الجمهوريـــــــة الجزائريـــــــة الديمقراطيـــــــة الشعبيـــــــة
وزارة التعليـــــــم العالـــــــي والبحث العلمـــــــي
جامعـــــــة قاصدي مرباح ورقلـــــــة
كليـــة العلـــوم التطبيقيـــة
قسم الهندســـة المدنيـــة و الري

مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر تخصص : طرق و منشآت فنية

الموضـــــــــوع

دراسة مقارنة لضغط التيف بإضافة الماء و زيت المائدة المستعمل بمعدلات مختلفة في الطرق بورقلة

من إعداد الطلبة :

✓ **لغريب هارون**

✓ **باخالد مبروك**

مناقشة حضورية يوم (23/06/14) أمام اللجنة المكونة من السادة :

✓ **الأستاذ (بن طاطة عيسى | أستاذ محاضر ب)** رئيسا
✓ **الدكتور (قبائلي نبيل | أستاذ محاضر أ)** ممتحن
✓ **الدكتور (يوسف أبي مولود | أستاذ محاضر ب)** مشرفا
✓ **الدكتور (لغريب يوسف | أستاذ محاضر أ)** مساعد مشرف

السنة الجامعية : 2023/2022

الملخص :

تتطلب الطبقة الأساسية من الطرق كمية كبيرة من المياه أثناء عملية الضغط، وتصل أحيانًا إلى 15% من كمية (التيف) التي يتم استعمالها قي أرضية الطريق.

و كجزء من استعادة نفايات الزيت وتحسين الخصائص الجيوتقنية ل (التيف)، استبدلنا المياه المستخدمة في عملية الدمك بزيت المائدة المستعمل. في نسبة الزيت ودرجة الإنتفاخ أظهرت النتائج تحسنًا ملحوظًا في هذه خصائص مقارنة بتلك التي تم الحصول عليها باستعمال الماء.

الكلمات الرئيسية : الدمك، التيف، زيت المائدة المستعمل، تجربة بروكتور، تجربة نسبة التحمل كاليفورنيا، الإنضغاط البسيط.

Abstract:

The base layer in the roads is among the most water-consuming layers during the compaction process, when unloading the Tuff on land, significant amounts of water have to be poured, which sometimes reach 15% of the Tuff.

As part of the recovery of oil waste and trying to improve the geotechnical properties of Tuff, we have replaced the water used in the compaction process with used table oil.

In the percentage of oil and the degree of swelling the results obtained have shown that there is a marked improvement in these characteristics, compared to those obtained with water.

Keywords : Compaction, Tuff, used table oil, Proctor Test, CBR Test, Simple compression.

شكر وتقدير

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله الذي أعطانا القوة والشجاعة لـ إنجاز هذا البحث المتواضع كما أتقدم بجزيل الشكر و الإمتنان للأستاذ المشرف أبي مولود يوسف الذي ساعدنا في انجاز هذا المشروع بنصائحه وإرشاداته القيمة والحكيمة جزاه الله خيراً كما أشكر من كان له الفضل دائما أبي لغريب يوسف فجزاه الله خير الجزاء وأطال الله في عمره كما لا أنسى تعزيز شكري لعمال مختبر الأشغال العمومية للجنوب الذين لم يبخلوا علينا بشيئ حفظهم الله ورعاهم وأخيراً نقدر جهد كل من أمد لنا يد العون لإنجاز هذه المذكرة من قريب أو من بعيد

الإهداء

إلى روح خالتي الطاهرة رحمة الله عليها وأسكنها روضة من روضات جناته

إلى من سهرت الليالي في سبيل نجاحي أمي الغالية حفظها الله

إلى من علمني مبادئ ديني و دنياي والدي الكريم حفظه الله

الى توائم روحي ورفقاء دربي أخواتي الأعزاء والذين يعتبرون نجاحي نجاحا لهم

إلى من جمعتني بهم الأقدار وكانوا صحبتي الأخيار

أهدي ثمرة جهدي

الفهرس

شكر وتقدير : .....

الإهداء : .....

قائمة الجداول : .....

قائمة الأشكال : .....

