



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

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Travaux public
Voies et Ouvrages d'Art

Réf. : V14/2018

Présenté et soutenu par :
GUESMIA Zakaria

Le : lundi 25 juin 2018

Etude d'une liaison EL Haouche-EL Feidh

Jury :

| | | | | |
|-----|------------------------|-----|----------------------|------------|
| Dr. | REMADNA Mohamed Saddek | MCA | Université de Biskra | Président |
| Dr. | BEN AMMAR Ben Khadda | MCA | Université de Biskra | Examineur |
| Dr. | KHELIFA Tarek | MCB | Université de Biskra | Rapporteur |

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

C'est d'abord à Dieu Tout Puissant que j'adresse mes remerciements pour avoir guidé mes pas dans le bon chemin et qui m'a permis de mener mon travail à bon port.

Mes pensées vont ensuite à mes Parents qui, depuis le début, m'ont témoigné leurs confiances et m'ont manifesté leurs soutiens.

A mon Enseignant et Encadreur Dr. KHELIFA TAREK, je souhaite exprimer ma haute gratitude pour ses conseils précieux et son soutien de tous les jours.

A tous ceux qui m'ont bien accueilli, bien conseillé, à ceux qui, par leur sourire ou par leur poignée de mains, m'ont encouragé, je dis un grand Merci.

Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire

Guesmia Zakaria

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À... Ma très chère mère

A Mon très cher père

A mes frères : Redouane et Yaakoub

A mes sœurs : Sara et Kaouthar

A Toute ma famille

A Mes amis

A toute la promotion VOA 2018

Et ceux qui m'ont aidé durant ma formation.

Guesmia Zakaria



RESUME

Le présent travail se propose d'aboutir à une étude complète d'un tronçon routier il s'agit de la liaison El Haouche - El Feidh , sur environ de 4.5 Km dans une zone inondable

On a fait une étude géotechnique pour connaitre toutes les caractéristiques de notre sol support et on à proposé des solutions avec techniques de renforcement par géosynthétique puisque le terrain de notre projet est situé dans un chott

Ce projet, dans ses grandes phases, est constitué de :

- ✚ La conception géométrique de la route (Trace en plan, profil en long et profil en travers par logiciel AutoPISTE)
- ✚ La conception structurale (composée de l'étude du trafic et dimensionnement de la Chaussée).
- ✚ Etude géotechnique

ملخص

إن هذا العمل يهدف إلى تحقيق دراسة كاملة من مقطع الطريق ويتعلق بالطريق الرابط بين مدينتي الحوش والفيض على مايقارب 4.5 كم في منطقة معرضة للفيضانات

قمنا بدراسة حيوتقنية لمعرفة كافة خصائص أرضية المشروع واقترحنا حلول باستخدام تقنيات الدعم عن طريق الجيوسنتيتيك لان أرضية مشرونا تقع في شط

يتكون هذا المشروع في مراحل الرئيسية من:

- ✚ التصميم الهندسي للطريق (الإسقاط الأفقي ، المقطع الطولي و المقطع العرضي بواسطة برنامج (Autopiste
- ✚ التصميم الهيكلي (يتكون من دراسة حركة المرور و قياسات حجم الطريق)
- ✚ دراسة جيوتقنية

Sommaire

| | |
|-----------------------|----|
| Liste des figures | |
| Liste des photos | |
| Liste des tableaux | |
| Introduction générale | 01 |

CHAPITRE I : Présentation de projet

| | |
|---------------------------------------|----|
| I.1. Présentation de la wilaya | 02 |
| I.2. Situation de la Traversée | 04 |
| I.3. Objectif de l'étude | 07 |

CHAPITRE II : Etude du trafic et Dimensionnement du corps de chaussée

| | |
|---|----|
| II. 1. Introduction | 08 |
| II.2. Effet du trafic | 08 |
| II .3. Définition de la capacité | 08 |
| II .4. Application au projet | 12 |
| II .5. Conclusion | 15 |
| II.6. Introduction | 16 |
| II. 7. La chaussée | 16 |
| II. 8. Méthodes pratiques et démarche de dimensionnement | 16 |
| II. 9. Application au projet | 18 |
| II. 10. Conclusion | 25 |

CHAPITRE III : Enduit superficiel

| | |
|---|----|
| III. 1. Définition | 26 |
| III. 2 . Rôle | 26 |
| III. 3. Les constituants | 27 |
| III. 4. Les types d'Enduits Superficiels | 29 |

| | |
|---------------------------|----|
| III. 5. Conclusion | 31 |
|---------------------------|----|

Partie géométrique

CHAPITRE IV : Trace en plan

| | |
|--|----|
| IV .1. Définition | 32 |
| IV .2. Règles à respecter dans le tracé en plan | 32 |
| IV .3. Les éléments de trace en plan | 33 |
| IV .4. Tableau description du tracé en plan proposé | 36 |

CHAPITRE V : Profil en long

| | |
|--|----|
| V .1. Définition | 39 |
| V .2. Les éléments de composition du profil en long | 39 |
| V .3. Raccordements circulaires | 40 |
| V .4. Caractéristiques des rayons en long | 42 |
| V .5. Déclivité | 42 |
| V.6. Conclusion | 43 |

CHAPITRE VI : Profil en Travers

| | |
|---|----|
| I.1. Définition | 44 |
| V I .2. Eléments constitutif | 44 |
| V I .3. Différent type de profils en travers | 46 |
| V I .4. Application au projet | 46 |

Partie géotechnique

CHAPITRE VII : Propriété de sol

| | |
|--|----|
| VII .1. Objectifs de l'étude géotechnique | 47 |
| VII .2. Les Essais | 47 |

| | |
|--|----|
| VII .3. Propriété de sol | 47 |
| VII .4. Classification selon GTR (Guide des Terrassements Routiers) | 50 |
| VII .5. Conclusion | 58 |

CHAPITRE VIII : Les cas similaires

| | |
|--|----|
| VIII .1. Définitions et types des géosynthétiques | 59 |
| VIII .2. Recherche bibliographique sur des cas similaires | 61 |

CHAPITRE IX : Solutions proposées

| | |
|-----------------------------------|----|
| IX .1. Introduction | 73 |
| IX .2. Solutions proposées | 73 |
| IX .3. Conclusion | 76 |

CHAPITRE X : Les ouvrages de drainage

| | |
|------------------------------------|----|
| X .1. Introduction | 78 |
| X .2. Définition | 78 |
| X .3. Dalot | 78 |
| X .4. Buse | 80 |
| X .5. Réalisation du projet | 82 |
| X .6. Conclusion | 83 |
| Devis Quantitatif et Estimatif | 84 |
| Conclusion général | 85 |
| Bibliographie | |
| Annexe | |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure. I.1 : Localisation de la Wilaya de Biskra | 02 |
| Figure I.2 : Réseau routier de la wilaya de Biskra | 03 |
| Figure II .1 : Choix de dimensionnement (1ère variante) | 20 |
| Figure II .2 : Epaisseur du corps de chaussée CBR (2ème variante) | 22 |
| Figure II .3 : Choix de dimensionnement (2ème variante) | 24 |
| Figure II .4 : Résultats par alize LCPC | 24 |
| Figure II .5: Résultats par alize LCPC | 25 |
| Figure III.1 : Mise en place du L'enduit superficiel | 26 |
| Figure III.2 : Structure monocouche simple gravillonnage | 29 |
| Figure III.3 : Structure bicouche | 29 |
| Figure III.4 : Structure Monocouche Double Gravillonnage | 30 |
| Figure III.5 : Structure Monocouche prégravillonnée | 30 |
| Figure IV.1 : Tracé en plan | 32 |
| Figure IV.2 : les éléments du tracé en plan | 33 |
| Figure IV.3 : Raccordement par la Clothoïde | 35 |
| Figure V.1 : exemple d'un profil en long | 39 |
| Figure V.2 : Raccordement concave et convexe | 41 |
| Figure V I.1 : Les éléments du profil en travers | 44 |
| Figure V I.2 : différents types de profil en travers | 46 |
| Figure VIII. 1 : Types des géosynthétiques | 59 |
| Figure VIII. 2 : Fonctions des géosynthétiques | 60 |
| Figure VIII. 3 : Tracée de la route entre M'Cif et Ain El Khadra | 61 |
| Figure VIII .4: Conception du remblai intégrant les géosynthétiques | 63 |
| Figure VIII. 5 : L'image satellitaire montre la zone saline | 66 |
| Figure VIII. 6: coupe transversal du matlat drainante | 68 |
| Figure VIII. 7: la section à protéger contre les remontées d'eaux salines | 69 |
| Figure VIII. 8: canalisation utilisé (Tube PVC perforé) | 70 |
| Figure IX.1 : protection de talus remblai (enrochement) | 73 |
| Figure IX .2 : Profil en travers type (Zone saline et inondable) | 77 |
| Figure X.1 : dalot | 78 |

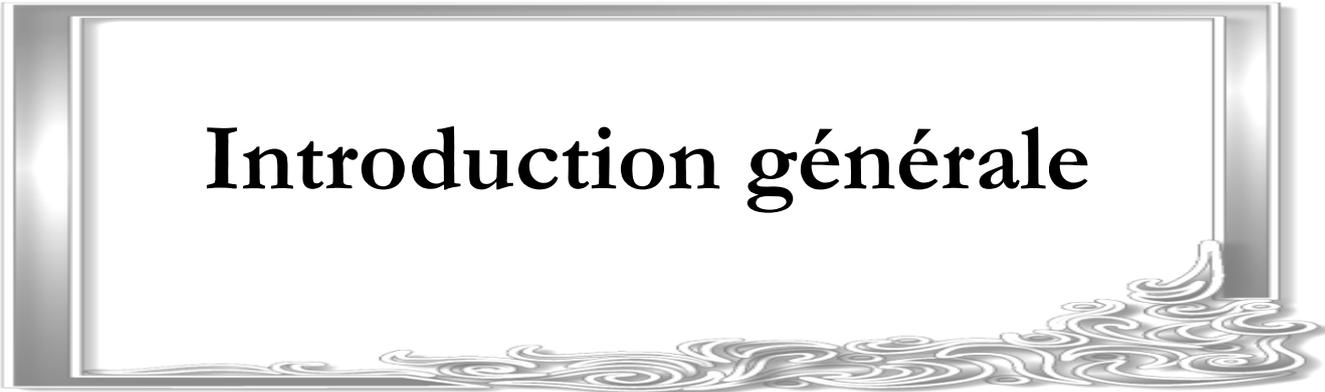
LISTE DES PHOTOS

| | |
|---|----|
| Photo. I.1 : Localisation de la route nationale 83 | 04 |
| Photo. I.2 : Début du projet | 05 |
| Photo. I.3 : Fin du projet | 05 |
| Photo. I.4 : Situation du projet | 06 |
| Photo. II.1 : Route à 2 voies de 3.5 m | 15 |
| Photo. VII .1 : le terrain de notre projet | 48 |
| Photo. VIII. 1 : Etat de la surface du sol | 62 |
| Photo. VIII. 2 : Mise en place du géotextile | 64 |
| Photo. VIII .3 : Mise en place du géogrille | 64 |
| Photo. VIII. 4 : Mise en place des conduites PEHD (a) et protection des talus (b) | 65 |
| Photo. VIII .5 : photo montrant la présence de sel | 66 |
| Photo. VIII. 6 : Mise en place du géotextile (AS25) | 70 |
| Photo. VIII. 7 : Mise en place d'un matériau granulaire (20/40 ou 25/50) | 71 |
| Photo. VIII. 8 : la couverture par le géotextile | 71 |
| Photo. IX. 1 : décapage de la terre végétale | 74 |
| Photo. IX. 2 : Pose des Géotextiles de séparation | 74 |
| Photo. IX .3 : Mise en place de la 1 ^{ère} couche du remblai | 75 |
| Photo. IX .4 : Mise en place de géogrille | 75 |
| Photo. IX .5 : pose des couches de remblai sur la géogrille et compactage | 76 |
| Photo. X.1 : Dalot portique | 79 |
| Photo. X.2 : Dalot cadre | 79 |
| Photo. X.3 : Buses en béton | 80 |
| Photo.4 : Buses métalliques | 81 |
| Photo.5 : Canalisation PEHD | 82 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau II.1 : Coefficient D'équivalence « P » | 09 |
| Tableau II.2 : Valeur de K1 en fonction de l'environnement | 10 |
| Tableau II.3 : Valeur de K2 en fonction de l'environnement et de la catégorie | 11 |
| Tableau II.4 : Valeur de la capacité théorique | 11 |
| Tableau II.5 : Les coefficients d'équivalence | 17 |
| Tableau II.6 : résultat de dimensionnement par la méthode CBR (variante 1) | 18 |
| Tableau II.7 : classe TPL_i pour RP2 | 19 |
| Tableau II.8 : les classes de portance des sols | 19 |
| Tableau II.9 : résultat de dimensionnement par la méthode CBR (variante 2) | 22 |
| Tableau IV.1: rayons du tracé en plan | 34 |
| Tableau V.1 : Rayons en long | 42 |
| Tableau VII. 1: les caractéristiques de sol | 49 |
| Tableau VII. 2 : classification des matériaux utilisés pour la construction des remblais (classeA) | 50 |
| Tableau VII. 3 : sous classe des matériaux utilisés pour la construction des remblais(A1) | 51 |
| Tableau VII. 4 : Conditions d'utilisation des matériaux(A ₁) en remblai | 53 |
| Tableau VII .5: représente le code E G W T R C H | 54 |
| Tableau VIII .1 : les résultats des essais chimiques | 67 |
| Tableau VIII .2 : les résultats des essais de plaque | 67 |

Introduction générale



INTRODUCTION GENERALE

Parmi les domaines de travaux publics, celui de l'infrastructure routière qui revête une importance particulière dans notre pays, c'est un facteur générateur de développement économique, et il constitue la base de toute opération du développement.

La route a pour but de permettre la circulation en toute saison, dans des conditions suffisantes et aussi durables que possible de confort et de sécurité

La faible portance du sol, l'inondation du site en hiver, la forte agressivité et la présence de sel ont posé de sérieuses difficultés pour la réalisation de la route de notre projet

Pour cela on a proposé des solutions pour l'utilisation de route d'une manière sécurisante telle que l'utilisation des géotextiles et des géogrilles ...etc.

Le travail qu'on élaborera consiste à étudier un tronçon routier de la liaison « El Haouche - El Feidh » situé à l'est de la wilaya de Biskra qui est constituée de 550 Km des Routes nationales (RN 3, RN 46, RN 31, RN 87, RN 78 et RN 83), notre projet se trouve au sud de la **RN 83**, relie Biskra à Khangat sidi Nadji, sur une longueur de 4.5 Km franchissant une zone inondable.

L'objectif de ce travail, est d'étudier un projet réel afin de permettre de :

-  Compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation
-  S'intégrer au monde du travail
-  Connaitre les missions et les responsabilités d'un ingénieur

Les différentes phases d'étude de ce projet seront présentées et discutées en détails dans la suite de notre travail.

CHAPITRE I

Présentation de projet



I.1. Présentation de la wilaya

- La wilaya de **Biskra** est située au sud-est de l'Algérie aux portes du Sahara, limitée au Nord par la wilaya de Batna, au sud par la wilaya d'Ouargla, à l'est par la wilaya de Khenchela au nord ouest par la wilaya de M'Sila , à l'ouest par la wilaya de Djelfa, au sud-est par la wilaya d'El Oued.
- Sa superficie est estimée à **21671,20 km²** et compte une population de **721356** habitants (Estimation2008), elle compte **12** Dairas et **33**communes.



Figure. I.1. Localisation de la Wilaya de Biskra

✓ **La constitution du réseau routier à Biskra est :**

- Routes nationales = **550 Km.**
- Chemins de wilaya = **482Km.**
- Chemin communaux = **1.157 Km.**

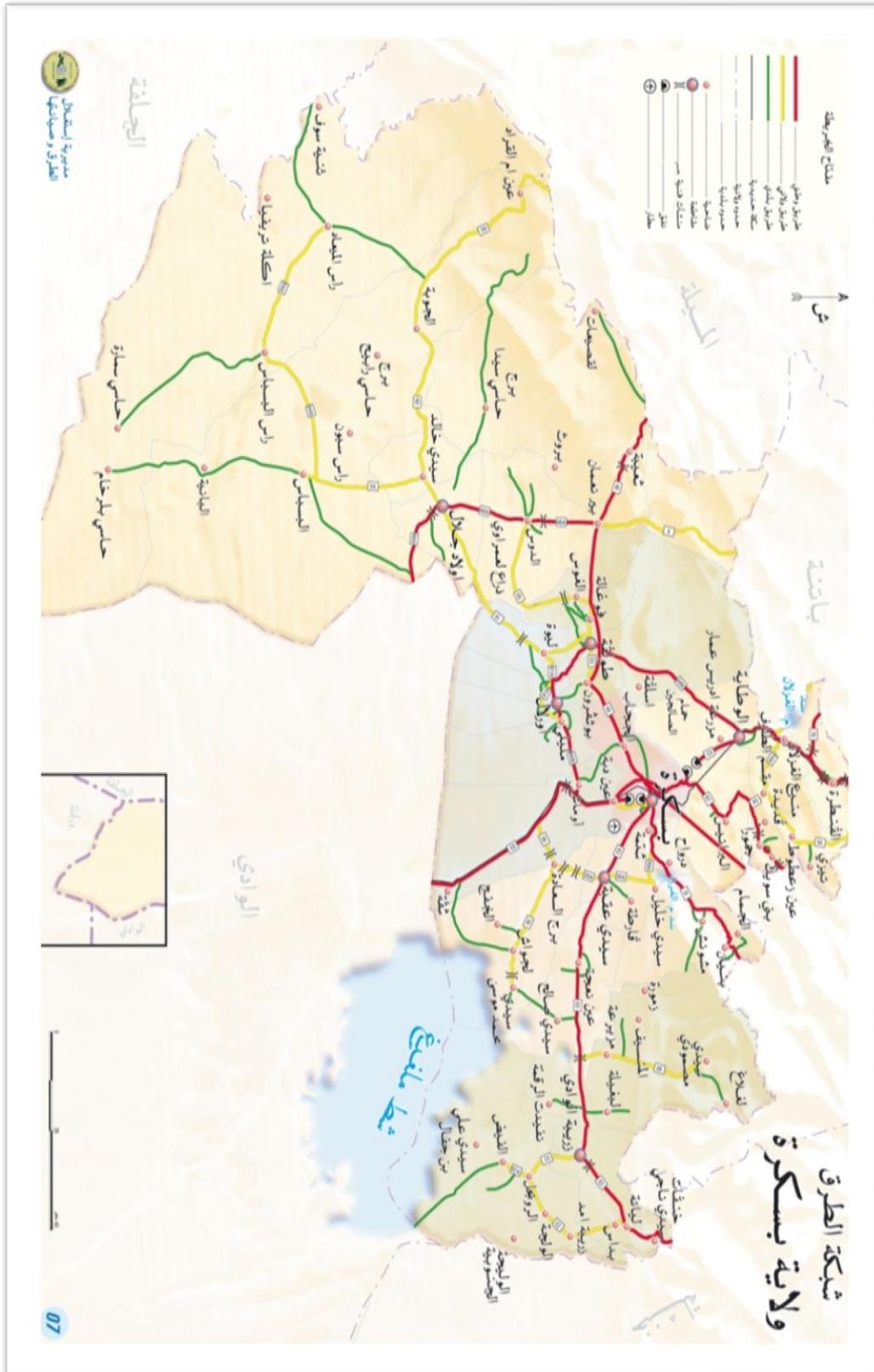


Figure I.2. Réseau routier de la wilaya de Biskra.

I.1. 1. Routes nationales traversant la wilaya de Biskra

- RN 3 (Kantara-Biskra-Stil)
- RN 83 (Biskra-Sidi Okba –Zribet El oued- Khanga)
- RN 46 (Biskra-Tolga-Chaiba)
- RN 31 (Biskra-Arris)
- RN 87 (Biskra-Branis Djamorah)
- RN 78 (Branchement vers Barika)

I.2. Situation de la Traversée

Cette étude consiste à relier la commune d'EL Haouche à la commune d'EL FEIDH à partir de Sidi Mohamed Moussa. La liaison entre El Haouche et El Feidh se trouve au sud de RN83

➤ Présentation de la route nationale 83 (RN83)

La route nationale 83 d'une distance de **107Km** relie les deux wilayas Biskra et Kanchla, en passant par Biskra- Sidi Okba –Ain Naga –Zeribet El Oued et Khenguet Sidi Nadji

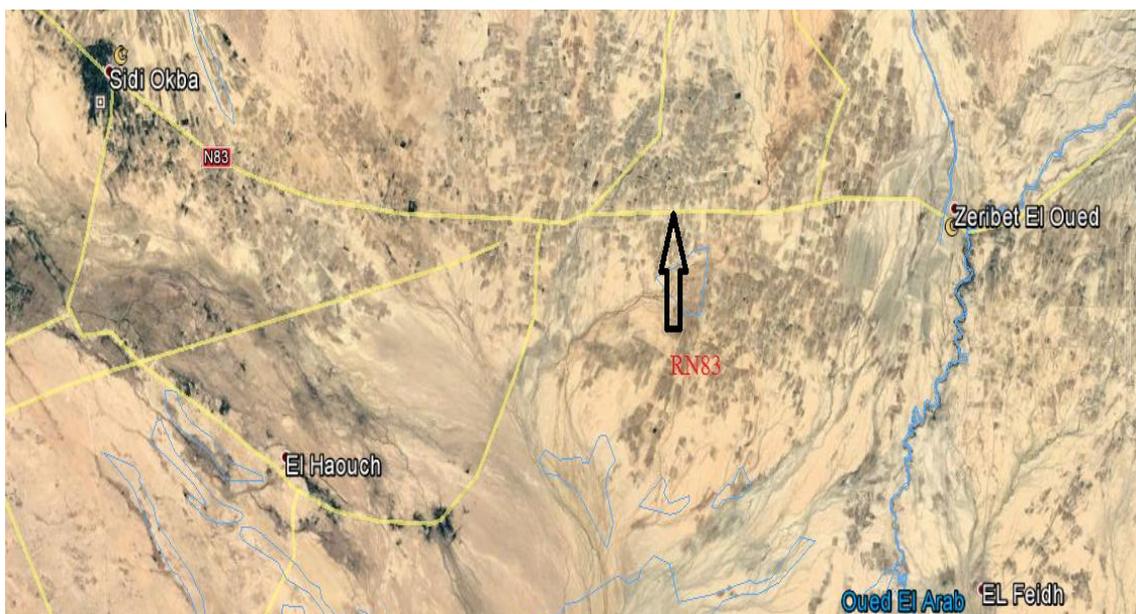


Photo. I.1 : Localisation de la route nationale 83

Notre projet concerne L'Etude de la liaison EL Haouche-EL Feidh dans la wilaya de Biskra du CW36A PK 41 jusqu'à CW2A PK 12

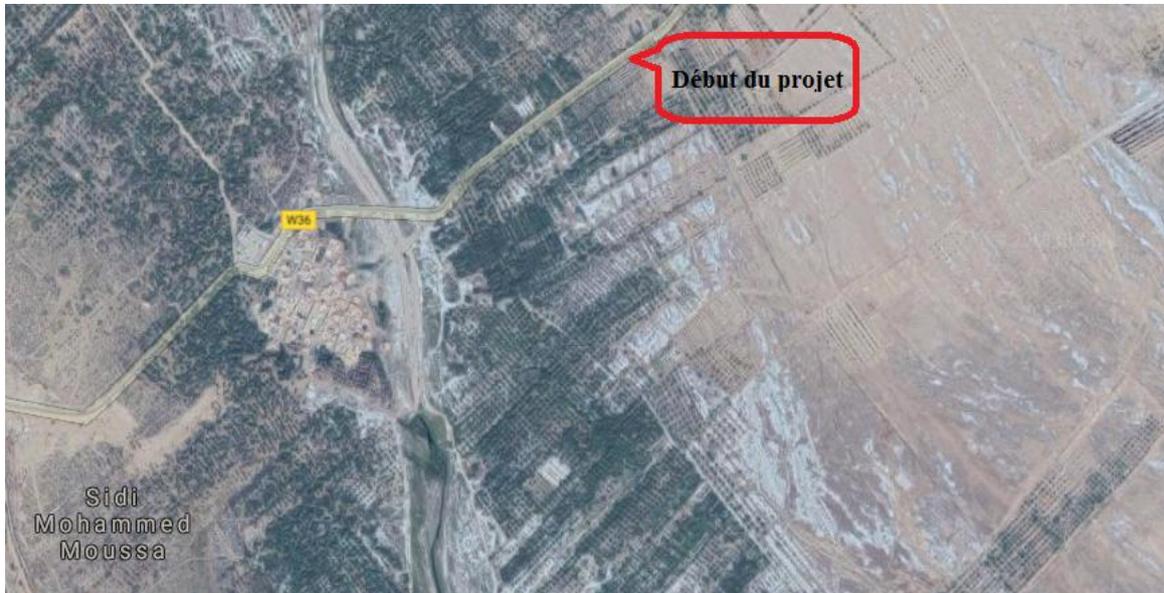


Photo. I.2 : Début du projet

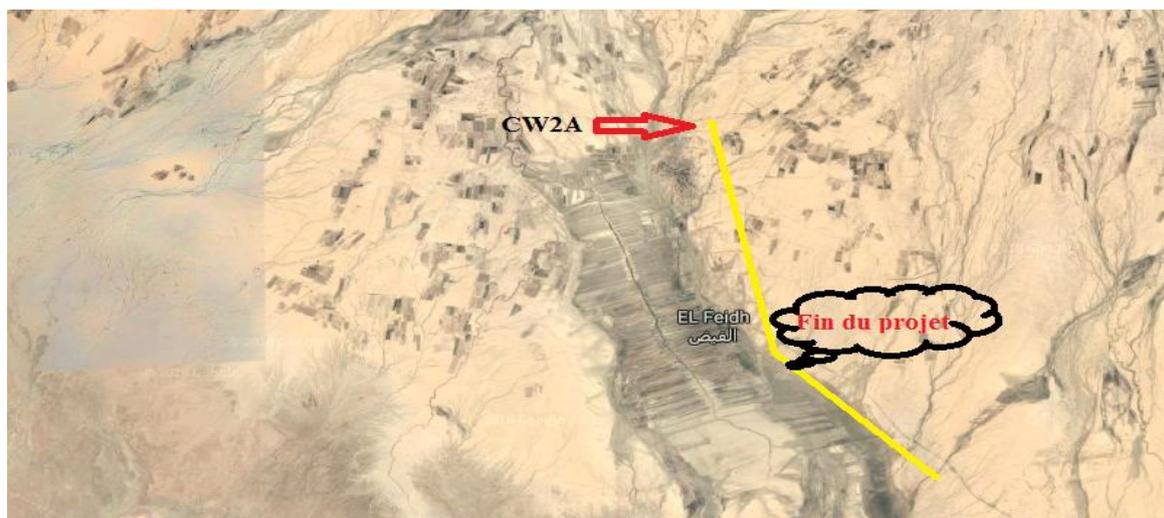


Photo. I.3 : Fin du projet

Le projet passe par des terrains apparemment inondables et non stables, est situé dans un terrain très plat (60% du tracé est situé à niveau inférieure au niveau de la mer un niveau compris entre -4 et -20 m). Le terrain naturel présente des remontées de sel visible à l'œil nue (trace blanchâtre)

Il est délimité par deux chemins de wilaya le CW2A et le CW36A les principaux oueds que le tracé devra franchir sont :

- Oued Arab
- Oued Abderrahmane
- Oued Haguef
- Oued Mziraa.

