REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Géotechnique

Thème
Traitement d'une section routier franchissant des zones inondables :pour 5 km à Bougazoul

---

Présenté par

GUETTAFI Amel

CHIBANI Fatma zohra

Proposé et Dirigé par

Dr : MENAA Lazazi

Promotion Juin 2019



Remerciement

Tous d'abord, nous remercions le bon DIEU
Pour nous avoir guidés vers le bon chemin du savoir
pour nous avoir donné du courage et de volonté
Afin de pouvoir réaliser ce modeste travail.
Nous présentées mes remerciements avec mes profonds respects à mon encadreur
Dr.Menaa Lazazi
Pour son suivi, sa patience, ses précieux conseils et son aide tout et la confiance qu'il nous a accordée
Au long de la réalisation ce travail.
Nous sincères remercîments tous le personnel de la direction des travaux public {DTP},
Nous remercions vivement vont également à tous les Enseignants du département génie civil et surtout le chef de département.
Enfin, nous voudrions remercions mes familles qui n'ont jamais cessé de crois en moi et m'encourager.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leurs soutiens,

Leurs patiences et leurs sacrifices,

À mes frères

Et mes sœurs mariem et maazouza

À toute ma famille, chibani

Et tous mes amis et mes coulegu mariem et jnina

À tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la

Réalisation de ce travail.

Fatma Zohra

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leurs soutiens,

Leurs patiences et leurs sacrifiés,

À Mon frère TAREK

Et mes sœurs LEILA, WISSAL

À toute ma famille, Guettaffi et Ben Alia

Et tous mes amis et mes collègues

À tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la

Réalisation de ce travail.

Amel

Résumé

Dans ce travail, la vision est portée sur l'étude des différents aléas englobant le dimensionnement d'une structure routière par plusieurs méthodes qui doit parfaitement s'adapter aux conditions d'environnement de notre zone d'étude qui est une zone inondable tout en rendant un bon service. L'étude de tracé différents profils de notre projet passe par une bonne connaissance de la géologie de la région et une interprétation des résultats des campagnes de reconnaissance géotechnique. La détermination des épaisseurs des couches de chaussée répondant aux exigences et pouvant résister aux agressions extérieures (intensité de trafic, mauvaise qualité du sol-support etc.) tout en restant dans un intervalle de coût d'exécution et d'entretien acceptable fait l'objet d'un travail rigoureux. La recherche de solutions adéquates au problème de remontée des eaux en temps de crue, notamment la mise en place d'une couche d'enrochement pour une bonne repartions des charges et assurer un bon drainage du sol-support surmontée d'une couche de remblais protégé sur les flans par des géotextiles, fit l'objet d'un travail minutieux.

Ensuite une modélisation de l'action des charges des véhicules transmises par les pneus a la structure en prenant en compte des lois de comportements spécifique pour chaque matériau pour différents situations à savoir le stationnement des véhicules (chargement statique) et la circulation qui induit des vibrations (chargement dynamique) et de l'étude stabilité des différents remblais de notre chaussée. Enfin ce travail comporte une étude de l'impact sur l'environnement de la nouvelle route.

Mots clé : Dimensionnement, Charges, Modélisation, Stabilité, Trafic, Sol-support, Campagnes de reconnaissance, Chargement dynamique.

Summary

In this work, the vision is concerned the study of the various risks including the dimensioning of a road structure by several methods (who must adapt perfectly to the environmental conditions of our zone of study which is an easily flooded zone while rendering a good service. The study of layout various profiles of our project pass by a good knowledge of the geology of the area and an interpretation of the results of the geotechnical recognition campaigns. Determination thicknesses of the layers of roadway fulfilling the requirements and being able to resist the external aggressions (intensity of traffic, bad quality of ground-support etc.) while remaining in an interval of cost of execution and acceptable maintenance is the subject of a rigorous work.

The search for adequate solutions to the problem of increase of water in times of rising, in particular the installation of a rubble bed for good set out again of the loads and to ensure a good drainage of the ground-support surmounted by a layer of fill protected on the blanks by the geotextile ones, was the subject of a meticulous work.

Then a modeling of the action of the loads of the vehicles transmitted by the tires has the structure by taking into account laws of behaviors specific for each material for different situations to knowing the parking of the vehicles (static loading) and the circulation which induces vibrations (dynamic loading) and study stability of the various embankments of our roadway. Finally this work comprises an impact study on the environment of the new road.

Key words: Dimensioning, Loads, Modeling, Stability, Traffic, Ground-support, Campaigns recognition, dynamic Loading.

ملخص :

، في هذا العمل ، تركز الرؤية على دراسة المخاطر المختلفة التي تشمل أبعاد هيكل الطريق من خلال عدة طرق التي يجب أن تتكيف تماما مع الظروف البيئية لمنطقتنا الدراسة التي هي منطقة الفيضانات أثناء تقديم خدمة جيدة. دراسة ملامح الطريق المختلفة من مشروعنا يتطلب معرفة جيدة بجيولوجيا المنطقة و فسير نتائج حملات الجيوتقنية. التصميم سمك الرصف التي تلبي المتطلبات ويمكن أن تحمل العدوان الخارجي (شدة المرور ، وضعف دعم التربة وما إلى ذلك) في حين تبقى ضمن فاصل تكلفة الأداء المقبول والصيانة هو موضوع العمل صارم. البحث عن حلول مناسبة لمشكلة المياه أثناء الفيضانات، بما في ذلك إنشاء طبقة من الأحمال وضمان تصريف جيد لدعم التربة يعلوه طبقة من السدود محمي على الفراغات بواسطة التكسية الأرضية، كان موضوع عمل دقيق. ثم نمذجة عمل الأحمال من المركبات التي تنقلها الإطارات إلى هيكل من خلال الأخذ بعين الاعتبار قوانين السلوك المحددة لكل المواد لحالات مختلفة مثل وقوف السيارات (تحميل ثابت) و الحركة التي تحفز الاهتزازات (التحميل الديناميكي) واستقرار الدراسة السدود المختلفة من طريقنا. وأخيرا يتضمن هذا العمل دراسة للتأثير على بيئة .الطريق الجديد.

كلمات البحث: الأبعاد ، الأحمال ، النمذجة ، الاستقرار ، المرور ، الدعم الأرضي ، حملات الاعتراف ، التحميل الدين

Sommaire

PARTIE THEORIQUE

Chapitre I : Recherche bibliographique

I.1Les route……02

I.1.1 Introduction…….……...02

I.1.2 Définition une route…….....02

I.1.3 Les couches Principal de chaussée……..……..03

I.1.3.1 la couche de forme…….…….03

I.1.3.2 La couche d'assise……..04

I.1.3.3 La couche de surface…….....04

I.1.4 Les différent type de structure de chaussée……...06

I.1.4.1 Les Chaussée souples…….....06

I.1.4.2 Les Chaussée bitumineuses épaisses……..07

I.1.4.3 Les chaussée à assise Traitée aux Liant hydraulique……08

I.1.4.4 Les chaussée à structure mixte……...09

I.1.4.5 Les chaussée à structure inverse……...…..10

I.1.4.6 Les chaussée en béton de ciment.……...10

I.1.4.7 Les chaussée composite……10

I.1.4.8 Chaussée rigide……13

I.1.4.9 Chaussée semi-r.gides……...14

I.2 Les remblais……15

I.2.1 Introduction……...…15

I.2.2 Définition……..15

I.2.3 Les type des remblais……...….16

I.2.4 Modélisation du remblai…….…..17

I.2.4.1 Analyse par éliment finis du remblai d'essai Gloucester…….…..17

I.2.4.2 Le remblai c du site expérimental de CUBZAC-les-points……...….18

I.2.4.3 Etude des remblais adjacents…….…19

I.2.4.3.1 Modélisation des remblais et du sol de fondation……..19

I.2.5 Calcule de remblai de contrainte et déformation……..…20

I.2.5.1 Le programme de calcule par élément finis Rosali-groupe 9 ……..20
I.2.5.2 Application du programme Rosalie-groupe 9 ……..21
I.3 Traitement des zones inondables……22
I.3.1 Solution des remblais en zone inondable……22
I.3.1.1 Condition d'assise……22
I.3.1.2 Corps de remblais……23
I.3.2 Couche en GTN et couche en TUF……25
I.3.2.1 Solution adoptée……..25
I.3.2.2 Contrôle de construction……..26
I.3.3 Drainage……..26
I.4 Remarque……..28

PARTIE PRATIQUE

Chapitre II : Etude géotechnique Du site

II.1 Introduction :…….29
II.2 Présentation du projet……...29
II.3 Données géographique ……30
II.4 Données climatiques ……30
II.5 Sismicité ……31
II.5.1 Aperçu Sismique ……31
II.5.2 Sismicité de la Région…….31
II.5.3 Paramètres Parasismiques et Zonage Sismique ……..31
II.6 reconnaissance géotechnique……..33
II.7 Essai in situ ……34
II.7.1 SONDAGE CAROTTIER ……34
II.7.2 ESSAIS SPT (« STANDARD PENETRATION TEST ») ……..36
II.8 Essais en Laboratoire ……..38
II.9 : Conclusion……44

Chapitre III : Traitement des zone inondable

III.1 Introduction ……45
III.2 Proposition d'une solution ……..45
III.2.1 Renforcement Par Géotextile ……...45
III.2.1.1 Type de géotextile…… 46
III.2.1.2 Les Différentes fnction des géotextiles ……...46
III.2.2Renforcement Par Géogrille ……47
III.3 Méthodologie d'exécution des travaux ……..48
III.3.1 Caractéristiques des matériaux utilisés ……48
III.3.1.1 Matériaux pour remblai ……48
III.3.1.2 Matériaux pour L'enrochement ……50
III.3.1.3 Géotextile de renforcement ……...50
III.4 Vérification De Stabilité du Talus ……..50
III.4.1 Présentation du logiciel « TALREN4 »……51
III.4.2 Résultats obtenus ……53
III.5 Conclusion ……..53
Conclusion général ……54

LISTE DE FIGURE

CHAPITRE I :

Figure I-1 : constitution d'une structure de chaussée type……..02
Figure I-2 : La couche de forme……..03
Figure I-3 : La couche d'assise……04
Figure I-4 : La couche de surface……05
Figure I-5 : Les couches principales de chaussée……...05
Figure I-6 : Chaussée souple……..06
Figure I-7 : Fonctionnement d'une chaussée souple…….07
Figure I-8 : Les chaussées bitumineuses épaisses…….07
Figure I-9 : Les chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques……...08
Figure I-10 : Le fonctionnement de ces structures……...08
Figure I-11 : Les chaussées à structure mixte……..09
Figure I-12 : Les chaussées à structure inverse……10
Figure I-13 : dalles non goujonnées avec fondation……11
FigureI-14 : constitution d'une structure de chaussée type…….11
Figure I-15 : dalles sans fondation……..11
Figure I-16 : béton armé continu ……11
Figure I-17 : Béton armé continue ……..12
Figure I-18 : dalle en béton de ciment mince collé……..12
Figure I-19 : béton armé continu……..12
Figure I-20 : Structure type d'une chaussée rigide……..13
Figure I-21 : Structure type d'une chaussée semi-rigide…….14
Figure I.22 : les photos sur les remblais……...16
Figure I.23 : géométrique du nouveau et de l'ancien remblai
(d'après la documente donnée aux participant…….…17
Figure I.24 : maillage et condition aux limites du remblai C……..18
Figure I.25 : maillage et condition aux limites ……...19
Figure I.26 : maillage utilisé par BEKZIZ et MAGNAN (1982) ……..…21
Figure I.27 : maillage utilisé par BEKZIZ et MAGNAN (1982) et MOURATIDISE ….22
Figure I.28 Profil type du remblai de zone inondable (A) du (PK 18+650 u PK 19+900) .23
Figure I.29 : Coupe type d'une tranchée drainant ……..…27
Figure I.30 : drains subhorizontaux. ……..……28

CHAPITRA II :

Figure II.1 : Localisation du projet. ……...…...29

Figure II.2 : Barrage de Boughazoul. On observe le risque d'inondation de la route...30

Figure II.3 : Carte de zonage sismique de l'Algérie **(RPOA 2008)……..32**

Figure II.4 : Caisses à carottes du sondage ……..…….35

Figure II.5 : Essai de Granulométrique (Cas A, B)……..….38

Figure II.6 : Limite de Liquidité……40

Figure II.7 : appareil de cisaillement……..41

Figure II.8 : Carte de plasticité de la fraction fine des échantillons remaniés et intacts.43

CHAPITRA III :

Figure III.1 : Typologie des géotextiles……..…….....46

Figure III.2 : protéger les talus en géogrille.....47

Figure III.3 : Détermination du coefficient de sécurité par le «TALREN4 »……51

Figure III.4 : *Vérification de stabilité l'Enrochement par le «TALREN4*»……52

Figure III.5 : *Vérification de stabilité de remblai par le «TALREN4*»……52

LISE DES TABLEAU :

CHAPITRE II :

Tableau II.1 : Division du territoire algérien dans divers zones de sismicité……..31

Tableau II.2. : Coefficient d'accélération **(A)……..33**

Tableau II.3- Résultats des sondages carottés……..35

Tableau II.4 : Compacité de sables ……36

Tableau II.5 : Consistance des Argiles…….37

Tableau II.6 : Analyse Granulométrique (AG**)……39**

Tableau II.7 : Limites D'Atterberg……..40

Tableau II.8 : Humidité……41

Tableau II.9 : Essais de cisaillement direct (boite de casa grande) ……42

Tableau II.10 : comprissions simple……42

CHAPITRA III :

Tableau III.1 : Résultats des essais de remblai……49

TableauIII.2 : Résulta des essais de roche……50

LISTE DES NOTATIONS

NPL : nombre de poids lourds pendant la période de comptage.

K: coefficient correspondant au type d'essieu.

SETRA : Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes.

VBS : la valeur au bleu de méthylène.

MDE : micro Deval.

LA : los Angeles.

Wopn : l'Optimum Proctor Normal.

$\mathbf{W_n}$: la teneur en eau naturelle.

RS : Le réseau secondaire.

RN : routes nationales.

TPC : terre-plein central.

PST : partie supérieur de terrassement.

FS : friabilité des sables.

MTLH : matériau traité au liant hydraulique.

GTLH : grave traité au liant hydraulique.

DTP : direction des travaux publics.

NFP : normes française.

NPL : nombre de poids lourds pendant la période de comptage.

Wopn : l'Optimum Proctor Normal.

$\mathbf{W_n}$: la teneur en eau naturelle

$\mathbf{W_p}$: la limite de plasticité.

$\mathbf{I_p}$: Indice de Plasticité.

Ic : l'indice de consistance.

IPI : l'indice portant immédiat.

GTR : Guide des Terrassements routiers.

$\mathbf{c_1}$, $\mathbf{c_2}$, $\mathbf{c_3}$: coefficients d'équivalence selon le matériau

MNT : Matériaux non traités.

BB : Béton bitumineux.

GB : Grave bitume.

GNT: Grave non traité.

GC: Grave concassé.

TVC: Tout venant de la carrière.

TVO: Tout venant de l'oued.

T_{eff} : trafic effectif.

Rnd : rayon non déversé.

RS : Le réseau secondaire.

RN : routes nationales.

TPC : terre-plein central.

PST : partie supérieur de terrassement.

FS : friabilité des sables.

INTRODUCTION GENERALE

L'analyse de la situation des pays équipés et développés, montre que le secteur du transport constitue une base au plan du développement national et de la croissance économique.

Cela montre bien que le secteur du transport est un secteur stratégique sur les plans économique et social, et de l'intégrité du territoire. Il concourt à la satisfaction des besoins essentiels de la population et impulse et conforte le reste de l'économie national, dont il constitue une véritable locomotive, comme cela a été le cas dans l'histoire des pays actuellement développés, ou en voie de développement.

En Algérie le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 80% du trafic de marchandises et voyageurs. Afin de fluidifier le trafic l'état a opté pour un programme portant sur la réalisation des tracés routiers neuf et des mises a niveau routes excitantes, c'est dans ce contexte qu'on peut classer notre projet de dédoublement de la route entre ksar El Boukhari et Boughzoul de façon général et particulièrement l'étude de ce tronçon dans son cas le plus défavorable (dans la zone inondable entre El ksar Bouakhari et Boughzoul).

La stabilité est assurer par logiciel talren 4, et L'estimation de la sécurité est très délicate quelle que soit l'approche utilisée, particulièrement pour les zones inondables.

Tout étude de stabilité doit être procèdes d'une reconnaissance géologique très fine qui permet souvent de mettre en évidence des hétérogénéités locales ainsi que d'autres facteurs lourds de conséquence (circulation d'eau…).

Notre mémoire de fin d'étude contient 3 chapitres :

- Introduction générale.
- Chapitre I : porte sur recherche bibliographique
- Chapitre II : qui parle sur étude géotechnique du site
- Chapitre III : a pour but du traitement de la zone inondable, des solutions aux remblais dans la zone inondable et des impacts de l'ouvrage sur l'environnement.
- Conclusion.

CHAPITRE I :

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Les Routes :

I.1.1 Introduction :

Depuis la nuit de temps, les romains construisaient les chaussées, pour la circulation impériale, avec un objectif essentiellement militaire, celui de permettre un déplacement rapide des légions en différents point de l'empire, et cela quelques soit les conditions atmosphériques. Les chaussées de cette époque constituaient les dallages d'une superposition de couches d'épaisseurs différentes, cette superposition a été transmise aux chaussées actuelles qui présentent une structure multicouche surmontant un ensemble plate-forme support de chaussée. [1]

I.1.2 Définition une route :

La route est une voie aménagée pour la circulation des véhicules automobiles ou autres ainsi que des piétons. A l'intérieur des agglomérations, la route prend le nom de rue, avenue, boulevard…etc.

