

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département De Génie Civil Et Hydraulique

C:.....

R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master, Filière: Travaux publics

Spécialité: voies et ouvrages d'art

Thème

*Etude d'un mélange Tuf-Emulsion de
Bitume pour assise de chaussée*

Présenté par:

- ❖ Khabbaze Sami
- ❖ Saied Nour El Islem

Soumis au jury composé de :

BENTATA Aissa MAA

SAADAOUI Salah MAA

KEBAILI Nabil MCB

UKM Ouargla Président

ENTP Ouargla Examineur

UKM Ouargla Encadreur

Année Universitaire : 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Toute notre gratitude, grâce et remerciement vont à dieu le tout puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions nos parents pour leurs aides matérielle et morale durant toute la période de notre formation.

*Nous remercions notre encadreur **Mr. KEBAILI Nabil** pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.*

Nous remercions les membres de jury qui nous ont fait l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Toute notre gratitude va à tous les enseignants qui ont contribué à notre Formation.

Tous nos remerciements à nos collègues de Université Kasdi Merbah Ouargla pour leurs collaboration et leurs soutient.

DEDICACES

*Je dédie ce mémoire A mes chers parents ; ma Mère
et mon Père et ma Femme.*

*Pour leur patience, amour, soutien et
encouragements.*

A mes sœurs et mes frères

*A toute ma grande famille et tous ceux et celles
ayant une relation de près ou de loin.*

A mes amis et collègues de la classe.

*Sans oublier tous les enseignants qui ont contribué
à mon soutien scolaire.*

Khabbaze Sami



DÉDICACES

*Je dédie ce mémoire A mes chers parents ; ma Mère
et mon Père.*

*Pour leur patience, amour, soutien et
encouragements.*

A mes sœurs et mes frères,

*A toute ma grande famille et ceux et celles ayant
une relation de près ou de loin.*

A mes amis et collègues de la classe.

*Sans oublier tous les enseignants qui ont contribué
à mon soutien scolaire.*

Saied Nour El Islem



RÉSUMÉ

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des matériaux routiers entrant dans la construction des assises de chaussées. Les matériaux concernés par le présent mémoire sont les tufs calcaires améliorés par l'émulsion de bitume.

Suite à l'ajout de plusieurs pourcentages en émulsion de bitume aux tufs ordinaires, il a été question d'étudier les propriétés mécaniques et de compactage du nouveau composite par l'intermédiaire de l'essai Proctor modifié.

Les résultats obtenus avec 05, 10 et 15% d'émulsion ont montré que l'ajout d'émulsion de bitume possède une grande influence sur les propriétés physico-mécaniques et le comportement rhéologique des tufs.

Mots clé : tuf, émulsion bitume, matériaux, compactage, construction, chaussées, influence.

ABSTRACT

This work is part of the valuation of road materials used in the construction of pavement foundations. The materials concerned by this study are limestone tuff improved by bitumen emulsion.

Following the addition of several percentages of bitumen emulsion to ordinary tuff, it was discussed to investigate the mechanical and compaction properties of the new composite through the modified Proctor test.

The results obtained with 05, 10 and 15% emulsion showed that the addition of bitumen emulsion has a great influence on the physico-mechanical properties and the rheological behavior of the tuffs.

Keywords: tuff, bitumen emulsion, materials, compaction, construction, pavements, influence.

المخلص

يدخل هذا العمل في إطار تقييم مواد الطرق المستخدمة في بناء أساسات الطرق. المواد المعنية في هذه

المذكورة هي تيف الحجر الجيري التي يتم تحسينها بواسطة مستحلب الزفت.

بعد إضافة عدة نسب مئوية من مستحلب الزفت إلى مادة التيف العادية، يتم دراسة الخواص الميكانيكية الخاصة بالرص للمركب الجديد من خلال اختبار الدمك المعدل.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بإضافة نسب 05 و 10 و 15% من مستحلب الزفت أن هذا الأخير له تأثير كبير على الخواص الفيزيائية والميكانيكية والسلوكية للتيف المعالج.

الكلمات الدالة: تيف، مستحلب الزفت، مواد، دمك، إنشاءات، أرصفة، تأثير.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	
DEDICACES	
RESUME+ABSTRACT	
SOMMAIRE	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
INTRODUCTION GENERALE.....	11

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TUFES

Introduction:.....	13
I.1. Classification des tufs:	13
I.2. Tufs Calcaires:.....	13
I.2.1. Formation des tufs calcaires:	14
I.2.2. Utilisations des tufs calcaires:	15
I.2.3. Tufs calcaires en Algérie:	15
I.3. Essais géotechniques réalisés sur les tufs:	16
I.4. Essais qui importance dans cette étude:	16
I.4. 1. Analyses granulométriques:	16
I.4.1.1. But de l'essai:.....	17
I.4.1.2. Analyses granulométriques par tamisage (voie sèche):	17
I.4.1.3. Mode opératoire:.....	17
I.4.1.4. Résultats:.....	18
Conclusion:.....	19

CHAPITRE II : LES EMULSIONS DE BITUME

II.1. Définition d'une émulsion:	21
II.2. Nature des constituants d'une émulsion de bitume:	22
II.2.1. Le bitume:	22
II.2.2. L'eau:	25
II.3. Fabrication d'une émulsion de bitume:	25
II.4. Viscosité des émulsions de bitume:	26

CHAPITRE III : ETUDE DU MELANGE TUF-EMULSION

Introduction:	29
III.1. Essai Proctor Modifié:.....	30
III.1.1. But de l'essai:	30
III.1.2. Principe de l'essai:	30
III.1.3. Mode opératoire:.....	31
III.1.4. Résultats obtenus :.....	32
III.1.4.1. Les facteurs d'influence de l'ajout de l'émulsion sur le tuf:	32
III.2. Essai CBR (Essai de portance):.....	34
III.2.1. Résultats obtenus :.....	35
III.2.2. Indice CBR:	42
Conclusion:	42
CONCLUSION GÉNÉRALE	44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	46
ANNEXES.....	48

Liste des Figures

Figure I.1 - Schéma de circuit de la formation des tufs calcaires. [4].....	15
Figure I.2 - Courbe de l'analyse granulométrique de tuf.....	18
Figure II.1 -Représentation d'une émulsion H/E [8].....	21
Figure II.2 -Séparation des différents constituants du bitume.....	23
Figure II.3 - Structures chimiques du bitume : type « sol » et type « gel » [7].....	24
Figure II.4 -Représentation d'une turbine rotor-stator cylindrique (moulin colloïdal).....	26
Figure II.5 -Variation de la viscosité de l'émulsion en fonction de la teneur en liant.....	27
Figure III.1 - Organigramme de recherche d'une formulation optimal.....	29
Figure III.2 - Matériel nécessaire de Proctor Modifié.....	30
Figure III.3 - Courbe Proctor Modifié de la densité sèche de tuf.....	32
Figure III.4 - Courbe Proctor Modifié de la densité sèche des mélanges.....	33
Figure III.5 - Presse CBR avec acquisition de données	34
Figure III.6 - Courbe CBR immédiat du tuf (mélange 01).....	34
Figure III.7 - Courbe CBR immédiat après 24 h (mélange 02).....	36
Figure III.8 - Courbe CBR immédiat après 72 h (mélange 02).....	37
Figure III.9 - Courbe CBR immédiat après 24 h (mélange 03).....	38
Figure III.10 - Courbe CBR immédiat après 72 h (mélange 03).....	39
Figure III.11 - Courbe CBR immédiat après 24 h (mélange 04).....	40
Figure III.12 - Courbe CBR immédiat après 72 h (mélange 04)	41

Liste des tableaux

Tableau I.1 - Résultats de l'analyse granulométrique de tuf.....	18
Tableau III.1 - Les résultats de la densité sèche de tuf.....	32
Tableau III.2 - Les résultats de la densité sèche des mélanges.....	33
Tableau III.3 - Les résultats CBR immédiat du tuf (mélange 01).....	35
Tableau III.4 - Les résultats CBR immédiat après 24h (mélange 02).....	36
Tableau III.5 - Les résultats CBR immédiat après 72h (mélange 02).....	37
Tableau III.6 - Les résultats CBR immédiat après 24h (mélange 03).....	38
Tableau III.7 - Les résultats CBR immédiat après 72h (mélange 03).....	39
Tableau III.8 - Les résultats CBR immédiat après 24h (mélange 04).....	40
Tableau III.9 - Les résultats CBR immédiat après 72h (mélange 04).....	41
Tableau III.10 - Résultats récapitulatifs des essais de portance (ICBR).....	42

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le Sahara représente plus de trois quarts de la superficie du territoire algérien. Les idées et principes de la Technique Routière Saharienne ont commencé à voir le jour à partir du milieu des années 50.

Dans les régions Sud, les tufs d'encroûtements calcaires font partie des matériaux locaux disponibles en grande quantité, ils sont largement utilisés comme remblais et matériaux de construction routière.

Actuellement, du fait de l'industrialisation progressive de la région, le trafic devient plus dense et surtout plus lourd, le réseau plus important et les chaussées nouvelles doivent rester économiques. Les études ont montré que les caractéristiques géotechniques souvent faibles des tufs, notamment leur faible résistance aux chocs et à l'abrasion ainsi que leur sensibilité à l'eau, ne permettent pas d'envisager leur emploi en assises de chaussées à moyenne trafic.

Dans l'objectif de valorisation des tufs de la région, l'idée de les associer avec l'émulsion bitume en vue d'améliorer leurs caractéristiques géotechniques et mécaniques peut s'avérer intéressante.

Nos travaux de recherche sont répartis en trois chapitres qui sont les suivants:

I. CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TUFES

II. CHAPITRE II : LES EMULSIONS DE BITUME

III. CHAPITRE III : ETUDE DU MELANGE TUF-EMULSION DE BITUME

En dernier, ce travail sera finalisé par une conclusion générale qui interprète les résultats trouvés et nous espérons avoir laissé une base de travail positive qui sera utile dans la poursuite des travaux de recherche.

CHAPITRE I
GERALITES
SUR LES TUFS

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES TUF

Introduction

Les tufs sont des roches non homogènes poreuses, friables, et légères souvent pulvérulentes soit d'origines calcaires, issus de sources ou rivières dites pétrifiantes ou la présence d'une riche végétation accélère le dépôt de calcaire, soit d'origine volcanique, agrégats qu'on trouve sous forme strates grossières, souvent sous une mince couche de terre.

Les tufs peuvent offrir des couleurs très variées selon les éléments qui les composent.

I.1. Classification des tufs

Le tuf volcanique, appelé anciennement tuf lithoïde, les grecs employaient le tuf volcanique de l'île de Santorin, par contre les romains se servaient d'un tuf volcanique rouge.

Les romains ont beaucoup plus préférés un type de roche, d'où le nom de pouzzolane sous lequel était alors connu tout matériau ayant des propriétés comparables. [1]

Pour son abondance et la facilité de son extraction et de sa taille, le tuf est, au moins depuis les Étrusques et les Romains, un des matériaux les plus employés dans la construction des bâtiments publics et privés. [2]

I.2. Tufs Calcaires

Les tufs ou bien la croûte calcaire est un matériau composé essentiellement, mais pas exclusivement de carbonates de calcium. Les croûtes existent à l'état poudreux, nodulaire ou très induré ; elles sont dues à la cimentation, à l'accumulation ou au remplacement de quantités plus au moins grandes de sols, roches ou matériaux altérés par du calcaire dans une zone d'infiltration.

Les tufs calcaires sont des roches calcaires ayant un γ supérieur à 60, une masse volumique inférieure à 2 t/m^3 , une résistance à la compression simple comprise

entre 5 et 10 MPa, et dont la teneur en éléments fins passant au tamis de 80 microns, obtenus sur la fraction 0/20 du matériau après extraction, est de l'ordre de 10 à 20%.

En fait cette description peut s'appliquer à d'autres roches tendres calcaires exemple (craies), les tufs se différencient alors de ces dernières par leur mode particulier de formation. [3]

I.2.1. Formation des tufs calcaire

Les tufs calcaires sont des roches formées par l'accumulation d'algues microscopiques, les algues bleues. Elles vivent en colonie et se fabriquent une protection en cristaux calcaires.

Pour se développer, elles ont besoin d'eau et d'un climat tempéré.

Elles se développent donc souvent à l'émergence des sources et dans les cours d'eau peu profonds au cours des périodes interglaciaires, selon le type d'algues et les conditions du milieu, les tufs peuvent être friables ou durs et épais ; ils peuvent alors servir pour la construction, la lente formation des tufs fossilise par encroûtements successifs et saisonniers des débris de végétaux (feuilles, brindilles, graines...) et d'animaux (coquilles, ossements).

La formation des encroûtements calcaires correspond à certaines conditions climatiques critiques. Pour que les sols s'encroûtent de manière appréciable, les précipitations doivent être capables de solubiliser des quantités importantes de carbonates, sans toute fois excéder un certain seuil au-delà duquel elles pourraient emporter la totalité ou la majeure partie de ces carbonates vers les bassins marins ou lacustres.