مقدمة عامة : 1

الفصل الأول

1-1 مقدمة : 3

2-1 تعريف الطريق : 3

3-1 مختلف أنواع الأرصفة : 3

1-3-1 أرصفة مرنة : 3

2-3-1 أرصفة شبه صلبة : 4

3-3-1 أرصفة صلبة : 4

4-1 إستخدام التيف كمادة للطريق : 5

1-4-1 تعريف حجر الكلس : 5

2-4-1 تعريف حجر الجبس : 6

3-4-1 تعريف التيف : 6

4-4-1 التيف في الجزائر : 7

5-1 أنواع التيف : 7

1-5-1 التيف الجيري : 7

2-5-1 التيف الجبسي : 7

3-5-1 التيف المختلط : 7

4-5-1 القشور الجيرية : 8

5-5-1 التيف وأرصفة الطرق : 8

6-1 دمك التيف : 8

1-6-1 الهدف من الدمك : 9

7-1 الدمك : 8

1-7-1 تعريفه : 9

2-7-1 أهميته كتطبيق هندسي : 9

3-7-1 تجارب الدمك والرص العملية : 10

4-7-1 أنواع آلات ظغط الطريق : 10

8-1 تجارب الدمك المخبرية المهمة : 11

1-8-1 تجربة بروكتور (NF P 94-0931) : 11

2-8-1 تجربة إختبار نسبة تحمل كاليفورنيا (NF P94-078) : 12

9-1 خاتمة : 12

الفصل الثاني

2-1 مقدمة : 13
2-2 التيف المستعمل : 13
2-2-1 مصدره : 13
2-2-2 خصائص التيف المستعمل : 14
2-2-3 تصنيفات القشور الجيرية : 14
2-3 الماء المستعمل : 14
2-3-1 تعريف المياه الجوفية : 14
2-3-2 أنواع المياه الجوفية : 15
2-3-3 خصائص المياه الجوفية عامةً: 15
2-3-4 خصائص المياه الجوفية المستعملة : 15
2-4 الزيت : 16
2-4-1 مقدمة : 16
2-4-2 تعريف الزيت : 16
2-4-3 تعريف زيت المائدة المستعمل : 17
2-4-4 الخصائص الفيزيائية للزيت : 17
2-4-5 الخصائص الكيميائية للزيت : 17
2-4-6 استبيان الزيوت : 17
2-5 التجارب المنجزة : 18
2-5-1 اختبار بروكتور المعدل (NF P 94-093) Essai de Proctor modifié : 18
2-5-1-1 مقدمة : 18
2-5-1-2 الهدف من التجربة: 18
2-5-1-3 مبدأ التجربة: 18
2-5-1-4 الأدوات والأجهزة المستعملة: 19
2-5-1-5 طريقة العمل : 20
2-5-2 اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا (NF P 94-078) Californian Bearing Ratio : 21
2-5-2-1 مقدمة : 21
2-5-2-2 الهدف من التجربة : 21
2-5-2-3 مبدأ التجربة : 22
2-5-2-4 الأدوات والأجهزة المستعملة : 23
2-5-2-5 طريقة العمل : 24
2-5-3 اختبار الإنضغاط البسيط (NF P 98-230-2) compressions simple : 25
2-5-3-1 مقدمة: 25
2-5-3-2 الهدف من التجربة : 26
2-5-3-3 مبدأ التجربة : 26
2-5-3-4 الأدوات والأجهزة المستعملة: 26
2-5-4 التدرج الحبيبي (NF P 94-057) Analyse Granulométrique : 27
2-5-4-1 مقدمة : 27
2-5-4-2 الهدف من التجربة : 27
2-5-4-3 مبدأ التجربة : 28
2-5-4-4 الأدوات والأجهزة المستعملة: 28

5-4-5-2 طريقة العمل : 28
5-5-2 حدود أتربرغ (NF P 94-05) : Limites d'Atterberg 28
1-5-5-2 مقدمة : 28
2-5-5-2 الهدف من التجربة : 29
3-5-5-2 مبدأ التجربة : 29
4-5-5-2 الأدوات والأجهزة المستعملة: 29
5-5-5-2 طريقة العمل : 29
6-5-2 تجربة أزرق الميثيلين (NF P 94-068) :Essai au bleu de méthylène 31
1-6-5-2 مقدمة : 31
2-6-5-2 الهدف من التجربة : 31
3-6-5-2 الأدوات والأجهزة المستعملة: 31
4-6-5-2 طريقة العمل : 31
6-2 خاتمة : 32

الفصل الثالث

1-3 مقدمة : 33
2-3 نتائج التجارب المنجزة : 33
1-2-3 تجربة بروكتور المعدل (NF P 94-093) : 33
2-2-3 اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا (NF P 94-078) : 36
3-2-3 اختبار الإنضغاط البسيط (NF P 98-230-2) : 41
4-2-3 تجربة التدرج الحبيبي (NF P 94-057): 44
5-2-3 تجربة حدود أتربرغ (NF P 94-05): 45
3-3 خاتمة : 47

الفصل الرابع

1-4 مقدمة : 48
2-4 مناقشة وتحليل منحنى بروكتور 48
1-2-4 المناقشة والتحليل : 48
3-4 مناقشة وتحليل منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية 49
1-3-4 المناقشة والتحليل : 49
4-4 مناقشة وتحليل منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر 50
1-4-4 المناقشة والتحليل : 50
5-4 مناقشة وتحليل منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا للإنتفاخ 51
1-5-4 المناقشة والتحليل : 51
6-4 مناقشة وتحليل منحنى الإنضغاط البسيط 52
1-6-4 المناقشة والتحليل : 52
7-4 خاتمة : 52

خاتمة عامة : 53
قائمة المراجع : 54
قائمة المراجع : 55

قائمة الجداول

الجدول 2-1 :	خصائص التيف المستعمل.
الجدول 2-2 :	الخصائص الكميائية للمياه الجوفية المستعملة (مليغرام/لتر).
الجدول 3-1 :	حساب محتوى الماء الأمثل لرص التيف.
الجدول 3-2 :	حساب محتوى الزيت الأمثل لرص التيف.
الجدول 3-3 :	نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (CBR immédiat) (الماء + التيف).
الجدول 3-4 :	نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (CBR imbibé) (الماء + التيف).
الجدول 3-5 :	نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (CBR immédiat) (زيت المائدة المستعمل + التيف).
الجدول 3-6 :	نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (CBR imbibé) (زيت المائدة المستعمل + التيف).
الجدول 3-7 :	نتائج الانضغاط البسيط (compressions simple) (الماء + التيف).
الجدول 3-8 :	نتائج الانضغاط البسيط (compressions simple) (زيت المائدة المستعمل + التيف).
الجدول 3-9 :	نتائج التدرج الحبيبي (Analyse Granulométrique).
الجدول 3-10 :	نتائج حدود أتربرغ (Limites d'Atterberg).