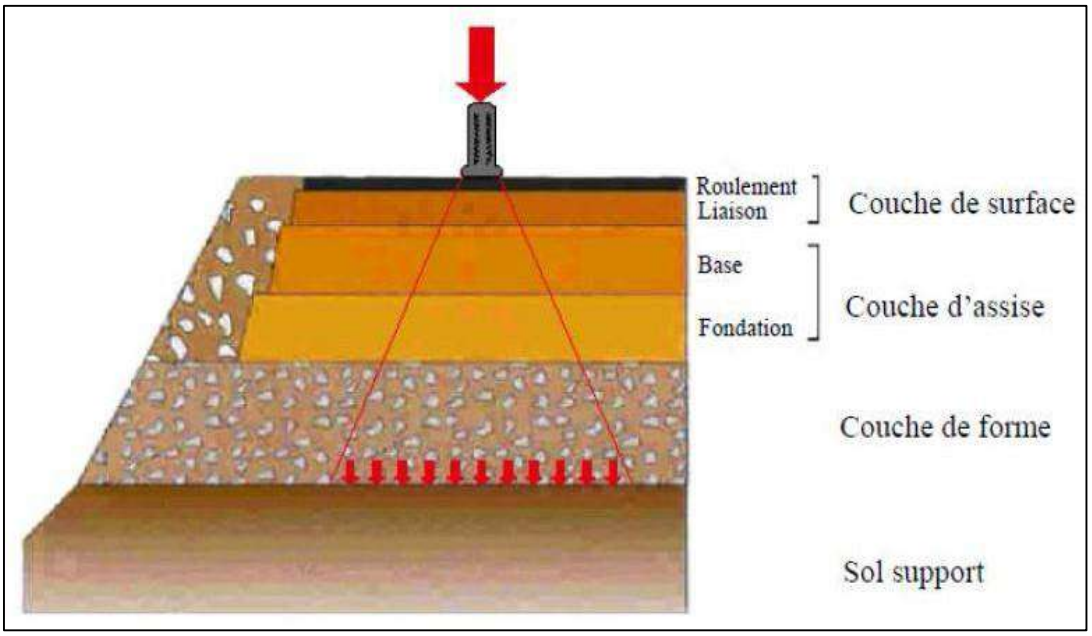


Figure I.1 : *constitution d'une structure de chausséetype*

I.1.3Les couches principales de chaussée :

I.1.3.1 La couche de forme :

Bien que ne faisant pas partie de la chaussée proprement dite, elle participe à son intégrité de Part ses fonctions :

A court terme : pendant les travaux, elle contribue au nivellement et assure la traficabilité du chantier (permettant la circulation des engins, pour la réalisation du corps de chaussée)

A long terme : elle permet d'homogénéiser les caractéristiques du sol support et le protège, Notamment contre le gel.



Figure I.2 : *la couche de forme*

I.1.3.2 La couche d'assise :

L'assise de la chaussée se compose en deux sous couches : la couche de fondation et la couche de base.

Ces couches apportent à la chaussée la résistance mécanique nécessaire pour reprendre les charges verticales induites par le trafic.

Elles repartissent les pressions sur le sol support afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles.



Figure I.3 : *La couche d'assise*

I.1.3.3 La couche de surface :

Elle a aussi généralement une structure bicouche, avec :

La couche de liaison : interposée entre la couche de surface et la couche de base.

Elle est plutôt tributaire de la pérennité de la chaussée et doit satisfaire à quatre objectifs principaux :

- La sécurité et le confort usagers, qui dépendent directement des caractéristiques de surface.
- Le maintien de l'intégrité de la structure, par la protection des couches d'assises visa- vis des infiltrations des eaux pluviales et des sels déverglace et des divers polluants susceptibles d'être répandus en surface.
- L'impact sur l'environnement, qui consiste essentiellement en la réduction des bruits de roulement.

-Les possibilités de régénération des caractéristiques desurfaceLa couche de roulement, qui est la couche supérieure :

- Devant résister aux actions directes du trafic climat.

- Assure les fonctions d'adhérence, de lisibilité, d'étanchéité et contribue àl'uni



Figure I.4 : *La couche de surface*

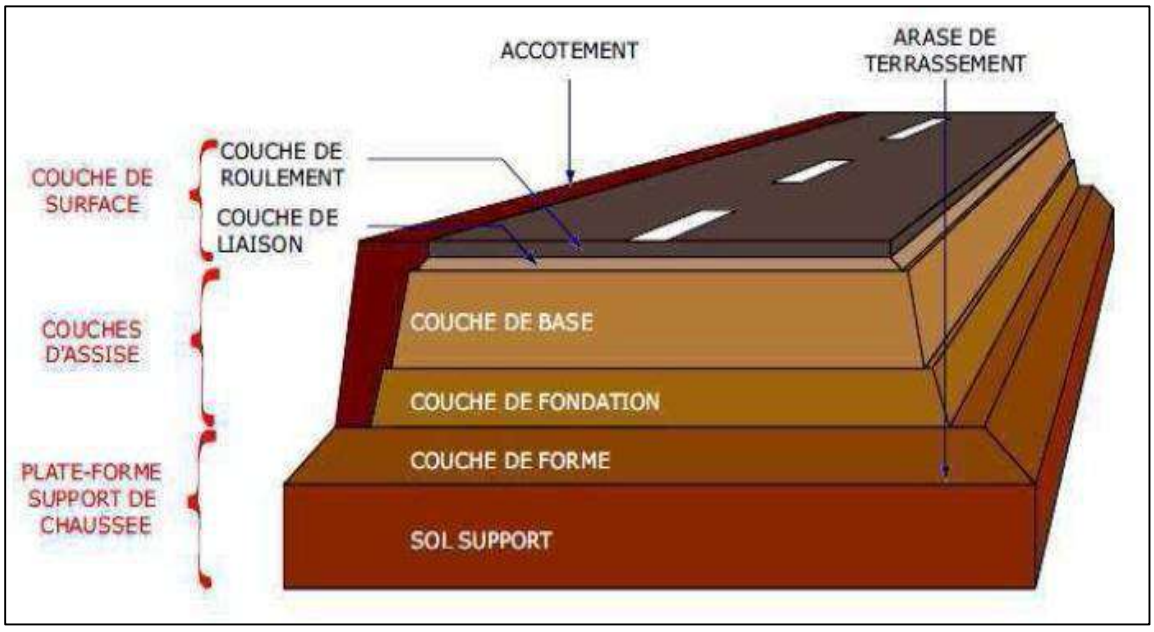


Figure I.5 : *Les couches principales de chaussée*

I.1.4 les différents types de structure de chaussée :

L'une des caractéristiques du réseau routier au monde est l'existence d'une grande diversité de structures de chaussée, que l'on classe dans les familles ci-dessous [1] :

I.1.4.1 les chaussées souples :

Ces structures comportent une couverture bitumineuse relativement mince (inférieure à 15 cm), parfois réduite à un enduit pour les chaussées à très faible trafic, reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traité. L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 cm et 60cm

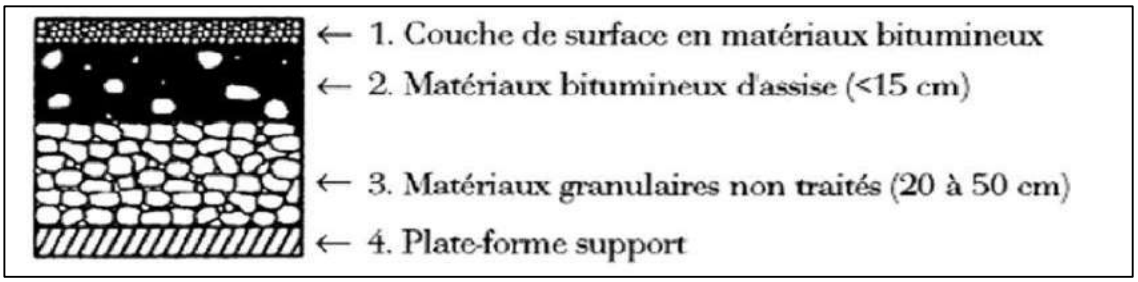


Figure I-6 : *Chaussée souple*

Leur fonctionnement peut être schématisé comme indique la **figure I.6**
Les matériaux granulaires constituant l'assise de la chaussée ont un module de rigidité relativement faible.

Comme la couverture bitumineuse est mince, les efforts verticaux sont transmis au support avec une faible diffusion. Les contraintes verticales élevées engendrent par leur répartition des déformations plastiques qui se répercutent en déformation permanentes à la surface de la chaussée.

La couverture bitumineuse subite à la base des efforts répète de traction-flexion.

L'évolution la plus fréquente des chaussées souples se manifeste d'abord par l'apparition de déformations de type orniérage et affaissements qui détériorent les qualités des profils en travers et en long.

Les sollicitations répétées de flexion alternée dans la couverture bitumineuse entrainent une détérioration par fatigue, sous forme de fissures d'abord isolées, puis évoluant peu à peu vers le faïençage.

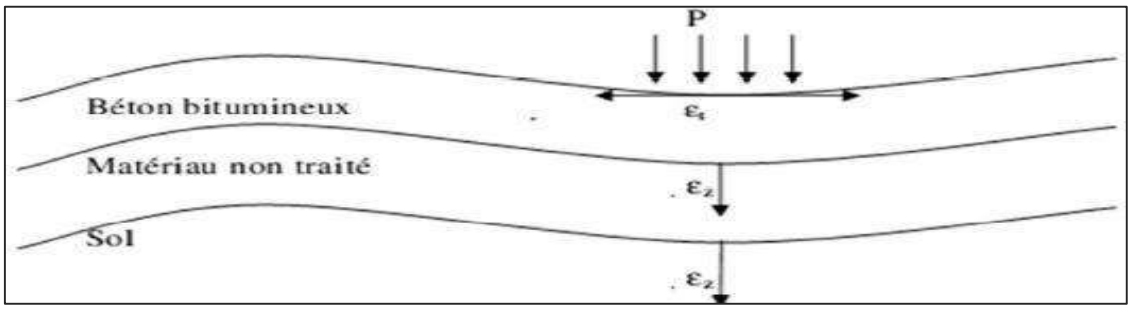


Figure I-7 : *Fonctionnement d'une chaussée souple*

I.1.4.2 Les chaussées bitumineuses épaisses :

Ces structures se composent d'une couche de roulement bitumineuse sur un corps de chaussée en matériaux traités aux liants hydrocarbonés, fait d'une ou deux couches (base et fondation). L'épaisseur des couches d'assise est le plus souvent comprise entre 15 et 40 cm.

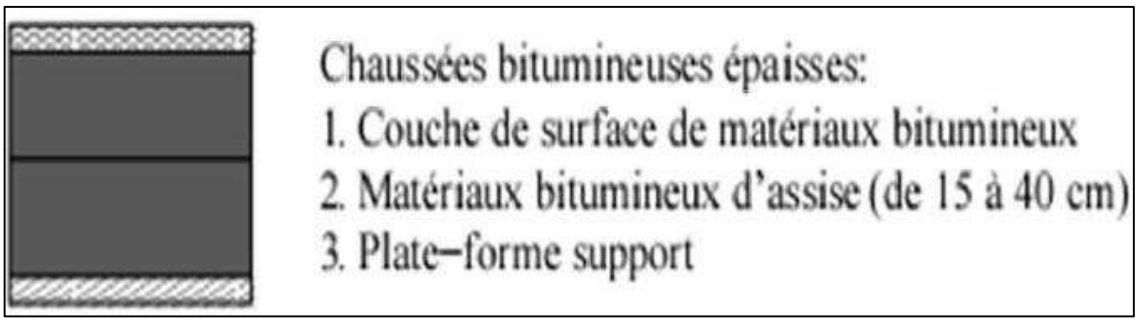


Figure I.8 : *Les chaussées bitumineuses épaisses*

La rigidité et la résistance en traction des couches d'assise en matériaux bitumineux permettent de diffuser en les atténuant fortement les contraintes verticales transmises au sol. La qualité des interfaces a une grande importance pour ce type de chaussée en effet : si les couches bitumineuses sont liées, les allongements maximaux se produises à la base de la couche liée la plus profonde par contre, lorsqu'elles sont décollées, chaque couche se retrouve sollicitée en traction, provocant la ruine prématuré de la structure.

I.1.4.3 Les chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques :

Ces structures sont qualifiées couramment de "semi-rigides". Elles comportent une couche de surface bitumineuse sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une ou deux couches (base et fondation) dont l'épaisseur totale est de l'ordre de 20 à 50 cm

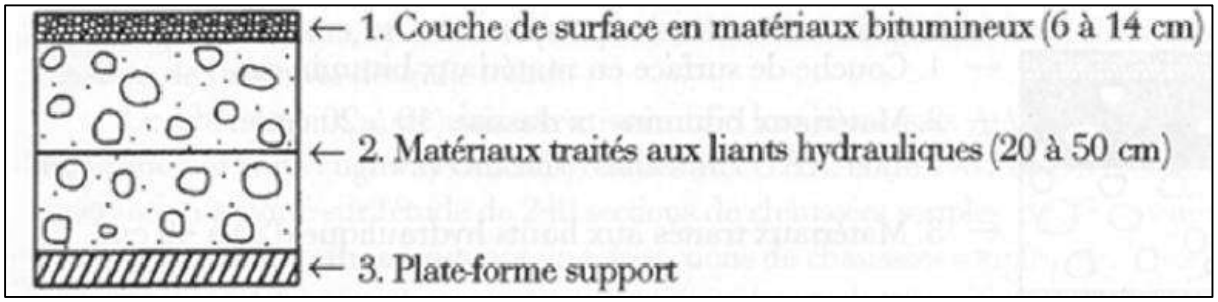


Figure I.9 : *Les chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques*

Le fonctionnement de ces structures peut être schématise comme suit :

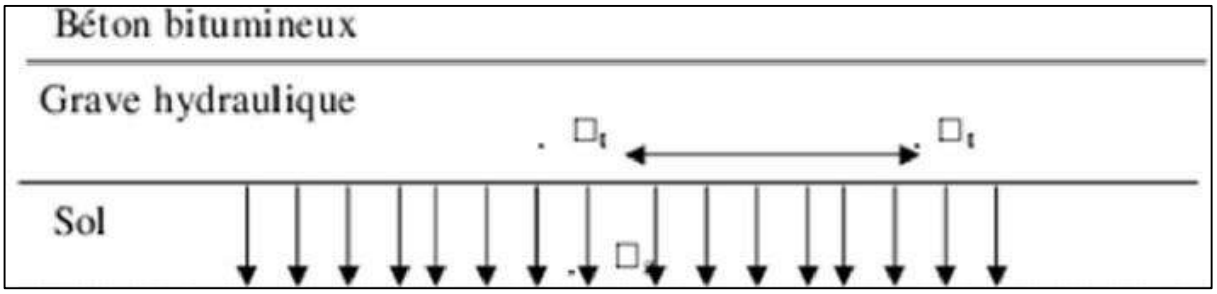


Figure I.10 : *Le fonctionnement de ces structures*

Compte tenu de la très grande rigidité des matériaux traités aux liants hydrauliques, les contraintes verticales transmises au sol support sont très faibles. En revanche l'assise traitée subit des contraintes de traction-flexion. $\sigma_t$qui s'avère déterminantes pour dimensionnement.

L'interface couche de surface-couche de base est aussi une zone sensible car elle est souvent soumise à de fortes contraintes normales et de cisaillement horizontal et les centimètres supérieurs de l'assise traitée sont souvent de faible résistance.

Ces assises sont sujettes à des retraits (phénomène thermiques et de prise de béton). Le retrait bien qu'empêché par le frottement de la couche d'assise sur son support, provoque des fissures transversales qui remontent au travers de la couche de roulement.

I.1.4.4 Les chaussées à structure mixte :

Ces structures comportent une couche de roulement et une couche de base en matériaux bitumineux (épaisseur de la base : 10 à 20 cm) sur une couche de fondation en matériaux traités

Aux liants hydrauliques (20 à 40 cm). Les structures qualifiées de mixtes sont telles que le Rapport de l'épaisseur de matériaux bitumineux à l'épaisseur totale de chaussée soit de Tordre de ½.

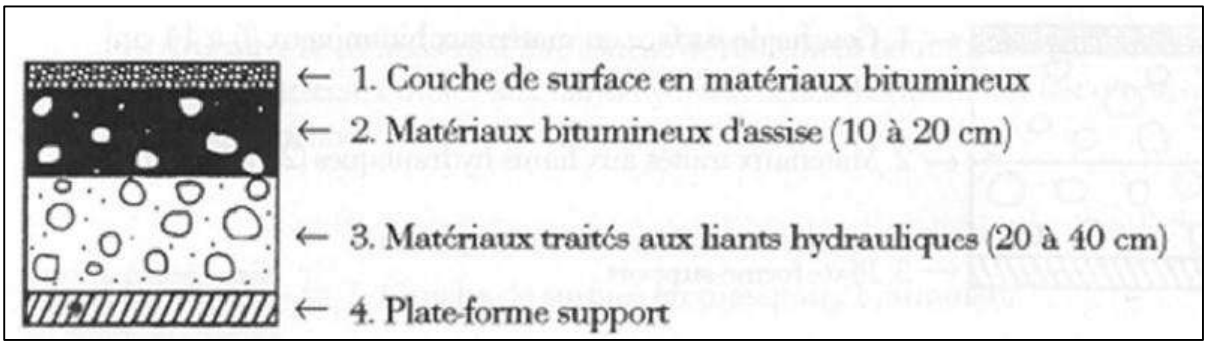


Figure I-11 : *Les chaussées à structure mixte*

-La couche de fondation est traitée aux liants hydrauliques diffus et atténue les efforts transmis au sol support.

-Les couches bitumineuses ralentissent la remontée des fissures transversales de la couche sous-jacente et réduisent les contraintes de flexion à la base de la structure tout en assurant les qualités d'uni et de continuité.

-L'adhérence entre les couches bitumineuses et les couches traitées aux liants hydrauliques est le point faible de la structure. Elle peut être rompue par suite de délitation différentielle entre les deux couches et de l'action du trafic, entraînant alors une forte augmentation des contraintes de traction à la base de la couche bitumineuse, qui peut ainsi périr par fatigue.

I.1.4.5 les chaussées à structure inverse :

Ces structures sont formées de couches bitumineuses, d'une quinzaine de centimètres d'épaisseur totale, sur une couche de grave non traitée (environ 12 cm) reposant elle-même sur une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques. L'épaisseur totale atteint 60 à 80cm

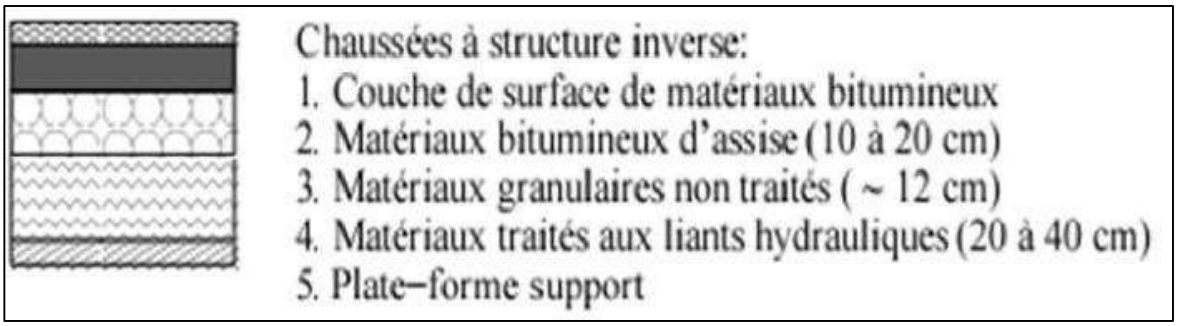


Figure I-12 : *Les chaussées à structure inverse*

I.1.4.6 Les chaussées en béton de ciment :

Ces structures comportant une couche de béton de ciment de 15 à 40 cm d'épaisseur qui sert de couche de roulement éventuellement recouvert d'une couche mince en matériaux bitumineux. La couche de béton repose soit sur une couche de fondation (en matériaux traités aux liants hydrauliques ou en béton de ciment)

Soit sur une couche drainante en grave non traitée, soit sur une couche d'enrobé reposant elle-même sur une couche de forme traitée aux liants hydrauliques.

