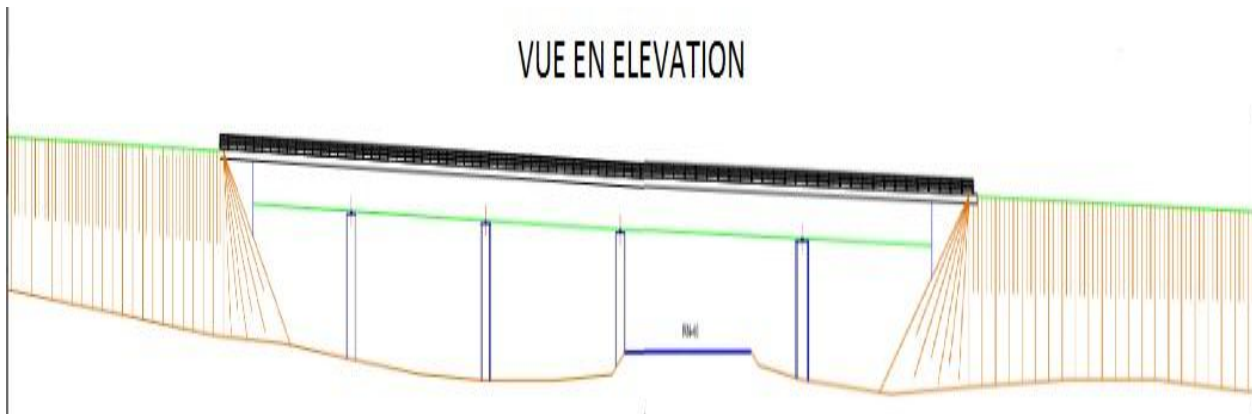


Fig.11 : Viaduc de longueur 180 ml

Le rétablissement des routes et des chemins interceptés par le trace a été projeté, les structures suivantes seront construites :

➤ **Pont route R.N. N° 03 P.K. 4 + 555** de longueur 49.70 m;

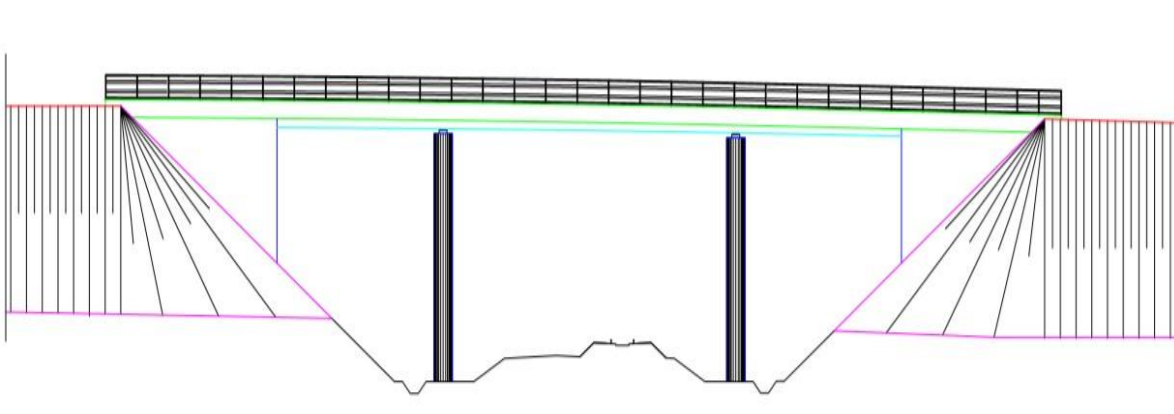


Fig. 12 : Pont route PK 4 + 555

- **Pont chemin P.K. 7 + 935** de longueur 46.5 m;

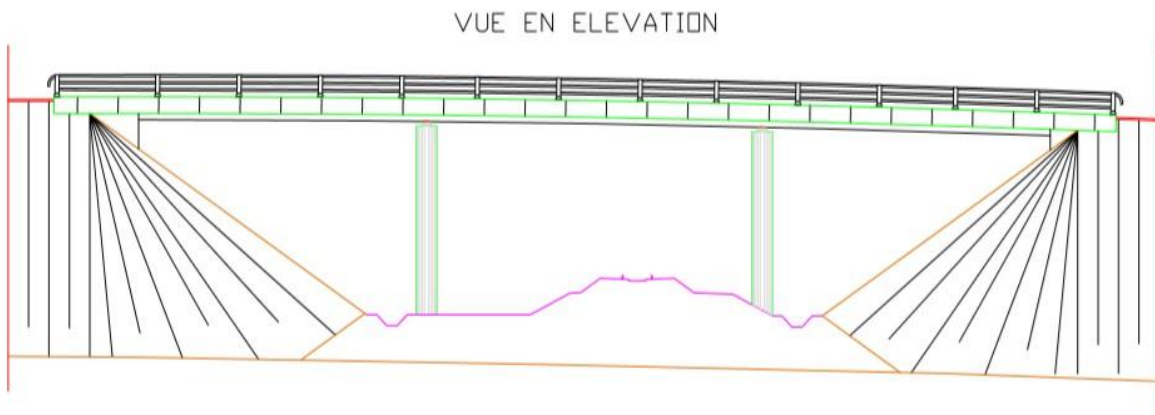


Fig.13 : pont chemin PK 7 + 935.

- **Passage inferieur de chemin P.K. 11+470** de longueur 15.55 m;

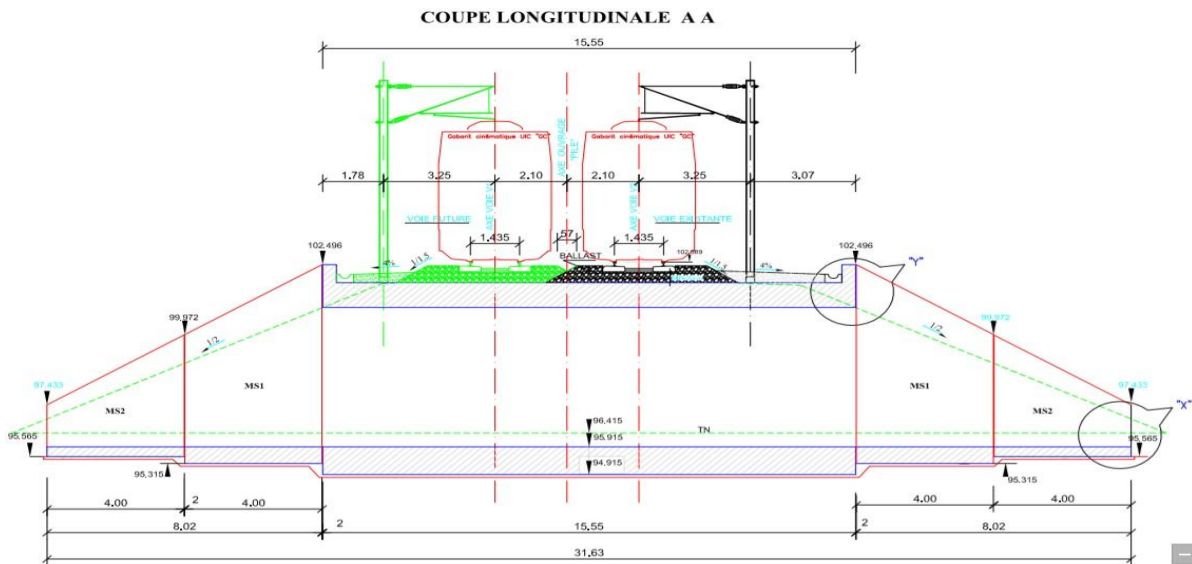


Fig.14 : Passage inferieur de chemin P.K. 11+470

- **Pont chemin P.K. 12 + 200** de longueur 46.5 m;

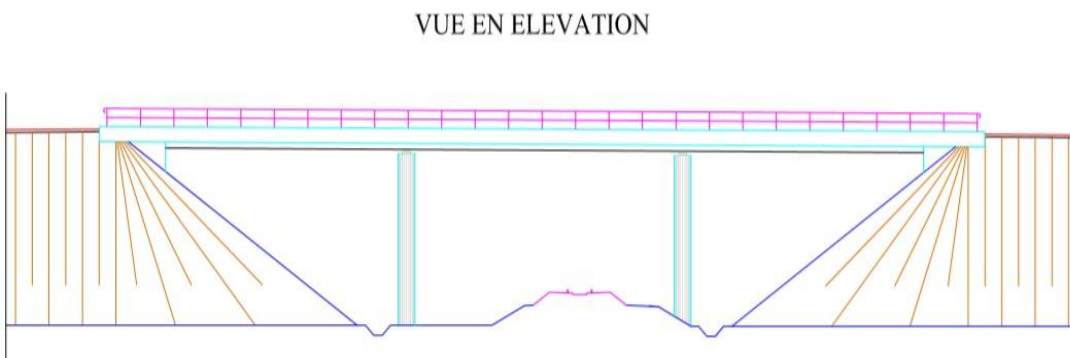


Fig.15 : Pont chemin P.K. 12 + 200 de longueur 46.5 m

- **Pont chemin P.K. 13 + 825** de longueur 46.5 m;

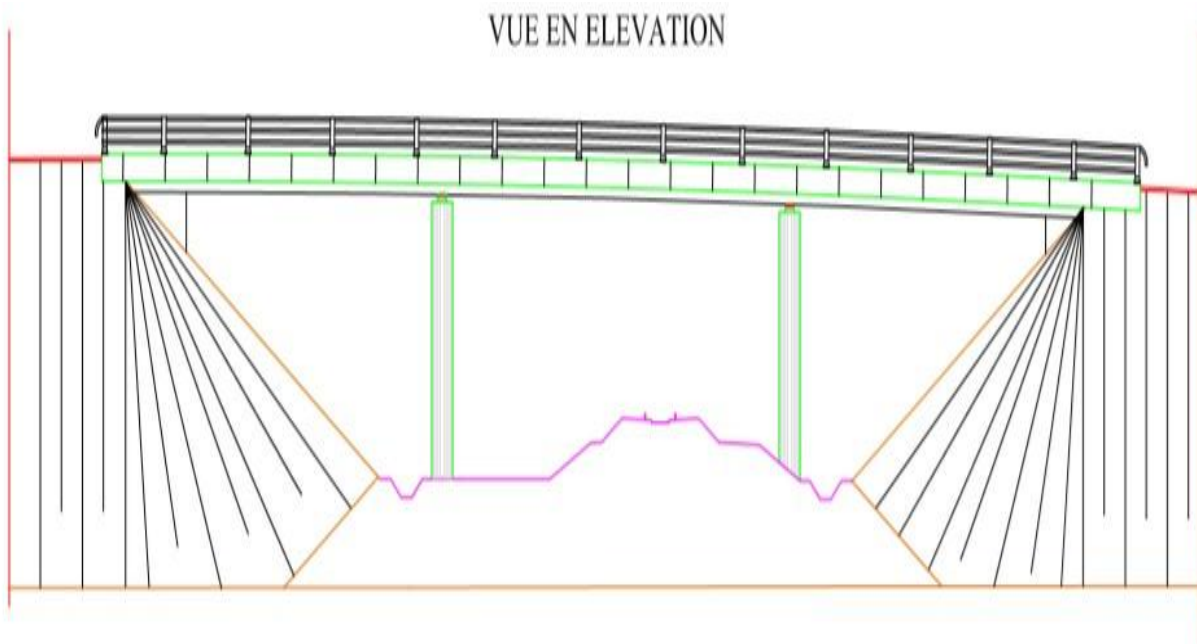


Fig.16: Pont chemin P.K. 13 + 825

- **Pont chemin P.K. 15 + 025** de longueur 46.5 m.

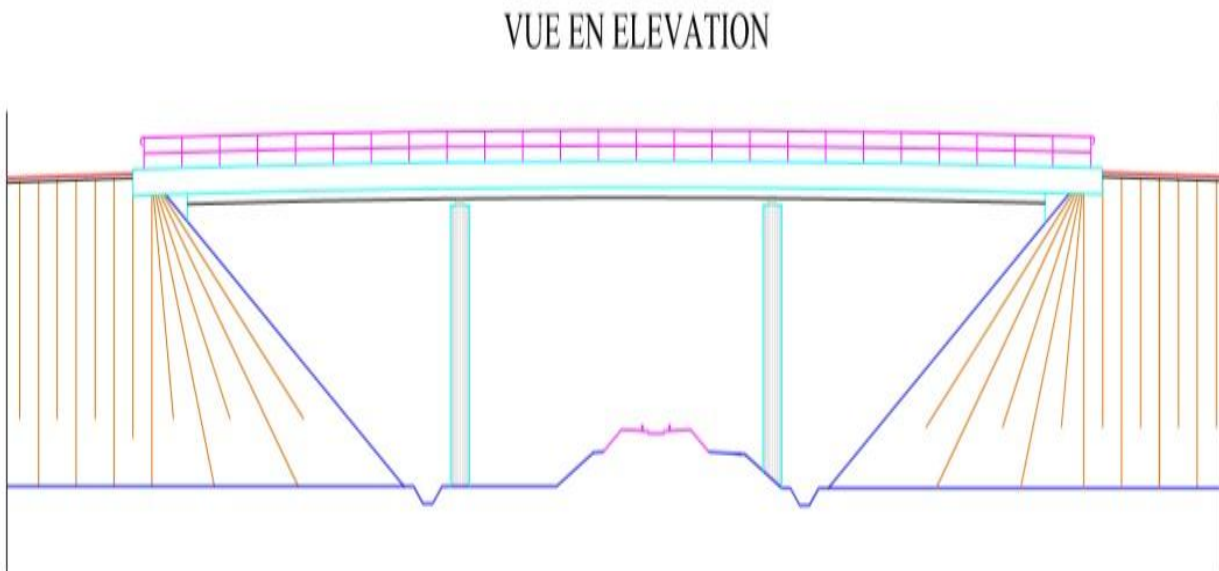


Fig.17: Pont chemin P.K. 15 + 025.