قائمة الأشكال

الشكل 1-1 :	أرصفة مرنة (Chaussée souples).
الشكل 1-2 :	أرصفة شبه صلبة (Chaussées semi-rigides).
الشكل 1-3 :	أرصفة صلبة (Chaussées rigides).
الشكل 1-4 :	صورة تبيين إستخدام التيف في الطريق.
الشكل 1-5 :	حجر التيف (مقلع زواويد).
الشكل 1-6 :	حادلة بالإطارات (Machine de compacteur à pneus).
الشكل 1-7 :	آلات دمك الطرق (Machines de compactage des routes).
الشكل 1-8 :	تجربة بروكتور (Essai Proctor).
الشكل 1-9 :	صورة تبيين التربة قبل وبعد الدمك.
الشكل 1-10 :	تجربة (CBR imbibé).
الشكل 1-2 :	موقع المقلع مصدر التيف المستعمل (Google Earth 2023) .
الشكل 2-2 :	مخطط يبين حركة المياه عبر البرج .
الشكل 2-3 :	زيت المائدة قبل الاستعمال .
الشكل 2-4 :	فرن مجفف.
الشكل 2-5 :	أدوات بروكتور(matériel Proctor) .
الشكل 2-6 :	قالب الرص البريطاني القياسي.
الشكل 2-7 :	مدك فحص الرص البريطاني BS العادي.
الشكل 2-8 :	ترتيب الضربات بإستعمال مدك يدوي في قالب (CBR) .
الشكل 2-9 :	التربة في القالب بعد الرص.
الشكل 2-10 :	تقنية الفشل في التربة تحت مدك جهاز نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) (بُعدْ بلاك 1961 - Black).
الشكل 2-11 :	حامل ثلاثي القوائم لقياس الانتفاخ مع مؤشر.
الشكل 2-12 :	ترتيب قالب نسبة تحمل كاليفورنيا وارتباطاته (من النوع الأمريكي ASTM).
الشكل 2-13 :	الترتيب العام لآلة فحص الإختراق الميكانيكية لنسبة تحمل كاليفورنيا.
الشكل 2-14 :	مجموعة من المناخل القياسية على جهاز الهز .
الشكل 2-15 :	مخطط حدود أتربرغ.
الشكل 2-16 :	قيمة الميثيلين الأزرق (VBS).
الشكل 3-1 :	منحنى بروكتور المعدل للماء والتيف (مقلع زواويد).
الشكل 3-2 :	منحنى بروكتور المعدل لزيت المائدة المستعمل والتيف (مقلع زواويد).
الشكل 3-3 :	آلة الدمك الميكانيكي.

الشكل 3-4 :	ميزان حساس.
الشكل 3-5 :	منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (CBR immédiat) (الماء + التيف).
الشكل 3-6 :	منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (CBR imbibé) (الماء + التيف).
الشكل 3-7 :	منحنى انتفاخ نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (CBR imbibé) (الماء + التيف).
الشكل 3-8 :	منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (CBR immédiat) (زيت المائدة المستعمل + التيف).
الشكل 3-9 :	منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (CBR imbibé) (زيت المائدة المستعمل + التيف).
الشكل 3-10 :	منحنى انتفاخ نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (CBR imbibé) (زيت المائدة المستعمل + التيف).
الشكل 3-11 :	قالب نسبة تحمل كاليفورنيا CBR في داخل هيكل التحميل.
الشكل 3-12 :	أجزاء معدات الغمر (CBR imbibé).
الشكل 3-13 :	منحنى الانضغاط البسيط (compressions simple) (الماء + التيف).
الشكل 3-14 :	منحنى الانضغاط البسيط (compressions simple) (زيت المائدة المستعمل + التيف).
الشكل 3-15 :	عينات التيف+الماء بعد رصها وتجفيفها.
الشكل 3-16 :	انهيار العينة داخل جهاز الضغط الميكانيكي.
الشكل 3-17 :	أثناء غسل عينة التربة على منخل رقم 200 (0.08 مم) لتجفيفها في الفرن لمدة 24 ساعة.
الشكل 3-18 :	جهاز كازغراند.
الشكل 3-19 :	احداث ثلم بواسطة آلة الشق.
الشكل 3-20 :	محلول الميثيلين.
الشكل 4-1 :	دمج نتائج بروكتور لـ (التيف/الماء) + (التيف/زيت المائدة المستعمل).
الشكل 4-2 :	دمج نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية لـ (التيف/الماء) + (التيف/زيت المائدة المستعمل).
الشكل 4-3 :	دمج نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر لـ (التيف/الماء) + (التيف/زيت المائدة المستعمل).
الشكل 4-4 :	دمج نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا للإنتفاخ لـ (التيف/الماء) + (التيف/زيت المائدة المستعمل).
الشكل 4-5 :	دمج نتائج الإنضغاط البسيط لـ (التيف/الماء) + (التيف/زيت المائدة المستعمل).

مقدمة عامة

الطرق في المناطق الصحراوية هي مشاريع استراتيجية لتنمية البلدان في الجزائر، يولي الكثير من الاهتمام للبنية التحتية للطرق، حيث تلعب دورًا أساسيًا في إعادة النمو الاقتصادي بالإضافة إلى فتح العزلة ،وعلى الرغم من وجود وسائل مواصلات مختلفة مثل الطرق والسكك الحديدية والطيران وما إلى ذلك، إلا أن الشبكة الطرقية تظل أكثر وسيلة فعالة للاتصال في مختلف المناطق بالجزائر.

اعتبرت هذه المواد المنشورة في الطبيعة المواد الوحيدة المقبولة والتي تستوفي معايير جيوتقنية معينة (صلابة، نظافة، حبيبية، إلخ). علاوة على ذلك، في بعض المناطق، خاصة المناطق الصحراوية، هذه المواد نادرة أو غير موجودة ،دفع ذلك المهندسين وفنيي الطرق إلى اللجوء إلى استخدام المواد المحلية مثل التيف فيعد استخدامها هدف إلى التحكم بسلوكها وتنفيذها في مختلف الحالات من أجل توصيفها بشكل يسهل تصنيفها واستخدامها من قبل المهندسين وفنيي الطرق.

فحسب ذلك على المستوى الوطني، في سنة 2022 بلغ معدل الاستهلاك اليومي لمادة الزيت الغذائي، 1.600 طن في اليوم ،فيما بلغ الاستهلاك الشهري من مادة الزيت الغذائي 48.000 طن في الشهر اي مايعادل 576.000 طن على مدار العام.

أظهرت الدراسات أن الخصائص الجيوتقنية الضعيفة للتيف، بما في ذلك ضعف قدرتها على تحمل الصدمات والتآكل، فضلاً عن حساسيتها للماء، لا تسمح باستخدامها في طبقات الطرق ذات حركة مرور كثيفة فيمكن لخلط التيف مع سائل آخر أن يعزز من خصائصه ،فقد يكون ضغط التيف بزيت المائدة المستعمل بديلا ملائما ، حيث يمكن أن يتم تحويله بدلاً من التخلص منه في البيئة، ويمكن توفير الماء المستخدم في ضغط التيف لاستخدامه في أغراض أخرى ذات أولوية أعلى مثل إمدادات المياه والري..

