



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : TITI AHMED

DOMAINE :SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : TRAVAUX PUBLICS

OPTION : VOIRIES ET OUVRAGES D'ART

Thème

**Route Chauffante Et Etude De Dédoublément
De la RN01 Sur 04 km**

Du PK254+000 AU PK258+000

Jury de soutenance :

Nom&Prénom	Grade	Qualité
BOULAGHMEN Farida	MAA	Présidente
ZIREGUE Ahmed	MCB	Examineur
KLOUCH Brahim	MCB	Rapporteur
BEDERINA Madani	PR	Co-Rapporteur

Promotion : Septembre 2018

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail aux plus chères personnes
Sur terre qui sont mes parents Mr hadj Mohamed mon père
A qui je dois tout.*

A ma mère qui ne cesse soucier de mon avenir.

Ames chers frères et sœurs : Tayeb , Mouredine,

Abdelkader, Mustapha, Saad,

Aouali et Fatima tout en priant dieu qu'il

Nous aidons de retrouver ensemble le chemin,

De l'unité familiale, du bonheur et de prospérité.

Sans oublier les plus proches de mes amis :

Ahmed kadari et adel et ben chikh wahid

TITI AHMED

Remerciements

Je remercie dieu qui m'a donné force et courage

De percer avec réussite chaque épreuve de ma vie

Je n'oublie pas tout personne qui a contribué

À la réalisation de mes vœux, en particulier

Mes encadreurs Mr klouch brahim et Mr bidirina Madani.

et aussi Mr Ghanem abada à qui

Je dois le respect et remerciements

Sans oublier le personnel compétent de la D.F.P.

À leur tête Mr le directeur Chenin brahim

et Mr Bidirina khaled et bhaisa smail

Et tous mes professeurs en particulier Mr Aloui yesri

et Mr Bachiri alia ainsi qu'à vous

Mesdames, et messieurs les jurys d'avoir bien

Voulu accepter de juger la qualité

De mon travail.

TITI AHMED

Résumé :

Il existe aujourd'hui différents moyens d'exploiter l'énergie directe du Soleil en utilisant des panneaux solaires photovoltaïques transformant l'énergie lumineuse et infrarouge en énergie électrique ou des capteurs thermiques permettant d'utiliser directement l'énergie thermique du Soleil, ou de la transformer en énergie mécanique puis électrique.

Notre projet de fin d'étude est composé de deux parties , dans la première partie nous avons fait une synthèse bibliographique des travaux de recherches réalisés dans le domaine de la route chauffante et ses applications dans plusieurs pays et nous avons proposé cette technique sur un tronçon de route de 500m. Dans la deuxième partie nous avons étudié en détails le dédoublement de la RN23 sur 4 km du PK 254+000 au PK 258+00.

Abstract:

There are now different ways to harness the direct energy of the Sun using photovoltaic solar panels transforming light and infrared energy into electrical energy or thermal sensors allowing the direct use of thermal energy of the Sun, or to transform it into mechanical and then electrical energy.

Our end-of-study project is composed of two parts, in the first part we have done a bibliographic synthesis of the research works realized in the field of the heating road and its applications in several countries and we proposed this technique on a section 500m road. In the second part we studied in detail the splitting of the RN23 over 4 km from PK 254 + 000 to PK 258 + 00.

ملخص

هناك الآن طرق مختلفة لتسخير الطاقة المباشرة للشمس باستخدام الألواح الشمسية الكهروضوئية التي تحول الطاقة الضوئية والأشعة تحت الحمراء إلى طاقة كهربائية أو مجسات حرارية تسمح بالاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الشمس ، أو تحويلها إلى طاقة ميكانيكية ثم كهربائية.

يتكون مشروع نهاية دراستنا من جزأين ، في الجزء الأول قمنا بدراسة ببيوغرافية لأعمال الأبحاث التي تم تحقيقها في مجال طريق التدفئة وتطبيقاته في العديد من الدول واقترحنا هذه التقنية على قسم طريق 500 م في الجزء الثاني درسنا بالتفصيل تقسيم RN23 على بعد 4 كم من النقطة الكيلومترية 254 إلى

النقطة 258

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....01

PREMIERE PARTIE : LA ROUTE CHAUFFANTE

1	INTRODUCTION.....	03
2	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	03
2.1	SYSTEMES DE RECUPERATION D'ENERGIE DANS LES CHAUSSEES.....	03
2.1.1	INTRODUCTION.....	03
2.1.2	STRUCTURES ROUTIERES AVEC DES TUYAUX DE CIRCULATION DU FLUIDE.....	04
2.1.3	STRUCTURES ROUTIERES AVEC APPLICATIONS PHOTOVOLTAÏQUES...	04
2.1.4	COMPARAISON DES DIFFERENTES TECHNIQUES.....	04
2.2	CAPTEURS SOLAIRES BITUMINEUX/CIMENTIERS.....	07
2.2.1	INTRODUCTION.....	07
2.2.2	COMPOSANTES DES SYSTEMES DE RECUPERATION D'ENERGIE ET DE CHAUFFAGE.....	07
2.2.2.1	SYSTEME DE CIRCULATION DU FLUIDE CALOPORTEUR DANS LA CHAUSSEE.....	07
2.2.2.2	SYSTEMES DE STOCKAGE GEOTHERMIQUE.....	09
3	ÉTUDES ET APPLICATIONS.....	09
3.1	AU JAPON.....	10
3.2	AUX ÉTATS-UNIS.....	11
3.3	EN SUISSE.....	11
3.4	EN POLOGNE.....	13
4.	PROPOSITION D'UN TRONÇON DE ROUTE CHAUFFANTE	13

DEUXIEME PARTIE : ETUDE DE DEDOUBLEMENT DE LA RN23 SUR 4 KM.

CHAPITRE I : PRESENTATION ET SITUATION DU PROJET	18
I.1 INTRODUCTION.....	18
I.2 PRESENTATION DU PROJET.....	18
I.3 CONTEXTE GEOLOGIQUE	18
I.4 CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE	19
I.5 OBJECTIF DE L'ETUDE.....	19
I.6 SITUATION DU PROJET	20
CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC	21
II.1 INTRODUCTION.....	21
II.2 ANALYSE DU TRAFIC.....	21
II.3 DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS.....	21
II.4 CALCUL DU TRAFIC CUMULE	22
CHAPITRE III : ETUDE GÉOMÉTRIQUE	23
III.1 LE TRACE EN PLAN.....	23
III.1.1 DÉFINITION.....	23
III.1.2 RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN.....	23
III.1.3 LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN.....	24
III.1.4 LA CONCEPTION DU TRACE EN PLAN	27
III.2 PROFIL EN LONG.....	28
III.2.1 DÉFINITION	28
III.2.2 RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG.....	28
III.2.3 COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG	29
III.2.4 DECLIVITES	29
III.2.5 RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG	31
III.2.6 APPLICATION AU PROJET	33
III.3 PROFIL EN TRAVERS.....	34
III.3.1 DÉFINITION.....	34
III.3.2 DIFFERENTS TYPES DE PROFIL EN TRAVERS	34
III.3.3 LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS.....	34

III.3.4 APPLICATION AU NOTRE PROJET	35
CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT	
DU CORPS DE CHAUSSEE.....	36
IV.1.2 LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE	36
IV.1.3 LES RESULTATS DES ESSAIS	39
IV.2 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.....	39
IV.2.1 INTRODUCTION.....	39
IV.2.2 LA CHAUSSEE	40
IV.2.3 METHODES DE DIMENSIONNEMENT	43
CHAPITRE V : CALCUL DES CUBATURES.....	46
V.1 INTRODUCTION.....	46
V.2 CUBATURES DES TERRASEMENTS.....	46
V.3 MÉTHODE UTILISÉE.....	46
V.4 MÉTHODE CLASSIQUE.....	48
CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT	49
VI.1 INTRODUCTION.....	49
VI.2 OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT	49
VI.3 ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE.....	50
VI.4 DEFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUES	51
VI.5 OUVRAGES HYDRAULIQUES PROPOSES.....	52
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....	53
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	55

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours l'exploitation des énergies renouvelables se développe de façon extrêmement rapide en raison de la baisse des réserves en énergie fossile et de son coût.

De ces énergies renouvelables, celles dont l'exploitation se développe le plus sont l'éolien et le solaire. N'oublions pas de rappeler que la plupart des sources d'énergies renouvelables existent grâce au Soleil , vent, marée, biomasse .

Il existe aujourd'hui différents moyens d'exploiter l'énergie directe du Soleil :

- Les panneaux solaires photovoltaïques transformant l'énergie lumineuse et infrarouge en énergie électrique; le solaire photovoltaïque transforme directement le rayonnement du soleil en électricité a des panneaux formé de cellules photovoltaïque.

- Les capteurs thermiques, permettant d'utiliser directement l'énergie thermique du Soleil, ou de la transformer en énergie mécanique puis électrique ,le solaire thermique qui capte la chaleur du soleil, la chaleur collectée est utilisée comme telle, ou bien transforme en énergie mécanique puis en électricité par l'utilisation des fluides et l'installation des équipement.

Notre projet de fin d'étude est composé de deux parties , dans la première partie nous avons fait une synthèse bibliographique des travaux de recherches réalisés dans le domaine de la route chauffante et ses applications dans plusieurs pays et nous avons proposé cette technique sur un tronçon de route de 500m. Dans la deuxième partie nous avons étudié le dédoublement de la route nationale numéro 23 (RN23) sur 4 km du PK 254+000 au PK 258+00.

L'étude du dédoublement selon les norme technique a été structuré en en six chapitres à savoir :

- Chapitre I : Présentation et situation du projet
- Chapitre II : Etude de trafic
- Chapitre III : Etude géométrique (tracé en plan , profil en long et profil en travers)
- Chapitre IV : Etude géotechnique et dimensionnement du corps de chaussé.
- Chapitre V : Cubature des terrassement
- Chapitre VI : Assainissement

Et enfin un devis quantitatif et estimatif et une conclusion générale.

PREMIERE PARTIE

ROUTE CHAUFFANTE

1 INTRODUCTION

L'Algérie est un pays soumis aux problèmes de formation de gel ou de neige sur les routes. Plusieurs actions et études sont engagées afin de gérer et résoudre ce problème avec des technologies autres que l'utilisation des fondants routiers l'utilisation des produits de dégivrage comme le sel (le salage des route) et les techniques de déblayement de la neige par les chasses neige (raclage ,brossage ,soufflage) En effet, ces derniers sont certainement efficaces mais engendrent des impacts écologiques et économiques importants. Une solution consiste à utiliser des tubes insérés dans la couche de surface de la chaussée, dans lesquels circule un fluide caloporteur. Il s'agit de récupérer l'énergie solaire à partir de la circulation d'un fluide caloporteur dans une couche bitumineuse drainante de la chaussée. L'eau doit circuler dans les pores de la couche drainante sous gravite.

L'intérêt de récupérer de l'énergie dans les chaussées réside dans l'utilisation d'une telle énergie pour maintenir une chaussée hors-gel, limitant alors drastiquement dur et draconien l'application de fondants routiers en période hivernale et ouvrant ainsi la voie a des gains écologiques voire économiques.

Par ailleurs, la collecte d'énergie en période chaude permettrait de réduire fortement les hausses de température dans le corps de chaussée qui peuvent lui être dommageables.

2 Synthèse bibliographique

2.1 Systèmes de récupération d'énergie dans les chaussées

2.1.1 INTRODUCTION

La récupération d'énergie est de grand intérêt dans la problématique mondiale concernant l'énergie et l'épuisement des ressources naturelles. L'étude des structures routières dans le but de capter des énergies et de la réutiliser pour leurs besoins propres ou pour ceux de leur environnement proche est un axe de recherche qui se développe. Les techniques permettant de capter de l'énergie avec ces structures routières sont entre autres : l'insertion de tuyaux pour la circulation de fluide caloporteur, les panneaux photovoltaïques, les matériaux à changement de phase, les capteurs piézo-électriques, les générateurs thermoélectriques. La récupération d'énergie s'effectue selon la procédure suivante : la collecte d'énergie, le stockage de l'énergie et l'utilisation de cette énergie (figure 2.1). L'énergie récupérée par ces systèmes peut être Utilisée par exemple pour produire de l'électricité, pour chauffer ou refroidir des bâtiments ou pour dégivrer des surfaces de structures routières.

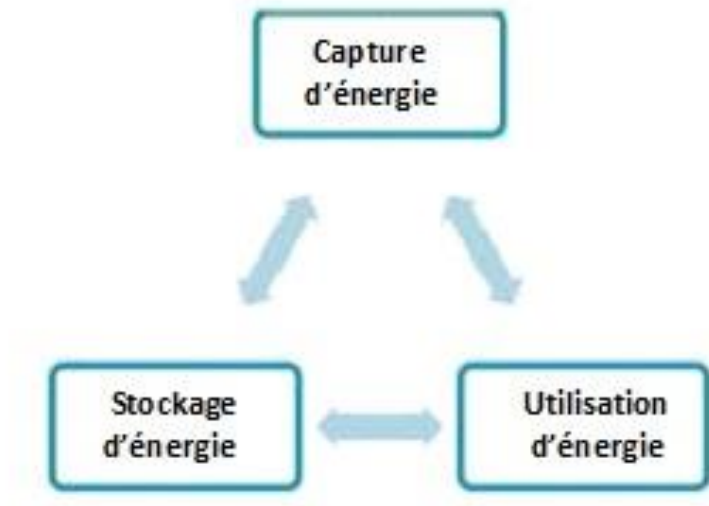


Figure 2.1: Procédure de récupération d'énergie [1]

Les paragraphes suivants décrivent brièvement les deux différentes techniques rencontrées le plus fréquemment à savoir :

2.1.2 STRUCTURES ROUTIERES AVEC DES TUYAUX DE CIRCULATION DU FLUIDE :

L'incorporation de tubes dans la structure routière est un système de plus en plus utilisé pour la récupération d'énergie (figure 2.2). Ce système s'appelle Le capteurs solaires bitumineux ou cimentier. Le principe de fonctionnement de ce système est que le fluide, en circulant dans les tubes pendant l'été, absorbe l'énergie transférée à la chaussée par les radiations solaires. Par la suite, la température du fluide qui circule dans les tubes augmente. Cette énergie est ensuite stockée dans des systèmes géothermiques ou dans des réservoirs bien isolés [2]. Différents modèles numériques sont développés afin d'étudier les performances et l'influence de différents paramètres tels que la température d'injection, la profondeur des tubes et l'espacement entre les tubes sur les performances énergétiques de ces systèmes [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

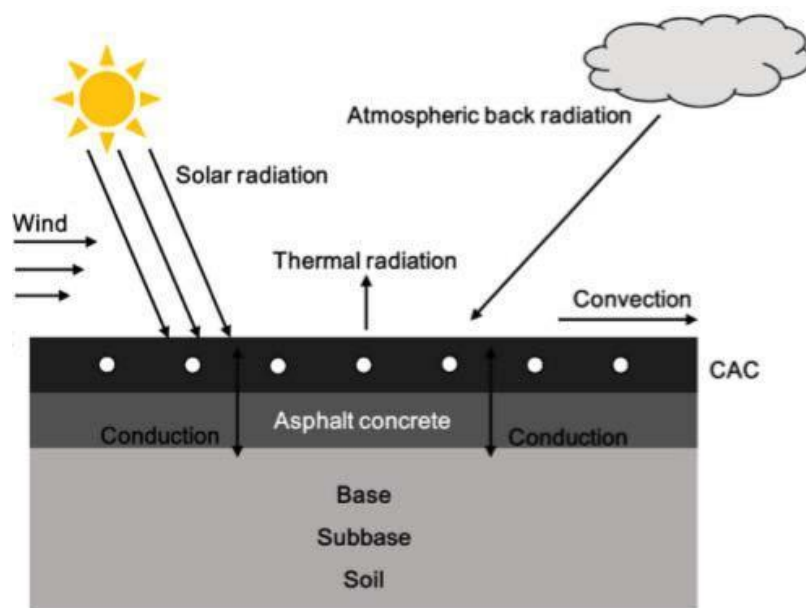


Figure 2.2: Principe de fonctionnement des collecteurs solaires [9]

2.1.3 Structures routières avec applications photovoltaïques

D'après Andriopoulou [1], des chercheurs coréens ont étudié différentes méthodes de collecte d'énergie à l'aide de structures routières. Ils ont étudié la possibilité d'incorporer des cellules photovoltaïques dans la chaussée. La technologie d'insertion de cellules solaires à couches minces n'est pas applicable sur des routes à trafic élevé à cause des contraintes mécaniques engendrées par les véhicules qui circulent. Pour cette raison, les chercheurs ont développé de nouvelles cellules solaires capables de supporter le trafic intense avec des poids lourds. Actuellement on trouve des projets similaires à [1] en cours de développement (par exemple Solar Roadways aux Etats-Unis [10], TNO aux Pays-Bas [11] et Colas Wattway [12]). L'objectif est de concevoir un panneau routier solaire qui sera capable de résister à la charge de trafic d'un point de vue structurel.

2.1.4 COMPARAISON DES DIFFERENTES TECHNIQUES

Les **tableaux 2.1** et **2.2** résument les avantages et les inconvénients des technologies de récupération d'énergie décrites ci-dessus, lorsqu'elles sont appliquées aux infrastructures routières. La prise en compte de leurs avantages et de leurs inconvénients est utile pour déterminer leur mise en œuvre. Il est possible de combiner plusieurs techniques de manière à concevoir et à créer des systèmes de collecte plus efficaces.