Conclusion

Ce projet comprend la construction et réalisation de :

- 3 Ponts rail et dont un viaduc de 180 ml,
- 5 ponts routiers.
- gare de voyageurs R+1,
- gare de marchandise (contient : bâtiment administratif, bâtiment de service, poste de contrôle, poste d'entretien des locomotives, poste d'entretien des voitures et halle de stockage) et
- Des ouvrages hydrauliques (14 dalots et 21 ouvrages busés).

Impacts du projet:

Le projet du contournement et la réalisation d'une gare de marchandises permettra de :

- Réduire le nombre de trains circulant à l'intérieur de l'espace urbain de la ville de Biskra.
- Réduire les gênes sonores et les risques pour la sécurité des riverains proches de la gare ainsi que pour les passagers.
- Gagner de l'espace à l'intérieur de l'actuelle gare de Biskra

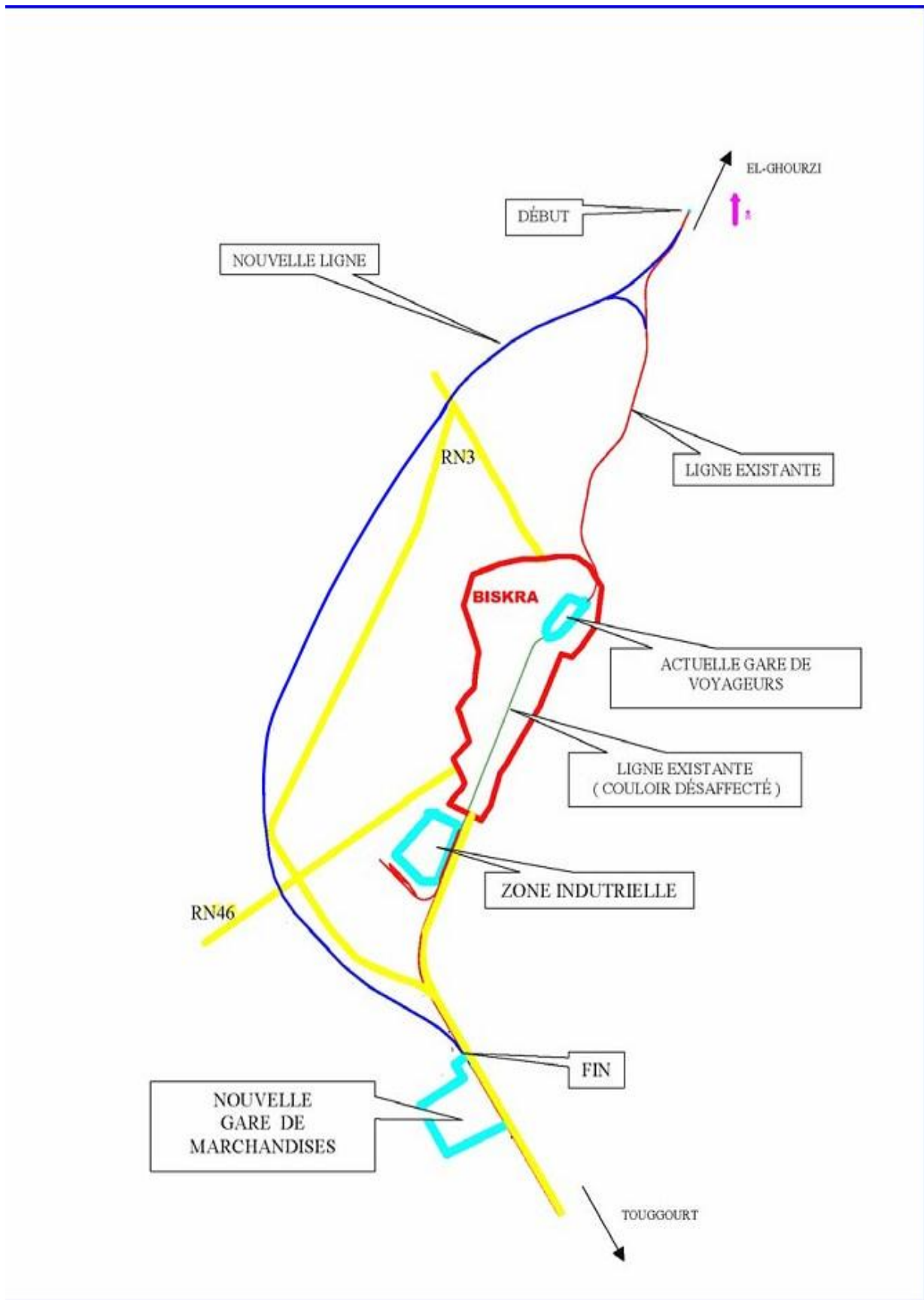


Fig.18.carte synoptique du tracé du projet.



Photo n°1 : photo satellitaire de la situation géographique du projet

Chapitre 2

Les géosynthétiques et leur utilisation dans le Génie Civil

Les géosynthétiques ont connu un élan considérable dans les domaines de la géotechnique et du génie civil durant ces trente dernières années. De nos jours, ils sont présents dans la plupart des ouvrages géotechniques et leurs domaines d'application ne cessent de s'accroître. Plusieurs ouvrages incluant des géosynthétiques se sont construits récemment en Algérie. Ils se caractérisent par une grande diversité de fonctions, de familles de matériaux et de technologies possibles.

1. Définition

Un géosynthétique est défini par la norme NF EN ISO 103181 comme un produit dont au moins l'un de ses constituants est à base de polymère synthétique ou naturel, se présentant sous forme de nappe, de bande, ou de structure tridimensionnelle, utilisé en contact avec le sol ou d'autres matériaux, dans les domaines de la géotechnique et du génie civil. Si la matière première utilisée dans la fabrication des matériaux géosynthétiques reste majoritairement issue de la transformation des hydrocarbures, les professionnels des géosynthétiques ont engagé des recherches scientifiques pour permettre une substitution par des fibres naturelles ou recyclées. Les géosynthétiques peuvent se classer en trois familles principales : (les géotextiles et produits apparentés, les géomembranes, et les géosynthétiques bentonitiques.)

Comme les ressources naturelles en granulats ne sont pas inépuisables, les géotextiles et les géocomposites sont largement présents dans les divers domaines de la construction depuis plus de trois décennies et contribuent à la préservation de cette ressource. Dans les chantiers de travaux publics, les géosynthétiques sont utilisés dans les applications de renforcement des sols (stabilité de talus, confortement de glissement, lutte contre les remontées de fissures, etc.), de drainage et filtration en remplacement des techniques traditionnelles, etc.

Les techniques de renforcement par géosynthétiques ont permis de répondre aux exigences et aux objectifs des donneurs d'ordre en offrant des solutions alternatives avec de nombreux avantages. En effet, elles sont simples à mettre en œuvre, les structures sont souples dans leurs fonctionnements et elles contribuent à la préservation de la ressource naturelle.

2. Classification des géosynthétiques

Les géosynthétiques peuvent être généralement classés en catégories selon le mode de fabrication. Les dénominations courantes et de brèves descriptions des géosynthétiques sont présentées ci-dessous :

2.1. Les géotextiles :

Sont des nappes continues de fibres ou filaments tissés, non-tissés, tricotés ou thermo-soudés. Les nappes sont souples et perméables et ressemblent en général à des textiles. Les géotextiles sont utilisés pour des applications en séparation, filtration, drainage, renforcement et contrôle de l'érosion.

2.2. Les geogrilles :

Sont des géosynthétiques ressemblant à des grilles ouvertes. La principale application des geogrilles est le renforcement des sols.

2.3. Les géofilets : sont des matériaux analogues aux grilles, constitués de deux ensembles de brins grossiers parallèles de polymères extrudés, s'entrecroisant selon un angle aigu constant. Le maillage forme une nappe ayant une porosité dans le plan qui est utilisée pour véhiculer des débits relativement importants de fluides ou de gaz.

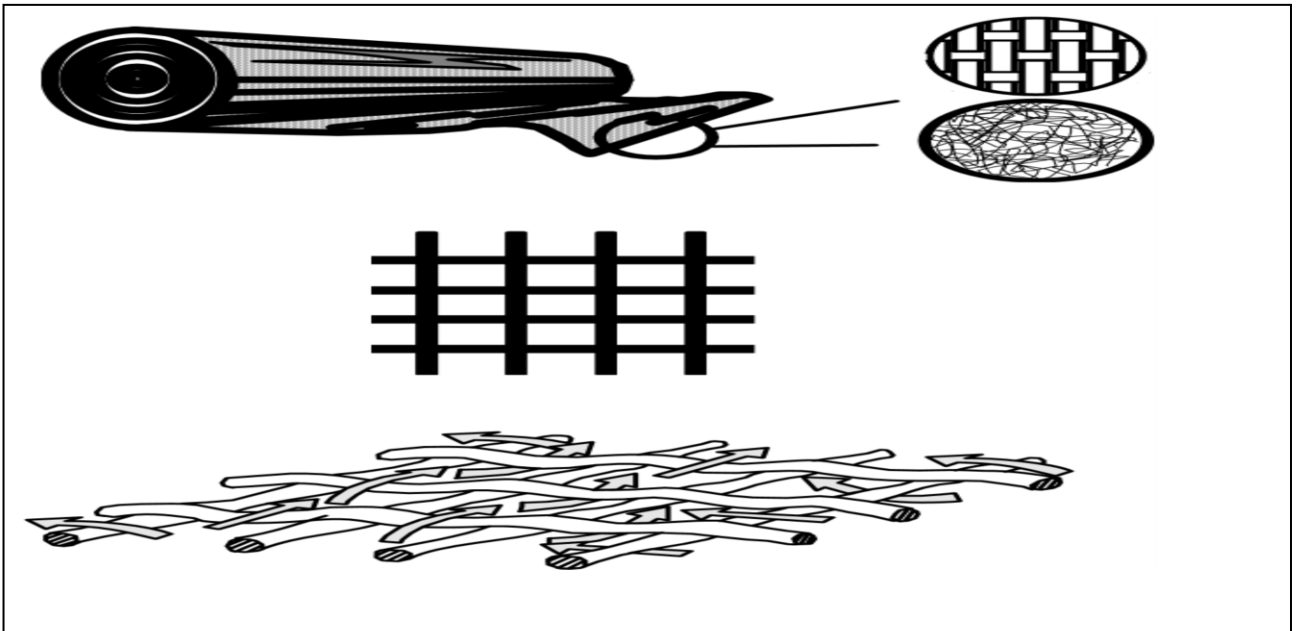


Fig.19. Les géotextiles-les geogrilles-les géofilets

2.4. Les géomembranes :

Sont des nappes souples continues fabriquées à partir d'un ou plusieurs matériaux synthétiques. Elles sont relativement imperméables et sont utilisées comme couche d'étanchéité pour le confinement des fluides ou des gaz et comme barrière à la vapeur.

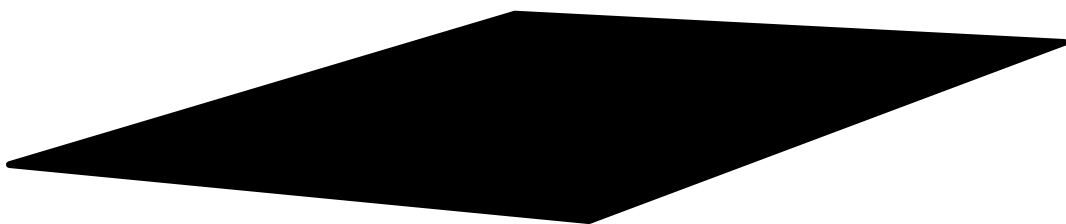


Fig.20. les géomembranes

2.5. Les géocomposites

Sont des géosynthétiques fabriqués par association de deux ou plusieurs types de géosynthétiques. Ils incluent par exemple : géotextile-géofilets, géotextile-geogrilles, géofilets-géomembrane ou un géosynthétiques bentonitique (GSB). Les drains géocomposites préfabriqués ou les drains verticaux préfabriqués sont constitués d'une âme drainante en plastique entourée d'un filtre géotextile.

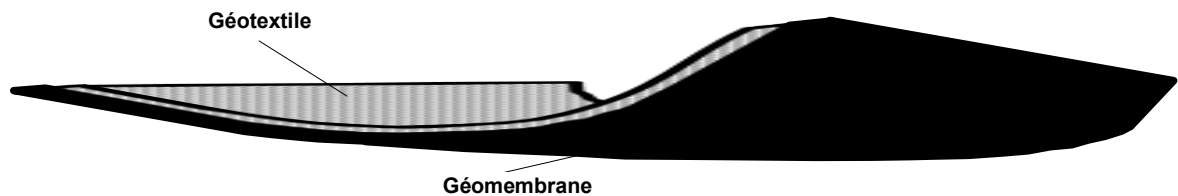


Fig.21. les géocomposites

2.6. Les géosynthétiques bentonitiques (GSB) :

sont de géocomposites préfabriqués avec une couche de bentonite Incorporée de façon typique entre un géotextile supérieur et un géotextile inférieur ou collée à une géomembrane ou une couche unique de géotextile. Les géosynthétiques bentonitique est à base de géotextiles sont souvent cousus ou aiguilletés à travers le cœur de bentonite pour augmenter la résistance au cisaillement interne. Lorsqu'ils sont hydratés, ils sont efficaces comme barrière aux liquides et gaz et sont communément utilisés dans les étanchéités de décharges, souvent en association avec une géomembrane.