في هذا العمل، سنقوم بإجراء دراسة مقارنة عملية لـ ضغط التيف باستخدام إضافة الماء و زيت المائدة المستعمل ،لتحقيق هذا الهدف، يتكون مشروعنا من المقدمة العامة الحالية وينتهي بخاتمة عامة حيث يشمل العمل أربعة فصول :

الفصل 1 : عموميات على الطرق : ويتضمن هذا الفصل تعريفات حول المواد و التجارب التى ستستخدم في الدراسات.

الفصل 2 : خصائص المواد المستخدمة والإختبارات المنجزة : ويتضمن خصائص و أنواع المواد المستخدمة ويوضح مبدأ وهدف وخطوات عمل كل تجربة.

الفصل 3 : نتائج الاختبار التي تم إجراؤها : ويتضمن النتائج المتحصل عليها.

الفصل 4 : تحليل ومناقشة النتائج المتحصل عليها : ويتضمن تحليل و مناقشة نتائج التجارب المنجزة.

الفصل الأول :
عموميات حول الطرق والتيف

1-1 مقدمة :

يتنوع النقل في الجزائر بسبب اتساع النطاق الجغرافي فيها ، والتي تقدر مساحة أراضيها بـ 2.381.774 كيلومتر مربع. تمتلك الجزائر شبكة طرق هيكلية تمتد بطول إجمالي يبلغ 129000 كلم، ويشهد قطاع الأشغال العامة المرتبط بتطوير شبكة الطرق ازدهارًا وبالتالي فهو محرك للنمو الاقتصادي ،وعليه يجب الاهتمام التام بالبنية التحتية للطرق ومراعتها لأنها تلعب دورا كبيرا في نقل السلع والبضائع بنسبة 91% عن طريق البر **[01]**.

1-2 تعريف الطريق :

الطريق هو نظام ممهد ومخصص لحركة المركبات البرية، وهو يمثل وسيلة النقل الأساسية للتنقل بين المدن والمناطق المختلفة، يتم بناء الطرق لتوفير ممرات سلسة ومناسبة لحركة المرور، وتمكين المركبات من الوصول إلى الوجهات المختلفة بسهولة وسلامة.

تشمل بعض أنواع الطرق الرئيسية الطرق السريعة والطرق الرئيسية والطرق الريفية والشوارع الداخلية، تختلف تصاميم الطرق أيضًا بناءً على استخدامها المقصود، فمن الممكن أن تكون طرقًا للأوزان الخفيفة فقط مثل السيارات والدراجات الهوائية أو تكون مخصصة للأوزان الثقيلة مثل الشاحنات.

1-3 مختلف أنواع الأرصفة :

اعتمادًا على الأداء الميكانيكي للرصيف ، يتم تمييز الأنواع الثلاثة المختلفة من الأرصفة بشكل عام:

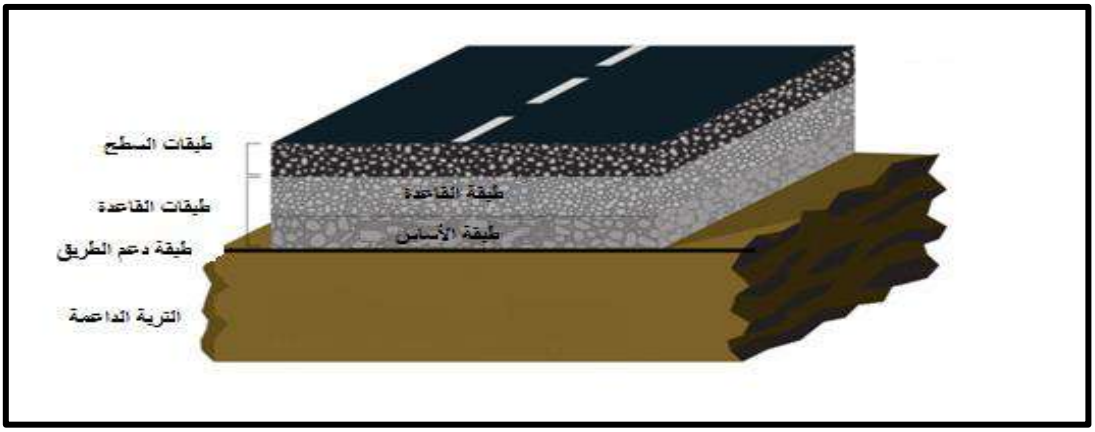
- أرصفة مرنة .
- أرصفة شبه صلبة .
- أرصفة صلبة .

1-3-1 أرصفة مرنة :

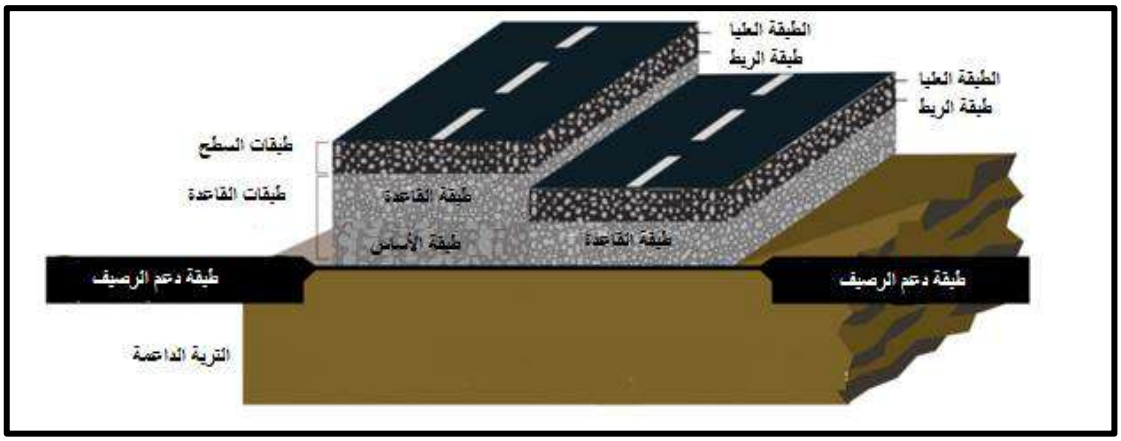
هو الرصف الذي تكون طبقته السطحية من البيتون الإسفلتي أما طبقتا الأساس وما تحت الأساس فيمكن أن تكونا من مواد غير معالجة كالبحص المكسر والخلائط البحصية الرملية أو من مواد معالجة بأحد الروابط الإسفلتية وقد تقتصر المعالجة على طبقة الأساس فقط أو تتعداها إلى طبقة ما تحت الأساس ويتميز الرصف المرن بأن التشوهات التي تحصل في تربة المسار يمكن أن تنعكس عبر الطبقات حتى الوصول إلى الطبقة السطحية أي أن طبقات الرصف المرن تكون مقاومتها على الانعطاف ضعيفة ويمكن إهمالها. يوضح الشكل (1-1) الهيكل النموذجي.