Système	Avantages
Collecteurs solaires bitumineux	Existence de nombreuses installations de démonstration
	Réduction directe de l'effet d'îlot de chaleur urbain
	Diminution de la demande d'électricité pour le chauffage et le refroidissement
	Amélioration de la durée de vie des surfaces des routes
	Réduction de la quantité de produits chimiques pour le dégivrage des routes
Applications photovoltaïques	Réduction des effets d'îlot de chaleur urbain
	Production d'énergie électrique : éclairage et la ventilation

Tableau 2.1: Avantages des systèmes de récupération d'énergie

Système	Inconvénients
Collecteurs solaires bitumineux	Dépendance à l'ensoleillement
	On doit tenir compte de la variabilité des précipitations, de la température, de l'humidité, de la vitesse du vent et du rayonnement solaire
Applications photovoltaïques	L'efficacité dépend de la qualité et du type des cellules solaires utilisées
	Prix élevé

Tableau 2.2: Inconvénients des systèmes de récupération d'énergie

Dans la suite, nous nous intéressons plus particulièrement à décrire les systèmes hydrauliques bitumineux/cimentiers. Ces systèmes jouent le rôle de capteurs solaires pendant l'été et de fournisseur d'énergie pendant l'hiver. Nous présentons les différents composants de ces systèmes et des exemples d'applications. Ensuite, nous décrivons leur modélisation qui comprend le comportement thermique de la chaussée, le transfert d'énergie entre la chaussée et les tuyaux. Enfin, nous présentons l'influence des paramètres de ces systèmes sur leur performance

2.2 CAPTEURS SOLAIRES BITUMINEUX/CIMENTIERS

2.2.1 INTRODUCTION

Pendant la période estivale, les structures routières peuvent atteindre des températures assez élevées de l'ordre de 70°C . Ces températures élevées sont néfastes et causent des problèmes environnementaux comme l'îlot de chaleur en milieu urbain et le dommage structurel des routes en raison du doucissage et de l'orniérage produits par les cycles thermiques. Les capteurs solaires bitumineux sont des systèmes actifs efficaces permettant de résoudre les problèmes cités précédemment grâce à leur capacité à récupérer de l'énergie solaire utilisable pour différentes applications. Par exemple, Gao et al [5] ont montré que la moyenne de la puissance récupérée pendant l'été sur les périodes diurnes d'ensoleillement se situe entre 150 et 250 W/m^2 pour un rayonnement solaire entre 300 et 1000 W/m^2 . Ces systèmes appliqués aux chaussées permettent de récupérer de l'ordre de 30% de l'énergie solaire pendant l'été.

Dans la suite, nous décrivons les différents composants des systèmes hydrauliques bitumineux/cimentiers : les collecteurs solaires bitumineux/cimentiers, l'utilisation d'une pompe à chaleur et les différentes méthodes de stockage géothermique de l'énergie récupérée.

2.2.2 COMPOSANTES DES SYSTEMES DE RECUPERATION D'ENERGIE ET DE CHAUFFAGE

2.2.2.1 SYSTEME DE CIRCULATION DU FLUIDE CALOPORTEUR DANS LA CHAUSSEE

Les systèmes hydrauliques bitumineux sont composés de tubes incorporés dans la structure routière dans lesquels circule un fluide caloporteur. Un transfert d'énergie dû au gradient thermique résultant de la circulation du fluide dans la chaussée permet de réduire la température dans la structure routière et d'augmenter la température du fluide. La **figure 2.3** présente l'effet de la circulation du fluide sur la température de surface de la chaussée. En injectant du fluide, la température diminue de 56°C à 38°C . Ce système permet par la suite de réduire l'effet de l'îlot de chaleur, le risque d'endommagement et de déformation de la chaussée et la récupération de l'énergie.

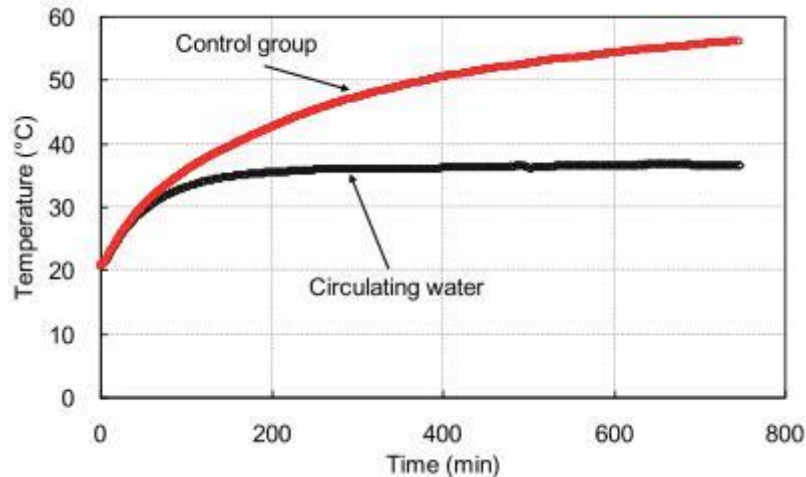


Figure 2.3: Températures de surface en fonction du temps (chaussée témoin en rouge, chaussée avec circulation de fluide en noir) [19]

Le principe de fonctionnement de ce système est le suivant : pendant l'été, on fait circuler de l'eau froide qui récupère de l'énergie thermique, et pendant l'hiver cette énergie est stockée dans le sol et réutilisée pour dégivrer la surface des infrastructures routières. La figures 2.4 donne une description détaillée du principe de fonctionnement de ce système hydraulique.

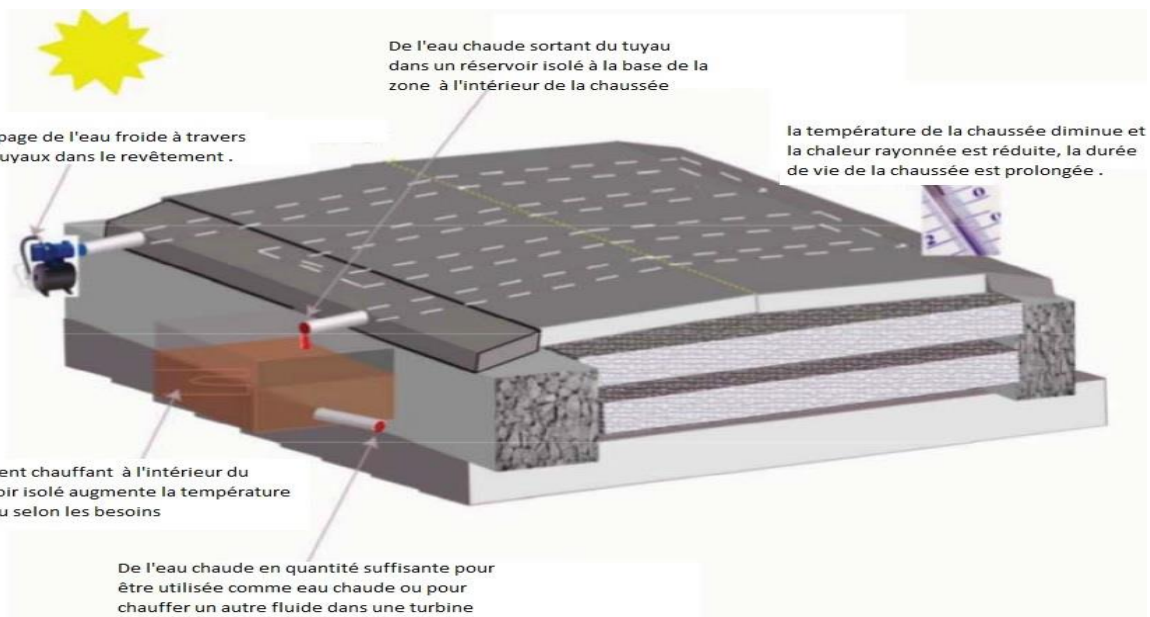


Figure 2.4: Principe de fonctionnement des systèmes hydrauliques [8]

2.2.2.2 SYSTEMES DE STOCKAGE GEOTHERMIQUE

Les méthodes principales de stockage saisonnier de l'énergie solaire thermique sont sous forme de chaleur sensible. Les pertes d'énergie pendant la durée de stockage dépendent du temps de stockage, de la température de stockage, du volume de stockage, de la géométrie de stockage, et des propriétés thermiques du support de stockage. Les technologies de stockage saisonnier les plus prometteuses sont les stockages géothermiques [23, 24]. On a quatre types de stockage systèmes de stockage dans des réservoirs, systèmes de stockage dans les roches, systèmes de stockage à basse température (ATES) et systèmes de stockage de l'énergie thermique dans des puits (BTE)

3 ÉTUDES ET APPLICATIONS

L'utilisation de la chaussée comme source de chaleur pour récupérer de l'énergie et faire fondre la neige est une technique utilisée dans plusieurs pays comme l'Irlande, le Japon et les Etats-Unis. Ces systèmes de chauffage des chaussées en utilisant des tubes dans lesquels circule un fluide caloporteur ont besoin d'une puissance entre 320 W/m^2 et 600 W/m^2 qui est inférieure à celle nécessaire par un chauffage électriques (500 W/m^2 et 750 W/m^2) [37]. Ce nouveau type de système de chauffage est utilisé pour les chaussées, les ponts, les allées piétonnières, les plateformes d'aéroports et les héliports ([5, 38, 39, 40]). Ces systèmes sont basés sur des tuyaux incorporés dans la couche superficielle de la chaussée. La plupart des systèmes utilisent de l'eau glycolée ou de l'eau chaude qui circule dans ces tuyaux. Récemment, ces tuyaux sont utilisés dans la chaussée pour collecter l'énergie solaire estivale qui sera stockée dans le sol [40]. Pour le stockage saisonnier de cette énergie, le meilleur choix est le stockage géothermique dans des puits [3].

Bon nombre de projets de chauffage ont été construits et mis en application, notamment aux Etats-Unis, lors de projets de chauffage de chaussée utilisant le stockage géothermique sont réalisés [41, 42].

Le premier et le plus ancien projet a été implanté en 1948 en Oregon aux Etats-Unis [43].

Pendant les années 1990, plusieurs systèmes hydrauliques utilisant des pompes géothermiques ont été réalisées au Japon [44, 45]. En 1994, le projet Serso de chauffage des ponts a été réalisé en Suisse [5, 46, 47]. Entre 1994 et 1999 plusieurs systèmes ont été mis en place dans les régions du Nebraska, de l'Oregon, du Texas, et de la Virginie. Au Japon, le premier système de récupération et stockage d'énergie est le système Gaia installé en 1995 à Ninohe. Les

recherches sur les systèmes de chauffage de la chaussée ont commencé depuis 1998 à l'université d'Oklahoma [48].

En 2002 deux systèmes de chauffage des trottoirs ont été achevés dans la ville d'Aomori, au Japon. Puis des études sur le chauffage thermique des chaussées et des ponts ont été initialisées en Allemagne (NRW, 2005) et en Suisse (TBA, 2006). Finalement en 2005, un projet de chauffage de plateforme ferroviaire à été réalisé à Harz en Allemagne en 2005.

Des systèmes ont été commercialisés et implantés par une compagnie néerlandaise "Ooms International Holding" ("Road Energy System" [49] et "WinnerWay" [50]). La compagnie anglaise ICAXTM Ltd. a installé un système de chauffage à Todding-ton, et l'énergie récupérée par ce système est utilisée pour le confort des bâtiments [51].

L'institut polytechnique à Worcester a développé le système "Roadway Power System" [52].

3.1 AU JAPON

Au Japon, en 1995, le système de chauffage "Gaia snow-melting system" est installé sur une surface de 266 m^2 à Ninohe (Tokyo-Japon), Iwate Préfecture [44, 39]. Ce système utilise un échangeur thermique coaxial dans un forage pour extraire l'énergie du sol. Des tubes horizontaux sont incorporés dans la chaussée à une profondeur de 10 cm avec un espacement de 20 cm. L'énergie récupérée par ce fluide caloporteur est stockée dans le sol pour être utilisée pendant l'hiver. La source d'énergie principale est l'énergie géothermique et son énergie solaire récupérée pendant les périodes estivales. L'échange énergétique se fait à l'aide de trois forages de longueur 150 m et de diamètre intérieur de 9 cm [53, 54].

Ces échangeurs de chaleur sont formés des tuyaux internes isolés. Pendant l'hiver, l'énergie est extraite par l'échangeur thermique coaxial à l'aide d'une pompe à chaleur et est transmise au fluide circulant dans les tubes. Pendant l'été, l'énergie solaire augmente la température du fluide dans les tubes à un intervalle 30 et 50°C . La puissance moyenne fournie aux tubes de chauffage pendant la saison de la neige varie entre 178 et 185 W/m^2 . En comparaison la moyenne d'énergie extraite des forages d'échanges thermiques varie entre 80 et 83 W par mètre de forage. Le déficit en énergie est apporté par une pompe à chaleur. Un autre système de chauffage avec des câbles électriques a été mis en place dans la même ville afin de faire la comparaison en consommation d'énergie électrique entre ce système et le système Gaia. D'après le **tableau 2.3**, la consommation de puissance électrique annuelle (entre 1996 et 1998) par unité de surface de système Gaia (énergie pour alimenter les pompes à chaleur) pour le

dégivrage est de 17% à 19% supérieure à celle des systèmes de chauffage par câble électrique [44].

Année de fonctionnement	Énergie de chauffage à l'aide des câbles électriques (kWh/m ² /an)	Énergie de chauffage à l'aide Gaia (kWh/m ² /an)
1996	145.4	24.7 (17.0%)
1997	154.7	28.3 (18.3%)
1998	168.9	31.2 (18.5%)

Tableau 2.3: Comparaison de la consommation d'énergie entre le système Gaia et le système à câbles de chauffage électrique [44]

3.2 AUX ÉTATS-UNIS

Le premier système de chauffage de la chaussée a été implanté en 1948 en Oregon aux Etats-Unis sur une section d'esplanade en béton à Klamath Falls [43]. Ce système est formé de tuyaux en fer de diamètre 1.9 cm placés à une profondeur de 7.6 cm de la surface. Le système utilise le stockage géothermique local de l'énergie gagnée pendant l'été pour ensuite utiliser l'énergie pour la fonte de neige [39]. Entre 1994 et 1999 plusieurs systèmes sont mis en place dans les régions américaines du Nebraska, Oregon, Texas, et Virginie, ces systèmes utilisant le stockage géothermique comme source de chaleur [41, 42]. Plus récemment des études ont été mises en place. Elles utilisent le béton bitumineux à la place du béton cimentier comme source de collecte d'énergie [7, 21]

3.3 EN SUISSE

En 1994, le projet Serso de chauffage d'un pont a été installé en Suisse [46, 55] (**figure 2.5 et 2.6**). Ce projet utilise l'énergie géothermique pour fondre la neige sur un pont de 1300 m² (figures 2.5 et 2.6). Ce système fonctionne en été et récupère de l'énergie qui est stockée dans

une roche de volume 55000 m^3 . L'énergie spécifique de chauffage annuelle du projet Serso varie entre 100 et 132 kWh/m^2 (figure 2.7) correspondant à une puissance variant entre 30 et 45 W/m^2 .

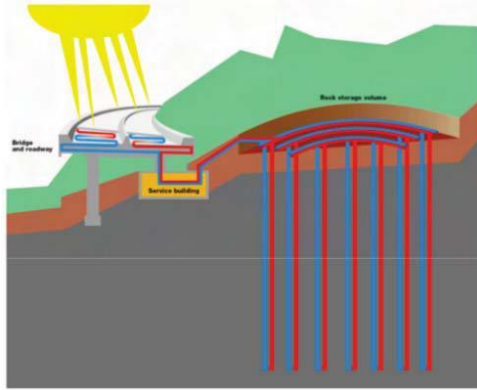


Figure 2.5: Schéma du projet Serso [55]

Figure 2.6: Projet Serso en fonctionnement [55]

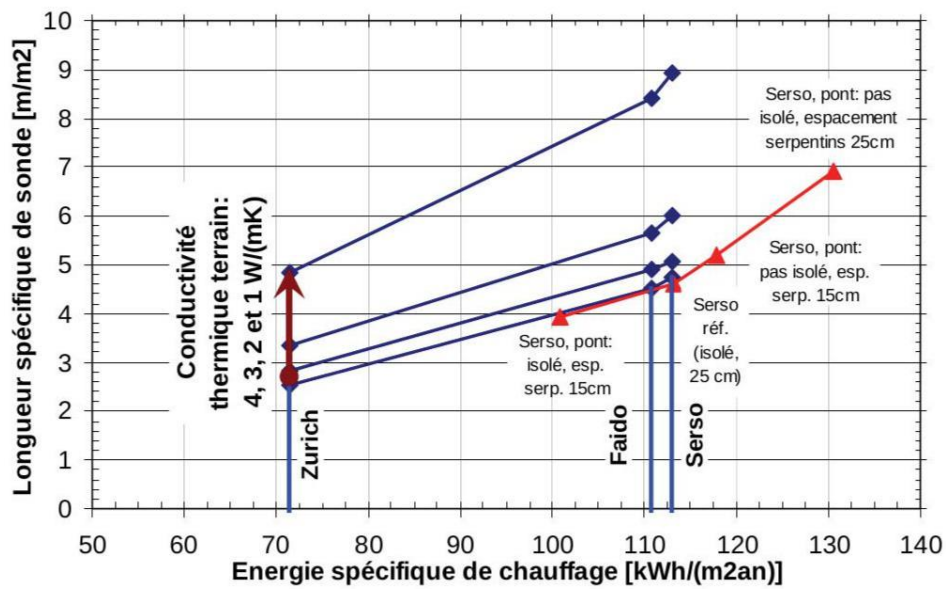


Figure 2.7: Énergie de chauffage annuelle [56]

3.4 EN POLOGNE

Un système de chauffage a été installé à l'aéroport de Goleniow en Pologne en 2002. Ce système utilise des pompes à chaleur pour extraire l'énergie géothermique stockée dans un aquifère de la région de Szczecin proche de Goleniow. L'eau thermique dans cette région varie entre 40°C et 90°C pour une profondeur variant entre 600 et 2200 m. Ce système de chauffage a été testé pour des variations de température de l'air compris entre -16°C et 3°C . La puissance maximale à fournir pour dégeler et faire fondre la neige la surface est estimée à 200 W/m^2 .

Dans la suite, nous proposons un tronçon de route chauffante sur une longueur de 500m, du PK 254+000 au PK 254+500.

4. PROPOSITION D'UN TRONÇON DE ROUTE CHAUFFANTE :

La **figure 2.8** représente notre proposition de route chauffante sur un tronçon de 500m.