Tous ces oueds importants se jettent dans le bassin « chott melghigh ». Le tracé est situé à 4 km des limites de Chott Melghighe.

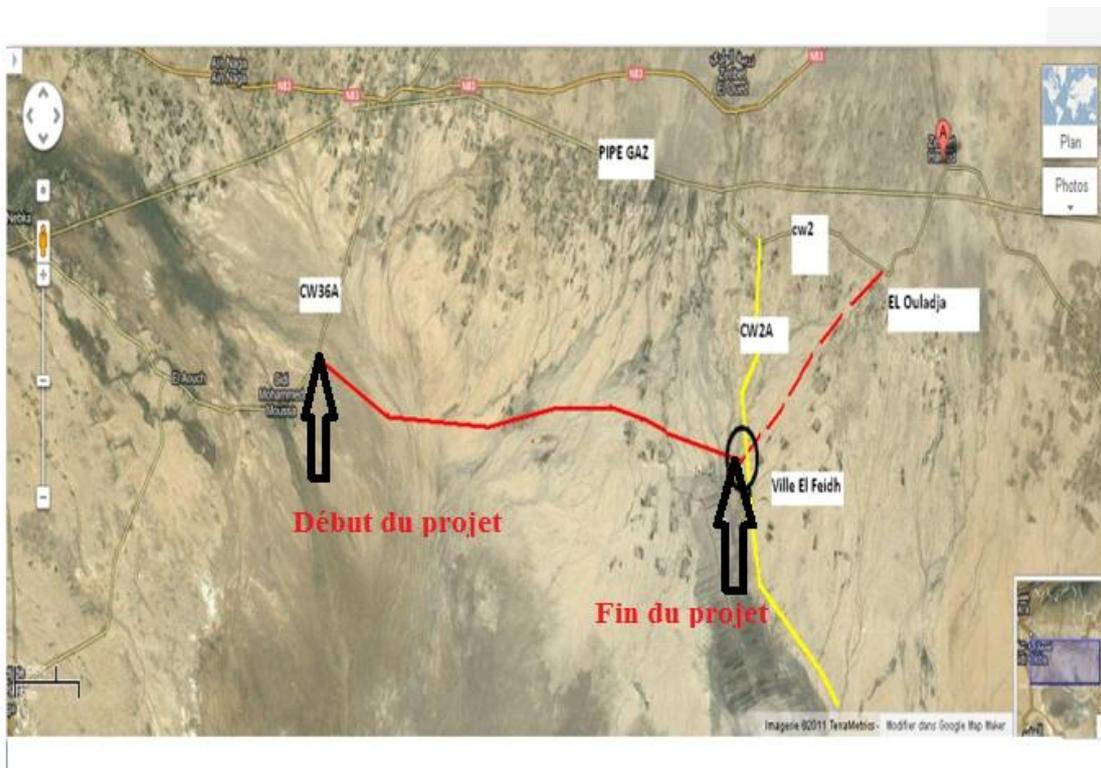


Photo. I.4 : Situation du projet

Cette section à étudier sur une longueur de **35km** et trafic journalier moyen estimé à l'ordre **1000 v /j**

- Le pourcentage du poids lourds est **35%**.
- La liaison peut être classée dans la catégorie 3(**C3**) : liaison entre chef lieu de wilaya
- Le projet concerné est implanté dans un site plat ce qui correspond à l'environnement **E1**
- la vitesse de base du projet est estimée à **100 Km/h**

I.2.1. Situaion actuelle

Actuellement il n'ya aucune circulation dans cette zone exceptée les riverains qui exploitent des parcelles agricoles.

I.3. Objectif de l'étude

Notre objectif de ce projet est :

- le désenclavement de plusieurs grands périmètres qui actuellement ne sont pas exploités à cause de l'absence de piste carrossable.
- L'idée recherchée est de réaliser une route dans une zone inondable en cherchant le chemin le plus court et le moins couteux.
- La réalisation de cette route pourra aider à un développement rural agricole et pastoral surtout que cette région englobera plusieurs communes et localités telles que : (El Haouche, Aïn Nagua , Zeribet El Oued ,NFidet Ergma et EL Feidh)
- Mettre en valeur les terrains existant

CHAPITRE II

**Etude du trafic
Et
Dimensionnement
Du corps de chaussée**



Etude de trafic

II. 1. Introduction

L'étude du trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un Pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue Parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

II.2. Effet du trafic

Le trafic intervient sous deux formes :

En tant que **Quantité** de véhicules (débit de véhicules passant par une route), cette donnée principale le permet de dimensionner géométriquement la route pour pouvoir contenir un débit enregistré (largeur de chaussée, type de revêtement, niveau de service)

En tant que **Charge** c'est la sollicitation qui permet de dimensionner la chaussée pour pouvoir supporter les charges générées par le trafic enregistré.

II .2.1. Agressivité du trafic

L'agressivité du trafic c'est l'effet négatif des charges sur la route et qui se traduit par des dégradations sur la couche de roulement et la faiblesse du corps de chaussée.

II .2.2.Pourcentage des poids lourds (%PL)

C'est la quantité de véhicules de catégorie poids lourds passant par un itinéraire d'étude par rapport à l'ensemble des véhicules de toute catégorie passant par ce même itinéraire

II .3. Définition de la capacité

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passé sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée.

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire

II .3.1. Trafic à un horizon donné

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le TJMA évolue d'une année à l'autre
 Suivant la formule :

$$TJMA_h = TJMA_0 (1+t)^n$$

Avec :

TJMA_h : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

t : taux d'accroissement du trafic (%).

II .3.2. Calcul de Trafic effectif

C'est le trafic traduit en unités des véhicules particuliers (**U.V.P**) en fonction de, type de route et de l'environnement; pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les **PL** en (**U.V.P**).

Le trafic effectif est donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1-z) + p.z] TJMA_h$$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route et l'environnement.

| <i>Routes</i> | <i>E₁</i> | <i>E₂</i> | <i>E₃</i> |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>2 voies</i> | 3 | 6 | 12 |
| <i>3 voies</i> | 2.5 | 5 | 10 |
| <i>4 voies et plus</i> | 2 | 4 | 8 |

Tableau II.1 : Coefficient d'équivalence « P ».

II.3.3. Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

$$Q = (1/n) \times T_{\text{eff}}$$

Avec:

Q: débit de pointe horaire.

n: nombre d'heure, (en général n=8heures).

T_{eff}: trafic effectif.

II .3.4. Débit horaire admissible

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Avec :

Valeur de K1 : La valeur de k1 est en fonction de l'environnement.

Valeur de K2 : La valeur de k2 est en fonction de l'environnement et de la catégorie de la route.

Valeur de C_{th}: dépend de la largeur de chaussée et le dégagement latéraux.

| Environnement | E ₁ | E ₂ | E ₃ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| K ₁ | 0.75 | 0.85 | 0.90à0.95 |

Tableau II.2 : Valeur de K1 en fonction de l'environnement

| | | Catégorie de la route | | | | |
|----------------|------|-----------------------|------|------|------|--|
| environnement | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| E ₁ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| E ₂ | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | |
| E ₃ | 0.91 | 0.95 | 0.97 | 0.96 | 0.96 | |

Tableau II.3 : Valeur de K2 en fonction de l'environnement et de la catégorie

| | Capacité théorique |
|----------------------------|--------------------|
| Route à 2 voies de 3,5 m | 1500 à 2000 uvp/h |
| Route à 3 voies de 3,5 m | 2400 à 3200 uvp/h |
| Route à chaussées séparées | 1500 à 1800 uvp/h |

Tableau II.4 : Valeur de la capacité théorique

II.3.5. Calcul du nombre de voies

- **Chaussée bidirectionnelle**

On compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir : $Q \leq Q_{adm}$

- **Chaussée unidirectionnelle**

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du « N » avec :

$$N = S Q / Q_{adm}$$

S : coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie.

II .4. Application au projet

❖ Remarque

Par manque d'une étude spécifique sur trafic vu que le tronçon est nouveau nous proposons deux variantes

➤ Les données du 1ère variante

- Le trafic à l'année 2018 $TJMA_{2018}$ (l'année de référence 2018) = **700 (v/j)**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $VB = 100$ (Km/h).
- Le pourcentage de poids lourds $PL = 20 \%$.
- L'année de mise en service sera en **2020**
- La durée de vie estimée est de **15 ans**.

II .4.1. Projection future de trafic

- Trafic de l'année mise en service (2020) :

$$\begin{aligned} TJMA (2020) &= (1+t)^2 \times TMJA (2018) \\ &= (1+0.04)^2 \times 700 \end{aligned}$$

$$TJMA (2020) = 757 \text{ V/J}$$

- Trafic à l'année horizon (2035) :

$$\begin{aligned} TJMA (2035) &= (1+t)^{15} \times TMJA (2020) \\ &= (1+0.04)^{15} \times 757 \end{aligned}$$

$$TJMA (2035) = 1363 \text{ V/J}$$

II .4.2. Calcul du trafic effectif

- Trafic effectif à l'année horizon :

$$\begin{aligned} T_{\text{eff}} &= ((1-Z) + PZ) \times TMJA (2035) \\ &= ((1-0.20) + 3 \times 0.20) \times 1363 \end{aligned}$$

$$T_{\text{eff}} = 1908 \text{ uvp/j}$$

II .4.3. Débit de pointe horaire normal

$$Q = 1/n \times T_{\text{eff}} \quad \text{avec } (1/n) = 0.12$$

Année horizon :

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff } 2035} = 0.12 \times 1908$$

$$Q = 229 \text{ uvp/h}$$

II .4.4. Debit admissible

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{\text{adm}} = K1.K2.C_{\text{th}}$$

Notre projet est situé en environnement E1 et classé en catégorie C3 donc on prend:

$$K1 = 0.75 \text{ pour (E1)}$$

$$K2 = 1 \text{ pour (E1, C3)}$$

Pour une route à 2 voies donc $C_{\text{th}}=1500$ à 2000 uvp/h on prend $C_{\text{th}} = 1800$ uvp/h

$$Q_{\text{adm}} = 0.75 \times 1 \times 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1350 \text{ uvp/h}$$

II .4.5. Le nombre des voies

$$Q_{\text{adm}} > Q \quad 1350 > 229 \quad \Rightarrow \text{ la route à 2 voies de } \mathbf{3.5 \text{ m}}$$

➤ Les données du 2ème variante :

- Le trafic à l'année 2018 $TJMA_{2018}$ (l'année de référence 2018) = 1000 (v/j)
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 5\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $VB = 100$ (Km/h).
- Le pourcentage de poids lourds $PL = 35\%$.
- L'année de mise en service sera en 2020
- La durée de vie estimée est de 15 ans.

II .4.6.Projection future de trafic

- Trafic de l'année mise en service (2020) :

$$TJMA (2020) = (1+t)^2 \times TMJA (2018) = (1+0.05)^2 \times 1000$$

$$TJMA (2020) = 1103 \text{ V/J}$$

- Trafic à l'année horizon (2035) :

$$TJMA (2035) = (1+t)^{15} \times TMJA (2020) = (1+0.05)^{15} \times 1103$$

$$TJMA (2035) = 2293 \text{ V/J}$$

II .4.7.Calcul du trafic effectif

- Trafic effectif à l'année horizon :

$$\begin{aligned} T_{\text{eff}} &= ((1-Z) + PZ) \times TMJA (2035) \\ &= ((1-0.35) + 3 \times 0.35) \times 2293 \end{aligned}$$

$$T_{\text{eff}} = 3898 \text{ uvp/j}$$

II .4.8.Débit de pointe horaire normal

$$\begin{aligned} Q &= 0.12 \times T_{\text{eff} 2035} \\ &= 0.12 \times 3898 \end{aligned}$$

$$Q = 468 \text{ uvp/h}$$

II .4.9.Débit admissible

$$Q_{\text{adm}} = 0.75 \times 1 \times 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1350 \text{ uvp/h}$$

II .4.10.Le nombre des voies

$Q_{adm} > Q$ $1350 > 468$ \Rightarrow la route à 2 voies de **3.5 m**

II .5. Conclusion

On propose une route à 2 voies de 3.5 m chacun comme suite :

Largeur de chaussée : 7.00 m

Accotements : 2×1.50 m

Plate forme : 10.00 m



Photo II.1 : Route à 2 voies de 3.5 m

Dimensionnement de chaussée

II.6. Introduction

Le dimensionnement d'une structure de chaussée routière consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

II. 7. La chaussée

II. 7.1. Définition

➤ **Au sens géométrique**

La surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

➤ **Au sens structurel**

L'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

II. 8. Méthodes pratiques et démarche de dimensionnement

II. 8.1. Méthode C.B.R (California -Bearing - Ratio)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci après :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P}) (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

Avec :

e: épaisseur équivalente

P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

I: indice CBR (sol support)

Log: logarithme décimal

N: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

Où : a_1 , a_2 , a_3 : sont des coefficients d'équivalence.

e_1 , e_2 , e_3 : épaisseurs réelles des couches.

➤ **L'épaisseur équivalente :**

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des différentes qualités mécaniques des couches de matériaux.

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence relatifs à chaque matériau :

| Matériaux utilisés | Coefficient d'équivalence |
|--|---------------------------|
| Béton bitumineux ou enrobe dense | 2,00 |
| Grave ciment – grave laitier | 1,50 |
| Sable ciment | 1,00 à 1,20 |
| Grave concasse ou gravier | 1,00 |
| Grave roulée – grave sableuse T.V.O | 0,75 |
| Sable | 0,50 |
| Grave bitume | 1,60 à 1,70 |
| Tuf | 0,70 à 0,80 |

Tableau II.5 : Les coefficients d'équivalence

II. 8.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(CTTP)

Le catalogue de dimensionnement des chaussées se présente sous forme de fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà pré-calculées.

II. 9. Application au projet

➤ 1ère variante

II. 9.1. Méthode CBR

- Donnée de l'étude :
 - Année de compactage : 2018
 - Mise en service : 2020
 - Durée de vie : 15 ans
 - Taux d'accroissement : $t = 4\%$
 - Pourcentage de poids lourds : $Z = 20\%$
 - $CBR = 3$

Trafic de l'année mise en service (2020) :

$$TJMA_{2020} = (1+0.04)^2 \times 700 = \mathbf{757 \text{ v/j}}$$

$$TPL = PL\% \times TJMA_{2020} = 0.20 \times 757 = 152 \text{ PL/j/sens.}$$

$$TPL = 152 \times 0.5 = \mathbf{76 \text{ PL/j /sens}}$$

$$N(\text{année horizon}) = 76 \times (1+0.04)^{15} = 137 \text{ PL /j/sens}$$

$$N(\text{PL}) = \mathbf{137 \text{ PL/j/sens}}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5 \left(75 + 50 \log \frac{137}{10} \right)}}{3+5} = \mathbf{54.51 \text{ cm}}$$

| Couches | Épaisseur réelle (cm) | Coefficient d'équivalence (ai) | Épaisseur équivalente (cm) |
|--------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| BB | 06 | 02 | 12 |
| GB | 12 | 1,5 | 18 |
| GNT | 25 | 1 | 25 |
| TOTAL | 43 | / | 55 |

Tableau II.6 : résultat de dimensionnement par la méthode CBR (1ère variante)

II. 9.2. Par la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

| <i>Réseau principal</i> | <i>Trafic (véhicules/jour)</i> |
|-------------------------|--------------------------------|
| RP1 | >1500 |
| RP2 | <1500 |

TJMA₂₀₂₀ = 757 (v/j) < 1500 (v/j)

Notre axe a un **TJMA < 1500 v/j** ce qui implique que le réseau principale est **RP2**

- **Classe du trafic :**

TJMA₂₀₂₀ = 757 v/j t = 4% Z = 20%

TPL = TJMA₂₀₂₀ × Z × 0.5 = 76 PL/j/sens.

- classe TPL_i pour RP2 :

| TPL_i | TPL₀ | TPL₁ | TPL₂ | TPL₃ |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| PL/j/sens | 0-50 | 50-100 | 100-150 | 150-300 |

Tableau II.7 : classe TPL_i pour RP2

TPL = 76 PL/j/sens. ⇒ La classe de trafic est TPL₁

- **Détermination de la portance de sol – support de chaussée :**

| portance (S_i) | CBR |
|---------------------------------|---------------|
| S4 | <5 |
| S3 | 5-10 |
| S2 | 10-25 |
| S1 | 25-40 |
| S0 | >40 |

Tableau II.8 : les classes de portance des sols

CBR=3 donc la classe de sol support et **S4**

- Classe de portances de sols supports pour le dimensionnement :

$$E(\text{MPa}) = 5 \times \text{CBR}$$

| Classes de sol-support | S ₃ | S ₂ | S ₁ | S ₀ |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Module (MPa) | 25-50 | 50-125 | 125-200 | >200 |

$$E(\text{MPa}) = 5 \times 3 = 15 \Rightarrow S_4$$

- ✓ Sur classement du support de **S4** à **S3** par l'utilisation d'une couche de forme en **TVO** épaisseur **35 cm**

- **Choix de dimensionnement :**

Notre projet a un **TJMA < 1500 v/j** ce qui implique le réseau principal est **RP2**, durée de vie de 15 ans, taux d'accroissement (**4%**), portance de sol et une classe de trafic (**TPL1**)

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (**fascicule3**) propose la structure suivante :

| TPL ₂₀₂₀ (PL/j/s) | TPL _i | S _i | Epaisseur convertie en cm + structure |
|------------------------------|------------------|----------------|---------------------------------------|
| 76 | 1 | S3 25 Mpa | ES + 20 GNT+ 45 GNT + 35 TVO |

| TPL _i PL/j/sens | S _i | S ₃ | S ₂ | S ₁ | S ₀ |
|-------------------------------|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| | | 25 MPa | 50 MPa | 125 MPa | 200 MPa |
| 300 | TPL3 | | ES 20 GNT 35 GNT | ES 20 GNT 15 GNT | ES 25 GNT |
| 150 | TPL2 | ES 20 GNT 50 GNT | ES 20 GNT 30 GNT | ES 20 GNT 15 GNT | ES 20 GNT |
| 100 | TPL1 | ES 20 GNT 45 GNT | ES 20 GNT 25 GNT | ES 15 GNT 15 GNT | ES 20 GNT |

Figure II.1: Choix de dimensionnement (1ère variante)

- **Calcul de déformation admissible sur le sol support :**

Coefficient d'agressivité : $RP_2 \implies GNT/GNT \implies A=0.6$

$$TCE_i = TPL_i \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times A$$

$$TCE_i = 76 \times \frac{(1+0.04)^{15} - 1}{0.04} \times 365 \times 0.6$$

$$TCE_i = 3.3 \times 10^5$$

$$\epsilon_{zadm} = 22 \times 10^{-3} \times TCE_i^{-0.235}$$

$$\epsilon_{zadm} = 1.11 \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_z < \epsilon_{zadm} \implies 667.0 \times 10^{-6} < 1.11 \times 10^{-3} \text{ condition vérifier}$$

➤ 2ème variante

II. 9.3.Méthode C.B.R

- **Donnée de l'étude :**
 - Année de compactage : 2018
 - Mise en service : 2020
 - Durée de vie : 15 ans
 - Taux d'accroissement : $t = 5\%$
 - Pourcentage de poids lourds : $Z = 35\%$
 - CBR=3

Trafic de l'année mise en service (2020) :

$$TJMA_{2020} = (1+0.05)^2 \times 1000 = 1103 \text{ v/j}$$

$$TPL = PL\% \times TJMA_{2020} = 0.35 \times 1103 = 386 \text{ pl/j/sens.}$$

$$TPL = 386 \times 0.5 = 193 \text{ PL/j /sens}$$

$$N \text{ (années horizon)} = 193 \times (1+0.05)^{15} = 401 \text{ PL /j/sens}$$

$$N \text{ (PL)} = 401 \text{ PL/j/sens}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5 \left(75 + 50 \log \frac{401}{10} \right)}}{3+5} = 61.94 \text{ cm}$$

| Couches | Épaisseur réelle (cm) | Coefficient d'équivalence (ai) | Épaisseur équivalente (cm) |
|--------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| BB | 08 | 02 | 16 |
| GB | 14 | 1,5 | 21 |
| GNT | 25 | 1 | 25 |
| TOTAL | 47 | / | 62 |

Tableau II.9: résultat de dimensionnement par la méthode CBR (2ème variante)



Figure II .2 : Epaisseur du corps de chaussée CBR. (2ème variante)

II. 9.4. La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées

neuves :

$$TJMA_{2020} = 1103 \text{ (v/j)} < 1500 \text{ (v/j)}$$

Notre axe a un TJMA < 1500 v/j ce qui implique que le réseau principale est **RP2**

- **Classe du trafic :**

$$TJMA_{2020} = 1103 \text{ v/j}$$

- t = 5% - Z= 35%
- TPL= TJMA₂₀₂₀ × Z × 0.5 = 193 PL/j/sens.

Classe TPL_i pour RP2 :

| TPL_i | TPL_0 | TPL_1 | TPL_2 | TPL_3 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| PL/j/sens | 0-50 | 50-100 | 100-150 | 150-300 |

$TPL = 193 \text{ PL/j/sens}$. \implies La classe de trafic est TPL_3

$CBR=3$ donc la classe de sol support est S_4

| Classes de sol-support | S_3 | S_2 | S_1 | S_0 |
|------------------------|-------|--------|---------|-------|
| Module (MPA) | 25-50 | 50-125 | 125-200 | >200 |

$E(MPA) = 5 \times 3 = 15 \implies S_4$

- ✓ Sur classement du support de S_4 à S_2 par l'utilisation d'une 2 couche de forme en **TVO** épaisseur **60 cm**

• **Choix de dimensionnement :**

Notre projet a un **TJMA < 1500 v/j** ce qui implique le réseau principal est **RP2**, durée de vie **de 15 ans**, taux d'accroissement (**5%**), portance de sol et une classe de trafic (**TPL3**)

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (**fascicule3**) propose la structure suivante :

| TPL_{2020} (PL/j/s) | TPL_i | S_i | Epaisseur convertie en cm + structure |
|-----------------------|---------|-----------|---------------------------------------|
| 193 | 3 | S2 25 Mpa | ES + 20 GNT+ 35 GNT + 60 TVO |

| TPLi PL/j/sens | Si | S3 | S2 | S1 | S0 |
|-------------------|-----|------------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| | | 25 MPa | 50 MPa | 125 MPa | 200 MPa |
| TPL3 | 300 | | ES 20 GNT 35 GNT | ES 20 GNT 15 GNT | ES 25 GNT |
| | 150 | | | | |
| TPL2 | 150 | ES 20 GNT 50 GNT | ES 20 GNT 30 GNT | ES 20 GNT 15 GNT | ES 20 GNT |
| | 100 | | | | |
| TPL1 | 100 | ES 20 GNT 45 GNT | ES 20 GNT 25 GNT | ES 15 GNT 15 GNT | ES 20 GNT |
| | 50 | | | | |

Figure II .3 : Choix de dimensionnement (2ème variante)

- Calcul de déformation admissible sur le sol support :

$$TCE_i = 193 \times \frac{(1+0.05)^{15}-1}{0.05} \times 365 \times 0.6$$

$$TCE_i = 9.12 \times 10^5 \quad \epsilon_{zadm} = 8.75 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_z < \epsilon_{zadm} \implies 520.9 \times 10^{-6} < 8.75 \times 10^{-4} \text{ Condition vérifier}$$

❖ Résultats de calcul par alize LCPC

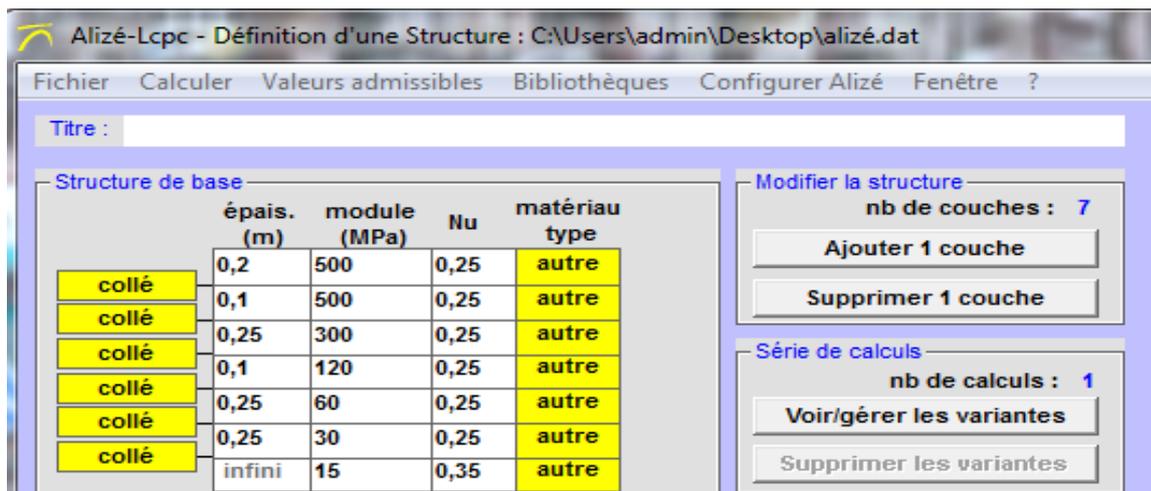


Figure II .4 : Résultats par alize LCPC

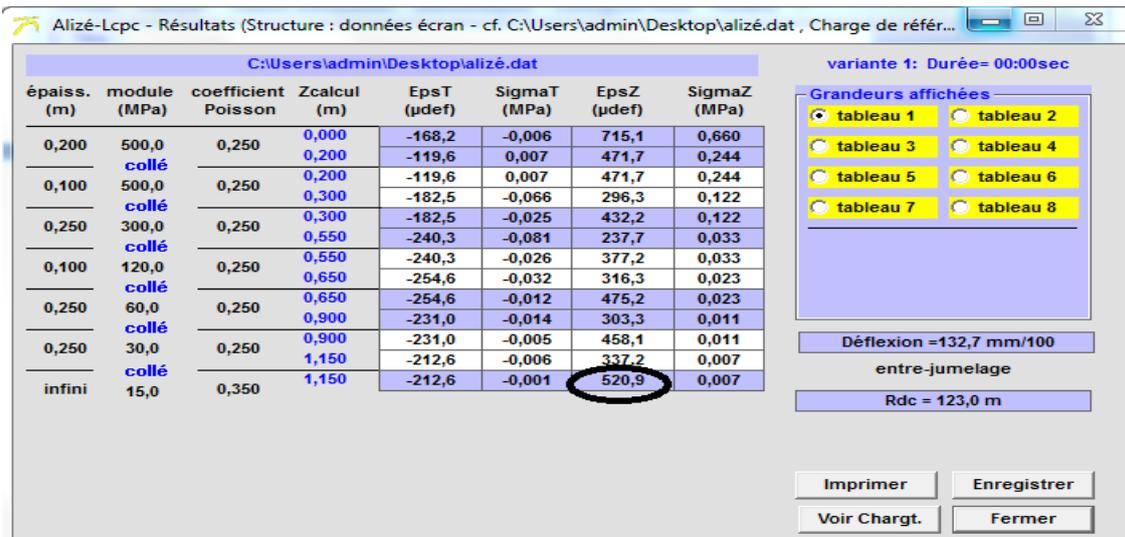


Figure II .5 : Résultats par alize LCPC

II. 10.Conclusion

D’ après les calculs et la vérification des déformations par ALIZE-LCPC on prendre la structure donnée par la méthode de catalogue algérien.