Ces conditions climatiques peuvent être illustrées par le climat qui règne dans les zones méditerranéennes subhumides et semi arides. [4]

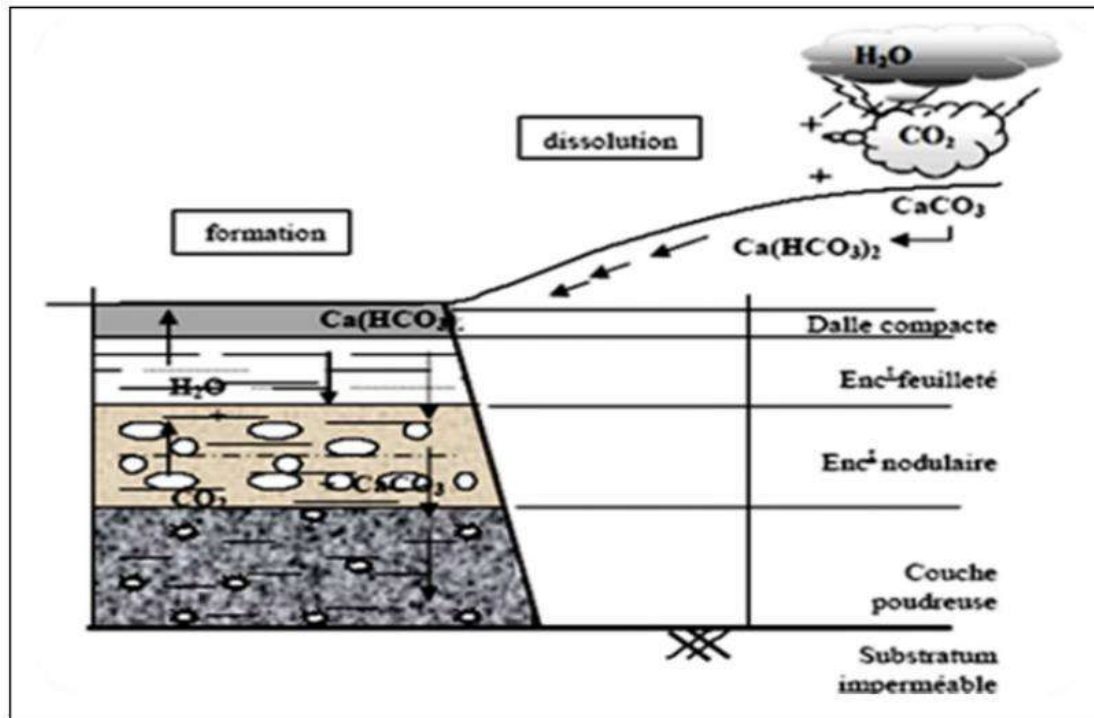


Figure I.1- Schéma de circuit de la formation des tufs calcaires. [4]

I.2.2. Utilisations des tufs calcaires

Les tufs calcaires sont utilisés en techniques routières selon leur qualité. Ils sont utilisés le plus souvent sous forme de granulats non liés pour la construction des chaussées de moyen à faible trafic. L'utilisation la plus courante est en assises de chaussée (couche de base et couche de fondation), d'autres usages sont fréquents : accotements, couche de forme, pistes agricoles, etc.

L'utilisation des tufs calcaires dans les travaux publics, elle est utilisée comme matériaux de remblais légers, pour la réalisation de terrains de sport, piste d'athlétisme, amendement de terrains gazonnée. [4]

Utilise aussi comme pierre de construction légère pour l'édification de voilés, dans la maçonnerie des cloisons en charpente (colombages), et, du fait de sa pureté. [5]

I.2.3. Les tufs calcaires en Algérie

Les encroûtements calcaires sont repartie partout dans le monde on trouve ces formations dans les régions plates à climat aride à semi-aride, favorables à leur formation.

En Algérie, les tufs d'encroûtement calcaires ont servi depuis plus d'un demi-siècle à la construction de milliers de kilomètres de routes économiques et de désenclavement. Ces matériaux couvrent approximativement une superficie de 300.000km². [4]

Il existe en Algérie 66 unités de production du tuf dans 16 wilayas, la production de tuf est atteinte environs de : 12 209 345 m³en 2008. [6]

Le tuf est un excellent matériau utilisé dans la technologie routière en fonction de sa qualité.

Il est principalement utilisé sous forme de gravats non intégrés pour l'importance de la construction de chaussées et est une bonne résistance, en particulier dans le domaine des routes.

I.3. Essais géotechniques réalisés sur les tufs :

Les essais géotechniques les plus couramment utilisés pour déduire les caractéristiques des tufs au laboratoire avant utilisation sont :

- ❖ Analyse granulométrique :
 - Par tamisage (voie sèche ou humide) ;
 - Par sédimentométrie.
- ❖ Mesure de la pollution argileuse :
 - Limites d'Atterberg (limites de consistance) ;
 - Equivalent de Sable ;
 - Essai au Bleu de Méthylène.
- ❖ Essai Proctor (modifié) ;
- ❖ Essai de portance (essai CBR) ;

I.4. Essais qui importance dans cette étude

I.4.1. Analyse granulométrique :

Généralement le tamisage est réalisé par voie humide pour bien séparer les particules fines. Concernant les éléments inférieurs à 0,08 mm l'analyse est faite par sédimentométrie qui est basée sur la loi de Stokes.

I.4.1.1. But de l'essai :

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer quantitativement la distribution des particules de sol par classes de diamètres. Le nombre et la grandeur des classes de diamètres dépendront de l'objectif pour suivi et éventuellement, de l'importance de l'échantillon dont on dispose. Il y a lieu de faire remarquer dès à présent qu'il existe des différences quant aux limites des classes et quant aux appellations des sols en fonction du corps professionnel impliqué.

I.4.1.2. Analyses granulométrique par tamisage (voie sèche) :

L'essai est réalisé suivant la norme NF P 18-560. L'analyse granulométrique permet de déterminer la répartition des grains de sol suivant leurs dimensions dans un échantillon représentatif.

I.4.1.3. Mode opératoire:

Résumé : le tamisage peut être effectué soit manuellement soit à l'aide d'un vibrotamis.

- 1) Procéder à une quartage afin que l'échantillon soit représentatif, ensuite procéder à une prise d'essai conformément à la formule : $200D < P < 600D$, avec D : diamètre moyen estimé du plus gros grain.
- 2) Poser l'échantillon ;
- 4) Eliminer les fins par laver continue (tamis 0.08mm) jusqu'à ce qu'il ne reste que les éléments propre ;
- 5) Sécher le matériau dans une étuve réglée a 105°C, pour les matériaux non gypseux, et 55°C, pour les matériaux aux hautes températures.
- 6) Tamiser l'échantillon en versant ce dernier au sommet d'une série de tamis et en les agitent ;
- 7) Recueillir le refus de chaque tamis et le peser dans une balance de portée pesant au g-prés ;
- 8) Rapporter les poids des différents refus poids initiaux de matériau ;
- 9) Calculer le pourcentage des tamis ;
- 10) Etablir la courbe granulométrique.

I.4.1.4. Résultats:

Poids d'échantillon (g)	Ouverture Tamis [mm]	Refus partiel (g)	Refus cumulé (g)	Complément à 100%	Tamisât (%)
1000 g	50	0	0	100	100%
	31.5	17.93	179.37	82.07	82%
	20	23.82	238.29	76.18	76%
	10	29.10	291.07	70.90	71%
	5	32.85	328.57	67.15	67%
	2	39.33	393.35	60.67	61%
	1	45.44	454.42	54.56	55%
	0.4	61.87	618.78	38.13	38%
	0.2	74.42	744.21	25.58	26%
	0.1	80.55	805.57	19.45	19%
	0.08	84.71	847.12	15.29	15%

Tableau I.1- Résultats de l'analyse granulométrique de tuf



Figure I.2- Courbe de l'analyse granulométrique de tuf

Conclusion

Le tuf est une substance de grande importance, est utilisée à l'état brute dans divers domaines industrielle, lorsque ils présentent des caractéristiques minéralogique et structurales bien déterminer, son utilisation s'tale vers des domaines plus complexes, lorsque l'industrie chimique et travaux routier.

CHAPITRE II
LES EMULSIONS
DE BITUME

CHAPITRE II : LES EMULSIONS DE BITUME

II.1. Définition d'une émulsion

Une émulsion se définit comme un « système hétérogène thermodynamiquement instable, comportant au moins deux phases liquides non miscibles dont l'une est dispersée dans l'autre sous forme de gouttelettes dont le diamètre est en général supérieur à 0,1 micromètre. Un tel système possède une stabilité minimale qui peut être accrue par l'addition d'agents appropriés tels que des surfactifs ou des produits solides finement divisés » [7].

Les émulsions sont classées le plus généralement selon le sens de l'émulsion : elle est dite «huile dans eau» (H/E) si la phase huileuse est la phase dispersée et «eau dans huile» (E/H) si la phase aqueuse est la phase dispersée. Il existe aussi des émulsions multiples. Par exemple, dans des émulsions H/E/H, des gouttelettes d'huile sont comprises dans des sphères aqueuses contenues elles-mêmes dans une phase huileuse. Les émulsions de bitume pour application routière sont très souvent des émulsions de type H/E.

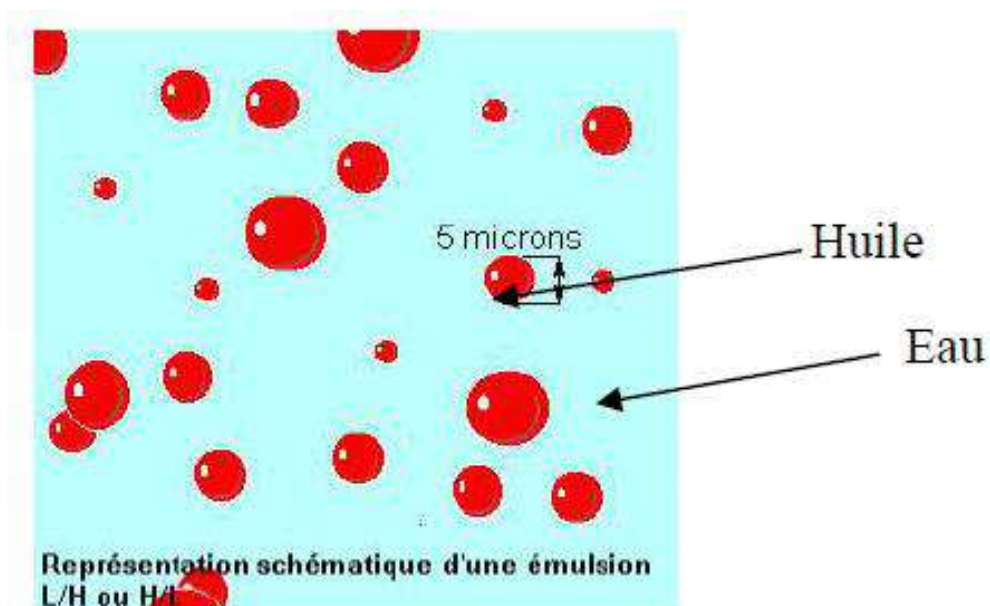


Figure II.1- Représentation d'une émulsion H/E [8].

Les émulsions de bitume sont constituées de :

- ❖ liant: celui-ci peut être du bitume pur ou modifié,
- ❖ l'eau,
- ❖ d'émulsifiant, permettant de «co-solubiliser» les deux phases liant et eau en diminuant leur tension inter faciale,
- ❖ d'acide pour prolonger l'émulsifiant en solution.

Les caractéristiques et propriétés de chacun de ces composants sont détaillées dans la section suivante.

II.2.Nature des constituants d'une émulsion de bitume

II.2.1.Le bitume

Le bitume est un mélange d'hydrocarbures issu de la distillation fractionnée du pétrole.

Le bitume est en fait la dernière fraction la plus lourde récupérée après un premier chauffage à 350 °C et un second chauffage sous vide.

Le bitume se compose de deux fractions : les asphaltènes et les maltènes. Les asphaltènes sont la fraction la plus lourde et la plus visqueuse des bitumes. Ils sont constitués de cycles aromatiques et de chaînes aliphatiques. Le rapport H/C est environ de 1, confirmant l'aromaticité de leur structure. Les asphaltènes sont insolubles dans le heptane (et dans les solvants aliphatiques en général) mais solubles dans le toluène. Ils sont séparés du reste des composés du bitume (maltènes) au moyen d'une extraction par un excès de n-heptane (30 à 40 volumes d'heptane pour un volume de toluène). Les asphaltènes contiennent aussi des hétéroatomes tels que S, N, O et des atomes métalliques (V, Fe,...).

Les maltènes contiennent des aromatiques à forte masse moléculaire, des résines et des saturés. Les résines sont des composés polaires, tout comme les asphaltènes, mais de masse moléculaire plus faible. Elles comportent des hétéroatomes(S, O, N).

Toutes ces molécules (asphaltènes, résines, aromatiques et saturés) peuvent être isolées chimiquement par chromatographie liquide (analyse SARA).

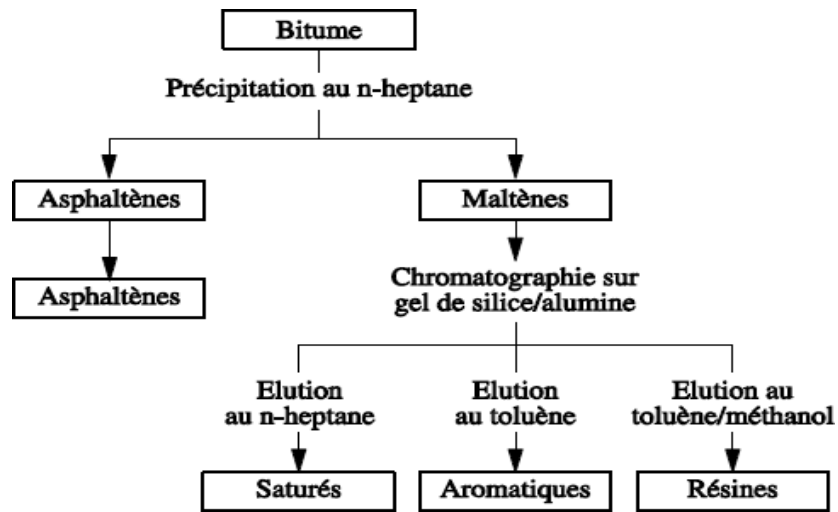


Figure II.2- Séparation des différents constituants du bitume.

Les bitumes sont très souvent classés en deux entités : les bitumes naphthéniques, caractérisés par un fort taux d'asphaltènes, et les bitumes paraffiniques qui en contiennent une plus faible quantité.

Il est difficile de définir précisément la composition chimique d'un bitume. Dans la littérature, le bitume est associé à un système colloïdal comprenant des micelles entourées d'une phase huileuse. Un modèle d'auto agrégation des asphaltènes a été proposé dans les années 1940, dans lequel les résines jouent le rôle de « peptisant », c'est-à-dire qu'elles solubilisent les asphaltènes dans le milieu apolaire (constitué des saturés et des aromatiques). Plus tard, il a été démontré que les asphaltènes s'empilaient en feuillets grâce aux interactions entre les groupements poly aromatiques. L'existence de cette structure a été confirmée au moyen de la technique de diffusion des neutrons aux petits et grands angles [9].

Les résines et les asphaltènes sont les molécules les plus polaires du bitume. La quantité de ces molécules, plus particulièrement le rapport résines/asphaltènes noté r/a a une importance sur la structure du bitume. En effet, à faible rapport r/a (carence en résines), les asphaltènes flocculent : le bitume se retrouve sous une forme « gel », lui conférant un comportement identique à celui d'un liquide non newtonien. A fort r/a , les résines

assurent la mobilité des asphaltènes dans le milieu. Le bitume est alors qualifié de « sol » et son comportement est celui d'un liquide newtonien.