2-3-1 أرصفة شبه صلبة :

عندما تعالج أحد أو كل الطبقات السفلية في الرصف المرن باستعمال أحد الروابط الهيدروليكية وتبقى الطبقة السطحية من البيتون الإسفلتي فإن هذا النوع من الرصف يدعى بالرصف نصف الصلب لأنه من الناحية الإنشائية تكون سلوكيته موزعة بين الرصف الصلب والرصف المرن. يتم توضيح الهيكل النموذجي في الشكل (1-2).



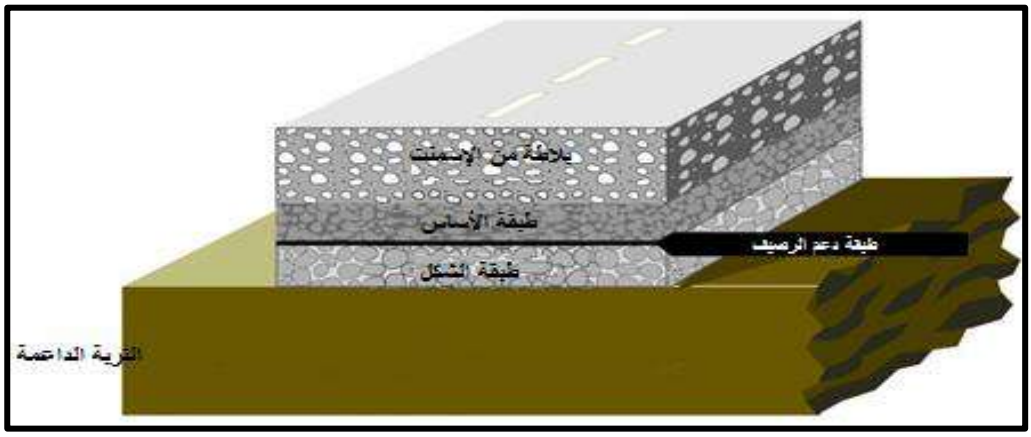
الشكل 1-1 : أرصفة مرنة **[02]**



الشكل 1-2 : أرصفة شبه صلبة**[02]**

3-3-1 أرصفة صلبة :

يتم فيه استخدام الخرسانة لرصف الطرق في بعض الحالات، وخاصة عندما تكون الطريق تحمل حمولة ثقيلة أو تتعرض لتأثيرات بيئية قاسية. يتم صب الخرسانة في صورة لوحات أو أجزاء مسبقة الصنع وتوضع في مكانها المناسب على سطح الطريق. يعتبر الرصف الخرساني متينًا وقويًا ويتحمل حركة المرور الثقيلة، ولكنه يعتبر أكثر صعوبة في الإصلاح ويتطلب صيانة دورية. يوضح الشكل (1-3) الهيكل النموذجي.



الشكل 1-3 : أرصفة صلبة **[02]**

4-1 إستخدام التيف كمادة للطريق :

يجب أن تتحمل مواد الطرق المستخدمة الضغوط المتكررة مع درجة حرارة عالية أو مرور متكرر ، لا سيما المرور الكثير للمركبات الثقيلة. كل طبقة تتطلب مادة مناسبة للمهمة الموكلة إليها ، سواء كانت صفات جسدية أو ميكانيكية كافية.

الشكل 1-4 : صورة تبيين إستخدام التيف في الطريق.

1-4-1 تعريف حجر الكلس :

يعرف في المقام الأول بكربونات الكالسيوم $CaCO3$ ، إنه أحد المعادن الأكثر انتشارًا في قشرة الأرض، فهي تتكون من صخور حبيبية إلى كبيرة ومتوسطة وناعمة الحبوب كثافتها $2.7 g/cm^3$.

إنه غير قابل للذوبان في الماء بشكل كبير ويتفاعل بقوة مع تأثير الأحماض **[11]**.

1-4-2 تعريف حجر الجبس :

الجبس هو معدن كبريتات ناعم يتكون من ثنائي هيدرات سلفات الكالسيوم والصيغة الكيميائية للجبس هي $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ، ويستخدم كسماد و كمكون رئيسي في العديد من أعمال البناء والديكورات و كجبيرة لتثبيت الأطراف المكسورة فى جسم الإنسان حتى تمام الشفاء والقيام بإزالة الجبير.

1-4-3 تعريف التيف :

التيف هو عبارة عن حجر كلسي يتم تعريفه على أنه صخور قابلة للتفتت ومسامية ، فاتحة وخفيفة في اللون ، يعود تاريخها إلى العصر الرباعي ، هذا الصخر متغير وينتج عن عدد معين من التبادلات عن طريق الانحلال والهطول.

اعتمادًا على تكوينها ، يتم تجميع التيف في ثلاث فئات رئيسية :

- التيف الجيري
- التيف الجبسي
- التيف المختلط

هيكل التيف المسامي (من 20 إلى 50%) ، كثافته من 1250 إلى 1350كجم / م^3 ، وقوة الانضغاط بين 8 و 19 ميجا باسكال ومعامل الموصلية الحرارية تتراوح من 0.21 إلى 0.33 درجة مئوية. **[03]**

الشكل 1-5 : حجر التيف (مقلع زواويد).