ES + 20 GNT+ 35 GNT + 60 TVO

CHAPITRE III

ENDUIT SUPERFICIEL



III. 1. Définition

L'enduit superficiel est une couche de roulement constituée par la superposition alternée d'une (ou plusieurs) couche (s) de liant hydrocarboné et d'une (ou plusieurs) couche (s) de gravillons.

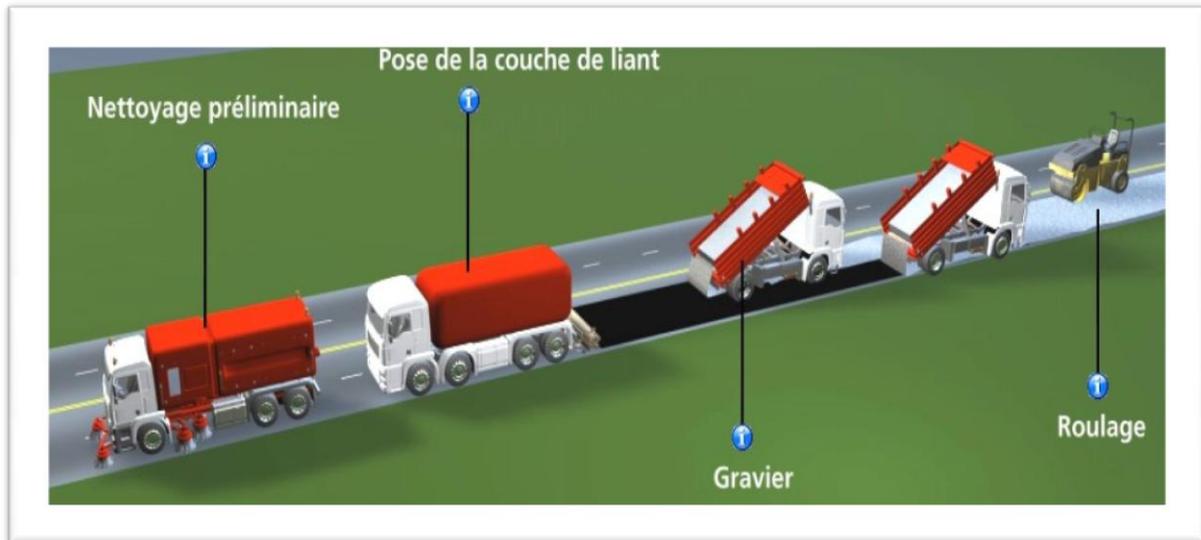


Figure III.1 : Mise en place du L'enduit superficiel.

III. 2 .Rôle

- L'enduit correctement réalisé assure une bonne imperméabilité superficielle.
- Evite la pénétration de l'eau de ruissellement dans les assises de chaussées et leur décohésion
- Assurer un entretien correct sur une grande partie du réseau routier.
- Il apporte une solution très satisfaisante aux problèmes de glissance car sa rugosité géométrique est exceptionnelle

L'enduit doit solutionner un certain nombre de problèmes.

- - La sécurité : redonner à la chaussée une rugosité acceptable
- - l'Etanchéité : Protection de la chaussée de l'infiltration des eaux
- - Assurer la continuité de la chaussée dans le temps (entretien préventif).

III. 3. Les constituants

III. 3.1 Les granulats

Le granulat est naturellement une des composantes essentielles des enduits superficiels, d'une part, parce qu'il représente 90% au moins de l'enduit et d'autre part, parce qu'il conditionne sa réussite, sa durabilité et sa qualité.

- **Le choix de la granularité sera fonction :**
 - de la structure choisie : simple couche de gravillons ou double couche de gravillons
 - des objectifs visés : adhérence, étanchéité, bruit de roulement

On utilise les classes granulaires d/D suivantes : 2/4 - 4/6 - 6/10 - 10/14.

Les petites granularités seront plus favorables à la diminution du bruit de roulement et à une meilleure adhérence à faible vitesse

Les grosses granularités apporteront une meilleure drainabilité.

III. 3.2 Les liants hydrocarbonés

Les produits de base utilisés pour la fabrication des liants pour enduits superficiels, sont soit des bitumes soit des goudrons.

III. 3.2.1. Les liants chauds classiques

- Les bitumes fluidifiés : ils sont fabriqués à partir de bitume avec ajout de solvant léger type Kérosène. Ces liants ont une adhésivité médiocre qui nécessite un dopage.
- Les bitumes fluxés : Ils sont fabriqués à partir de bitume avec ajout d'huile provenant de la distillation du goudron de houille ou de pétrole. L'adhésivité est meilleure mais un dopage dans la masse est recommandé.
- Les bitumes goudrons : Ils sont fabriqués à partir de bitume avec ajout de goudron (60/40) qui améliore l'adhésivité.

III. 3.2.2 .Les émulsions

Les émulsions de bitume sont constituées par de fines gouttelettes de bitume (quelques microns de diamètre)

L'adhésivité est favorisée par le bon mouillage du gravillon que doit procurer l'émulsion. Les émulsions peuvent être utilisées sur un support légèrement humide.

L'émulsion à 69 % est la plus utilisée en réalisation d'enduits durant la période de mai à octobre.

III. 3.2.3 .les liants modifiés

Plus récents sur le marché, ils présentent de grandes qualités de cohésion, d'adhésivité, d'élasticité et de tenue aux températures extrêmes.

- **Choix du liant suivant trafic et saison d'emploi**

Les liants pour enduits sont caractérisés entre autres par leur viscosité. La viscosité du liant doit tenir compte de la période de mise en œuvre et du trafic :

- plus le trafic ne sera important
- plus la température sera élevée
- plus l'altitude ne sera basse
- plus le liant ne devra être visqueux

Quel que soit le liant utilisé, la période estivale est toujours la plus favorable à l'exécution des enduits.

✓ Le choix de la structure d'un enduit superficiel est essentiellement fonction:

- Du Trafic
- Du Support
- De l'Environnement
- Du Climat du site
- De la Fonction recherchée: Rugosité, Étanchéité

III. 4. Les types d'Enduits Superficiels

➤ Le Monocouche Simple Gravillonnage(MSG)

- Composée d'une couche de liant suivie d'une couche de gravillons, est la plus couramment utilisée sur les réseaux de faible et moyen trafic.
- Réalisé plus couramment en petites granularités 4/6-6/10 et 10/14.
- Nécessite un support homogène.



Figure III.2 : Structure monocouche simple gravillonnage

➤ Le Bicouche

- Composée d'une couche de liant puis d'une couche de gravillons (gros) suivie par une couche de liant puis une couche de gravillons (petits), est utilisée sur les supports hétérogènes peu étanches
- Bien adapté en régions humides et froides
- Bien évaluer les dosages en liant (surtout anhydres), pour éviter les ressuyages.
- Utilisé les granulaires 6/10 et 10/14.ou 4/6 et 10 /14



Figure III.3 : Structure bicouche

➤ Le Monocouche Double Gravillonnage(MDG)

- Composée d'une couche de liant suivie de deux couches de gravillons, est utilisée sur tous types de réseaux
- Compromis intéressant entre le monocouche simple gravillonnage et le bicouche.
- Utilisé les granulaires 4/6 et 10/14.
- Bien adapté aux trafics intenses, rapides et lourds, dans la mesure où il est appliqué sur un support « dur » et « homogène ».
- Permet une bonne drainabilité superficielle.



Figure III.4 : Structure Monocouche Double Gravillonnage

➤ le Monocouche prégravillonnée (MPG)

- Composée d'une couche de gravillon (gros) suivie par une couche de liant puis d'une couche de gravillons (plus petits), est utilisée sur les supports hétérogènes et ressuyants.
- Peut s'envisager sur presque tous trafics
- Utilisation sur supports perméables et poreux à déconseiller.

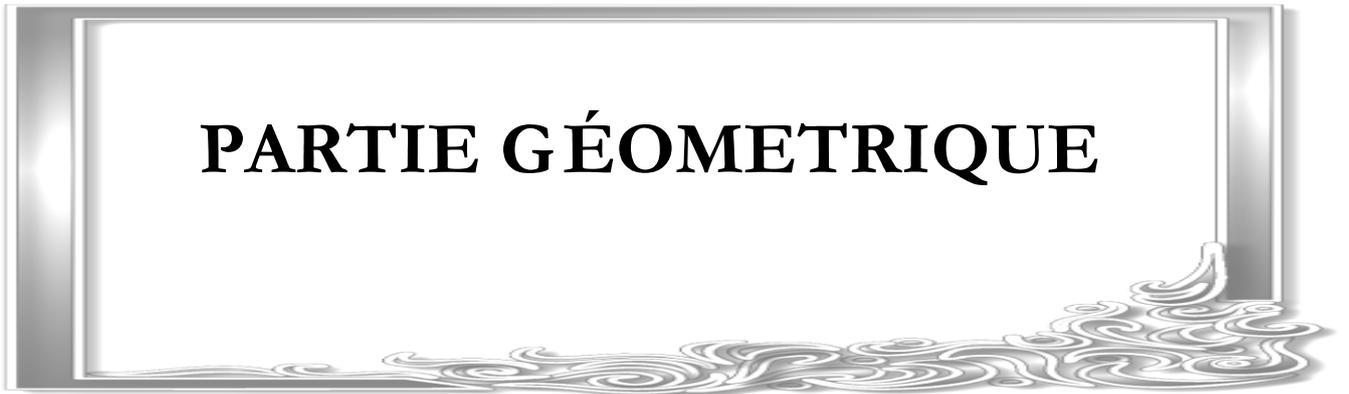


Figure III.5 : Structure Monocouche prégravillonnée

III. 5. Conclusion

L'utilisation d'un revêtement superficiel (structure bicouche) dans la route de notre projet était la bonne solution pour éviter les déformations de la chaussée. Donc le revêtement superficiel absorbe mieux les déformations que le béton bitumineux

PARTIE GÉOMETRIQUE



CHAPITRE IV

TRACE EN PLAN



IV .1.Définition

Le tracé en plan est la projection de la route sur un plan horizontal il est constitué de :

- Lignes droites de longueur limitée en fonction de la vitesse de référence.
- Courbes de raccordements à rayons de courbure variable.
- Arcs de cercles à rayon de courbures constants.

Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer de bonne sécurité et de confort.

IV .2.Règles à respecter dans le tracé en plan

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- Eviter au maximum les propriétés privées
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.



Figure IV.1 : Tracé en plan

IV .3. Les éléments du tracé en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué des alignements, Des courbes de raccordement progressives et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

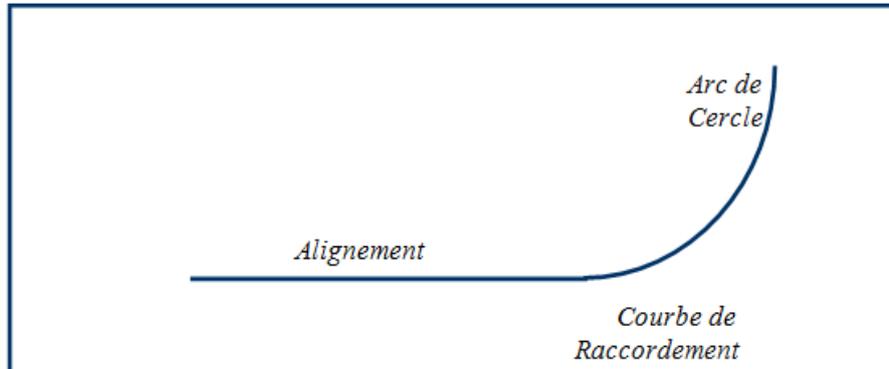


Figure IV.2 : les éléments du tracé en plan

IV .3.1. Les alignements

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{\min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par la plus grand rayon des deux arcs de cercles.

$$L_{\min} = 5V$$

avec V en (m/s)

La longueur maximale L_{\max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{\max} = 60V$$

avec V en (m/s)

IV .3.2. Arc de cercle

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- ✓ La stabilité des véhicules.
- ✓ L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- ✓ La visibilité dans les tranchées en courbe

IV .3.2.1. Stabilité en courbe

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire de cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules en temps plusieurs, en fait de fortes inclinaisons d'ou are cours augmenter le rayon.

Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

Pour notre projet (**liaison El Haouch -El Feidh**) situé dans un environnement (**E1**), et classé en catégorie 3 (**C3**) avec une vitesse de base de **100km/h**, le règlement B40 préconise les rayons suivant : (voir le tableau)

| paramètres | symboles | valeurs |
|--|------------|---------|
| Vitesse (km/h) | V | 100 |
| Rayon horizontal minimal (m) | RHm (8%) | 375 |
| Rayon horizontal normal (m) | RHN (6%) | 600 |
| Rayon horizontal déversé (m) | RHd (3%) | 1300 |
| Rayon horizontal non déversé(m) | RHnd (-3%) | 2000 |

Tableau IV.1: rayons du tracé en plan

Remarque

On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé

IV .3.3. Les courbes de raccordement

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du dévers et la condition du confort et de sécurité.

IV .3.3.1. Rôle et nécessité des courbes de raccordement

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

-Il ya beaucoup des courbes de raccordement mathématique pour assurer ce confort mais la Clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets routiers.

IV .3.3.2. La Clothoïde

La clothoïde est une courbe utilisée sur les routes pour raccorder une droite à un cercle. Cette courbe est plus connue sous la dénomination "Spirale de Cornu"

La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

- **Expression de la Clothoïde**

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc)

$$A = \sqrt{RL}$$

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant

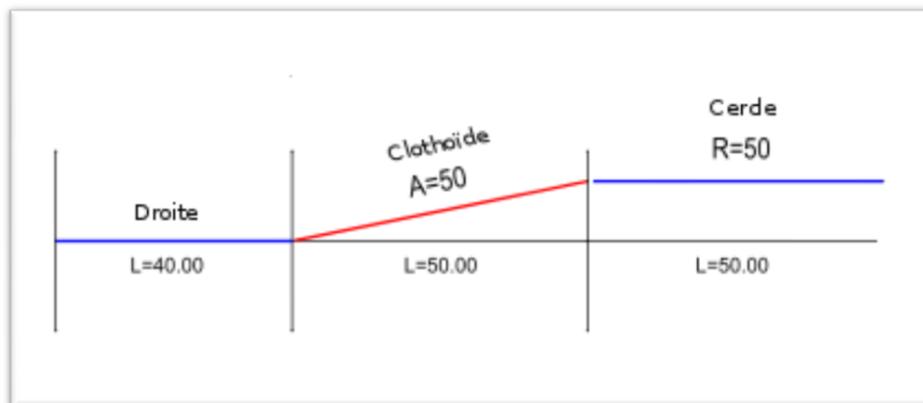


Figure IV.3 : Raccordement par la Clothoïde

IV .3.3.3. Condition de gauchissement et confort dynamique

a/Condition de confort dynamique

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours Δt du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$$L = \frac{V_B^2}{18} \left(\frac{V_B^2}{127 \times R} - \Delta d \right)$$

V_B : vitesse de base (km/h)

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

b/Condition de gauchissement

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers, elle s'applique par rapport à son axe.

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_B$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

IV .4. Tableau description du tracé en plan proposé

| Point kilométrique | Paramètres |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Pk0 - PK0+813.36m | Alignement droit1 sur 813.36 m |
| PK0+813.36m – PK0+880.36m | Clothoïde1 A= 216.564 sur 67 m |
| PK0+880.36- PK0+942.682m | Arc1 R= 700 m sur 62.322 m |
| PK0+942.682m- PK1+009.682m | Clothoïde2 A= -216.564 sur 67 m |
| PK1+009.682m-PK1+435.887m | Alignement droit2 sur 426.205 m |
| PK1+435.887m PK1+502.887m | Clothoïde3 A= -183.030 sur 67 m |
| PK1+502.887m- PK1+569.846m | Arc2 R= -500 m sur 66.959 m |
| PK1+569.846m- PK1+636.846m | Clothoïde4 A= +183.030 sur 67 m |
| PK1+636.846m-PK2+167.009m | Alignement droit3 sur 530.163 m |
| PK2+167.009m- PK2+232.923m | Clothoïde5 A= -162.374 sur 65.914 m |

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| PK2+232.923m- PK2+262.618m | Arc3 R= -400 m sur 29.695m |
| PK2+262.618m- PK2+328.531m | Clothoïde6 A=162.374 sur 65.914 m |
| PK2+328.531m- PK2+676.559m | Alignement droit 4 sur 348.027m |
| PK2+676.559m- PK2+743.559m | Clothoïde7 A=200.499 sur 67m |
| PK2+743.559m- PK2+873.556m | Arc4 R= 600 m sur 129.997m |
| PK2+873.556m- PK2+940.556m | Clothoïde8 A=-200.499 sur 67m |
| PK2+940.556m- PK3+492.904m | Alignement droit 5 sur 552.348m |
| PK3+492.904m- PK3+558.818m | Clothoïde9 A=162.374 sur 65.914m |
| PK3+558.818m- PK3+582.967m | Arc5 R= 400 m sur 24.149m |
| PK3+582.967m- PK3+648.880m | Clothoïde10 A= -162.374 sur 65.914m |
| PK3+648.880m- PK4+740.919m | Alignement droit 6 sur 1092.039m |
| PK4+740.919m- PK4+806.833m | Clothoïde11 A= 162.374 sur 65.914m |
| PK4+806.833m- PK4+867.569m | Arc6 R= 400 m sur 60.736m |
| PK4+867.569m- PK4+933.483m | Clothoïde12 A= -162.374 sur 65.914m |
| PK4+933.483m- PK7+070.604m | Alignement droit 7 sur 2137.121m |
| PK7+070.604m- PK8+165.934m | Alignement droit 8 sur 1095.331m |
| PK8+165.934m- PK10+166.761m | Alignement droit 9 sur 2000.827m |
| PK10+166.761m- PK10+233.761m | Clothoïde13 A= 183.030 sur 67m |
| PK10+233.761m- PK10+317.922m | Arc7 R= 500 m sur 84.161m |
| PK10+317.922m- PK10+384.922m | Clothoïde14 A= -183.030 sur 67m |
| PK10+384.922m- PK10+900.447m | Alignement droit10 sur 515.525m |
| PK10+900.447m- PK13+945.575m | Alignement droit11 sur 3045.128m |
| PK13+945.575m- PK14+012.575m | Clothoïde15 A= -183.030 sur 67m |
| PK14+012.575m- PK14+164.657m | Arc8 R= -500 m sur 152.082m |
| PK14+164.657m- PK14+231.657m | Clothoïde16 A= 183.030 sur 67m |
| PK14+231.657m- PK16+400.083m | Alignement droit12 sur 2168.426m |
| PK16+400.083m- PK17+871.857m | Alignement droit13 sur 1471.775m |
| PK17+871.857m- PK19+532.748m | Alignement droit14 sur 1660.891m |
| PK19+532.748m- PK19+598.662m | Clothoïde17 A= -162.374 sur 65.914m |
| PK19+598.662m- PK19+651.666m | Arc9 R= -400 m sur 53.005m |
| PK19+651.666m- PK19+717.580m | Clothoïde18 A= 162.374 sur 65.914m |

| | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| PK19+717.580m- PK20+644.803m | Alignement droit15 sur 927.223m |
| PK20+644.803m- PK21+888.957m | Alignement droit16 sur 1244.154m |
| PK21+888.957m- PK21+955.957m | Clothoïde19 A= 200.499 sur 67m |
| PK21+955.957m- PK22+036.114m | Arc10 R= 600 m sur 80.157m |
| PK22+036.114m- PK22+03.114m | Clothoïde20 A=- 200.499 sur 67m |
| PK22+03.114m- PK23+181.671m | Alignement droit17 sur 1078.557m |
| PK23+181.671m- PK24+410.070m | Alignement droit18sur 1228.399m |
| PK24+410.070m- PK25+322.371m | Alignement droit19 sur 912.302m |
| PK25+322.371m- PK26+003.788m | Alignement droit20 sur 681.417m |
| PK26+003.788m- PK26+070.788m | Clothoïde21 A=183.030 sur 67m |
| PK26+070.788m- PK26+152.725m | Arc11 R= 500 m sur 81.937m |
| PK26+152.725m- PK26+219.725m | Clothoïde22 A= -183.030 sur 67m |
| PK26+219.725m- PK27+518.640m | Alignement droit21 sur 1298.915m |
| PK27+518.640m- PK28+315.612m | Alignement droit22 sur 796.972m |
| PK28+315.612m- PK28+382.612m | Clothoïde23 A= -216.564 sur 67m |
| PK28+382.612m- PK28+810.990m | Arc12 R= -700 m sur 428.378m |
| PK28+810.990m- PK28+877.990m | Clothoïde24 A= 216.564 sur 67m |
| PK28+877.990m- PK30+800.788m | Alignement droit23 sur 1922.798m |
| PK30+800.788m- PK31+909.285m | Alignement droit24 sur 1108.497m |
| PK31+909.285m- PK31+976.285m | Clothoïde25 A= 216.564 sur 67m |
| PK31+976.285m- PK32+016.815m | Arc13 R= 700 m sur 40.530m |
| PK32+083.815m- PK32+513.097m | Alignement droit25 sur 429.282m |
| PK32+513.097m- PK32+580.097m | Clothoïde27 A= -216.564 sur 67m |
| PK32+580.097m- PK32+585.938m | Arc14 R= -700 m sur 5.841m |
| PK32+585.938m- PK32+652.938m | Clothoïde28 A= 216.564 sur 67m |
| PK32+652.938m- PK33+305.750m | Alignement droit26 sur 652.812m |
| PK33+305.750m- PK34+040.093m | Alignement droit27 sur 734.343m |
| PK34+040.093m- PK34+760.028m | Alignement droit28 sur 719.935m |

CHAPITRE V

PROFIL EN LONG



V .1. Définition

Le profil en long est une représentation plane de la surface du terrain naturel suivant un plan vertical contenant l'axe du tracé.

Le profil en long est l'un des facteurs principaux qui interviennent dans l'économie de déclivité maximale et autres caractéristiques techniques, il conditionne le degré ainsi que le volume de terrassement aussi bien que le cout de réalisation de la construction.

V .2. Les éléments de composition du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet. etc....