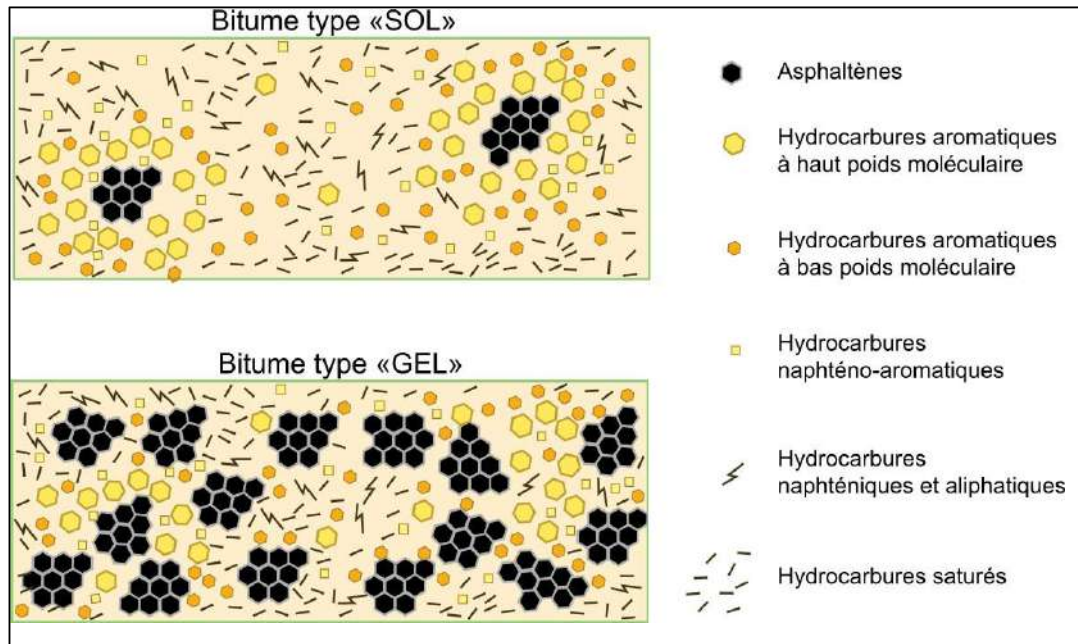


Figure II.3- Structures chimiques du bitume : type «sol» et type «gel» [7].

Il est de coutume de classer les bitumes en fonction de leur consistance selon des essais technologiques normalisés tels que la pénétrabilité et la température de ramollissement bille-anneau (TBA). Le premier essai consiste à déterminer l'enfoncement d'une aiguille normalisée (exprimé en 1/10 millimètre) dans un bitume à une température de 25 °C et à un chargement de 100 grammes [7]. Pour le second essai, un disque de bitume est coulé dans un anneau métallique et chauffé dans un bain liquide. La température bille-anneau correspond à la température pour laquelle une bille d'acier s'enfonce à une hauteur de 25 millimètres [8]. La dénomination du grade de bitume se réfère à la valeur de pénétrabilité. Ainsi, un bitume de grade 160/220 a une pénétrabilité comprise entre 160 et 220 1/10 millimètre. Pour les émulsions, des bitumes mous de grade 160/220 ou 70/100 sont fréquemment utilisés. Les bitumes durs de grade 50/70 ou 35/50 sont plus rarement employés.

Une autre caractéristique intrinsèque des bitumes est leur indice d'acide, qui est la masse (en milligrammes) de potasse nécessaire à la neutralisation des acides du bitume [9]. Certains bitumes contiennent des acides « naturels », d'autres des acides rajoutés en

raffinerie pour donner aux bitumes un indice d'acide déterminé. Les acides ajoutés sont en général des acides naphthéniques, des acides de tall oil (mélange d'acides gras et d'acides abiétiques) et éventuellement des acides provenant de graisses végétales ou animales. Les acides naphthéniques auraient des propriétés inter faciales. De plus, le bitume est également constitué d'acides forts (carboxyliques, phénols) et faibles (pyrroles), de bases fortes (cétones, sulfoxydes) et faibles ainsi que d'amphotères (2-quinolones) [10].

Selon l'application routière, les bitumes utilisés sont purs ou modifiés par exemple en ajoutant un polymère de type styrène-butadiène-styrène (SBS) ou éthylvinylacétate (EVA) afin d'obtenir un liant très consistant. Il est également possible d'introduire dans le bitume un fluidifiant ou un fluxant afin d'abaisser la viscosité et d'améliorer l'adhésion avec le granulat.

II.2.2.L'eau

L'eau employée dans les émulsions est généralement de l'eau du réseau public. En revanche, il est nécessaire de contrôler la teneur en ions. En effet, à forte concentration, ceux-ci peuvent favoriser la coalescence des gouttes de bitume. De plus, les ions magnésium et calcium sont susceptibles de réagir avec certains émulsifiants pour former des composés n'ayant plus de propriétés tensioactives. Pour éviter ces inconvénients, une limite maximale en concentration de ces ions dans l'eau a été fixée. Elle est de 150 mg/l pour les ions magnésium et de 200mg/l pour les ions calcium [7].

II.3.Fabrication d'une émulsion de bitume

Pour formuler une émulsion, il est nécessaire d'apporter de l'énergie mécanique pour cisailer le bitume et le disperser sous forme de gouttelettes (ou globules).

Pour cela, différents types de mélangeurs existent dans l'industrie. La plupart de ces mélangeurs fonctionnent sous système de turbine, comprenant une partie fixe, le stator, et une partie mobile, le rotor. L'appareil dispose d'un entrefer de dimension parfois variable qui permet de mieux maîtriser la granulométrie de l'émulsion. D'autres systèmes font appel à des procédés sous conditions opératoires particulières (homogénéisateur sous

haute pression).

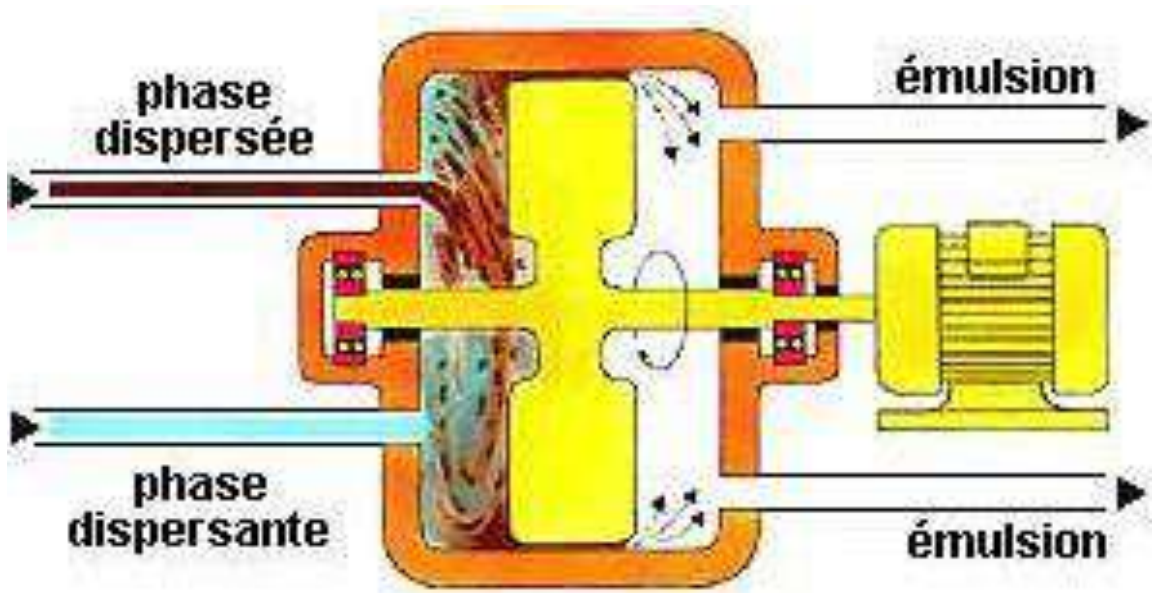


Figure II.4-Représentation d'une turbine rotor-stator cylindrique (moulin colloïdal).

Pour émulsifier le bitume, il est indispensable de le chauffer pour abaisser sa viscosité (qui est élevée à température ambiante) et de viser une valeur de 200 MPa.s Par exemple pour un bitume de grade 160/220 (grade mou), une température de 140 °C est requise. La phase aqueuse est légèrement chauffée (40 °C) pour une meilleure solubilisation de l'émulsifiant. La température de l'émulsion ne doit pas dépasser la température de vaporisation de l'eau (100 °C).

La température d'émulsification est maintenue entre 90-95 °C. L'énergie apportée doit être élevée, mais ne doit pas être trop élevée pour ne pas rendre l'émulsion instable.

II.4.Viscosité des émulsions de bitume

Les informations relatives à la viscosité des liants sont fondamentales. En effet, selon l'application routière (enduit superficiel, enrobé à froid,...), les émulsions doivent posséder des propriétés visqueuses particulières. Dans le cas des enduits superficiels, les émulsions ne doivent pas être trop fluides pour éviter les coulures aux accotements après application. Pour des enrobés à froid, les émulsions doivent être fluides pour permettre au liant de bien enrober les granulats.

Différents facteurs régissent la viscosité de l'émulsion, parmi les quels figurent l'origine

du bitume et la teneur en bitume. Plus la teneur en bitume est élevée, plus la viscosité de l'émulsion est élevée. Par ailleurs, les émulsions sont plus visqueuses lorsque le diamètre moyen des gouttes est plus faible. De plus, les émulsions ont une viscosité plus élevée quand elles sont mono disperses.

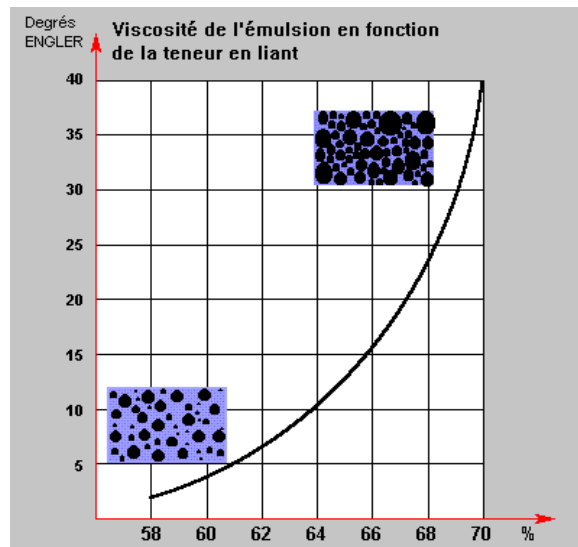


Figure II.5- Variation de la viscosité de l'émulsion en fonction de la teneur en liant.

CHAPITRE III
ETUDE DU
MELANGE TUF
+
EMULSION DE
BITUME

CHAPITRE III : ETUDE DU MELANGE TUF-EMULSION DE BITUME

Introduction:

Le choix des matériaux pour réaliser d'assis de chaussée est souvent imposé par les disponibilités locales, surtout lorsqu'on peut trouver des matériaux naturels ou artificiel en raison de leur coût bas.

Pour d'améliorer les paramètres géotechniques de Tuf, on a opté pour une correction de sa granulométrie en substituant une fraction de x % de tuf par ajout d'émulsion de bitume avec x.

Afin de rechercher la composition optimale du mélange, des essais de compactage et de portance ont été effectués sur les différents mélanges. Des essais de compression simple à différents âges ont été réalisés sur des éprouvettes de différents mélanges compactées à l'optimum Proctor modifié (OPM).

La conduite de l'étude est faite selon l'organigramme suivant:

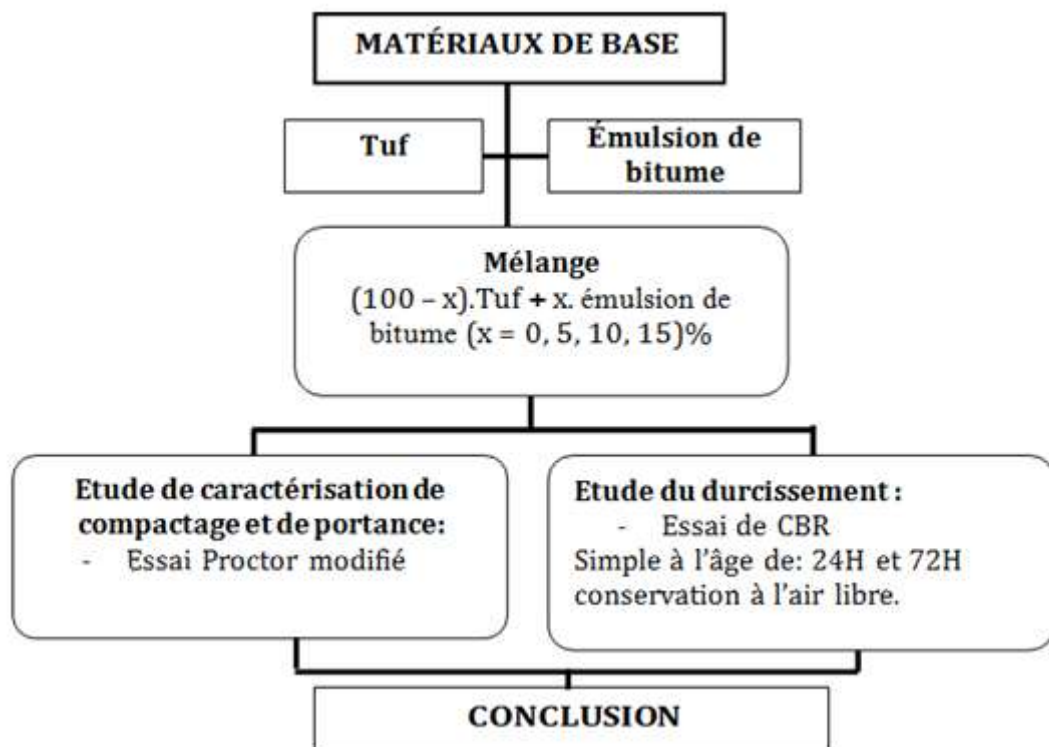


Figure III.1- Organigramme de recherche d'une formulation optimale.

III.1. Essai Proctor Modifié

III.1.1. But de l'essai

L'essai Proctor consiste à compacter dans un moule normalisée, avec énergie de compactage normalisée (dames de masse normalisée tombant d'une hauteur constant), pour but de déterminer la teneur en eau optimale pour un sol de remblai donné et des conditions de compactage fixées, qui conduit au meilleur compactage possible ou encore capacité portante maximale.