Photo n°2. les GSB

2.7. Les géotuyaux

Sont des tuyaux perforés ou des tuyaux pleins en polymères utilisés pour le drainage des liquides ou gaz. Dans certains cas les tuyaux perforés sont entourés d'un filtre géotextile.

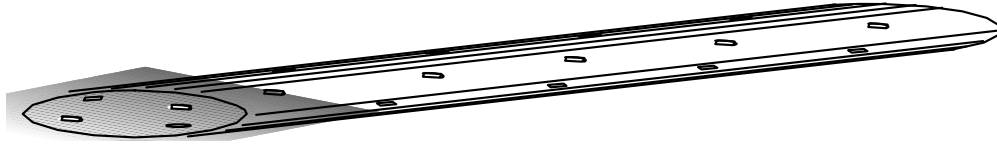


Fig.22. Les géotuyaux

2.8. Les géosynthétiques alvéolaires

Sont relativement épais, étant constitués de réseaux tridimensionnels réalisés à partir de feuilles de polymères découpées en bandes. Les bandes sont jointes entre elles pour former des cellules interconnectées qui sont remplies de sol et parfois de béton. Dans certains cas des bandes de grilles polyoléfiniques larges de 0,5 m à 1 m ont été attachées ensemble avec des barres en polymères verticales et utilisées pour former des couches épaisses de géosynthétiques alvéolaires appelées géomatelas.

Les blocs ou plaques de **géomousses** sont obtenus par expansion de mousse polystyrène pour former un réseau de faible densité de cellules closes remplies de gaz. Les géomousses sont utilisées pour l'isolation thermique, comme remblai léger ou comme couche verticale compressible pour réduire la pression des sols contre les murs rigides.

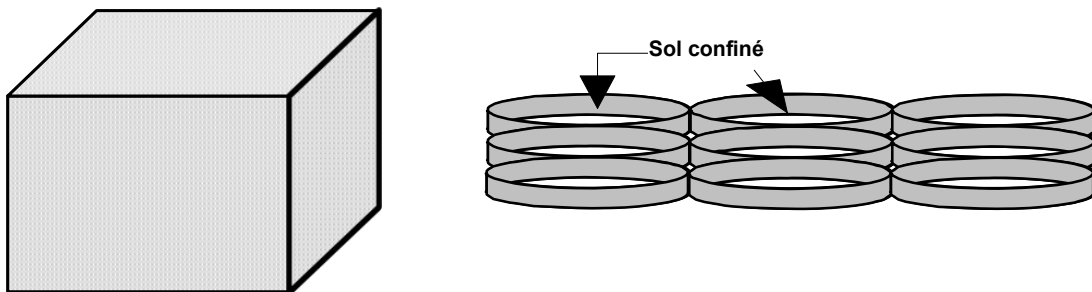


Fig. 23. Les géosynthétiques alvéolaires

3. Domaines d'utilisation

Les géosynthétiques comprennent une variété de matériaux en polymères synthétiques spécialement fabriqués pour une utilisation dans les domaines du génie civil et de la protection de l'environnement ainsi que dans les ouvrages hydrauliques et de transport. On distingue communément les fonctions principales suivantes pour un géosynthétique : séparation, filtration, drainage, renforcement, confinement des liquides/gaz ou contrôle de l'érosion. Dans certains cas, le géosynthétique peut remplir une double fonction.

3.1. Séparation :

Le géosynthétique sépare deux couches de sol de granulométries différentes. Par exemple, des géotextiles sont utilisés pour empêcher les matériaux de la couche de forme d'une route de pénétrer dans les sols mous de la couche de fondation sous-jacente, maintenant ainsi l'épaisseur de projet et l'intégrité de la chaussée. Les séparateurs permettent également d'empêcher les sols fins sous-jacents d'être "aspirés" dans les couches de base en matériaux granulaires des routes.

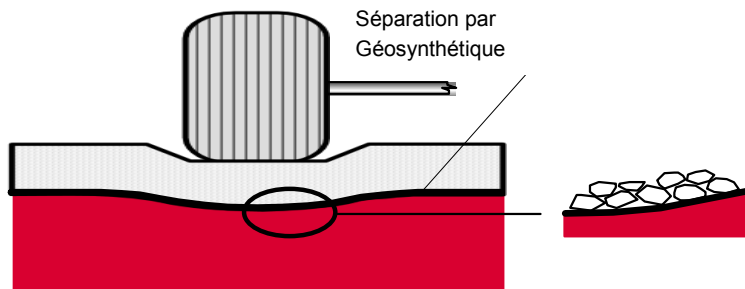


Fig.24. géosynthétique de séparation

3.2. Filtration :

Les géosynthétiques agissent comme un filtre de sable en permettant à l'eau de circuler dans le sol tout en retenant en amont les particules de sol. Par exemple les géotextiles sont utilisés pour empêcher la migration des sols dans les matériaux granulaires drainants ou les drains tout en maintenant l'écoulement au travers du système. Les géotextiles sont également utilisés en dessous des enrochements ou d'autres matériaux de protection dans les systèmes de protection des côtes ou des berges de rivières pour empêcher l'érosion des sols.

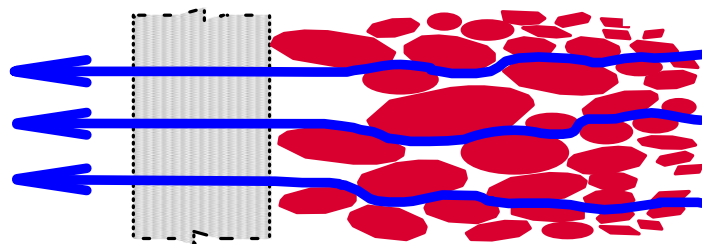


Fig. 25. Géosynthétique de filtration

3.3. Drainage :

Les géosynthétiques agissent comme un drain pour conduire les écoulements de fluides dans les sols moins perméables, par exemple les géotextiles sont utilisés pour dissiper les pressions interstitielles à la base des remblais routiers. Pour des débits plus importants, des géocomposites

drainants ont été développés. Ces matériaux ont été utilisés comme écrans drainants de rives de chaussées, épis drainants sur talus et comme drains dans les culées et murs de soutènement. Des drains verticaux préfabriqués (DVP) sont utilisés pour accélérer la consolidation des sols mous cohésifs sous remblais et remblais préchargés

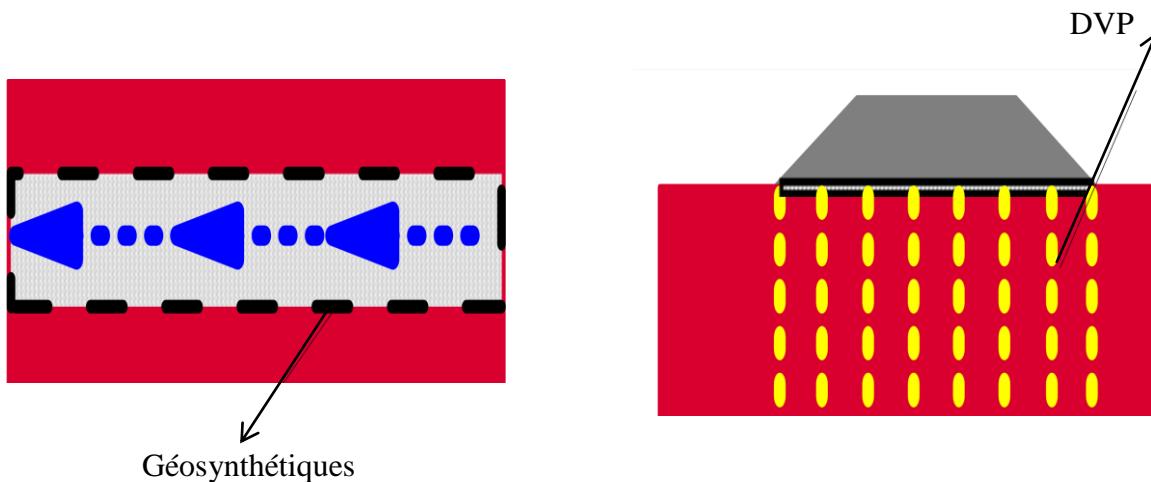


Fig. 26 : Géosynthétique de drainage

3.4. Renforcement :

Les géosynthétiques agissent comme élément de renfort au sein d'une masse de sol ou en combinaison avec le sol pour produire un composite ayant des propriétés en déformation et résistance améliorées par rapport à un sol non renforcé. Par exemple, des géotextiles et geogrilles sont utilisés pour augmenter la résistance à la traction d'une masse de sol afin de créer des pentes verticales ou subverticales (murs en sol renforcé). Le renforcement permet la construction de remblais sur sols de fondation très mous et la réalisation de pentes de talus de remblais plus raides qu'avec des sols non renforcés. Des géosynthétiques (habituellement des geogrilles) sont également utilisés pour le franchissement de cavités qui peuvent se développer sous des couches support en matériau granulaire (routes et voies ferrées) ou sous les systèmes de couverture dans les installations de stockage de déchets.

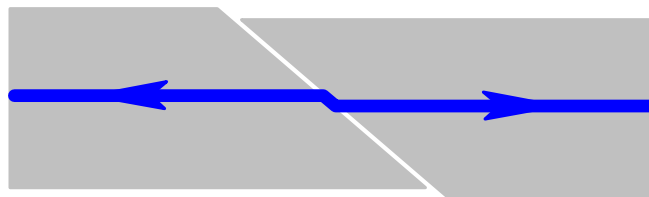


Fig. 27 : Géosynthétique de renforcement

3.5. Confinement des barrières (aux fluides et gaz) :

Les géosynthétiques se comporte comme une barrière relativement imperméable aux fluides ou gaz. Par exemple, des géomembranes, des composites en films minces et géotextiles, des géosynthétiques bentonitiques et des géotextiles enduits sur site sont utilisés comme barrière aux fluides pour limiter le débit de fluides ou gaz. Cette fonction est également utilisée dans les couches de chaussées en béton bitumineux, en en capsulage de sols gonflants et confinement de déchets.

3.6. Contrôle de l'érosion :

Les géosynthétiques agissent pour réduire l'érosion des sols causée par l'impact des pluies et les eaux de ruissellement. Par exemple, des couvertures géosynthétiques temporaires et des matelas géosynthétiques légers définitifs sont disposés sur la surface du sol exposé sur pentes. Des fascines en géotextile sont utilisées pour retenir les particules en suspension des eaux de ruissellement chargées en sédiments. Certains matelas pour le contrôle de l'érosion sont fabriqués avec des fibres de bois biodégradables.

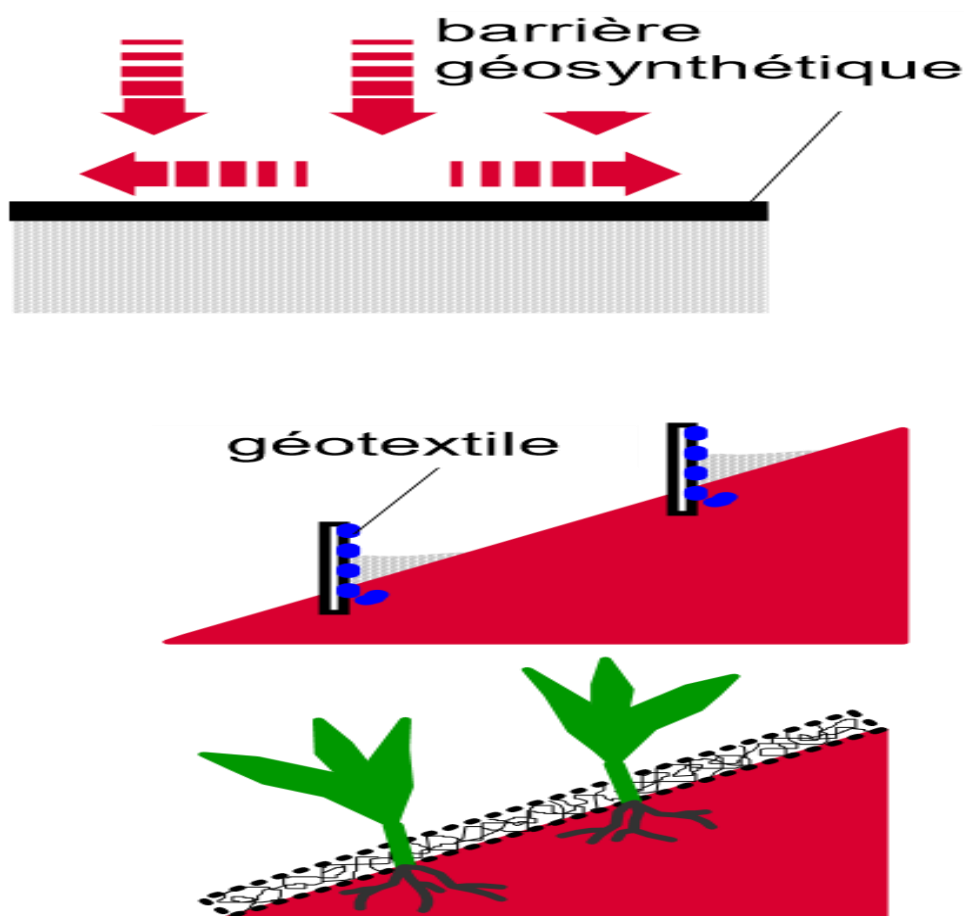







Fig.28. Géosynthétique de confinement et d'érosion

Conclusion :

Les produits géosynthétiques (les géotextiles et autres) sont utilisés dans la construction ou la réalisation des ouvrages neufs ou dans des opérations d'entretien ou de confortement d'ouvrages existants. Ils interviennent alors en tant que constituants principaux de ces ouvrages, essentiellement en fonction conteneur, ou comme des éléments techniques assurant un rôle capital dans leur comportement, en particulier en cas de séparation et filtration ou en substituants aux traditionnels de filtres et dispositifs anti-affouillement en matériaux granulaires ou en petits enrochements.