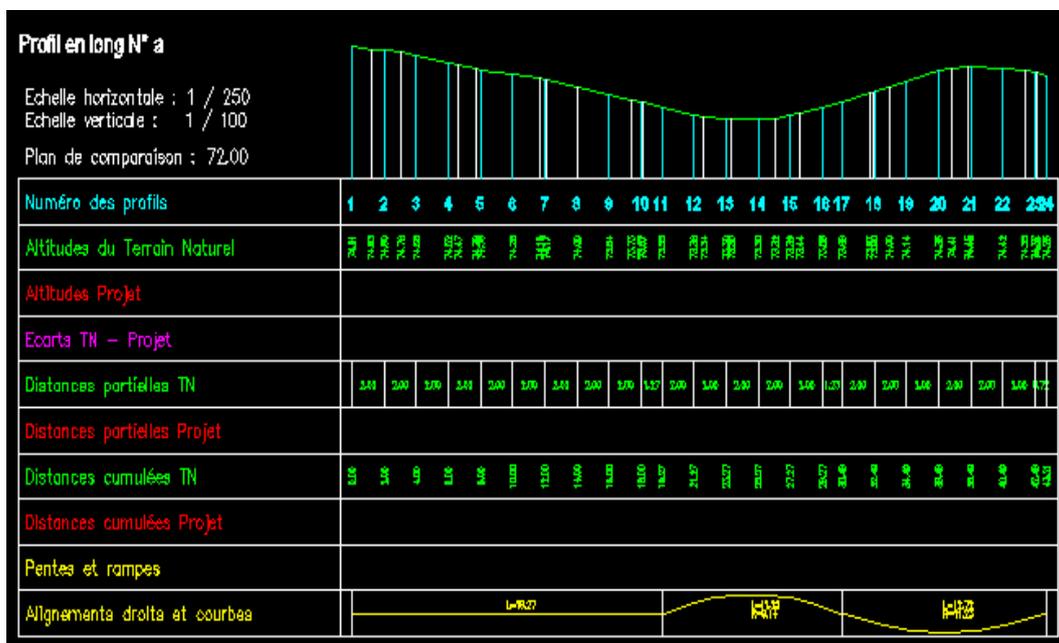


Figure V.1 : exemple d'un profil en long

- Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements circulaires

V .3. Raccordements circulaires

V .3.1 Angles saillants

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

a. Condition de confort

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « g/40(cat 1-2), le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à : $\frac{V_r^2}{RV} > \frac{g}{40}$

avec : $g=10\text{m/s}^2$ et $V = V/3.6$

$$R_{V \min} = \begin{cases} 0,3 V_r^2 & \text{pour cat 1 - 2} \\ 0,23 V_r^2 & \text{pour cat 3 - 4 - 5} \end{cases}$$

Tel que :

R_V : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (Km/h).

b. Condition de visibilité

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

D : distance de visibilité nécessaire (m). **H₁** : hauteur de l'obstacle (m)

H₀: hauteur de l'œil au dessus de la chaussée = 1.10m

V .3.2 Angles rentrants

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

Cette condition s'exprime par la relation :

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

d₁ : distance d'arrêt

R_v' : rayon minimum du cercle de raccordement.

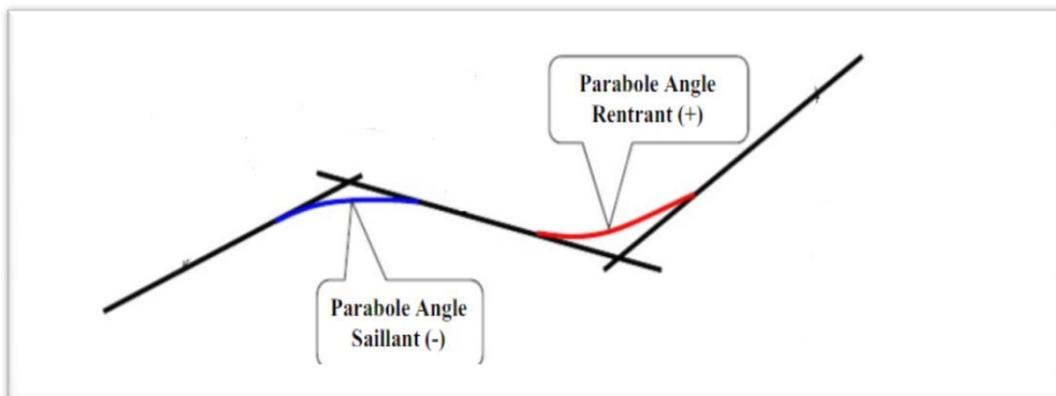


Figure V.2 : Raccordement concave et convexe

V .4. Caractéristiques des rayons en long

Pour le cas de notre liaison, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivants (selon le B40) :

| <i>Catégorie</i> | | <i>C₃</i> |
|-----------------------------------|---|----------------------|
| <i>environnement</i> | | <i>E₁</i> |
| <i>Vitesses de base (Km/h)</i> | | <i>100</i> |
| <i>Rayon en angle saillant RV</i> | <i>Route Bidirectionnelle : (2 voies)</i> | |
| | <i>R_{Vm1} (minimal absolu) en m</i> | <i>8000</i> |
| | <i>R_{Vn1} (minimal normal) en m</i> | <i>16000</i> |
| <i>Rayon en angle rentrant RV</i> | <i>Route Bidirectionnelle :(2 voies)</i> | |
| | <i>R'_{Vm1} (minimal absolu) en m</i> | <i>2100</i> |
| | <i>R'_{Vn1} (minimal normal) en m</i> | <i>3500</i> |
| <i>Déclivité maximale</i> | <i>I_{max}(%)</i> | <i>5</i> |

Tableau V.1 : Rayons en long.

V .5. Déclivités

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

V .5.1. Déclivité minimum

Les tronçons de route absolument horizontaux, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 0.5%, de préférence inférieures à 1% pour éviter la stagnation des eaux

V .5.2. Déclivité maximum

Il est recommandable d'éviter la déclivité maximum qui dépend de :

- Condition d'adhérence.
- Vitesse maximum de poids lourd.
- Condition économique.

V .6. Conclusion

Dans notre projet le profil en long pose le problème technique de pente ou rampe à projeter pour permettre un écoulement des eaux pluvial parfait à cause du relief très plat du terrain naturel .

CHAPITRE VI

PROFIL EN TRAVERS



V I.1. Définition

Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée permettant de calculer les paramètres suivants :

- la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- l'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé «**profil en travers type** » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...)

V I .2. Eléments constitutif

Le profil en travers contient les éléments Comme le montre la figure ci-dessous :

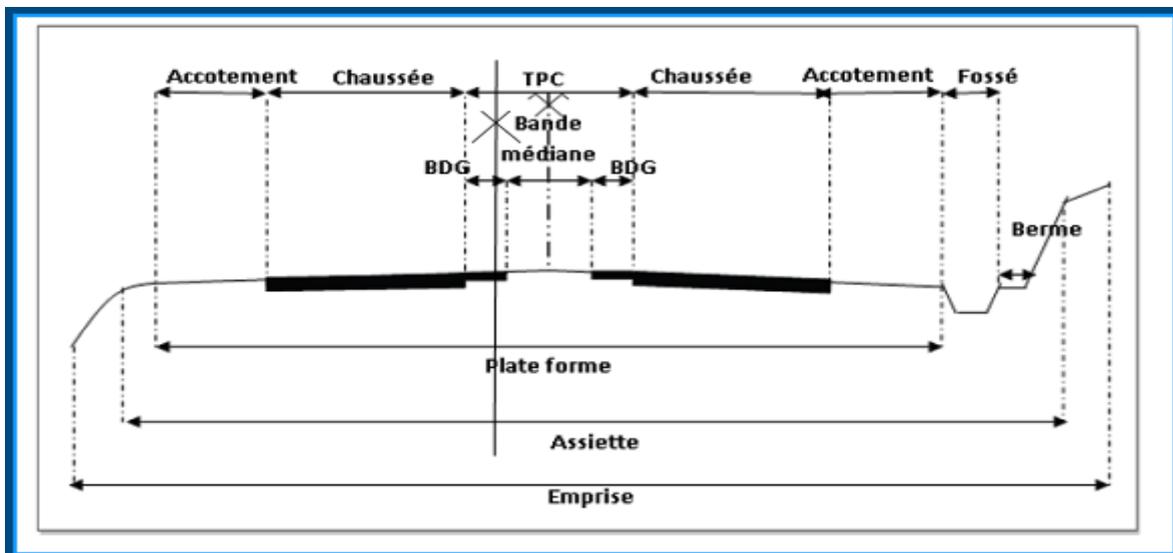


Figure V I.1 : Les éléments du profil en travers.

❖ **Plate- forme**

C'est la partie de la route effectuée à l'usage public, comprenant la chaussée les accotements et éventuellement le terre plein central.

❖ **Assiette**

Qui comprend la plate- forme, les talus et les fossés.

❖ **Emprise**

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, exutoires... etc) elle est limitée par le domaine public.

❖ **Accotement**

Partie latérale de la plate-forme bordant une chaussée.

❖ **T.P.C**

Le terre-plein central est une bande séparant deux chaussées situées sur une même plate-forme. Il est composé d'une bande médiane et deux BDG.

❖ **Bande dérasée**

Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non et dégagée de tout obstacle, elle comporte le marquage en rive.

❖ **Bande médiane**

Partie non roulable du terre-plein central comprise entre les deux bandes dérasées de gauche.

❖ **Berne**

Partie latérale non roulable de l'accotement, bordant une B.A.U

❖ **Les fosses**

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de route et talus et les eaux de pluie

V I.3. Différent type de profils en travers

V I.3.1- profil en travers type

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

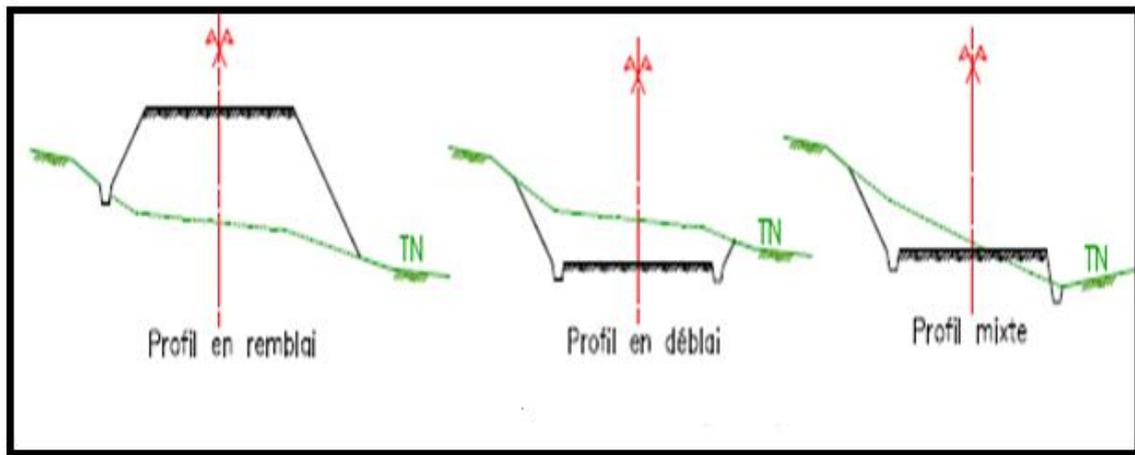


Figure V I.2 : différents types de profil en travers

- ✓ Dans notre projet on a le profil en remblai

V I.3.2- profil en travers courants

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

V I.4. Application au projet

D’après l’étude du trafic, le profil en travers type retenu pour notre projet sera composé d’une chaussée Bidirectionnelle (2 voies)

Les éléments du profil en travers sont comme suit :

- Largeur de la chaussée..... (2 x 3.5) = 7m devers 2.5%
- Accotement..... (2x 1.5) = 3.0 m devers 3%
- Plate forme10.00 m.

PARTIE GÉOTECHNIQUE



CHAPITRE VII

PROPRIÉTÉ DE SOL



VII .1. Objectifs de l'étude géotechnique

L'étude géotechnique relative à L'Etude de la liaison EL Haouche-EL Feidh a pour objet ce qui suit :

- ✓ Reconnaissance du sol de fondation de la route
- ✓ Dimensionnement du corps de chaussée
- ✓ Reconnaissance sur les gites d'emprunt

Le projet passe par des terrains apparemment inondables et non stables où Il est indispensable de connaître les caractéristiques géotechniques de ces sols. Des traces de sel ont été observées sur certaines sections. Pour cela des sondages carottés ont été prévus.

Pour ce faire, le programme géotechnique suivant est proposé par le bureau d'étude

VII .2. Les Essais

VII .2.1. Essais in situ

- Trois (03) puits de reconnaissance
- Deux prélèvements par tarière
- Deux recherches de gites à matériaux (MZIRAA+CHEGGA)

VII .2.2. Essais au laboratoire

- Essais d'identification
- Analyse granulométrique
- Limites d'atterberg
- Proctor Normal et Modifié
- CBR immédiat
- CBR à 4J d'imbibition

VII .3. Propriété de sol

Pour caractériser un sol, il faut déterminer les paramètres de nature et les paramètres d'état.

VII .3.1. Les paramètres de nature

Indiquent les caractéristiques intrinsèques du sol. Ils ne varient pas au cours du temps (poids volumique des grains solides, granularité, argilosité, limites d'Atterberg, teneur en matières organiques,...).

VII .3.2 Les paramètres d'état

Sont fonction de l'état du sol et caractérisent le comportement du sol sous l'effet d'un chargement donné (teneur en eau, indice des vides, porosité, Equivalent de sable,...).

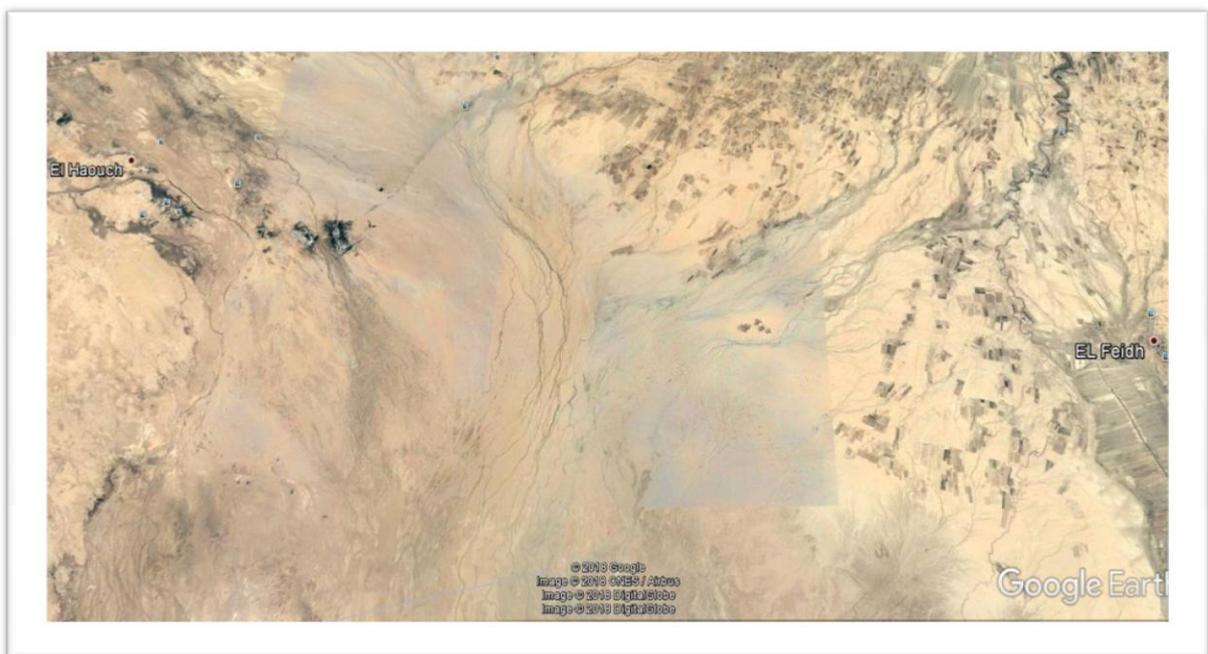


Photo. VII .1 : le terrain de notre projet

A partir la description lithologique du sol et les courbes granulométries on distingue pratiquement un seul type de sol : tuf marneux et limon sableux de la classe A ce sont des sols très fin avec D max compris ente 1 et 1.2 mm, les analyses chimiques montrent bien la présence de sulfates.

Le tableau ci-après représente une moyenne des valeurs des résultats d'essai sur les 06 puits

| Sol | GTR | γ_d | γ_h | Ψ, Sr | D_{max} | $<80\mu$ | Sulfat. | Carbo | W_L | I_p | CBR |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------|-------------|------------|------------|-------------|----------------|-----------|
| Tuf Sableux à Argileux | A ₁ et A ₂ | 1.4 à 1.6 | 1.5 à 1.7 | 12 et 50 | 0.4 à 1.0 mm | 85 à 90% | 27 à 62 | 30 à 60 | 30 à 40% | 7 à 12 % | 3 à 10 |

Tableau VII. 1: Les caractéristiques de sol

- γ_d : poids volumique de sol sec (kN/m^3)
- I_p : indice de plasticité
- γ_h : poids volumique humide (kN/m^3)
- W_L : la limite de liquidité
- D_{max} : c'est la dimension maximale des plus gros éléments contenus dans le sol.
- Teneur en Carbonate en %
- Le CBR varie entre 3 et 4 la valeur 10 du puits N°02 a été écartée cette valeur n'est représentative.
- Tamisat $<80\mu$
- GTR: A₁ Classification des sols d'après le Guide des terrassements routier (sols fins).
- Sr: Degré de saturation

Donc le terrain de notre projet est :

- ✓ un terrain argileux limoneux sableux la granulométrie de ce sol est du type limon sableux avec une présence de sel.
- ✓ .la portance du sol est très faible CBR =3.
- ✓ Les chiffres donnés plus haut confirme la situation du terrain plat sans pente du type inondable dès que la pluviométrie est élevée, il sera difficile à la nature d'absorber les eaux pluviales ajouté à cela les eaux des exutoires et des courants Nord-sud venant des montagnes du nord
- ✓ Le relief et la topographie du terrain permettent les stagnations d'eau durant des jours d'où la présence de sel

VII .4. Classification selon GTR (Guide des Terrassements Routiers)

Ce document rassemble l'ensemble des connaissances accumulées au cours de ces quarante dernières années par l'ensemble de la profession. Le contenu de ce guide permet une classification des sols et la connaissance des conditions d'extraction et de réutilisation de ces sols.

Le type de sol de notre projet est tuf marneux et limon sableux de la classe A, donc D'après le GTR on a :

| Classement selon la nature | | | | Classement selon l'état hydrique | |
|--|--------------------|---|--|---|--------------------------------|
| Paramètres de nature Premier niveau de classification | Classe | Paramètres de nature Deuxième niveau de classification | Sous classe fonction de la nature | Paramètres d'état | Sous classe fonction de l'état |
| D _{max} ≤ 50 mm et Tamisat à 80 μm > 35 % | A sols fins | VBS ≤ 2,5 (*) ou I _p ≤ 12 | A ₁ Limos peu plastiques, loess, silt alluvionnaires, sables fins peu polués, arènes peu plastiques... | I _p ⁽¹⁾ ≤ 3 ou w _n ≥ 1,25 w _{OPN} | A ₁ th |
| | | | | 3 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 8 ou 1,10 w _{OPN} ≤ w _n < 1,25 w _{OPN} | A ₁ h |
| | | | | 8 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 25 ou 0,9 w _{OPN} ≤ w _n < 1,10 w _{OPN} | A ₁ m |
| | | | | 0,7 w _{OPN} ≤ w _n < 0,9 w _{OPN} | A ₁ s |
| | | | | w _n < 0,7 w _{OPN} | A ₁ ts |
| | | 12 < I _p ≤ 25 (*) ou 2,5 < VBS ≤ 6 | A ₂ Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes... | I _p ⁽¹⁾ ≤ 2 ou I _c ⁽¹⁾ ≤ 0,9 ou w _n ≥ 1,3 w _{OPN} | A ₂ th |
| | | | | 2 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 5 ou 0,8 < I _c ⁽¹⁾ ≤ 1,05 ou 1,1 w _{OPN} ≤ w _n < 1,3 w _{OPN} | A ₂ h |
| | | | | 5 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 15 ou 1,05 < I _c ≤ 1,2 ou 0,9 w _{OPN} ≤ w _n < 1,1 w _{OPN} | A ₂ m |
| | | | | 1,2 < I _c ≤ 1,4 ou 0,7 w _{OPN} ≤ w _n < 0,9 w _{OPN} | A ₂ s |
| | | | | I _c > 1,4 ou w _n < 0,7 w _{OPN} | A ₂ ts |
| | | 25 < I _p ≤ 40 (*) ou 6 < VBS ≤ 8 | A ₃ Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques... | I _p ⁽¹⁾ ≤ 1 ou I _c ⁽¹⁾ ≤ 0,8 ou w _n ≥ 1,4 w _{OPN} | A ₃ th |
| | | | | 1 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 3 ou 0,8 < I _c ⁽¹⁾ ≤ 1 ou 1,2 w _{OPN} ≤ w _n < 1,4 w _{OPN} | A ₃ h |
| | | | | 3 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 10 ou 1 < I _c ≤ 1,15 ou 0,9 w _{OPN} ≤ w _n < 1,2 w _{OPN} | A ₃ m |
| | | | | 1,15 < I _c ≤ 1,3 ou 0,7 w _{OPN} ≤ w _n < 0,9 w _{OPN} | A ₃ s |
| | | | | I _c > 1,3 ou w _n < 0,7 w _{OPN} | A ₃ ts |
| | | I _p > 40 (*) ou VBS > 8 | A ₄ Argiles et argiles marneuses, très plastiques... | Valeurs seuils des paramètres d'état, à définir à l'appui d'une étude spécifique. | |
| | | | | A ₄ h | |
| | | | | A ₄ m | |
| | | | | A ₄ s | |

Tableau VII. 2 : Classification des matériaux utilisés pour la construction des remblais(classéA)

Plus détaillé (A₁). Puisque on a I_p (7à 12%)

| | | | |
|--|---|---|-------------------|
| <p>VBS ≤ 2,5^(*) ou I_p ≤ 12</p> | <p>A₁ Limens peu plastiques, loess, silt alluvionnaires, sables fins peu pol- lués, arènes peu plastiques...</p> | <p>I_p⁽¹⁾ ≤ 3 ou W_n ≥ 1,25 W_{OPN}</p> | A ₁ th |
| | | <p>3 < I_p⁽¹⁾ ≤ 8 ou 1,10 W_{OPN} ≤ W_n < 1,25 W_{OPN}</p> | A ₁ h |
| | | <p>8 < I_p ≤ 25 ou 0,9 W_{OPN} ≤ W_n < 1,10 W_{OPN}</p> | A ₁ m |
| | | <p>0,7 W_{OPN} ≤ W_n < 0,9 W_{OPN}</p> | A ₁ s |
| | | <p>W_n < 0,7 W_{OPN}</p> | A ₁ ls |

Tableau VII. 3 : Sous classe des matériaux utilisés pour la construction des remblais(A1)

VII .4.1. Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

Les conditions d'utilisation des sols, des matériaux rocheux, des sous-produits industriels sont celles qu'il y a lieu de respecter pour autoriser l'emploi en remblai des différentes classes et sous-classes de matériaux

Ces conditions sont exprimées, en exigences techniques directement intégrables dans les cahiers des charges des marchés pour obtenir la qualité généralement recherchée pour ces ouvrages.

Elles ont été définies dans le double souci :

- D'une part, de viser le juste de qualité technique nécessaire, compte tenu des possibilités des matériels d'exécutions.
- D'autre part, de tenir compte des couts moyens des différentes techniques et méthode utilisés.

A₁ (états th, h, m)

| Sol | Observations générales | Situation météorologique | Conditions d'utilisation en remblai | Code | | | | | |
|---|--|--------------------------|-------------------------------------|--|---|---|---------------|---|---|
| | | | | E | G | W | T | R | C |
| A₁th | Sols normalement inutilisables en l'état La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A ₁ h | | | NON | | | | | |
| A₁h | Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible Ils sont sujets au matelassage Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement | + | pluie faible | Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes | | | NON | | |
| | | = | ni pluie, ni évaporation importante | Solution 1 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen | | | 0 0 0 1 0 2 0 | | |
| | | - | évaporation importante | Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5m) | | | 0 0 0 0 0 3 1 | | |
| | | | | Solution 2 : aération E : extraction en couches minces W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m) | | | 1 0 1 0 1 2 2 | | |
| Solution 3 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen | | | 0 0 0 1 0 2 0 | | | | | | |
| A₁m | Cessols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter | ++ | pluie forte | Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes | | | NON | | |
| | | + | pluie faible | E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m) | | | 2 0 0 0 0 2 2 | | |
| | | = | ni pluie, ni évaporation importante | C : compactage moyen | | | 0 0 0 0 0 2 0 | | |
| | | - | évaporation importante | Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen | | | 0 0 3 0 0 2 0 | | |
| | | | | Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m) | | | 0 0 0 0 0 1 2 | | |
| | | | | Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense | | | 2 0 0 0 0 1 0 | | |

A₁ (états s et ts)

| Sol | Observations générales | Situation météorologique | Conditions d'utilisation en remblai | Code E G W T R C H | |
|------------------------|---|--------------------------|--|--|---------------|
| A_{1s} | Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire. | ++ | pluie forte Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes | NON | |
| | | + | pluie faible E : extraction en couches R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m) | 1 0 0 0 1 2 2 | |
| | | = | ni pluie ni évaporation importante | Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : régilage en couches minces C : compactage moyen | 0 0 4 0 1 2 0 |
| | | | | Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m) | 0 0 0 0 0 1 2 |
| | | - | évaporation importante | Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m) | 0 0 3 0 0 1 1 |
| | | | | Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel E : extraction frontale W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m) | 2 0 3 0 0 1 2 |
| | | | | Solution 3 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m) | 0 0 4 0 1 1 2 |
| A_{1ts} | Sols normalement inutilisables en l'état Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique | | | NON | |

Tableau VII. 4 : Conditions d'utilisation des matériaux(A₁) en remblai

VII .4.2. Tableau récapitulatif des conditions pouvant être imposées pour utiliser les différents matériaux en remblai :

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|----------------------------------|------|--|
| E Extraction | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| | 1 | Extraction en couches (0,1 à 0,3m) |
| | 2 | Extraction frontale (pour un front de taille > 1 à 2m) |
| G Action sur la granularité | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| | 1 | Elimination des éléments > 800mm |
| | 2 | Elimination des éléments > 250 mm pour traitement |
| | 3 | Fragmentation complémentaire après extraction |
| W Action sur la teneur en eau | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| | 1 | Réduction de la teneur en eau par aération |
| | 2 | Essorage par mise en dépôt provisoire |
| | 3 | Arrosage pour maintien de l'état |
| | 4 | Humidification pour changer d'état |
| T Traitement | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| | 1 | Traitement avec un réactif ou un additif adaptés |
| | 2 | Traitement à la chaux seule |
| R Régilage | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| | 1 | Couches minces (20 à 30 cm) |
| | 2 | Couches moyennes (30 à 50 cm) |
| C Compactage | 1 | Compactage intense |
| | 2 | Compactage moyen |
| | 3 | Compactage faible |
| H Hauteur des remblais | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| | 1 | Remblai de hauteur faible ($\leq 5m$) |
| | 2 | Remblai de hauteur moyenne ($\leq 10m$) |

Tableau VII .5: représente le code E G W T R C H

VII. 4.3. Explication de code « E G W T R C H »

- **Sol type A₁th (Sols normalement inutilisables en l'état)** : La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A h
- **Sol type A₁h**

Pluie faible : Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes

Ni pluie ni évaporation importante :

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|------------------|------|---|
| E,G,W,R,H | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| T | 1 | traitement avec un réactif adapté |
| C | 2 | compactage moyen |

Evaporation importante (Solution 1 : utilisation en l'état)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|------------------|------|---|
| E,G,W,R,T | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| H | 1 | remblai de faible hauteur ($\leq 5m$) |
| C | 3 | compactage faible |

Evaporation importante (Solution 2 : aération)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|-------------|------|---|
| G, T | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| E | 1 | extraction en couches minces |
| W | 1 | réduction de la teneur en eau par aération |
| R | 1 | couches minces |
| C | 2 | compactage moyen |
| H | 2 | remblai de hauteur moyenne ($\leq 10m$) |

Evaporation importante (Solution 3 : traitement)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|------------------|------|---|
| E,G,W,R,H | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| T | 1 | traitement avec un réactif adapté |
| C | 2 | compactage moyen |

➤ Sol type A₁ m

Pluie forte : Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes

Pluie faible :

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|----------------|------|---|
| G W T R | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| E | 2 | extraction frontale |
| C | 2 | compactage moyen |
| H | 2 | remblai de hauteur moyenne ($\leq 10m$) |

Ni pluie ni évaporation importante :

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|--------------------|------|---|
| E,G,W,R,H,T | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| C | 2 | compactage moyen |

Evaporation importante (Solution 1 : arrosage superficiel)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|------------------|------|--|
| E,G,T,R,H | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| W | 3 | arrosage superficiel pour maintien de l'état |
| C | 2 | compactage moyen |

Evaporation importante (Solution 2 : utilisation en l'état)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|------------------|------|--|
| E,G,T,W,R | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| C | 1 | compactage intense |
| H | 2 | remblai de hauteur moyenne ($\leq 10\text{m}$) |

Evaporation importante (Solution 3: extraction frontale)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|------------------|------|---|
| H,G,T,W,R | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| E | 2 | extraction frontale |
| C | 1 | compactage intense |

➤ Sol type A₁S

Pluie forte : Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes

Pluie faible :

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|--------------|------|---|
| G W T | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| E | 1 | extraction en couches |
| R | 1 | couches minces |
| C | 2 | compactage moyen |
| H | 2 | remblai de hauteur moyenne ($\leq 10\text{ m}$) |

Ni pluie ni évaporation importante (Solution 1 : humidification dans la masse)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|----------------|------|---|
| E G T H | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| W | 4 | humidification pour changement d'état |
| R | 1 | régalage en couches minces |
| C | 2 | compactage moyen |

Ni pluie ni évaporation importante (Solution 2 : emploi en l'état)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|------------------|------|---|
| E G W T R | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| C | 2 | compactage intense |
| H | 1 | remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m) |

Evaporation importante (Solution 1 : arrosage superficiel)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|----------------|------|--|
| E G T R | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| W | 3 | arrosage superficiel pour maintien de l'état |
| C | 1 | compactage intense |
| H | 1 | remblai de faible hauteur (≤ 5 m) |

Evaporation importante (Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|--------------|------|---|
| G T R | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| E | 2 | extraction frontale |
| W | 3 | arrosage superficiel |
| C | 1 | compactage intense |
| H | 2 | remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m) |

Evaporation importante (Solution 3 : humidification dans la masse)

| Rubrique | Code | Conditions d'utilisation |
|--------------|------|---|
| E G T | 0 | Pas de condition particulière à recommander |
| W | 2 | humidification pour changement d'état |
| R | 3 | couches minces |
| C | 1 | compactage intense |
| H | 2 | remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m) |

- **Sol type A₁TS** : Sols normalement inutilisables en l'état (Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique).