III.1.2. Principe de l'essai

Le principe de cet essai consiste à humidifier un matériau à plusieurs teneurs en eau et à le compacter, pour chacune des teneurs en eau, selon un procédé et une énergie conventionnels. Pour chacune des valeurs de teneur en eau considérées, on détermine la masse volumique sèche du matériau et on trace la courbe des variations de cette masse volumique en fonction de la teneur en eau. D'une manière générale cette courbe, appelée courbe Proctor, présente une valeur maximale de la masse volumique du matériau sec qui est obtenue pour une valeur particulière de la teneur en eau. Ce sont ces deux valeurs qui sont appelées caractéristiques optimales de compactage Proctor Normal ou Modifié suivant l'essai réalisé.



Figure III.2-Matériel nécessaire de Proctor Modifié

III.1.3. Mode opératoire

- 1/ Sécher le matériau à l'air ou à l'étuve (3 à 5 heures à 60°C) ;
- 2/ Faire passer au tamis de diamètre 20mm ;
- 3/ Prendre 5,5 kg de tamisât ;
- 4/ ajouter une quantité d'eau mesurée au tuf et homogénéiser le mélange ;
- 5/ Assembler moule + embase + disque d'espacement + disque de papier au fond du moule (facilite le démoulage) ; puis, peser l'ensemble : soit P1 et ajouter la hausse ;
- 6/ Remplir le moule en 5 couche en damant chacune au moyen de 55 coups ;
- 7/ Enlever la hausse et araser la dernière couche ;
- 8/ Faire la pesée (sol + moule) ;
- 9/ Prélever à la fin de l'expérience un échantillon de la couche supérieure et un autre de celle du milieu afin de déterminer la teneur en eau ;
- 10/ Reprendre l'expérience avec l'échantillon ayant précédemment servi et auquel il faudra ajouter 1% d'eau par poids de l'échantillon (5,5 kg) ;

III.1.4. Résultats obtenus :

Les essais Proctor Modifié ont été faits selon la norme NFP94-093 pour les différents mélanges Tuf/Emulsion.

Mélange de 100 % de tuf + 0% d'émulsion

$\gamma_{dmax}(t/m^3)$	1.77	1.8	1.81	1.72
$W_{opt}(\%)$	6.3	8.1	9.8	12.3

Tableau. III.1- Les résultats de la densité sèche de tuf

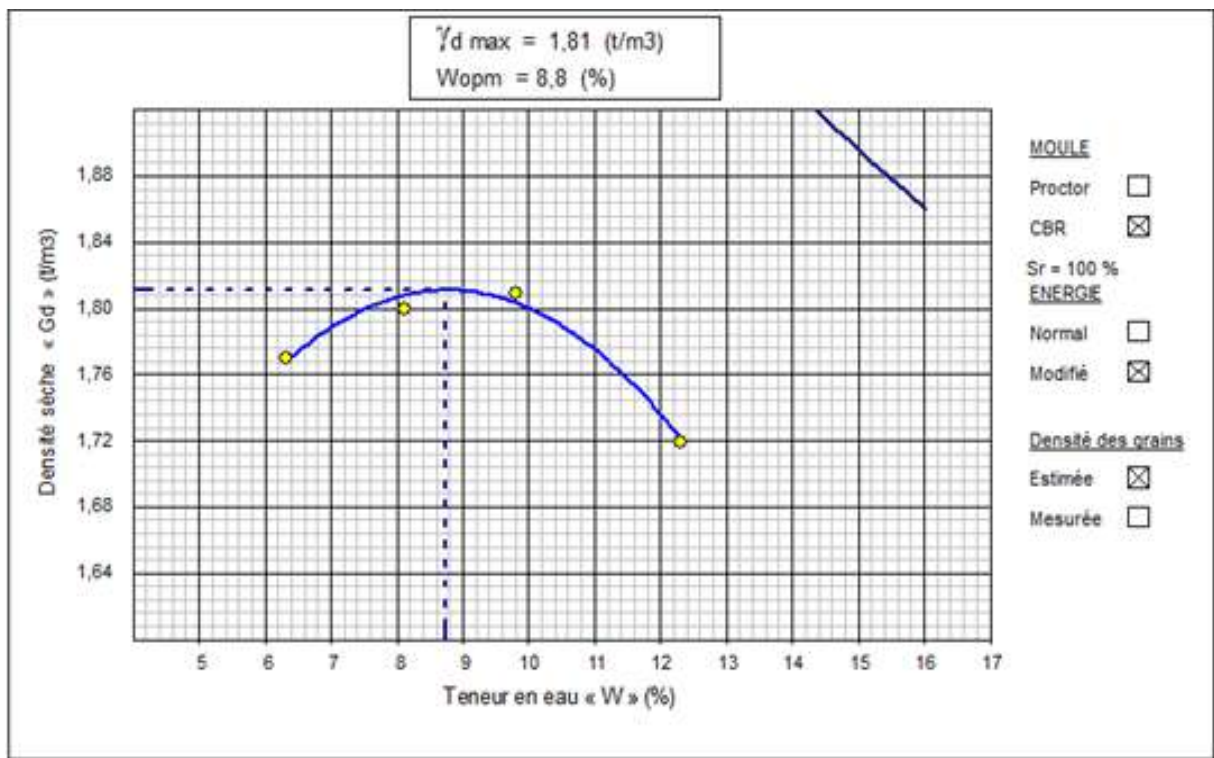


Figure III.3- Courbe Proctor Modifié de la densité sèche de tuf

III.1.4.1. Les facteurs d'influences de l'ajout de l'émulsion sur le tuf

Notre étude au laboratoire est composée des recherches suivantes :

- 1- Influence de l'ajout de l'émulsion sur la densité sèche maximale (γ_d).
- 2- Influence de l'ajout de l'émulsion sur l'indice CBR immédiat (I_{CBR}).

- Mélange (01) 100% de tuf + 0% d'émulsion ;
- Mélange (02) 95% de tuf + 5% d'émulsion ;
- Mélange (03) 90% de tuf + 10% d'émulsion ;
- Mélange (04) 85% de tuf +15% d'émulsion ;

Mélange	01	02	03	04
Composition	100% Tuf 0% émulsion	95% Tuf 5% émulsion	90% Tuf 10% émulsion	85% Tuf 15% émulsion
$\gamma_{dmax}(t/m^3)$	1.85	1.91	1.94	2.01
Wopt (%)	11.9	5.01	9.98	15.02

Tableau. III.2 - Les résultats de la densité sèche des mélanges

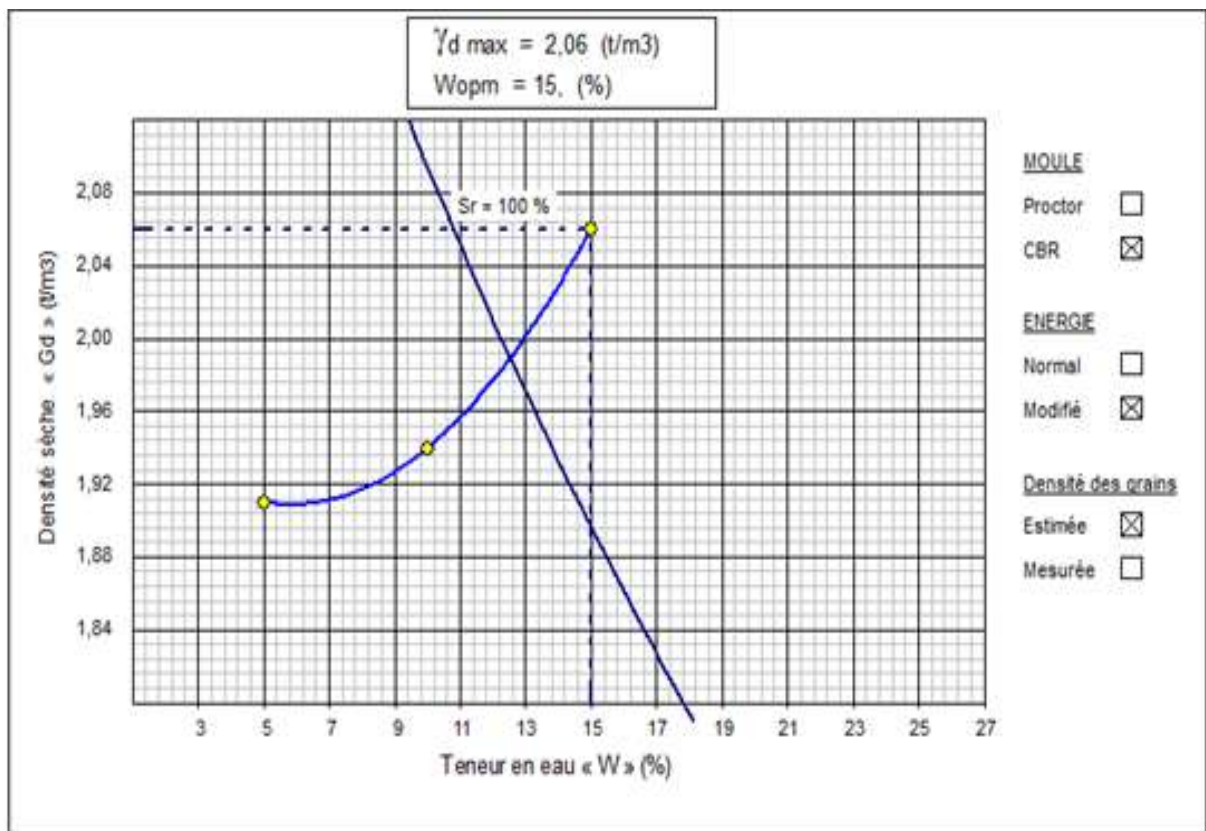


Figure III.4 - Courbe Proctor Modifié de la densité sèche des mélanges

III.2. Essai CBR (Essai de portance)

C'est un essai de poinçonnement d'une éprouvette de sol compacté suivant des conditions de densité et de teneur en eau fixées au préalable. Il s'exprime par un chiffre CBR proportionnel à la force appliquée sur un piston s'enfonçant de 2,5 ou 5 mm dans le sol.

La valeur CBR chute très vite lorsque la compacité du sol diminue, c'est un bon critère de portance d'un sol.

L'essai est réalisé avec les conditions de l'essai Proctor modifié à savoir la teneur en eau optimale et l'énergie de compactage. L'essai est réalisé:

- Soit immédiatement après compactage
- Soit après 24h et 72h d'imbibition sous l'eau

La portance qui est caractérisée par l'indice CBR, est très élevée dans le cas du poinçonnement immédiat et chute considérablement après imbibition de 72h.



Figure III.5- Presse CBR avec acquisition de données

III.2.1. Résultats obtenus

L'essai de portance CBR est réalisé conformément à la norme NFP 94-078 pour les différents mélanges Tuf/émulsion. L'indice CBR est déterminé immédiatement, juste après le compactage, pour les différents mélanges comme suite :

Mélange 01 : 100 % de tuf + 0% d'émulsion

Temps (mn)	0.5	1	1.40	2	4	6	8	10
Enf (mm)	0.63	1.25	2.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50
Lecture	0.32	0.69	1.26	3.84	7.06	8.02	9.88	11.66
Pr(kg/cm ²)	1.66	3.59	6.55	19.96	36.69	41.68	51.35	60.60

Tableau. III.3- Les résultats CBR immédiat du tuf (mélange 01)

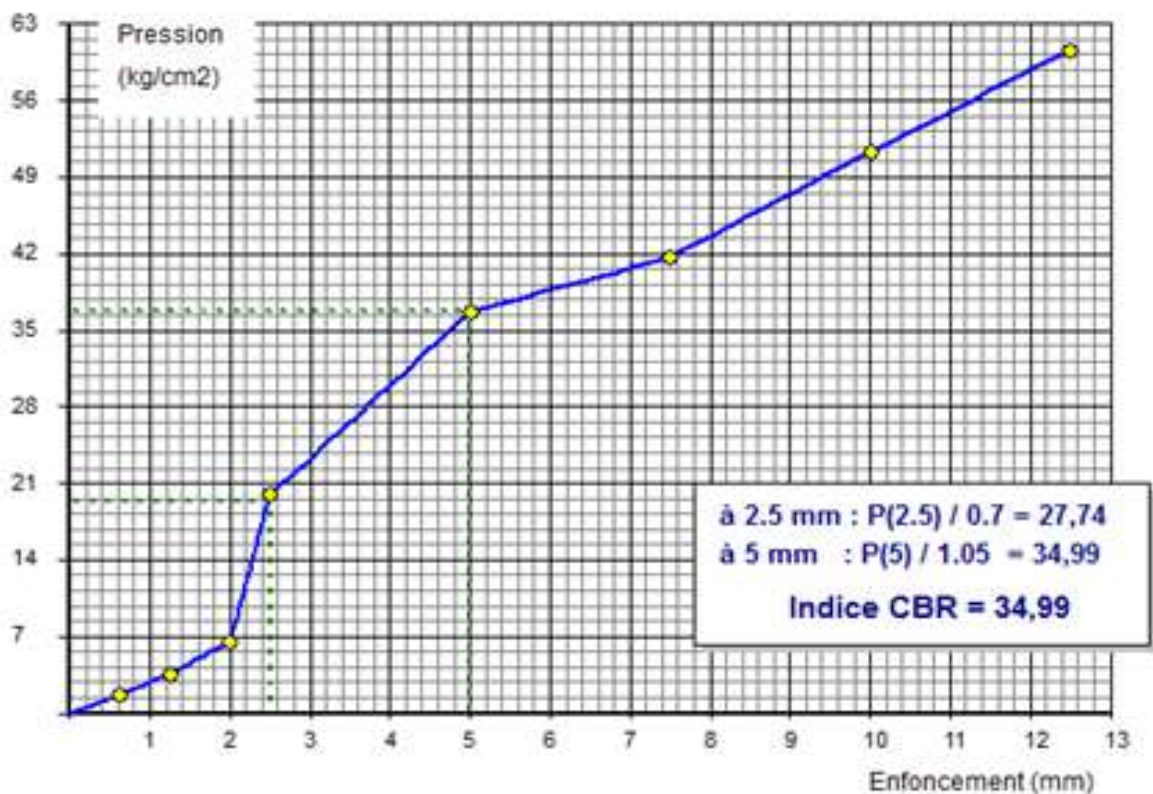


Figure III.6 - Courbe CBR immédiat du tuf (mélange 01)

Mélange 02 : 95% de tuf + 5% d'émulsion

Temps (mn)	0.5	1	1.40	2	4	6	8	10
Enf(mm)	0.63	1.25	2.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50
Lecture	3.62	6.11	8.21	9.43	13.87	14.40	14.51	15.00
Pr(kg/cm ²)	18.81	31.76	42.67	49.01	72.09	74.84	75.42	77.96