Tableau n°12. Fonctions des géosynthétiques

Drainage		
Drainage sous remblai Drainage sous dallage Drainage sous étanchéité Masques drainants Drainage en rive de chaussée		
Renforcement		
Remblai sur sols compressibles Talus et murs de soutènement Zones karstiques Lutte contre remonté de fissures		
Lutte contre l'érosion		
Protection des rivages et des cotes Protection des talus		
Protection		
Protection des organes d'étanchéité		
Lutte contre les remontées de fissures		
Chaussées routes et autoroutes Aéroports		

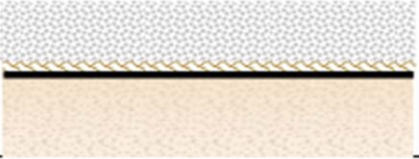

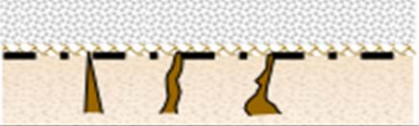
Protection	Prévention ou limitation des endommagements localisés d'un élément ou d'un matériau donné par l'emploi d'un géosynthétique	
Erosion de surface	Eviter ou limiter les mouvements du sol ou d'autres particules à la surface. (ex. pente de talus)	
Lutte contre les remontées de fissures	Empêche' et retarde les remontées des fissures	

Tableau n°13 : types et fonctions des différents géosynthétiques

	Géotextile non tissé	Géotextile tissé	Géogrille	Géomembrane et Géosynthétique bentonitique	Géocomposite
Etanchéité				⊕	⊕
Protection	⊕				⊕
Filtration	⊕				⊕
Drainage					⊕
Séparation	⊕	⊕			⊕
Renforcement		⊕	⊕		

Conclusion

Les matériaux géosynthétiques sont utilisés dans tous les domaines de la construction, plus particulièrement en géotechnique et le domaine de l'environnement. Ils sont utilisés dans diverses applications pour remplir une ou plusieurs des fonctions suivantes : séparation, filtration, drainage, protection et renforcement (cf. tableau 13).

Les géosynthétiques permettent de :

- améliorer les caractéristiques mécaniques et/ou hydrauliques des sols ou des matériaux ;
- économiser le volume des matériaux nobles (sables, graves, etc.) ;
- remplacer partiellement ou totalement les matériaux granulaires ;
- construire rapidement ;
- augmenter la durabilité des ouvrages ;
- diminuer le coût des ouvrages ;
- limiter l'ouverture de carrière et de zones d'emprunt ;
- limiter la circulation et le nombre de rotation des engins.

Chapitre 3

Cas d'étude : Utilisation du géotextile dans une zone saline

Enoncé de la problématique :

La portance peut être définie comme la capacité d'un sol à supporter une pression exercée par une charge (pneus, chenilles, fondation ou toute autre charge.....). Cette pression se calcule en faisant le rapport entre la masse et la surface du sol. Si la pression exercée par la charge est supérieure à la portance du sol, il y a un tassement de ce dernier jusqu'à retrouver l'équilibre portance-charge exercée. Si cet équilibre n'est pas atteint, l'élément qui exerce la charge s'enfonce complètement.

Le tracé de la voie de contournement de la ville de Biskra est caractérisé par la traversée d'une zone critique noyée de sels (**zone saline-sebkha**) qui rend sa portance de plus en plus faible ; d'où la nécessité d'une intervention particulière.

Afin de résoudre ce problème on a opté pour une technique nouvellement adoptée en Algérie et qui a été utilisée dans plusieurs projets tels que : les routes et les aérodromes ; c'est **le renforcement par géosynthétiques** pour l'amélioration de la portance de la plateforme.

1. Etude géotechnique générale du tronçon**1.1. Géologie de la zone :**

Dans les environs de Biskra, selon un axe sud-est/ nord-est, se trouvent les reliefs datant du crétacé qui constituent le versant sud de la chaîne de l'atlas tellien. Les reliefs les plus importants se trouvent au nord-est de Biskra. Ils sont les dépôts qui comblent les dépressions de ces reliefs et qui génèrent un changement de pente significatif jusqu'à la plaine du sud, représentés par les ergs du désert d'âge miocène. Les lithofaciès d'âge quaternaire sont représentés par des dépôts alluviaux associés au cours d'eau principal de la zone ; oued Biskra. Ils sont aussi représentés par des dépôts aux pieds de la montagne.

1.2. Litho stratigraphie :

Les dépôts en rapport avec la zone d'étude sont présentés du plus anciens au plus modernes :

1.2.1. Mésozoïque :

Les matériaux qui font partie des contreforts méridionaux de l'atlas tellien sont englobés dans le crétacé supérieur : concrètement, ces matériaux sont les suivants :

Calcaires massifs, dolomites et cristallins, c6, (turonien).

Calcaires, calcaires marmoréens et mamas, c7, (coniocien -santonine).

Calcaires, calcaires marmoréens, dolomites et marnes grisâtres et noires, c8, (Campanien maastrichtien).

Toutes ces unités génèrent une morphologie abrupte avec des pentes élevées. En ce qui concerne leur comportement hydrogéologique, ces matières sont semi imperméables à imperméables, mais ceci dépend fondamentalement du degré de fracture du massif rocheux.

1.2.2. Tertiaire :

On distingue les zones suivantes :

- Une de type continental constituée par des marnes et des gypses localisés dans une frange étroite à l'ouest de Biskra et dans les profondeurs moyennes des reliefs situés à l'est, m2, (miocène).
- Une autre formée par de l'argile, du sable, du gravier et des gypses (mp-g), mp, (mien pliocène).

Finalement, celui caractérisé par du poudingue, du grès et de l'argile avec différentes proportions en sable.

Elles présentent un relief modéré avec des pentes moyennes ou basses et des collines, où se distinguent des vallées traversées par des ruisseaux et des ravines produites par l'érosion des pluies torrentielles. En ce qui concerne la perméabilité, dans le cas des marnes, les sols tendent à être imperméables, en pouvant être plus perméables dans le cas de zones fracturées comme l'est le grès. L'écoulement superficiel est acceptable.

En ce qui concerne le sable et les graviers, la perméabilité varie en fonction des tines qu'ils contiennent, tout en ayant un comportement principalement semi perméable, ce qui produit un drainage par phénomène de percolation.

1.2.3. Quaternaire :

Les dépôts quaternaires représentent presque la totalité de la zone sur laquelle passe le tracé de l'étude. Ces formations se divisent en: dépôts alluviaux associés principalement au fleuve oued Biskra, constitué de graviers et sables, q et q3 dépôts de pied de versants caractérisés par des matériaux provenant de l'érosion, des massifs calcaires, essentiellement de caractère colluvial, qe. Croûtes aussi bien de nature calcaire que de nature évaporatoire (gypseuse) que l'on retrouve aussi dans les dépôts de pied de versant, qc-n. couronnant la série sédimentaire, on retrouve des dépôts associés à l'érosion éolienne comme c'est le cas pour les regs (surfaces formées par des matières fines produites par des phénomènes de déformation , les dunes et les regs ou mers de sable

(association complexe de dunes tant longitudinales que transversales).Ceux-ci occupent une grande étendue de terrain vers le sud de Biskra.

La plupart de ces dépôts, exceptées les croûtes calcaires et évaporatoires, présentent un comportement semi-perméable à perméable, avec drainage par percolation, où l'écoulement est habituellement déficient. les morphologies engendrées sont planes et les dunes forment des collines.

2. Reconnaissance géotechnique :

Dans le cadre de l'étude de ce tronçon, les normes suivantes ont été utilisées :

Analyse granulométrique par tamisage : NFP18-056.

Limites d'atterberg : NFP 94-051.

Essai Proctor modifié : NFP 94-093.

Essai CBR immédiat : NFP 94-078.

Mesure de la teneur en eau : NFP 94-050.

2.1. Phases de l'étude :

Les études ont été réparties en trois phases distinctes :

Phase 1 : reconnaissance sur le terrain.

Phase 2 : essais en laboratoire.

Phase 3 : analyse des résultats et rédaction du rapport géotechnique.

2.2. Programme de reconnaissance :

Les sols du tracé ont été reconnus dans le but de les identifier et d'étudier leurs caractéristiques aux essais de compactage et de portance en vue de leur réutilisation éventuelle en corps de chaussée ou comme matériaux de terrassement et de permettre le dimensionnement de la structure d'assise et de la couche de forme.

Ainsi, il a été exécuté des puits à ciel ouvert aux endroits indiqués sur le tracé en plan descendus en moyenne à 2,00 mètre de profondeur à chaque 1 km tout le long du tronçon en étude avec prélèvement d'échantillons représentatifs en vue des essais d'identification complète en laboratoire.

Sur ce tronçon, 15 puits et prélèvements ont été réalisés à raison d'un puits et prélèvement pratiquement chaque un kilomètre.

2.3. Description des sols rencontrés :

L'étude géotechnique générale du contournement a révélé des classes de relief voir des sols scindés en deux catégories :

- Classe de qualité des sols **qs0, qsl** : il s'agit des sols fins, sol impropre à toute utilisation à sol médiocre.

- Classe de qualité des sols **qu** : il s'agit des sols sableux et graveleux avec des fins, sol de qualité moyenne.

3. Les géotextiles (cf.chap.2)

Depuis une trentaine d'années, l'utilisation des géotextiles s'est largement étendue à tous types d'ouvrages de génie civil. Parce qu'ils sont faciles à mettre en œuvre et peu coûteux, ils ont supplanté des matériaux traditionnels, y compris dans la construction d'ouvrages audacieux. Pour accompagner l'évolution de ces produits « techniques », des essais et méthodes de dimensionnement ont été développés par la profession.

Les géotextiles sont définis comme des produits textiles à base de fibres polymères se présentant sous forme de nappes perméables, souples, résistantes et filtrantes, utilisés dans le domaine de la géotechnique et du génie civil. Ce sont en fait des textiles, au sens commun du terme, utilisés au contact du sol.

Actuellement, les géotextiles sont plus utilisés et mieux connus que les géomembranes (Lambert, 1997), employées notamment pour l'étanchéité des ouvrages. On recense plusieurs dizaines de domaines d'utilisation des géotextiles, de la géotechnique routière aux ouvrages hydrauliques en passant par la stabilisation des sols. Dans tous ces ouvrages les géotextiles remplissent l'une au moins des six fonctions élémentaires : la séparation, la filtration, le drainage, le renforcement, la protection, la lutte contre l'érosion.

Les géotextiles sont classés selon leur structure, c'est-à-dire en fonction du mode de fabrication qui, à partir de fibres de polymères (**principalement du polypropylène**), a permis d'obtenir un matériau fini. Ces « familles » portent des noms issus de l'industrie textile. Ainsi, les géotextiles peuvent être des géotextiles tissés produits à partir de fils mono filaments, de fils multi filaments, ou de bandelettes ; des géotextiles non-tissés qui peuvent être aiguilletés ou thermo liés, ou bien encore tricotés.

Des géotextiles sont utilisés dans d'autres applications. Par exemple ils sont utilisés pour le renforcement des couches de béton bitumineux et comme couches de protection pour éviter (**par réduction des contraintes au point de contact**) le poinçonnement des géomembranes par les pierres du sol adjacent, les déchets ou les granulats drainants durant l'installation ou en service. Des géotextiles ont été utilisés comme couverture journalière pour prévenir la dispersion ou la perte de déchets par le vent ou les oiseaux sur la zone de travail des installations de stockage de déchets solides. Des géotextiles ont également été utilisés pour des coffrages souples à béton et pour des sacs de sable. Des géotubes cylindriques sont fabriqués à partir de doubles couches de géotextiles et remplis hydrauliquement afin de créer des talus de digues littorales ou pour assécher des boues.

Pour minimiser l'apport de matériaux de sous-couche ferroviaire, non renouvelables et pour homogénéiser la portance visée de la plateforme, il est intéressant d'envisager d'y intégrer un ou plusieurs lits de renforcement géosynthétiques. Des planches expérimentales en vraie grandeur ont été menées, afin d'observer l'amélioration de portance de plusieurs bicouches, renforcés ou non par un ou plusieurs géosynthétiques de renforcement. Les renforcements sont mis en œuvre sur une couche de forme en limon, peu portante. La sous-couche, qui les surmonte, a été compactée en moyenne à une densité de 100% OPM, malgré un cas de compactage dit « difficile ». L'effet de la présence d'un géotextile de séparation est observé. La portance des bicouches est mesurée par des essais de plaque. La présence du renforcement augmente la portance de la plateforme, de façon plus ou moins accentuée suivant le produit mis en place. La même observation est faite quand l'épaisseur de la sous-couche augmente ou qu'un deuxième lit de renforcement est intégré dans cette couche.