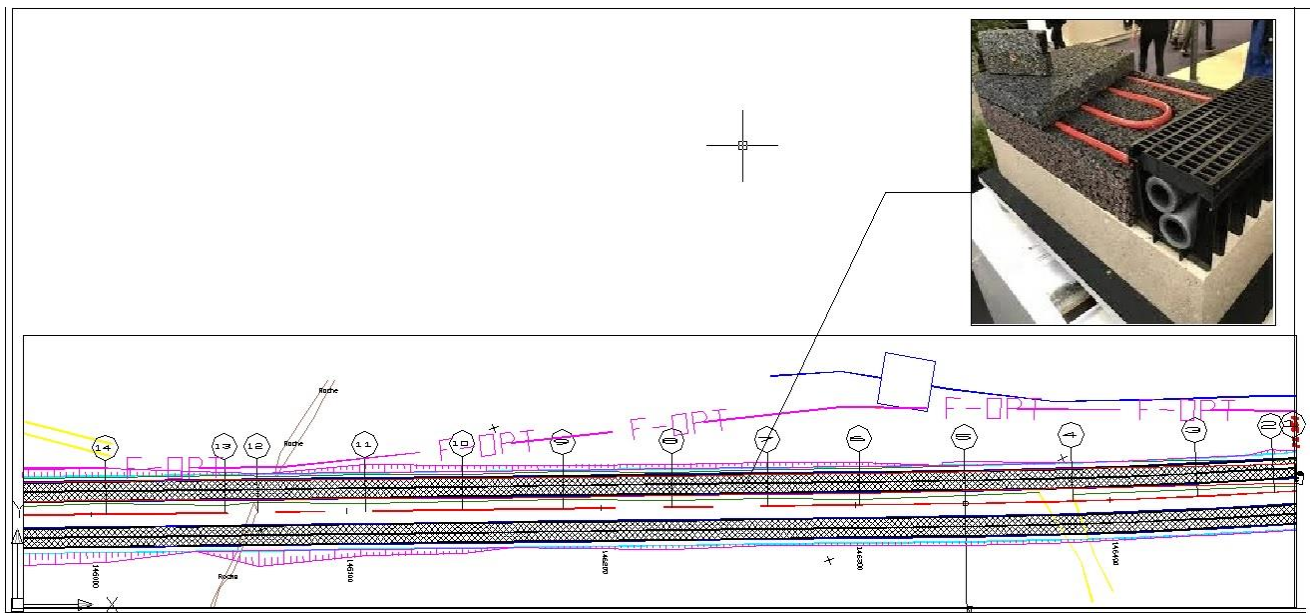


Figure 2.8: Proposition d'un tronçon de route chauffante

Les raisons qui ont motivés notre choix pour ce tronçon de route sont les suivantes :

- La stagnation de la neige sur ce tronçon pendant l'hiver (photo 1)
- Le relief topographique (photos 2 et 3)
- Possibilité d'utilisation des panneaux solaires (photo 4)
- La présence de la ligne électrique (photo 5)
- La représente le détail du câble chauffant à utiliser pour notre tronçon (photo 6)

Photos entre PK454+000 au PK454+500

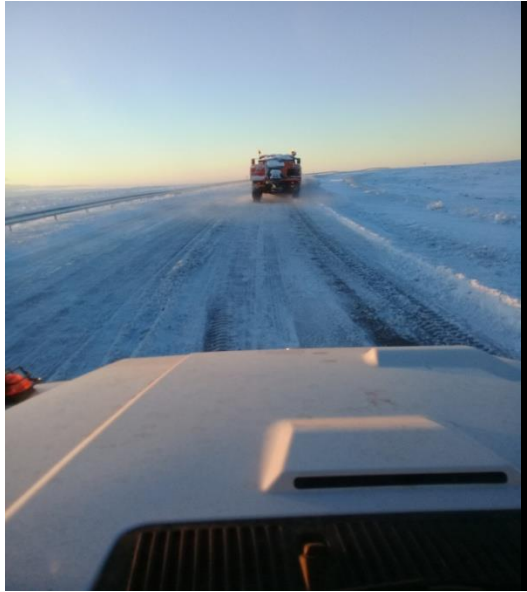


Photo 1 : Stagnation de la neige



**Photo 2 : Relief topographique
(terrain en pente)**



**Photo 3 : Relief topographique
(terrain en pente et à proximité de la ligne électrique)**



**Photo 4 : Possibilité d'utilisation
des panneaux solaires**



Photo 5 : Presence de la ligne eletrique

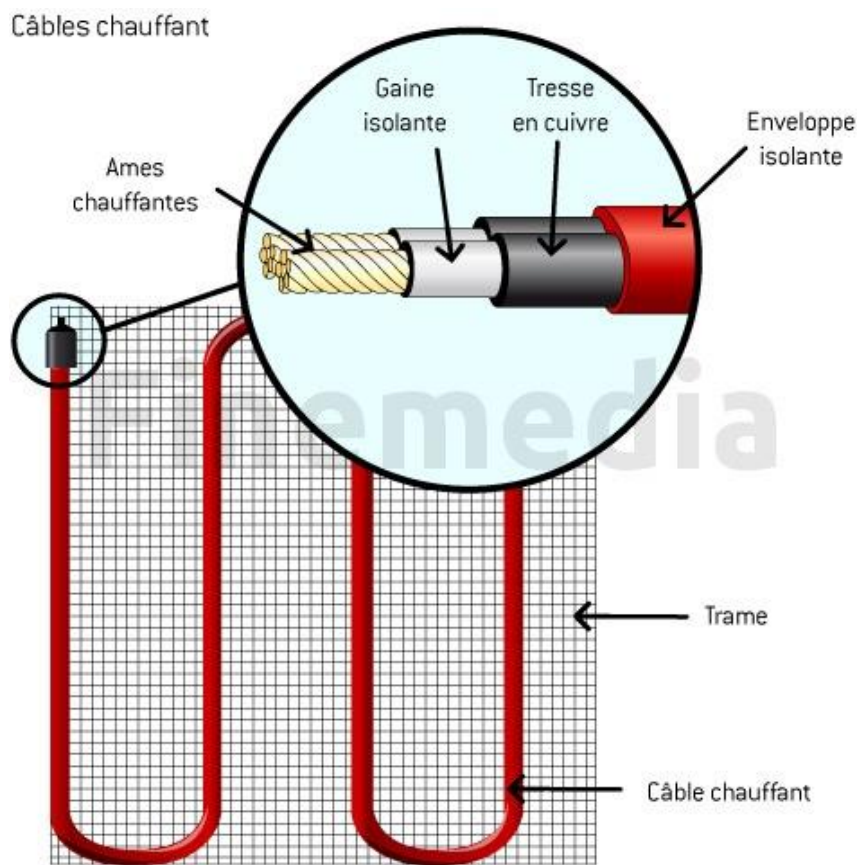


Photo 6: CABLE CHAUFFANT



Mise en place des câbles chauffants

- 1 -Réalisation de la première couche en enrobe grave bitume (GB) .**
- 2-Rainurage sur la couche de GB pour ancré les câbles chauffants.**
- 3-Nettoyage de la surface.**
- 4-Installation des câbles chauffants.**
- 5-Répondre du sable avec nettoyage.**
- 6 -Dépose d'émulsion et couverture du liaisons avec l'enrobe.**
- 7-Contrôle le fonctionnement des câbles chauffants.**
- 8-Réalisation de la couche supérieur d'enrobe BB.**

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DE DEDOUBLEMENT DE LA RN23 SUR 4KM

CHAPITRE I : PRESENTATION ET SITUATION DU PROJET

I.1 INTRODUCTION

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant par saturation, il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la conception de dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale N°23 sur 04 km du PK 254+000 AU PK 258+00 qui se situe dans la Wilaya de Laghouat. La route nationale N°23 présente un axe très important.

Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu de :

- L'importance de la route existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel.
- Les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et la demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe (champ pétrolier Hassi R'mel et Hassi messaoud).

I.2 PRESENTATION DU PROJET

La Route Nationale RN23 débute de la wilaya de Mostaganem en passant par la RN4 à l'ouest de Yellal jusqu'à l'Est de Relizane – Zemmoura – Mendes – Rahouiya – Tiaret – Sougueur – Ain deheb – Aflou - Laghouat.

La partie totale du projet appartenant à la Wilaya de Laghouat débute de Hassiane Eddib en passant par Aflou vers Laghouat sur 155 Km.

Vue l'augmentation du Trafic d'une façon vertigineuse, on a enregistré au niveau de ce tronçon plusieurs accidents de circulation, ce qui a incité le ministère des travaux publics à dédoubler cette route urgemment.

I.3 CONTEXTE GEOLOGIQUE :

Le territoire de Laghouat est partagé en deux régions d'inégale superficie, présentant chacune un intérêt particulier.

La première, qui comprend la partie Nord-Ouest de la wilaya, est une région montagneuse, accidentée, à peu près nue et aride. Des chaînons rocheux, isolés à pente raide, généralement peu accessibles, y formant les ceintures des grandes vallées. Les dernières pentes de ces montagnes aboutissent à Laghouat.

Cette oasis est partagée en deux parties, Nord et Sud, par une crête rocheuse dont la direction générale est Ouest Est. Au Nord une autre ligne de crête parallèle à la précédente offre deux coupures assez larges, l'un donnant passage à l'Oued M'zi, l'autre formant un col appelé le col des sables.

La deuxième région, situé au Sud de Laghouat est constituée par d'immenses plaines ondulées formant la zone des dayas.

I.4 CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE :

- Le site du projet est situé dans un contexte semi aride ayant une pluviométrie allant de 100 à 150mm ; les précipitations surviennent fréquemment sous forme d'orages.
- Sur toute l'année, les températures maximales moyennes mensuelles sont comprises entre 20 et 37°. Les températures minimales moyennes mensuelles sont comprises entre 0° et 15°.
- A la surface de la chaussée et en période estivale, la température peut atteindre 40° et plus.
- En période hivernale, la température peut osciller entre 2° le matin (on peut observer 0° et même en dessous) et 20°entre 12h et 16h.
- Les chocs thermiques sont importants avec des écarts de températures pouvant atteindre 25° et même plus.
- Les vents sont très violents à dominance Nord-Nord-est

I.5 OBJECTIF DE L'ETUDE

Cette étude a été conçue dans l'objectif d'améliorer l'aménagement routier de la route nationale N°23 de telle sorte à augmenter le niveau de service et de sécurité des usagers, et aussi pour assurer une fluidité de la circulation sur le tronçon entre la commune de Hassiane Eddib en passant par Aflou vers Laghouat sur 155 Km , afin de choisir les variantes qui répondent effectivement aux critères Economique, confort et Environnement.

Notre objectif consiste à faire la conception de dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale N°23 sur 04 km du PK 254+000 AU PK 258+00.

I.6 SITUATION DU PROJET :

Le tronçon faisant partie de notre étude se trouve entre **Guelta Sidi Saad** et **Hassiane Edib** (figure I.1)



Figure I.1. : Photo Satellitaire de la zone du projet

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

II.1 INTRODUCTION

Les déplacements sont un reflet de l'organisation de l'espace et des liens entre les activités et les hommes, aussi en amont de toute réflexion relative à un projet d'aménagement, est-il nécessaire d'entreprendre une démarche systématique visant la connaissance des trafics.

L'étude de trafic constitue une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement qui convient et la caractéristique à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

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

Cette conception repose, en partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

- ❖ Apprécier la valeur économique des projets.
- ❖ Estimer les coûts d'entretiens.
- ❖ Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

II.2 ANALYSE DU TRAFIC

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée.

Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

La statistique générale.

Le comptage sur route (manuel et automatique).

Une enquête de circulation.

II.3 DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS

On distingue quatre types de trafic:

- Trafic normal:

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet

➤ Trafic induit

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

➤ Trafic dévié:

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfère entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

➤ Trafic total:

C'est le trafic annuel moins le trafic dévié.

II.4 CALCUL DU TRAFIC CUMULE :

Les classes de trafic considérées pour le dimensionnement des structures sont celles définies à partir du trafic cumulé pour la durée de vie :

$$T_c = 365 \times T_{pl} \times \frac{(1+i)^N - 1}{i} \times A$$

T_c : Trafic cumulé pour la durée de vie ;

T_{pl} : trafic de poids lourd de la voie de circulation considérée 3331 pl/j/sens ;

N : Durée de vie en 5, 10, 20 ans ;

i : Taux de croissance annuel = 4% ;

A : coefficient d'agressivité : $A = 0.6$

-A cours terme ($N=05$ ans) : $T_c = 3951147,73\text{PL/sens.}$

-A moyen terme ($N=10$ ans) : $T_c = 8758323,08\text{PL/sens.}$

-A long terme ($N=20$ ans) : $T_c = 21722780,8\text{PL/sens.}$

Remarque : Ce trafic cumulé permet de dimensionner le corps de chaussée.

CHAPITRE III : ETUDE GÉOMÉTRIQUE

III.1 LE TRACE EN PLAN

III.1.1 DÉFINITION

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontale, Il est constitué en général par une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

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

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

III.1.2 RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN

- ✓ Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- ✓ Respecter les valeur des paramètre géométrique préconisés par les règlement en vigueur.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet .
- ✓ S'inscrire dans le couloir choisi.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- ✓ Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé .
- ✓ En présence des lignes électriques aérienne prévoir une hauteur minimale de 10 m.

III.1.3 LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN

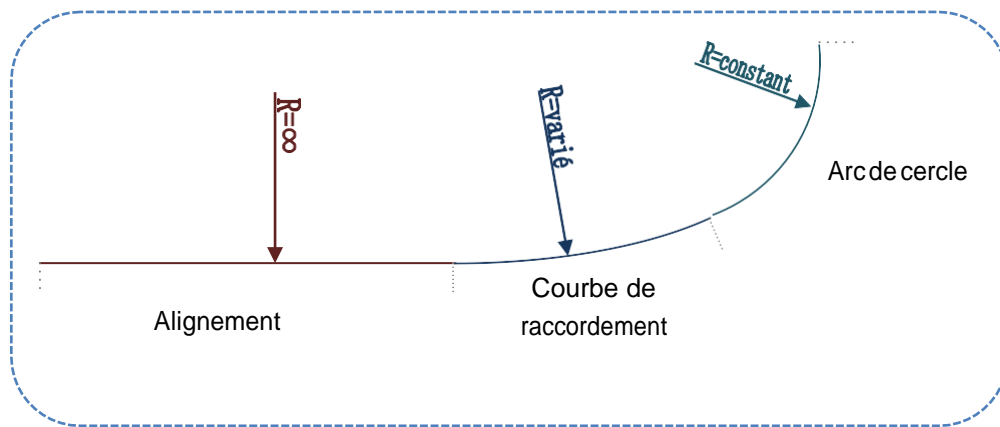


Fig. (III.1) : Les éléments du tracé en plan

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide de **Clothoïdes** qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

- ✓ Des droites (alignements).
- ✓ Des arcs de cercle.
- ✓ Des courbes de raccordement progressives.

– Les Alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- ✓ De nuit, éblouissement prolongé
- ✓ Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- ✓ Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés. Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie:

- ✓ En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- ✓ Dans des vallées étroites.

Pour donner la possibilité de dépassement. Donc la longueur des alignements dépend de: La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.

Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement. Du rayon de courbure de ces sinuosités.

Règles concernant la longueur des alignements :

Une longueur minimale d'alignement L_{min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant **cing (5) secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

V_B: vitesse de base en *km/h*

Une longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60) secondes**

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

- Arcs De Cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse. Visibilité en courbe.

Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

- Stabilité En Courbe

Dans un virage **R** un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage

(éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente .

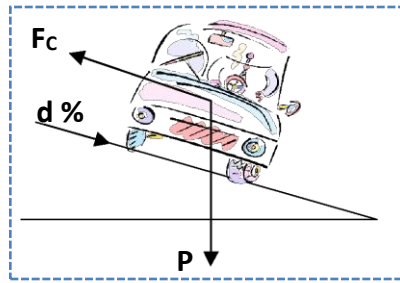


Fig. (III.2) : Stabilité En Courbe

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

a) Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal :

f_t : coefficient de frottement transversal

Ainsi pour chaque V_r , on définit une série de couple (R, d) .

b) Rayon minimal normal (RHN) :

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant V_r de **20km/h** de rouler en sécurité.

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127 (f_t + d_{max})}$$

c) Rayon au dévers minimal (RHd) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$ en catégorie **1 – 2**

$d_{min} = 3\%$ en catégorie **3 – 4**

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

d) Rayon minimal non déversé (RHnd):

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_r une courbe de devers égal à d_{min} vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

Avec :

$f' = 0.06$ cat 1 et 2

$f' = 0.07$ cat 3 et 4 E1

$f' = 0.075$ cat 4 -5 E2 E3

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127(f' - d_{min})}$$

e) Visibilité masquée dans une sinuosité :

Un virage d'une route peut être masqué de côté intérieure de la courbe par le talus du déblai si la route est en tranchée, par une construction ou un foret, pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer.

$$S = L^2 / 2R$$

III.1.4 LA CONCEPTION DU TRACE EN PLAN :

Le tracé est projeté parallèlement à droite de la chaussée en allant vers Tiaret à cause de la contrainte fixe (la fibre optique), séparé par un T.P.C avec rectification des points noirs.

III.2 PROFIL EN LONG

III.2.1 DÉFINITION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

C'est en général une succession d'alignement droit (rampes et pentes) raccordés par courbe circulaires.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturelle
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet

III.2.2 RÈGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG:

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur:

- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.

- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai,

Qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.

- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.

- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines

Règles notamment.

- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines,

Les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives.

- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle .
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

III.2.3 COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin.

- Une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs...etc.).
- Pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination tracée en plan-profil en long, les règles suivantes sont à suivre :
 - Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
 - Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
 - Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
 - Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

III.2.4 DECLIVITES :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nombre de pente pour les descentes et rampe pour montées.

- Déclivité minimum :

Dans un terrain plat on n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement au long de la route au bord de la chaussée.

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

- Au moins 0,5% et de préférences 1 %, si possible.
- $I_{\min} = 0,5 \%$ dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément.
- $I_{\min} = 0,5 \%$ dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

- Déclivité maximum :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m, à cause de :

- la réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite

(cas de rampe Max).

- l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique

(cas de pente max.).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

Tableau III.1 : valeur de I_{max} en fonction de Cat et E Selon le B40

Dans notre cas la déclivité maximum est : 5%.