Tableau. III.4 - Les résultats CBR immédiat après 24h (mélange 02)

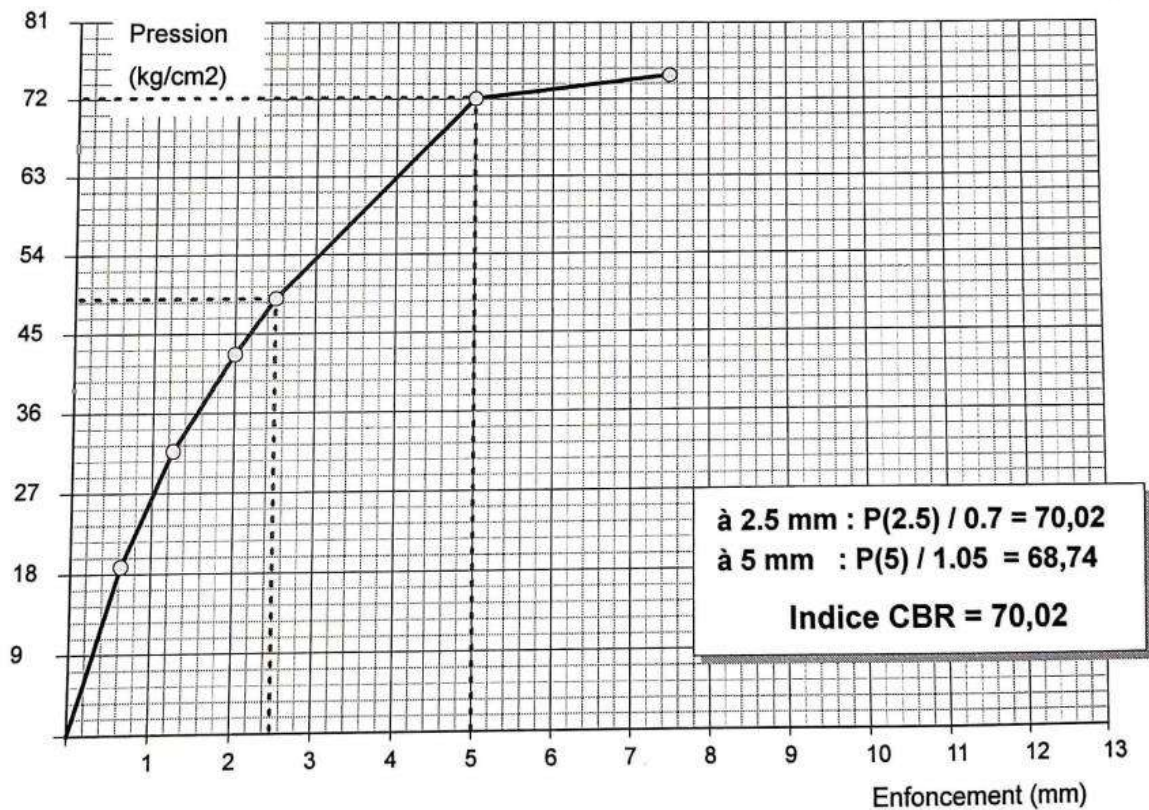


Figure III.7 - Courbe CBR immédiat après 24h (mélange 02)

Mélange 02 : 95% de tuf + 5% d'émulsion

Temps (mn)	0.5	1	1.40	2	4	6	8	10
Enf (mm)	0.63	1.25	2.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50
Lecture	0.60	1.23	4.46	6.10	8.03	10.12	12.50	13.00
Pr(kg/cm ²)	3.12	6.39	23.18	31.70	41.74	52.60	64.97	67.57

Tableau. III.5 - Les résultats CBR immédiat après 72h (mélange 02)

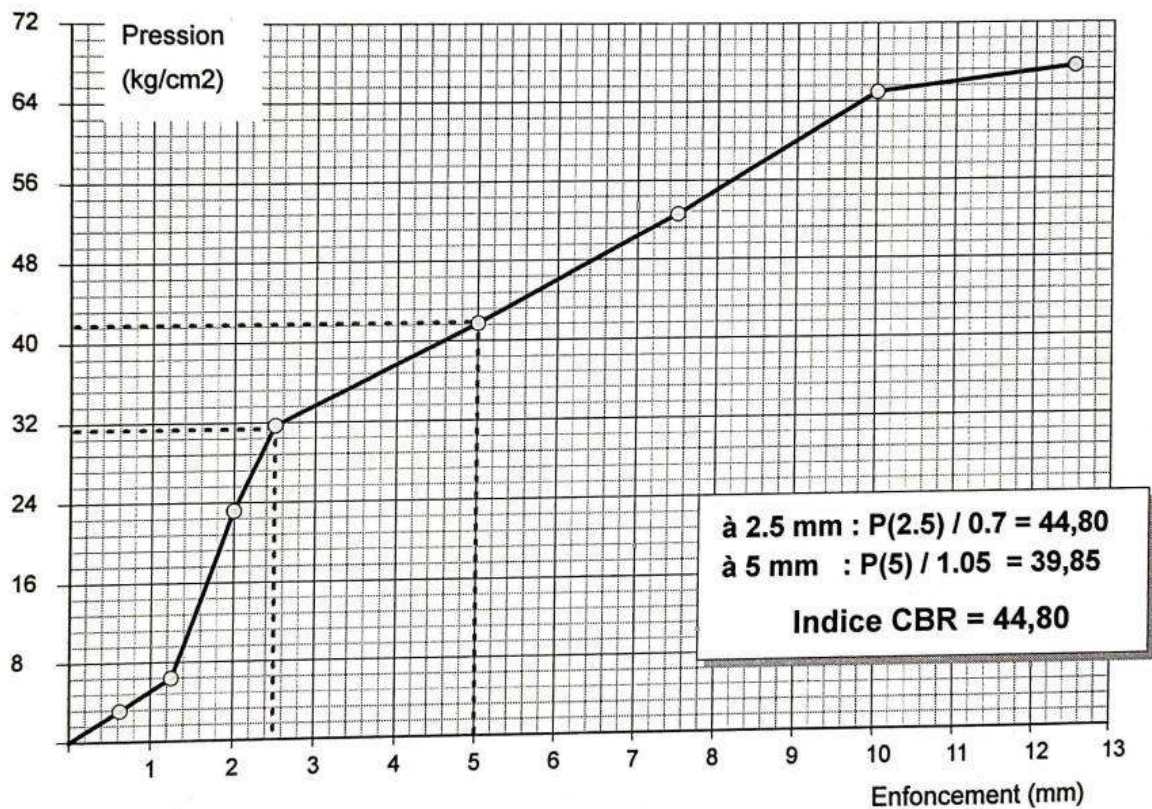


Figure III.8 - Courbe CBR immédiat après 72h (mélange 02)

Mélange 03 : 90% de tuf + 10% d'émulsion

Temps (mn)	0.5	1	1.40	2	4	6	8	10
Enf (mm)	0.63	1.25	2.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50
Lecture	0.95	2.70	4.39	7.30	11.65	12.29	14.51	15.00
Pr(kg/cm ²)	4.94	14.03	22.82	37.94	60.55	63.88	75.42	77.96

Tableau III.6 - Les résultats CBR immédiat après 24h (mélange 03)

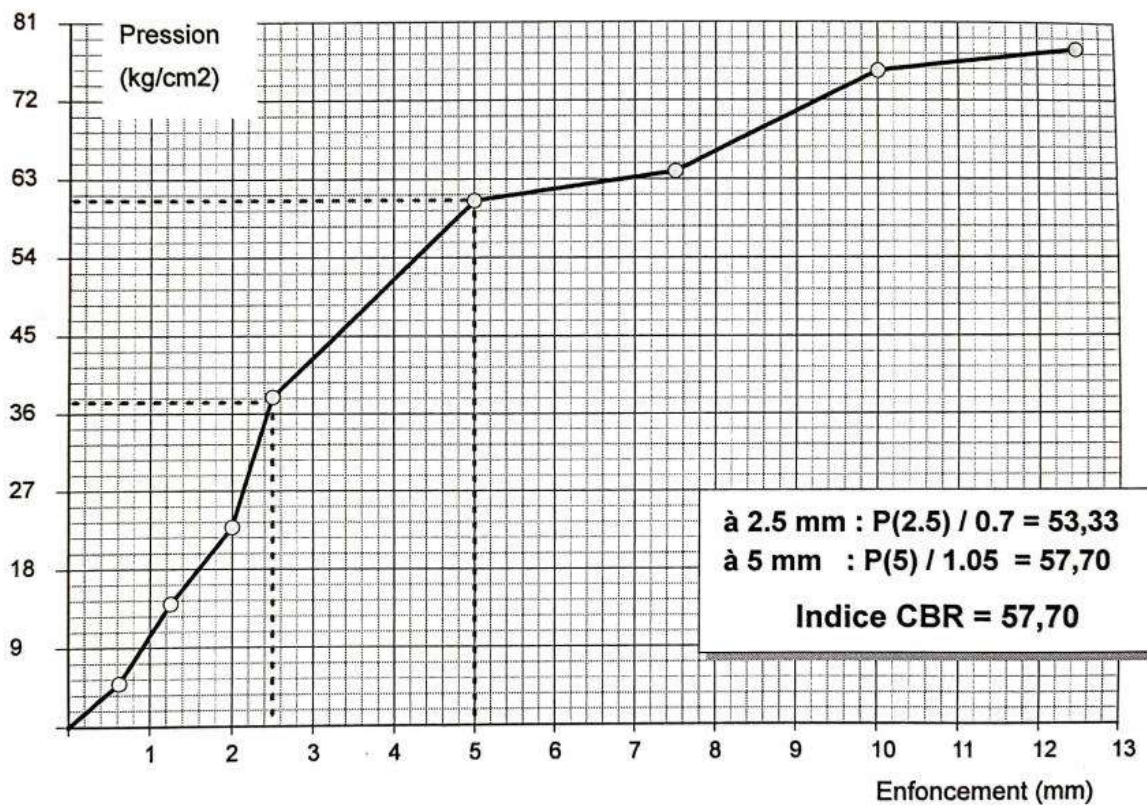


Figure III.9 - Courbe CBR immédiat après 24h (mélange 03)

Mélange 03 : 90% de tuf + 10% d'émulsion

Temps (mn)	0.5	1	1.40	2	4	6	8	10
Enf (mm)	0.63	1.25	2.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50
Lecture	0.63	1.85	3.45	5.15	7.44	8.25	9.12	9.50
Pr(kg/cm ²)	3.27	9.62	17.93	26.76	38.67	42.88	47.40	49.38

Tableau III.7 - Les résultats CBR immédiat après 72h (mélange 03)

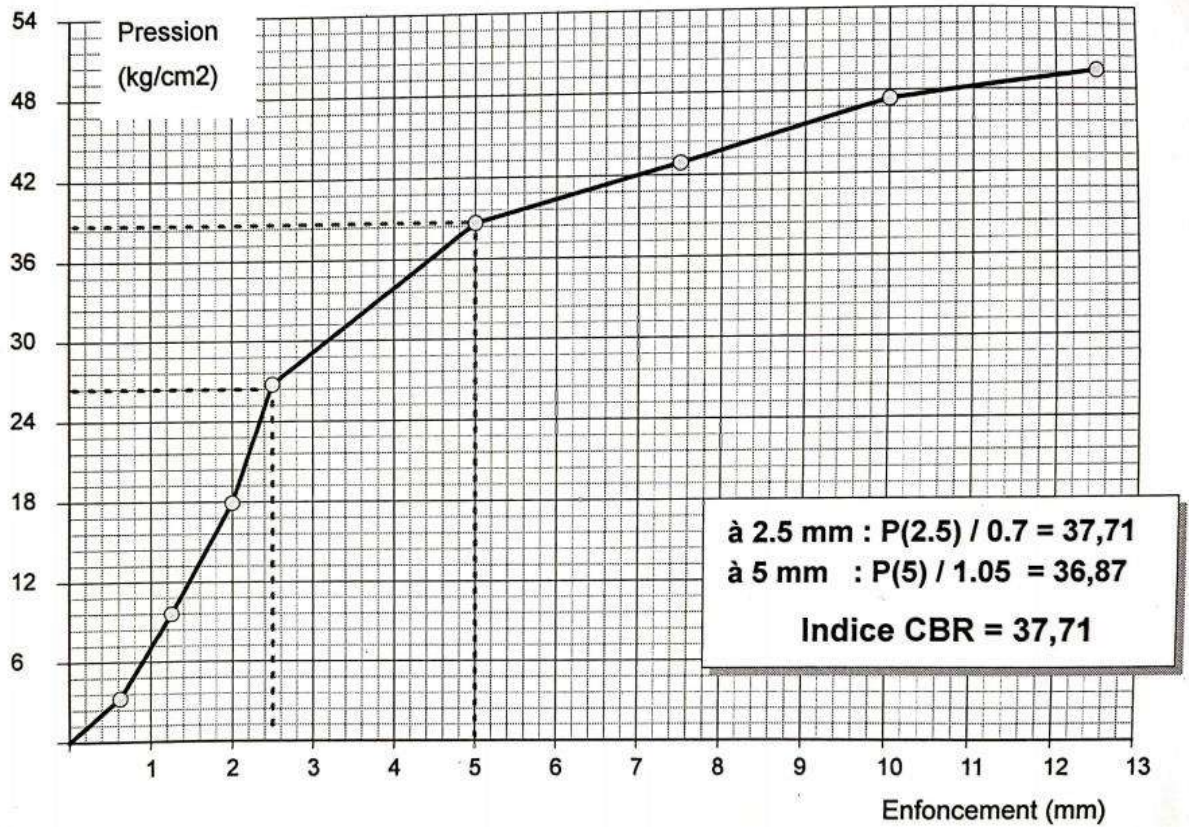


Figure III.10 - Courbe CBR immédiat après 72h (mélange 03)

Mélange 04 : 85 % de tuf +15 % d'émulsion

Temps (mn)	0.5	1	1.40	2	4	6	8	10
Enf (mm)	0.63	1.25	2.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50
Lecture	0.80	1.19	1.22	1.82	3.32	4.79	6.30	7.21
Pr(kg/cm ²)	4.12	6.18	6.34	9.46	17.26	24.90	32.74	37.47

Tableau III.8 - Les résultats CBR immédiat après 24h (mélange 04)