La dalle de béton peut être coutume avec un renforcement longitudinal ("béton armé continu"), ou discontinue avec ou sans élément de liaison aux joints. Ci-dessous nous présentons les structures de chaussée en béton de ciment

I.1.4.7 Les chaussées composites :

Afin d'offrir une solution concurrente aux chaussées classiques, deux nouvelles structures se développent depuis les années 1990 aux Etats Unis [2] et sont employées depuis moins d'une dizaine d'années en France [3]. Ces structures combinent une couche de béton de ciment (pour leurs propriétés de durabilité et leur haut module) avec des couches en matériaux

Bitumineux (pour leurs bonnes propriétés d'adaptations). L'intérêt technique et économique de ces structures dépend essentiellement de la qualité et de la pérennité de 1" adhérence mécanique du collage avec interface entre ces couches [4]. Ci-dessous deux types de

structures composites sont présentés : le béton de ciment mince collé [5] et le béton armé continu (BAC) sur grave bitume (GB). Quelque exemple sur les chaussées composites :

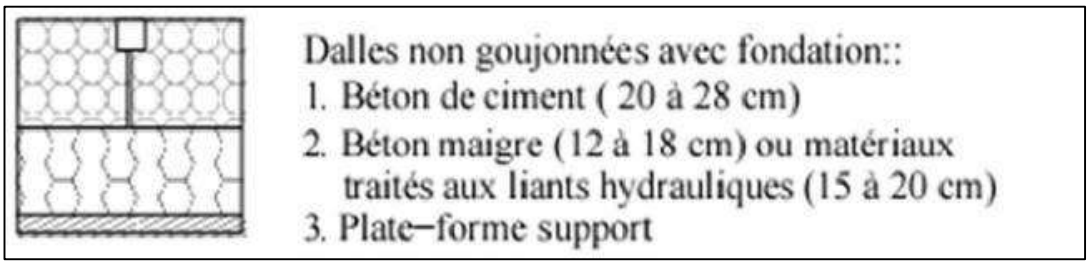


Figure I.13 :*dalles non goujonnées avec fondation*

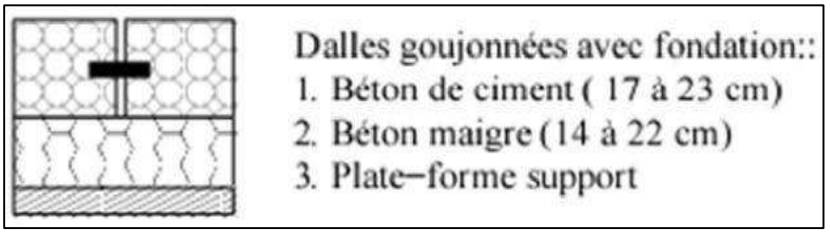


Figure I.14 : *dalles goujonnée avec fondation*

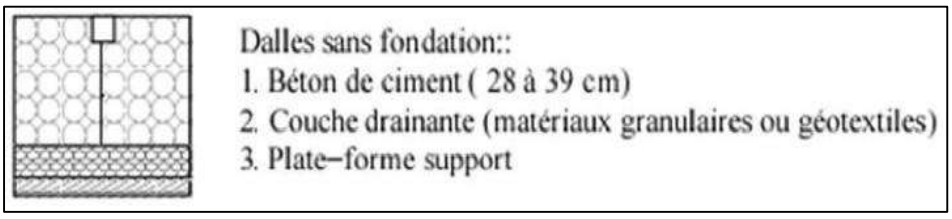


Figure I.15 : *dalles sans fondation*

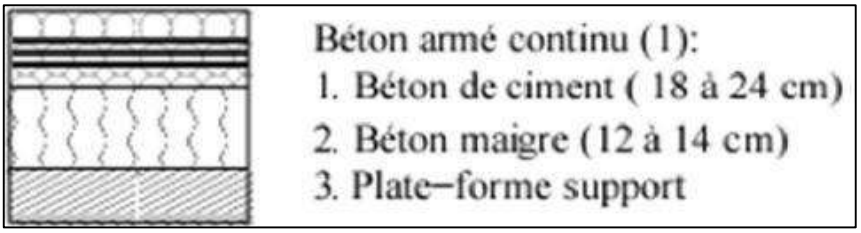


Figure I.16 : *béton armé continu (1)*

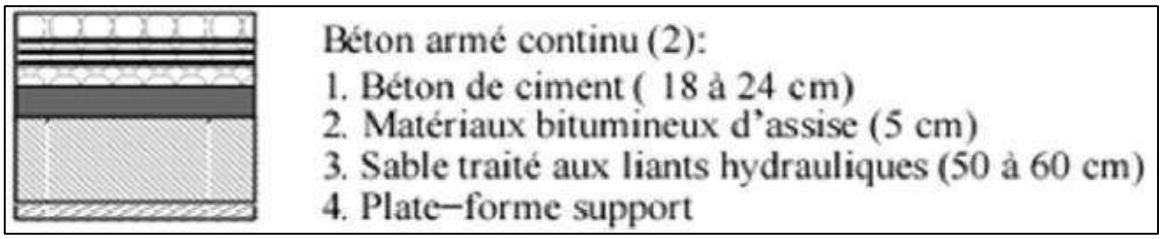


Figure I.17 : *Béton armé continue (2)*

La structure du béton de ciment mince collé (BCMC) est comme France depuis 1996, Elle consiste à réaliser des dalles minces (de 10 à 15 cm d'épaisseur) ou très minces (de 5 à 10 cm d'épaisseur) en béton sur un matériau bitumineux.

Toutes ces chaussées après dimensionnement sous l'influence du chargement du trafic, sous l'effet de la température ou d'autres raisons (mauvais dimensionnement déshydratation des matériaux...), subissent des dégradations de différents types. Pour le problème de redimensionnement et de réparation des chaussées, il est nécessaire de comprendre l'origine et les types de ces dégradations.

Dans la partie suivante, nous allons décrue de façon générale ces phénomènes.

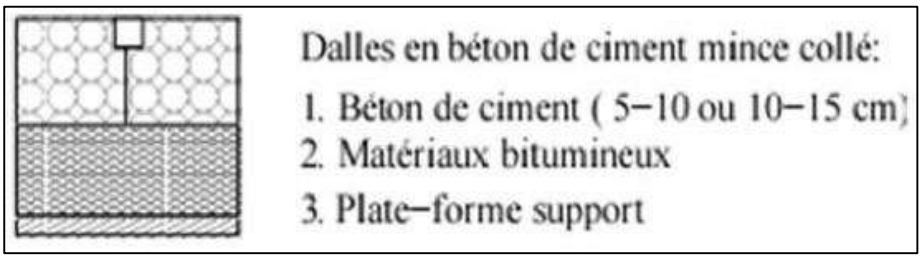


Figure I-18 : *dalle en béton de ciment mince collé*

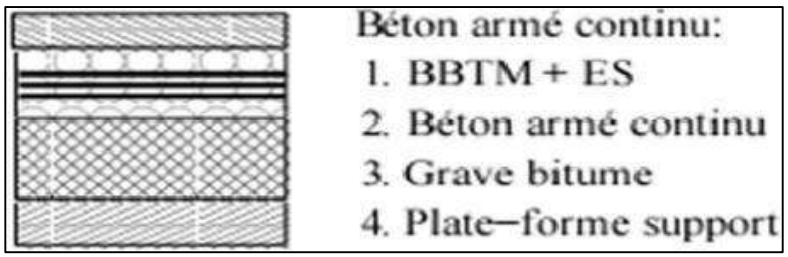


Figure I-19 : *béton armé continu*

I.1.4.8 Chaussées rigides :

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide. En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes : une Couche de forme, couche de fondation, et couche de roulement en béton de ciment. La couche de fondation n'est pas nécessaire. La dalle en Béton de Ciment peut ainsi être réalisée Directement sur l'arase terrassement ou sur la plate-forme support de chaussée. Dans la chaussée rigide, la couche de surface et la couche de base son confondues

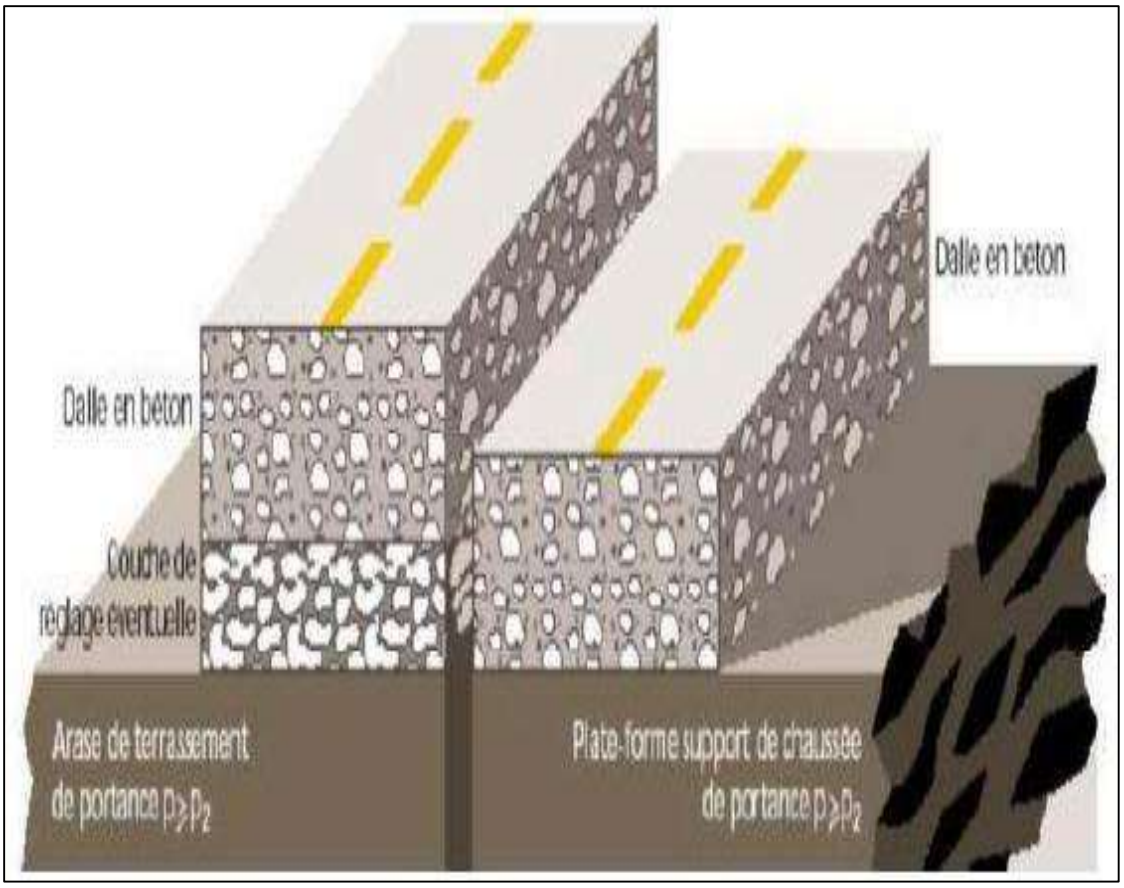


Figure I-20 : *Structure type d'une chaussée rigide*

I.1.4.9 Chaussées semi-rigides :

Elles comportent une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation).

La structure-type est illustrée sur la **figure I.21**

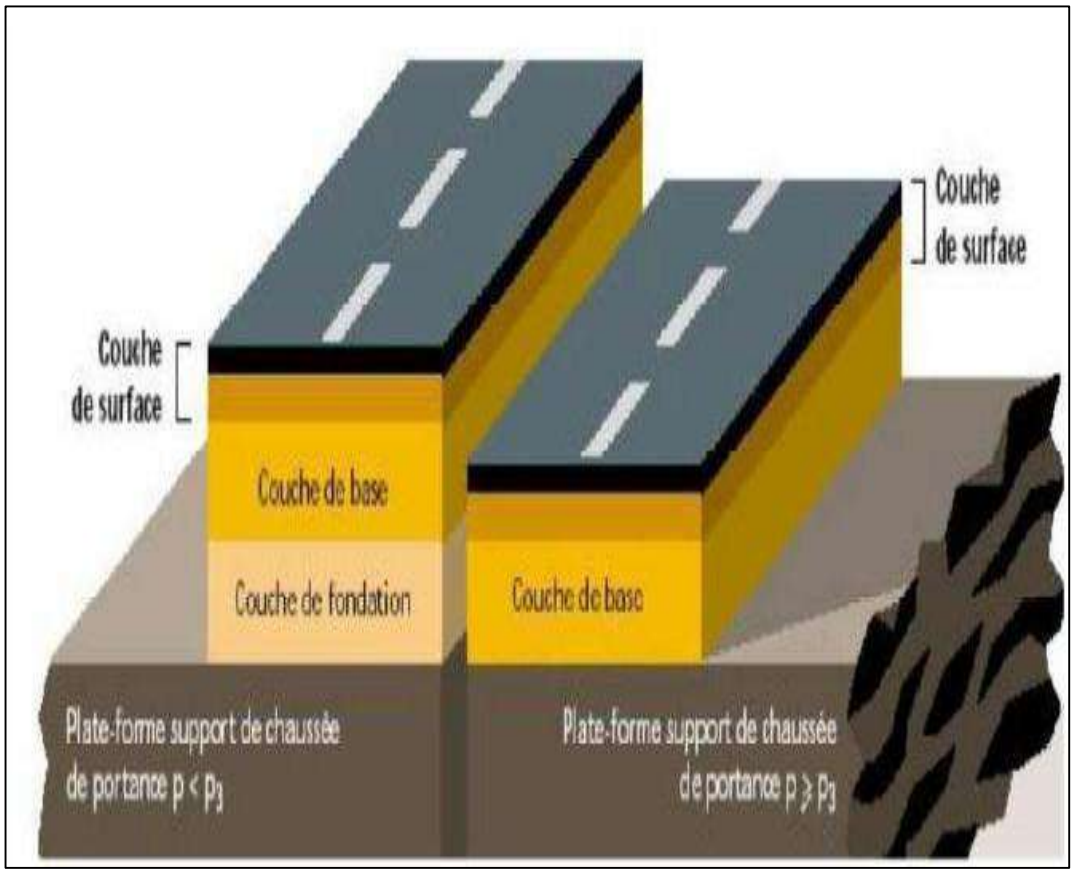


Figure I-21: *Structure type d'une chaussée semi-rigide*

I.2 Les Remblais

I.2.1 Introduction :

Avant la pose de bitume ou d'enrobé ,il convient de préparer la terre .un aplanissement est nécessaire, et pour cela mise en place d'un terrassement, d'une couche de forme et d'un remblai est obligatoire Avant vos travaux ,il convient de vous renseigner pour vous assurer que le remblai est autorisé sur votre terrain .en effet il est interdit dans des cas .[6]

I.2.2 Définition :

Le remblai de la terre est un sol naturelle sous le propre poids des matériaux .ce remblai est en moyenne de 15%et peut varier en fonction de la nature des sols : un sol sableux se tassera moins qu'un sol argileux. Le lœss, le sable fin, etc.ne sont pas des terrains de bonnes assises, car susceptible de retenir l'humidité.

Potentiel hydrique du terrain (état d'humidité) :

-un terrain argileux ne réagit pas bien à l'eau :il se ramollit

-un sol trop se :il est potentiellement susceptible de bouger

Paramétré de granularité :en tamisant le sol,on peut étudier la grosseur maximum des plus gros éléments retenus .angulosité :le taux d'argile du sol définira le taux de plasticité du sol

En fonction de l'étude du sol, la couche de remblai à apporter sera de :

-10cm pour une allée destinée au piéton,

-20cm pour une allée carrossable,

-30cm pour une voie accessible aux camions,

Une allée classique privée se travaille sur 3couches :

-une fondation en grosses pierres

-une couche en concassé,

-une finition en sable ou en gravillon, [6]

I.2.3 Les types des remblais :

Votre remblai peut être composé de différents éléments supportant les conditions climatiques et mécaniques inhérentes à une allée.

*Craie :

-en sol humide, la craie se désagrège et forme une pate qui peut générer des prestions.

Faisant bouder la structure finale

-en sol très sec, la craie est idéalement solide.

a : roches argileuses : schistes, etc.

-Ces roches peuvent se broyer et laisser des débris argileux qui gonflent le sol ébranlant ainsi la future structure.

b : roche siliceuses : grés, etc.

-ces roches sont résistantes, bien que fragmentables.

c :roches salines : gypse, etc.

-la teneur en sel de ces roches fait qu'elles sont trop solubles pour être employées dans le remblai.

-seules certaines terres sont susceptibles

D'être utilisées en terre de remblai.

d :terre de remblai :

- les terres argileuses, sableuses ou trop humides seront évitées. [6]



Figure I.22 *: les photos sur les remblais*

I.2.4 modélisation du remblai :

I.2.4.1 .Analyse par élément finis du remblai d'essai Gloucester :

-Phase de la construction du remblai :

-Remblai initial (1967) :

A l'automne de 1967 la division of building du conseil national de recherches du canada a construit un remblai d'essai à Gloucester, à 21 km d'Ottawa [7]

-Seconde phase de la construction (1982) :

Une deuxième épaisseur de remblai recouvrant le remblai original, a été mise en place en 4.5 Jours, du 5 au 9 juillet 1982 selon la géométrie

-observations sur le comportement antérieur de remblai :

Les mesures réalisées sur le remblai de Gloucester de 1983 n'ont pas été utilisées lors du choix des paramètres de calcul.