$I_{max}\%$	8	7	6	5	4	4
VR km/h	40	60	80	100	120	140

Environnement	E 1	E 2	E 3
$I_{max}(\%)$ Déclivité max			
Cat 1-2	4	5	6
Cat 3	6	5	6
Cat 4-5	6	7	8

Catégories des routes	dévers	Environnement		
		E 1	E 2	E 3
1 et 2	Min	2,5%	2,5%	2,5%
	Max	7%	7%	7%
3 et 4	Min	3%	3%	3%
	Max	8%	8%	7%
5	Min	3%	3%	3%
	Max	9%	9%	9%

Tableau III.2 Les valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E Selon le B40

Donc pour notre projet on a : Catégorie 2

$V_r=100$ Km/h

Environnement (E2)

$d_{max} = 7\%$ et $d_{min}=2.5$

III.2.5 RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long.

Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue deux types :

A. Raccordement convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements parabolique en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et visibilité d'autre part.

- **Condition de confort :**

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

Limitation de l'accélération verticale :

$g/40$: pour C1-2

$g/30$: pour C 3- 4- 5

$$\frac{V_R^2}{RV} \leq \frac{g}{40}$$

Pour : $g= 10 \text{ m/s}$

$$RV_{\min} = \begin{cases} 0.3 V_R^2 & \text{pour C (1 - 2)} \\ 0.23 V_R^2 & \text{pour C(3-4-5)} \end{cases}$$

Dans notre cas :

$$RV_{\min} = 0.3 V_R^2$$

Avec :

RV : rayon vertical (m).

VR :vitesse référence (km/h)

- **Condition de visibilité :**

Elle intervient seulement dans les raccordements des pointes des points hauts comme condition supplémentaires à celle de confort.

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

Le rayon de raccordement est donné par l'expression :

$$RV = \frac{d_0^2}{2} (h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 h_1})$$

Avec :

d_0 : distance d'arrêt (m). h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

B. Raccordement concave (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

Avec :

$$R'V = \frac{d_0^2}{(1.5+0.035xd_0)}$$

d_0 : distance d'arrêt (m).

Condition esthétique :

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale on changeant le sens de déclivité sur des distance courts, pour éviter cet effet on impose une minimale ($b > 50$) pour dévers $d < 10\%$ (spécial échangeur).

$$RV_{\min} = 100 \times \frac{50}{\Delta d(\%)}$$

Avec :

Δd : *changement de dévers* et RV_{\min} : *rayon verticale min*

III.2 .6 APPLICATION AU PROJET :**Caractéristiques des rayons en long :**

Pour notre projet on a les paramètre géométrique concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableaux suivant (selon le B40) :



Catégorie		C1	
Environnement		E2	
Vitesse (km/h)		100	
Rayon en angle saillant  RV	Route bidirectionnelle (2x2voies)		
	Rvm2 (minimal absolu) en m		10000
	RVN2 (minimal normal) en m		20000
Rayon en angle rentrant  RV	Route bidirectionnelle (2x2 voies)		
	Rvm2 (minimal absolu) en m		3000
	RVN2 (minimal normal) en m		4200
Déclivité maximale I_{\max} (%)			5

Tableau (III.2) : Caractéristique des rayons verticaux

III.3 PROFIL EN TRAVERS :

III.3.1 DÉFINITION:

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

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

III.3.2 DIFFERENTS TYPES DE PROFIL EN TRAVERS :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers :

- **Profil en travers type :**

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

- **Profil en travers courants :**

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

III.3.3 LES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN TRAVERS:

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants:

a) **La chaussée :**

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

b) **La largeur roulable:**

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

c) **La plate forme :**

C'est la surface de la route située entre les fossé ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussée et les accotements, éventuellement les terres-pleins et les bandes d'arrêts.

d) assiette :

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

e) L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances elle coïncidant généralement avec le domaine public.

f) Les accotements :

Les accotements sont les zones latérales de la plate forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants : Une bande de guidage.

Une bande d'arrêt. Une berme extérieure.

g) Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend : Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage).

Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

h) Le fossé :

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

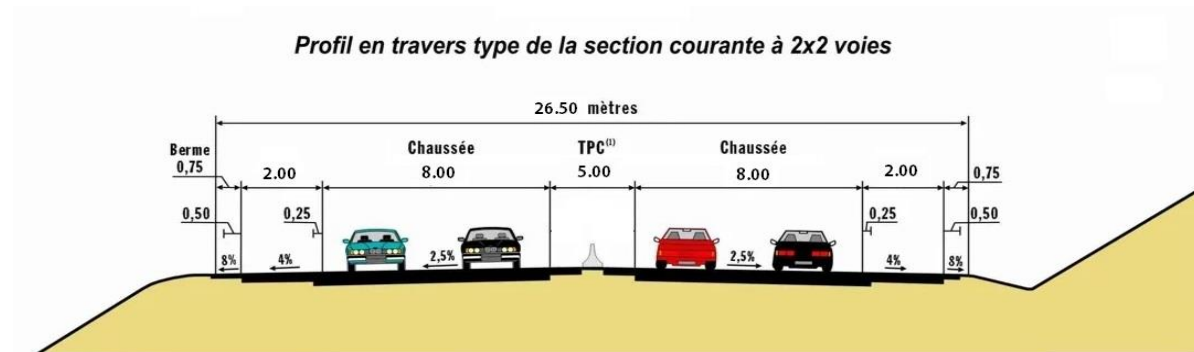


Fig. (III.1) : Le profil en travers

III.1 APPLICATION AU NOTRE PROJET : Après dédoublement la **RN23** est

constituée de:

- Deux chaussées de deux voies de 8 m chacune.
- Un terre-plein central de 5 m.
- Un accotement de 2m à chaque côté droit de la chaussée.

Le calcul a été effectué à l' aide du logiciel Covadis V9.1

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV.1 ETUDE GEOTECHNIQUE

IV.1.1 INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés; Ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

IV.1.2 LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés de notre projet sont :

- Des essais d'identification
- Des essais mécaniques.
- 1. **Les essais d'identification:**
 - Analyses chimiques sommaires.
 - Analyse granulométrique.
 - Limites d'Atterberg.
- 2. **Les essais mécaniques :**
 - Essai PROCTOR et PROCTOR MODIFIE.
 - Essai CBR imbibé.

A- Définitions des Essais D'identification :

a) Analyses chimiques sommaires

Le but des essais chimiques est de déterminer les différents pourcentages des : insolubles, gypse, calcaire, chlorures des matériaux du sol support.

b) Analyses granulométriques :

Les résultats des analyses granulométriques sont des courbes dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique, cette analyse se fait par une série des tamis.

1. Principe d'essai :

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoires reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes

2. But de l'essai :

C'est un essai pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).

3. Domaine d'utilisation:

La granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation.

c) Limites d'Atterberg :

1. Limite de plasticité (W_p) :

caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique.

Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

2. Limite de liquidité (W_L) :

Caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups N: nombre de coups

$$W_L = \omega (N/25)^{0.121}$$

IP : L'indice de plasticité

$$IP = W_L - W_P$$

3. Principe de l'essai :

la détermination de W_L et W_P nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casa grande.

4. But de l'essai :

Cette essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

5. Domaine d'application:

L'essais'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme).

B- Définitions des Essais Mécaniques :

a-Essai PROCTOR :

L'essai Proctor est un essai de compactage, il s'effectue à l'aide d'un moule normale ou un moule modifiée.

1. Principe de l'essai :

L'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol dispose en trois couches dans un moule dit moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compacte avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage pour obtenu la meilleure teneur en eau que ronde la meilleur portance de sol.

Les grains passants par le tamis de 5 mm sont compactés dans le moule Proctor.

2. But de l'essai :

L'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et la teneur en eau, c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour avoir une terrain bien compactée et un portance acceptable.

3. Domaine d'utilisation:

cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes...).

a- Essai C.B.R (California Bearing Ration):NF P94-078

On réalise en général trois essais :

« CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ». On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

1. Principe de l'essai :

on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) heures ou bien (4) jours.

Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

2. But de l'essai :

L'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

3. Domaine d'utilisation:

Cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orienter les travaux de terrassements.

V.1.3 LES RESULTATS DES ESSAIS :

A travers les échantillons prélevés sur toute la longueur du projet on peut distinguer les informations suivantes :

<i>Numéro du puits</i>	<i>Désignation</i>	<i>PK</i>	<i>Nature du sol support</i>	<i>Profondeur du puits (cm)</i>
N° 12	P12	254+000	Sable graveleux limoneux	50 – 70
N° 13	P13	255+000	Sable limoneux graveleux	80 – 110
N° 14	P14	256+000	Sable graveleux limoneux	60 – 100
N° 15	P15	257+000	Sable graveleux limoneux	70 – 100
N° 16	P16	258+000	Limon sableux graveleux	60 – 80

Remarque : l'étude géotechnique détaillée se trouve en annexe ci-joint.

IV.2 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV.2.1 INTRODUCTION :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc..... Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

Le trafic.

L'environnement de la route (le climat essentiellement).

Le sol support.

IV.2.2 LA CHAUSSEE :

a- Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y' compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

b- Différents types de chaussées :

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories

- *Chaussée souple.*
- *Chaussée semi-rigide.*
- *Chaussée rigide.*

1. Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien

déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

a) Couche de roulement (surface) :

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) de protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

b) Couche de base :

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

c) Couche de fondation :

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

d) Couche de forme :

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

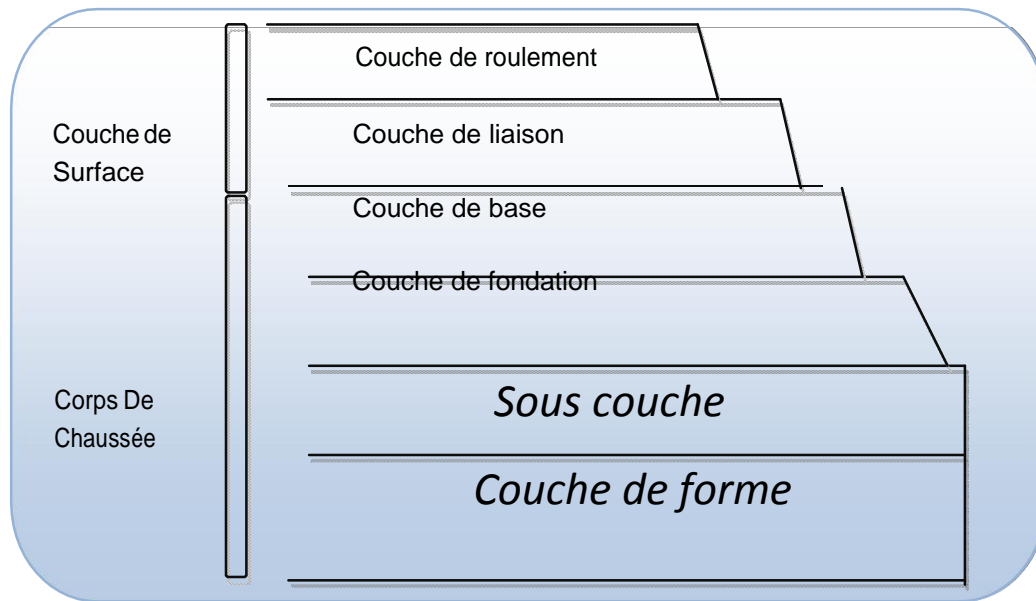


Fig. (IV.1) : La structure de chaussée

2- Chaussée semi-rigide : On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de (fondation)traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,..).
- La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm.
- Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

2. - Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de la chaussée souple) qui, en fléchissant élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement : elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques).

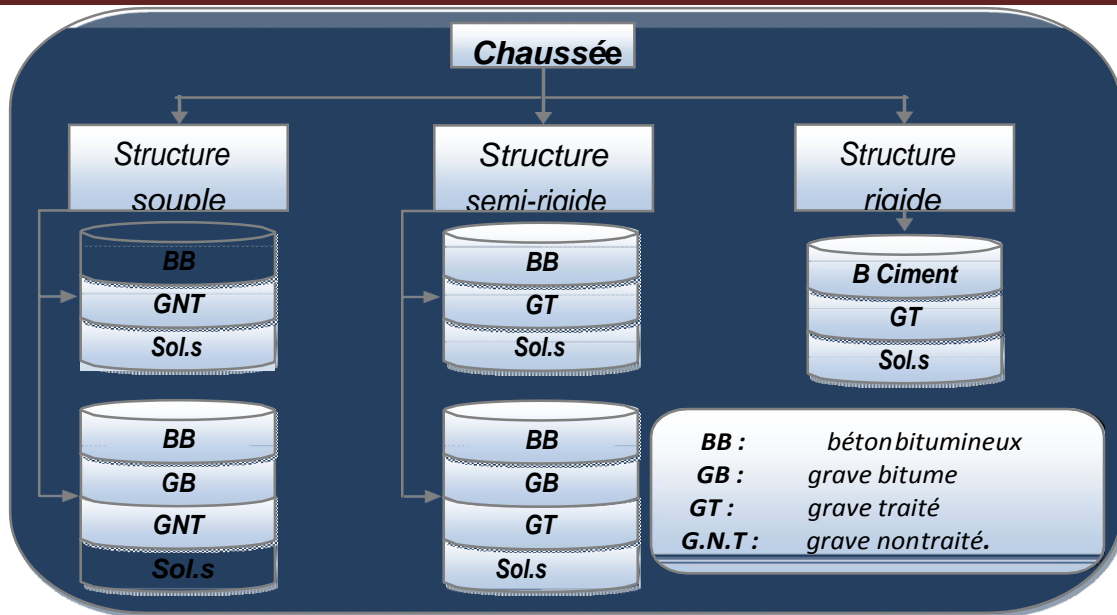


Fig. (IV.2) : types de chaussée

IV.2.3 METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Il existe plusieurs méthodes pour l'évaluation de l'épaisseur de la chaussées, on cité :

- Méthode C.B.R (Californien Bearing Ratio)
- Les méthodes A.A.S.H.O (American Association of Highway Official) :méthodes empiriques basées sur des observation du comportement sous trafic de chaussée réelle expérimentale.
- Méthode de catalogues des structures de dimensionnement des chaussée neuve CTTP .
- Méthode de L.C.P.C :pour les faibles trafics.

Nous avons deux grandes familles de méthodes :

- Celle qui utilise la structure de la chaussée à travers un modèle mécanique pour la détermination des contraintes et déformations, cette méthode est dite rationnelle.
- L'autre qui consiste à observer le comportement sous trafic des chaussées (réelles ou expérimentales) et d'en déduire les règles pratiques du dimensionnement, et c'est la méthode empirique, et parmi elles la plus utilisée est la méthode CBR.

DIMENSIONNEMENT PAR LA METHODE CBR:

Pour dimensionner le corps de chaussé, nous utiliserons la méthode dite " méthode CBR améliorée ", Il s'agit de caractériser le sol support par un indice portant moyen, en tenant compte des risques liés à l'imbibition, les conditions de mise en œuvre et le trafic à long terme.

La méthode CBR consiste à déterminer l'épaisseur équivalente de la chaussée à partir de l'indice portant Californien (ICBR) du sol support d'après la formule suivante :

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

- ✓ e : épaisseur totale équivalente de la chaussée (cm);
- ✓ p : charge maximale par roue = 13 Tonnes (agressivité du poids lourd);
- ✓ I : indice portant CBR moyen = 14
- ✓ log : logarithme décimal ;
- ✓ N : trafic cumulé .

<i>Temps</i>	<i>Epaisseur équivalente</i>
<i>Cours terme (05ans)</i>	53cm
<i>Moyen terme (10ans)</i>	55cm
<i>Long terme (20ans)</i>	58cm

Coefficients d'équivalence :

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque type de matériau :

<i>Matériaux utilisés</i>	<i>Coefficient d'équivalence</i>
<i>Béton bitumineux ou enrobé dense</i>	2.00
<i>Grave ciment – Grave laitier</i>	1.50
<i>Grave bitume</i>	1.50
<i>Sable ciment</i>	1.00 à 1.20
<i>Grave concassée ou gravier</i>	1.00
<i>Grave roulée-Grave sableuse et T.V.O</i>	0.75
<i>Sable</i>	0.50

CALCUL DE DIMENSIONNEMENT A LONG TERME (N=20ANS) :

le calcul à long terme donne une épaisseur équivalente de **58cm**

Type de couche	Nature du matériau	Epaisseur équivalente (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur réelle (cm)
Couche de roulement	Enrobé à chaud BB0/14	16	2.0	08
Couche de base	Grave bitume GB0/20	21	1.5	14
Couche de fondation	Grave non traitée GNT0/31.5	20	1.00	20
Total	/	57	/	48

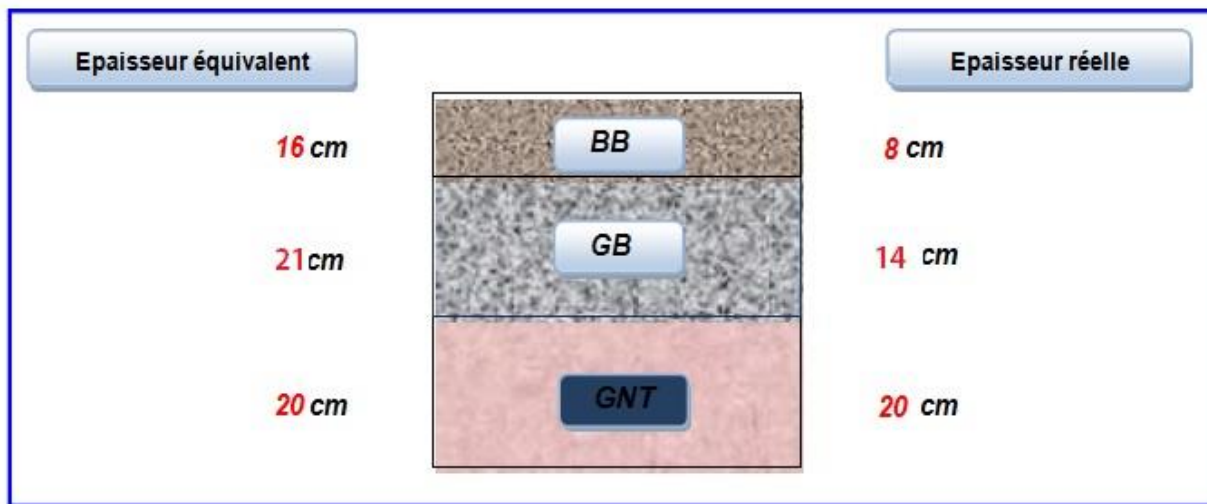


Fig. (IV-3) : La structure de chaussée

CHAPITE V : CALCUL DES CUBATURES

V.1 INTRODUCTION

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

les distances entre les profils.