VII. 5. Conclusion

L'étude de carrière faite par le laboratoire fait ressortir un inventaire de carrière pour gravier, mais pour le projet le bureau d'étude propose l'utilisation des matériaux pour remblai des carrières de TVO d'oued mziraa et d'oued arab de zeribet el oued.

CHAPITRE VIII

LES CAS SIMILAIRES



VIII .1. Définitions et types des géosynthétiques

VIII .1.1. Définition

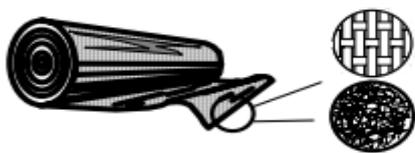
Les géosynthétiques comprennent une variété de matériaux en polymères synthétiques spécialement fabriqués pour une utilisation dans les domaines du génie civil et de la protection de l'environnement ainsi que dans les ouvrages hydrauliques et de transport.

VIII .1.2. Type des géosynthétiques

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.

Les géogrilles : sont des géosynthétiques ressemblant à des grilles ouvertes. La principale application des géogrilles est le renforcement des sols.

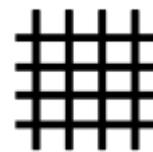
Les géomembranes : sont des nappes souples continues fabriquées à partir d'un ou plusieurs matériaux synthétiques. Elles sont relativement imperméables et sont utilisées comme couche d'étanchéité pour le confinement des fluides ou des gaz et comme barrière à la vapeur.



Géotextile



Géomembrane



Géogrille

Figure VIII. 1 : Types des géosynthétiques

VIII .1.3. Fonctions des géosynthétiques

Les géosynthétiques ont six fonctions principales :

1. Filtres : maintien du sol ou d'autres particules soumis à des forces hydrauliques en permettant le passage de fluides à travers ou dans un géotextile
2. Drainage : collecte et transport des eaux pluviales, souterraines ou d'autres liquides dans le plan d'un géotextile ou d'un produit apparenté aux géotextiles.
3. Séparation : prévention contre le mélange des deux matériaux de natures différentes par l'emploi d'un géotextile.
4. Renforcement : utilisation de la capacité de résistance d'un géotextile ou d'un produit apparenté aux géotextiles afin d'améliorer les propriétés mécaniques des sols
5. Barrière pour fluide : contrôle de la migration de gaz ou de liquide.
6. Protection : fonction consistant à empêcher les endommagements localisés concernant un matériau donné en utilisant le géotextile, en général une géomembrane.

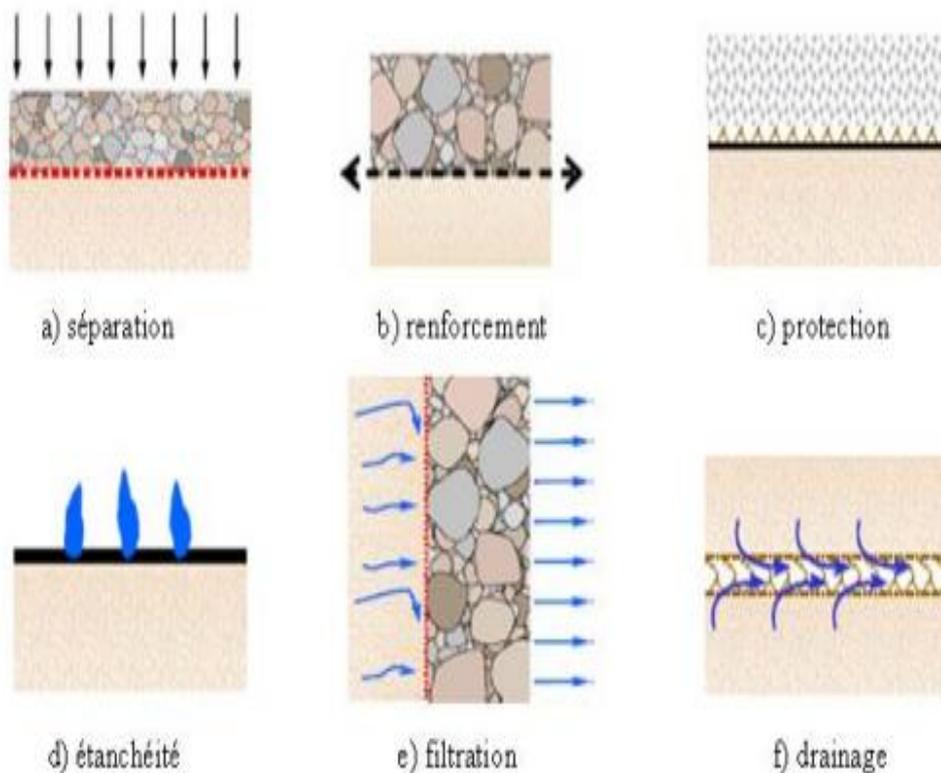


Figure VIII. 2 : Fonctions des géosynthétiques

VIII .2. Recherche bibliographique sur des cas similaires

VIII .2.1 La liaison M'Sila - Boussaada en traversant le Chott El Hodna (ain EL khadra – M'cif)

Le projet consiste en la construction d'une route reliant les deux villages de Ain Khedra et M'Cif. Il est situé dans la région des hauts plateaux à l'est d'Algérie dans la wilaya de M'Sila. Cette route permettra de réduire la distance actuelle entre les deux villages de 70 km à 16 km. La route projetée traverse le chott d'El Hodna pour le diviser en deux parties sur un linéaire de 11 km (d'après l'article : Construction d'une route sur un sol de mauvaise portance par la technique des géosynthétiques.)

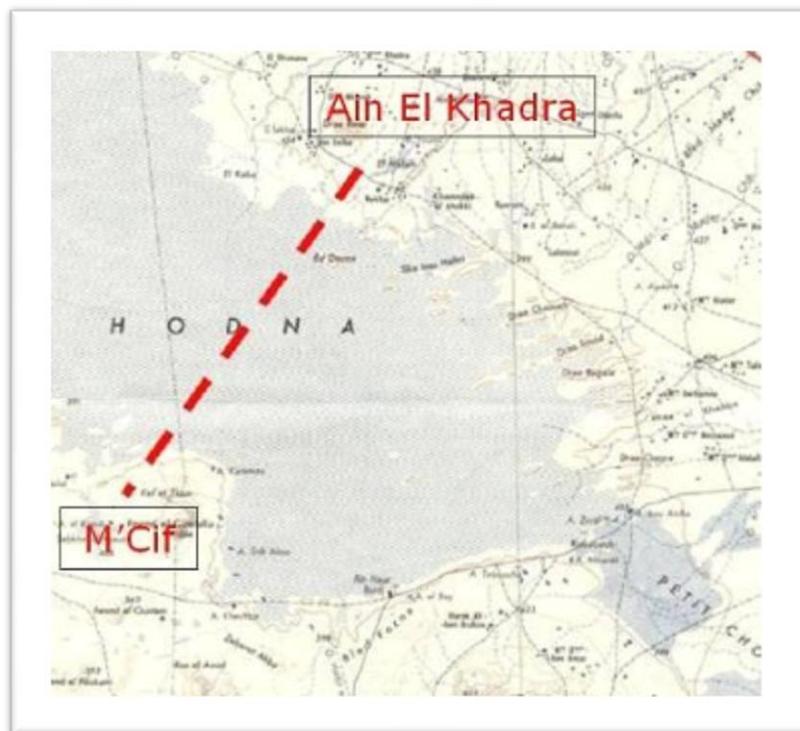


Figure VIII. 3 : Tracée de la route entre M'Cif et Ain El Khadra

VIII .2.1.1. Caractéristiques géotechnique du projet

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 .VIII. 1 : Etat de la surface du sol

VIII .2.1.2 Les solutions

La solution préconisée initialement consiste en la reconstitution de la couche de sol porteuse sur une épaisseur de 2,0 m et sur la totalité de la longueur du projet, avec un matériau d'apport de bonnes caractéristiques mécaniques. Cette solution présente un certains nombre d'inconvénients, notamment :

- La difficulté d'exécuter les terrassements dans une zone immergée à faible portance
- La difficulté de trouver les matériaux d'apport en qualité et en quantité
- Le risque de tassement différentiel
- Le cout excessif de la solution.

Après les investigations géotechniques complémentaires, la maîtrise d'œuvre a repris le dossier en validant définitivement la solution intégrant les géosynthétiques.

- Un géotextile de séparation/filtration (**S42**, **S61**) entre le sol support et les matériaux d'apport
- Une couche de matériaux de remblai de 30 cm d'épaisseur
- Une géogridde de renforcement bidirectionnelle
- Un réseau d'assainissement et de drainage constitué par des tubes en PEHD de diamètre 1000 mm, pour assurer la continuité des écoulements naturels entre les deux parties du chott
- Une protection des talus du remblai routier constituée par un géotextile de séparation/filtration posée directement sur les talus et une carapace d'enrochement.

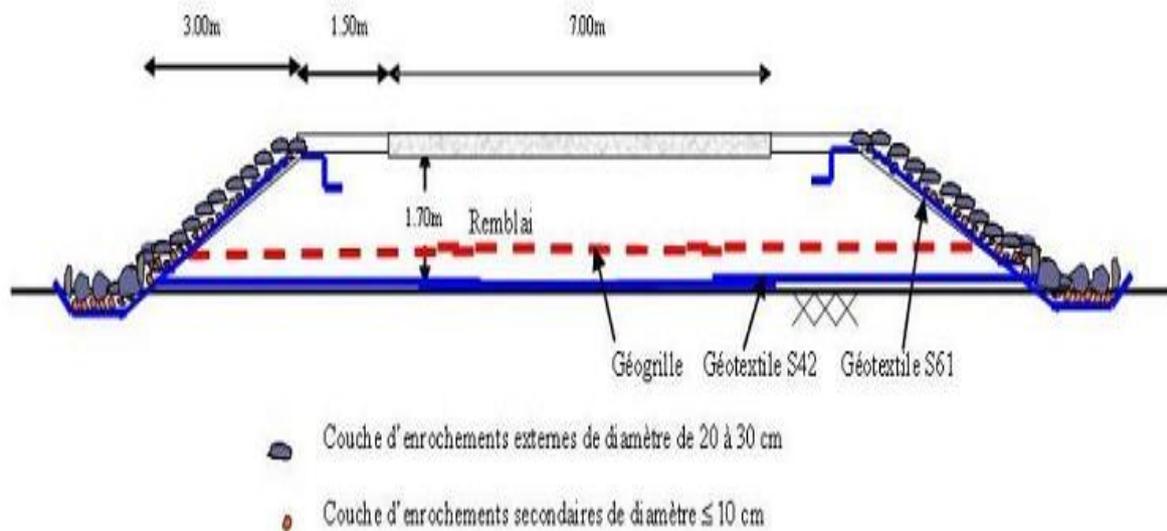


Figure VIII .4: Conception du remblai intégrant les géosynthétiques



Photo. VIII. 2 : Mise en place du géotextile



Photo. VIII .3 : Mise en place du géogrid



Photo. VIII. 4 : Mise en place des conduites PEHD (a) et protection des talus (b)

VIII .2.1.3. Conclusion

L'utilisation du renforcement par géosynthétiques permet d'améliorer la portance du sol support mou et la qualité du compactage

VIII .2.2. Contournement de la voie ferrée Biskra

Le projet contournement et l'aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra (ligne El -ghourzi-Touggourt), se caractérise pour la travée d'une zone saline (remontée de sel), nécessitant un traitement de cette section.

VIII .2.2.1. Présentation de la zone saline

Elle est délimitée entre le PK 8+000 au PK 9+500. Dans cette zone, les sels sont apparents sur la surface de l'assiette. Dans un certain endroit la remontée d'eaux, bien que temporaire est visible (d'après le rapport de A.N.E.S.R.I.F)

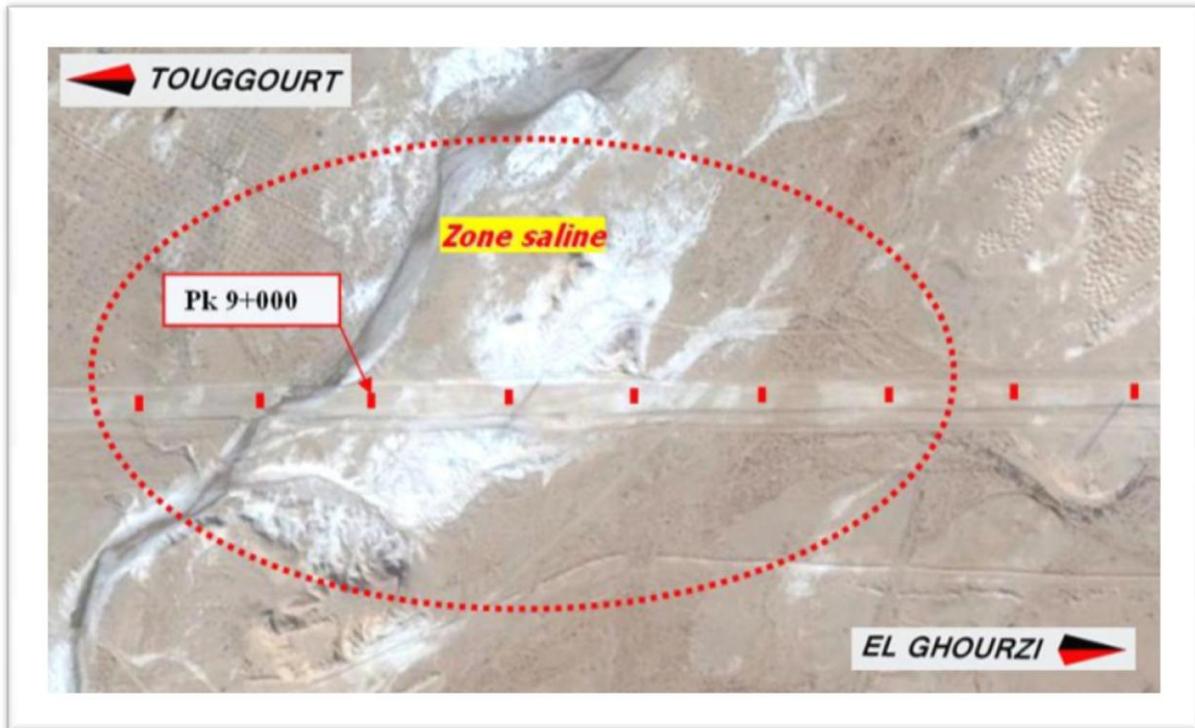


Figure VIII. 05 : L'image satellitaire montre la zone saline



Photo. VIII .5: photo montrant la présence de sel

VIII .2.2.2. Analyse chimique des puits de reconnaissance sur le terrain

Ce tableau représente les résultats des essais chimiques effectués sur des échantillons prélevés dans des puits de reconnaissance à une profondeur de 1.50 m

| Désignation | Teneur exprimée par rapport au poids des matériaux secs | | |
|-------------------|---|--------------------------|-------------------------------------|
| | INSOLUBLES Mode opératoire interne | CARBONATES NF P94-048 | SULFATES Mode opératoire interne |
| Puits 01 pk 8+150 | 58.40 | 32.81 | 1.55 |
| Puits 02 pk 8+400 | 38.40 | 54.69 | 1.14 |
| Puits 03 pk 8+600 | 78.90 | Traces | 0.72 |
| Puits 04 pk 8+750 | 67.40 | 3.91 | 0.41 |
| Puits 05 pk 8+900 | 68.10 | 3.13 | 0.93 |
| Puits 06 pk 9+225 | 67.0 | 26.56 | 2.17 |
| Puits 07 pk 9+325 | 64.30 | 28.13 | 1.44 |

Tableau VIII .1 : les résultats des essais chimiques

VIII .2.2.3. Essai géotechnique sur terrain (la portance du sol)

Ce tableau représente des essais géotechniques effectués sur terrain grâce à des essais de plaque circulaire de diamètre 60 cm.

| Désignation | Essais de plaque circulaire de diamètre 60 cm | | |
|-------------|---|-------|------|
| | EV2 | EV1 | K |
| Pk 8+150 | 110.12 | 71.04 | 1.55 |
| Pk 8+400 | 90.24 | 55.02 | 1.64 |
| Pk 8+600 | 60.81 | 44.26 | 1.40 |
| Pk 8+750 | 86.50 | 49.33 | 1.75 |
| pk 8+900 | 80.11 | 41.52 | 1.92 |
| Pk 9+225 | 75.00 | 38.52 | 1.94 |
| Pk 9+325 | 112.50 | 70.31 | 1.60 |

Tableau VIII .2 : les résultats des essais de plaque

Au vu des résultats et après une analyse approfondie, le problème réside dans les remontées des eaux salines.

VIII .2.2.4. Traitement de la zone saline

Pour empêcher la remontée du sel, la solution est d'utiliser le géotextile Filtration- séparation et les matériaux granulaires par un système de matlat drainante C'est-à-dire :

- Drainage de toute la zone saline avec une pente de **4 %**
- Mise en place d'un géotextile de séparation- filtration (**AS 25**) il peut résister une contrainte de **20 KN/m²**.
- Mise en œuvre d'un matériau granulaire drainant (**20/40** ou **25/50**).
- la couverture de matériau granulaire par le géotextile

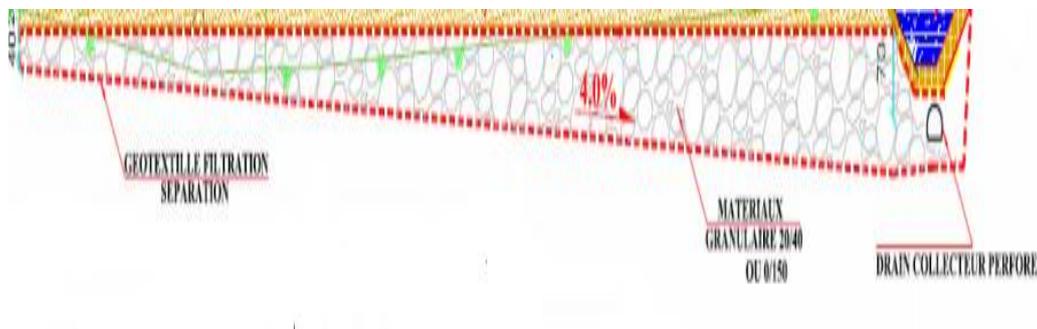


Figure VIII. 06: coupe transversal du matlat drainante

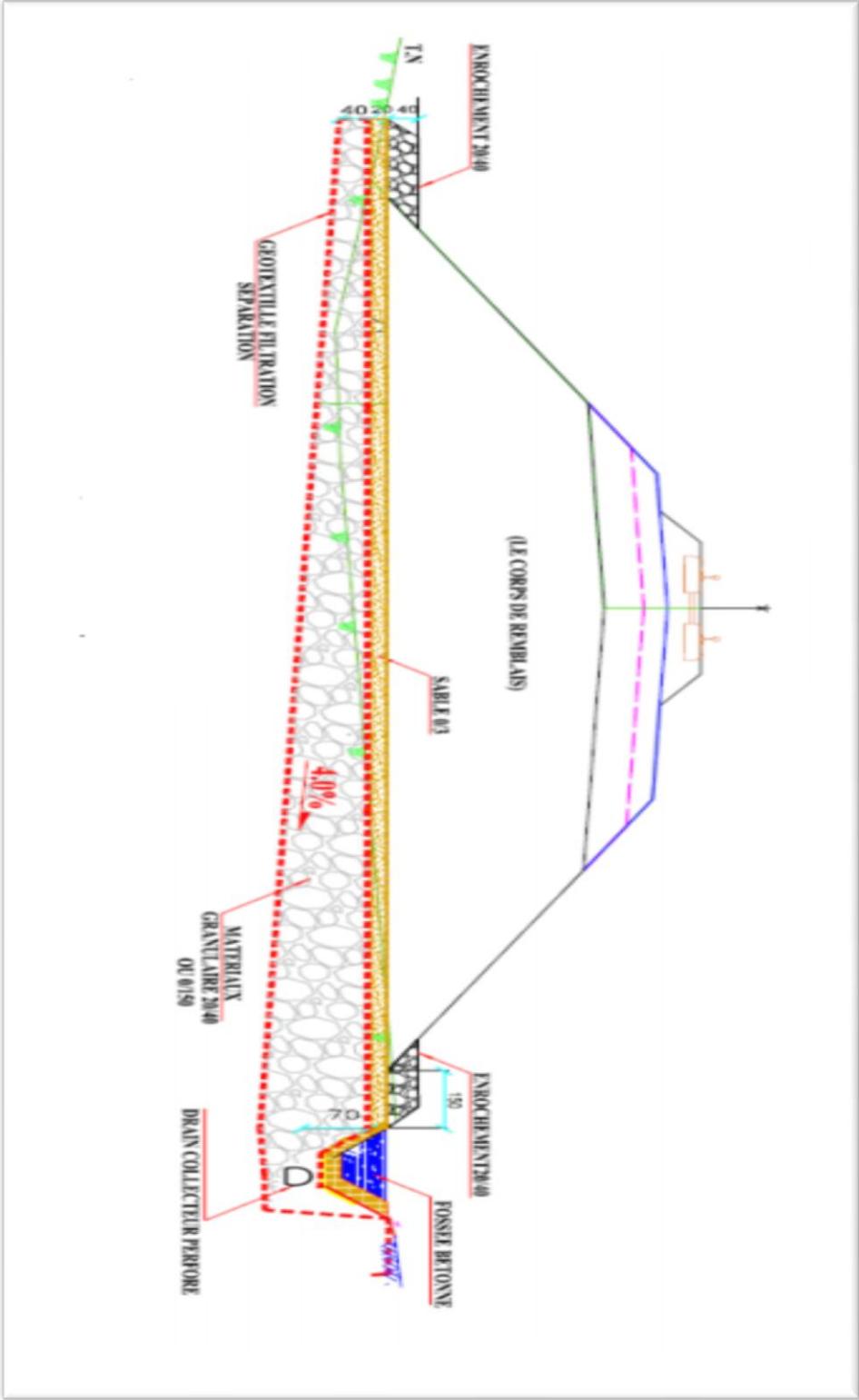


Figure. VIII. 07: la section à protéger contre les remontées d’eaux salines

| TUBE PVC ROUTIER PERFORÉ DE Ø 200 CM | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|----------|------|-------|----------|-------|-------|
| Données techniques | | | | | | | |
| Diamètre nominal | DN | 80 | 100 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| Diamètre | A (mm) | 90 | 110 | 160 | 212 | 263 | 328 |
| | B (mm) | 79 | 98 | 146 | 192 | 238 | 297 |
| | C (mm) | 52 | 64 | 93 | 123 | 153 | 192 |
| Section intérieure | (cm ²) | 53 | 88 | 194 | 340 | 524 | 812 |
| Surface captante | (cm ² /m) | >50 | | | | | |
| Largeur des fentes selon NFP 16-351 | | | | | | | |
| Largeur des barres | | | | | | | |
| Longueur utile (m) | | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| Longueur avec manchon (m) | | 6.07 | 6.07 | 6.07 | 6.25 | 6.30 | 6.27 |
| Manchon | | | | | | | |
| longueur (mm) | | 1.10 | 1.35 | 1.80 | 4.10 | 4.30 | 4.70 |
| diamètre extérieur (mm) | | 95 | 116 | 166 | 225 | 280 | 340 |
| Rayon de courbure minimal (m) | | 4.75 | 5.25 | 10.25 | 14.25 | 15.75 | 28.00 |
| Type de perforation | | 2/3 (LP) | | | 1/3 (MP) | | |

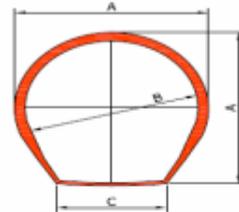


Figure .VIII. 08: canalisation utilisé (Tube PVC perforé)



Photo .VIII. 06 : Mise en place du géotextile (AS25)



Photo. VIII. 07 : Mise en place d'un matériau granulaire



Photo. VIII. 08 : la couverture par le géotextile

VIII .2.2.5. Conclusion

Cette solution proposée, à l'aide d'un géotextile, pour la zone saline concernant la voie ferrée est très efficace contre la remontée des eaux.