- modèle numérique et hypothèses du calcul :

Le programme de calcul utilisé pour l'analyse numérique du remblai d'essai de Gloucester est le programme de calcul par éléments finis ROSALIE-Groupe 9. Pour les prévisions présentées ici ,on a fait un calcul en déformations planes , en supposant que les argiles de fondation sont saturées d'eau incompressible et que leur squelette a une loi de comportement élastoplastique anisotrope avec écrouissage, avec une loi d'écoulement plastique non associée (model Mélanie) .Le sol de fondation a été divisé en couche correspondant à celles données dans l'article de Bozozuk et Léonards (1972) et al. (1976). [7]

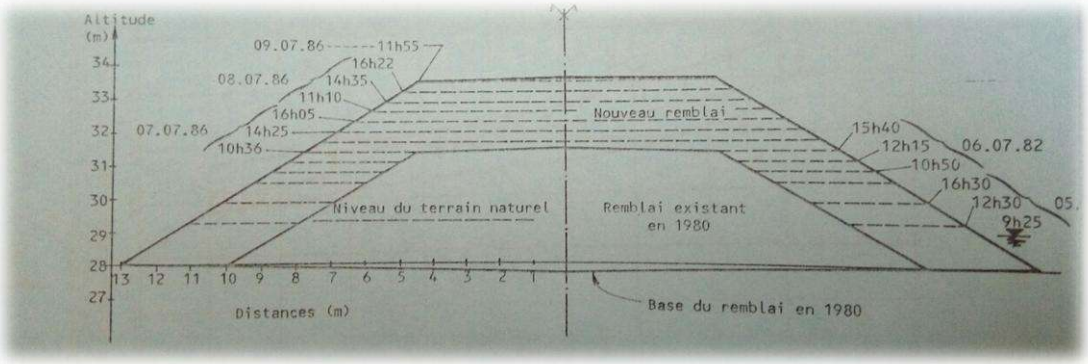


Figure I.23 : *géométrique du nouveau et de l'ancien remblai (d'après la documente donnée aux participant) [7]*

I.2.4.2 le remblai C du site expérimental de CUBZAC-les-Points :

-Caractéristiques géotechniques du remblai C :

L'étude géotechnique de l'emplacement du remblai C a compris une reconnaissance du sol au moyen d'essais en place (essais de pénétration, essais de sociométriques, essai perméabilité place) et des essais de laboratoire sur des échantillons carottage (essais de cisaillement Triaxiale et compressibilité à l'odomètre).l'emplacement des sondages et des essais en place et montre voir (**figure I.24**)

-Modélisation du sol de fondation et la construction du remblai :

Le maillage du sol de fondation a été réalisé au moyen de 57 éléments quadrilatères nœuds, divisés en 8 couches de caractéristiques différentes.

Le remblai a été modélisé par deux élément quadrilatères et un élément triangulaire à nœuds. A causse de la symétrie du chargement, le maillage représente seulement moitié du problème

-Afin de se rapprocher du comportement réel du sol :

On a effectué plusieurs calculs, en jusant les valeurs de certains paramètres après, ce qui est justifié si l'on tient compte de fait que les courbes de variation des caractéristiques mécaniques du sol ne représentent que les valeurs moyennes des mesures effectuées. [7]

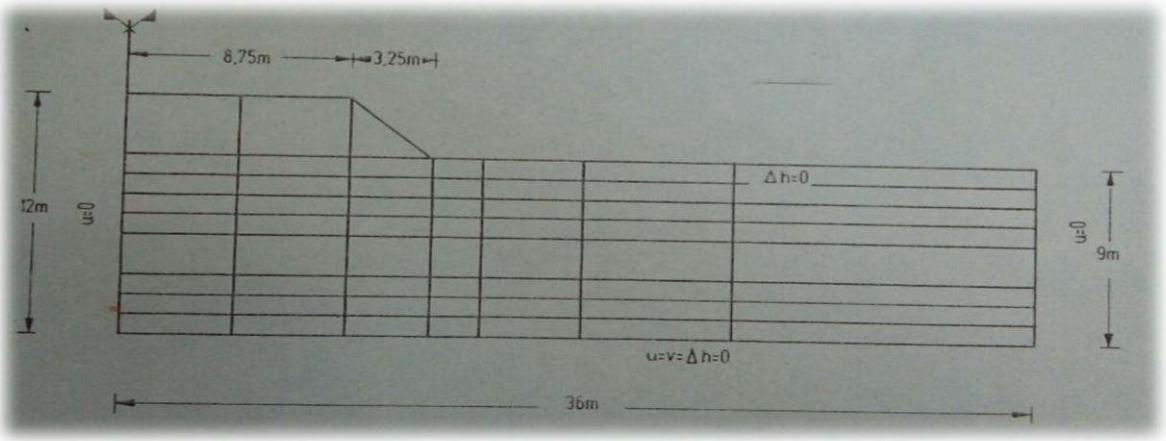


Figure I.24 : *maillage et condition aux limites du remblai C. [7]*

I.2.4.3 étude des remblais adjacents :

I.2.4.3.1 modélisation des remblais et du sol de fondation :

a-Maillage

Le maillage utilisé dans les calculs représente les deux remblais et la couche de 9 mètres de sol compressible sur laquelle ils sont construits. Il est symétriques par rapport à l'axe situé au pied des deux remblais et est constitué de 405 nœuds de 120 éléments, dont 116 sont quadrilatères à 8 nœuds et 4 triangulaires à6 nœuds

b-Conditions aux limites et état initial

On a adopté les conditions aux limites suivantes :

-déplacement horizontal nul et déplacement vertical libre aux extrémités verticales du maillage ;

-déplacement horizontal et déplacement vertical nul à la base de la couche molle ;

-surpressions interstitielles nulles à la base de la couche molle (bord inferieur drainant) et à 1 mètre sous le niveau de terrain naturel (niveau de la nappe phréatique a -1m).

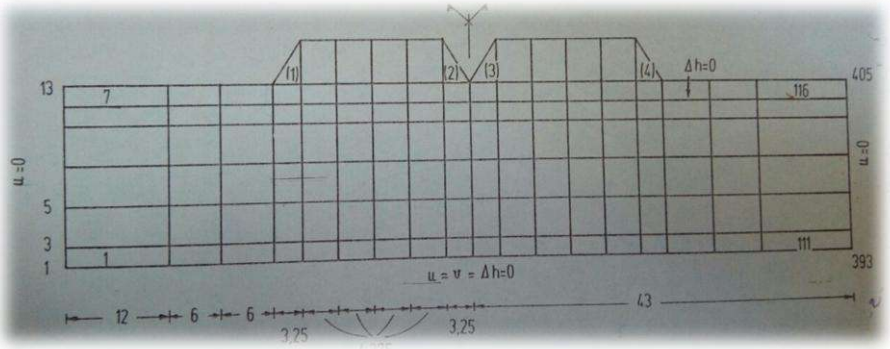
-une surpression interstitielle nulle tous les points du sol de fondation situ sous la nappe et sur la surface libre cette condition se traduit pour le calcul par une charge hydraulique à 1m

-une pression interstitielle nulle en tous les points du remblai et la couche 0-1m ;

-des déplacements horizontaux et verticaux nuls en tous les points du maillage ;

- les contraintes initiales déterminées partir du poids volumique du coefficient de pression des terreaux dans le domaine sur consolidé ;

-les remblais possèdent un poids volumique nul initialement, qui varie par la suite conformément à la loi de chargement adoptée. [7]



FigureI.25 : *maillage et condition aux limites [7]*

I.2.5 calcul de remblai de contrainte et déformation :

I.2.5.1Le programme de calcule par élément finis Rosalie –groupe9

Le bases de la méthode des éléments sont bien connues à l'heure actuelle et de nombreux ouvrages leur ont été consacrés (par exemple, ceux de Sienkiewics, 1973, et de Dhatt et Touzot ,1981).pour la modélisation du comportement des sols, on utilise le formalisme de la mécanique des milieux continus et l'on peint profiter des outils développés pour les milieux monophasés dans le cadre de cette discipline, en les adaptant au cas des milieux diphasés [(squelette +eau interstitielle).

Le programme Resale- Groupe 9, a été élaboré en plusieurs étapes, qui illustrent parfaitement les modifications apportées à l'outil de base (calcul des déformations et contrainte dans un massif élastique linéaire) pour décrire le comportement des massifs d'argiles molles naturelles

a-Traitement numérique de la consolidation des sols élasto-plastique :

Ainsi qu'on l'a indiqué dans la section précédente, la résolution des équations de la consolidation des sols élasto-plastique se fait dans Rosalie-Groupe 9 sous forme de deux processus itératifs emboités. Pour facilites la description des équations, on présente ci-après les procédures de calcul relatives au cas du squelette élastique, avant d'aborder un processus itératif à l'intérieur de chaque itération du processus d'intégration sur le temps.

b-Équations de la consolidation :

Pour analyser la consolidation d'un sol élastique saturé par un liquide compressible, on a besoin des équations suivantes :

-équations relatives au squelette du sol-équations relatives à l'écoulement :

-équations relatives au sol «'' monophasé ''

I.2.5.2 Applications du programme Rosalie –group 9

A la différence du programme consulte 78, le programme Rosalie-Groupe 9 n'a jamais servi dans le cadre de projets d'ouvrages réels .par contre, il a été utilisé pour l'analyse du comportement des quatre remblais du site expérimental de Cubzac- les –points et de nombreux calculs ont été réalisé dans le cadre de la mise au point du programme. [8]

-Chronologie des calculs :

Dans le cadre des recherches lancées par l'auteur en 1975, 122 calculs par éléments finis ont été réalisés, dans le cadre de la préparation des thèses de docteure-ingénieure de Dang, puis Bekziz,Mouratidise etAbicha.

Antérieurement , des calculs par éléments finis en contrainte totales avaient été réalisés par Mandagaran (1973, remblai expérimental de Palavas-les-Flots), par Mimons (1975, remblai expérimental à la rupture de Lanester) et par Vosgien (1975, remblai A à la rupture de Cubzac -Les-Ponts). Bien que ces études n'aient pas été réalisées avec Rosalie-Groupe9 mais avec Rosalie-Groupe 1, Plaste 6 et Rosalie-Groupe 5, nous les avons incluses dans cet historique.

- Etudes paramétriques ou de faisabilité :

-Etude de l'influence des paramètres d'élasticité anisotrope (Bekziz et Magnan ,1982).

-Test de la convergence du processus itératif pour le modèle Cam Clay modifié (Bekziz et Magnan ,1982).

-Etude de faisabilité de calculs ''a la rupture'' avec le programme Rosalie-Groupe 9(Mouratidiseet magnan, 1983).

-Test de l'effet du maillage sur les résultats des calculs (Mouratidis et magnan ,1983).

-Test du modèle Mélanie sur un maillage simple (Mouratidis et Magnan, 1983) [8].

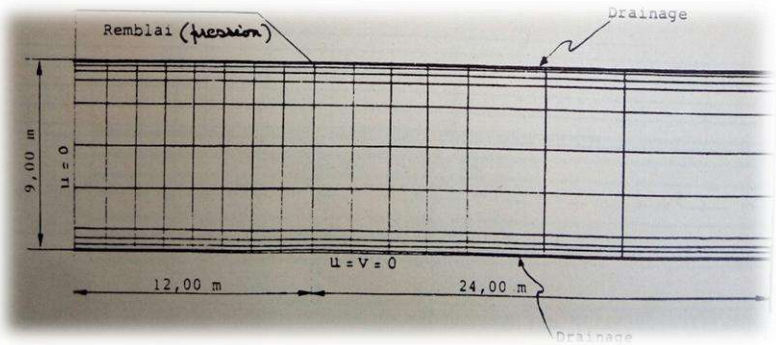


Figure I.26 : ma*illage utilisé par BEKZIZ et MAGNAN (1982*

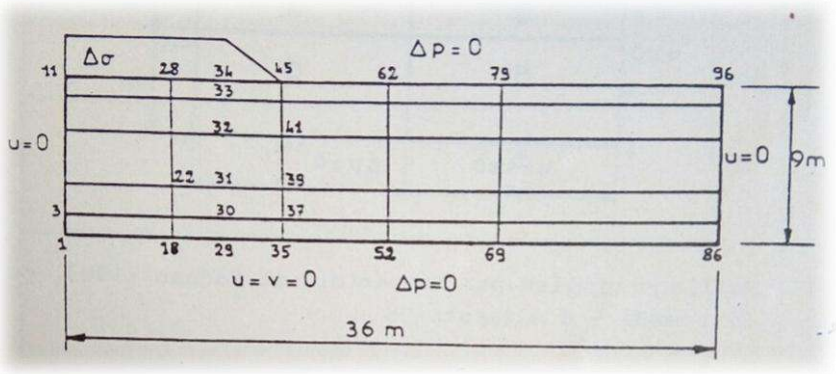


Figure I.27 *: maillage utilisé par BEKZIZ et MAGNAN (1982) et MOURATIDISE [8]*

I.3 Traitement des zones inondables :

I.3.1 Solution des remblais en zone inondable :

La caractérisation géo-mécanique présentée pour les terrains traversés par le tracé en étude résulte, essentiellement de la reconnaissance géologique de surface et des différents travaux d'investigation géotechnique réalisés surtout les gites emprunts. En fin d'voir une solution adéquate pour la réalisation du remblai dans notre zone d'étude.

I.3.1.1 Conditions d'assise :

En se basant sur les données obtenues dans la reconnaissance de surface et dans les travaux de prospection, on prévoit une épaisseur de terre végétale à décaper d'un minimum de 0,5m. Toutefois, cette épaisseur peut atteindre valeurs supérieures selon le lieu.

On ne prévoit pas l'occurrence de problèmes significatifs (stabilité ou tassements) dans l'assise de la plupart des remblais.

Après le décapage, les terrains auront, d'une façon générale, une portance suffisante pour l'assise de la plupart des remblais.

Un aspect important rapporté au niveau de la fondation des remblais correspond à l'éventuelle présence de la nappe d'eau proche de la surface. Cette situation pourra soulever des problèmes lors de la mise en construction des premières couches de remblai et du compactage respectif. Cas seront aggravés si les travaux ont lieu pendant la période des pluies

Dans ces circonstances, on considère que la construction de la partie inférieure des remblais avec des matériaux sélectionnés (désignés couche d'enrochements), ayant des caractéristiques drainantes, est très favorable. En effet, cette solution permet d'améliorer les caractéristiques de drainage et d'augmenter la capacité de support des terrains de fondation des remblais [9].

I.3.1.2 Corps de remblais :

D'une façon générale, les remblais en zone inondable doivent être dimensionnés pour assurer :

- la stabilité générale de l'ouvrage ;
- l'absence de déformations préjudiciables telles que tassements gonflements, fissuration ;
- le maintien de la portance prévue sur l'arase des terrassements ;
- la résistance à l'érosion externe
- -la résistance aux vidanges rapides ;
- la garantie contre les conditions de renard.

Pour les remblais situés dans les zones inondables, on a adopté des remblais zonés, où les couches de la partie inférieure sont construites avec des matériaux sélectionnés (désignés couche d'enrochements – Mat.4).

-La géométrie de la couche d'enrochement a été définie afin de protéger, de façon adéquate, le matériel qui constitue le corps du remblai. A cet effet et pour minimiser le volume de la couche d'enrochement, on a adopté un scénario de crue pour la période de retour de 25 ans, en distinguant deux situations [10]

-La couche d'enrochement aura une épaisseur moyenne de 1m sur toute la largeur du profil transversal, Cette situation est présentée dans la **FigureI.28**.

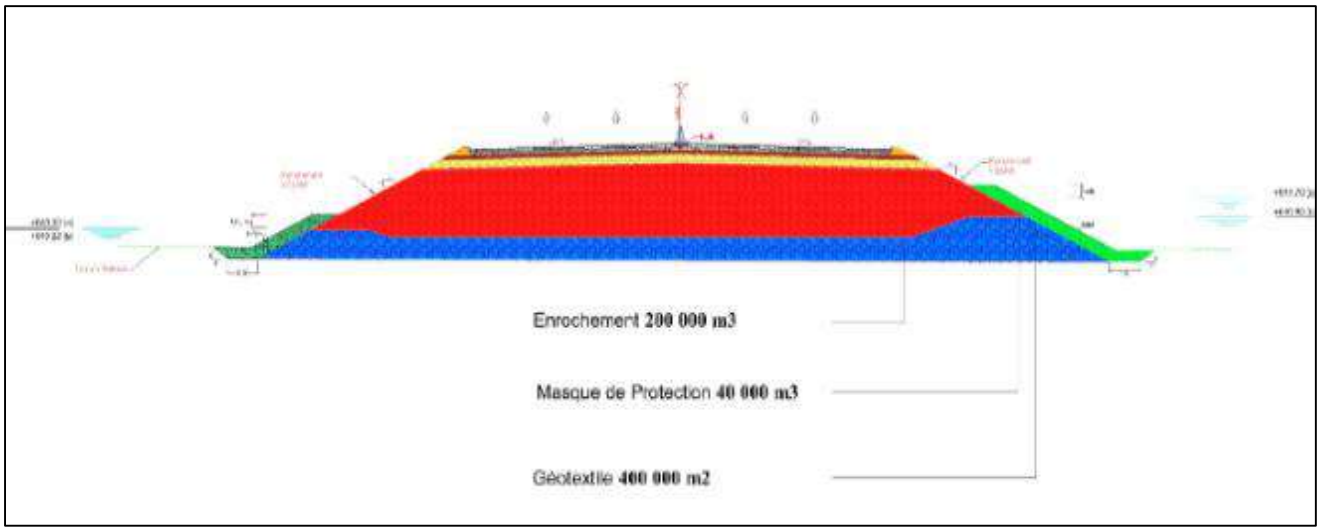


Figure I.28*Profil type du remblai de zone inondable (A) du (PK 18+650 PK 19+900) [11]*

Comme critère général, les matériaux de remblais en zone inondable devront être constitués de matériaux aux dimensions entre 63 mm et 500 mm, insensibles à l'eau, avec VBS ≤ 0,1, MDE + LA ≤ 80% et le passant à 80 µm ≤ 5%. Les matériaux à utiliser devraient être composés de sols des sous classes R21, R22, R41, R42, CiB3 (voir l'Annexe)

Le volume du corps du remblai, recouvrant couche d'enrochements, qui servira de base à la couche de forme, sera matérialisé par le matériau désigné par remblai - Mat. 3, matériau constitué par limons sableux graveleux et sable limoneux et graveleux avec fines, passant à 80µm ≤ 35% et Dmax=50mm, IP ≤ 12% et à faible perméabilité. Les matériaux à utiliser devraient être composés de sols des sous-classes B5m de la classification NF P 11-300 (GTR), en provenance du déblai au pk 15+600 du côté gauche du tracé.