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

V.2 CUBATURES DES TERRASEMENTS

On entend par cubature le calcul des volumes déblais remblais à déplacer pour respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le mètre des travaux.

Comme notre est réutilisable, on cherche un équilibre entre les volumes déblais remblais. Le calcul exact est pratiquement impossible vu l'irrégularité des surfaces.

V.3 MÉTHODE UTILISÉE

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes :

-Méthode exacte.

-Méthode de l'air moyenne.

-Méthode de la moyenne des aires.

parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

VI .3.1 - Description de la Méthode

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successif

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

Où h, S₁, S₂ et S₀ désignant respectivement :

- h : Hauteur entre deux profils.
- S₀ :Hauteur des deux profils.

- S_1, S_2 : Surface limitée à mi-distances des profils.

ici à la figure ci-dessous on adopte pour des profils en long d'un tracé donnés.

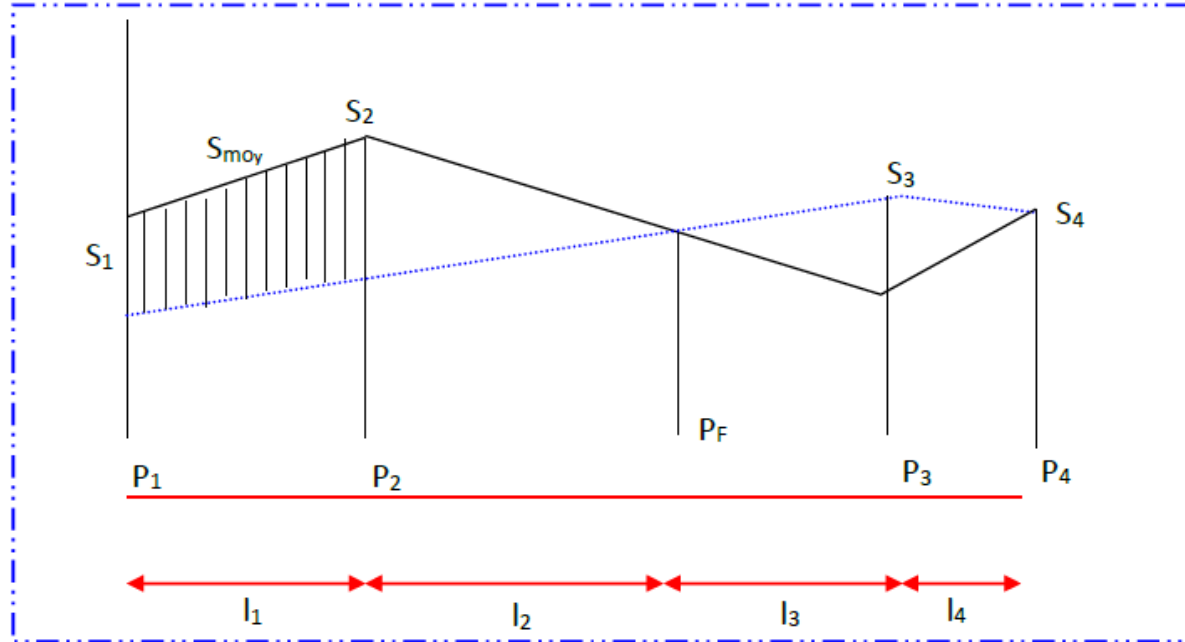


Fig. (V.1) : Profil adopté pour tracé en long

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 sera égale à :

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions :

$$S_{\text{moy}} \text{ et } \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

Ce qui donne :

$$V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

En additionnant membres à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

V.4 MÉTHODE CLASSIQUE

Dans cette méthode on distingue deux différents sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de GULDEN où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

Pour notre calcul automatique nous avons utilisé le logiciel Covadis V9.1 et les résultats obtenus sont :

Les résultats finaux du volume de remblais et déblais.

Le volume de déblais est de: VD = 4790.65 m3

Le volume de remblai est de: VR = 158151.06 m3

CHAPITRE VI: ASSAINISSEMENT

VI.1 INTRODUCTION :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

1. Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- Dés enrobage.
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important).
- Décollement des bords (affouillement des flancs).

2. Pour les talus :

- Glissement.
- Erosion.
- Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

VI.2 OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).

-
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

VI.3 ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE:

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants ut

ilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot)

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

a) Fossé de pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

b) Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

c) Fossé de pied de talus de remblai :

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

d) Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

e) **Descentes d'eau :**

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

VI.4 DEFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUES :

a) **Bassin versant :**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

b) **Collecteur principal (canalisation) :**

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

c) **Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

d) **Sacs :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

e) **Fossés de crêtes :**

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

f) **Décence d'eau :**

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

g) **Les regards :**

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le

rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

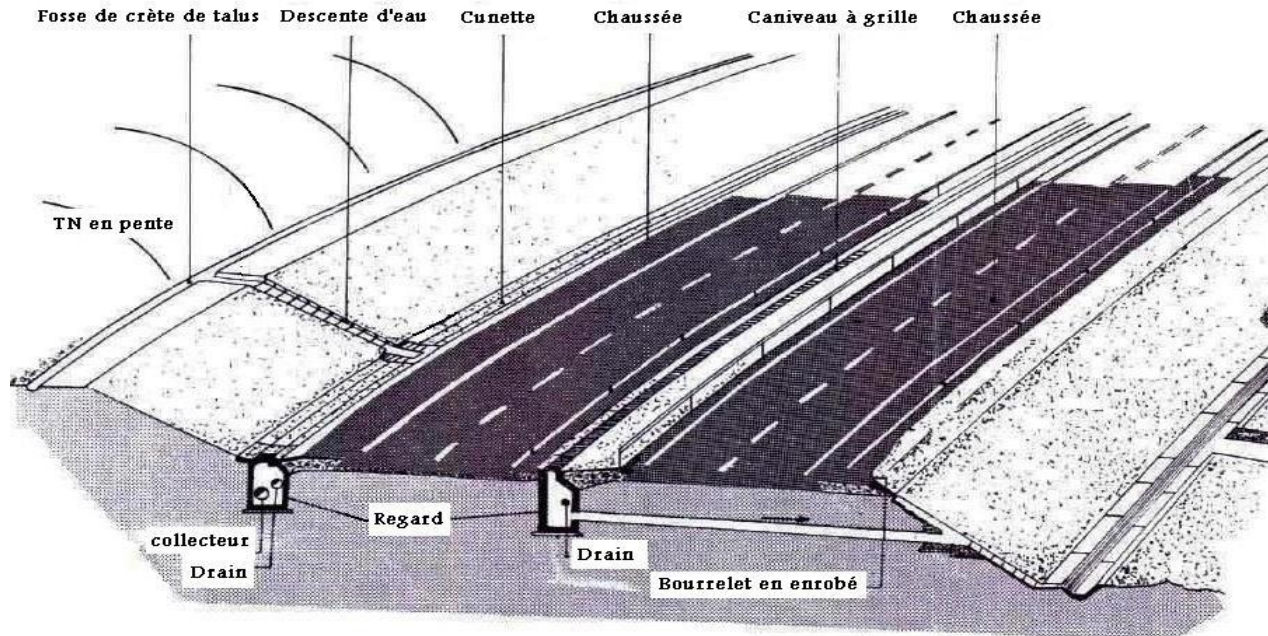


Fig. (VI.1) : L'emplacement des ouvrages d'assainissements

VI.5 OUVRAGES HYDRAULIQUES PROPOSES

Le tracé existant, traverse des Chaabas, des Gueltas ainsi que des Oueds. Les divers ouvrages proposés sont comme suit:

<i>PK 254+600</i>	<i>Ouvrage busé</i>
<i>PK 254+850</i>	<i>Ouvrage busé</i>
<i>PK 255+550</i>	<i>Ouvrage busé</i>
<i>PK 256+050</i>	<i>Ouvrage busé</i>
<i>PK 256+650</i>	<i>Ouvrage busé</i>
<i>PK 257+300</i>	<i>Ouvrage busé</i>
<i>PK 257+700</i>	<i>Ouvrage busé</i>

Fig. (VI.2) : L'emplacement des ouvrages proposé

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	QAUNTITE	PRIX UNITAIRES	MONTANT
	INSTALLATION GENERALES				
01	Installation de chantier	F	1	4000000.00	4000000.00
	DEGAGEMENT DES EMPRISES ET TERRASSEMENTS GENERAUX				
02	Décapage de la terre végétale,	M ²	128000	80.00	10240000.00
03	Déblais en toute nature & mise en dépôt, y compris toutes sujétions de bonne exécution	M ³	4790.65	1500.00	7185975.00
04	Remblai d'emprunt en matériaux sélectionnés, y compris étalage, humidification, malaxage, compactage de l'OPM,	M ³	158151.06	450.00	71167977.00
05	CONSTRUCTION DU CORPS DE CHAUSSEE				
06	F.T.M.O d'une couche de fondation en GNT (0/31.5), e = 20 cm, y compris étalage, humidification, malaxage, compactage	M ³	12960	1850.00	23976000.00
07	F.T.M.O d'une couche d'imprégnation cut back 0/1	M ²	64000	90.00	5760000.00
08	F.T.M.O d'une couche de base en grave bitume (0/20), e = 12 cm	T	17664	4800.00	84787200.00
09	F.T.M.O d'une couche de roulement en béton bitumineux (0/14), e = 8 cm	T	11878.4	5400.00	64143360.00
10	F.T.M.O Couche d'accrochage en émulsion 65%	M ²	64000	100.00	6400000.00
11	F.T.M.O des matériaux sélectionnés pour rechargement des accotements	M ³	12640	650.00	8216000.00
12	F/P buse Ø000 en béton armé	ML	168	19000.00	3192000.00
13	Réalisation de fossé en béton l'égerment armé	M ²	580	3200.00	1856000.00
14	,F/P Glissières de sécurité métallique	ML	8600	4200.00	36120000.00
				TOTAL EN H.T	327044512.00
				TVA 17%	55597567.04
				TOTAL en TTC	382642079.00

Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme de: trois cent quatre-vingts deux million six cent quarante deux mille soixante-dix-neuf dinar Algérien et zéro centime.

Délai de réalisation:08 mois

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le sujet de ce projet de fin d'études a été motivé par une volonté de s'inscrire dans un Contexte de développement durable, dans l'objectif de maintenir la chaussée hors- gel, en exploitant des énergies renouvelables comme l'énergie solaire par l'installation de système de chauffage pour la fonte de neige au même temps en évitant le dommage structurel des routes ,à fin d'améliorer l'aménagement routier pour assurer la fluidité de la circulation , la conception d'un meilleur tracé routier et d'approches méthodiques des phases d'étude.

Dans cette étude nous avons proposé en premier lieu un tronçon de route de 500ml en route chauffante après avoir donner une synthèse bibliographique sur les travaux de recherche réalisés dans ce domaine , en deuxième lieu nous avons entamé une étude de dédoublement de la RN 23 tout en respectant les contraintes et les normes existantes et on prenant en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement, et nous avons suivi le tracé de la route existante. Ce projet a permis d'étudier ces techniques et de confronter différentes méthodes pour constater les possibilités techniques, financières et environnementales.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application les connaissances théoriques acquises et de pouvoir les appliquer sur terrain.

Cette étude nous a permis également de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier.

Il était pour moi d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

Références bibliographiques

- [1] Andriopoulou S. A review on energy harvesting from roads. In *KTH*, 2012.
- [2] Wu G .and Yu X. Thermal energy harvesting across pavement structure. In *Transportation Research Board (TRB)*, Annual Meeting, Washington, USA,2011.
- [3] Liu X., Rees J.S., and Spitler D.J. Modeling snow melting on heated pavement surfaces. part i: Model development. *Journal of Applied Thermal Engineering*, 27:1115 –1124, 2007.
- [4] Dawson R.A., Dehdezi P.K., Hall R.M., Wang J., and Isola R. Thermophysical optimization of asphalt paving materials. In *Transportation Research Board (TRB)*, Annual Meeting, Washington, USA, 2011.
- [5] Gao Q., Huang Y., Li M., Liu Y., and Yan Y.Y. Experimental study of slab solar collection on the hydronic system of road. *Journal of Solar Energy*, 84:2096–2102, 2010.
- [6] Xu H. and Yi T. Development and testing of a heat and mass coupled snow melting model for hydronic heated pavement. In *Transportation Research Board (TRB)*, Annual Meeting, Washington, USA, 2012.
- [7] Mallick R.B., Chen B.L., and Bhowmick S. Harvesting energy from asphalt pavements and reducing the heat island effect. *International Journal of Sustainable Engineering*, 2:214–228, 2009.
- [8] Mallick RB., Chen B., Bhowmick S., and Huken MS. Capturing solar energy from asphalt pavements. In *International ISAP Symposium on Asphalt Pavements and Environment, Zurich, Switzerland*, 2008.
- [9] Pan P., Shaopeng W., Xiao X., and Gang L. A review on hydronic asphalt pavement for energy harvesting and snow melting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 2015.
- [10] Brusaw S. Solar roadways: A real solution. <http://solarroadways.com/main.html>, 2012.
- [11]Valk G. Solaroad :Amsterdam, 26january 2011. <http://www.tno.nl/downloads/Presentation2011>.
- [12] Guerin J.Y. Colas invente la route solaire. <http://www.lefigaro.fr/societes/2015/10/13/20005-20151013ARTFIG00359-colas-invente-la-route-solaire.php>, 2015.

-
- [13] Gonella S., Albert C. To, and Wing Kam L. Interplay between hononic band gaps and piezoelectric microstructures for energy harvesting. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 57:621-633, 2009.
- [14] Riffat S.B. and Xiaoli Ma. Review thermoelectrics: a review of present and potential applications. *Applied Thermal Engineering*, 23:913-935, 2003.
- [15] Ma B., Wang S., and Li J. Study on application of pcm in asphalt mixture. *Journal of Advanced Materials Research*, 168:2625-2630, 2006.
- [16] Cocu X. and Nicaise D. and Rachidi S. The use of phase change materials to delay pavement freezing. *Transport Research Arena (TRA)*, 2010.
- [17] Chen M. Research on snow melting and solar energy collection for thermal conductive asphalt pavement. PhD thesis, Wuhan University of Technology, 2011.
- [18] Larsson O. and Thelandersson S. Estimating extreme values of thermal gradients in concrete structures. In *Mater Struct 2011*, 2011.
- [19] Shaopeng W. and Mingyu C. and Jizhe Z. Laboratory investigation into thermal response of asphalt pavements as solar collector by application of smallscale slabs. *Applied Thermal Engineering*, 31:1582-1587, 2011.
- [20] Loomans M., Oversloot H., de Bondt A., Jansen R., and van Rij H. Design tool for the thermal energy potential of asphalt pavements. In *Eighth International IBPSA, Conference Eindhoven, Netherlands*, 2003.
- [21] Bijsterveld W.T., Houben L.J.M., Scarpas A., and Molenaar AAA. Using pavement as solar collector. effect on pavement temperature and structural response. In *Transport Res Rec 2001*, 2001.
- [22] Bijsterveld W.T. and de Bont A.H. Structural aspects of asphalt pavement heating and cooling systems. In *In: 3rd International Symposium on 3D Finite Element Modeling, WAmsterdam, Netherlands*, 2002.
- [23] Nordell B. and Hellstrom G. Underground thermal energy storage with heat pumps - an international overview. In *IEA Heat Pump Centre Newsletter*, 1998.
- [24] Nordell B. Large scale thermal energy storage. In *WinterCities 2000*, 2000.
-

-
- [25] Pavlov G. and Bjarne O. Thermal energy storage—a review of concepts and systems for heating and cooling applications in buildings: Part 1—seasonal storage in the ground. *HVACR Research*, 18:515-538, 2012.
- [26] de Montigny S. and Herbaux M. Opération de recherche- Rapport bibliographie - Géothermie R2I : Chaussée chauffantes. PhD thesis, Cerema, Direction territoriale Ile-de-France, 2015.
- [27] Schmidt T., Mangold D., and Muller-Steinhagen H. Central solar heating plants with seasonal storage in germany. *Solar Energy*, 76:165-174, 2004.
- [28] Lottner V., Schulz M.E., and Hahne E. Solar-assisted district heating plants: Status of the german program solarthermie-2000. In *Sol Energy*, 2000.
- [29] Bauer D., Marx R., Nusbicker-Lux J., Ochs F., Heidemann W., and Muller-Steinhagen H. German central solar heating plants with seasonal heat storage. *Solar Energy*, 84:612-623, 2010.
- [30] Lottner V., Schulz M.E., and Hahne E. 15 years of rd in central solar heating in denmark. In *Sol Energy*, 2000.
- [31] Balbay A. and Esen M. Experimental investigation of using ground source heat pump system for snow melting on pavements and bridge decks. *Scientific Research and Essays*, 24:3955-3966, 2010.
- [32] Novo A. V., Bayon J.R., Castro-Fresno D., and Rodriduez-Hernandez J. Review of seasonal heat storage in large basins: Water tanks and gravel-water pits. *Applied Energy*, 87:390-397, 2010.
- [33] Schmidt T., Mangold D., and Muller-Steinhagen H. Seasonal thermal energy storage in germany. In *In Proc. ISES Solar World Congress 2003*, 2003.
- [34] Florides G. and Kalogirou S. Ground heat exchangers—a review of systems, models and applications. *Renewable Energy*, 32:2461-2478, 2007.
- [35] SIEBERT Nicolas and ZACHARAKIS Eleftherios. Master's Thesis within Sustainable Energy Systems and Structural Engineering Building Performance Design, Asphalt Solar Collector and Borehole Storage Design study for a small residential building area. PhD thesis, Department of Energy and Environment, Division of Building Services Engineering, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden, 2010.
-