Il a toujours été question d'appréhender de combien la présence d'un renforcement géosynthétiques peut améliorer la portance d'une plateforme, routière ou ferroviaire (Watts et Blackman, 2004) ou si elle peut permettre de réduire l'épaisseur de la couche de forme routière (ou sous-couche ferroviaire), tout en atteignant une portance équivalente.

Afin de comparer et quantifier l'amélioration, en termes de portance, apportée par la présence d'un renforcement géosynthétiques, inséré dans une plateforme, une expérimentation en vraie grandeur a été menée au **CER (Centre d'Expérimentation et de Recherche)** du Cete Normandie-Centre (Khay et Vincelas, 2006). Sept renforcements géosynthétiques de nature, type et résistance à la traction différents ont été mis en place sur une couche de forme de classe PF1 ($E_{V2} = 30$ MPa), puis surmontée par une sous-couche en GNT de 30 cm d'épaisseur. Les influences respectives de l'épaisseur de la sous-couche et de l'éventuel rajout d'un second renforcement dans la sous-couche ont été observées au travers de résultats d'essais de plaque statique.

Dans cette expérience, les renforcements ne sont pas identifiés, par souci de neutralité. Ils sont résistants dans une ou deux directions et leur résistance à la traction est comprise entre 30 kN/m et 64 kN/m. Les résultats sont hétérogènes ; l'amélioration de la portance par la présence d'un renforcement géosynthétiques est plus ou moins validée.

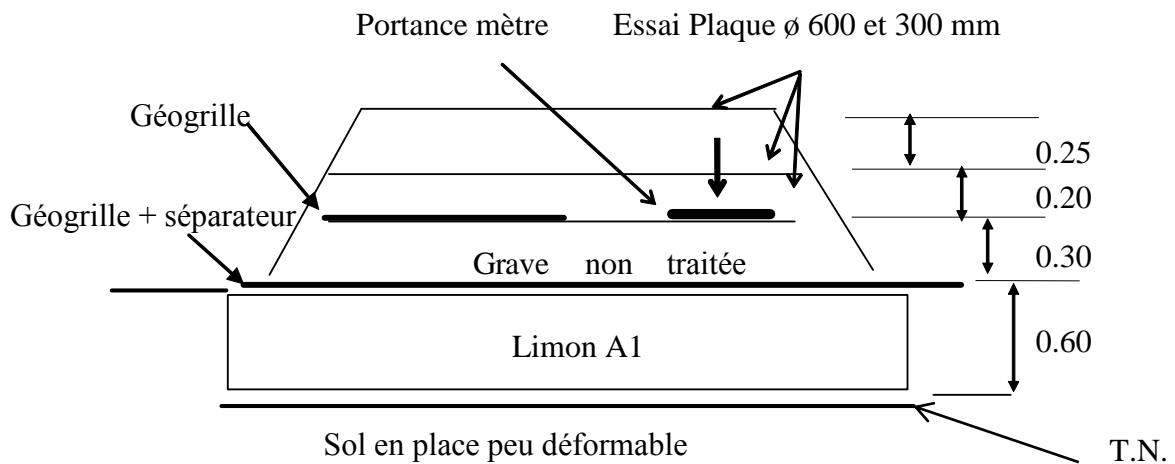


Fig.29. essai de plaque

Dans le secteur ferroviaire, les géosynthétiques sont utilisés depuis des décennies comme éléments de séparation entre le terrain naturel et le ballast.

La structure du corps de la voie ferrée exige une attention particulière en raison des fortes sollicitations dynamiques qu'elle subit et des faibles déformations admissibles.

La gamme des géosynthétiques non-tissés 100% polypropylène à haute, est accréditée pour le passage de train à grande vitesse.



Photo n°3 : les géotextiles

4. Projets réalisés en Algérie

4.1. Piste de L'aéroport d'Ouargla :

L'aéroport d'Ouargla situé dans la commune d'Ain Beida a 7 Km au sud-est de la ville d'Ouargla : constitué de deux pistes, piste principale orienté 02/20 de longueur 3000 m et piste secondaire orienté 18/36 de longueur 3000 m.

Les travaux de renforcement de la piste secondaire 02/20 consiste à la mise en œuvre d'une couche de grave bitume 0/20 sur 12 cm et une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 sur 08 cm d'épaisseur.

La couche de roulement est entièrement fissurée, le renforcement de la piste secondaire s'est fait donc directement sur l'ancienne couche de roulement en BB colmatée. Pour pouvoir continuer la mise en œuvre de la couche de roulement en BB 0/14, il est impératif de procéder au traitement de la surface de la couche de grave bitume GB pour éviter la remontée des fissure en surface.

Il y'avait trois propositions :

L'enrobé fin bitumineux riche en liant et en fines.

Le géotextile imprégné.

La membrane bitumineuse.

A l'issue d'un débat technique entre les différents intervenant du projet, la solution adoptée était le traitement de la piste secondaire avec de la géogrille sur sa partie centrale.

4.2. La piste de l'aéroport d'Adrar :

L'aérodrome Touat est situé à 10Kms sud-est de la ville d'Adrar, L'aérodrome TOUAT est constitué de seule piste principale 04/22, de 3000 m de longueur et 45 m de largeur, un accotement de chaque côté de 7.5 m, une bretelle de 306 m de longueur et de 25 m de largeur, un parking de 240 m de longueur et 84 m de largeur, deux raquettes de manœuvre sur les deux extrémités de la piste.

Les principales dégradations relevées étaient :

Fissures de fatigue.

Fissures de joint.

Fissures de retrait.

Le dépôt de gomme

Réparation ponctuelle dégradée

Faïençage de retrait.

Cette solution consiste à scarifier les 21 m centraux de la piste, les 16 m centraux de la bretelle et tout le parking sur 8 cm de profondeur, puis on met en place une structure de renforcement avec :

Mise en place d'une grille synthétique « tapis de géotextile » sur les zones scarifiées.

Reprendre une couche de 8 cm en béton bitumineux 0/14 des bandes scarifiées.

4.3. La piste de l'aéroport d'Illizi :

L'aérodrome TAKHAMALT est situé à 30 Kms au Nord-est de la ville d'Illizi il constitué deux pistes, piste principale orienté 09/27 et piste secondaire orienté 04/22 Est-Ouest son altitude est de 542 m.

L'aérodrome d'Illizi est réalisé suite à l'étude préliminaire du mois d'avril 1984. Les travaux de construction, démarrés en 1985, ont consisté à réaliser une piste principale orientée 09/27 de longueur de 3000 m et de largeur de 45 m avec des accotements de 7,5 m de de chaque côté, une piste secondaire orienté 04/22 de longueur de 2400 m et de largeur de 45 m avec des accotements de 7,5 m de chaque côté, un parking de 300 m x 25 m et de trois bretelles ; N°1 de 325 m x 25 m, N°2 de 125 m x 25 m, et la mise en œuvre :

D'une couche de terrassement sur une épaisseur de 20 cm.

D'une couche de forme en matériaux choisis sur une épaisseur de 20 cm.

D'une couche de fondation en matériaux gypso calcaires sur une épaisseur de 20 cm.

En Décembre 1990 les travaux ont été interrompus par les autorités militaires et ont repris en Septembre 1991.

4.4. Route Ain khadra-Mcif

Le projet consiste à la construction d'une route reliant la commune de Ain Khadra et le village M'Cif situés dans la région des hauts plateaux à l'est d'Algérie dans la wilaya de M'Sila. La route projetée traverse le chott d'El Hodna pour le diviser en deux parties sur un linéaire de 11 Km. Le projet est caractérisé par sa situation immergée huit mois sur douze avec une lame d'eau qui peut atteindre 0.5 m en hiver et la faible portance du sol support et des couches sous-jacentes.



Photo n° 4. Route traversant chott el Hodna

4.5. CET Ain Oussara (wilaya de Djelfa)



Photo n°5. CET Ain Oussara

4.6. Mur de soutènement de TIFRA (wilaya de Bejaia)



Photo n°6. Mur de soutènement de Tifra

4.7. Mur de soutènement de de Chevalley (Wilaya d'Alger)



Photo n°7. Mur de soutènement de de Chevalley

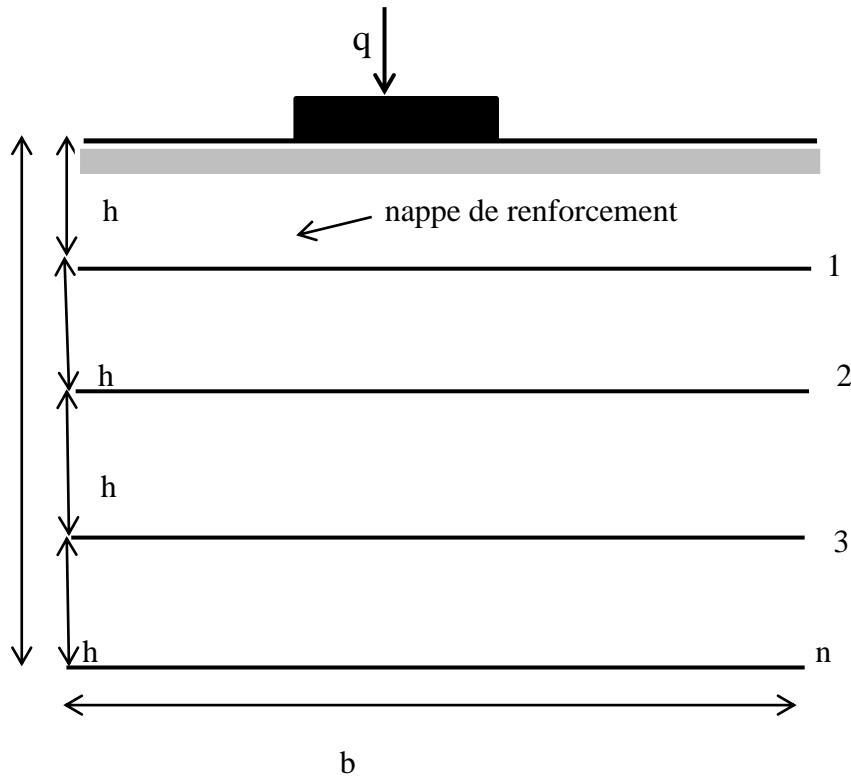


Fig.30. Renforcement des sols de fondation

5. La salinisation

5.1 .Introduction générale

En Algérie la grande majorité des terres sont affectés par la salinité non seulement dans les zones sahariennes mais aussi que sur les hautes plaines. Le Sahara en Algérie représente la grande majorité des terres connu par l'aridité de son climat et des ressources en eau souterraines importantes emmagasinées .Or l'eau de surface est très rare et irrégulière qui se limite dans des sebkhas .chotts ou gueltas présentant un écosystème naturel d'intérêt très diversifiés.

5.2..Définition de la salinisation :

La salinisation est un terme générique caractérisant une augmentation progressive de la concentration des sels dans les sols sous l'influence d'apport d'eau d'irrigation salée, de l'aridité du climat ou de conditions hydrologiques particulières. Elle peut être définie aussi comme l'accumulation de sels sur la surface du sol provoquant des effets nocifs sur les végétations.

5.3 .Définition de la salinité :

C'est la teneur du sol en sels solubles ou la présence de sels modifiant la vie végétale.

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle mondiale affectant et menaçant gravement une surface importante quantitativement des terres cultivées.

En Algérie la grande majorité des terres sont affectés par la salinité non seulement dans les zones sahariennes mais aussi que sur les hautes plaines.

Il existe plusieurs grandeurs permettant de caractériser la teneur en sels solubles. La plus complète repose sur la mesure de la quantité des ions majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} et carbonates).

5.4. Types de salinisation du sol et compréhension des mécanismes :

C'est le groupement de plusieurs mécanismes de dégradation soit la salinisation, la sodisation, et l'alcalisation

- **Salinisation** : on distingue la salinisation naturelle primaire ou la salinisation anthropique secondaire
- **Sodisation** : c'est le phénomène d'absorption du sodium dans l'argile mesuré en pourcentage
- **Alcalisation** : il s'agit d'une élévation du PH du sol sous l'effet de l'accumulation de bases

5.5. Classification des sols salés

Il existe plusieurs classifications des sol dans le monde parmi ces classifications il y a trois grandes classes :

- **sols salins** : conductivité électrique > 4 ds/m ; $\text{ph} < 8.5$; riches en sels blancs(chlorures ,sulfates)
- **sols salins à alcalins** : conductivité électrique > 4 ds/m ; $\text{ph} < 8.5$; riches en sels solubles et de sodium
- **sols alcalins** : conductivité électrique < 4 ds/m ; $8.5 \leq \text{ph} \leq 10$

Tableau.12. Caractéristiques des différentes catégories de sols salés (Mermoud, 2006)

Catégorie	CE à 25°C ($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$)	ESP (%)
Sols salins	> 4	< 15
Sols salins à alcalins	> 4	> 15
Sols alcalins (sodiques)	< 4	> 15



Photo n°8. Exemple d'un sol salé

5.6. Principaux sels solubles

On distingue trois grands groupes de sels solubles (Hulin ,1983) :

- ❖ **les chlorures** : solubilité très élevée et sel responsable de la formation des sols salés (Chlorure de sodium Na Cl- chlorure de potassium K Cl –chlorure de calcium Ca Cl- chlorure de magnésium Mg Cl₂)
- ❖ **les sulfates** : se trouvent en quantité variable dans les sols (sulfates de calcium Ca SO₄ – sulfates de sodium Na₂ SO₄ – sulfates de magnésium Mg SO₄ – sulfates de potassium K₂ SO₄)
- ❖ **les carbonates** : d'après (FAO et UNESCO,1967) les sels carbonatés sont très réponsus dans les sols (carbonate de magnésium Mg CO₃ - carbonate de sodium Na CO₃ ,carbonate de potassium K₂ CO₃)

5.7. Mouvements des sels solubles dans les sols

Le principal facteur des mouvements des sels dans les sols est l'eau sous les formes suivantes :

- ❖ **la lixiviation** : l'infiltration des eaux en dissolvant les sels présents tout en les entrainant vers la profondeur
- ❖ **la capillarité** : capillarité ou remontée capillaire est une migration ascendante des sels en solution dans un profil saturé à faible profondeur
- ❖ **la thermo dialyse** : est une migration des sels sous un gradient de température vers les parties chaudes

5.8. Actions des sels sur le sol

- ❖ **action sur la structure du sol** : sur les propriétés physiques du sol.
- ❖ **action sur la perméabilité** : elle dépend de la texture, la structure du sol.