Le corps du remblai de la digue sera constitué par le matériel remblai (Mat. 3) et le matériel drainant qui constitue le noyau sera couche d'enrochements (Mat. 4).

Dans le but d'éviter l'érosion des tronçons de talus localisés au-dessous de la cote, on préconise l'exécution d'un masque de protection superficielle (désignée par Mat. 5). Ce masque qui a pour objectif d'éviter l'altération des matériaux des talus, lorsqu'ils sont en contact avec les eaux.

Les matériaux à employer dans ce masque de protection devront être du type R21, R22, R41, R42, CiBi (voir l'Annexe) de la classification NF P 11-300 (GTR), de nature calcaire, gréseuse, constitués de matériaux granulaires, insensibles à l'eau, avec VBS ≤ 0,1, LA + MDE ≤ 80%, ESP ≥ 35%, aux dimensions entre 20mm à 500mm eto^m le passant à 80µm ≤ 12%.

Afin d'éviter le colmatage du matériel désigné par 4 et 5, il est fondamental d'assurer son enveloppement total dans des géotextiles (Mat. G) du type non-tissés en polypropylène.
Le terrain de fondation des remblais est caractérisé par des dépôts de terrasse ancienne du Pliocène (pc), constitués de blocs, de cailloux et de graves arrondis dans une matrice sablo-limoneuse, éventuellement, après criblage et/ou tamisage.
Basés sur les résultats obtenus dans la campagne de prospection réalisée, on considère qu'il sera suffisant de procéder au décapage du matériau de surface (minimum de 0,5 m, mais capable d'atteindre épaisseurs supérieures selon le lieu), le massif de fondation étant adéquat pour supporter les charges transmises par les remblais.
Pour l'exécution des couches du matériau désigné par remblai – A1m et B5m, on recommande le compactage par couches de 20cm d'épaisseur minimum, avec les critères suivants :

- 0,9wOPN ≤ Wn ≤ 1,1wOPN;

- un compactage supérieur à 98% d'essai Proctor modifié ;

- un module de déformabilité Ev2 supérieur à50MPa ;

- une relation Ev_2/Ev_1 inférieure à 2,0. (Ev_1 et Ev_2 sont les modules de déformabilité correspondant aux 1ers et 2èmes cycles d'essais respectivement)

I.3.2 Couche en GNT et couche en TUF :

I.3.2.1 Solution adoptée :

La couche de forme servira de support aux structures d'assise et devra permettre la mise en œuvre de la sous-couche.
Compte tenu des matériaux d'emprunt disponibles dans la zone et de l'expérience antérieure dans leur utilisation dans d'autres ouvrages, l'exécution de la couche de forme, avec environ 0,5m d'épaisseur totale, sera divisée en deux, à savoir :
- Une couche supérieure désignée «couche en GNT» (Mat. 1) avec 0,20m d'épaisseur et composée par un matériau concassé, avec fuseau de spécification0/31,5 ;
Une couche inférieure désignée «couche en tuf» (Mat. 2) avec 0,40m d'épaisseur et constituée par les meilleurs matériaux provenant de l'excavation en ligne ou d'emprunt, notamment le tuf calcaire avec fuseau de spécification 0/40[10].
Les matériaux à employer dans la «couche en GNT» devront être du type R21 de la

classification NF P 11-300 (GTR), constitués de matériaux granulaires avec LA + MDE ≤ 28 + 35, Dmax=20mm, le passant à 80µm ≤ 10% et ES ≥ 40%.

Les matériaux désignés «couche de tuf» devront être constitués de matériaux granulaires, avec LA + MDE ≤ 31 + 46, Dmax=40mm, le passant à 80µm ≤ 25% et IP ≤ 15%. Les matériaux à utiliser doivent être composés de sols des sous classes R22 de la classification NF P 11-300 (GTR).

De façon à respecter les présupposés adoptés en phase d'Avant-projet Détaillé (APD), il faudra que la couche de forme garantisse les caractéristiques d'une plateforme de type PF3 (classification GTR). De la sorte, le module de déformabilité de l'ensemble qui constitue la couche de forme devra avoir des valeurs égales ou supérieures à 120MPa.

I.3.2.2 Contrôle de construction :

Afin d'assurer que les concepts, présupposés et conception associés aux solutions proposées sont effectivement observés après la construction des remblais et de la couche de forme, il sera nécessaire d'effectuer une série d'essais.

Afin d'assurer que les concepts, présupposés et conception associés aux solutions proposées sont effectivement observés après la construction des remblais et de la couche de forme, il sera nécessaire d'effectuer une série d'essais.

I.3.3Drainage :

L'eau est l'un des facteurs principaux dans le déclenchement des glissements de terrain. Les pluies d'hiver et la fente des neiges engendrent d'importants ruissellements et infiltrations

Ce qui provoque l'altération, l'oxydation, la saturation et la mise en mouvement des terres. Par conséquent, l'abaissement du niveau des eaux souterraines et la réduction de la pression des pores sont des moyens logiques d'améliorer la stabilité.

Le drainage assure la stabilité de la pente pour deux raisons :

-Il réduit la pression interstitielle dans le sol, et ainsi d'augmenter la résistance de cisaillement du terrain.

-Il réduit les forces motrices de la pression de l'eau dans les fissures.

Les types de drainages les plus couramment utilisés sont :

a)Collecte et canalisation des eaux de surface :

L'objectif est de limiter les infiltrations dans le massif en mouvement. Les eaux peuvent provenir de zones de sources, d'un défaut d'étanchéité sur un réseau ou un bassin de stockage à L'amont ou plus simplement des précipitations et des eaux de ruissellement. Les dispositifs de Collecte et canalisation des eaux de surface sont d'usage courant en génie civil, comme les fossés et caniveaux.

b) Masques et éperons drainants :

Les masques drainants sont des ouvrages en matériaux granulaires grossiers mis en place en parement de talus ; leur rôle est d'annuler la pression interstitielle dans la portion correspondante de terrain, mais leurs caractéristiques très frottant apportent également un gaindé stabilisé.

C) Tranchées drainantes

Les tranchées drainantes, sont des ouvrages couramment utilisés pour rabattre le niveau de la nappe. Elles sont implantées sur le site de façon à venir courant dans un horizon homogène, couche aquifère, venues d'eau ponctuelles,…).Le choix de l'implantation (dans le sens de la plus grande pente ou dans un sens parallèle aux lignes de niveau, ou encore en épis), de la profondeur et de l'espacement des tranchées, dépend des résultats de l'étude hydrogéologique et conditionne l'efficacité du drainage.

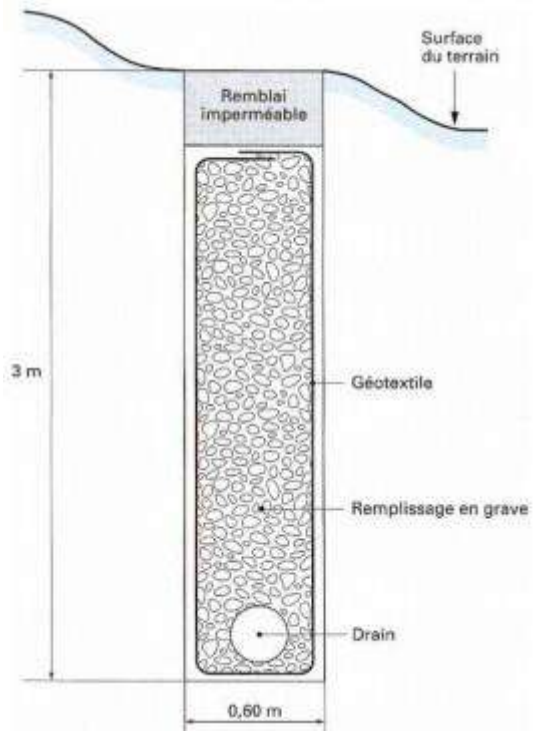


Figure I.29 ***: Coupe*** *type d'une tranchée drainant [12]*

d) Drains subhorizontaux :

Cette technique s'emploie dans de nombreuses configurations de glissement et dans de nombreuses formations géologiques. Cependant, les terrains très peu perméables s'y prêtent mal ; en effet, le rayon d'action des drains est dans ce cas très faible. Les drains subhorizontaux permettent en particulier de drainer des couches et des poches aquifères, éventuellement en charge, et des circulations d'eau localisées

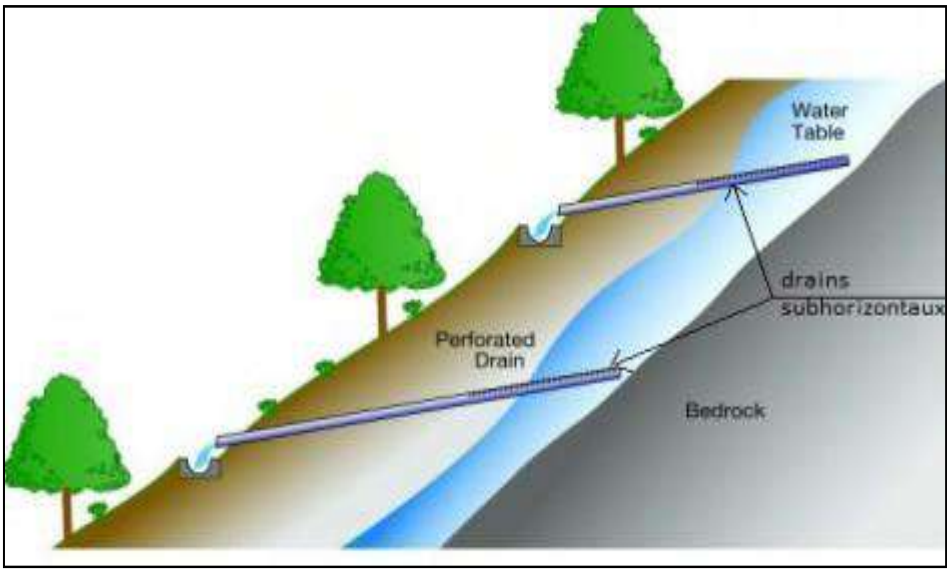


Figure I.30 *: drains subhorizontaux. [13* **]**

- Drains verticaux, puits et galeries drainantes :

Les puits drainants équipés de pompes, installés en ligne, constituent un écran drainant, à condition bien sûr que la maintenance soit correctement assurée. Le forage de drains subhorizontaux depuis le fond de puits de gros diamètre permet d'accroître leur rayon d'action. Les drains-siphons sont des forages verticaux équipés d'un système d'évacuation de l'eau par siphonage vers un point bas du versant (de cote inférieure à celle du fond de forage). [14]

I.4 Remarque :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter des passerelles au niveau d'agglomération.
- Réaliser des trottoirs**.**
- Equiper les frontières des ouvrages par des dimensionnements convenables (largeur de Trottoir, hauteur de la glissière, etc.…)
- Pour les sorties d'engins des chantiers, des carriers et des usines, des panneaux de Signalisation seront implantés Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:
- Réduire la vitesse au niveau des intersections.
- Des panneaux de signalisation seront implantés.

CHAPITRE II :

ETUDE GéOTECHNIQUE DU SITE

II.1 Introduction :

Ce chapitre a été réservé pour les différents interventions menu sur le terrain, en point de vue reconnaissance du site dans ce cadre géologique , hydrogéologique et aussi géotechnique afin de prendre une vision général sur les caractéristiques du site, et ce pour procédé à leur étude avec la proposition d'une technique de protection de la route franchissant la zone inondable.

II.2 Présentation du projet :

Le présent projet permet la liaison entre le nord et le sud de l'Algérie sur la quelle est nommée : étude de la zone inondable entre le PK 17+700et PK22+700 de la Section Ksar El Boukhari – Boughzoul, ce tronçon est situé dans la wilaya deMEDEA.

Le traitementde la zone inondable entre les villes de Seghouane et Boughzoul a été projeté en essayant de profiter, au maximum, du tracé de la route actuelle, en tenant compte des restrictions et des conditionnements existants et en dotant le nouveau tracé de quelques caractéristiques techniques en accord avec le type et la catégorie T80 (classe de trafic) de la nouvelle route dédoublée.



Figure II.1 *Localisation du projet. .*

Les principaux facteurs conditionnant présentés lors de ce tronçon sont liés à l'orographie du terrain, à la présence d'édifications, des noyaux urbains et des cimetières proches à la trace, la ligne de chemin de fer qui parcourt parallèle à la RN01 entre Ksar el Boukhari Boughzoulet qui réapparaît entre cette ville et Boughzoul et finalement la présence de nombreux oueds qui sont croisés au long de tout le tronçon. Il faut aussi souligner la présence de nombreuses lignes électriques, en plus de certains gazoducs et des conduites d'eau souterraines. Le tronçon a été divisé en cinq sections :



Figure II.2 *Barrage de Boughazoul. On observe le risque d'inondation de la route.*

II.3 Données géographique :

Médéa est situé à 50 km à l'est de Khemis Miliana, à 40 km au sud de Blida et à 80 km au Nord de Ksar el Boukhari. La commune se trouve au Nord-Ouest de laWilaya. Médéa, avec 981m d'altitude, est une ville de montagne de l'Atlas tellien, située dans une dépression entre le massif de l'Ouarsenis au Sud et l'Atlas blidéen auNord.
Médéa est desservie par 2 routes principales :

- La route nationale 1 vers Blida au Nord (par les gorges du Chiffa), qui rejoint l'autoroute A1 vers Alger ; vers la cote et le Sahara ausud.
-La route nationale18 vers Khemis Miliana àl'Ouest.

II.4 Données climatiques :

La région de MEDEA est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide etpluvieuse.
Les pluies sont importantes en automne et en hiver, elles tombent d'octobre à Mai avec un maximum en Novembre et un autre en Février.

D'après les observations effectuées à lastation météorologiques on a :

-Pluie moyenne journalière Pj= 55mm.

II.5 Sismicité :

II.5.1 Aperçu Sismique :

Le Nord de l'Algérie est associé à une forte activité sismique, liée aux mouvements de collision aux frontières de deux plaques lithosphériques, africaine et eurasiatique. Le rapprochement nord-sud des deux masses continentales se fait d'une manière continue depuis près de 80 millions d'années. Au niveau du méridien d'Alger, la vitesse de rapprochement est de 1cm/an.

Du point de vue sismique, l'Algérie est divisée en 3 régions :

-L'Atlas Tellien : fortementsismique ;

-L'Atlas Saharien : moyennementsismique ;

- Le Sahara : peusismique.

II.5.2 Sismicité de laRégion

On présente sismiques qui encadrent la région en étude et qui montrent que, d'une façon générale, la sismicité historique est faible

II.5.3 Paramètres Parasismiques et Zonage Sismique :

Le document technique réglementaire D.T.R., dans les figures suivantes, des cartes de macro sismicité, d'isoséistes et des sources

Concernant les règles parasismiques algériennes RPOA 2008, élaboré par le CTTP et le CGS (Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique), divise le territoire algérien en cinq (05) zones de sismicité

Tableau II.1 :*Division du territoire algérien dans divers zones de sismicité*

Zone	0	I	IIa	IIb	III
Sismicité	négligeable	faible	moyenne	élevée	très élevée

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés par la collectivité.

Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes RPOA 2008 doit être classé dans l'un des trois groupes définis ci-après :

-Groupe 1 : Ouvrages d'importance stratégique ;

-Groupe 2 : Ouvrages de grande importance ;

-Groupe 3 : Ouvrages d'importancemoyenne

Les sites ont également fait l'objet d'une classification en fonction de leur nature géologique et des propriétés mécaniques des sols qui les constituent ; ainsi on distingue les catégories suivantes :

Catégorie S1 :(site rocheux), caractérisé par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement, VS> 800m/s

Catégorie S2 : (site ferme), caractérisé par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement, VS > 400m/s à partir de 10m de profondeur ;

Catégorie S3 : (site meuble), caractérisé par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement, VS > 200m/s dans les 20 premiers mètres 200m/s à partir de 20m de profondeur ;

Catégorie S4 :(site très meuble), caractérisé par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement, VS <200m/s dans les 20 premiers mètres

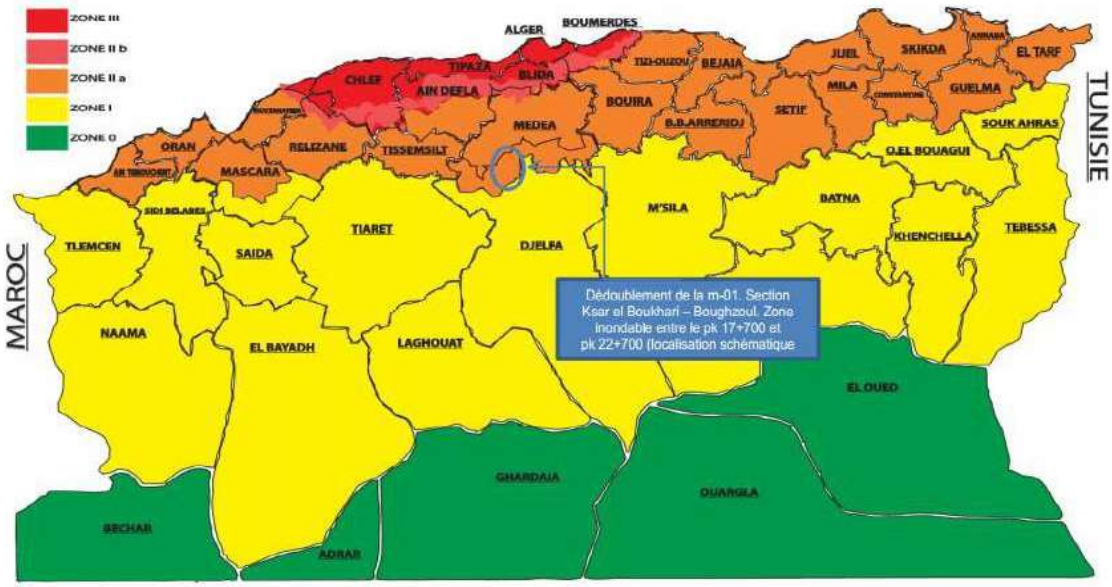


Figure II.3 : *Carte de zonage sismique de l'Algérie* ***(RPOA 2008).***

La valeur du coefficient d'accélération sismique –A– est déterminée conformément à la relation suivante :(A = 0,20g) voir l'indication sur le tableau suivant :

TableauII.2.: *Coefficient d'accélération* ***(A)***

Groupe	ZONE			
	I	IIA	IIB	III
1	0.15	0.25	0.30	0.40
2	0.12	0.20	0.25	0.30
3	0.10	0.15	0.20	0.25

En se basant sur ce qui précède, l'ouvrage se caractérise de la façon suivante :

-Le site étudié se situe dans la zone IIa, qui correspond à une zone de sismicité moyenne ;

-Le tracé en étude est considéré comme un ouvrage de grande importance (groupe2) ;

-Le site du présent projet traverse, en grande partie, des formations meubles classées catégories S3 etS4.