4-4-1 التيف في الجزائر:

في الجزائر ثلاثة أنواع من التيف : [12] [13]

- التيف الجيري للتكوين البحري الذي يوجد على طول الجانب ، فهي رملية إلى حد ما وليست بلاستيكية.
- التيف الجبسيي الموجود في الصحراء الجنوبية الشرقية من البلاد و أيضًا في تونس والذي يكون بسبب ترسب الكبريتات من مياه الشط شديدة الملوحة.
- التيف الجيري الطيني والذي يتوفر بشكل عام في وسط وشمال البلاد.

5-1 أنواع التيف :

1-5-1 التيف الجيري :

يوجد التيف الجيري في معظم دول حوض البحر الأبيض المتوسط ويحتل مساحة مناطق المناخ الجاف ،وفرة هذا المورد الطبيعي يعني أنه أصبح استخدامه كمواد للطرق و منتشرة بشكل متزايد ،التيف الجيري عبارة عن صخور رسوبية كلسية قارية ذات ألوان بيضاء عندما تكون نقية ، ولكنها تميل نحو الرمادي أو المصفر أو المحمر أو البني ، وفقًا للشوائب ،وهي تتكون أساسًا ولكن ليس حصريًا من كربونات الكالسيوم ؛توجد في حالة مساحيق أو حبيبية أو متورمة وهي ناتجة عن انحلال ثم ترسيب حجر الكلس.[04]

2-5-1 التيف الجبسي :

التيف الجبسي هو عبارة عن تكوينات مشابهة لقشور الحجر الجيري ،هو جدُ وفير في المناخات القاحلة حيث لا تكفي الأمطار لترشيح الجبس الموجود بالفعل في التكوينات الجيولوجية القديمة.

هذا المعدن الذي لديه العنصر النشط في تدعيم هذه التكوينات ، له صلابة منخفضة للغاية و يمكن خدشه بظفر الإصبع، قد تبدو هذه الخاصية كافية لمنع استخدام الجبس كمادة للأرصفة في المناطق المناخية شبه الرطبة وشبه القاحلة.[05]

3-5-1 التيف المختلط :

التيف المختلط هو عبارة عن تراكيب من التيف الجبسي الكلسي ،في الغالب هي كبريتات الجبس المتكلسة. في حالة جفاف معينة ، يتم إيقاف نمو القشور الجيرية عند المصدر ، بسبب عدم كفاية هطول الأمطار لإذابة وتصريف الحجر الكلسي في المياه الجوفية وعلى العكس من ذلك ، عند الانتقال من المناخ الصحراوي إلى المناخ شبه الجاف ، يصبح الجبس غير مستقر في التربة بسبب قابليته للذوبان الملحوظة ،ثم يتم استبدال قشور الجبس بقشور كلسية.

لا ينصح باستخدام دعامات التيف الجبسي الكلسي الناتجة في المناطق شبه رطبة وشبه قاحلة بسبب ذوبان الجبس ؛ على أي حال يستخدم التيف المختلط في المناطق القاحلة.**[05]**

1-5-4 القشور الجيرية :

القشور الجيرية هي نوع من الصخور الرسوبية التي تتكون بشكل أساسي من الكالسيت (كربونات الكالسيوم). تتشكل القشور الجيرية عن طريق ترسيب رواسب الكالسيت من المياه الغنية بالكالسيوم المذاب، مثل المياه البحرية والمياه العذبة ،وتكون طبقات القشور الجيرية عادة غير متجانسة وتحتوي على فتات الحيوانات البحرية المتحجرة والرمل والطين والأحافير والشواهد الأخرى.

تتميز القشور الجيرية بخصائصها الفيزيائية والكيميائية، حيث تكون قابلة للتشكل بسهولة وقوية وقابلة للاحتفاظ بالماء ،ويمكن استخدامها في العديد من التطبيقات مثل البناء والتصنيع وصناعة الأسمدة والزراعة وصناعة الزجاج.**[14]**

1-5-5 التيف وأرصفة الطرق :

يستخدم التيف في هندسة الطرق حسب جودتها ،فهو الأكثر استخداما غالبًا من أجل بناء الأرصفة بمتوسط منخفض المرور.

الاستخدام الأكثر شيوعًا هو في أساسات الرصف (الطبقة الأساسية وطبقة الأساس) ، وهناك استخدامات أخرى متكررة: التكتل (Les encroûtements) ، والطبقة التحتية (couche de forme)، والمسارات (Pistes) ،المسارات الزراعية (Pistes agricoles) ، مسطح صناعي (plateforme industrielle)، إعادة بناء التربة (Reconstitutions des sols) ، إلخ .

يتم استخدام التيف في الأشغال العامة كمواد تعبئة خفيفة ، لبناء الأراضي الرياضة وألعاب القوى و مسارات الركض. التيف مادة ممتازة تستخدم في تكنولوجيا الطرق حسب جودته ،وهو يستخدم أساسا في شكل أنقاض غير متكاملة لأهمية تشييد الأرصفة وقوة جيدة خاصة في منطقة الطريق.**[05]**

1-6 دمك التيف :

الدمك هو مجموعة العمليات الميكانيكية (الحمل والاهتزاز والصدمات) والذي يؤدي إلى انخفاض الحجم وتحسينه وبالتالي تزداد كثافته. المنشآت التي تتأثر عادة بالضغط هي الأرضيات و ركام الطرق ومهابط الطائرات. أثر الدمك يتمثل في القضاء على الفراغات المملوءة بالهواء الموجودة بين حبيبات المادة.**[06]**

1-6-1 الهدف من الدمك :

- السبب الرئيسي لدمك التربة هو المحافظة على الاستقرار اللاحق تحت حمولات العمل.
- يزيد الدمك من مقاومة القص للتربة.
- يقلل الدمك من نسبة الفراغ مما يجعل من الصعب على الماء أن يتدفق عبر التربة.
- يمكن أن يمنع الدمك تراكم ضغوط المياه التي تتسبب في تسييل التربة أثناء الزلازل.**[07]**

الشكل 1-6 : حادلة بالإطارات .**[07]**

1-7 الدمك :