5.9. Moyens de lutte contre la salinisation des sols :

La lutte contre ce phénomène doit permettre d'éviter les mécanismes suscités :

- ❖ la remontée de la nappe phréatique souvent salée à la surface du sol ou à une faible profondeur
- ❖ les mouvements d'eau souterrains d'une parcelle à une autre (zones hautes vers les zones basses).
- ❖ La concentration des sels apportés par l'eau d'irrigation dans le sol.

6. Généralité sur les SEBKHAS

C'est un bassin occupant le fond d'une dépression à forte salinité dans les régions arides ou aussi on peut les définir comme étant des plaines salines soumises à des inondations périodiques.

Les différents types de sebkha dépendent de leur milieu de formation néanmoins toutes les sebkhas ont un point commun ; il s'agit de zones proches de la nappe phréatique. Par capillarité, l'eau de la nappe subit une aspiration due à sa propre évaporation en surface. Se faisant, elle dépose successivement des sels dissous de carbonate de calcium (CaCO_3), de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), d'anhydrite (CaSO_4), et de chlorure de sodium (NaCl), qui précipitent pour donner une croûte imperméable et parfois très épaisse d'évaporites.

On distingue trois types des sebkhas, associés à des conditions de formation spécifiques :

- ❖ Sebkha fluvio-lacustre
- ❖ Sebkha inter-dunaires
- ❖ Sebkha marin ou côtière



Photo n°9. La Grande Sebkha d'Oran

Chapitre 4

Mode d'exécution des travaux

Traitement de la zone saline

Il a toujours été question d'appréhender de combien la présence d'un renforcement géosynthétique peut améliorer la portance d'une plateforme, routière ou ferroviaire (Watts et Blackman, 2004) ou si elle peut permettre de réduire l'épaisseur de la couche de forme routière (ou sous-couche ferroviaire), tout en atteignant une portance équivalente.

Le projet contournement et l'aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra (ligne El-ghourzi-Tougourt) se caractérise par le franchissement de son tracé par une zone saline où la remontée des sels est excessive entre le PK 8+000 et le PK 9+000 et qui rend la portance du sol très faible d'où la nécessité d'un renforcement pour traiter cette section en optant la méthode de renforcement par les produits géosynthétiques – le géotextile dans notre cas-

1. Confortement de la section saline (PK 8+0.00) :

Pour traiter cette section, la solution retenue combine terrassement, substitution et drainage, et alors les tâches à accomplir étaient :

1. Avant la mise en place du géotextile, il faudra retirer la couche de terre végétale, de sol faibles, effectuer un scarifiage et un compactage du terrain de base du remblai
2. Purge de toute la zone saline avec une pente de 4% : Il est important qu'une pente transversale à la surface des remblais d'au moins 4 % soit appliquée afin d'éviter la stagnation et l'infiltration des eaux de pluie
3. Mise en place d'un géotextile de séparation – filtration
4. Mise en œuvre d'un matériau granulaire drainant et frottant.
5. Reconstruire le fossé de drainage.
6. Quel que soit la solution choisie, il est recommandé d'avoir une épaisseur d'au moins 0.20 m au-dessus du géotextile afin de l'ancrer correctement
7. Reconstruire les couches d'assises.

Les intérêts de l'utilisation des géotextiles comme solutions de renforcement de la plateforme sont multiples :

- Réduction des épaisseurs des couches granulaires
- Diminution du volume des terrassements
- économie sur la globalité du chantier.

L'opération consiste à poser le film du géotextile sur un terrain préparé (la plateforme) et relier les rouleaux par séchage des recouvrements d'un minimum de 0.50 m.



Photo n°10. Section de la Zone Saline



Photo n°11. Drainage de la Zone Saline

2. Description et Caractéristiques du Géotextile de filtration /séparation :

A mettre en œuvre, selon les recommandations du producteur, un géotextile non-tissé de séparation et filtration, aiguilleté et en fibres et vierges de polypropylène à haute ténacité, stabilisé anti-U.V et sans traitement chimique ou thermique.

Le géotextile doit être conforme aux normes NF EN 13252/A1 : « Géotextiles et produits apparentés – Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les systèmes de drainage » ; NF EN

13251/A1 : « Géotextiles et produits apparentés – caractéristiques requises pour l'utilisation dans les travaux de terrassement, fondations et structures de soutènement » et la fiche technique devra être certifiée par un organisme indépendant de type ASQUAL ou similaire.

3. Caractéristiques du Géotextile non-tissé aiguilleté de filtration/ séparation:

Masse /surface (NF EN ISO 9864) : 205 g/m²

Epaisseur sous 2 KPa (NF EN ISO 9863-1) : 1,6 mm

Résistance à la traction (NF EN ISO 10319)

Sens longitudinal : 16 KN/m

Sens transversal : 16 KN/m

Allongement à la traction (NF EN ISO 10319)

Sens longitudinal : 70 %

Sens transversal : 80 %

Résistance au poinçonnement (CBR) (NF EN ISO 12236) : 2,35 KN

Résistance au poinçonnement (NF G38-019) : 1,05 kN

Perforation dynamique (NF EN ISO 13433) : 19 mm

Ouverture de filtration caractéristique O_f (NF EN 12956) : $63 \mu\text{m} \leq O_f \leq 80 \mu\text{m}$

Perméabilité à l'eau (NF EN ISO 11058) : 65 l/s/m² soit $V_{H50} = 0,065$ m/s

Résistance à la pénétration de l'eau (NF EN 13562) : ≤ 5 mm

4. Vérification de la qualité du produit :

Le produit devra être manufacturé sous un contrôle de qualité de type ISO 9001.

Le fournisseur devra transmettre à l'entreprise des P.V d'essais effectués dans un laboratoire accrédité par le comité Français d'Accréditation (COFRAC) ou reconnu par accord multilatéral des produits livrés qui porteront sur :

- Masse surfacique selon la norme NF EN ISO 9864.
- Résistance au poinçonnement CBR NF EN ISO 12236.
- L'ouverture de filtration caractéristique O_{90} (NF EN ISO 12956).
- La perméabilité normalement au plan V_{H50} (NF EN ISO 11058).

5. Spécifications des matériaux de substitution :

a. Matériau concassé : 0/150

Matériau propre

- % de fine $80\mu < 5$ %.

- $ES > 35$.
- $VBS < 0,1$.
- $D_{10} > 1$ mm.

b. Sois une Grave concassée propre 20/40

6. Identification et conditionnement des géosynthétiques :

Chaque rouleau devra disposer d'un label d'identification avec le numéro du rouleau et le type de produit conformément à la norme NF EN ISO 10320. En cas de non-conformité, les rouleaux de la production seront identifiés du chantier.

Le stockage des rouleaux de géosynthétiques sera effectué sur une aire plane, propre, assainie, de portance suffisante pour la circulation des engins de manutention et de mise en œuvre.

Les rouleaux de géosynthétiques seront accompagnés d'un bon de livraison, reprenant leurs dimensions et leur numéro. Il conviendra de :

- S'assurer de la concordance entre ce bon de livraison, les numéros mentionnés sur les rouleaux et sa commande ;
- Procéder à une inspection visuelle des rouleaux, et en particulier de leur endommagement éventuel (poinçonnement des premières spires...).

Toutes les protections doivent être mises en œuvre au cours des travaux pour assurer leur bon état de conservation.

Les caractéristiques mécaniques du géosynthétiques de renforcement à court terme et à long terme seront en accord avec la méthode de calcul justifiant le dimensionnement qui devra être fournie par l'entreprise dans les 5 jours qui suivent la notification et devra être selon les normes en vigueur et les recommandations du fabricant.

Avant la pose du film géotextile, une préparation de la zone à traiter est impérative en tassant le sol pour recevoir ce dernier ; ensuite le film du géotextile est posé au sol afin de séparer la terre de la couche de remblai concassé. Plus à la mission principale du film qui est de renforcer le terrain salé de mauvaise portance, il assure la protection contre les stagnations des eaux en facilitant son évacuation.



Photo n°12 : pose du géotextile

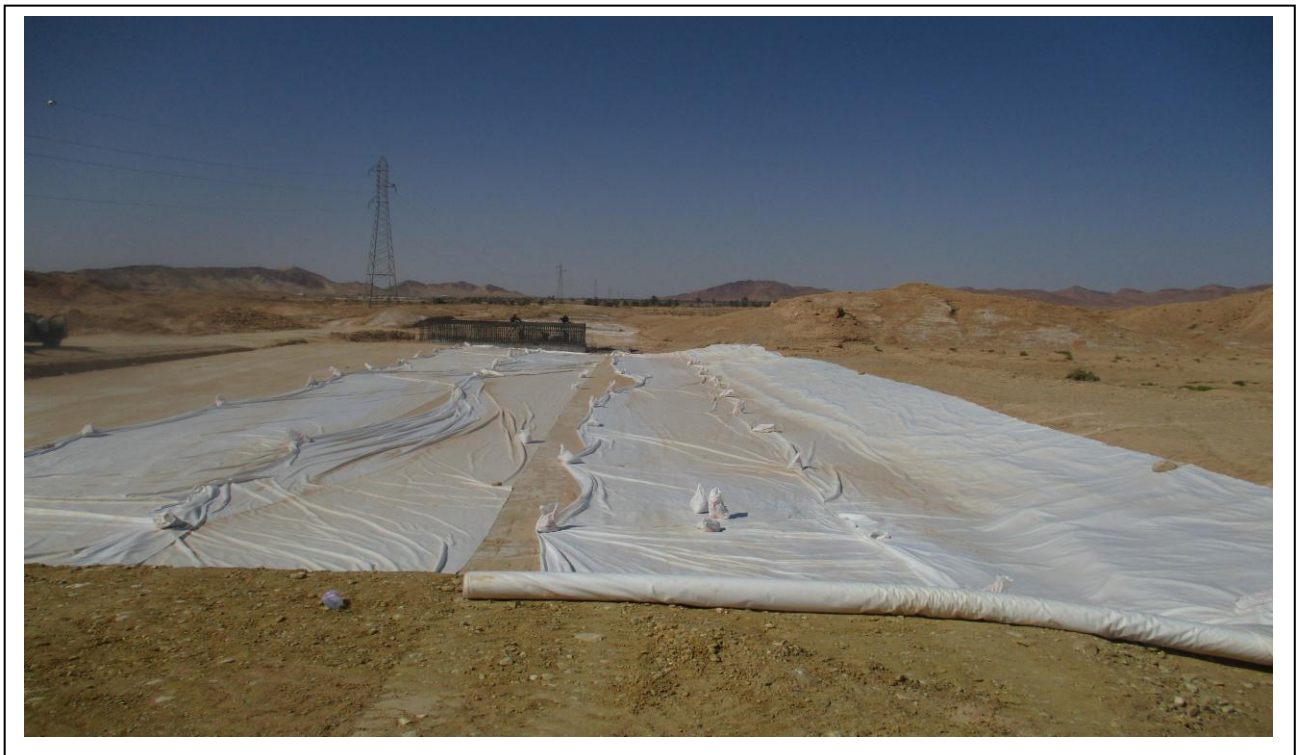


Photo n°13 : deux rouleaux joints



Photo n°14 : pose de la grave concassée sur le géotextile



Photo n°15 : liaison des deux rouleaux

Remarque :

- Au cours de réalisation, il faut éviter les intempéries et tout risque de stagnation des eaux ;
- La période d'été est le meilleur moment de réalisation des substitutions ;
- La réalisation des substitutions doit être très rapide et par partie environ 15 à 20 m :
Pas d'arrêt entre l'ouverture de la partie de la tranchée, pose de géotextile et du tube **PVC**, matériau drainant et fermeture de la section de substitution.

Rappel :

Les géotextiles non-tissés : sont des filaments étalés de façon aléatoire en tapis mince. Ils sont liaisonnés entre eux par thermo-formage, après que la densité requise soit atteinte, en passant entre deux rouleaux métalliques chauffés ces fils sont comprimés et soudés entre eux, qui donne un film fin peu cartonné et facile à mettre en place et suffisamment aéré pour laisser circuler l'eau.