A partir de ces données, le coefficient d'accélération à utiliser sera **A** = 0,20g.

La sismicité actuelle s'inscrit dans la continuité des mouvements plio–quaternaires; il est, par conséquent, impératif de prendre en considération le facteur sismique dans le dimensionnement des ouvragesd'art.

La vérification de la stabilité, sous l'action sismique, a été effectuée avec un calcul statique équivalent, en appliquant à tous les éléments de sol deux coefficients sismiques, ***kh=0,5 x A*** et

kr*± *0,3 x kh, qui représentent les forces horizontales contenues dans les plans verticaux des plus grandes pentes et dirigées vers l'aval et les forces verticales descendantes ou ascendantes selon les combinaisons ***(kh, +kt) (kh, -kv).***

II.6 reconnaissance géotechnique :

La description et la présentation des résultats des travaux de d'investigation géotechnique exécutés par le Laboratoire Centrales Travaux Publics (LCTP).dans la zone du tracé, pendant la phase de Projet d´Exécution, en vue de caractériser les terrains concernés. La campagne de prospection a inclus l'exécution des sondages carottés avec prélèvement d'échantillons intacts et des essais SPT, sondages pressiométriques et d'essais au pénétromètre dynamique lourd (PDL), Par ailleurs, des essais de laboratoire sur des échantillons remanie ont été réalisés.

L'analyse de tous les travaux de prospection réalisés dans la zone inondable, en particulier, les travaux exécutés dans la présente phase d'étude et en phase d'APD, a permis une reconnaissance géotechnique des terrains, ainsi que d'évaluation les conditions d'exécution des terrassements et des conditions de fondation respectives.

Les résultats des travaux de reconnaissance et de laboratoire, obtenus pendant cette phase de l'étude, sont également joints en annexe.

II.7 Essai in situ :

Les essais in situ sont les différentes interventions du laboratoire sur le terrain recevant le projet afin d'obtenir des échantillons du sol intact ou remanie, et parmi les essais réaliser sur terrain on a :

II.7.1 Sondage carottier :

Le sondage carotté permet d'extraire des échantillons du sol en profondeur. Ces échantillons, remaniés ou intacts, permettent d'une part de reconnaître la nature géologique des terrains, et donc de compléter les informations géologiques locales recueillies dans l'étude préliminaire, et d'autre part de mener la campagne d'essais de laboratoire pour aboutir aux caractéristiques d'identification physique et mécanique du sol. Celles-ci sont utilisées, entre autres, pour étudier la résistance au cisaillement du sol ainsi que sa prédisposition à tasser.

Les échantillons extraits sont dits "remaniés" lorsque les conditions de leur conservation et transport détruisent l'état et la structure du sol tel qu'il était en place. Ces échantillons sont utilisés pour identifier les sols notamment par les essais de "granulométrie", de "limites d'Atterberg" et de "poids volumique ".

Les échantillons extraits sont dits "intacts" lorsque l'on prend le plus grand soin dans leur extraction, conservation et transport au laboratoire. L'opération particulière, dans ce cas, consiste {paraffiner l'échantillon de sol dès son extraction ; ce qui permettra de conserver au maximum la structure et l'état du sol tel qu'il était en place. Ces échantillons peuvent servir {tous les essais de laboratoire aussi bien d'identification (granulométrie, limites d'Atterberg,…) que mécanique (compressibilité et cisaillement).

La majorité des sondages carottés exécutés a été accompagnée par des essais de pénétration du type SPT (« Standard Pénétration Test ») et de la détermination du pourcentage de récupération.



***Figure II.4 : Caisses** à carottes du sondage [14]*

Le Tableau suivantdonne l'ensemble des résultats obtenus par les sondages carottés.

***Tableau II.3-** Résultats des sondages carottés.*

sondage n	Localisation (pk)	Formation géologique	Profond max	Nappe (m)	Nature géologique	Taux de récupération%
Sc04	22+180	Qt	20.0	-	0-20 sable fin à grossiers et argile sableuse avec trace des inclusions carbonatées	33-100%
Sc05	22+740	Qt	20.0	-	0-20sable fin, sable argileuse et argile sableuses carbonaté avec quelques petits graviers de calcite par endroit	33-96%
Sc06	19+700	Qt	20.0	-	0-15sable fin carbonaté avec gravier et galates	30-97%
Sc07	17+390	Qt	20.0	-	0-20sable fin à moyen peu argileux, de argiles	40-100%

- **Interprétationsdes résultats des sondages carottiers :**

D'après l'analyse des résultats des sondages carottés, on peut constaterque :

_ La profondeur atteint par les sondages a varié entre 17,0 m et 20,0 m ;

_ Le niveau d'eau a été identifié en surface pendant la phase d'exécution des sondages. Néanmoins, compte tenu du fait qu'il s'agit d'une zone inondable,

_ Les sondages ont intercepté essentiellement des dépôts de terrasse du quaternaire, composée par une alternance des formations lithologiques suivantes :

_ Qt1 - Argile / argile marneuse / argiles sablo-limoneuses / limons argilo-sableux

-Qt2 - Sable limoneux/limon sableux/sable argileux

- Qt3 - Sable fin à grossier / sable graveleux, peu caillouteux à caillouteux dans une matrice limono-argileuse.

- Les valeurs obtenues dans les essais SPT effectués dans cette formation sont très variables (19 à > 60 coupes). Le pourcentage de récupération est compris entre 30% et 100%.

II.7.2ESSAIS SPT (« STANDARD PENETRATION TEST ») :

Lors des forages, des essais de pénétration dynamique SPT («Standard Pénétration Test ») ont été effectués.

Les essais SPT-Terzaghi consistent en l'enfoncement, à travers des coups donnés par un pylône avec poids et hauteur de chute normalisée, d'une pointe normalisée liée à un échantillonneur spécial. Cet essai a deux phases : la première pour une pénétration de 15cm et la seconde pour une pénétration de 30cm. A la fin de chaque phase, on enregistre le nombre de coups nécessaire à la pénétration ; l'essai se termine après la conclusion de la 2ème phase ou lorsque le nombre de coups atteint 60 et, dans ce cas, on fait l'enregistrement de la pénétration obtenue.

Les résultats des essais SPT ont permis la caractérisation géotechnique des formations incohérentes sableuses, quant à la compacité (Tableau II.4), et des formations cohérentes argileuses, quant à la consistance (Tableau II.5).

Tableau II.4 :*Compacité de sables [14]*

Nspt	Compacité
0.-4	Très peu compact
4 -10	Peu compact
10-30	Moyennement compact
30-50	Compact
>50	Très compact

Tableau II.5 : *Consistance des Argiles*

Nspt	Consistance	Résistance à Compression Simple (kN/m^2)
<2	Très molle	< 25
2 -4	Molle	25 -50
4-8	Consistance moyenne	50-100
8-15	Consistance	100-200
15-30	Très consistance	200-400
>30	Dure	>400

-interprétation des résultats essais spt :

D'après l'analyse des résultats des essais SPT, effectués dans les sondages carottés, on peut constater que :

-Qt1 – Argile / argile marneuse/argiles sablo-limoneuses/limons argilo-sableux

Dans les essais SPT effectué dans les sondages qui interceptent la formation quaternaire (Qt1), constituée par des argiles, argiles marneuses, argiles sablo-limoneuses et limons argilo-sableux, les valeurs obtenues sont comprises entre 5 et 31 coupes, ce qui correspond à un terrain de consistance moyenne à très élevée.

-Qt2 - Sable limoneux/limon sableux/sable argileux

Dans les essais SPT effectués dans les sondages qui interceptent la formation quaternaire (Qt4), constituée par des sables limoneux, limons sableux et sables argileux, les valeurs obtenues sont généralement comprises entre 16 et 34 coupes (exceptionnellement, 5 et > 56), ce qui correspond à un terrain moyennement compact à compact. Cependant, les essais de SPT ont intercepté quelque

-Qt3 - Sable fin à grossier / sable graveleux, peu caillouteux à caillouteux dans une matrice limono-argileuse

Dans les essais SPT effectués dans les sondages qui interceptent la formation quaternaire (Qt5), constituée par des sables fin à grossiers et sables graveleux, peu caillouteux à caillouteux dans une matrice limono-argileuse, les valeurs obtenues sont très variables, généralement comprises entre 31 et 60 coupes (exceptionnellement, 10 à 29 coups). Cependant, les essais de SPT ont intercepté quelques niveaux de matériaux graveleux et caillouteux, ce qui peut conduire à des valeurs plus élevées et non représentatives de la formation géologique

II.8 Essais en Laboratoire :

Apres extraction des échantillons remanie depuis les sondages carottiers, le laboratoire chargé de l'étude a procédé à des essais d'identification, mécanique, physique et chimique, parmi ces essais on a :

-Analyse granulométrique (AG) ;

-Limites d'Atterberg (WL - limite de liquidité et Wp - limite de plasticité) ;

-Teneur en eau naturelle (W) ;

-Poids spécifique (γ) ;

-Equivalent de sable (ES).

Les résultats obtenus par ces essais sont figures dans les tableaux suivants :

A : Analyse granulométrique (AG) ;

Elle se fait par tamisage par voie sèche après lavage pour les sols dont les éléments supérieurs à 80 Um (NF P94-056) et par sédimentation pour les éléments inférieurs ou égaux à 80 Um (NF P94-057).

L'analyse granulométrique sol jusqu'au diamètre de 80 Um se fait en utilisant une série de tamis (NF P94-056).



Cas a Cas b

Figure II.5 : *Essai de Granulométrique (Cas A, B).*

Tableau II.6 :*Analyse Granulométrique (AG***)**

Sondage	Échantillon (Prof., m)	Granulométrie		
		410 (%<2,0 mm)	#200 (%<0,074 mm)	%< 2um
SC4	5,8-6,0	100	91	-
	9,5-9,9	100	98	-
SCS	5,0-5,35	100	89	-
	18,7-19,05	100	91	21
SC6	5,5-5,85	100	100	-
	9,15-9,6	100	99	-
	11,68-12,0	100	90	-
SC7	3,0-3,35	100	94	-
	7,0-7,4	100	74	-
	13,05-13,45	100	79	-

B : Limites d'Atterberg :

- **Principe :**

Imbiber l'échantillon dans unrécipient.

Tamiser l'échantillon dans un tamis 0.04mm et récupérer letamisassent.

Sécher le matériau dans une étuve réglée à 105°C pour les sols non gypseux à 55°C pour les solsgypseux.

Placer l'échantillon de sol dans la coupelle et tracer un sillon avec l'outil à rainurer, par convention, la limite de liquidité est la teneur en eau du matériau qui correspond à la fermeture d'un cm (1cm) des lèvres de la rainure après 25chocs.



Figure II.6 : *Limite de Liquidité.*

Tableau II.7 : *Limites D'Atterberg*

Sondage	Échantillon (Prof., m)	Limites d'Atterberg		
		WL (%)	WP (%)	IP (%)
SC4	5,8-6,0	34	18	16
	9,5-9,9	53	27	27
SCS	5,0-5,35	44	22	22
	18,7-19,05	35	18	17
SC6	5,5-5,85	62	31	31
	9,15-9,6	60	28	33
	11,68-12,0	51	21	29
SC7	3,0-3,35	53	23	31
	7,0-7,4	41	20	22
	13,05-13,45	54	24	30

C : Humidité :

TableauII.8 *: Humidité*

Sondage	Échantillon (Prof., m)	Humidité			
		W (%)	yh (t/m^3)	(t/m3) yd	Sr (%)
SC4	5,8-6,0	18,67	2,11	1,78	97,55
	9,5-9,9	19,42	2,09	1,76	97,58
SCS	5,0-5,35	19,40	2,10	1,76	98,19
	18,7-19,05	19,49	2,03	1,73	83,89
SC6	5,5-5,85	-	-	-	-
	9,15-9,6	-	-	-	-
	11,68-12,0	-	-	-	-
SC7	3,0-3,35	-	-	-	-
	7,0-7,4	-	-	-	-
	13,05-13,45	-	-	-	-

D : Essais de cisaillement direct:

Objet de l'essai:

L'essai a pour objet de mesurer en laboratoire des caractéristiques de plasticité (rupture) d'un échantillon de sol fin soumis à un cisaillement direct selon un plan imposé, à une vitesse suffisamment lente pour que la pression

Interstitiellereste nul tout au long de l'essai. En sont déduites les valeurs de l'angle de frottement effectif φ' et la cohésion effective C', paramètres utilisés pour le dimensionnement de fondations, les calculs de vérification des coefficients de sécurité Fs à la rupture de talus et pour la détermination des actions de poussée et de butée sur les ouvrages de soutènement.



Fuguer II.7 *: appareil de cisaillement*

Tableau II.9 : *Essais de cisaillement direct (boite de casa grande) [14]*

Sondage	Échantillon (Prof., m)	Essais de cisaillement direct (Boite de Casagrande)		
		Nature d'essai	( )	C (kg/cm²)
SC4	5,8-6,0	--	--	-
	9,5-9,9	UU Saturée	19	0,59
SCS	5,0-5,35	UU Saturée	1	1,01
	18,7-19,05	--	--	-
SC6	5,5-5,85	--	--	-
	9,15-9,6	--	--	-
	11,68-12,0	--	--	-
SC7	3,0-3,35	--	--	-
	7,0-7,4	--	--	-
	13,05-13,45	--	--	-

E : comprissions simple :

Tableau II.10 : *comprissions simple*

Sondage	Échantillon (Prof., m)	Résistance à la compression simple	
		Nature d'essai	Rc (kg/cm^2)
SC4	5,8-6,0	-	1,12
	9,5-9,9	-	-
SCS	5,0-5,35	-	-
	18,7-19,05	-	2,43
SC6	5,5-5,85	-	-
	9,15-9,6	-	-
	11,68-12,0	-	-
SC7	3,0-3,35	-	-
	7,0-7,4	-	-
	13,05-13,45	-	-

Remarque :

Les résultats des essais d'identification obtenus dans les déblais et remblais, ainsi que la classification GTR (NF P 11-300) et ASTM de tous les échantillons prélevés sont présentés dans les Tableaux

En ce qui concerne l'analyse de chaque formation, de la Figure II.8, on présente les graphiques avec la distribution des paramètres de la granulométrie, les indices de plasticité (IP) et les classifications des sols des formations prédominantes (Qt1, Qt2 et Qt3).

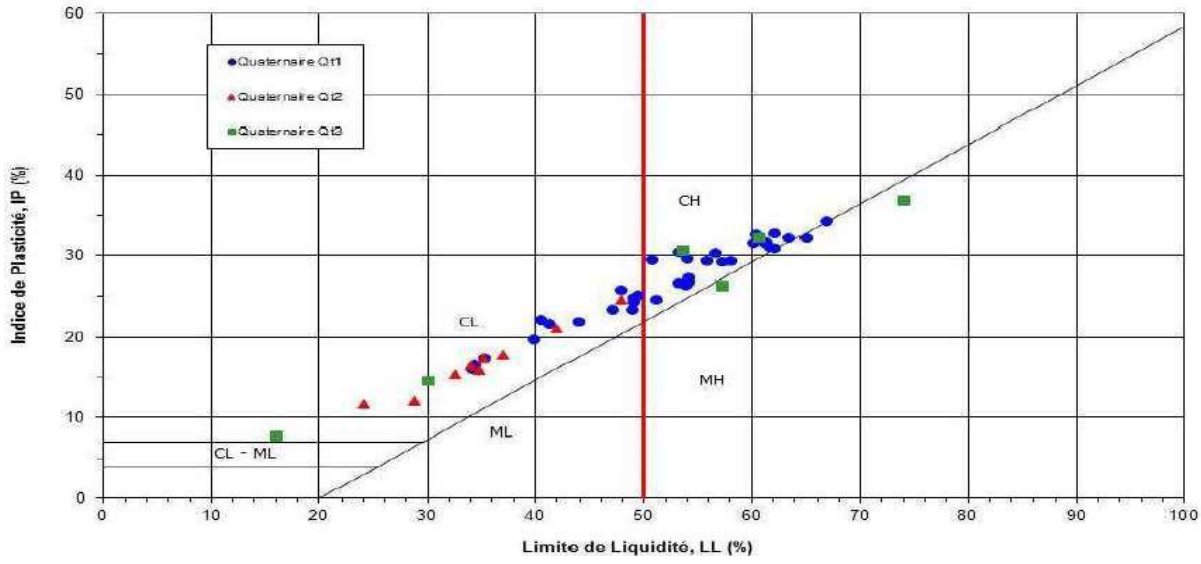


Figure II.8 *: Carte de plasticité de la fraction fine des échantillons remaniés et intacts.*

II.9 : Conclusion

A la lumière des cartes géologique, tectonique et hydrogéologique et à l'aide du programme d'investigation géotechnique*, l'étude géologique du tracé montre que les formations prédominantes dans la partie étudiée sont les formations sédimentaires du appartenant au Quaternaire et Néogène (Miocène et Pliocène) qui sont plus ou moins bien développés le long du tracé.

La partie Seghouane – Boughzoul, est sensiblement plate et comprend des marnes schisteuses à cassures, grises et des argiles schisteuses grises. Localement, les marnes schisteuses peuvent renfermer des bancs calcaires. Ces formations sont recouvertes par des dépôts quaternaires tels que des alluvions et des dépôts de pente.

L'ensemble des résultats des différentes essais montre un sol fin à grenu, peu plastique à plastique et agressif par endroit. Les matériaux de déblais, dans leur ensemble, ne peuvent pas être réutilisés pour les remblais. Néanmoins, sur certaine section du tracé, notamment pour l'évitement de Boughezoul, une partie des déblais pourrait être réutilisé. Cependant, il est nécessaire de vérifier leurs caractéristiques lors des travaux avant de procéder à leur utilisation. Par conséquent, les remblais seront réalisés avec des matériaux d'emprunt disponibles dans larégion.