-
- [36] Lund J., Sanner B., Rybach L., Curtis R., and Hellstrom G. Geothermal (ground-source) heat pumps. In A world overview, SEPTEMBER 2004.
- [37] Wang H. and Chen Z. Study of critical free-area ratio during the snow-melting process on pavement using low-temperature heating fluids. *Energy Conversion and Management*, 50:157-165, 2009.
- [38] Sherif Y., Tuan Christopher Y., Ferdon D., and Chen B. Conductive concrete overlay for bridge deck deicing: mixture proportioning, optimization, and properties. *ACI Materials Journal*, 97:172-181, 2000.
- [39] Zwaryez K. Snow melting and heating systems based on geothermal heat pumps at goleniow airport poland. *Geothermal Training Program*, 2:431-464, 2002.
- [40] Derwin D., Booth P., and Zaleski P. Snow free-heated pavement system to eliminate ice runways. In SAE Technical paper Series 2003-01-2145, 2003.
- [41] Minsk L.D. Heated bridge technology: Report on istea sec. In 6005 Program, 1999.
- [42] Spitler J. and Ramamoorthy M. Bridge deck deicing using geothermal heat pumps. In Proceedings of the 4th International Heat Pumps in Cold Climated Conference, Aylmer, Quebec, 2000.
- [43] Lund J. Pavement snow melting. In Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, 1999.
- [44] Morita K. and Tago M. Operational characteristics of the gaia snow-melting system in ninohe, iwate, japan. In Proc. World Geothermal Congress 2000, 2000.
- [45] Morita K. and Tago M. Snow-melting on sidewalks with ground-coupled heat pumps in a heavy snowfall city. In Proc. World Geothermal Congress 2005, Antalya, 2005.
- [46] Eugster W. and Schatzmann J. Harnessing solar energy for winter road clearing on heavily loaded expressways. In Proc. XIth PIARC International Winter Road Congress, 2002.
- [47] Lund J.W. Pavement snow melting. In Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, 2012.
- [48] Liu X., Simon R., Spitler J., and Jeffrey D. Modeling snow melting on heated pavement surfaces. part ii: experimental validation. *Applied Thermal Engineering*, 27:1125-1131, 2011.
- [49] ooms. <http://www.ooms.nl>, Accessed 21.12.11.
- [50] winnerway. <http://www.winnerway.nl>, Accessed 28.03.12.
- [51] icax. <http://www.icax.co.uk>, Accessed 21.12.11.
-

-
- [52] Novotech I. Roadway power system. In Technical Analysis for Thermal Energy Generation, 2008.
- [53] Morita K., Matsubayashi O., and Kusunoki K. Down-hole coaxial heat exchanger using insulated inner pipe for maximum heat extraction. GRC Transactions, 9:45-49, 1985.
- [54] Morita K. and Tago M. Development of the downhole coaxial heat exchanger system : Potential for fully utilizing geothermal resources. GRC Bulletin, 24:83-92, 1995.
- [55] Eugster W. Road and bridge heating using geothermal energy. overview and examples. In Proceedings European Geothermal Congress 2007 Unterhaching, 2007.
- [56]. B40.Normes technique d'aménagement des routes en Algérie : ministère des travaux public, 1977.
- [57]. SETRA. Guide technique, Conception et dimensionnement des structures de chaussées, Paris : Bagnaux, 1977.
- [58]. SETRA. Manuel de conception de chaussées neuves à faible trafic, Paris : Bagnaux ,1981.
- [59]. Dimensionnement des chaussées G Joeffory, R, Sautery, édition 1991.
- [60]. SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme, guide technique Fascicule 1et2, édition 1994.
- [61]. CTTT. Catalogue des structures types de chaussées neuves Paris : ministère de L'équipement Des transports et du logement édition 1998.
- [62]. SETRA. Guide technique assainissement routier, distribution et collecte des eaux : François, Brière, 2eme édition 2000.
- [63]. SETRA.les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison, Paris : Bagnaux, 2000.

- Aide Mémoire
- Les cours de route de 4eme et 5eme année.
- Source internet : [http: www .Google earth .com](http://www.Googleearth.com).

ANNEXE

Rédigé: le 12/032016	<u>ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM</u> LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		Page 1/ 27
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUJ	

SOMMAIRE

CHAPITRE I : GENERALITE

I- INTRODUCTION

II- PRESENTATION DU PROJET

CHAPITRE II : PROGRAMME D'INTERVENTION

1) INTRODUCTION

2) RECONNAISSANCE DU CORPS DE CHAUSSEE

3) RECHERCHE DE GITES DE MATERIAU

CHAPITRE III : ANALYSE DES DONNEES

1) ANALYSE DES MATERIAUX DU SOL SUPPORT

2) ANALYSES DES GITES DE MATERIAU

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1) INTRODUCTION

2) VERIFICATION DE DIMENSIONNEMENT PAR LA METHODE CBR

3) CALCUL DE DIMENSIONNEMENT PAR LA METHODE CBR

4) DIMENSIONNEMENT PAR LA METHODE DE CATALOGUE ALGERIEN

5) TYPE DE DIMENSIONNEMENT PROPOSE

CHAPITRE V : LES OUVRAGE D'ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VI : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 2/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUJ	

CHAPITRE I: GENERALITES

I- INTRODUCTION :

Dans le cadre du marché N°415/2014 du 11/11/2014 lot N° 02 opération N° : NK5.521.262.103.12.01 passé entre la direction des travaux Publics (D.T.P) de la wilaya de Laghouat, et le laboratoire des travaux publics du sud, unité de Ghardaïa, relatif à l'étude géotechnique du dédoublement de la RN23 du PK 243+000 au PK 398+000, le Laboratoire des Travaux Publics du Sud – Antenne LAGHOUAT présente le rapport concernant le **lot N° 08 entre PK 243+000 au PK 267+000 sur 14Km(Msekka – carrefour Ain Chouhada).**

II- PRESENTATION DU PROJET :

La Route Nationale (RN) numéro 23 débute de la wilaya de Mostaganem en passant par la RN4 à l'ouest de Yellal- RN4 jusqu'à l'est de Relizane – Zemmoura – Mendes – Rahouiya – Tiaret – Sougueur – Ain deheb – Aflou - Laghouat.

La partie appartenant à la Wilaya de Laghouat (sujette de notre étude) débute de Hassiane Eddib en passant par Aflou vers Laghouat sur 155 Km.

Vue l'augmentation du Trafic d'une façon vertigineuse, on a enregistré au niveau de ce tronçon plusieurs accidents de circulation, ce qui a incité le ministère des travaux publics à dédoubler cette route urgemment.

Le projet de dédoublement de la RN23 s'étale sur 155 Km comme il a été présenté par l'administration, et subdivisé en lot tel que :

)

- **lot N°08 : entre PK 267+000 au PK 243+000 sur 24KM (Guelta Sidi Saad –HassianeEddib)**

Notre étude concerne le lot N°08 du PK 243+000 au PK 267+000 sur 24km.

Le tracé est projeté parallèlement à droite de la chaussée en allant vers Tiaret à cause de la contrainte fixe (la fibre optique), séparé par un T.P.C avec rectification des points noirs. Sauf pour quelques sections, l'axe a été projeté à gauche de la chaussée existante tout en évitant les contraintes.

II. a -CONTEXTE GEOLOGIQUE :

Le territoire de Laghouat est partagé en deux régions d'inégale superficie, présentant chacune un intérêt particulier.

La première, qui comprend la partie Nord-Ouest de la wilaya, est une région montagneuse, accidentée, à peu près nue et aride. Des chainons rocheux, isolés à pente raide, généralement peu accessibles, y formant les ceintures des grandes vallées. Les dernières pentes de ces montagnes aboutissent à Laghouat.

Cette oasis est partagée en deux parties, Nord et Sud, par une crête rocheuse dont la direction générale est Ouest Est. Au Nord une autre ligne de crête parallèle à la précédente offre deux coupures assez larges, l'un donnant passage à l'Oued M'zi, l'autre formant un col appelé le col des sables.

La deuxième région, situé au Sud de Laghouat est constituée par d'immenses plaines ondulées formant la zone des dayas.

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 3/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUJ	

Dans le Nord de la wilaya, ce sont les éléments du Crétacé inférieur qui dominent. Ces éléments sont parfois coupés par des faciès marins normaux à récifaux et par des éléments continentaux lagunaires. En descendant vers le Sud, ces formations sont remplacées par des formations du Crétacé supérieur marin et du Crétacé supérieur continental, qui atteignent la latitude de Laghouat, entre mêlées de formations du Pontien(Miocène).

Plus au Sud encore, les formations des Pliocènes continentales composées en particulier des poudings et de calcaires lacustres forment la partie Nord du plateau. Elles dominent presque exclusivement la partie Sud-ouest, tandis que dans la partie Sud Est apparaissent les formations du Pontien (Miocène). Ces formations allant jusqu'à l'extrême Sud du plateau, ne changent qu'à la pointe Nord de la Chebka du M'zab, où réapparaît le Crétacé Supérieur marin, prolongé vers le Sud par le Crétacé moyen marin et le Turonien.

La série lithologique de la région peut se résumer comme suit :

1-Jurassique supérieur : La mer dépose des calcaires.

2-Crétacé inférieur : Retrait de la mer et dépôt de faciès continentaux en particulier les grés de l'Albien.

2-1-Barrémien : Est constitué par de gros bancs métriques dégrés à stratifications entre croisée avec quelques passages marneux argileux, correspondant à une sédimentation de chenaux fluviaux.

2-2-Aptien : Est marqué par des dépôts d'argiles et de gypses, avec des calcaires à concrétions.

2-3-Albien inférieur : Débute par une série argilo-silteuse avec intercalation de marnes violacés et de grés friables sableux.

2-4-Albien supérieur : Est présenté par des calcaires gréseux à passées marneuses.

3-Crétacé supérieur :

3-1- Cénomaniens : Est constitué de marne gypseuse e des bancs de calcaires dolomitiques.

Turonien : Composé par des dolomies et des calcaires dolomitiques à teinte claire. Il ressort dans le paysage en forme de corniche à niveau plus tendre et à pente relativement faible.

3-2- Sénonien : Comparativement aux autres étages, il recouvre de faibles surfaces. Il est constitué de trois ensembles.

- Des marnes ;
- Des gypses ;
- Des calcaires massifs.

4- Le Miocène : Il recouvre en discordance angulaire les terrains sous jacents du Crétacé supérieur. Il est constitué par :

- Des calcaires à éléments fins ;
- Des poudingues; des sables rouge grésifiés et des marnes.

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 4/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

5- Le Pliocène : Il est formé à la base par des argiles rouges avec des bancs de calcaires et une série détritique conglomératique au sommet et des sables rouges.

6-Le Quaternaire : Est constitué par des formations alluvionnaires épaisses formées de galets, graviers, sable et limons. Ces dépôts généralement peu épais reposant dans le domaine atlasique sur des terrains d'âge secondaire et dans le domaine saharien sur les dépôts détritiques mio-pliocène .

Le Quaternaire se caractérise par le remblaiement des fonds des cuvettes endoréiques et des vallées des Oueds.

II. b- CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE :

- Le site du projet est situé dans un contexte semi aride ayant une pluviométrie allant de 100 à 150mm ; les précipitations surviennent fréquemment sous forme d'orages.
- Sur toute l'année, les températures maximales moyennes mensuelles sont comprises entre 20 et 37°. Les températures minimales moyennes mensuelles sont comprises entre 0° et 15°.
- A la surface de la chaussée et en période estivale, la température peut atteindre 40° et plus.
- En période hivernale, la température peut osciller entre 2° le matin (on peut observer 0° et même en dessous) et 20°entre 12h et 16h.
- Les chocs thermiques sont importants avec des écarts de températures pouvant atteindre 25° et même plus.
- Les vents sont très violents à dominance Nord-Nord-est pour des vitesses allant de 60 à 130km/h.

CHAPITRE II: PROGRAMME D'INTERVENTION

1. INTRODUCTION :

Afin de mener à bien cette étude, le maitre de l'ouvrage en concertation avec le laboratoire des travaux publics du sud (LTPS) a élaboré un plan d'intervention sur site pour avoir le maximum d'informations qui vont nous servir dans l'étude de dimensionnement. Le programme d'intervention pour le lot N°03 est comme suit :

- Réalisation de **25 puits** pour analyse du sol support de la chaussée, à proximité des accotements (côte gauche et côté droit).
- Prospection des gîtes de matériaux qui seront utilisés dans le corps de chaussée (couche de remblai et couche de forme),
- Ouverture de quatre et **(08) carrières** de matériaux et prélèvement d'échantillons pour les analyses de laboratoire.
- Réalisation des essais de laboratoires : analyses géotechniques sur les différents matériaux prélevés.

2. RECONNAISSANCE DU SOL SUPPORT :

Afin de déterminer les caractéristiques du sol support sur lequel sera reposé le corps de chaussée, le LTPS a effectué **25 puits le long de l'itinéraire** de la route tel que établi par le bureau d'étude SET Sétif, les puits sont réalisés alternativement à l'axe, côté gauche et côté droit du tracé.

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 5/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

Tracé en plan

Le tracé est projeté parallèlement à droite de la chaussée en allant vers Tiaret à cause de la contrainte fixe (la fibre optique), séparé par un T.P.C avec rectification des points noirs. Sauf pour quelques sections, l'axe a été projeté à gauche de la chaussée existante tout en évitant les contraintes.

Contrainte et réseau divers

- ✓ Poteaux électriques touchés : 08 unités
- ✓ Fibre optiques : 1820m

DESCRIPTION GEOTECHNIQUE DU SOL SUPPORT				
Numéro du puits	Désignation	PK	Nature du sol support	Profondeur du puits (cm)
N° 12	P12	254+000	Sable graveleux limoneux	50 – 70
N° 13	P13	255+000	Sable limoneux graveleux	80 – 110
N° 14	P14	256+000	Sable graveleux limoneux	60 – 100
N° 15	P15	257+000	Sable graveleux limoneux	70 – 100
N° 16	P16	258+000	Limon sableux graveleux	60 – 80

CHAPITRE III : ANALYSE DES DONNEES

I. ANALYSE DES MATERIAUX DU SOL SUPPORT :

Les échantillons prélevés au niveau des 25 puits réalisés ont été acheminés au laboratoire pour effectuer une série d'analyses géotechniques

Liste des essais de laboratoire et leurs références normatives:

- Analyse granulométrique : NFP 94-056 ;
- Limites d'Atterberg : NFP 94-051 ;
- Equivalent de sable : NFP18-597 ;
- Essai CBR NFP 94-078 : Imbibé
- Caractéristiques Proctor NFP 94-093 ;
- Analyses chimiques ;
 1. Insolubles NFP 15-461
 2. Sulfates BS 1377
 3. Carbonates NFP 15-461

La synthèse des résultats géotechniques et des analyses chimiques sur les échantillons prélevés sont subdivisés en trois groupes :

- A. Les essais d'identification,
- B. Les essais mécaniques,
- C. Analyses chimiques

Puits	Les essais d'identification										
	Analyse granulométrique (%)							Limites d'Atterberg			ES (%)
	<31.5 mm	< 10 mm	< 02 mm	< 01 mm	< 0.4 mm	< 0.2 mm	< 0.08 mm	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
N°12	96	90	77	68	57	32	16	38.80	18.46	20.34	14.69
N°13	100	100	94	91	90	43	20	39.34	25.62	13.72	11.23
N°14	94	87	76	70	66	33	15	22.58	10.35	12.43	18.04
N°15	100	94	86	80	68	40	23	41.67	26.72	14.95	16.83
N°16	98	86	72	69	65	50	44	28.47	13.46	15.01	08.34

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 6/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérfié et approuvé par: Y - LALOUJ	

Sachant que :

- **LL. Limite de liquidité**
- **LP. Limite de plasticité**
- **IP. Indice de plasticité**
- **ES. Equivalent de sable**

Puits		Les essais mécaniques des puits d'axe				
		Caractéristiques Proctor		Indice CBR Imbibé (4Jours)	Classe de portance	Classification selon NFP 11- 300
		Teneur en eau optimale (%)	Densité sèche maximale (t/m ³)			
N°12	P12	08.90	1.93	17.15	S2	B6
N°13	P13	06.30	1.90	12.68	S2	B6
N°14	P14	7.70	1.95	16.33	S2	B6
N°15	P15	09.60	1.99	19.20	S2	B6
N°16	P16	08.50	1.98	15.64	S2	A1

Les essais chimiques				
Echantillon		Caractéristiques		
		Insolubles (%) NP15- 461	Sulfates (%) BS1377	Carbonates (%) NFP15- 461
N°12	P12	42	Néant	51
N°13	P13	48	Néant	47
N°14	P14	33	Néant	62
N°15	P15	46	Néant	47
N°16	P16	58	Néant	35

Récapitulatif de l'analyse géotechnique du sol support

D'après les différentes analyses effectuées sur le sol support, on peut conclure ce qui suit :

A) Analyse granulométrique :

Tous les échantillons prélevés des zones d'emprunt ont été soumis à l'analyse granulométrique.

Les résultats enregistrés nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le pourcentage des fines (< 0.080mm) varie de 15 à 62 %.
- Le pourcentage des éléments supérieurs à 20 mm varie de 00 à 28 %.
- Le pourcentage des éléments supérieurs à 02 mm varie de 02 à 51 %
- Le coefficient d'uniformité (coefficient de Hazen $CU = D_{60}/D_{10}$) est largement > 02.

Il s'agit donc de courbes granulométriques étalées ou continues, ainsi le matériau se prête bien au compactage.

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 7/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

B) Limites d'Atterberg :

Cet essai a pour but de déterminer les limites de liquidité et de plasticité, ainsi que l'indice de plasticité des matériaux.

1. Les valeurs des limites de liquidité **LL** des différents échantillons varient entre **22.58 et 47.73%**.
2. Les valeurs des limites de plasticité **LP** des différents échantillons varient entre **10.35 à 28.91%**.
3. Les valeurs des indices de plasticité **IP** des différents échantillons varient entre **08.93 à 25.31%**.

Ce qui nous révèle que le matériau du sol support est de sensibilité variable à l'eau.

C) Analyses chimiques :

L'analyse chimique sommaire effectuée sur des échantillons prélevés et tamisés a donné les valeurs suivantes :

- Les insolubles varient de **33 à 71 %**.
- Les sulfates (exprimées sous forme de gypse) n'ont été détectée au niveau de ce tronçon de route sauf des traces au niveau des puits 01, 04,11 et 24. Donc la majorité du sol support de ce lot est dépourvue des sulfates.
- Les carbonates varient de **22 à 62%**.

D) Equivalent de sable :

Les résultats enregistrés se situent dans la fourchette **08.34 et 29.62%** .