Les géotextiles tissés : ce sont des fines bandelettes de polypropylène qui sont tissés entre elles comme un tissu de laine ou de coton (un sens de chaîne et un sens de trame qui s'entrecroisent). Les géotextiles tissés sont légers et économiques mais qui n'ont pas la souplesse et l'élasticité d'un non-tissé.

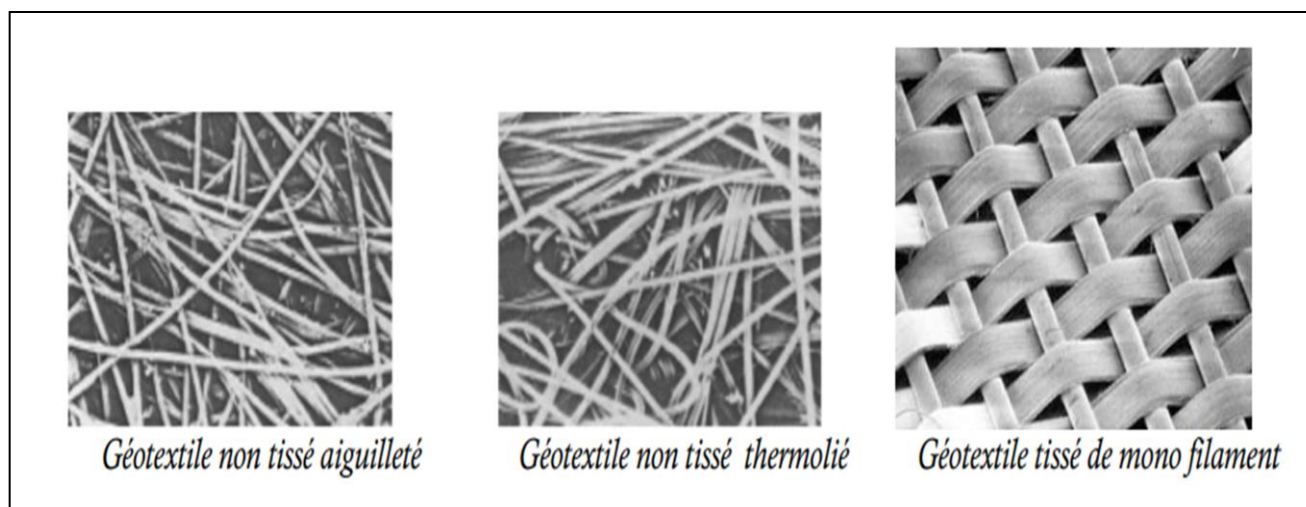


Fig. n°31. Géotextile tissé et non tissé

Conclusion

Le tronçon du contournement et l'aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra (ligne elghourzi-touggourt), se divise en deux classes de relief.

- Classe de qualité des sols qs0, qsl : il s'agit des sols fins (a2) et (a3), sol impropre à toute utilisation à sol médiocre.
- Classe de qualité des sols qu : il s'agit des sols sableux et graveleux avec des fins (b5) et (b6), sol de qualité moyenne. Concernant le dimensionnement de couche d'assise, nous rappelons le corps de chaussée ci-dessus comportant les structures suivantes :
 - Une couche de ballast 30 cm (ballast 25/ 50)
 - Une couche de sous-ballast 30 cm (grave concassée 0/31.5)
 - Une couche de forme 50 cm. (classe de qualité des sols qs3), sol de bonne qualité

Pour ce qui est des matériaux d'emprunts, la prospection a permis de localiser un gîte d'oued sidi zarzour, ce gîte fournira du TVO calcaire graveleux caillouteux sur une épaisseur important, de classe qs3

Sur le projet :

1. Le plan d'action et les prévisions mensuelles, bien qu'elles soient mentionnées dans le marché travaux, ne sont pas à notre disposition.

2-II y a 9050 ml de plateforme finie et réceptionnée depuis un certain temps, la quantité totale de rail du projet est réceptionnée et attachée, 20 ADV réceptionnés dont 16 attachés et malgré ça, l'entreprise n'a pas entamé les travaux à ce jour.

3-Au vu de la cadence actuelle, le GSSC assure qu'il est impossible de terminer les travaux dans les délais.

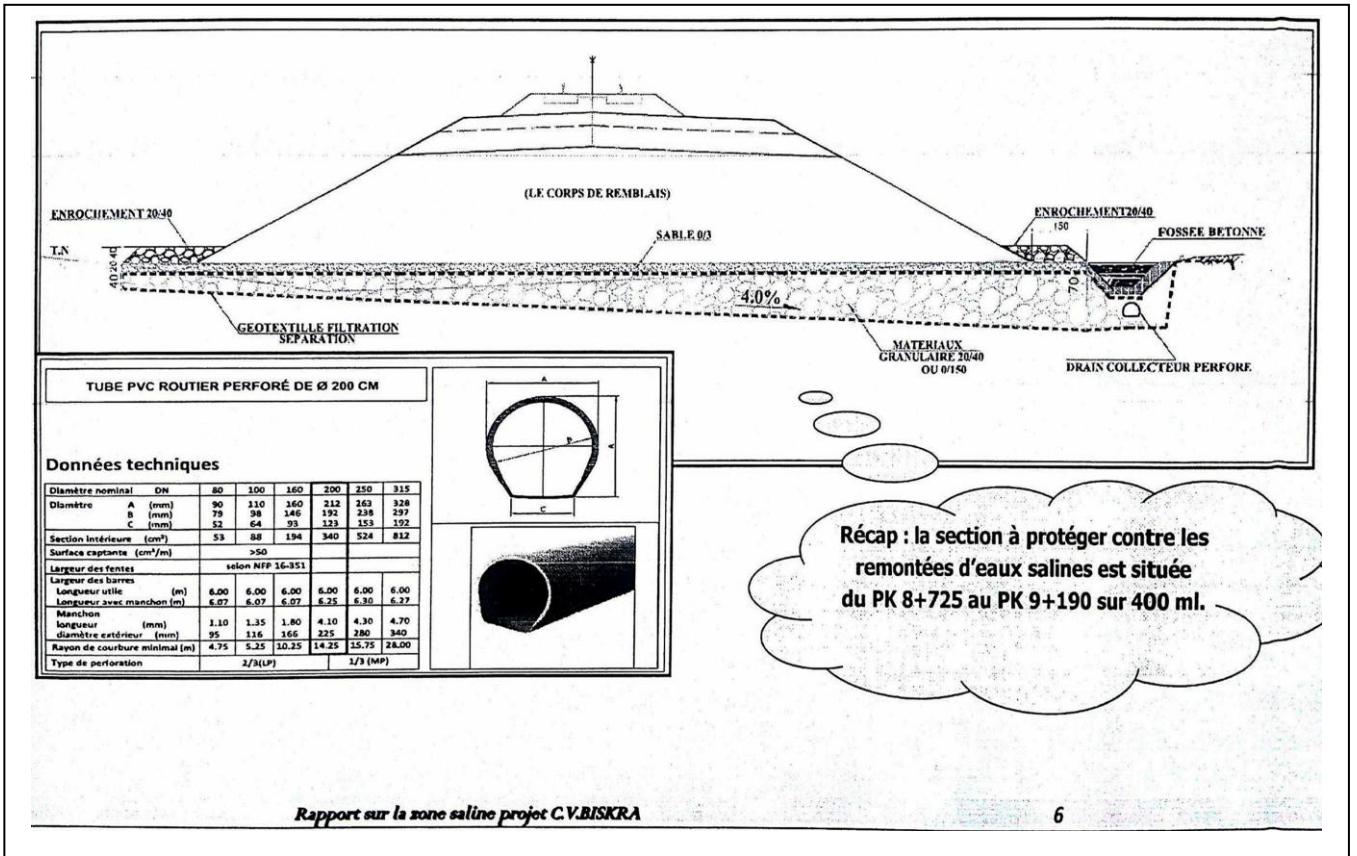


Fig. n°31 : profil en travers



Photo n°16. Photo satellitaire de la zone saline

Conclusion Générale

Par leur impact et leur pertinence économique, les transports, que ce soit routier ou ferroviaire, représentent des facteurs de développement les plus influents d'un pays. La préservation de ses anciennes infrastructures en bon état de service ou la réalisation de nouveaux projets de bonne qualité nécessite un suivi et des techniques capables de satisfaire à cet objectif, dont le renforcement par géosynthétiques pour la sécurisation des ouvrages routiers et ferroviaires vis-à-vis de tout incident.

Le contournement de la ligne ferroviaire de la ville de Biskra m'a permis de découvrir des connaissances dans les chemins de fer ainsi que voir de près cette méthode de renforcer le sol par les géotextiles pour l'amélioration de sa portance.

Les techniques de renforcement des sols par des géosynthétiques est une technique reconnue, ils ont pour objectif d'améliorer les caractéristiques d'un sol peu résistant, afin de permettre dans notre cas la pose de la voie ferrée sur un remblai bien traité afin de traverser une zone caractérisée par la salinité des sols. L'utilisation de cette technique a pour but l'amélioration de la portance d'une plateforme ferroviaire. Cette technique nouvellement abordée en Algérie mérite d'être bien suivie afin de développer la maîtrise de cette technique et de la généraliser dans les cas similaires et dans d'autres cas vue la diversité du domaine d'utilisation de ces produits synthétiques.

Au terme de ce modeste travail, j'ai pu conclure ce qui suit :

- Une riche bibliographie dans le domaine des géosynthétiques.
- Un aperçu sur l'utilisation des géosynthétiques en Algérie dans le domaine des travaux publics, présentant la première expérience sur la traversée d'un Chott où la qualité du sol est médiocre en utilisant un renforcement par géosynthétiques.
- L'utilisation des géotextiles et des geogrilles évite les problèmes des pressions interstitielles.
- Assure une bonne imbrication sol-géotextile qui augmente les efforts de stabilisation des terres
- Homogénéisation des couches
- Economies de transport, d'énergie et de matériaux
- Respect de l'environnement
- Diminution des temps de chantier
- Réduction des gênes pour les usagers
- Réduction de déchets

Enfin, une solution économique et intéressante. Les avantages de l'utilisation des géotextiles et des geogrilles, voire les géosynthétiques en général offrent une variante prometteuse pour varier les

Conclusion générale

méthodes de résoudre beaucoup de problèmes géotechniques rencontrés pendant l'exécution de nouveaux travaux.

Certes le renforcement par géosynthétiques a un coût, mais il peut aussi permettre des économies en réduisant les épaisseurs de matériau granulaire. Un géotextile de séparation et renforcement pour éviter tout problème de contamination du sol ci-dessous est la technique adoptée pour faire passer un tracé linéaire en traversant une section où le sol est de très faible portance.