Les avantages de l'utilisation des géotextiles est de permettre d'éviter les problèmes de pression interstitielle et d'assurer une excellente imbrication sol- géotextile pour mobiliser l'effort de stabilisation des terres.

CHAPITRE IX

SOLUTIONS PROPOSÉES



IX.1. Introduction

Dans la zone inondable et qui Situé à chott, où en général les sols superficiels sont déstructurés par les cycles d'eau, aussi par effet du sel, donc nécessitent protéger la chaussée du cette zone.

La construction de remblai sur sol de faible portance, nécessitant la mise en œuvre de techniques et procédés de renforcement particuliers

IX.2. Solutions proposées

La mise en place du remblai sur la zone inondable et de la chaussée dans un chott pose beaucoup de problèmes. D'après les cas similaire indiqués auparavant, on a proposé d'utiliser deux techniques :

- Technique nouvelle « **géotextile - géogrille** ».
- Technique traditionnelle «**enrochements** ».

IX.2.1. Technique traditionnelle «les enrochements »

La zone d'étude peut être considéré comme fin de course de tous les cours d'eaux qui viennent du Nord et de l'Est tels que Oued Arab, Oued Abderrahmane, Oued Haguef, Oued Mziraa

Donc, pour protéger la route contre l'effet des eaux «l'inondation » et Les crues de l'oueds, les enrochements (, l'utilisation de roches et de pierres) est un moyen efficace de protection.

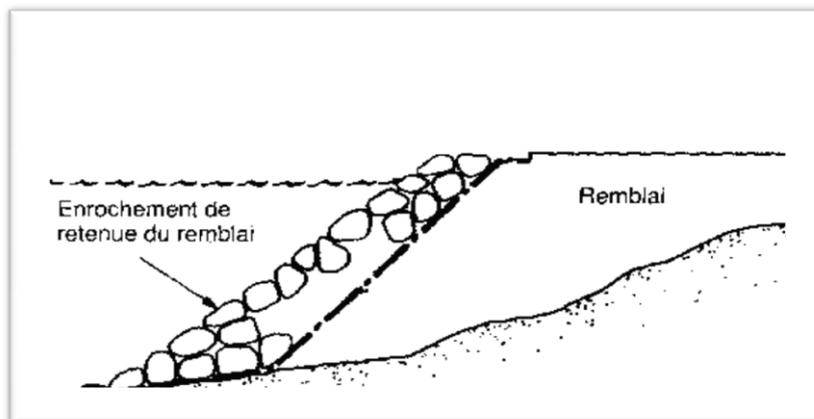


Figure IX.1 : protection de talus remblai (enrochement)

IX .2.2. Technique nouvelle « géotextile - géogrille »

A cause de La faible portance du sol et la présence de sel en surface qui pose de sérieuses difficultés de mise en œuvre et de stabilité du remblai routier et de corps de chaussée. L'utilisation des géosynthétiques (géotextile de séparation-filtration et géogrille) est favorisée.

IX .2.2.1. Préparation du site

La préparation du site s'effectue selon les moyens usuels de telle façon à assurer une surface plane dégagée de toutes cavités et apports végétaux.



Photo. IX.. 1 : décapage de la terre végétale

IX .2.2.2. Pose des géotextiles de séparation



Photo. IX. 2 : Pose des Géotextiles de séparation

Installation du Géotextile de séparation en déroulant des rouleaux, pour empêcher la remontée de sel en surface

IX .2.2.3. Mise en place de la 1^{ère} couche de remblai

La Mise en place d'une couche de remblai à l'aide d'une niveleuse ou d'un bull. Cette couche est probablement voisine de 30 cm mais à adapter en fonction de la réponse du terrain.



Photo. IX.3 : Mise en place de la 1^{ère} couche du remblai

IX .2.2.4. Pose du géogrille de renforcement

Le renforcement par le géogrille permet la construction de remblais sur sols de fondation très mou et la réalisation de pentes de talus de remblais plus raides qu'avec des sols non renforcés.



Photo. IX. 4 : Mise en place de géogrille

IX .2.2.5. Mise en place du remblai supérieur couche par couche

- La Mise en œuvre du remblai supérieur par couches successives de 30 cm
- Les matériaux devront être des granulaires insensibles à l'eau.
- Epanchage des remblais sur les géogrilles de renforcement de telle façon à :
 - Assurer une épaisseur de 30 cm.
 - Eviter les gros éléments.
 - Assurer un léger compactage.



Photo. IX. 5 : pose des couches de remblai sur la géogrille et compactage

IX .3. Conclusion : d'après les contraintes imposées sur le site de notre tronçon on a proposée les solutions suivantes :

- L'utilisation des enrochements pour la protection des talus
- L'utilisation des Géotextiles séparable et imperméable pour éviter la remonter de sel sur la surface du terrain.
- L'utilisation des géogrilles pour le renforcement par ce que la portance du sol est très faible et aussi pour améliorer les propriétés mécanique des sols.

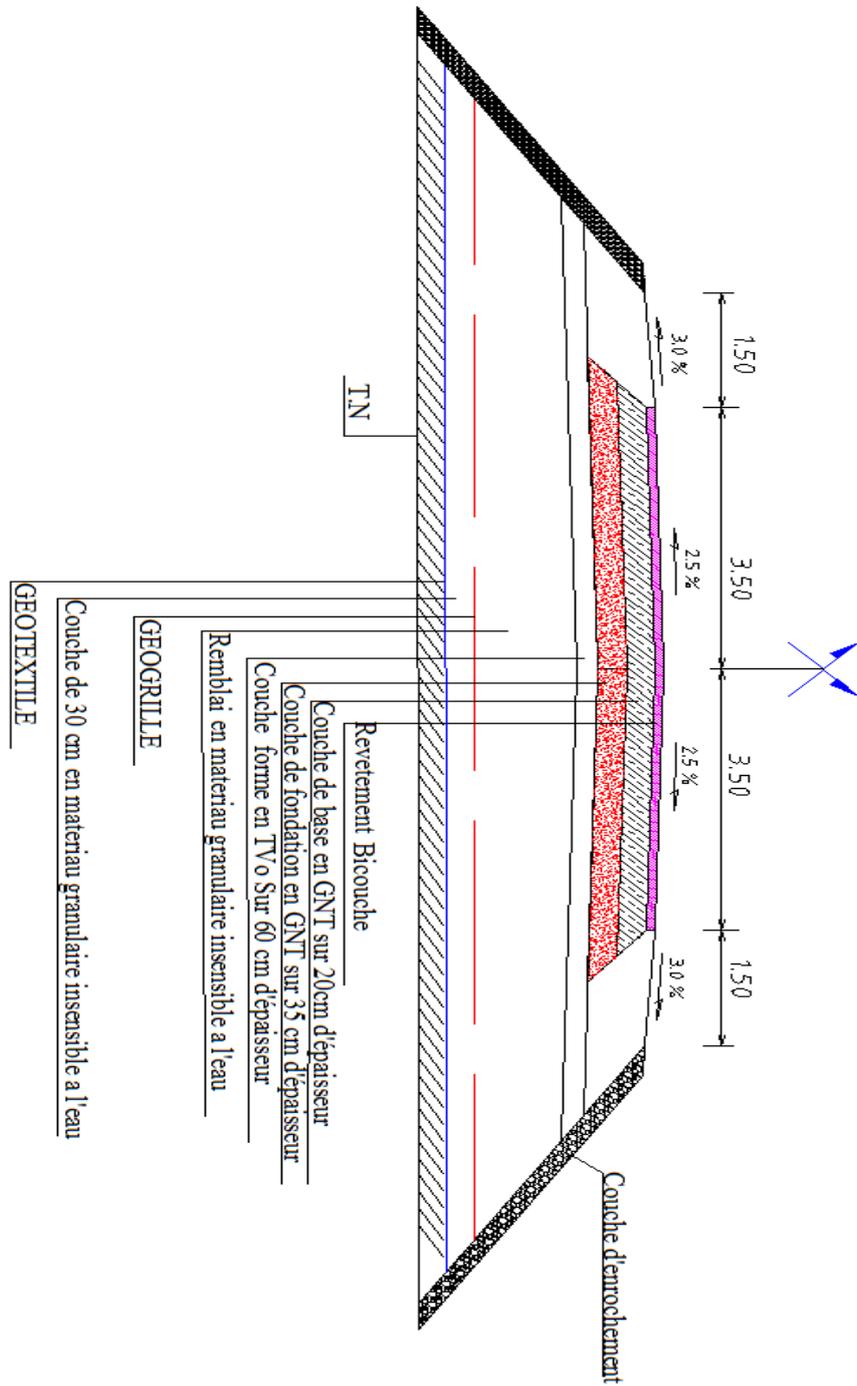


Figure IX .2 : Profil en travers type (Zone saline et inondable)

CHAPITRE X

Les Ouvrages de Drainage



X.1. Introduction

La route de notre projet est traversée par plusieurs oueds pour ce la, Il est nécessaire d'utiliser des ouvrages de drainage pour rétablir les traversées des eaux d'oueds sans danger ni pour la route ni pour l'usager.

X.2. Définition

Ce sont des petits ouvrages hydrauliques qui permettent à l'eau de franchir la route, en passant au dessous de celle-ci.

Les buses et dalots sont généralement les ouvrages les plus utilisés. C'est le calcul hydraulique qui déterminera le choix entre eux.

X.3. Dalot

Le dalot est une canalisation rectangulaire, cadre ou portique en béton armé, utilisé sous les traverses de route et les évacuations des débits d'eau important.



Figure X.1 : dalot

X .3.1. Type des dalots

Il existe 3 types de dalots couramment utilisés :

- **Les dalots ordinaires** constitués de piédroits verticaux fondés sur semelles ou radier général et sur lesquels repose une dalle en béton armé
- **Les dalots cadres** dans lesquels la dalle, les piédroits et le radier constituent une structure rigide en béton armé.
- **Les dalots portiques** analogues aux dalots cadres mais sans radier (piédroits verticaux fondés sur semelles).

Les dalots sont en général adoptés pour des débits élevés (dépassant $10 \text{ m}^3/\text{s}$).



Photo .X.1: Dalot portique



Photo. X.2 : Dalot cadre

X .3.2. Domaine d'utilisation

Les domaines d'utilisation des dalots sont principalement :

- Les traverses des routes
- L'évacuation des débits d'eau importants
- Les passages inférieurs
- Regards particuliers.

X. 3.3. Avantages du cadre rectangulaire

- Débit supérieur à encombrement égal
- Gain de terrassement
- Facilité d'emboîtement avec les joints montés en usine
- Compactage latéral uniforme
- Couverture supérieure réduite

X. 4. Buse

Élément de conduite qui assure l'écoulement et l'évacuation d'eaux sous une route, une voie ferrée ou une autre structure, Les buses sont de forme circulaire, en béton armé ou en métal. Le choix entre ces deux types dépend des critères économiques liés à la possibilité de fabrication locale ou non

X. 4.1. Buse en béton

De manière générale, la « **buse en béton** » est définie comme étant un tuyau de gros diamètre fabriqué en béton et qui est destiné à faire circuler des fluides.



Photo. X.3 : Buses en béton

- À cause de la malléabilité du béton quand le mélange est encore frais, la buse en béton peut revêtir plusieurs formes. Aussi elle peut être de section ovale, de section polygonale, mais la plus courante est la buse en béton de forme cylindrique.
- Le choix de la buse en béton dépend de plusieurs paramètres dont l'utilisation de la buse, la longueur de la conduite, le diamètre du conduit.
- Pour les buses de forme cylindrique qui sont les plus sollicitées, le diamètre minimal est de 300 mm, puis par pas de 100 mm, on retrouve des buses de diamètre 400, 500, 600 jusqu'à plus d'un mètre.

X. 4.2. Utilisations de la buse en béton

Les utilisations de la buse en béton sont nombreuses on les utilise à l'horizontale (avec une pente d'écoulement tout de même) dans les ouvrages de canalisation, de franchissement et d'écoulement des eaux pluviales, fossés et cours d'eau

X. 4.3. Buses métalliques

Ouvrages composites, constitués principalement d'une paroi métallique en tôles ondulées et d'un certain volume de sol qui l'entoure.



Photo. X.4 : Buses métalliques

X. 4.4. Les avantages

Les principaux avantages que peuvent présenter les buses métalliques sont essentiellement:

- Une flexibilité longitudinale plus grande que celle des ouvrages traditionnels, qui leur permet de supporter certaines déformations
- Une bonne aptitude à porter des charges de remblai élevées
- Une certaine rapidité de construction, directement liée à la pré- fabrication
- Une grande facilité de transport et d'assemblage
- Une gamme de dimensions et de formes très étendue
- Une possibilité de démontage et de réemploi.

X. 4.5. Utilisations

Ses utilisation sont diverses et variées dans le domaine de la route, de la construction enterrée, du confortement, et du soutènement :

- Passages inférieurs routiers
- Abris enterrés
- Galeries techniques et coffrages
- Caniveaux

X. 5. Réalisation du projet

On propose des conduites **PEHD** (Le polyéthylène haute densité) comme un ouvrage de drainage pour notre projet ce système est la solution idéale pour tout type de terrain



Photo .X.5 : Canalisation PEHD

X. 5.1. Domine d'Applications

Est un système de canalisation destiné à l'écoulement des eaux de surface et souterraines. Assainissement enterré sans pression pour les eaux pluviales, multi-usages dans l'environnement des bâtiments et des VRD

X. 5.2. Caractéristiques

- **Résistance chimique** : il est très résistant à la corrosion, à l'action des bases et des acides, ce qui lui permet d'être utilisé pour toutes les eaux usées domestiques, les eaux pluviales, les eaux de surface et les eaux souterraines.
- **Résistance à l'abrasion** : le polyéthylène est une des matières premières les plus performantes pour sa résistance à l'abrasion. De ce fait, il n'y a pas de dégradation du fil d'eau.
- **Légèreté** : son poids réduit est un atout majeur pour sa facilité de pose
- **Flexibilité** : moindre de déformations et résistants aux chocs

X. 5.3. Avantages

- Flexibilité, facilité de mise en œuvre
- Résistance à la pression et résistance mécanique
- Légèreté, facilité et rapidité de mise en œuvre
- Résistance mécanique aux chocs, à l'abrasion et à la corrosion
- Etanchéité
- Economique

X. 6. Conclusion

Dans notre projet on à utilisé pour le drainage de la route des conduites PEHD de diamètre 1000 mm Chaque cours d'eau et au niveau des dépressions

Devis Quantitatif et Estimatif



Devis Quantitatif et Estimatif

| Désignation | Unité | PU : DA | Quantité | Prix : DA |
|---|----------------|---------|----------|-----------------------|
| Terrassement | | | | |
| Déblais en sol inutilisable mise en dépôt | M ³ | 400.00 | 0.00 | 0.00 |
| Remblais en provenance d'emprunts | M ³ | 400.00 | 44945 | 17978000.00 |
| Décapage des terres végétales (0.2m) | M ² | 300.00 | 66330,73 | 19899219.00 |
| TOTAL 1 | | | | 37877219.00 |
| Chaussée | | | | |
| couche de fondation en TVO | M ³ | 600.00 | 33827 | 20295960.00 |
| couche de base en GNT | M ³ | 2000.00 | 18649 | 37297200.00 |
| Enduit superficiel | M ² | 250.00 | 31500 | 7875000.00 |
| rechargement des accotements en TVO | M ³ | 600.0 | 11509 | 6905250.00 |
| TOTAL 2 | | | | 72373410.00 |
| TOTAL H.T | | | | 110 250 629,00 |
| TVA 19 % | | | | 20 947 619,51 |
| TOTAL T.T.C | | | | 131 198 248,51 |

Le devis a été estimé à une somme de: **cent trente et un million cent quatre vingt dix huit milles deux cent quarante huit dinars et cinquante et un centimes.**

Conclusion générale



CONCLUSION GENERALE

Dans ce projet intitulé « étude d'une liaison El Haouche - El Feidh », nous voudrions revenir brièvement sur les obstacles que nous avons rencontrés lors de ce travail.

Sachant que, pour ce tracé il nous est imposé de franchir une zone inondable et un chott on a donc fait une étude complète qui englobe une étude géométrique « le tracé en plan, profil en long...etc. », géotechnique notamment les techniques de renforcement par géosynthétique, et une solution hydraulique avec la proposition concernant les ouvrages de drainage.

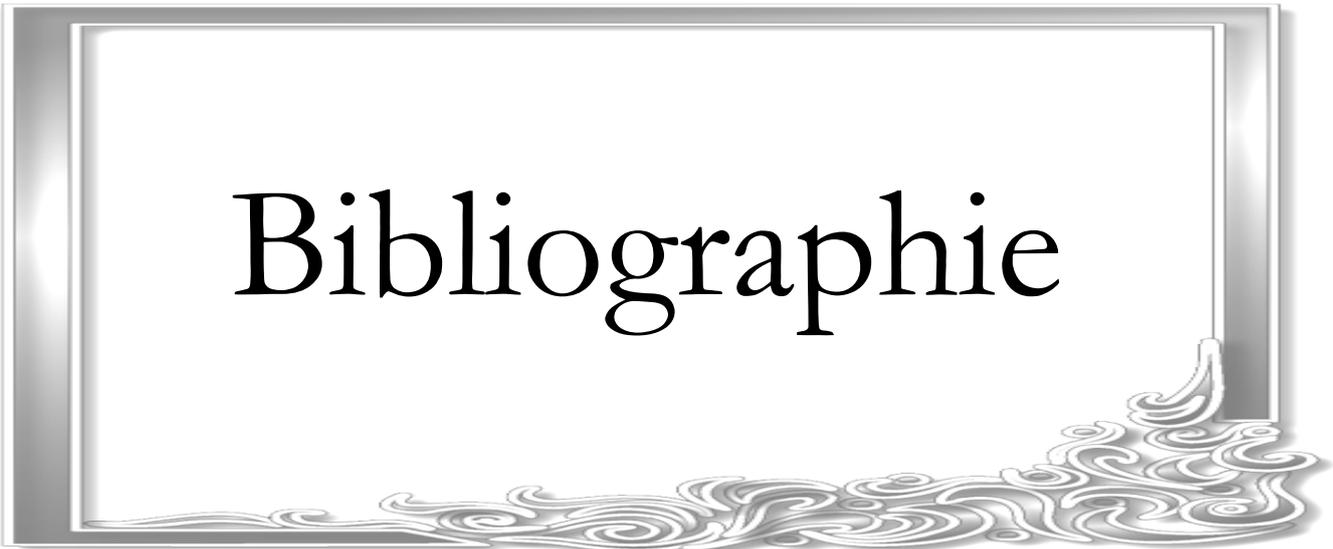
Dans ce travail, on s'est basée sur les points suivants :

- ✚ Calcule de nombre de voies
- ✚ Calcule l'épaisseur du corps de chaussée
- ✚ Etude géométrique concernant le profil en long sur **4.5 km**, trace en plan et profile en travers courants et profil en travers type
- ✚ Etude géotechnique avec des solutions proposée à partir des cas similaires sus-indiqué

Ce projet de liaison est pour nous, d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet de travaux publics d'autre part

Enfin, on peut dire que ce projet nous a été enrichissant pour notre formation en touchant une large connaissance du domaine de travaux public, qu'un ingénieur doit connaître

Bibliographie



BIBLIOGRAPHIE

- ✚ A.N.E.S.R.I.F étude du contournement et de l'aménagement des installations ferroviaires de la ville de Biskra. (Rapport géotechnique sur la zone saline)
- ✚ Angelbert Chabi Biaoou. Cours d'hydraulique routière 2009
- ✚ ARP (Aménagement des Routes Principales). → [SETRA, Aout 1994].
- ✚ B40 (Normes techniques d'aménagement des routes) → [octobre 1977].
- ✚ Bureau d'étude BLCR -Remadna Med Lazhari - Biskra. (Rapport géotechnique du liaison El haouche –El feidh)
- ✚ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (Fascicule 1 ,2et3) → [C.T.T.P, Novembre 2001].
- ✚ Kalli Fatima Zohra, Goumettre Ahmed. Manuel de projet de routes 2011
- ✚ Kalli Fatima Zohra, RAHAL. Conception des traces routier-Normes- Cours de routes 2012.
- ✚ Les enduits superficiels (laboratoire régional des ponts et chaussée) → [CETE de Lyon].
- ✚ Mémoire de magister Berrabah Fouad : étude du comportement des remblais renforcés par Géosynthétiques sols marécageux
- ✚ Rabah Arab* - Messaoud Zermani** - Mohamed Guagui***," La liaison M'Sila - Boussaada en traversant le Chott El Hodna - Algérie" Construction d'une route sur un sol de mauvaise portance par la technique des géosynthétiques.

ANNEXE



Axe En Plan

| Elts Caractéristiques | | | Points de Contacts | | |
|---|---|----------|--------------------|------------|-------------|
| Nom | Paramètres | Longueur | Abscisse | X | Y |
| Droite 1 | Gisement 127.8671 g | 328.428 | 0.000 | 240332.206 | 3830738.143 |
| Clothoïde 1 | Paramètre -183.030 | 67.000 | 328.428 | 240629.667 | 3830598.926 |
| Arc 1 | Rayon -500.000 m Centre X 240447.901 m Centre Y 3830131.532 m | 9.297 | 395.428 | 240689.689 | 3830569.183 |
| Clothoïde 2 | Paramètre 183.030 | 67.000 | 404.724 | 240697.784 | 3830564.612 |
| Droite 2 | Gisement 137.5815 g | 232.603 | 471.724 | 240754.252 | 3830528.577 |
| Clothoïde 3 | Paramètre 208.686 | 67.000 | 704.327 | 240947.489 | 3830399.102 |
| Arc 2 | Rayon 650.000 m Centre X 241337.289 m Centre Y 3830920.688 m | 86.974 | 771.327 | 241003.775 | 3830362.774 |
| Clothoïde 4 | Paramètre -208.686 | 67.000 | 858.301 | 241081.186 | 3830323.268 |
| Droite 3 | Gisement 122.5011 g | 328.818 | 925.301 | 241143.629 | 3830299.003 |
| Clothoïde 5 | Paramètre -216.564 | 67.000 | 1254.119 | 241452.121 | 3830185.188 |
| Arc 3 | Rayon -700.000 m Centre X 241241.162 m Centre Y 3829516.613 m | 112.028 | 1321.119 | 241514.596 | 3830161.000 |
| Clothoïde 6 | Paramètre 216.564 | 67.000 | 1433.146 | 241613.789 | 3830109.192 |
| Droite 4 | Gisement 138.7829 g | 689.108 | 1500.146 | 241669.335 | 3830071.739 |
| Clothoïde 7 | Paramètre -191.964 | 67.000 | 2189.254 | 242234.476 | 3829677.423 |
| Arc 4 | Rayon -550.000 m Centre X 241947.036 m Centre Y 3829206.919 m | 105.419 | 2256.254 | 242288.625 | 3829637.984 |
| Clothoïde 8 | Paramètre 191.964 | 67.000 | 2361.674 | 242364.487 | 3829565.017 |
| Droite 5 | Gisement 158.7403 g | 171.721 | 2428.674 | 242406.003 | 3829512.443 |
| Clothoïde 9 | Paramètre 173.638 | 67.000 | 2600.395 | 242509.667 | 3829375.542 |
| Arc 5 | Rayon 450.000 m Centre X 242888.971 m Centre Y 3829620.746 m | 86.500 | 2667.395 | 242551.416 | 3829323.161 |
| Clothoïde 10 | Paramètre -173.638 | 67.000 | 2753.895 | 242614.484 | 3829264.155 |
| Droite 6 | Gisement 137.0245 g | 423.298 | 2820.895 | 242669.525 | 3829225.980 |
| Clothoïde 11 | Paramètre 208.686 | 67.000 | 3244.194 | 243023.232 | 3828993.444 |
| Arc 6 | Rayon 650.000 m Centre X 243408.453 m Centre Y 3829518.420 m | 105.245 | 3311.194 | 243079.834 | 3828957.609 |
| Clothoïde 12 | Paramètre -208.686 | 67.000 | 3416.438 | 243174.540 | 3828911.968 |
| Droite 7 | Gisement 120.1546 g | 1014.176 | 3483.438 | 243237.835 | 3828890.021 |
| | | | 4497.614 | 244201.609 | 3828574.283 |
| Longueur totale de l'axe 4497.614 mètre(s) | | | | | |