E) Essais mécaniques:

Une chaussée est essentiellement destinées à supporter les actions mécaniques des véhicules et à les transmettre sur le sol support, sans que se produisent des déformations ni dans le terrain, ni encore moins au niveau du corps de chaussée et le revêtement (couche de roulement).

Les essais mécaniques ont été effectués afin de cerner le problème de portance et de résistance de matériau.

E- 1) Proctor modifié :

L'essai Proctor modifié consiste à compacter le matériau dans un moule standard, avec une dame normalisée, selon un mode opératoire bien déterminé, dans le but de déterminer la teneur en eau optimale correspondant à la densité sèche maximale.

Les teneurs en eau varient entre **06.20 et 10.80 %**.

Les densités sèches maximales obtenues oscillent entre **1.88 et 2.15 t/m³**.

E -2) Indice CBR :

L'essai CBR consiste à poinçonner des échantillons de sol préalablement compactés dans un moule standard, la valeur de l'indice CBR moyenne va nous servir de valeur de base de calcul du dimensionnement de notre ouvrage routier, les valeurs de l'indice CBR oscillent entre **07.07 et 21.02** avec une valeur moyenne de **14.15**.

- ❖ D'après les résultats sur le CBR imbibé à 04 jours, le sol support est de portance moyenne (CBR moyen est de 14).
- ❖ Les analyses d'identification sur le matériau montrent que le sol support est classé d'après le la **norme NFP11 - 300:**

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 8/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

Puits	Caractéristiques granulométriques	Caractéristiques physiques	Classification
P8 – P10 – P11 – P12 – P13 P14 – P15 – P17	D<50mm 12<Tamisât à 80µm<35%	I _p >12 ou VBS >1.5	B6 - Sables et graves argileux

.On recommande l'utilisation du déblai en couche de remblai

2) RECHERCHE DE GITES DE MATERIAU :

Situations et coordonnées GPS des gites de matériaux

Carrière	PK	Situation	Echantillon			Coordonnées GPS
1 C1	258+500	Coté droit Aflou vers Laghouat à 500m	P1C1	P2C1	P3C1	N 34°22'04.7" E 001°53'13.3"

RESULTATS D'ANALYSE GEOTECHNIQUE DES EMPRUNTS DU LOT NUMERO 08

Essais	Diamètre	CARRIERE N°01			CARRIERE N°02		
		P1C1	P2C1	P3C1	P1C2	P2C2	P3C2
Analyse granulométrique par tamisage	< à 31,5 mm	96	100	88	90	100	97
	< à 10 mm	80	86	69	75	95	82
	< à 02 mm	65	72	46	58	90	65
	< à 01 mm	58	66	36	52	88	59
	< à 0,4 mm	52	62	30	46	85	54
	< à 0,2 mm	43	44	16	36	68	46
	< à 0.08 mm	38	37	10	33	62	42
Limites d'Atterberg (%)	Limite-liquidité	48.15	34.45	23.24	30.21	36.78	47.47
	Limite-plasticité	23.44	19.23	13.46	13.02	21.14	23.95
	Indice-plasticité	24.71	15.22	09.78	17.19	15.64	23.53
Caractéristiques Proctor	W _{OPM} (%)	06.40	10.50	09.76	11.90	12.20	10.43
	D _{max} (t/m ³)	2.26	1.81	1.90	1.96	1.83	1.88
Analyses chimiques	Insolubles(%)	44	52	58	35	61	42
	Carbonates(%)	52	44	38	60	34	53
	Sulfates(%)	Néant	Néant	Néant	Néant	1.89	0.43
Classification LCPC		A2	A2	B5	B6	A2	A2
Essais	Diamètre	CARRIERE N°03			CARRIERE N°04		
		P1C3	P2C3	P3C3	P1C4	P2C4	P3C4
	< à 31,5 mm	97	98	98	72	80	92
	< à 10 mm	82	85	90	58	66	80

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		Page 9/ 27
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

Analyse granulométrique par tamisage	< à 02 mm	75	72	80	45	52	70
	< à 01 mm	69	67	76	40	46	65
	< à 0,4 mm	55	64	72	36	40	63
	< à 0,2 mm	46	48	60	29	29	52
	< à 0.08 mm	42	43	40	26	22	49
Limites d'Atterberg (%)	Limite- liquidité	26.68	31.61	44.08	29.70	24.41	33.07
	Limite-plasticité	12.28	18.54	25.44	14.45	11.64	15.69
	Indice-plasticité	14.40	13.07	18.64	18.06	12.77	17.38
Caractéristiques Proctor	W_{OPM} (%)	08.20	12.00	14.20	0830	08.70	07.90
	D_{max} (t/m³)	1.99	1.76	1.76	1.98	2.06	2.03
Analyses chimiques	Insolubles(%)	66	59	37	77	69	58
	Carbonates(%)	30	44	61	20	24	44
	Sulfates(%)	Néant	Néant	0.12	Néant	Néant	Néant
Classification LCPC		A2	A2	A2	C2B6	B6	A2

RESULTATS D'ANALYSE GEOTECHNIQUE DES EMPRUNTS DU LOT NUMERO 08

Essais	Diamètre	CARRIERE N°05			CARRIERE N°06		
		P1C5	P2C5	P3C5	P1C6	P2C6	P3C6
Analyse granulométrique par tamisage	< à 31,5 mm	70	86	70	80	98	54
	< à 10 mm	56	70	56	67	90	46
	< à 02 mm	41	52	43	52	76	34
	< à 01 mm	36	46	39	45	68	30
	< à 0,4 mm	34	43	35	40	62	28
	< à 0,2 mm	27	34	26	30	51	22
	< à 0.08 mm	24	28	22	26	46	20
Limites d'Atterberg (%)	Limite- liquidité	24.56	33.11	12.65	25.31	48.26	24.53
	Limite-plasticité	10.82	20.36	/	17.37	24.13	11.20
	Indice-plasticité	13.74	12.75	N.M	07.94	24.13	13.33
Caractéristiques Proctor	W_{OPM} (%)	10.00	11.80	08.30	10.20	11.50	08.20
	D_{max} (t/m³)	2.02	1.99	1.98	2.00	2.03	1.96
Analyses chimiques	Insolubles(%)	67	43	54	63	67	59
	Carbonates(%)	31	49	41	38	29	35
	Sulfates(%)	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Classification LCPC		C2B6	C2B6	C2B5	B5	A2	C2A2
Essais	Diamètre	CARRIERE N°07			CARRIERE N°08		
		P1C7	P2C7	P3C7	P1C8	P2C8	P3C8
	< à 31,5 mm	96	96	96	92	92	80

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 10/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérfié et approuvé par: Y - LALOUI	

Analyse granulométrique par tamisage	< à 10 mm	82	70	72	74	76	62
	< à 02 mm	58	44	46	48	48	44
	< à 01 mm	51	38	40	40	40	40
	< à 0,4 mm	46	35	36	34	35	36
	< à 0,2 mm	36	26	26	24	26	30
	< à 0.08 mm	30	23	23	20	22	28
Limites d'atterberg (%)	Limite-liquidité	32.65	48.89	47.49	42.78	36.23	29.98
	Limite-plasticité	15.40	25.37	24.03	20.24	21.52	17.33
	Indice-plasticité	17.25	23.52	23.46	22.54	14.71	12.65
Caractéristiques Proctor	W_{OPM} (%)	11.50	10.10	10.30	12.20	13.40	14.90
	D_{max} (t/m³)	1.94	1.94	1.93	1.95	1.91	1.96
Analyses chimiques	Insolubles(%)	51	62	53	39	72	66
	Carbonates(%)	45	35	42	56	23	29
	Sulfates(%)	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Classification LCPC		B6	B6	B6	B6	B6	C2A1

Carrière	Resistance à la compression simple (bars)			Classification	Destination
	95%	98%	100%		
C1	P1C1	09.45	12.34	14.09	A2
	P2C1	11.89	13.22	15.14	A5
	P3C1	10.23	13.25	16.78	A2
C2	P1C2	14.34	17.88	21.45	B6
	P2C2	13.35	16.76	19.89	A2
	P3C2	12.09	14.36	18.92	A2
C3	P1C3	09.98	11.64	16.76	A2
	P2C3	11.24	15.89	17.80	A2
	P3C3	12.12	16.78	20.13	A2
C4	P1C4	21.43	25.65	28.13	C2B6
	P2C4	31.77	25.40	30.32	B6
	P3C4	29.49	33.76	35.65	A2
C5	P1C5	17.56	18.99	22.54	C2B6
	P2C5	20.69	23.41	27.89	C2B5
	P3C5	16.45	19.04	23.61	C2B5

Utilisable en couche de terrassement, remblai et en couche de forme

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 11/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

C6	P1C6	13.44	17.92	20.46	B5
	P2C6	10.41	14.73	16.83	A2
	P3C6	15.23	19.56	23.28	C2A2
C7	P1C7	11.24	15.54	19.22	B6
	P2C7	13.38	18.59	23.14	B6
	P3C7	16.59	21.63	26.83	B6
C8	P1C8	23.45	28.48	32.49	B6
	P2C8	19.82	22.61	26.32	B6
	P3C8	22.16	25.42	27.77	C2A1

Conclusion :

- 1) Tous les emprunts étudiés possèdent des caractéristiques géotechniques requises, et par conséquent ils peuvent être utilisés dans la réalisation des remblais et de la couche de forme.
- 2) Vues les caractéristiques géotechniques requises du matériau des zones de déblai, ce dernier peut être mis en œuvre en remblai.

Estimation des réserves de matériaux

Carrière	Réserves Estimatives (m ³)	Remblai estimatif du lot	Remblai estimatif majoré de 20%	Volume estimatif couche de forme	Déblai mis en remblai
C1	100 000	880 787 m ³	1 056 945	179 285 m ³	287 740 m ³
C2	90 000				
C3	90 000				
C4	120 000				
C5	130 000				
C6	125 000				
C8	190 000				
C9	139 000				

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 12/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

Total	984 000
--------------	----------------

Volume disponible: Réserve des carrières + Volume de déblai $980\,000 + 287\,740 = 1\,267\,740\text{m}^3$

Volume demandé : Volume de remblai + Volume Couche de forme = $1056945 + 179\,285 = 1\,236\,230\text{m}^3$

Le volume de matériau disponible est nettement supérieur au volume de matériau demandé

Volume d'eau nécessaire : Pour la mise en œuvre des couches de remblai et de forme = $V_{\text{Total}} \times W_{\text{moy}}$

- V_{Total} : Volume total de matériaux demandé
- W_{moy} : Teneur en eau Proctor moyenne considérée 12%

Soit $1\,236\,230 \times 12\% = 148\,348\text{ m}^3$ d'eau pour les terrassements du lot N°08

POINTS D'EAU :

Cette partie du projet se situe entre Guelta sidi Saad et Hessien eddib , les points d'eau disponibles sont le long de ce tracé :

Hassien eddib PK 245+000 à 100m coté droit vers Tiaret forage APC

- N : $34^\circ 28' 08.0''$
- E : $001^\circ 43' 32.7''$

Hassien eddib PK 245+000 à 2.1km coté gauche vers Tiaret.

- N : $34^\circ 27' 11.4''$
- E : $001^\circ 48' 51.8''$

PK 255+000 coté droit vers Tiaret(20m).Forage APC

- N : $34^\circ 23' 55.4''$
- E : $001^\circ 53' 06.1''$

3) RECHERCHE DE GITES DE MATERIAU DE CONCASSAGE :

Les matériaux de concassage seront destinés pour le corps de chaussée : GNT0/31.5 ou GNT0/20 - GB0/20 - BB 0/14. La roche disponible et proche de ce tronçon de route se situe dans les périphéries de la ville de Laghouat pour des stations de concassage en activité et la région d'Aflou:

- A. **Concasseur SNC Ouazzane** : PK 401 à 800 m coté gauche en allant vers Alger, coordonnées GPS N : $33^\circ 50' 09.8''$ E : $002^\circ 51' 59.3''$.
- B. **Concasseur Lamouri** : PK 392 à 1200m côté droit en allant vers Alger, coordonnées GPS N : $33^\circ 55' 11.4''$ E : $002^\circ 53' 59.1''$.
- C. **Concasseur Ben moussa** : PK 392 à 1000m côté droit en allant vers Alger, coordonnées GPS N : $33^\circ 53' 50.1''$ E : $002^\circ 53' 17.8''$.
- D. **Concasseur SARL Maghreb, Oued Morra** N : $34^\circ 08' 45.4''$ E : $002^\circ 00' 00.0''$.
- E. **Concasseur El Assala , Oued Morra** : N : $34^\circ 08' 27.3''$ E : $002^\circ 19' 33.9''$.

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 13/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

F. Concasseur EURL EL MANAR, Contournement de la ville d'Aflou Route Magtaa Lahmer :

N : 34° 04' 40.4" E : 002° 07' 16.8".

G. Concasseur Road Speed, CW122 au PK 04+400 à 2200m coté gauche en allant vers el Beida:

N : 34° 21' 55.7" E : 001° 57' 11.2".

Le LTPS a effectué des prélèvements de roche directement des gites suscités afin de les soumettre aux essais de laboratoire. Une série d'analyse géotechnique pour vérifier les caractéristiques intrinsèques a été effectuée sur les trois échantillons à savoir :

- Masse volumique absolue Mode opératoire R. LANCHON BTS.DUT
- Los Angeles : NFP18-573
- Micro Deval humide : NFP18-572
- Essai au bleu de méthylène : NFP 94- 068
- Coefficient d'absorption : NFP 18 – 555

La synthèse des résultats d'analyse est récapitulée dans le tableau suivant :

CONCASSEUR DE LA REGION DE LAGHOUAT			
Essais	Echantillons		
	SNC OUAZENE	LAMOURI	BENMOUSSA
Masse volumique absolue (t/m ³)	2.59 - 2.63	2.56 - 2.60	2.53 - 2.65
Los Angeles(%)	26 – 34	28 - 36	27- 36
Micro Deval(%)	21 - 30	25 - 33	27 - 32
Coefficient d'absorption d'eau (%)	1.03 – 2.8	0.5 – 3.2	0.6 – 3.3
Valeur de bleu de méthylène (g)	0.21 - 1.2	0.28 – 1.4	0.33 – 1.4

CONCASSEUR DE LA REGION D'AFLOU				
Essais	Echantillons			
	SARL EL MAGHREB	SARL EL ASSALA	SPEED ROAD	EURL EL MANAR

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 14/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

Masse volumique absolue (t/m ³)	2.57 - 2.62	2.56 - 2.64	2.59 - 2.63	2.64 - 2.68
Los Angeles(%)	26 - 29	24 - 28	21 - 25	23 - 26
Micro Deval(%)	21 - 27	22 - 25	16 - 21	17 - 20
Coefficient d'absorption d'eau (%)	0.3 - 2.7	0.5 - 2.8	0.4 - 3.3	0.3 - 3.1
Valeur de bleu de méthylène(g)	0.31 - 1.4	0.33 - 1.2	0.26 - 1.4	0.21 - 1.3

Ces résultats nous renseignent que les granulats de ces gîtes (de la région de Laghouat) ne peuvent être utilisés que pour la production de la GNT 0/31.5 ou 0/20 mm. Pour le BB 0/14 et la GB 0/20 il faut ramener des granulats de meilleures qualités comme ceux des régions Sdar ou Zekkar à la wilaya de Djelfa par exemple, à défaut les granulats de la région d'Aflou notamment les concasseurs SPEED ROAD et EURL EL MANAR répondent aux spécifications des granulats pour enrobé bitumineux, en confirmant à priori leurs caractéristiques au moment de leurs utilisations.

CHAPITRE IV: DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1. INTRODUCTION:

Les différents paramètres intervenant dans le dimensionnement du corps de chaussée sont liés aux facteurs suivants:

- Trafic à supporter pendant une période prédéterminée; appelée durée de service.
- Portance du sol support le long du tracé.
- Les matériaux utilisés en revêtement, couche de base et en couche de fondation.

Le trafic:

Nous estimons que le trafic avoisine les 3331 véhicules/jour dont 50% en poids lourds.

Caractéristiques du sol support:

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 15/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

Elles sont déterminées à partir des essais en laboratoire effectués sur des échantillons des puits creusés le long du tracé.

Les matériaux:

Dans notre cas, on a les matériaux subnormaux pour les remblais et la couche de forme éventuelle ainsi que les matériaux de concassage pour le corps de chaussée (GNT / GB / BB).

Afin d'optimiser le dimensionnement du corps de chaussée nous allons procéder conjointement à deux méthodes à savoir :

- a) Méthode CBR (California Bearing Ratio).
- b) Méthode du catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves.

Détermination des zone de déblai et de remblai du tracé/

Le trace tel que élaboré par le bureau d'étude (Avant Projet Sommaire) nous a permis de délimiter de façon approximative les zones de remblai et de déblai ainsi que le repérage des ouvrages hydrauliques.

A noter que le PK 00+000 tel que élaboré au bureau d'étude correspond au PK 397+000 de la RN23.

Remarque : Toutes les sections de portance moyenne S2 et S3 sont des sections en remblai, donc elle vont recevoir des remblai d'épaisseur variable, ce qui va impérativement augmenter leurs classe de portance et passer respectivement aux classes S1 et S2

2. VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT PAR LA METHODE CBR:

Pour dimensionner le corps de chaussée, nous utiliserons la méthode dite " méthode CBR améliorée ", basée sur l'essai CBR (imbibition de 04 jours pour notre cas)

Il s'agit de caractériser le sol support par un indice portant moyen, en tenant compte des risques liés à l'imbibition, les conditions de mise en œuvre et le trafic à long terme.

La méthode CBR consiste à déterminer l'épaisseur équivalente de la chaussée à partir de l'indice portant Californien (I_{CBR}) du sol support d'après la formule suivante :

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

Ou

- ✓ e : épaisseur totale équivalente de la chaussée (cm);
- ✓ p : charge maximale par roue = 13 Tonnes (agressivité du poids lourd);
- ✓ I : indice portant CBR moyen = 14
- ✓ \log : logarithme décimal ;
- ✓ N : trafic cumulé .