CHAPITRE III :

TRAITEMENT DES ZONES INONDABLES

III.1 Introduction :

L'évolution actuelle du contexte socio-économique dans le domaine des ouvrages en terre (terrassements) est marquée par la nécessité de réutiliser au maximum les matériaux situés dans l'emprise des projets, même ceux dont les caractéristiques de mise en œuvre, notamment mécaniques, sont très faibles. Lorsque les sols sont de mauvaises caractéristiques géotechniques, il est généralement d'usage de procéder à trouver des solutions d'améliorations pour reprendre les charges appliquées par l'ouvrage. Plusieurs techniques de traitement des sols existent.

Ce chapitre est consacré à l'identification des matériaux des remblais et drainage

III.2 Proposition d'une solution :

Apres Exploitation des données géologiques, climatiques, hydrogéologiques et géotechnique sains que les observations visuelles, on va proposer de faire une surélévation de la ligne rouge de la chausse par la réalisation d'un remblai réalisé par couche successives et enveloppé par un géotextile de renforcement ayant un résistance à la traction de v120 a 150 kn/m2 et posé sur un enrochement avec un ancrage de 30 à 50 cm dans le sol initiale, aussi on propose de protéger les talus en géogrille remplir par une terre végétale pour éviter tous cas d'érosion un dispositif de drainage et mien place de pante et d'Arte de l'enrochement évacuation de l eau

III.2.1 Renforcement Par Géotextile :

En quelques années, l'emploi des géotextiles s'est révélé l'une des techniques les plus populaires d'amélioration des sols et des ouvrages en terre. On leur attribue quatre modes d'action qui peuvent être combinés : le drainage, la filtration, la séparation de couches de granulométrie différente et le renforcement mécanique.

Ce dernier aspect, qui a été utilisé plus tardivement que les trois autres, donne maintenant lieu à des applications de plus en plus nombreuses et très prometteuses.

La déformabilité et la grande résistance des nappes de géotextile s'adaptent bien aux propriétés mécaniques des sols meubles. Les géotextiles rentrent dans la catégorie des matériaux géosynthétiques.

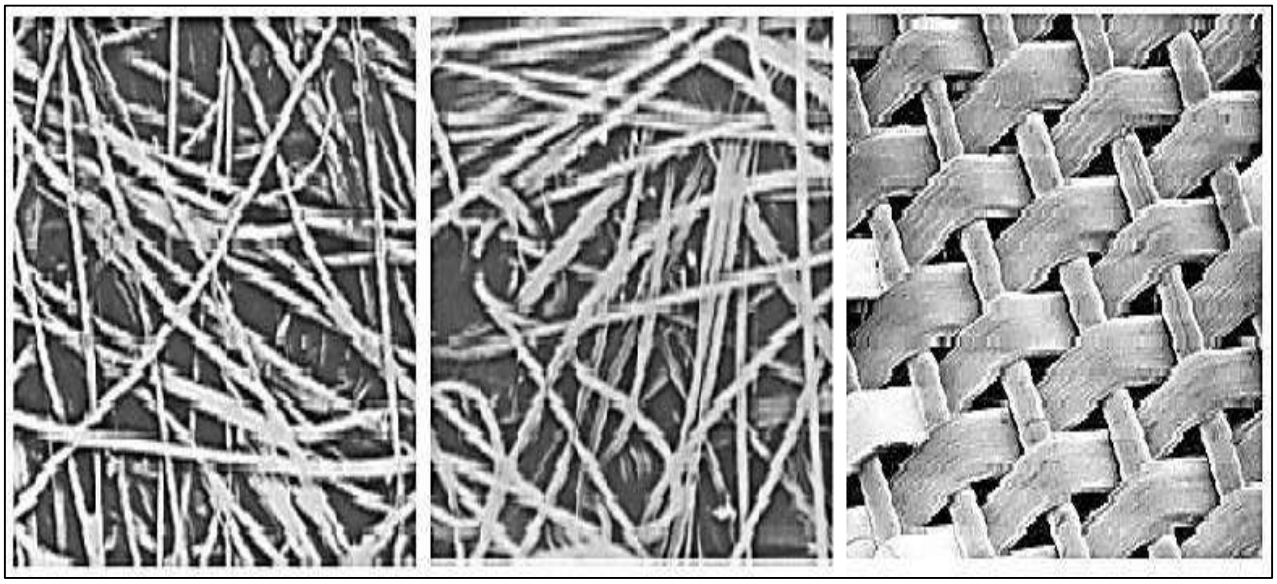
III.2.1.1 Type de géotextile :

On distingue trois types :

-Géotextile non tissé : Géotextile fait de fibres, de filaments ou d'autres éléments orientés directionnellement ou au hasard et lié de façon mécanique, thermique ou chimique. L'aiguilletage donne une structure souple et déformable. Le thermocollage donne des géotextiles plus rigides.

-Géo tricoté : Géotextile produit par entrelacement d'un ou de plusieurs fils, filaments ou autres éléments.

-Géo tissé : Géotextile produit par entrelacement, habituellement à angle droit, de deux ou de Plusieurs faisceaux de fils, de filaments, de bandelettes ou d'autres éléments.



Géotextile non tissé aiguilleté Géotextile non tissé thermo lié Géotextile tissé de monofilament

Figure III.1*: Typologie des géotextiles.*

III.2.1.2 Les Différentes fonction des géotextiles :

- Séparation : Le géotextile permet de séparer efficacement des matériaux de différente granulométrie comme le gravier, les pierres ou le sable. Il évite le mélange permettant à chaque matériau de garder ses propriétés mécaniques.
- Filtration : De par sa structure microporeuse, le géotextile permet à l'eau de s'écouler en retenant les particules fines du sol.
- Drainage : Le géotextile peut transporter latéralement d'importants débits d'eau, il permet

ainsi de drainer les sols et par conséquence favoriser la stabilité des massifs où il est posé en évitant les poussées dues à l'eau.

- Protection : Il empêche ou limite les endommagements localisés par un élément ou un matériau donné.
- Renforcement : Il a la capacité de résister pour améliorer les propriétés mécaniques du sol ou d'autres matériaux de construction

III.2.2 Renforcement Par Géogrille :

Les géogrilles sont classées parmi les produits géosynthétiques. Elles se présentent sous la forme de grilles monolithiques, tissées ou à fils soudés dont la maille peut avoir
Des formes diverses. En particulier, on peut distinguer les géogrilles uni axiales ayant une résistance à la traction plus élevée dans une direction que dans la direction perpendiculaire et dont la maille est allongée, et les géogrilles bi axiales ayant la même résistance dans les deux directions du maillage qui, dans ce cas, est carré. La **figure III.2** Présente le détail d'un géogrille uniaxial



Figure III.2 : *protéger les talus en géogrille*

III.3 Méthodologie d'exécution des travaux :

Excavation du sol sur une profondeur (ancrage) de 50 cm avec évacuations des excédents au-delà du projet

Mise en œuvre d'une couche d'enrochement sur une épaisseur d'un (1.00 m), posé en croisement l'un sur l'autre, (la pierre doit être propre et répand aux normes technique)

Mise en place d'une première couche du remblai sur une épaisseur d'un (1.00 m) envelopper par un géotextile de renforcement et anti- contaminant pour que ne perte pas ces caractéristiques, et pour le remblai il faut que le matériau utilisé doit répondre aux exigences techniques et aux normes de GTR, et de le réaliser en couches successives de 30 cm d'épaisseur avec compactage et arrosage.

Remarque :

La couche du remblai est répétitive 'jusqu'à la hauteur finale supérieur du remblai atteint (3 3m).

Mise en place d'un géogrille sur les deux talus (aval et amont) remplir par de terre végétale afin de les protéger contre l'érosion.

III.3.1 Caractéristiques des matériaux utilisés :

Pour les matériaux utilisés dans cet ouvrage du remblai il faut être répands aux conditions et exigences techniques en vigueur.

III.3.1.1Matériaux pour remblai :

A : Analyse d'un matériau pour remblai :

Nous avons procède à l'analyse d'un matériau pour remblai ramené par nous soins pour voir l'éventualité de son utilisation en remblais pour le présent projet.

L'entreprise prélève ces matériaux d'un gite d'emprunt du chantier entre les prf 120-130 nous allons nous référer au GTR pour voir l'éventualité de leurs utilisation en remblais.

Tableau III.1 : *Résultats des essais de remblai*

Caractéristiques	Résultat trouvés
Granulométrie	0/50mm
Dmax	63mm
Taux de fines	22.93%
Wn	4%
Wi	26%
Wp	12.59%
Ip	13.41%
Ic=(wi-wn)/I p	1.64
Proctor modifié : Wopm Vdmax	 8% 2.14t/m3
Classification selon le GTR	C1B6ts
Cohésion	8 bar
Ongle de frottement	25°
γ_d	19 kg/m²

Il s'agit d'un sol sableux et graveleux avec des fines.

B : Classification selon le GTR C1B6ts :

Le sol est sableux et graveleux avec des fines, le sol classé dans C1B6ts (Voire Annexe), correspondent à des sable et graves, argileux très argileux….

L'influence des fines est prépondérante ; le comportement se sol se rapproche de celui du sol fin ayant même plasticité que les fines du sol avec toutefois une plus grand sensibilité à l'eau due àla présence de la fraction sableuse en plus grande quantité.

Utilisation des sols C1B6ts en remblais

L'humidification pour changer l'état de ces sols est en générale trop difficile pour rester acceptable économiquement.

C :Avis du laboratoire sur ce matériau :

Vue l'aspect schisteuse de la roche nous avons procédés à des essais de fragmentation et dérivabilité .le but de ces deux essais est de vérifier les caractéristique du matériau au cours de son extraction et lors sa mise en œuvre, ainsi, lors d'exploitation du remblai .les résultats obtenus sont que voici :

Coeffr=1.87<7

Coef dgr=1.40<5

Cette roche et classée comme une roche argileuse, peu fragmentable peu dégradable elle est sous classe de R33.

Remarque :

Le matériau ainsi analyse peut être utilisé doivent avoir une charge par roue supérieur à40KN pour une couche d'épaisseur 20cm, les éléments dont les diamètres supérieurs à10cm doivent être éliminés soit manuellement soit à la lame niveleuse.

III.3.1.2 Matériaux pour L'enrochement :

La pierre utilisé pour l'enrochement doit répondre aux exigences technique et ayant les caractéristiques suivantes :

A :**Analyse d'un matériau pour l'enrochement (la roche bleu) :**

Essai los Analyse NF P 18-573 : la valeur obtenue suite à l'essai de la résistance aux chocs (los –Angeles) est de 27%

Essai micro –de val (MDE) NF P 18-572 :l'échantillon de GNT 0/31.5 a été soumis l'essai d'usure par frottement réciproque en présence d'eau .le résultat obtenu est de : M .D.E=30%.

TableauIII.2 :*Résulta des essais de roche*

caractéristiques	**Résultat trouvés**
L.A (NF P18-573)	27%
MDE (NF P18-572)	30%
Cohésion	1 bar
Ongle de frottement	45 °
γ_d	21 kg/m²

Au vu des résultats d'analyse réalises sur l'échantillon du la pierre utilisée pour gabionnage la qualité de ces matériaux est jugée acceptable pour son utilisation en Gabion.

III.3.1.3 Géotextile de renforcement :

Le géotextile de renforcement ayant les caractéristiques suivantes :

Résistance à la traction de 50 à 150 kn/m2

III.4 Vérification De Stabilité du Talus:

Dans ce parti, nous allons effectuer une analyse de stabilité de notre ouvrage remblai renforcé par géotextile et vis-à-vis le glissement, préalablement exposé, en appliquant le code de calcul « TALREN4». A cet effet, nous viserons, à travers l'analyse de la stabilité, à déterminer un coefficient de sécurité au glissement ensuite de comprendre la cinématique du problème, pour éviter tous cas d'érosion un dispositif de drainage et mien place de pante et d'Arte de l'enrochement évacuation de l'eau

III.4.1 Présentation du logiciel « TALREN4»

'TALREN4' est un outil d'analyse de stabilité des ouvrages géotechniques avec ou sans renforcement. Il permet de vérifier la stabilité des talus naturels, remblai, l'enrochement avec prise en compte de différents types de renforcement, géotextiles, géogrilles renforcement, La **FigureIII.3** montre L'interface du logiciel.

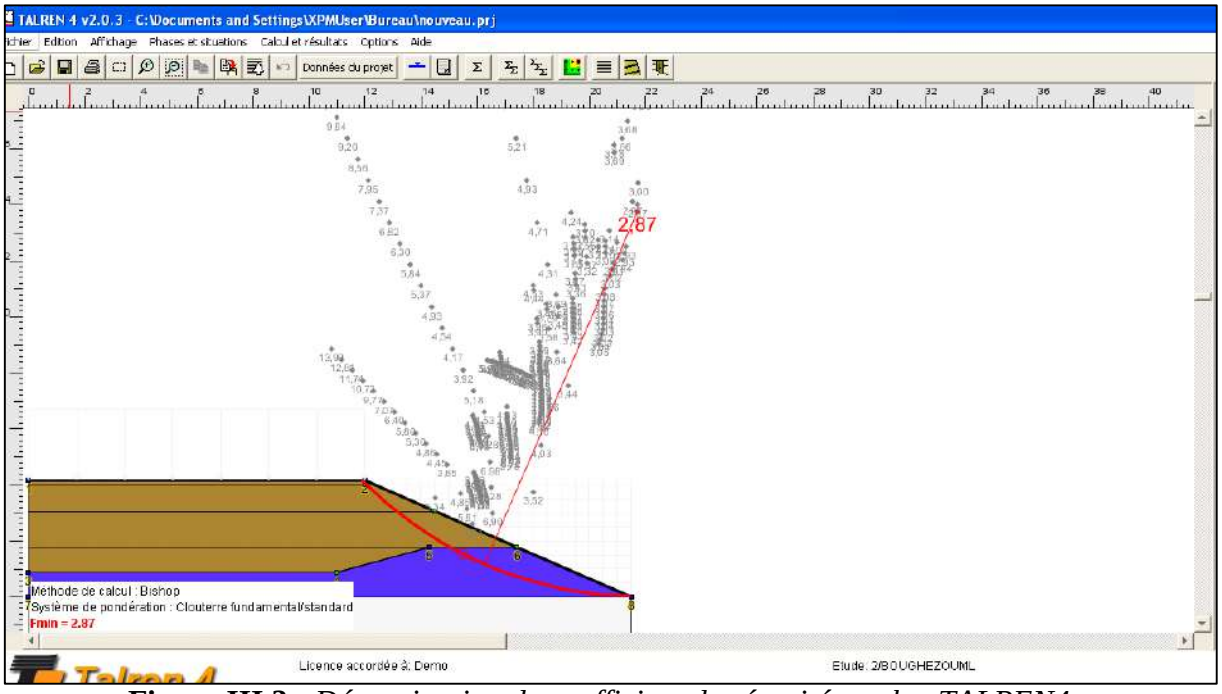
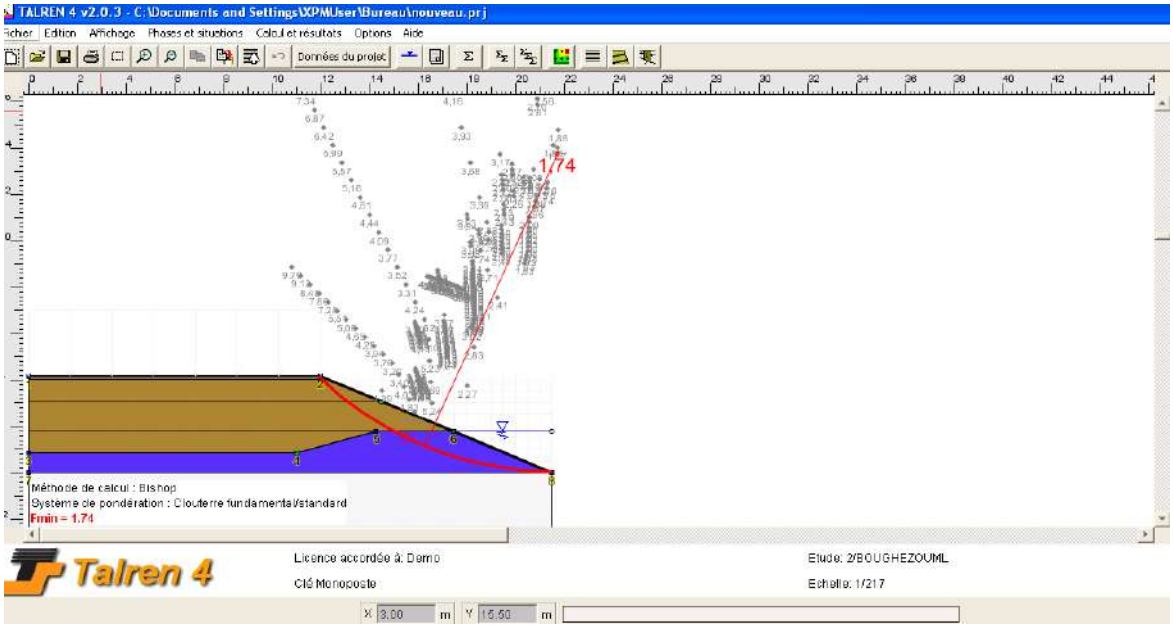


Figure III.3 : *Détermination du coefficient de sécurité par le «TALREN4»*

FS=2.87

- **Vérification de stabilité (Enrochement) :**



FS=1.74

Figure III.4 : *Vérification de stabilité l'Enrochement par le «TALREN4»*

- Vérification de stabilité (remblai) :

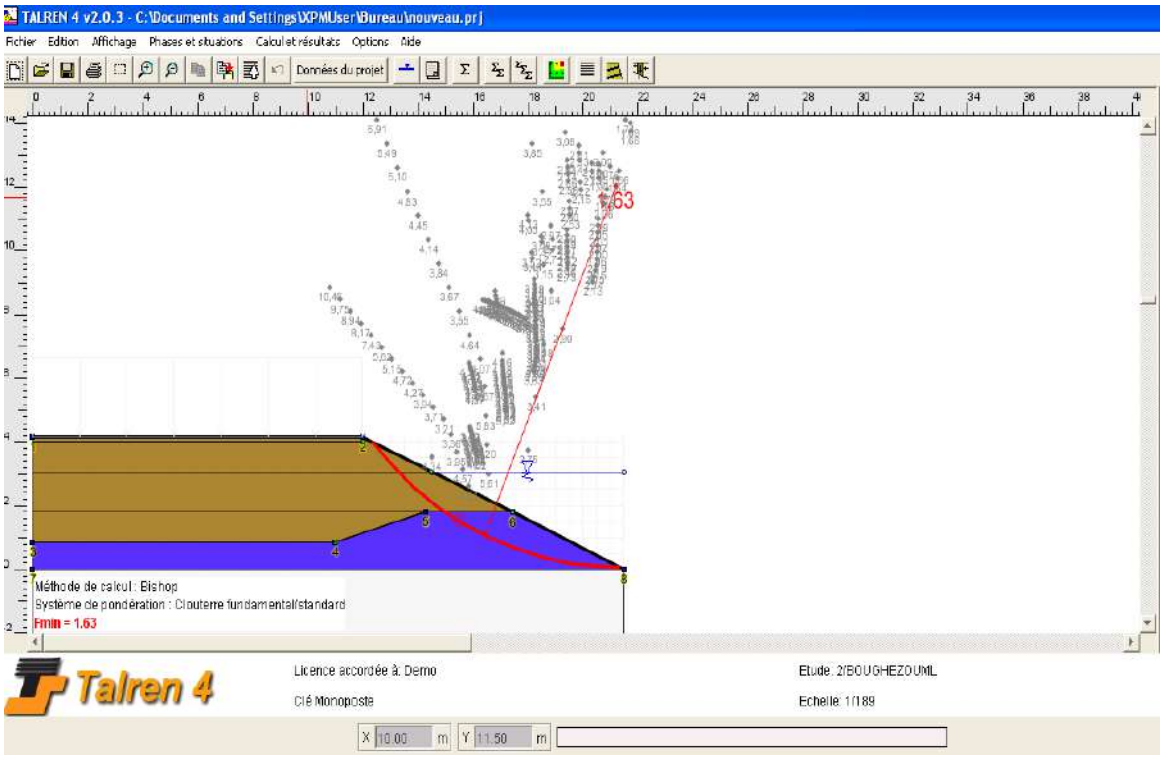


Figure III.5 : *Vérification de stabilité de remblai par le «TALREN4»*

FS=1.63

III.4.2 Résultats obtenus :

Après différents simulation de l'ouvrage remblais on a obtenu un coefficient de sécurité acceptable d'un valeur de 2.87et dans la nappe de l'enrochement d'un valeur 1.74 et dans la nappe de remblai d'un valeur 1.64 supérieur aux exigences de Bishops qui est de 1.50 , ce qui traduire que notre projet est stable est cet technique a réussir pour la protection de la route contre l'inondation, et ce pour le cas courant, sans tenir compte de l'effet sismique, et vu que le coéf est très élevé, on a vérifié uniquement en cas statique.