Profil En Long Projet

| Els Caractéristiques | | | Points de Contacts | |
|----------------------|-------------------------|----------|--------------------|----------|
| Nom | Pente / Rayon | Longueur | Abscisse | Altitude |
| Pente 1 | Pente -0.48 % | 283.087 | 0.000 | 175.454 |
| Parabole 1 | Pente -0.48 % | 33.827 | 283.087 | 174.106 |
| | Rayon 4000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 302.138 m | | | |
| | Sommet Alt. 174.060 m | | | |
| Pente 2 | Pente 0.37 % | 141.942 | 316.913 | 174.088 |
| Parabole 2 | Pente 0.37 % | 67.905 | 458.855 | 174.612 |
| | Rayon -10000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 495.794 m | | | |
| | Sommet Alt. 174.680 m | | | |
| Pente 3 | Pente -0.31 % | 358.162 | 526.760 | 174.632 |
| Parabole 3 | Pente -0.31 % | 30.544 | 884.922 | 173.523 |
| | Rayon 5000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 900.405 m | | | |
| | Sommet Alt. 173.499 m | | | |
| Pente 4 | Pente 0.30 % | 157.713 | 915.466 | 173.522 |
| Parabole 4 | Pente 0.30 % | 79.898 | 1073.180 | 173.997 |
| | Rayon -12000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 1109.327 m | | | |
| | Sommet Alt. 174.051 m | | | |
| Pente 5 | Pente -0.36 % | 326.616 | 1153.078 | 173.972 |
| Parabole 5 | Pente -0.36 % | 41.001 | 1479.694 | 172.781 |
| | Rayon 6000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 1501.569 m | | | |
| | Sommet Alt. 172.741 m | | | |
| Pente 6 | Pente 0.32 % | 200.076 | 1520.694 | 172.771 |
| Parabole 6 | Pente 0.32 % | 85.957 | 1720.770 | 173.409 |
| | Rayon -12500.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 1760.615 m | | | |
| | Sommet Alt. 173.473 m | | | |
| Pente 7 | Pente -0.37 % | 274.726 | 1806.728 | 173.388 |
| Parabole 7 | Pente -0.37 % | 37.480 | 2081.454 | 172.374 |
| | Rayon 5500.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 2101.743 m | | | |
| | Sommet Alt. 172.337 m | | | |
| Pente 8 | Pente 0.31 % | 181.496 | 2118.934 | 172.364 |
| Parabole 8 | Pente 0.31 % | 107.924 | 2300.430 | 172.931 |
| | Rayon -15000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 2347.314 m | | | |
| | Sommet Alt. 173.004 m | | | |
| Pente 9 | Pente -0.41 % | 266.398 | 2408.354 | 172.880 |
| Parabole 9 | Pente -0.41 % | 50.884 | 2674.752 | 171.796 |
| | Rayon 6500.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 2701.203 m | | | |
| | Sommet Alt. 171.742 m | | | |
| Pente 10 | Pente 0.38 % | 125.990 | 2725.636 | 171.788 |

| Elts Caractéristiques | | | Points de Contacts | | |
|---|---------------|--------------|--------------------|----------|---------|
| Nom | Pente / Rayon | Longueur | Abscisse | Altitude | |
| Parabole 10 | Pente | 0.38 % | 102.355 | 2851.626 | 172.262 |
| | Rayon | -14500.000 m | | | |
| | Sommet Absc. | 2906.131 m | | | |
| | Sommet Alt. | 172.364 m | | | |
| | Pente | -0.33 % | | | |
| Pente 11 | Pente | -0.33 % | 329.575 | 2953.980 | 172.285 |
| Parabole 11 | Pente | -0.33 % | 33.277 | 3283.556 | 171.198 |
| | Rayon | 4500.000 m | | | |
| | Sommet Absc. | 3298.405 m | | | |
| | Sommet Alt. | 171.173 m | | | |
| | Pente | 0.41 % | | | |
| Pente 12 | Pente | 0.41 % | 132.468 | 3316.832 | 171.211 |
| Parabole 12 | Pente | 0.41 % | 100.824 | 3449.301 | 171.753 |
| | Rayon | -12500.000 m | | | |
| | Sommet Absc. | 3500.486 m | | | |
| | Sommet Alt. | 171.858 m | | | |
| | Pente | -0.40 % | | | |
| Pente 13 | Pente | -0.40 % | 270.984 | 3550.125 | 171.759 |
| Parabole 13 | Pente | -0.40 % | 48.549 | 3821.108 | 170.683 |
| | Rayon | 7000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. | 3848.906 m | | | |
| | Sommet Alt. | 170.628 m | | | |
| | Pente | 0.30 % | | | |
| Pente 14 | Pente | 0.30 % | 114.735 | 3869.657 | 170.659 |
| Parabole 14 | Pente | 0.30 % | 114.600 | 3984.392 | 170.999 |
| | Rayon | -14000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. | 4025.896 m | | | |
| | Sommet Alt. | 171.061 m | | | |
| | Pente | -0.52 % | | | |
| Pente 15 | Pente | -0.52 % | 83.308 | 4098.992 | 170.870 |
| Parabole 15 | Pente | -0.52 % | 41.106 | 4182.301 | 170.435 |
| | Rayon | 5000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. | 4208.406 m | | | |
| | Sommet Alt. | 170.367 m | | | |
| | Pente | 0.30 % | | | |
| Pente 16 | Pente | 0.30 % | 274.208 | 4223.406 | 170.389 |
| | | | | 4497.614 | 171.212 |
| Longueur totale de l'axe 4497.614 mètre(s) | | | | | |

Cubatures Déblai Remblai (compensé)

| Num. | Abscisse | Longueur | Surfaces | | Volumes Partiels | | Volumes Cumulés | |
|------|----------|----------|----------|---------|------------------|---------|-----------------|---------|
| | | | Déblai | Remblai | Déblai | Remblai | Déblai | Remblai |
| P.1 | 0.000 | 15.00 | 0.00 | 6.78 | 0.000 | 101.689 | 0 | 102 |
| P.2 | 30.000 | 30.00 | 0.00 | 24.26 | 0.000 | 727.761 | 0 | 829 |
| P.3 | 60.000 | 30.00 | 0.00 | 18.57 | 0.000 | 557.164 | 0 | 1387 |
| P.4 | 90.000 | 30.00 | 0.00 | 16.58 | 0.000 | 497.436 | 0 | 1884 |
| P.5 | 120.000 | 30.00 | 0.00 | 13.92 | 0.000 | 417.628 | 0 | 2302 |
| P.6 | 150.000 | 30.00 | 0.00 | 11.46 | 0.000 | 343.726 | 0 | 2645 |
| P.7 | 180.000 | 30.00 | 0.00 | 9.69 | 0.000 | 290.752 | 0 | 2936 |
| P.8 | 210.000 | 30.00 | 0.00 | 7.70 | 0.000 | 230.879 | 0 | 3167 |
| P.9 | 240.000 | 30.00 | 0.00 | 5.97 | 0.000 | 179.200 | 0 | 3346 |
| P.10 | 270.000 | 30.00 | 0.00 | 4.34 | 0.000 | 130.268 | 0 | 3477 |
| P.11 | 300.000 | 30.00 | 0.00 | 2.68 | 0.000 | 80.374 | 0 | 3557 |
| P.12 | 330.000 | 30.00 | 0.00 | 3.50 | 0.000 | 105.075 | 0 | 3662 |
| P.13 | 360.000 | 30.00 | 0.00 | 5.88 | 0.000 | 176.335 | 0 | 3838 |
| P.14 | 390.000 | 30.00 | 0.00 | 8.69 | 0.000 | 260.986 | 0 | 4099 |
| P.15 | 420.000 | 30.00 | 0.00 | 10.86 | 0.000 | 326.087 | 0 | 4425 |
| P.16 | 450.000 | 30.00 | 0.00 | 12.67 | 0.000 | 380.242 | 0 | 4806 |
| P.17 | 480.000 | 30.00 | 0.00 | 14.01 | 0.000 | 420.337 | 0 | 5226 |
| P.18 | 510.000 | 30.00 | 0.00 | 14.59 | 0.000 | 437.741 | 0 | 5664 |
| P.19 | 540.000 | 30.00 | 0.00 | 14.02 | 0.000 | 420.497 | 0 | 6084 |
| P.20 | 570.000 | 30.00 | 0.00 | 12.47 | 0.000 | 373.951 | 0 | 6458 |
| P.21 | 600.000 | 30.00 | 0.00 | 11.20 | 0.000 | 336.141 | 0 | 6794 |
| P.22 | 630.000 | 30.00 | 0.00 | 10.39 | 0.000 | 311.563 | 0 | 7106 |
| P.23 | 660.000 | 30.00 | 0.00 | 11.33 | 0.000 | 339.955 | 0 | 7446 |
| P.24 | 690.000 | 30.00 | 0.00 | 10.19 | 0.000 | 305.697 | 0 | 7751 |
| P.25 | 720.000 | 30.00 | 0.00 | 9.61 | 0.000 | 288.274 | 0 | 8040 |
| P.26 | 750.000 | 30.00 | 0.00 | 8.48 | 0.000 | 254.667 | 0 | 8294 |
| P.27 | 780.000 | 30.00 | 0.00 | 8.06 | 0.000 | 242.202 | 0 | 8537 |
| P.28 | 810.000 | 30.00 | 0.00 | 7.17 | 0.000 | 215.294 | 0 | 8752 |
| P.29 | 840.000 | 30.00 | 0.00 | 6.72 | 0.000 | 202.004 | 0 | 8954 |
| P.30 | 870.000 | 30.00 | 0.00 | 5.93 | 0.000 | 178.333 | 0 | 9132 |
| P.31 | 900.000 | 30.00 | 0.00 | 3.57 | 0.000 | 107.053 | 0 | 9239 |
| P.32 | 930.000 | 30.00 | 0.00 | 4.12 | 0.000 | 123.608 | 0 | 9363 |
| P.33 | 960.000 | 30.00 | 0.00 | 5.83 | 0.000 | 175.027 | 0 | 9538 |
| P.34 | 990.000 | 30.00 | 0.00 | 7.62 | 0.000 | 228.538 | 0 | 9766 |
| P.35 | 1020.000 | 30.00 | 0.00 | 9.03 | 0.000 | 270.999 | 0 | 10037 |
| P.36 | 1050.000 | 30.00 | 0.00 | 10.94 | 0.000 | 328.208 | 0 | 10366 |
| P.37 | 1080.000 | 30.00 | 0.00 | 12.95 | 0.000 | 388.459 | 0 | 10754 |
| P.38 | 1110.000 | 30.00 | 0.00 | 14.06 | 0.000 | 421.701 | 0 | 11176 |
| P.39 | 1140.000 | 30.00 | 0.00 | 13.95 | 0.000 | 418.495 | 0 | 11594 |
| P.40 | 1170.000 | 30.00 | 0.00 | 12.95 | 0.000 | 388.589 | 0 | 11983 |
| P.41 | 1200.000 | 30.00 | 0.00 | 12.19 | 0.000 | 365.685 | 0 | 12349 |
| P.42 | 1230.000 | 30.00 | 0.00 | 11.53 | 0.000 | 345.851 | 0 | 12694 |
| P.43 | 1260.000 | 30.00 | 0.00 | 10.73 | 0.000 | 321.946 | 0 | 13016 |
| P.44 | 1290.000 | 30.00 | 0.00 | 10.32 | 0.000 | 309.655 | 0 | 13326 |
| P.45 | 1320.000 | 30.00 | 0.00 | 9.93 | 0.000 | 298.277 | 0 | 13624 |
| P.46 | 1350.000 | 30.00 | 0.00 | 8.92 | 0.000 | 267.813 | 0 | 13892 |
| P.47 | 1380.000 | 30.00 | 0.00 | 8.34 | 0.000 | 250.513 | 0 | 14143 |
| P.48 | 1410.000 | 30.00 | 0.00 | 7.44 | 0.000 | 223.452 | 0 | 14366 |
| P.49 | 1440.000 | 30.00 | 0.00 | 6.26 | 0.000 | 187.950 | 0 | 14554 |
| P.50 | 1470.000 | 30.00 | 0.00 | 4.14 | 0.000 | 124.210 | 0 | 14678 |
| P.51 | 1500.000 | 30.00 | 0.00 | 3.37 | 0.000 | 101.146 | 0 | 14779 |
| P.52 | 1530.000 | 30.00 | 0.00 | 4.70 | 0.000 | 140.954 | 0 | 14920 |
| P.53 | 1560.000 | 30.00 | 0.00 | 6.29 | 0.000 | 188.663 | 0 | 15109 |
| P.54 | 1590.000 | 30.00 | 0.00 | 8.02 | 0.000 | 240.722 | 0 | 15350 |
| P.55 | 1620.000 | 30.00 | 0.00 | 9.73 | 0.000 | 291.790 | 0 | 15642 |
| P.56 | 1650.000 | 30.00 | 0.00 | 11.39 | 0.000 | 341.839 | 0 | 15983 |
| P.57 | 1680.000 | 30.00 | 0.00 | 13.23 | 0.000 | 396.795 | 0 | 16380 |
| P.58 | 1710.000 | 30.00 | 0.00 | 15.21 | 0.000 | 456.291 | 0 | 16836 |
| P.59 | 1740.000 | 30.00 | 0.00 | 16.93 | 0.000 | 507.826 | 0 | 17344 |

| Num. | Abscisse | Longueur | Surfaces | | Volumes Partiels | | Volumes Cumulés | |
|-------|----------|----------|----------|---------|------------------|---------|-----------------|---------|
| | | | Déblai | Remblai | Déblai | Remblai | Déblai | Remblai |
| P.60 | 1770.000 | 30.00 | 0.00 | 16.70 | 0.000 | 501.009 | 0 | 17845 |
| P.61 | 1800.000 | 30.00 | 0.00 | 16.51 | 0.000 | 495.170 | 0 | 18340 |
| P.62 | 1830.000 | 30.00 | 0.00 | 15.18 | 0.000 | 455.471 | 0 | 18796 |
| P.63 | 1860.000 | 30.00 | 0.00 | 15.25 | 0.000 | 457.385 | 0 | 19253 |
| P.64 | 1890.000 | 30.00 | 0.00 | 12.51 | 0.000 | 375.190 | 0 | 19629 |
| P.65 | 1920.000 | 30.00 | 0.00 | 10.41 | 0.000 | 312.358 | 0 | 19941 |
| P.66 | 1950.000 | 30.00 | 0.00 | 9.22 | 0.000 | 276.541 | 0 | 20217 |
| P.67 | 1980.000 | 30.00 | 0.00 | 8.04 | 0.000 | 241.299 | 0 | 20459 |
| P.68 | 2010.000 | 30.00 | 0.00 | 6.76 | 0.000 | 202.865 | 0 | 20662 |
| P.69 | 2040.000 | 30.00 | 0.00 | 5.46 | 0.000 | 163.695 | 0 | 20825 |
| P.70 | 2070.000 | 30.00 | 0.00 | 4.17 | 0.000 | 125.165 | 0 | 20950 |
| P.71 | 2100.000 | 30.00 | 0.00 | 3.35 | 0.000 | 100.472 | 0 | 21051 |
| P.72 | 2130.000 | 30.00 | 0.00 | 4.50 | 0.000 | 134.869 | 0 | 21186 |
| P.73 | 2160.000 | 30.00 | 0.00 | 6.13 | 0.000 | 183.875 | 0 | 21370 |
| P.74 | 2190.000 | 30.00 | 0.00 | 7.78 | 0.000 | 233.501 | 0 | 21603 |
| P.75 | 2220.000 | 30.00 | 0.00 | 10.17 | 0.000 | 305.203 | 0 | 21908 |
| P.76 | 2250.000 | 30.00 | 0.00 | 12.18 | 0.000 | 365.738 | 0 | 22274 |
| P.77 | 2280.000 | 30.00 | 0.00 | 13.59 | 0.000 | 408.007 | 0 | 22682 |
| P.78 | 2310.000 | 30.00 | 0.00 | 14.61 | 0.000 | 438.969 | 0 | 23121 |
| P.79 | 2340.000 | 30.00 | 0.00 | 16.16 | 0.000 | 485.382 | 0 | 23606 |
| P.80 | 2370.000 | 30.00 | 0.00 | 16.68 | 0.000 | 500.691 | 0 | 24107 |
| P.81 | 2400.000 | 30.00 | 0.00 | 15.31 | 0.000 | 459.381 | 0 | 24567 |
| P.82 | 2430.000 | 30.00 | 0.00 | 13.63 | 0.000 | 408.795 | 0 | 24975 |
| P.83 | 2460.000 | 30.00 | 0.00 | 12.24 | 0.000 | 367.184 | 0 | 25343 |
| P.84 | 2490.000 | 30.00 | 0.00 | 10.70 | 0.000 | 321.038 | 0 | 25664 |
| P.85 | 2520.000 | 30.00 | 0.00 | 9.30 | 0.000 | 279.109 | 0 | 25943 |
| P.86 | 2550.000 | 30.00 | 0.00 | 8.39 | 0.000 | 251.709 | 0 | 26194 |
| P.87 | 2580.000 | 30.00 | 0.00 | 7.35 | 0.000 | 220.460 | 0 | 26415 |
| P.88 | 2610.000 | 30.00 | 0.00 | 6.03 | 0.000 | 180.809 | 0 | 26596 |
| P.89 | 2640.000 | 30.00 | 0.00 | 5.51 | 0.000 | 165.453 | 0 | 26761 |
| P.90 | 2670.000 | 30.00 | 0.00 | 4.83 | 0.000 | 145.335 | 0 | 26906 |
| P.91 | 2700.000 | 30.00 | 0.00 | 4.71 | 0.000 | 141.987 | 0 | 27048 |
| P.92 | 2730.000 | 30.00 | 0.00 | 5.55 | 0.000 | 166.869 | 0 | 27215 |
| P.93 | 2760.000 | 30.00 | 0.00 | 8.13 | 0.000 | 244.257 | 0 | 27460 |
| P.94 | 2790.000 | 30.00 | 0.00 | 9.58 | 0.000 | 287.561 | 0 | 27747 |
| P.95 | 2820.000 | 30.00 | 0.00 | 11.48 | 0.000 | 344.323 | 0 | 28091 |
| P.96 | 2850.000 | 30.00 | 0.00 | 13.70 | 0.000 | 410.959 | 0 | 28502 |
| P.97 | 2880.000 | 30.00 | 0.00 | 15.31 | 0.000 | 459.246 | 0 | 28962 |
| P.98 | 2910.000 | 30.00 | 0.00 | 16.51 | 0.000 | 495.374 | 0 | 29457 |
| P.99 | 2940.000 | 30.00 | 0.00 | 16.20 | 0.000 | 485.890 | 0 | 29943 |
| P.100 | 2970.000 | 30.00 | 0.00 | 15.00 | 0.000 | 449.927 | 0 | 30393 |
| P.101 | 3000.000 | 30.00 | 0.00 | 14.02 | 0.000 | 420.585 | 0 | 30813 |
| P.102 | 3030.000 | 30.00 | 0.00 | 12.63 | 0.000 | 379.027 | 0 | 31192 |
| P.103 | 3060.000 | 30.00 | 0.00 | 11.04 | 0.000 | 331.096 | 0 | 31524 |
| P.104 | 3090.000 | 30.00 | 0.00 | 9.99 | 0.000 | 299.747 | 0 | 31823 |
| P.105 | 3120.000 | 30.00 | 0.00 | 8.90 | 0.000 | 266.989 | 0 | 32090 |
| P.106 | 3150.000 | 30.00 | 0.00 | 7.68 | 0.000 | 230.485 | 0 | 32321 |
| P.107 | 3180.000 | 30.00 | 0.00 | 6.63 | 0.000 | 199.049 | 0 | 32520 |
| P.108 | 3210.000 | 30.00 | 0.00 | 5.65 | 0.000 | 169.579 | 0 | 32689 |
| P.109 | 3240.000 | 30.00 | 0.00 | 4.70 | 0.000 | 141.034 | 0 | 32830 |
| P.110 | 3270.000 | 30.00 | 0.00 | 4.22 | 0.000 | 126.653 | 0 | 32957 |
| P.111 | 3300.000 | 30.00 | 0.00 | 4.38 | 0.000 | 131.637 | 0 | 33089 |
| P.112 | 3330.000 | 30.00 | 0.00 | 6.51 | 0.000 | 195.488 | 0 | 33284 |
| P.113 | 3360.000 | 30.00 | 0.00 | 8.48 | 0.000 | 254.776 | 0 | 33539 |
| P.114 | 3390.000 | 30.00 | 0.00 | 10.73 | 0.000 | 322.284 | 0 | 33861 |
| P.115 | 3420.000 | 30.00 | 0.00 | 13.11 | 0.000 | 393.587 | 0 | 34255 |
| P.116 | 3450.000 | 30.00 | 0.00 | 14.92 | 0.000 | 447.708 | 0 | 34703 |
| P.117 | 3480.000 | 30.00 | 0.00 | 16.06 | 0.000 | 481.783 | 0 | 35184 |
| P.118 | 3510.000 | 30.00 | 0.00 | 17.08 | 0.000 | 512.326 | 0 | 35697 |
| P.119 | 3540.000 | 30.00 | 0.00 | 16.26 | 0.000 | 487.830 | 0 | 36184 |
| P.120 | 3570.000 | 30.00 | 0.00 | 14.87 | 0.000 | 446.067 | 0 | 36631 |
| P.121 | 3600.000 | 30.00 | 0.00 | 13.77 | 0.000 | 412.989 | 0 | 37044 |
| P.122 | 3630.000 | 30.00 | 0.00 | 12.12 | 0.000 | 363.662 | 0 | 37407 |

| Num. | Abscisse | Longueur | Surfaces | | Volumes Partiels | | Volumes Cumulés | |
|-------|----------|----------|----------|---------|------------------|---------|-----------------|--------------|
| | | | Déblai | Remblai | Déblai | Remblai | Déblai | Remblai |
| P.123 | 3660.000 | 30.00 | 0.00 | 10.42 | 0.000 | 312.704 | 0 | 37720 |
| P.124 | 3690.000 | 30.00 | 0.00 | 8.63 | 0.000 | 259.035 | 0 | 37979 |
| P.125 | 3720.000 | 30.00 | 0.00 | 6.82 | 0.000 | 204.650 | 0 | 38184 |
| P.126 | 3750.000 | 30.00 | 0.00 | 5.59 | 0.000 | 167.754 | 0 | 38351 |
| P.127 | 3780.000 | 30.00 | 0.00 | 4.18 | 0.000 | 125.318 | 0 | 38477 |
| P.128 | 3810.000 | 30.00 | 0.00 | 3.01 | 0.000 | 90.419 | 0 | 38567 |
| P.129 | 3840.000 | 30.00 | 0.00 | 1.96 | 0.000 | 58.782 | 0 | 38626 |
| P.130 | 3870.000 | 30.00 | 0.00 | 2.67 | 0.000 | 79.994 | 0 | 38706 |
| P.131 | 3900.000 | 30.00 | 0.00 | 4.38 | 0.000 | 131.383 | 0 | 38837 |
| P.132 | 3930.000 | 30.00 | 0.00 | 6.34 | 0.000 | 190.200 | 0 | 39027 |
| P.133 | 3960.000 | 30.00 | 0.00 | 8.06 | 0.000 | 241.753 | 0 | 39269 |
| P.134 | 3990.000 | 30.00 | 0.00 | 10.18 | 0.000 | 305.274 | 0 | 39574 |
| P.135 | 4020.000 | 30.00 | 0.00 | 12.51 | 0.000 | 375.354 | 0 | 39950 |
| P.136 | 4050.000 | 30.00 | 0.00 | 12.94 | 0.000 | 388.217 | 0 | 40338 |
| P.137 | 4080.000 | 30.00 | 0.00 | 12.47 | 0.000 | 374.226 | 0 | 40712 |
| P.138 | 4110.000 | 30.00 | 0.00 | 10.96 | 0.000 | 328.738 | 0 | 41041 |
| P.139 | 4140.000 | 30.00 | 0.00 | 7.97 | 0.000 | 239.204 | 0 | 41280 |
| P.140 | 4170.000 | 30.00 | 0.00 | 5.58 | 0.000 | 167.317 | 0 | 41448 |
| P.141 | 4200.000 | 30.00 | 0.00 | 3.91 | 0.000 | 117.233 | 0 | 41565 |
| P.142 | 4230.000 | 30.00 | 0.00 | 5.01 | 0.000 | 150.306 | 0 | 41715 |
| P.143 | 4260.000 | 30.00 | 0.00 | 6.62 | 0.000 | 198.540 | 0 | 41914 |
| P.144 | 4290.000 | 30.00 | 0.00 | 8.60 | 0.000 | 257.913 | 0 | 42172 |
| P.145 | 4320.000 | 30.00 | 0.00 | 10.26 | 0.000 | 307.768 | 0 | 42479 |
| P.146 | 4350.000 | 30.00 | 0.00 | 10.29 | 0.000 | 308.692 | 0 | 42788 |
| P.147 | 4380.000 | 30.00 | 0.00 | 12.35 | 0.000 | 370.507 | 0 | 43158 |
| P.148 | 4410.000 | 30.00 | 0.00 | 14.76 | 0.000 | 442.940 | 0 | 43601 |
| P.149 | 4440.000 | 30.00 | 0.00 | 15.82 | 0.000 | 474.456 | 0 | 44076 |
| P.150 | 4470.000 | 28.81 | 0.00 | 20.38 | 0.000 | 587.090 | 0 | 44663 |
| P.151 | 4497.614 | 13.81 | 0.00 | 20.41 | 0.000 | 281.778 | 0 | 44945 |