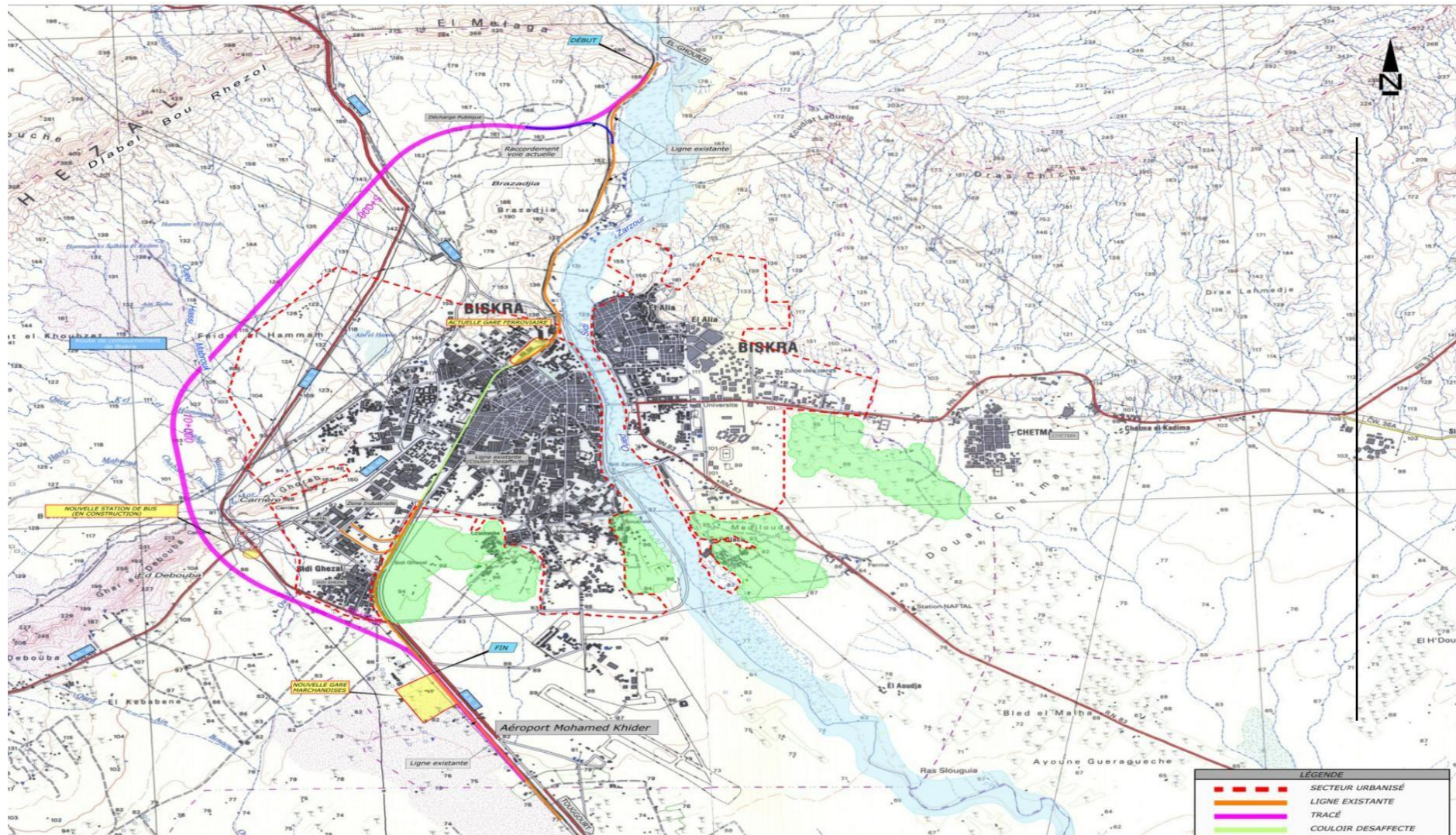
Références Bibliographiques

- 1) **ANESRIF**, étude du contournement et de l'aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra.
- 2) **Benmebarek .S**, Cours géotechnique de master 2 VOA, les géosynthétiques.
- 3) **Cours d'exploitation des chemins de fer**, Ulysse lamelle tome III fascicule 1-le ballast, les rails, les traverses, les appareils de voie, virage et translation
- 4) **Cours chemin de fer**, M^{er} A.NEHAOUA 2014-2015, université de Sétif
- 5) **Cours de chemin de fer**, M^{er} A. Ben khada 2017-2018, université de Biskra
- 6) **Guide d'utilisation des géosynthétiques de séparation et de renforcement des chaussées** : laboratoire des chaussées-ministère des transports-Québec.
- 7) **Gueddoudj Redhouane : mémoire de master**, étude du renforcement du sol-voie ferrée du contournement de la ville de Biskra ,2015.
- 8) **Holtz R.D**, géosynthétique pour renforcement des sols ; université de Washington –département GC et environnement ; novembre 2001.
- 9) **S. Lambert**, **Les géotextiles** : fonctions, caractéristiques et dimensionnement, 2010
- 10) **Remadna Mohamed Sadok** : mémoire de magister.
- 11) **Ismail BENESSALAH Doctorat LMD**, Comportement des interfaces géosynthétiques sous chargement dynamique due à l'impact
- 12) **Norme française (NF P94-117-1)** : portance des plateformes ; essai de plaque.
- 13) **Rabah Arab, Moulay Zerhouni** : l'utilisation des géosynthétiques en Algérie dans les travaux publics.
- 14) **Youcef Kehila, Fadhila Mezouari**, Intérêt des matériaux géosynthétiques dans la conception des centres d'enfouissement technique (CET) en Algérie, laboratoire architecture et environnement, EPAU El-Harrach, 2011.
- 15) **Séminaire national de la route et la circulation, université Kasdi Merbah Ouargla** : utilisation des géotextiles comme solution anti-remontée des fissures.
- 16) **Journée de formation sur les géosynthétiques**, DTP Biskra le 20mai 2015
- 17) **Journée de formation sur l'utilisation des géosynthétiques TENSAR dans le génie civil**, Sétif le 24 avril 2018

Photo satellitaire la situation géographique du projet



Synoptique de la ligne



Aspect contractuel :

		Marché Travaux	Marché Contrôle et Suivi
Programme			
N° Opération		NF 5.523.9.262.010.29	NF 5.523.1.262.010.42
Intitulé		Subvention à l'ANESRIF: Modernisation de la ligne BISKRA/TOUGGOURT	Subvention à l'ANESRIF, maîtrise d'oeuvre de l'ensemble du réseau.
Montant Initial		12.000.000	15.000.000
Montant réévalué		32.000.000	15.000.000
Montant demandé pour (LF.../LFC.....)			
Montant	Engagé sur AP		
	Consummé sur engagement		

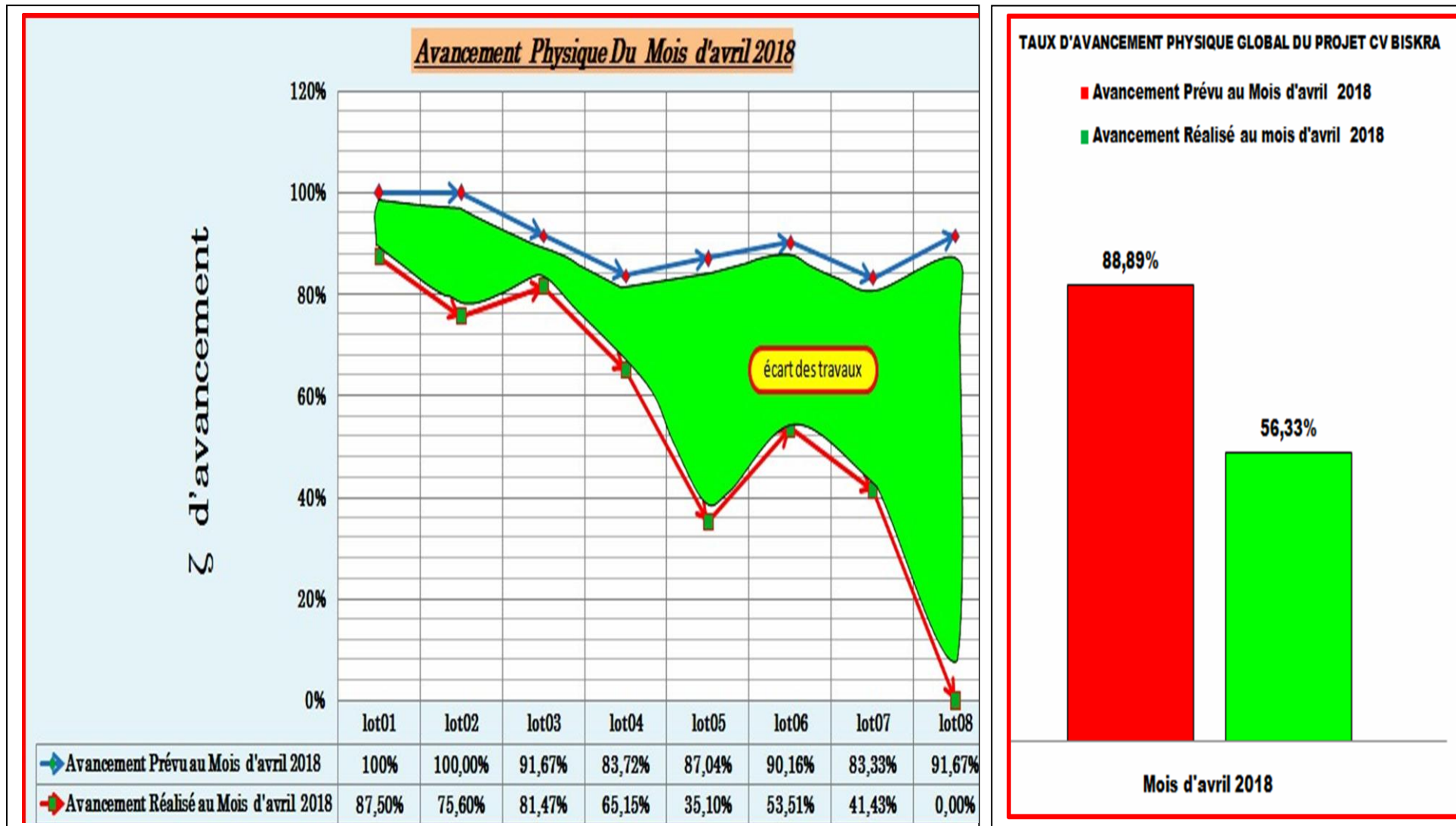
2. Données contractuelles du marché :

		Marché Travaux	Marché Contrôle et Suivi
Mode de passation		Gré à gré simple	Gré à gré simple
Partenaire Cocontractant		Groupement d'Entreprises INFRARAIL, SERO-EST, EPTP-Cne et BATIMETAL dénommé : GETCVB	Groupement SSC SAETI/SETA/CNIC
Objet		Réalisation du contournement et l'aménagement des installations ferroviaires de la ville de BISKRA. Rentrant dans le cadre de la modernisation de la ligne Biskra / Touggourt sur 18+840 kms	Contrôle et suivi des travaux de réalisation du contournement et d'aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra (ligne El Gourzi / Touggourt) 18,8 Km.
Montant Initial (TTC)		10.729.689.095,71 DA / TTC	305.875.440,00 DA / TTC
Partie en devise		NEANT	/
Délai d'exécution Initial		36 Mois	36 Mois
Date de mise en vigueur (O.D.S)		12/11/2013	11/08/2013
O.D.S d'arrêts		/	/
O.D.S de reprises		/	/
Date de fin du délai contractuel		25/11/2017	11/08/2016
Montant modifié par les Avenants (TTC)		11.476.193.035.16DA	/

Avancement global du projet :

	Taux d'avancement (%)
ETUDES D'EXECUTION	89.15%
INSTALLATIONS DE CHANTIERS	87.50 %
PREPARATION DU TERRAIN	75.60 %
TERRASSEMENT	81.74%
POSE DE VOIE	35.10 %
OUVRAGES D'ART	53.51%
OUVRAGE DE DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT	65.15 %
BATIMENTS DES GARES VOYAGEURS ET MARCHANDISES	41,43%
STE	/
ELECTRIFICATION	/
AVANCEMENT GLOBAL DU PROJET	56.33%

Aperçu Global Sur L'avancement Physique Du Projet CVB



Drainage

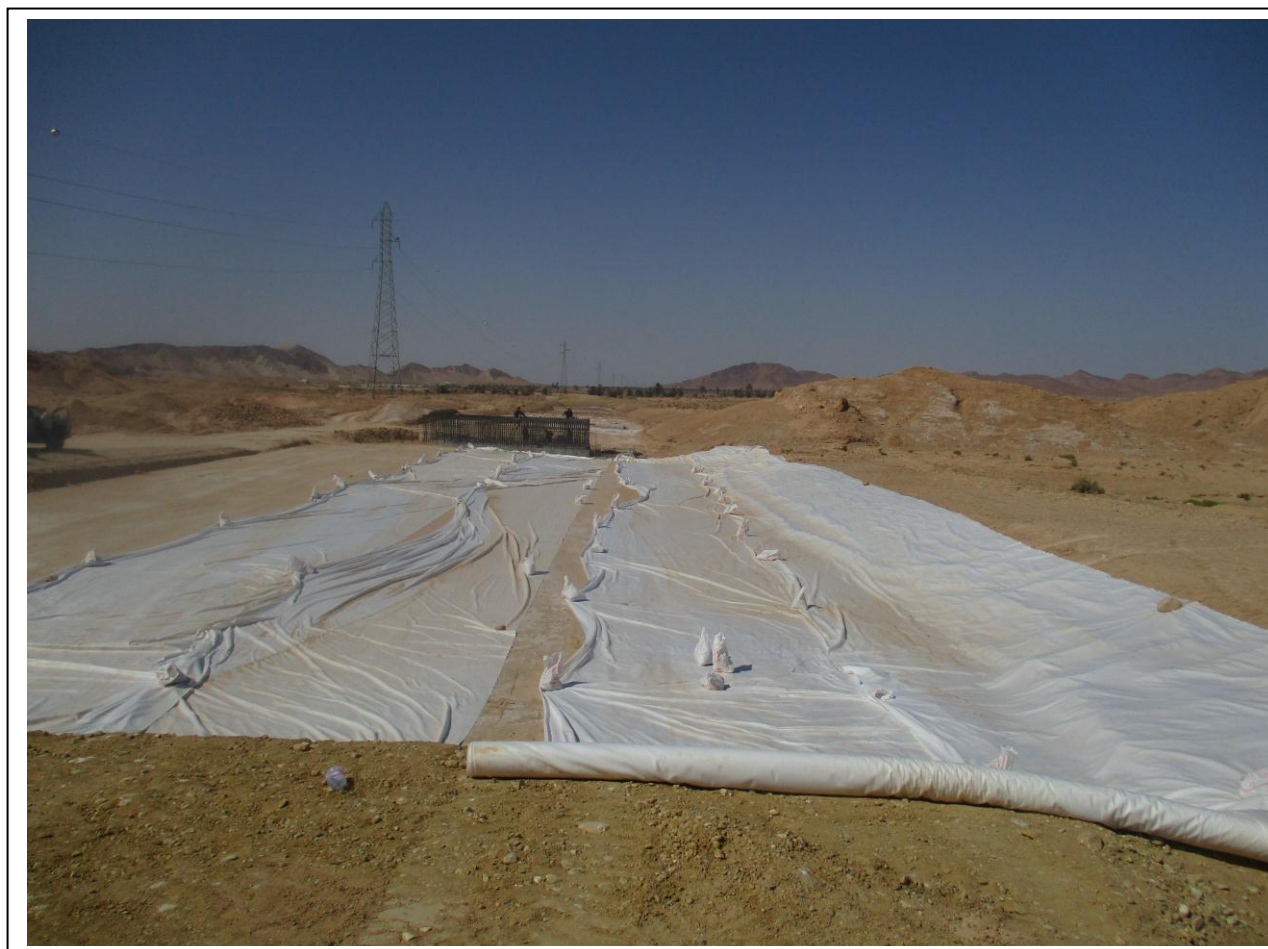


Section saline





Pose du géotextile







remblais



Déblais En Terrain Meuble Mis En Dépôt



Zone Saline PK 8+950



Fosse Revêtu De Protection De La Plateforme



Essais réalisés par le laboratoire