III.5 Conclusion :

En générale les résultats du Fs sont satisfaisants pour la solution adoptée tout en tenant compte de bien réaliser les conditions de drainage à long terme. Il est primordial de suivre de près l'entretien du remblai en vue de parer aux éventuels risques de glissement.

CONCLUSION GENERALE

Les zones inondables sont des phénomènes qui un grand rôle de l'instabilité et d'exposer les biens et la vie humains au danger. Rôle d'ingénieur est de minimiser au maximum ces risques.

Le travail réalise dans le présent mémoire s'inscrit dans ce contexte et à concerne traitement d'une section routier franchisant des zones inondable pour 5 Km a bougazoul.

De plus, cette étude nous a permis d'être en face des problèmes techniques et qui peuvent se présenter dans un projet routier .il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, les directives et la recommandation liée au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain.

Le calcul se fait à l'aide d'un logiciel qu'il s'appelle « TALREN4 » qui peut faire l'analyse du mouvement , ce travail de fin d'études nous a permis d'appliquer notre connaissance théorique requise pendant le cycle de formation et de mieux maitriser les essais de laboratoire.

Enfin, nous pouvons conclure que, lorsqu'on étudie les zones inondables, l'important est de comprendre ses causes et de le traiter en développant la solution après amélioration.

Le concept de géologie de localisation, de comportement de la Terre, de variation des niveaux d'eau aide à orienter les idées, avec certaines hypothèses, et à conduire, à l'aide du modèle mathématique approprié, à la recherche de la meilleure solution pour soutenir le sol.

REFFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Référence de la partie théorique :

[1] : LCPC. Conception et dimensionnement des structures de chaussées. Guide technique, LCPC-SETRA, 1994.

[2] : Cole L.W, Mack J, W, et Packard R, G white topping and ultra-thin white topping –the us expérience 8th international symposium on concrété road 1998 pp 203-217.

[(3] : CIM béton, le béton de ciment mince collé BCMC. Collection technique CIM béton, 2000.

[4] : Poteau B . Balay J.M . Chabot A. et larrard F. de fatigue test and mechanical study of adhesion between concrete and asphalt. 9th international symposium on concrete Roads , Istanbul, turkey 2004.

[5] : siwlerbrand J, Whitetoppings, 8th international symposium on concrete road. 1998, pp. 139-148

[6].https://construction _maison ooreka .fr /astuce /voir ,745639/remblai

[7] :modilisation des remblai (LCPC)[bannis lépidas][jean_pirre magnan]

[8] : rapport de recherche LCPC,N :141(modélisation numérique du comportement des argil molles naturelles)

[9] : catalogue de dimensionnement algerien (catalogue de dimentionement des chaussees neuves :nouvembre 2001),faxicuele 2 :hypothese et donnees de dimensionement .

[10] : memoir de fin d'etude (E.N.T.P) .2011

[11] : statique hydraulique et hydroclimatique (A.N.R.H)

[12] : Elabda . hornych p .Breysse D.denis A .et chazllon c .Asinplified méthod of predication of pavement layers ,6th internationalement symposium on pavement un bound .2004

[13] :L.C.P.C conception et dimensionnement des structures des chaussées guide technique LCPC_setera .1994

[14]Donnée géotechnique ; géométrique et les trafics (DTP de Médéa)

Les Annexes :

(*) Paramètres dont le choix est à privilégier

Classe **B**

Tableau 2 - ***Classification des sols sableux ou graveleux, avec fines***

← CLASSIFICATION A UTILISER POUR LES REMBLAIS →

← CLASSIFICATION A UTILISER POUR LES COUCHES DE FORME →

Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique		Classement selon le comportement	
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	Paramètres de comportement	sous classe fonction du comportement
Dmax ≤ 50 mm et Tamisat à 80 µm ≤ 35%	**B** Sols sableux et graveleux avec fines	tamisat à 80 µm ≤ 12% tamisat à 2 mm > 70% 0,1 ≤ VBS ≤ 0,2	**B_1** Sables silteux...	Matériaux généralement insensibles à l'eau		FS ≤ 60	B_{11}
						FS > 60	B_{12}
		tamisat à 80 µm ≤ 12% tamisat à 2 mm > 70% VBS > 0,2	**B_2** Sables argileux (peu argileux)...	IPI (*) ≤ 4 ou $w_n \geq 1{,}25\ w_{OPN}$	B_2 th	FS ≤ 60	B_{21} th
						FS > 60	B_{22} th
				4 < IPI (*) ≤ 8 ou $1{,}10\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}25\ w_{OPN}$	B_2 h	FS ≤ 60	B_{21} h
						FS > 60	B_{22} h
				$0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}10\ w_{OPN}$	B_2 m	FS ≤ 60	B_{21} m
						FS > 60	B_{22} m
				$0{,}5\ w_{OPN} \leq w_n < 0{,}9\ w_{OPN}$	B_2 s	FS ≤ 60	B_{21} s
						FS > 60	B_{22} s
				$w_n < 0{,}5\ w_{OPN}$	B_2 ts	FS ≤ 60	B_{21} ts
						FS > 60	B_{22} ts
		tamisat à 80 µm ≤ 12% tamisat à 2 mm > 70% 0,1 ≤ VBS ≤ 0,2	**B_3** Graves silteuses...	Matériaux généralement insensibles à l'eau		LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{31}
						LA > 45 et MDE > 45	B_{32}

Classe **B** (suite)

Tableau 2 - ***Classification des sols sableux ou graveleux, avec fines***

← CLASSIFICATION A UTILISER POUR LES REMBLAIS →

← CLASSIFICATION A UTILISER POUR LES COUCHES DE FORME →

Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique		Classement selon le comportement	
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	Paramètres de comportement	sous classe fonction du comportement
Dmax ≤ 50 mm Et Tamisat à 80 µm ≤ 35%	**B** Sols sableux et graveleux avec fines	tamisat à 80 µm ≤ 12% tamisat à 2 mm ≤ 70% VBS > 0,2	**B_4** Graves argileuses (peu argileuses)...	IPI (*)≤ 7 ou $w_n \geq 1{,}25\ w_{OPN}$	B_4 th	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{41} th
						LA > 45 et MDE > 45	B_{42} th
				7 < IPI (*)≤ 15 ou $1{,}10\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}25\ w_{OPN}$	B_4 h	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{41} h
						LA > 45 et MDE > 45	B_{42} h
				$0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}10\ w_{OPN}$	B_4 m	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{41} m
						LA > 45 et MDE > 45	B_{42} m
				$0{,}6\ w_{OPN} \leq w_n < 0{,}9\ w_{OPN}$	B_4 s	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{41} s
						LA > 45 et MDE > 45	B_{42} s
				$w_n < 0{,}6\ w_{OPN}$	B_4 ts	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{41} ts
						LA > 45 et MDE > 45	B_{42} ts
		tamisat à 80 µm compris entre 12 et 35% tamisat à 2 mm ≤ 70% **VBS < 1,5** (*) ou $I_p \leq 12$	**B_5** Sables et graves très silteux...	IPI (*)≤ 5 ou $w_n \geq 1{,}25\ w_{OPN}$	B_5 th	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{51} th
						LA > 45 et MDE > 45	B_{52} th
				5 < IPI (*)≤ 12 ou $1{,}1\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}25\ w_{OPN}$	B_5 h	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{51} h
						LA > 45 et MDE > 45	B_{52} h
				12 < IPI (*)≤ 30 ou $0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}10\ w_{OPN}$	B_5 m	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{51} m
						LA > 45 et MDE > 45	B_{52} m
				$0{,}6\ w_{OPN} \leq w_n < 0{,}9\ w_{OPN}$	B_5 s	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{51} s
						LA > 45 et MDE > 45	B_{52} s
				$w_n < 0{,}6\ w_{OPN}$	B_5 ts	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B_{51} ts
						LA > 45 et MDE > 45	B_{52} ts
		tamisat à 80 µm compris entre 12 et 35% **VBS > 1,5** (*) ou $I_p > 12$	**B_6** Sables et graves argileux à très argileux	IPI (*) ≤ 4 ou $w_n \geq 1{,}3\ w_{OPN}$ ou $I_c \leq 0{,}8$	B_6 th		
				4 < IPI (*) ≤ 10 ou 0,8 < Ic ≤ 1 ou $1{,}1\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}3\ w_{OPN}$	B_6 h		
				10 < IPI ≤ 25 ou 1 < Ic ≤ 1,2 ou $0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n$ (*) $< 1{,}1\ w_{OPN}$	B_6 m		
				$0{,}7\ w_{OPN} \leq w_n$ (*) $< 0{,}9\ w_{OPN}$ ou $1{,}2 < I_c \leq 1{,}3$	B_6 s		
				w_n (*) $< 0{,}7\ w_{OPN}$ ou $I_c > 1{,}3$	B_6 ts		

Classe **D**

Tableau 4 - ***Classification des sols insensibles à l'eau***

CLASSIFICATION A UTILISER POUR LES REMBLAIS

CLASSIFICATION A UTILISER POUR LES COUCHES DE FORME

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	Valeurs seuils retenues		Sous classe
VBS ≤ 0,1 et tamisat à 80 µm ≤ 12%	**D** Sols insensibles à l'eau	Dmax ≤ 50 mm et tamisat à 2 mm > 70%	**D_1** Sables alluvionnaires propres, sables de dune...	Matériaux insensibles à l'eau; mais leur emploi en couche de forme nécessite la mesure de leur résistance mécanique (Los Angelès - LA - et/ou Micro Deval en présence d'eau - MDE -) ou Friabilité des sables (FS).	FS ≤ 60	D_{11}
					FS > 60	D_{12}
		Dmax ≤ 50 mm et tamisat à 2 mm ≤ 70%	**D_2** Graves alluvionnaires propres, sables...		LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	D_{21}
					LA > 45 et MDE > 45	D_{22}
		Dmax > 50 mm	**D_3** Graves alluvionnaires grossières propres, dépôts glaciaires,...		LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	D_{31}
					LA > 45 et MDE > 45	D_{32}

Classe **C**

Tableau 3 - ***Classification des sols comportant des fines et des gros éléments***

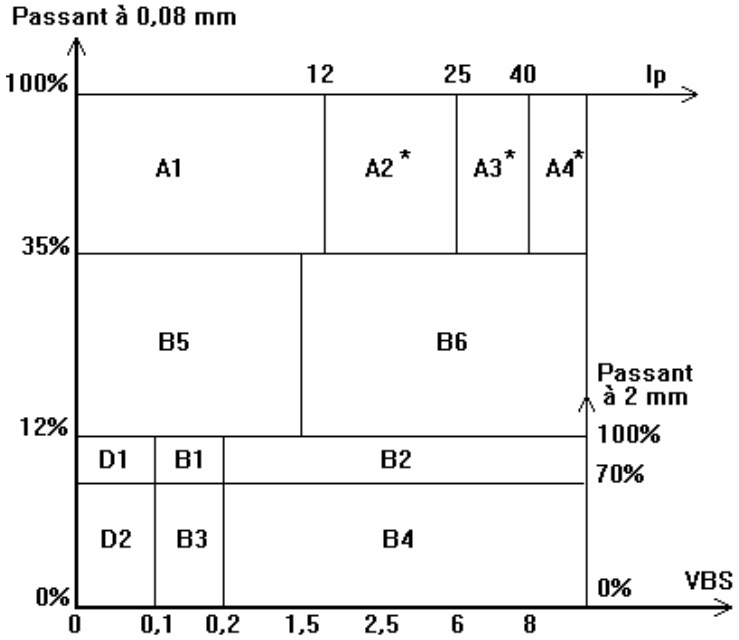
Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique et le comportement
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	
Dmax > 50 mm et tamisat à 80 µm > 12% ou si le tamisat à 80 µm ≤ 12% la VBS est > 0,1	**C** Sols comportant des fines et des gros éléments	Matériaux anguleux comportant une fraction ***0/50 mm*** > **60 à 80%** et matériaux roulés. La fraction ***0/50*** est un sol de classe **A**	**C_1A_i** Argiles à silex, éboulis, moraines, alluvions grossières...	Le sous-classement, en fonction de l'état hydrique et du comportement des sols de cette classe, s'établit en considérant celui de leur fraction ***0/50 mm*** qui peut être un sol de la classe **A** ou de la classe **B** * 1er exemple : un sol désigné **C_1A_2h** est un sol qui est : soit entièrement roulé, soit entièrement ou partiellement anguleux; sa fraction ***0/50*** représente plus de **60 à 80%** de la totalité du matériau. Dans les deux cas, sa fraction ***0/50 mm*** appartient à la classe **A_2** avec un état hydrique **h**. * 2ème exemple : un sol désigné **$C_1B_{42}m$** est un sol qui est : entièrement ou partiellement anguleux; sa fraction ***0/50 mm*** représente moins de **60 à 80%** de la totalité du matériau. La fraction ***0/50 mm*** est un sol de la classe **B_{42}** se trouvant dans un état hydrique **m**. Les différents sous-classes composant la classe **C** sont :
		Matériaux anguleux comportant une fraction ***0/50 mm*** ≤ **60 à 80%**. La fraction ***0/50*** est un sol de classe **A**	**C_2A_i** Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex...	
		Matériaux anguleux comportant une fraction ***0/50 mm*** ≤ **60 à 80%**. La fraction ***0/50*** est un sol de classe **B**	**C_2B_i** Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex...	
		Matériaux anguleux comportant une fraction ***0/50 mm*** ≤ **60 à 80%**. La fraction ***0/50*** est un sol de classe **B**	**C_1B_i** Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières...	

C_1A_1 C_1A_3 C_1A_2 C_1A_4	C_2A_1 C_2A_3 C_2A_2 C_2A_4	Etat th, h, m, s ou ts
C_1B_{11} C_1B_{31} C_1B_{12} C_1B_{32}	C_2B_{11} C_2B_{31} C_2B_{12} C_2B_{32}	Matériaux généralement insensibles à l'état hydrique
C_1B_{21} C_1B_{51} C_1B_{22} C_1B_{52} C_1B_{41} C_1B_6 C_1B_{42}	C_2B_{21} C_2B_{51} C_2B_{22} C_2B_{52} C_2B_{41} C_2B_6 C_2B_{42}	Etat th, h, m, s ou ts

Tableau synoptique de classification des matériaux selon leur nature

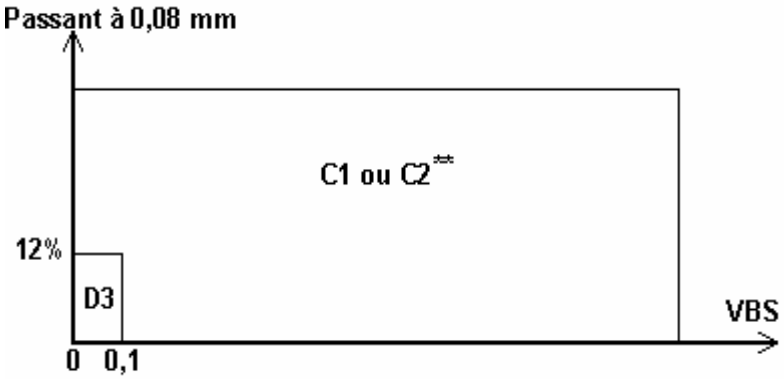
SOLS

Dmax < 50 mm



SOLS

Dmax > 50 mm



MATERIAUX ROCHEUX	Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craies	R1
			Calcaires	R2
		Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites...	R3
		Roches siliceuses	Grés, poudingues, brèches...	R4
		Roches salines	Sel gemme, gypse	R5
	Roches magmatiques et métamorphiques	Granites, basaltes, andésites..., gneiss..., schistes métamorphiques et ardoisiers...		R6
MATERIAUX PARTICULIERS	Sols organiques, sous-produits industriels			F

* Matériaux pour lesquels la mesure de l'I_p est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux on utilisera la **VBS**.

** C1 : matériaux roulés et matériaux anguleux peu charpentés (0/50 > 60 à 80 %) C2 : matériaux anguleux très charpentés (0/50 ≤ 60 à 80 %)