Profils En Travers

| Num. | Abscisse | Axe Plan | Axe Long | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|-------------|------------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | Droite 1 | Pente 1 | 173.954 | 175.454 | 227.867 | 240332.206 | 3830738.143 | 2.50 | -2.50 |
| P.2 | 30.000 | Droite 1 | Pente 1 | 172.734 | 175.311 | 227.867 | 240359.377 | 3830725.426 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 60.000 | Droite 1 | Pente 1 | 172.897 | 175.168 | 227.867 | 240386.549 | 3830712.709 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 90.000 | Droite 1 | Pente 1 | 172.876 | 175.025 | 227.867 | 240413.720 | 3830699.993 | 2.50 | -2.50 |
| P.5 | 120.000 | Droite 1 | Pente 1 | 172.910 | 174.882 | 227.867 | 240440.891 | 3830687.276 | 2.50 | -2.50 |
| P.6 | 150.000 | Droite 1 | Pente 1 | 172.913 | 174.740 | 227.867 | 240468.063 | 3830674.559 | 2.50 | -2.50 |
| P.7 | 180.000 | Droite 1 | Pente 1 | 172.873 | 174.597 | 227.867 | 240495.234 | 3830661.843 | 2.50 | -2.50 |
| P.8 | 210.000 | Droite 1 | Pente 1 | 172.842 | 174.454 | 227.867 | 240522.406 | 3830649.126 | 2.50 | -2.50 |
| P.9 | 240.000 | Droite 1 | Pente 1 | 172.913 | 174.311 | 227.867 | 240549.577 | 3830636.409 | 2.50 | -2.50 |
| P.10 | 270.000 | Droite 1 | Pente 1 | 172.785 | 174.168 | 227.867 | 240576.748 | 3830623.693 | 2.50 | -2.50 |
| P.11 | 300.000 | Droite 1 | Parabole 1 | 172.913 | 174.061 | 227.867 | 240603.920 | 3830610.976 | 2.50 | -2.50 |
| P.12 | 330.000 | Clothoïde 1 | Pente 2 | 172.890 | 174.136 | 227.869 | 240631.091 | 3830598.259 | 2.36 | -2.50 |
| P.13 | 360.000 | Clothoïde 1 | Pente 2 | 172.856 | 174.247 | 228.814 | 240658.196 | 3830585.401 | -0.23 | -2.50 |
| P.14 | 390.000 | Clothoïde 1 | Pente 2 | 172.808 | 174.358 | 231.469 | 240684.924 | 3830571.783 | -2.82 | -2.82 |
| P.15 | 420.000 | Clothoïde 2 | Pente 2 | 172.750 | 174.468 | 235.039 | 240710.906 | 3830556.792 | -1.97 | -2.50 |
| P.16 | 450.000 | Clothoïde 2 | Pente 2 | 172.688 | 174.579 | 237.133 | 240736.176 | 3830540.627 | 0.62 | -2.50 |
| P.17 | 480.000 | Droite 2 | Parabole 2 | 172.675 | 174.668 | 237.582 | 240761.127 | 3830523.970 | 2.50 | -2.50 |
| P.18 | 510.000 | Droite 2 | Parabole 2 | 172.616 | 174.670 | 237.582 | 240786.050 | 3830507.271 | 2.50 | -2.50 |
| P.19 | 540.000 | Droite 2 | Pente 3 | 172.605 | 174.591 | 237.582 | 240810.973 | 3830490.572 | 2.50 | -2.50 |
| P.20 | 570.000 | Droite 2 | Pente 3 | 172.604 | 174.498 | 237.582 | 240835.895 | 3830473.873 | 2.50 | -2.50 |
| P.21 | 600.000 | Droite 2 | Pente 3 | 172.591 | 174.405 | 237.582 | 240860.818 | 3830457.174 | 2.50 | -2.50 |
| P.22 | 630.000 | Droite 2 | Pente 3 | 172.551 | 174.313 | 237.582 | 240885.741 | 3830440.475 | 2.50 | -2.50 |
| P.23 | 660.000 | Droite 2 | Pente 3 | 172.403 | 174.220 | 237.582 | 240910.664 | 3830423.776 | 2.50 | -2.50 |
| P.24 | 690.000 | Droite 2 | Pente 3 | 172.449 | 174.127 | 237.582 | 240935.586 | 3830407.077 | 2.50 | -2.50 |
| P.25 | 720.000 | Clothoïde 3 | Pente 3 | 172.248 | 174.034 | 237.402 | 240960.517 | 3830390.390 | 2.50 | -1.33 |
| P.26 | 750.000 | Clothoïde 3 | Pente 3 | 172.371 | 173.941 | 236.057 | 240985.633 | 3830373.983 | 2.50 | 0.91 |
| P.27 | 780.000 | Arc 2 | Pente 3 | 172.320 | 173.848 | 233.451 | 241011.249 | 3830358.373 | 2.50 | 2.50 |
| P.28 | 810.000 | Arc 2 | Pente 3 | 172.277 | 173.755 | 230.513 | 241037.540 | 3830343.929 | 2.50 | 2.50 |
| P.29 | 840.000 | Arc 2 | Pente 3 | 172.233 | 173.662 | 227.575 | 241064.469 | 3830330.714 | 2.50 | 2.50 |
| P.30 | 870.000 | Clothoïde 4 | Pente 3 | 172.175 | 173.569 | 224.736 | 241091.977 | 3830318.749 | 2.50 | 1.63 |
| P.31 | 900.000 | Clothoïde 4 | Parabole 3 | 172.224 | 173.499 | 222.969 | 241119.914 | 3830307.819 | 2.50 | -0.61 |
| P.32 | 930.000 | Droite 3 | Pente 4 | 172.226 | 173.566 | 222.501 | 241148.038 | 3830297.377 | 2.50 | -2.50 |
| P.33 | 960.000 | Droite 3 | Pente 4 | 172.196 | 173.656 | 222.501 | 241176.184 | 3830286.993 | 2.50 | -2.50 |
| P.34 | 990.000 | Droite 3 | Pente 4 | 172.164 | 173.746 | 222.501 | 241204.329 | 3830276.609 | 2.50 | -2.50 |
| P.35 | 1020.000 | Droite 3 | Pente 4 | 172.168 | 173.837 | 222.501 | 241232.475 | 3830266.225 | 2.50 | -2.50 |
| P.36 | 1050.000 | Droite 3 | Pente 4 | 172.124 | 173.927 | 222.501 | 241260.620 | 3830255.841 | 2.50 | -2.50 |
| P.37 | 1080.000 | Droite 3 | Parabole 4 | 172.086 | 174.016 | 222.501 | 241288.766 | 3830245.457 | 2.50 | -2.50 |
| P.38 | 1110.000 | Droite 3 | Parabole 4 | 172.055 | 174.051 | 222.501 | 241316.911 | 3830235.073 | 2.50 | -2.50 |
| P.39 | 1140.000 | Droite 3 | Parabole 4 | 172.021 | 174.012 | 222.501 | 241345.057 | 3830224.689 | 2.50 | -2.50 |
| P.40 | 1170.000 | Droite 3 | Pente 5 | 171.982 | 173.910 | 222.501 | 241373.203 | 3830214.305 | 2.50 | -2.50 |
| P.41 | 1200.000 | Droite 3 | Pente 5 | 171.933 | 173.801 | 222.501 | 241401.348 | 3830203.921 | 2.50 | -2.50 |
| P.42 | 1230.000 | Droite 3 | Pente 5 | 171.863 | 173.691 | 222.501 | 241429.494 | 3830193.537 | 2.50 | -2.50 |
| P.43 | 1260.000 | Clothoïde 5 | Pente 5 | 171.805 | 173.582 | 222.525 | 241457.639 | 3830183.152 | 2.06 | -2.50 |
| P.44 | 1290.000 | Clothoïde 5 | Pente 5 | 171.762 | 173.472 | 223.375 | 241485.727 | 3830172.615 | -0.18 | -2.50 |
| P.45 | 1320.000 | Clothoïde 5 | Pente 5 | 171.723 | 173.363 | 225.447 | 241513.565 | 3830161.436 | -2.42 | -2.50 |
| P.46 | 1350.000 | Arc 3 | Pente 5 | 171.677 | 173.254 | 228.174 | 241540.942 | 3830149.173 | -2.50 | -2.50 |
| P.47 | 1380.000 | Arc 3 | Pente 5 | 171.602 | 173.144 | 230.903 | 241567.768 | 3830135.749 | -2.50 | -2.50 |
| P.48 | 1410.000 | Arc 3 | Pente 5 | 171.554 | 173.035 | 233.631 | 241593.995 | 3830121.187 | -2.50 | -2.50 |
| P.49 | 1440.000 | Clothoïde 6 | Pente 5 | 171.516 | 172.926 | 236.328 | 241619.574 | 3830105.516 | -1.99 | -2.50 |
| P.50 | 1470.000 | Clothoïde 6 | Pente 5 | 171.515 | 172.816 | 238.166 | 241644.556 | 3830088.909 | 0.25 | -2.50 |
| P.51 | 1500.000 | Clothoïde 6 | Parabole 5 | 171.454 | 172.741 | 238.783 | 241669.215 | 3830071.823 | 2.49 | -2.50 |
| P.52 | 1530.000 | Droite 4 | Pente 6 | 171.420 | 172.801 | 238.783 | 241693.818 | 3830054.656 | 2.50 | -2.50 |
| P.53 | 1560.000 | Droite 4 | Pente 6 | 171.411 | 172.897 | 238.783 | 241718.421 | 3830037.490 | 2.50 | -2.50 |
| P.54 | 1590.000 | Droite 4 | Pente 6 | 171.385 | 172.992 | 238.783 | 241743.025 | 3830020.324 | 2.50 | -2.50 |
| P.55 | 1620.000 | Droite 4 | Pente 6 | 171.367 | 173.088 | 238.783 | 241767.628 | 3830003.157 | 2.50 | -2.50 |
| P.56 | 1650.000 | Droite 4 | Pente 6 | 171.350 | 173.184 | 238.783 | 241792.231 | 3829985.991 | 2.50 | -2.50 |
| P.57 | 1680.000 | Droite 4 | Pente 6 | 171.335 | 173.279 | 238.783 | 241816.834 | 3829968.824 | 2.50 | -2.50 |
| P.58 | 1710.000 | Droite 4 | Pente 6 | 171.309 | 173.375 | 238.783 | 241841.437 | 3829951.658 | 2.50 | -2.50 |
| P.59 | 1740.000 | Droite 4 | Parabole 6 | 171.304 | 173.456 | 238.783 | 241866.040 | 3829934.492 | 2.50 | -2.50 |

| Num. | Abscisse | Axe Plan | Axe Long | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|-------|----------|--------------|-------------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.60 | 1770.000 | Droite 4 | Parabole 6 | 171.328 | 173.469 | 238.783 | 241890.644 | 3829917.325 | 2.50 | -2.50 |
| P.61 | 1800.000 | Droite 4 | Parabole 6 | 171.262 | 173.411 | 238.783 | 241915.247 | 3829900.159 | 2.50 | -2.50 |
| P.62 | 1830.000 | Droite 4 | Pente 7 | 171.238 | 173.302 | 238.783 | 241939.850 | 3829882.993 | 2.50 | -2.50 |
| P.63 | 1860.000 | Droite 4 | Pente 7 | 171.101 | 173.191 | 238.783 | 241964.453 | 3829865.826 | 2.50 | -2.50 |
| P.64 | 1890.000 | Droite 4 | Pente 7 | 171.183 | 173.080 | 238.783 | 241989.056 | 3829848.660 | 2.50 | -2.50 |
| P.65 | 1920.000 | Droite 4 | Pente 7 | 171.211 | 172.970 | 238.783 | 242013.660 | 3829831.494 | 2.50 | -2.50 |
| P.66 | 1950.000 | Droite 4 | Pente 7 | 171.177 | 172.859 | 238.783 | 242038.263 | 3829814.327 | 2.50 | -2.50 |
| P.67 | 1980.000 | Droite 4 | Pente 7 | 171.141 | 172.748 | 238.783 | 242062.866 | 3829797.161 | 2.50 | -2.50 |
| P.68 | 2010.000 | Droite 4 | Pente 7 | 171.116 | 172.638 | 238.783 | 242087.469 | 3829779.995 | 2.50 | -2.50 |
| P.69 | 2040.000 | Droite 4 | Pente 7 | 171.095 | 172.527 | 238.783 | 242112.072 | 3829762.828 | 2.50 | -2.50 |
| P.70 | 2070.000 | Droite 4 | Pente 7 | 171.074 | 172.416 | 238.783 | 242136.675 | 3829745.662 | 2.50 | -2.50 |
| P.71 | 2100.000 | Droite 4 | Parabole 7 | 171.053 | 172.337 | 238.783 | 242161.279 | 3829728.495 | 2.50 | -2.50 |
| P.72 | 2130.000 | Droite 4 | Pente 8 | 171.032 | 172.398 | 238.783 | 242185.882 | 3829711.329 | 2.50 | -2.50 |
| P.73 | 2160.000 | Droite 4 | Pente 8 | 171.012 | 172.492 | 238.783 | 242210.485 | 3829694.163 | 2.50 | -2.50 |
| P.74 | 2190.000 | Clothoïde 7 | Pente 8 | 170.962 | 172.586 | 238.783 | 242235.088 | 3829676.996 | 2.44 | -2.50 |
| P.75 | 2220.000 | Clothoïde 7 | Pente 8 | 170.961 | 172.680 | 239.599 | 242259.616 | 3829659.723 | -0.01 | -2.50 |
| P.76 | 2250.000 | Clothoïde 7 | Pente 8 | 170.996 | 172.773 | 241.970 | 242283.702 | 3829641.841 | -2.47 | -2.50 |
| P.77 | 2280.000 | Arc 4 | Pente 8 | 170.984 | 172.867 | 245.409 | 242306.912 | 3829622.839 | -2.98 | -2.98 |
| P.78 | 2310.000 | Arc 4 | Parabole 8 | 171.027 | 172.958 | 248.882 | 242329.052 | 3829602.600 | -2.98 | -2.98 |
| P.79 | 2340.000 | Arc 4 | Parabole 8 | 170.973 | 173.002 | 252.354 | 242350.056 | 3829581.185 | -2.98 | -2.98 |
| P.80 | 2370.000 | Clothoïde 8 | Parabole 8 | 170.912 | 172.987 | 255.767 | 242369.863 | 3829558.658 | -2.30 | -2.50 |
| P.81 | 2400.000 | Clothoïde 8 | Parabole 8 | 170.876 | 172.912 | 258.030 | 242388.609 | 3829535.238 | 0.16 | -2.50 |
| P.82 | 2430.000 | Droite 5 | Pente 9 | 170.815 | 172.792 | 258.740 | 242406.804 | 3829511.386 | 2.50 | -2.50 |
| P.83 | 2460.000 | Droite 5 | Pente 9 | 170.781 | 172.670 | 258.740 | 242424.914 | 3829487.469 | 2.50 | -2.50 |
| P.84 | 2490.000 | Droite 5 | Pente 9 | 170.763 | 172.548 | 258.740 | 242443.024 | 3829463.552 | 2.50 | -2.50 |
| P.85 | 2520.000 | Droite 5 | Pente 9 | 170.730 | 172.426 | 258.740 | 242461.135 | 3829439.635 | 2.50 | -2.50 |
| P.86 | 2550.000 | Droite 5 | Pente 9 | 170.663 | 172.304 | 258.740 | 242479.245 | 3829415.719 | 2.50 | -2.50 |
| P.87 | 2580.000 | Droite 5 | Pente 9 | 170.614 | 172.181 | 258.740 | 242497.355 | 3829391.802 | 2.50 | -2.50 |
| P.88 | 2610.000 | Clothoïde 9 | Pente 9 | 170.600 | 172.059 | 258.643 | 242515.470 | 3829367.888 | 2.50 | -1.62 |
| P.89 | 2640.000 | Clothoïde 9 | Pente 9 | 170.568 | 171.937 | 257.084 | 242533.848 | 3829344.177 | 2.50 | 1.15 |
| P.90 | 2670.000 | Arc 5 | Pente 9 | 170.516 | 171.815 | 253.633 | 242553.145 | 3829321.212 | 3.67 | 3.67 |
| P.91 | 2700.000 | Arc 5 | Parabole 9 | 170.441 | 171.742 | 249.388 | 242573.845 | 3829299.505 | 3.67 | 3.67 |
| P.92 | 2730.000 | Arc 5 | Pente 10 | 170.450 | 171.804 | 245.144 | 242595.945 | 3829279.226 | 3.67 | 3.67 |
| P.93 | 2760.000 | Clothoïde 10 | Pente 10 | 170.393 | 171.917 | 240.939 | 242619.346 | 3829260.463 | 3.11 | 3.11 |
| P.94 | 2790.000 | Clothoïde 10 | Pente 10 | 170.358 | 172.030 | 238.032 | 242643.799 | 3829243.088 | 2.50 | 0.35 |
| P.95 | 2820.000 | Clothoïde 10 | Pente 10 | 170.312 | 172.143 | 237.025 | 242668.777 | 3829226.472 | 2.50 | -2.42 |
| P.96 | 2850.000 | Droite 6 | Pente 10 | 170.276 | 172.256 | 237.024 | 242693.845 | 3829209.992 | 2.50 | -2.50 |
| P.97 | 2880.000 | Droite 6 | Parabole 10 | 170.271 | 172.341 | 237.024 | 242718.913 | 3829193.512 | 2.50 | -2.50 |
| P.98 | 2910.000 | Droite 6 | Parabole 10 | 170.218 | 172.364 | 237.024 | 242743.981 | 3829177.031 | 2.50 | -2.50 |
| P.99 | 2940.000 | Droite 6 | Parabole 10 | 170.185 | 172.325 | 237.024 | 242769.049 | 3829160.551 | 2.50 | -2.50 |
| P.100 | 2970.000 | Droite 6 | Pente 11 | 170.177 | 172.232 | 237.024 | 242794.117 | 3829144.071 | 2.50 | -2.50 |
| P.101 | 3000.000 | Droite 6 | Pente 11 | 170.139 | 172.133 | 237.024 | 242819.184 | 3829127.590 | 2.50 | -2.50 |
| P.102 | 3030.000 | Droite 6 | Pente 11 | 170.154 | 172.034 | 237.024 | 242844.252 | 3829111.110 | 2.50 | -2.50 |
| P.103 | 3060.000 | Droite 6 | Pente 11 | 170.132 | 171.935 | 237.024 | 242869.320 | 3829094.630 | 2.50 | -2.50 |
| P.104 | 3090.000 | Droite 6 | Pente 11 | 170.101 | 171.836 | 237.024 | 242894.388 | 3829078.149 | 2.50 | -2.50 |
| P.105 | 3120.000 | Droite 6 | Pente 11 | 170.073 | 171.737 | 237.024 | 242919.456 | 3829061.669 | 2.50 | -2.50 |
| P.106 | 3150.000 | Droite 6 | Pente 11 | 170.049 | 171.638 | 237.024 | 242944.524 | 3829045.189 | 2.50 | -2.50 |
| P.107 | 3180.000 | Droite 6 | Pente 11 | 170.028 | 171.539 | 237.024 | 242969.592 | 3829028.708 | 2.50 | -2.50 |
| P.108 | 3210.000 | Droite 6 | Pente 11 | 169.996 | 171.440 | 237.024 | 242994.660 | 3829012.228 | 2.50 | -2.50 |
| P.109 | 3240.000 | Droite 6 | Pente 11 | 169.962 | 171.341 | 237.024 | 243019.727 | 3828995.748 | 2.50 | -2.50 |
| P.110 | 3270.000 | Clothoïde 11 | Pente 11 | 169.938 | 171.242 | 236.538 | 243044.831 | 3828979.322 | 2.50 | -0.57 |
| P.111 | 3300.000 | Clothoïde 11 | Parabole 11 | 169.891 | 171.173 | 234.748 | 243070.223 | 3828963.347 | 2.50 | 1.66 |
| P.112 | 3330.000 | Arc 6 | Pente 12 | 169.844 | 171.265 | 231.902 | 243096.195 | 3828948.337 | 2.50 | 2.50 |
| P.113 | 3360.000 | Arc 6 | Pente 12 | 169.835 | 171.388 | 228.963 | 243122.830 | 3828934.538 | 2.50 | 2.50 |
| P.114 | 3390.000 | Arc 6 | Pente 12 | 169.807 | 171.510 | 226.025 | 243150.073 | 3828921.981 | 2.50 | 2.50 |
| P.115 | 3420.000 | Clothoïde 12 | Pente 12 | 169.787 | 171.633 | 223.096 | 243177.866 | 3828910.695 | 2.50 | 2.23 |
| P.116 | 3450.000 | Clothoïde 12 | Parabole 12 | 169.752 | 171.756 | 220.972 | 243206.103 | 3828900.567 | 2.50 | -0.00 |
| P.117 | 3480.000 | Clothoïde 12 | Parabole 12 | 169.732 | 171.841 | 220.163 | 243234.567 | 3828891.092 | 2.50 | -2.24 |
| P.118 | 3510.000 | Droite 7 | Parabole 12 | 169.683 | 171.854 | 220.155 | 243263.076 | 3828881.752 | 2.50 | -2.50 |
| P.119 | 3540.000 | Droite 7 | Parabole 12 | 169.674 | 171.796 | 220.155 | 243291.586 | 3828872.412 | 2.50 | -2.50 |
| P.120 | 3570.000 | Droite 7 | Pente 13 | 169.642 | 171.680 | 220.155 | 243320.095 | 3828863.072 | 2.50 | -2.50 |
| P.121 | 3600.000 | Droite 7 | Pente 13 | 169.596 | 171.561 | 220.155 | 243348.604 | 3828853.733 | 2.50 | -2.50 |
| P.122 | 3630.000 | Droite 7 | Pente 13 | 169.570 | 171.442 | 220.155 | 243377.113 | 3828844.393 | 2.50 | -2.50 |

| Num. | Abscisse | Axe Plan | Axe Long | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|-------|----------|----------|-------------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.123 | 3660.000 | Droite 7 | Pente 13 | 169.555 | 171.323 | 220.155 | 243405.622 | 3828835.053 | 2.50 | -2.50 |
| P.124 | 3690.000 | Droite 7 | Pente 13 | 169.565 | 171.204 | 220.155 | 243434.131 | 3828825.713 | 2.50 | -2.50 |
| P.125 | 3720.000 | Droite 7 | Pente 13 | 169.561 | 171.085 | 220.155 | 243462.640 | 3828816.374 | 2.50 | -2.50 |
| P.126 | 3750.000 | Droite 7 | Pente 13 | 169.529 | 170.966 | 220.155 | 243491.149 | 3828807.034 | 2.50 | -2.50 |
| P.127 | 3780.000 | Droite 7 | Pente 13 | 169.498 | 170.847 | 220.155 | 243519.658 | 3828797.694 | 2.50 | -2.50 |
| P.128 | 3810.000 | Droite 7 | Pente 13 | 169.469 | 170.727 | 220.155 | 243548.167 | 3828788.354 | 2.50 | -2.50 |
| P.129 | 3840.000 | Droite 7 | Parabole 13 | 169.438 | 170.634 | 220.155 | 243576.677 | 3828779.015 | 2.50 | -2.50 |
| P.130 | 3870.000 | Droite 7 | Pente 14 | 169.422 | 170.660 | 220.155 | 243605.186 | 3828769.675 | 2.50 | -2.50 |
| P.131 | 3900.000 | Droite 7 | Pente 14 | 169.391 | 170.749 | 220.155 | 243633.695 | 3828760.335 | 2.50 | -2.50 |
| P.132 | 3930.000 | Droite 7 | Pente 14 | 169.350 | 170.838 | 220.155 | 243662.204 | 3828750.995 | 2.50 | -2.50 |
| P.133 | 3960.000 | Droite 7 | Pente 14 | 169.331 | 170.927 | 220.155 | 243690.713 | 3828741.656 | 2.50 | -2.50 |
| P.134 | 3990.000 | Droite 7 | Parabole 14 | 169.265 | 171.015 | 220.155 | 243719.222 | 3828732.316 | 2.50 | -2.50 |
| P.135 | 4020.000 | Droite 7 | Parabole 14 | 169.164 | 171.059 | 220.155 | 243747.731 | 3828722.976 | 2.50 | -2.50 |
| P.136 | 4050.000 | Droite 7 | Parabole 14 | 169.157 | 171.040 | 220.155 | 243776.240 | 3828713.636 | 2.50 | -2.50 |
| P.137 | 4080.000 | Droite 7 | Parabole 14 | 169.044 | 170.956 | 220.155 | 243804.749 | 3828704.297 | 2.50 | -2.50 |
| P.138 | 4110.000 | Droite 7 | Pente 15 | 169.002 | 170.812 | 220.155 | 243833.258 | 3828694.957 | 2.50 | -2.50 |
| P.139 | 4140.000 | Droite 7 | Pente 15 | 169.053 | 170.656 | 220.155 | 243861.768 | 3828685.617 | 2.50 | -2.50 |
| P.140 | 4170.000 | Droite 7 | Pente 15 | 169.055 | 170.499 | 220.155 | 243890.277 | 3828676.277 | 2.50 | -2.50 |
| P.141 | 4200.000 | Droite 7 | Parabole 15 | 169.033 | 170.374 | 220.155 | 243918.786 | 3828666.938 | 2.50 | -2.50 |
| P.142 | 4230.000 | Droite 7 | Pente 16 | 169.006 | 170.409 | 220.155 | 243947.295 | 3828657.598 | 2.50 | -2.50 |
| P.143 | 4260.000 | Droite 7 | Pente 16 | 168.992 | 170.499 | 220.155 | 243975.804 | 3828648.258 | 2.50 | -2.50 |
| P.144 | 4290.000 | Droite 7 | Pente 16 | 168.946 | 170.589 | 220.155 | 244004.313 | 3828638.918 | 2.50 | -2.50 |
| P.145 | 4320.000 | Droite 7 | Pente 16 | 168.926 | 170.679 | 220.155 | 244032.822 | 3828629.579 | 2.50 | -2.50 |
| P.146 | 4350.000 | Droite 7 | Pente 16 | 169.028 | 170.769 | 220.155 | 244061.331 | 3828620.239 | 2.50 | -2.50 |
| P.147 | 4380.000 | Droite 7 | Pente 16 | 168.976 | 170.859 | 220.155 | 244089.840 | 3828610.899 | 2.50 | -2.50 |
| P.148 | 4410.000 | Droite 7 | Pente 16 | 168.906 | 170.949 | 220.155 | 244118.350 | 3828601.559 | 2.50 | -2.50 |
| P.149 | 4440.000 | Droite 7 | Pente 16 | 168.951 | 171.039 | 220.155 | 244146.859 | 3828592.220 | 2.50 | -2.50 |
| P.150 | 4470.000 | Droite 7 | Pente 16 | 168.763 | 171.129 | 220.155 | 244175.368 | 3828582.880 | 2.50 | -2.50 |
| P.151 | 4497.614 | Droite 7 | Pente 16 | 168.836 | 171.212 | 220.155 | 244201.609 | 3828574.283 | 2.50 | -2.50 |

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (compensé)

| Matériau | Volume Cumulé |
|----------|------------------|
| GNT | 18648.60 |
| TVO | 33826.60 |