1-7-1 تعريفه :

الدمك هو إعادة ترتيب حبيبات التربة بطرد الهواء فقط من فراغات التربة و يتم ذلك باستخدام وسائل ميكانيكية و ينتج عن ذلك نقص في حجم فراغات الهواء و زيادة في كثافة التربة. و يختلف الدمك من التصلب بأن الأخير هو طرد تدريجي للمياه من التربة المشبعة باستخدام إجهاد مستمر و يصاحب ذلك نقص في الحجم.**[08]**

1-7-2 أهميته كتطبيق هندسي [08] :

في مجال الطرق و المطارات فإن هذه الأعمال الهندسية من الدمك والرص تزيد سعتها الحملية إذا أنشأت على أساس مدموك جيدا ، وفي مجال السدود الترابية فإن دمك تربة الردم في السد تزيد مناعته

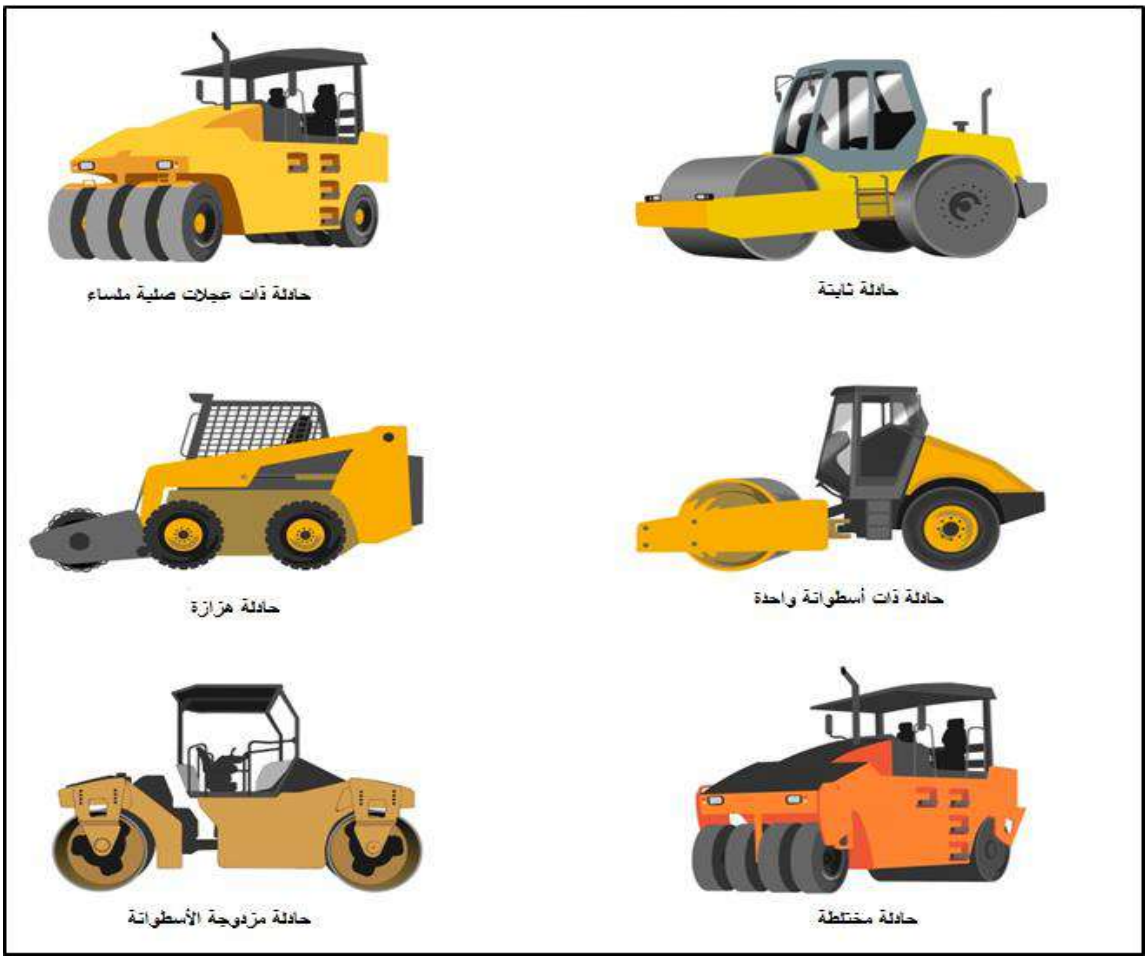
لنفاذ الماء مما يقلل كمية الماء المتسربة منه. كما أن قوة القص لردم مدموك جيدا تساعد على ثبات هذا الردم و مقاومته للانزلاق. و في مجال تحسين خواص التربة في عمليات الأحلال ،ويعد الدمك من أهم العمليات اللازمة لتثبيت التربة سواء أضيفت مادة التثبيت أم لا.

1-7-3 تجارب الدمك والرص العملية [08] :

تهدف تجارب الدمك العملية إلى إيجاد وضع قياسي يكون أساسا في الموقع. و يوجد العديد من التجارب العملية التي تعتمد على طريقة و نوع الدمك، و ينقسم الدمك إلى الأنواع الأتية:

- الدمك الديناميكي : حيث يتم الدمك بواسطة دق بمطرقة تسقط من ارتفاع معين.
- الدمك بالعجن : حيث يتم بواسطة اختراق وافر للتربة ثم يحدث بعض العجن في التربة أثناء الدمك.
- الدمك بحمل ستاتيكي : حيث تدمك التربة في قالب تحت حمل ستاتيكي.
- الدمك بالهز : حيث يتم دمك التربة بتعريضها للاهتزاز.