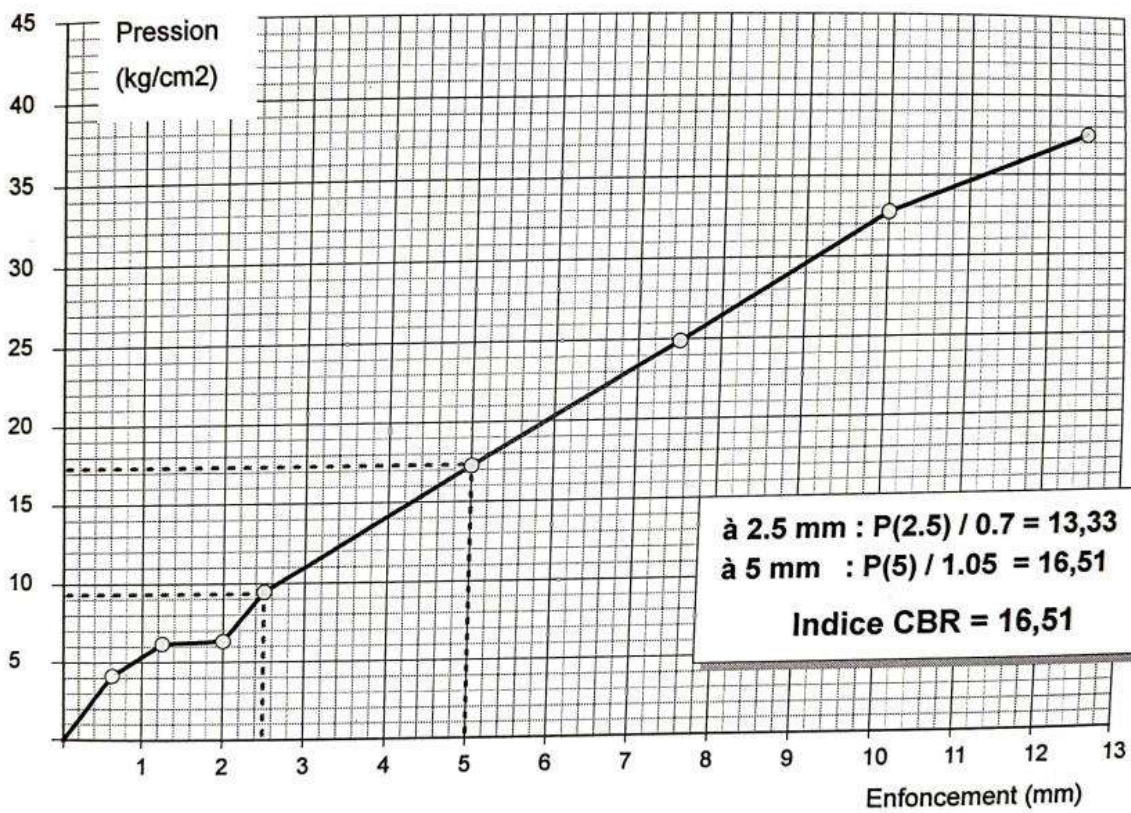


Figure III.11 - Courbe CBR immédiat après 24h (mélange 04)

Mélange 04 : 85 % de tuf +15 % d'émulsion

Temps (mn)	0.5	1	1.40	2	4	6	8	10
Enf (mm)	0.63	1.25	2.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50
Lecture	0.30	0.64	1.08	2.90	4.40	4.82	6.54	7.88
Pr(kg/cm ²)	1.56	3.33	5.61	15.07	22.87	25.05	33.99	40.96

Tableau III.9- Les résultats CBR immédiat après 72h (mélange 04)

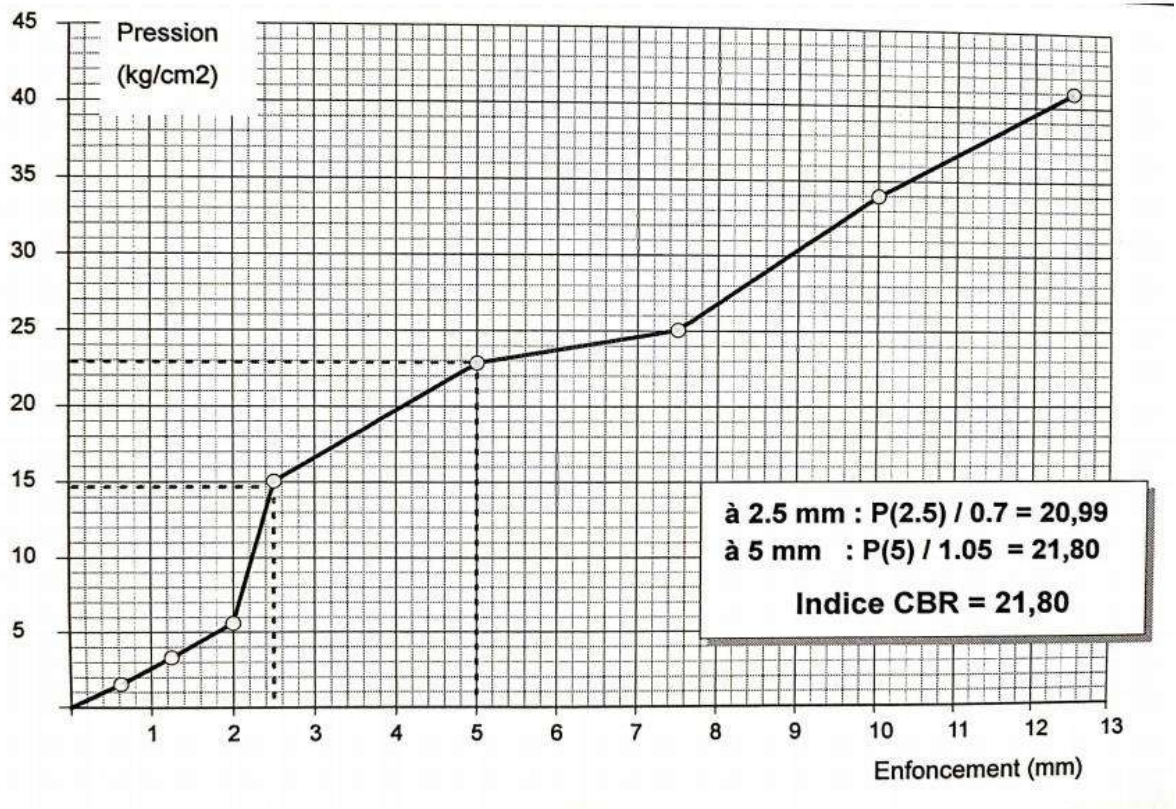


Figure III.12 - Courbe CBR immédiat après 72h (mélange 04)

III.2.2. Indice CBR

Le tableau ci-dessous nous renseigne sur les valeurs ICBR de chaque mélange :

Mélange	ICBR immédiat
100% de tuf + 0% d'émulsion	34.99
95% de tuf + 5% d'émulsion	70.02
90% de tuf + 10% d'émulsion	57.70
85% de tuf + 15% d'émulsion	21.80

Tableau III.10 – Résultats récapitulatifs des essais de portance (ICBR)

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié la stabilisation des tufs, qui sont utilisés dans la construction d'assise de la chaussée, par l'ajout de l'émulsion de bitume, d'après les résultats obtenus on peut conclure que :

- ✓ Le mélange de 85% tuf + 15% l'émulsion présente une densité sèche maximale importante après compactage.
- ✓ Le mélange de 95% tuf + 5% d'émulsion présente une valeur de portance de l'essai ICBR importante.

L'objectif de ce travail est de pallier à ce problème de non stabilité pour l'utilisation de ce matériau aux chaussées à moyen et fort trafic. Une action immédiate est traduite par une diminution dans la teneur en eau de compactage, une augmentation de la densité sèche et une amélioration significative de la portance, l'indice CBR immédiat est augmenté.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les assises de chaussée constituent un élément important dans les structures routières elles contribuent à l'absorption et à la répartition des contraintes créées par le trafic.

Les assises en Tuf, qui ne conviennent qu'aux trafics faibles et moyennes, constituent un pourcentage très important des routes existantes en Algérie.

Les études ont montré que les caractéristiques géotechniques souvent faibles des tufs, notamment leur faible résistance aux chocs et à l'abrasion ainsi que leur sensibilité à l'eau, ne permettent pas d'envisager leur emploi en assises de chaussées à moyenne trafic.

L'idée de les associer de tuf par différents pourcentages d'émulsion bitume en vue d'améliorer leurs caractéristiques géotechniques et mécaniques peut s'avérer intéressante.

Les différents mélanges étudiés représentent les résultats suivants :

- Le mélange de 85% de tuf + 15% émulsion bitume présente une densité sèche importante après compactage et une résistance à la traction simple élevée.
- Le mélange de 95% tuf + 5% d'émulsion bitume présente une valeur de portance de l'essai ICBR importante.

En dernier, nous espérons avoir laissé une base de travail positive qui sera utile dans la poursuite des travaux de recherche.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **V. Firian et Y. Houst.** Les Matériaux pouzzolaniques et leur utilisation, laboratoire des matériaux pierreux de l'EPF Lausanne, (1980).
- [2] **B. ALLOUL.** Étude géologique et géotechnique des tufs calcaires et gypseux d'Algérien vue de leur valorisation routière, Thèse de 3e cycle, Université Pierre-et -Marie- Curie, Paris-VI, (1972)
- [3] **A. KHELLOU A.** Modélisation du comportement des matériaux sable gypso-calcaire. (2015)
- [4] **I.GOUAL.** Comportement mécanique et hydrique d'un mélange de tuf et de sable calcaire de la région de Laghouat Application en construction routière, Thèse de doctorat. (2012)
- [5] **Schumann Walter.** Guide des pierres et minéraux. (2007)
- [6] **Bilan** de l'activité minière année, ministre d'énergie et des mines. (2007)
- [7] **J.-F. Corté, H. Di Benedetto.** Matériaux routiers bitumineux, tome 1, Editions Lavoisier, 2004.
- [8] **Syndicat Français des Emulsions Routières de bitume (SFERB).** Les émulsions de bitume généralités, applications, Editions Revue Générale des Routes et des Aérodrômes (RGRA), 2006.
- [9] **L. El Bèze.** Recyclage à chaud des agrégats d'enrobés bitumineux : identification de traceurs d'homogénéité du mélange entre bitume vieilli et bitume neuf d'apport, thèse de l'Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, 2008.
- [10] **D. Lesueur.** The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification, Advances in Colloid and Interface Science 2009,

Anciennes mémoires de fin d'étude :

- Etude d'un mélange Tuf-Sable concassée, pour assise de chaussée Application à la région d'Adrar
- Caractérisation et étude des propriétés d'usage des tufs de Remila

ANNEXES

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD
ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SOLS

(Méthode par tamisage à sec après lavage)

NF P 94-056 Mars 1996

(Méthode de tamisage par voie humide)

XP P 94-041 Dec. 1995

Structure :

Lieu de travail :

N° Dossier interne :

Équipements utilisés :

Échantillon :

Date :

Opérateur :

N° D'inventaire :

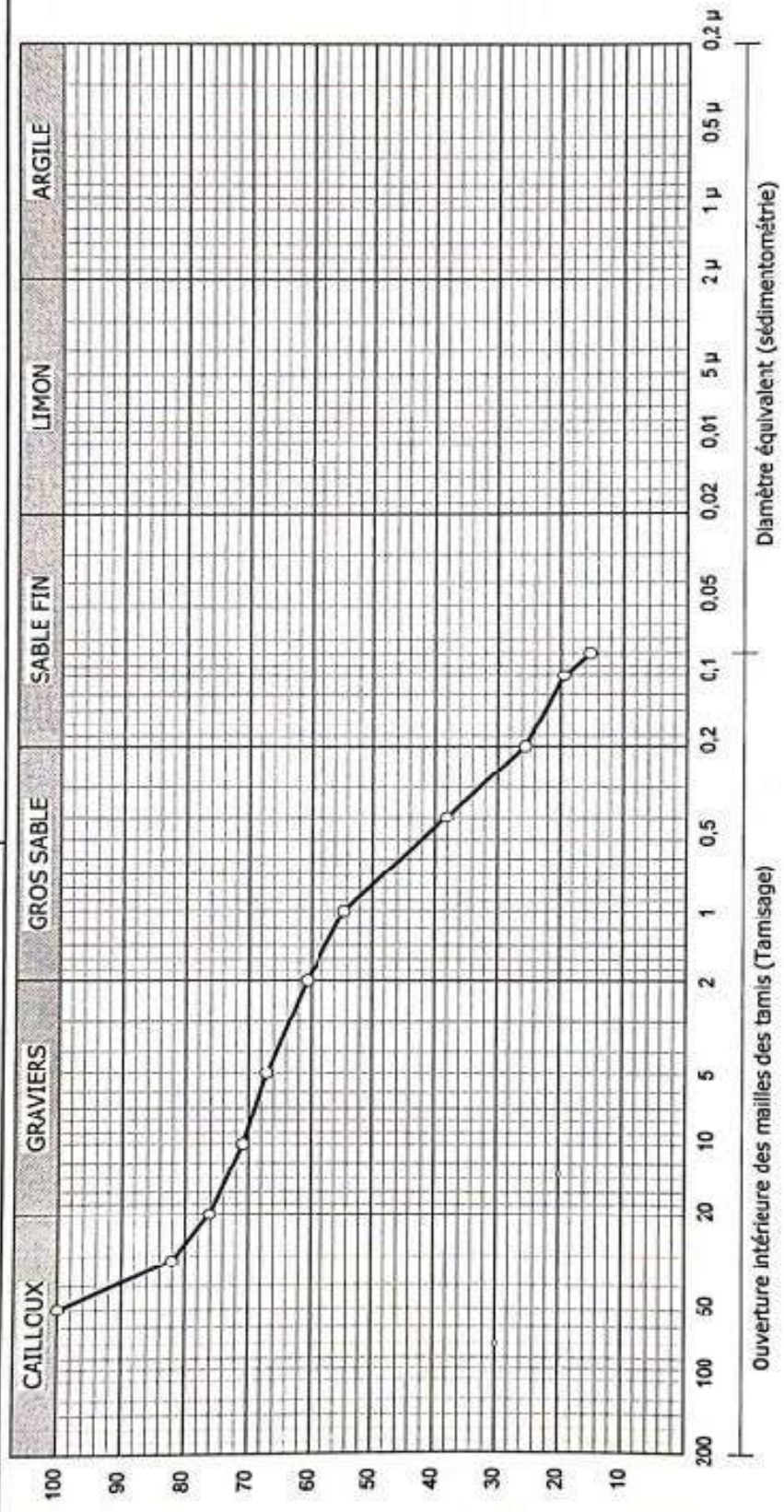
Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	Poids refus cumulés (%)	Complément à 100	Tamisats %
1000g	80		0,00	0,00	100	100 %
	50		179,37	17,93	82,07	82 %
	31,5		238,29	23,82	76,18	76 %
	20		294,07	29,40	70,90	71 %
	10					
	5		328,57	32,85	67,15	67 %
	2		393,35	39,33	60,67	61 %
	1		454,22	45,44	54,56	55 %
	0,4		618,78	61,87	38,13	38 %
	0,2		744,21	74,42	25,58	26 %
0,1		805,57	80,55	19,45	19 %	
0,08		847,12	84,71	15,29	15 %	