Calcul du trafic cumulé :

Les classes de trafic considérées pour le dimensionnement des structures sont celles définies à partir du trafic cumulé pour la durée de vie :

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 16/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

$$T_C = 365 \times T_{pl} \times \frac{(1+i)^N - 1}{i} \times A$$

- T_c : Trafic cumulé pour la durée de vie ;
- T_{pl} : trafic de poids lourd de la voie de circulation considérée 3331
- $pl/j/sens$;
- N : Durée de vie en 5, 10, 20 ans ;
- i : Taux de croissance annuel = 4% ;
- A : coefficient d'agressivité : $A = 0.6$

1. A cours terme ($N=05$ ans) : $T_c = 3951147,73PL/sens.$
2. A moyen terme ($N=10$ ans) : $T_c = 8758323,08PL/sens.$
3. A long terme ($N=20$ ans) : $T_c = 21722780,8PL/sens.$

Si on élimine les deux valeurs extrêmes de CBR (minimale et maximale), on aura une valeur moyenne approximative de l'indice CBR à 04 jours d'imbibition de l'ordre de 14, cette valeur nous servira de base de calcul de dimensionnement du corps de chaussée.

Estimation du taux de trafic élaboré par le bureau d'étude

AXE	SECTION	ANNEE 2015 (V/J)
RN°23	Limite Wilaya Tiaret - Aflou	3331
RN°23	Aflou RN°01/RN°23	2062
RN°47	RN°47/CW124 Limite Wilaya el Bayedh	2408
RN°01	Sidi Makhlouf	3152

Calcul des épaisseurs équivalentes :

		CBR		14		53		55		58	
TRFIC 5ANS	3951148	395114,773	5,59672327	354,836163	2,54950976	904,658261	1004,65826	1048,72624	1099,01462	1153,65826	53
10ANS	8758323	875832,308	5,94242096	372,121048	2,54950976	948,726243	1048,72624	1099,01462	1153,65826	55	
20ANS	21722781	2172278,08	6,33691542	391,845771	2,54950976	999,014616	1099,01462	1153,65826	1208,317312	58	

Taux CR	durée vie	trafic	trafic cumulé
0,04	5	3331	3331
1,04	1,2166529	3,24979354	3951147,73

Taux CR durée vie trafic

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		Page 17/ 27
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

trafic
 0,04 10 3331 cumulé
 1,04 1,48024428 7,20366427 8758323,08

Taux CR durée vie trafic
 0,04 20 3331 trafic cumulé
 1,04 2,19112314 17,8668471 21722780,8

Temps	Epaisseur équivalente
Cours terme (05ans)	53cm
Moyen terme (10ans)	55cm
Long terme (20ans)	58cm

Coefficients d'équivalence :

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque type de matériau :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobé dense	2.00
Grave ciment – Grave laitier	1.50
Grave bitume	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée-Grave sableuse et T.V.O	0.75
Sable	0.50

CALCUL DE DIMENSIONNEMENT A LONG TERME (N=20ANS) :

On aura une épaisseur équivalente de **58cm**

Type de couche	Nature du matériau	Epaisseur équivalente (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur réelle (cm)
Couche de roulement	Enrobé à chaud BB0/14	16	2.0	08
Couche de base	Grave bitume GB0/20	21	1.5	14

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 18/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérfié et approuvé par: Y - LALOUI	

Couche de fondation	Grave non traitée GNT0/31.5	20	1.00	20
Total	/	57	/	48

3. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE PAR LA METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN(MCA):

Dans notre cas, on a le réseau principal de niveau (RPI), puisqu'il s'agit d'une route nationale supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules/jour. Par conséquent on s'intéresse au dimensionnement à long terme (20 ans de service).

Classe du trafic **TPL6**

Classe de portance de sol Si :

La portance du sol support se situe entre **S1 et S3**

Portance	CBR
S4	<5
S3	5 – 10
S2	10 – 25
S1	25 – 40
S0	>40

Dans ce catalogue on peut tirer le type de structure approprié qui sont déjà pré calculés en fonction des facteurs suivants :

1. la portance du sol ;
2. le trafic actuel ;
3. le niveau du réseau principal(RPi) ;
4. la classe du trafic(PL) à l'année de la mise en service(TPLi) ;
5. la zone climatique.

Au niveau du tronçon du lot N°08 allant du PK 267+000 au PK 292+000 sur 25 Km, nous avons rencontré deux types de sol support à savoir.

- **Encrouement calcaire (EC)**
- **Sable limoneux (SL)**

En rapportant le tableau du catalogue de dimensionnement on aura

Nature du sol support	T (PL/j)	TPLi	RPi	Si	Structure
Dalle calcaire(D.C)	2000	TPL6	RP1	S1	Cas non figuré au niveau du catalogue Algérien
Encrouement calcaire(E.C)	2000	TPL6	RP1	S2	Cas non figuré au niveau du catalogue Algérien
Sable limoneux(S.L)	2000	TPL6	RP1	S3	Cas non figuré au niveau du catalogue Algérien

On constate que la structure est non figurée dans notre cas au niveau du MCA (Méthode du Catalogue Algérien), à cet effet on aura recourt à la méthode du catalogue Français (MCF) qui tient compte de la nature de la plateforme, les valeurs de portance du sol et le trafic routier, on aura :

Nature du sol support	plateforme	TCi	Structure
Dalle calcaire(D.C)	PF4	TC6	8BB + 10GB + 11GNT
Encrouement calcaire(E.C)	PF3	TC6	8BB + 12GB + 20GNT
Sable limoneux(S.L)	PF2	TC6	8BB + 14GB + 14GNT

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 19/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUJ	

Notre dimensionnement pour le cas de sable limoneux est **8BB + 14GB + 14GNT**

4. TYPE DE RENFORCEMENT PROPOSE:

Au terme de ce rapport nous tenons à préconiser au projet du dédoublement de la RN23 au lot N°08 du PK 243+000 au PK 267+000 un dimensionnement, tiré conjointement des deux méthodes élucidées, en se basant bien sur le long terme.

En analysant les résultats données par les deux méthodes, on peut optimiser le dimensionnement en optant pour :

Type de méthode	Dimensionnement
Méthode de catalogue de dimensionnement	8BB + 14GB + 14GNT
Méthode CBR amélioré	8BB + 14GB + 20GNT

En optimisant le dimensionnement on aura

Nature de la couche	Type de matériau	Epaisseur
Couche de fondation	Grave non traitée GNT 0/31.5	20cm
Couche de base	Grave bitume GB0/20	14cm
Couche de roulement	Béton bitumineux BB0/14	08cm

CHAPITRE V) : LES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

I) INTRODUCTION

Dans toute étude géotechnique , le problème d'assainissement(évacuation des eaux) prend une part très importante , en partant de l'idée que l'eau est l'ennemie de la chaussée, il est primordial de prendre en considération cet aspect afin de protéger la chaussée d'une façon efficace et pérenne des agressions des eaux , et ainsi assurer sa longévité.

La Wilaya de Laghouat se situe en zone climatique de pluviométrie II comme déjà annoncé au chapitre précédent, ainsi la pluviométrie oscille entre 350 et 600 millimètre par an.

II) OUVRAGES HYDRAULIQUES PROPOSES

Le tracé existant, traverse des Chaabas, des Gueltas ainsi que des Oueds. Les divers ouvrages rencontrés sont comme suit:

Endroit des ouvrages (PK)	Type d'ouvrage	Endroit des ouvrages (PK)	Type d'ouvrage
PK 254+600	Ouvrage busé	PK 257+300	Ouvrage busé
PK 254+850	Ouvrage busé	PK 257+700	Ouvrage busé

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 20/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUJ	

PK 255+550	Ouvrage busé		
PK 256+050	Ouvrage busé		
PK 256+650	Ouvrage busé		

Concernant le nouveau projet, on recommande de garder le même type d'ouvrage au niveau des Dayas caractérisés par des fonds plats de profondeurs moyennes. Pour les zones de Chebka il est conseillé de projeter des ouvrages pont cadre à travées multiples au niveau des zones basses, et de garder les passages submersibles pour les traversées à fond plat.

III) ETUDE GEOTECHNIQUE DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

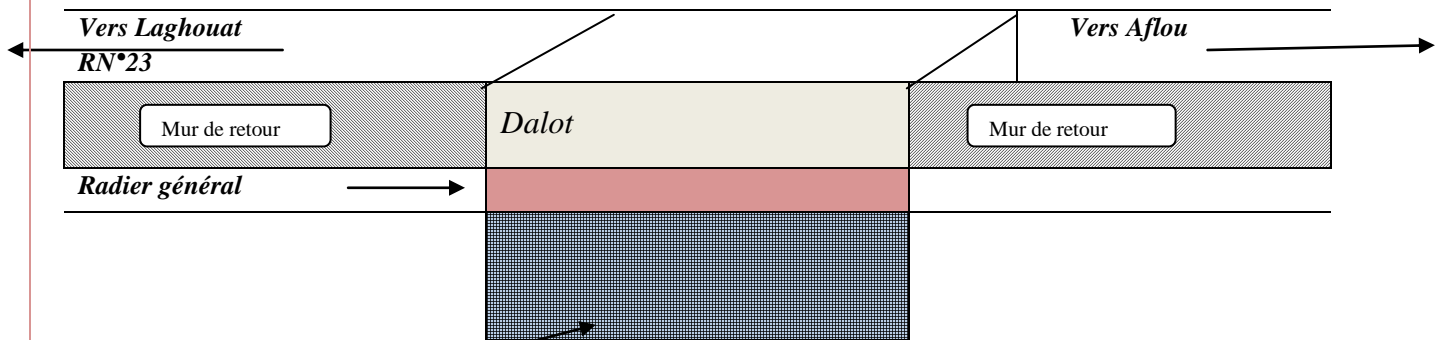
La reconnaissance géotechnique des terrains qui recevront les différents ouvrages hydrauliques a été réalisée à ciel ouvert par des puits à la pelle mécanique. Les différents types de sol rencontrés se résument en :

- Au niveau des zones à fond très plats de moyenne profondeur, nommées « Dayas » le sol est formé d'encroutement calcaire recouverts par des formations sablo-limoneuses ;
- Au niveau des zones de Chebka, la partie basse du sol est formée de limon et de sable limoneux, la partie élevée est formée une croute calcaire recouverte de calcaire gypseux

IV) ADAPTATION DU PROJET AU SOL DE FONDATION

Selon la nature du sol support et les caractéristiques du profil en long élaboré par le bureau d'étude, on propose le système de fondation suivant :

- a. **fondation pour pont cadre** : Ce type d'ouvrage est fondé sur un radier général ancré à la surface. La protection des fondations contre l'affouillement doit se faire par des murs para fouille à l'amont et à l'aval ancrés sur le substratum rocheux éventuellement, et dans les autres cas, l'ancrage doit se faire à une profondeur minimale de 2.50m.



Sens d'écoulement des eaux

- b. **fondation pour les ouvrages busés** : pour ce type d'ouvrage la protection doit se faire par des murs para fouille en gros béton à l'amant et à l'aval de l'ouvrage ancré dans le terrain rocheux lorsqu'il est en surface, dans d'autre cas la profondeur d'ancrage doit avoir un minimum 2.5m.

V) CAPACITE PORTANTE DU SOL

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 21/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	

Le taux de travail des fondations varie en fonction de la nature du sol ; dans le tableau qui suit-on estime la pression admissible et la qualité de la portance en fonction du type de sol :

TYPE DE TERRAIN	PORTANCE	PRESSION ADMISSIBLE(N/MM²)
Roche	Très bonne portance	0.5 - 5 (N/mm ²)
Gravier et sable	Très bonne portance	0.4 (N/mm ²)
Sable grossier	Bonne portance	0.3 (N/mm ²)
Sable fin	Portance modérée	0.2 (N/mm ²)
Terrain dur(marne glaise compacte)	Très bonne portance	0.4 (N/mm ²)
Terrain semi dur (glaise sableuse)	Portance modérée	0.2 (N/mm ²)
Terrain tendre(argile aquifère- remblai)	Faible portance	0.2 (N/mm ²)

Dans notre cas, on peut estimer le taux de travail à 5 bars pour le terrain rocheux et à 2 bars pour le terrain meuble (notant que 1 N/mm²= 10bars)

CHAPITRE VI) : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

1) Le sol support le long du lot N°08 de la RN 23 du PK 243+000 au PK 267+000 est de portance moyenne (CBR moyen est de 14), il est classé selon le guide RTR :

<i>Puits</i>	<i>Caractéristiques granulométriques</i>	<i>Caractéristiques physiques</i>	<i>Classification</i>
P16	D<50mm Tamisât à 80µm>35%	I _p <12 ou VBS <2.5	A1 – Limon peu plastique, silts alluvionnaires
P1 – P2 – P4 – P9 - P19- P20 P21 - P22 – P23 – P24	D<50mm Tamisât à 80µm>35%	12 <I _p <25 ou 2.5 <VBS <6	A2 - Sables fins argileux, limons,
P8 – P10– P11 – P12 – P13 P14 – P15 – P17	D<50mm 12<Tamisât à 80µm<35%	I _p >12 ou VBS >1.5	B6 - Sables et graves argileux
P3 – P5 –P6 - P7 P18 – P25	D>50mm Tamisât à 80µm<35%	/	C2A2 - Sol comportant des fines et des gros éléments

- 2) Vues les caractéristiques géotechniques requises du matériau des zones de déblai, ce dernier peut être utilisé en remblai.
- 3) Tous les emprunts étudiés possèdent des caractéristiques géotechniques requises, et par conséquent ils peuvent être utilisés dans la réalisation des remblais et de la couche de forme. Ils ont une réserve totale avec le Volume des déblais de 1 247 740 m³.

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 22/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUJ	

Carrière	PK	Situation	Echantillon			Coordonnées GPS
1 C1	258+500	Coté droit Aflou vers Laghouat à 500m	P1C1	P2C1	P3C1	N 34°22'04.7" E 001°53'13.3"

pcp

4) Nous préconisons pour le dédoublement du lot N°08 de la RN 23 du PK 243+000 au PK 267+000 le corps de chaussée suivant :

- Une couche de fondation en grave non traitée GNT 0/31.5 de **20cm**
- Une couche d'imprégnation en bitume fluidifié de grade 0/1
- Une couche de base en grave bitume de **14cm**
- Une couche d'accrochage en émulsion cationique à 65 % de bitume résiduel.
- Une couche de roulement en béton bitumineux BB0/14 de **08 cm**

5) Les granulats des gîtes proches de ce lot, situé à la périphéries de la ville de Laghouat ne peuvent utilisés que pour la production de la GNT 0/31.5 ou 0/20 mm. Pour le BB 0/14 et la GB 0/20 il faut ramener des granulats de meilleures qualité comme ceux des régions Sdar ou Zekkar à la wilaya de Djelfa par exemple.

6) Pour les ouvrages d'assainissement, on recommande de garder le même type d'ouvrage existant au niveau des Dayas et pour les zones de Chebka il est conseillé de projeter des ouvrages pont cadre à travées multiples au niveau des zones basses, et de garder les passages submersibles pour les traversées à fond plat.

Recommandations :

- ❖ Respecter la qualité des agrégats destinés pour la couche de base en grave non traitée telle que :
 - 1) **Granularité** : la granulométrie de la GNT doit s'insérer dans le fuseau de spécification 0/31.5.
 - 2) **Catégorie des gravillons** : les agrégats doivent être de la catégorie D (LA<30 et MDE<25).
 - 3) **Propreté du sable** : la partie sableuse du mélange doit avoir un équivalent de sable supérieure à 30%.
 - 4) **Indice portant immédiat** : le CBR immédiat doit être supérieur à 100.
- ❖ Les spécifications des agrégats destinés pour la couche de roulement :
 - a. Les classes granulaires rentrant dans la fabrication de l'enrobé bitumineux sont : 0/2, 2/6 , 6/14 et 14/20.
 - b. Les agrégats doivent être de la catégorie C (LA<25 et MDE<20).
 - c. La granulométrie du mélange à blanc doit s'inscrire dans le fuseau de spécification de BB0/14.
 - d. L'équivalent de sable de la fraction 0/2 doit être supérieur à 45%.
- ❖ Les accotements de la chaussée doivent être élargis à 03m, avec un matériau répondant aux spécifications suivantes :
 - a. L'indice de plasticité < 15%.
 - b. L'indice CBR immédiat > 40.
 - c. L'équivalent de sable > 25%.
 - d. La résistance à la compression simple > 20bars.

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 23/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérfié et approuvé par: Y - LALOUI	

- ❖ La densité in situ de la couche de fondation en GNT0/31.5 doit être supérieure ou égale à 98% de la densité de référence Proctor.
- ❖ La densité in situ de la couche de matériau mis en œuvre sur la couche de forme, la couche de fondation et les accotements doit être supérieure ou égale à 96% de la densité de référence Proctor.
- ❖ Le dosage de la couche d'imprégnation en Cut-back 0/1 est de 1.2kg/m².
- ❖ Les températures de l'enrobé :
 - 1- température de fabrication, 150 à 170°C,
 - 2- température de mise en œuvre, 145 à 165°C.
- ❖ Le bitume qui sera utilisé dans la fabrication des enrobés bitumineux est un bitume pur de grade 40/50.
- ❖ La couche d'accrochage sera nécessaire dans le cas où on adopte la solution à moyen terme, elle sera mise entre la couche de l'ancien enrobé et la nouvelle couche de roulement de 08cm ; le liant utilisé est une émulsion cationique à 65%, à rupture rapide dosé à 300-500g/m² en bitume résiduel.
- ❖ Une étude de formulation doit être faite avant d'entamer les travaux de revêtement afin d'optimiser les qualités de l'enrobé bitumineux ;
- ❖ Une planche d'essai est obligatoire avant le début de la pose des enrobés bitumineux afin de régler tous les paramètres de qualité des enrobés .

Remarque importante :

On recommande au maître de l'ouvrage d'inclure le laboratoire dans l'élaboration du cahier de charge et du CPS du projet afin d'optimiser la qualité de réalisation et d'assurer un plan de qualité en concordance avec les normes en vigueur.

L'INGENIEUR CHARGE DE L'ETUDE
M – SMAIL

LE CHEF D'ANTENNE

Rédigé: le 12/032016	ETUDE GEOTECHNIQUE DU DEDOUBLMENT DE LA RN 23 SUR 155 KM		Page 24/ 27
	LOT 08 DU PK 243+000 AU PK 267+000		
	Rédigé par: SMAIL.M	Vérifié et approuvé par: Y - LALOUI	