L'Opérateur

Visa du responsable

ANALYSE GRANULOMETRIQUE Selon NFP 94-056

Projet : hmd
 Client : Islam saïed
 Localisation : hmd
 Date essai :



RAPPORT D'ESSAI ESSAI PROCTOR

NF P94-093

Client : ISLAM SAMI
Projet : HMD
Endroit : HMD

N° Projet : HMD
Réf. Client :
N° rapport : Rév :

Echantillon n° :
Sondage n° :
Profondeur :
Matériaux :
Provenance :

Tuf

Endroit de prélèvement :
Prélevé par :
Date prélèvement :
Reçu le :
Date essais :

Densité des grains : 2,65
Refus à 20mm (%) :

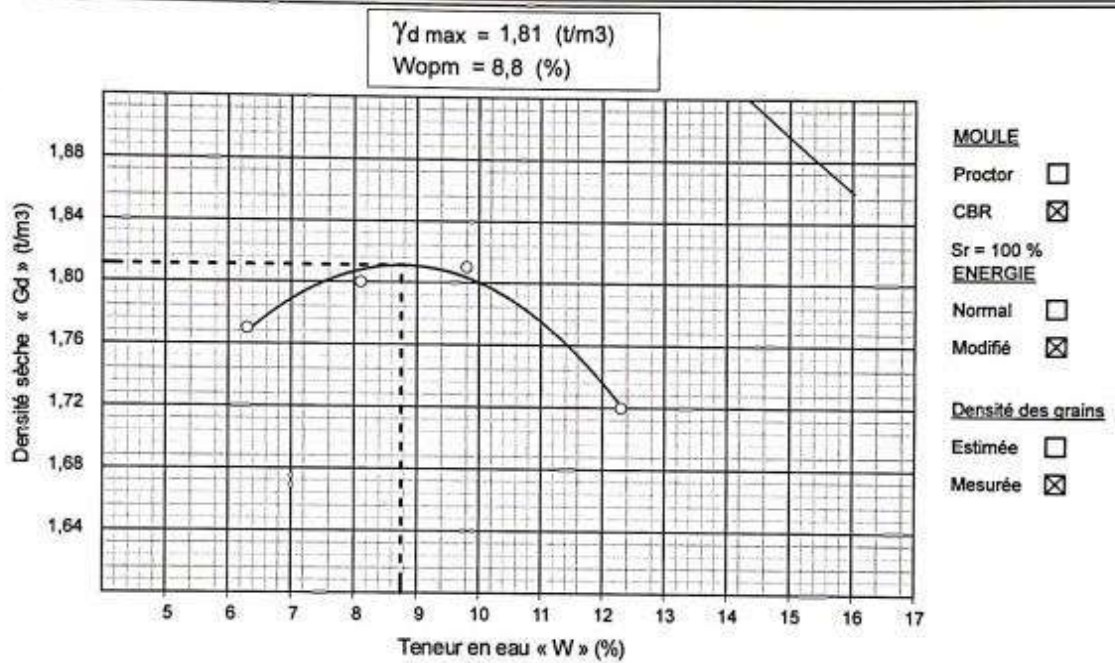


TABLEAU DE RESULTATS DES MESURES

W (%)	6,3	8,1	9,8	12,3				
Densité (T/m³)	1,77	1,80	1,81	1,72				

© Schenck 2007

Remarque :

Préparé par :

Date :

Approuvé par :

Date :

**CERTIFICAT D'ANALYSE
EMULSION DE BITUMES**

L'ÉPRE
CENTRE BITUMES : 1915
CO N° : 20A.1120

N°

Nom du client : Centre Bitumes TONGSOURT. N° du bac de service : REN° 18.
 Date de chargement : 18.11.20 Quantité chargée : LOT 220
 N° BLF/BR : 002.1725 Nom du chauffeur : BENDIR
 Matricule camion citerne du client : 00003751230

Designations	Référence norme	Valeur	Classification
Pseudo viscosité Engler à 25°C [°E]	NA 5330-NFT 66-020	/	/
Pseudo viscosité STV (Ø 4mm) à 25° [sec]	NA 5222-NFT 66-005	08"	< 300"
Teneur en eau [%]	NA 5289-NFT 66-023	34,9 (%)	24-36%
Indice de rupture [gr]	NA 5327-NFT 66-017	90	< 120
pH	Méthode LCPC	2,6+	2-4
Stabilité au stockage [%]	NA5233-NFT 66-022	/	/
Durée de stockage de l'émulsion livrée (j)			

Le présent certificat atteste que l'émulsion livré est une émulsion cationique... 6.1% pour R.E.P.....

Nom & visa du technicien laboratoire

Nom & visa du responsable NAFTAL



Delivre à : 20A.1120 M.2020
 Ce certificat n'est valable que pour cette livraison

RAPPORT D'ESSAI ESSAI PROCTOR

NF P94-093

Client : islem sami
Projet : hmd
Endroit : hmd

N° Projet : hmd
Réf. Client : hmd
N° rapport : Rév :

Echantillon n° :
Sondage n° :
Profondeur :
Matériaux :
Provenance :

Mélange

Endroit de prélèvement :
Prélevé par :
Date prélèvement :
Reçu le :
Date essais :

Densité des grains : 2,65
Refus à 20mm (%) :

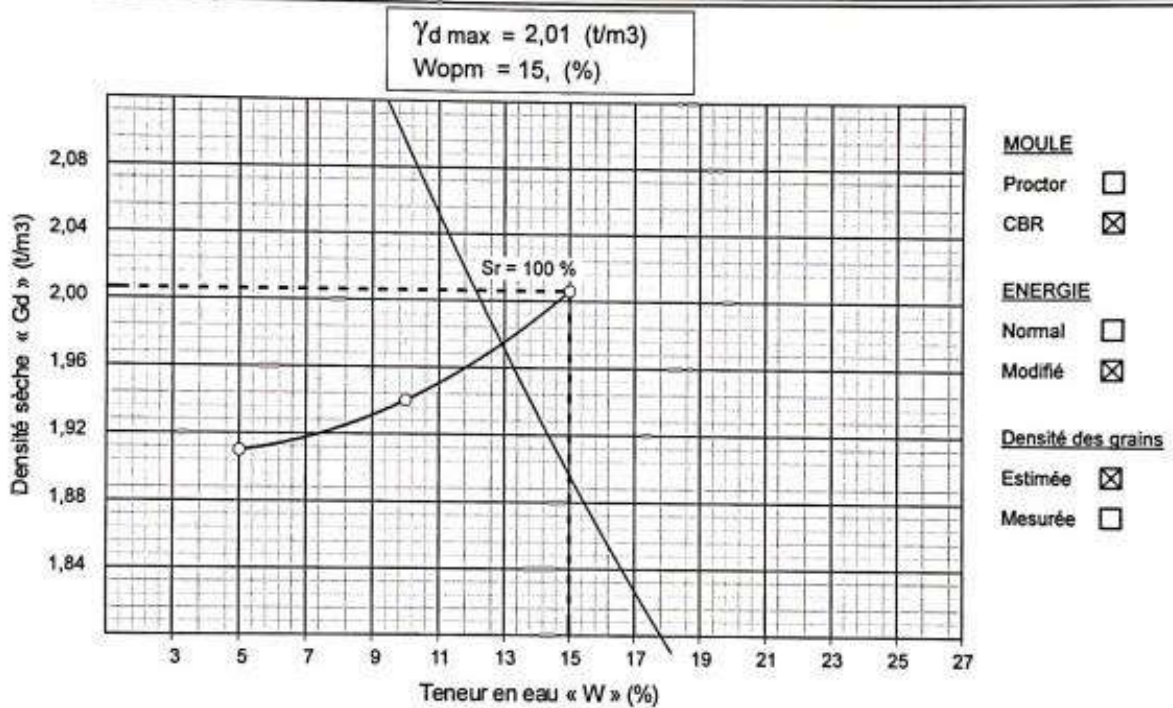


TABLEAU DE RESULTATS DES MESURES

W (%)	5,0	10,0	15,0					
Densité (T/m3)	1,91	1,94	2,01					

© Sclerets 2007

Remarque :

Préparé par :

Date :

Approuvé par :

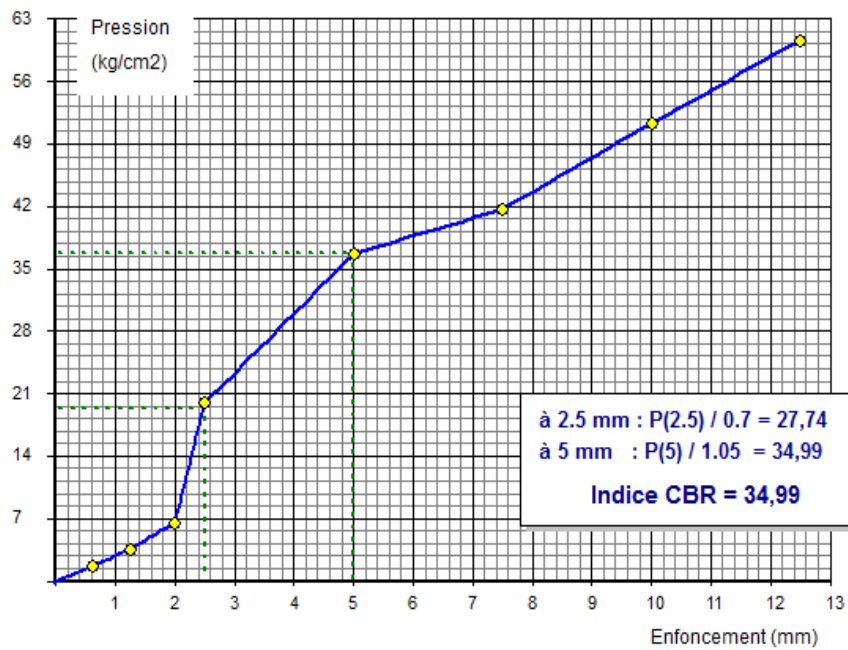
Date :

RAPPORT D'ESSAI
ESSAI CBR immédiat
 NF P94-078

Client : ISLAM SAMI
 Projet : fin utide
 Endroit : HMD

N° Projet : HMD
 Réf. Client : HMD
 N° rapport :

Sondage n° : Immersion :
 Profondeur : Compactage : 56 C/C
 Matériaux : Weau compactage : 8,8 %
 Provenance : Densité : 1,81 t/m3
 Date essais :



RESUTATS DE MESURES

Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn
Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50
Lecture	0,32	0,69	1,26	3,84	7,06	8,02	9,88	11,66
Pr(kg/cm2)	1,66	3,59	6,55	19,96	36,69	41,68	51,35	60,60

Coefficient de l'anneau = 102
 Surface du piston = 19,625 cm²

© Solista 2007

Remarque :

Préparé par :

Date :

Approuvé par :

Date :

RAPPORT D'ESSAI
ESSAI CBR immédiat
 NF P94-078

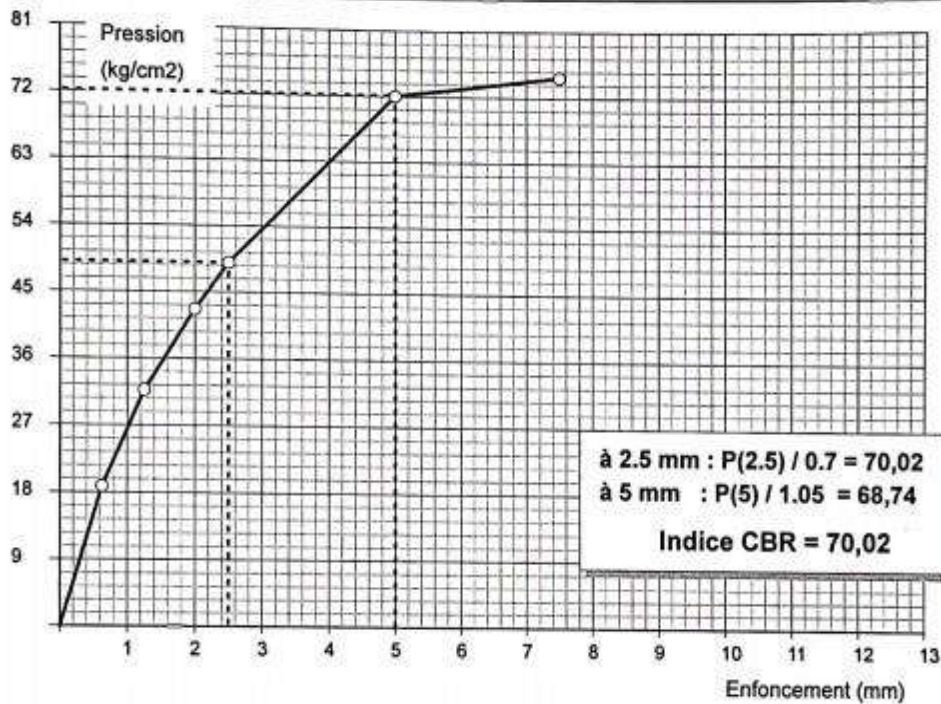
Client :
 Projet :
 Endroit :

N° Projet : H M D
 Réf. Client :
 N° rapport :

Sondage n° :
 Profondeur :
 Matériaux :
 Provenance :
 Date essais :

24 h

Immersion :
 Compactage : 56 C/C
 Weau compactage : LIENT 05 %
 Densité : 1,91 t/m3



RESUTATS DE MESURES

Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn
Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50
Lecture	3,62	6,11	8,21	9,43	13,87	14,40	14,51	15,00
Pr(kg/cm2)	18,81	31,76	42,67	49,01	72,09	74,84	75,42	77,96

Coefficient de l'anneau = 102
 Surface du piston = 19,625 cm2

Remarque :

Préparé par :
 ISLEM SAMI

Date :

Approuvé par :

Date :

RAPPORT D'ESSAI
ESSAI CBR immédiat
 NF P94-078

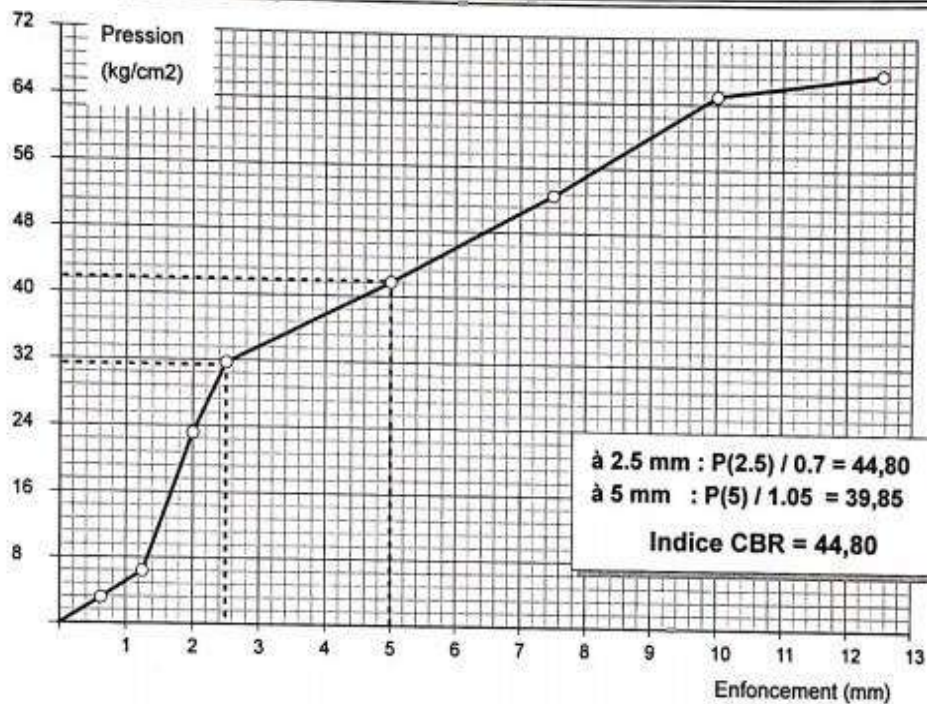
Client :
 Projet :
 Endroit :

N° Projet : H M D
 Réf. Client :
 N° rapport :

Sondage n° :
 Profondeur :
 Matériaux :
 Provenance :
 Date essais :

72 L

Immersion :
 Compactage : 56 C/C
 Weau compactage : LIENT 05 %
 Densité : 1,91 t/m3



RESULTATS DE MESURES

Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn
Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50
Lecture	0,60	1,23	4,46	6,10	8,03	10,12	12,50	13,00
Pr(kg/cm2)	3,12	6,39	23,18	31,70	41,74	52,60	64,97	67,57

Coefficient de l'anneau = 102
 Surface du piston = 19,625 cm2

Remarque :

Préparé par :
 ISLEM SAMI

Date :

Approuvé par :

Date :

24H

RAPPORT D'ESSAI
ESSAI CBR immédiat
 NF P94-078

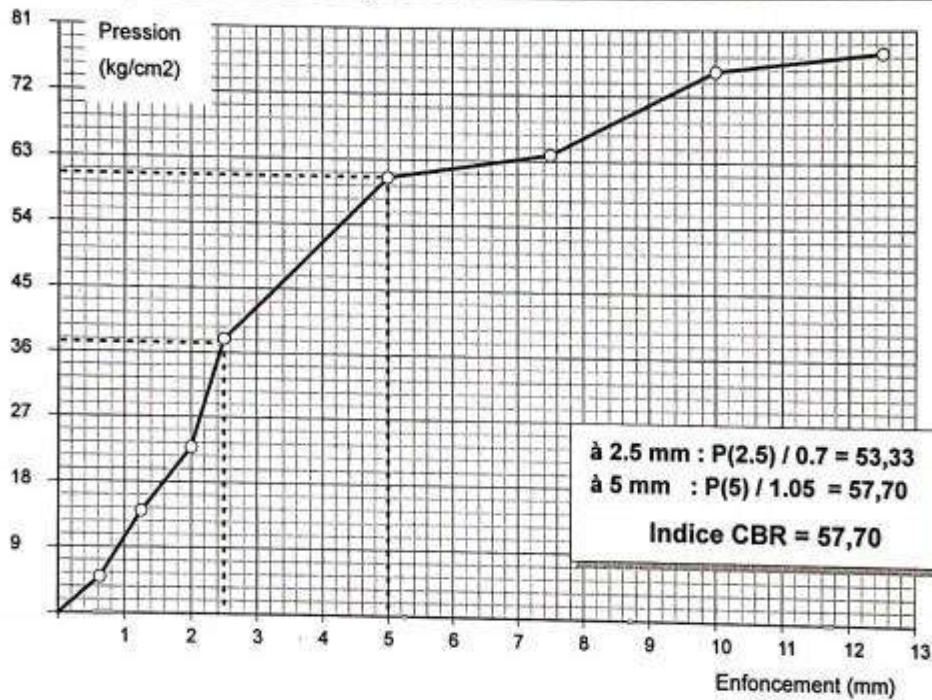
Client :
 Projet :
 Endroit :

N° Projet : H M D
 Réf. Client :
 N° rapport :

Sondage n° :
 Profondeur :
 Matériaux :
 Provenance :
 Date essais :

24h

Immersion :
 Compactage : 56 C/C
 Weau compactage : LIENT 10 %
 Densité : 1,94 t/m3



RESULTATS DE MESURES

Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn
Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50
Lecture	0,95	2,70	4,39	7,30	11,65	12,29	14,51	15,00
Pr(kg/cm2)	4,94	14,03	22,82	37,94	60,55	63,88	75,42	77,96

Coefficient de l'anneau = 102
 Surface du piston = 19,625 cm2

© Sofreha 2007

Remarque :

Préparé par :
 ISLEM SAMI

Date :

Approuvé par :

Date :

RAPPORT D'ESSAI
ESSAI CBR immédiat
 NF P94-078

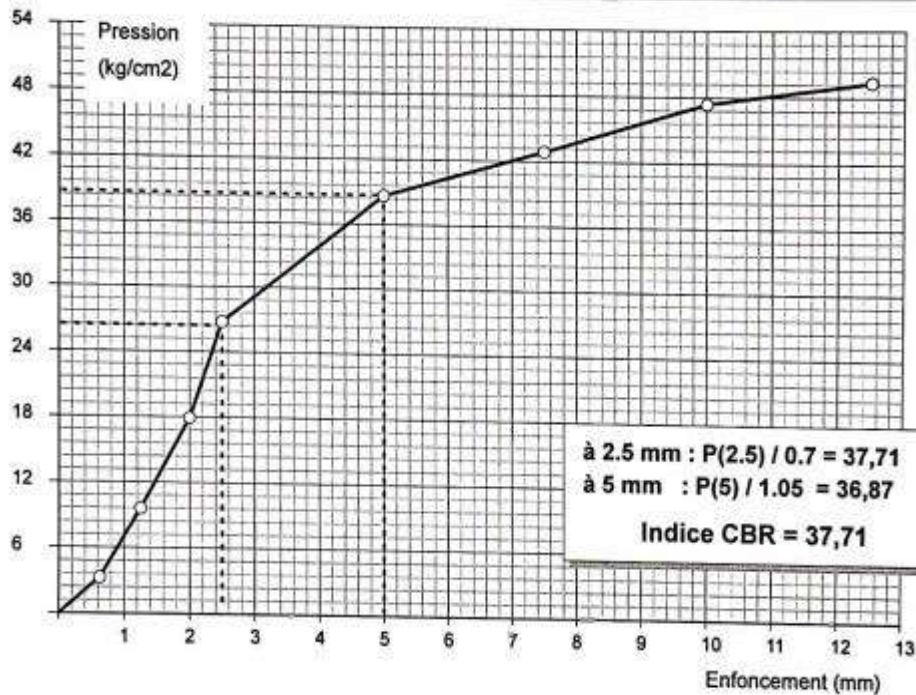
Client :
 Projet :
 Endroit :

N° Projet : H M D
 Réf. Client :
 N° rapport :

Sondage n° :
 Profondeur :
 Matériaux :
 Provenance :
 Date essais :

72h

Immersion :
 Compactage : 56 C/C
 Weau compactage : LIENT 10 %
 Densité : 1,94 t/m3



RESUTATS DE MESURES

Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn
Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50
Lecture	0,63	1,85	3,45	5,15	7,44	8,25	9,12	9,50
Pr(kg/cm2)	3,27	9,62	17,93	26,76	38,67	42,88	47,40	49,38

Coefficient de l'anneau = 102
 Surface du piston = 19,625 cm2

© Sofreahs 2007

Remarque :

Préparé par :
 ISLEM SAMI

Date :

Approuvé par :

Date :

344

RAPPORT D'ESSAI
ESSAI CBR immédiat
 NF P94-078

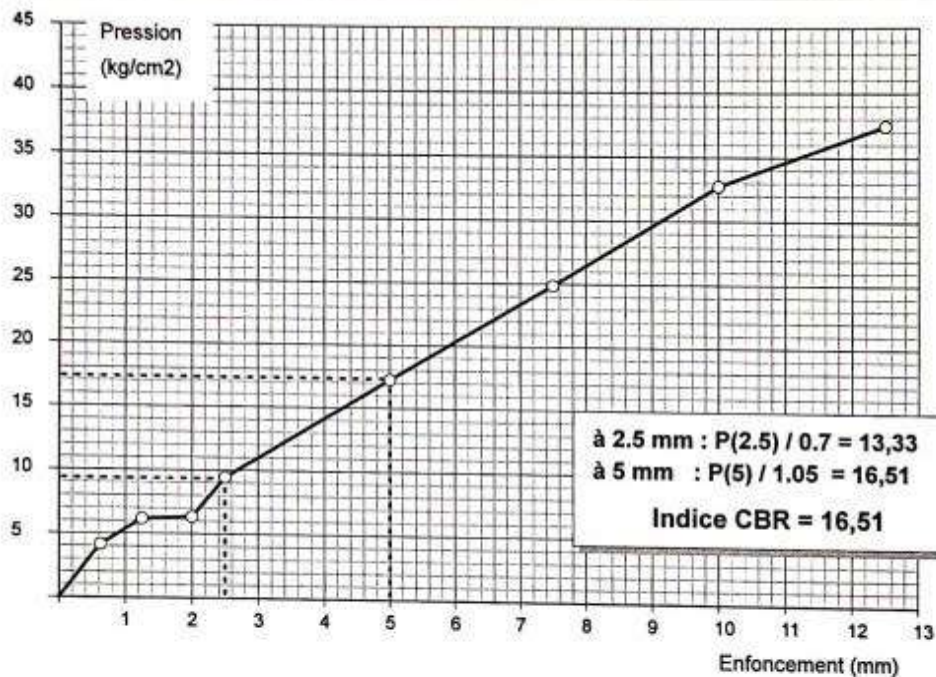
Client :
 Projet :
 Endroit :

N° Projet : H M D
 Réf. Client :
 N° rapport :

Sondage n° :
 Profondeur :
 Matériaux :
 Provenance :
 Date essais :

24h

Immersion :
 Compactage : 56 C/C
 Weau compactage : LIENT 15 %
 Densité : 2,006 t/m3



RESULTATS DE MESURES

Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn
Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50
Lecture	0,80	1,19	1,22	1,82	3,32	4,79	6,30	7,21
Pr(kg/cm2)	4,16	6,18	6,34	9,46	17,26	24,90	32,74	37,47

Coefficient de l'anneau = 102
 Surface du piston = 19,625 cm2

© Solista 2007

Remarque :

Préparé par :
 ISLEM SAMI

Date :

Approuvé par :

Date :

RAPPORT D'ESSAI
ESSAI CBR immédiat
 NF P94-078

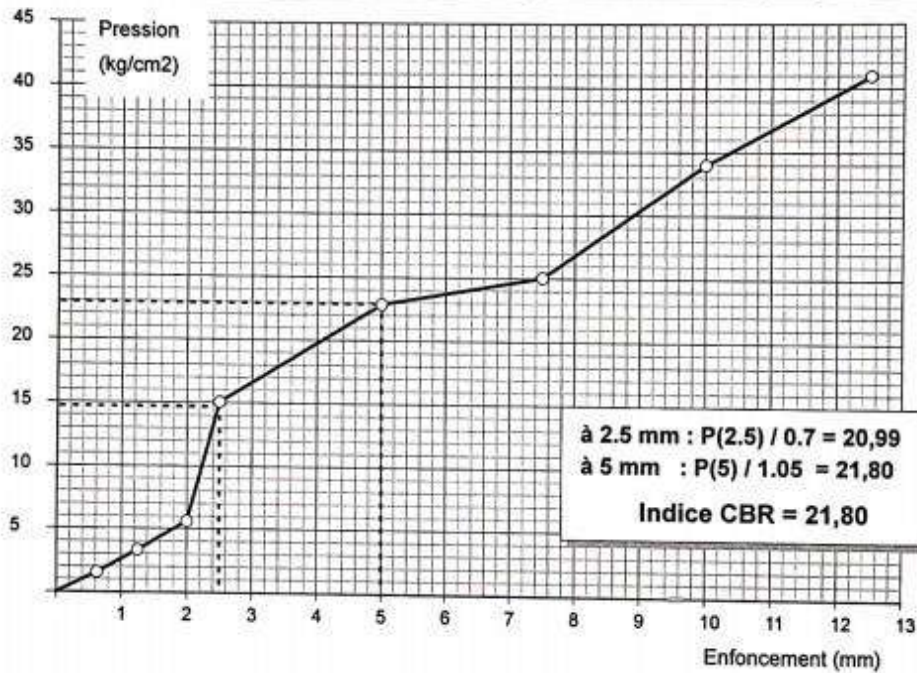
Client :
 Projet :
 Endroit :

N° Projet : H M D
 Réf. Client :
 N° rapport :

Sondage n° :
 Profondeur :
 Matériaux :
 Provenance :
 Date essais :

72 h

Immersion :
 Compactage : 56 C/C
 Weau compactage : LIENT 15 %
 Densité : 2,006 t/m3



RESULTATS DE MESURES

Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn
Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50
Lecture	0,30	0,64	1,08	2,90	4,40	4,82	6,54	7,88
Pr(kg/cm²)	1,56	3,33	5,61	15,07	22,87	25,05	33,99	40,96

Coefficient de l'anneau = 102
 Surface du piston = 19,625 cm²

© Solbents 2007

Remarque :

Préparé par :
 ISLEM SAMI

Date :

Approuvé par :

Date :