1-7-4 أنواع آلات ظغط الطريق :



الشكل 1-7 : آلات دمك الطرق **[09].**

8-1 تجارب الدمك المخبرية المهمة :

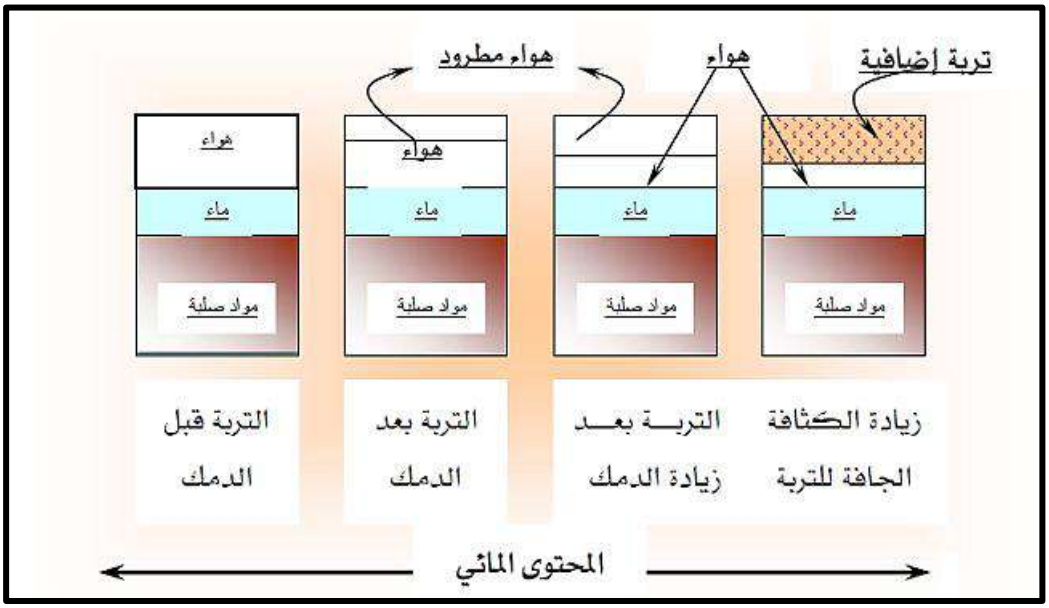
يجب العمل على اختبارات الدمك في المختبر للحصول على خصائص المادة (التيف) مع القيم التقريبية للواقع و امكانية معرفة قدرة التحمل لقيم الدمك المناسبة ، ومن بين هذه الاختبارات :

1-8-1 تجربة بروكتور (NF P 94-0931) :

الشكل 1-8 : تجربة بروكتور.

ويوجد الغرض أو الهدف من اختبار بروكتور هو تحديد المحتوى المائي الأمثل والكثافة الجافة العظمى للتربة حسب ظروف الردم والدمك الثابتة عن طريق دمك التربة، مما يؤدي إلى أفضل ضغط ممكن أو حتى أقصى قدرة تحمل، وهما نوعان :

- تجربة بروكتور المعدل : ويستخدم للأحمال الكبيرة والطرق الهامة.
- تجربة بروكتور القياسي : ويستخدم للأحمال البسيطة والطرق الغير الهامة.

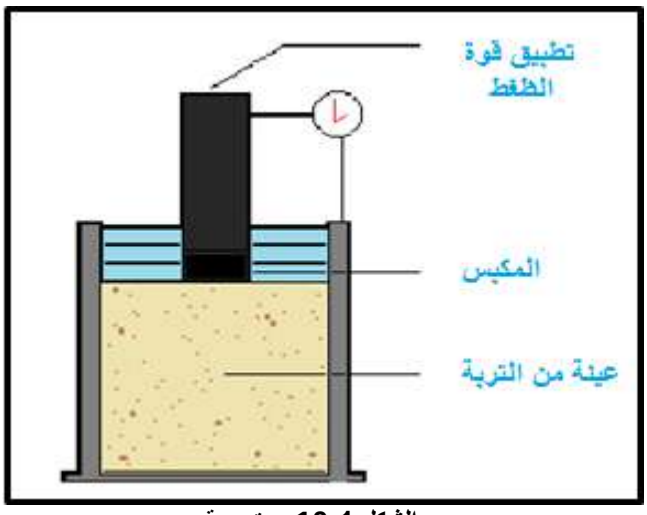


الشكل 1-9 : صورة تبيين التربة قبل وبعد الدمك.

1-8-2 تجربة إختبار نسبة تحمل كاليفورنيا (NF P94-078):

تستخدم هذه التجربة عن طريق رص التربة بهدف معرفة الإجهادات الكامنة لمواد طبقات القاعدة، وما تحت الأساس بما في ذلك المواد المعاد استخدامها في أرصفة الطرق والمطارات. وتشكل قيمة **CBR** المستخرجة بهذه الطريقة جزءاً مكملاً للعديد من مناهج تصميم الطرق الأرصفة المرنة.

عندما يوضع اعتبار لتأثير تباين المحتوى المائي على نسبة الرص في طريقة التصميم، يمكن تحديد قيمة **CBR** عند المحتوى المائي الأمثل باستخدام جهد معين من الرص.**[10]**



الشكل 1-10 : تجربة :

1-9 خاتمة :

التيف هو مادة ذات أهمية كبيرة ، يستخدم في حالته الخام في مختلف المجالات الصناعية ، عندما تظهر الخصائص المعدنية والهيكلية بشكل جيد تحديدا ، وينتشر استخدامه إلى مناطق أكثر تعقيدًا ، مثل الصناعة الصيدلانية والكيميائية.

في الجزء التالي ، سنلقي نظرة على خصائص المواد التي سيتم استخدامها والإختبارات المنجزة (خصائص التيف والماء وزيت المائدة المستعمل).

الفصل الثاني :

الإختبارات المنجزة و خصائص المواد

1-2 مقدمة :

التيف هو نوع من الصخور له هيكل فجوي يمكن أن يكون له أصلان :

التيف البركاني وهو الذي يأتي من مقذوفات بركانية الصغيرة التي تتراكم ، وأحيانًا تكون شظايا أكبر ، ويتم توحيدها بفعل الماء.

التيف الكلسي وهو من أصل رسوبي والذي يأتي من أيونات الكربونات الذائبة في الماء والتي ترسبت في بيئة قارية (تيار ، مصدر غني بالكربونات المذابة ، إلخ) غالبًا ما يشتمل على آثار من النباتات أو الأصداف، وعلاوة على ذلك سنقوم بتجربة تتضمن زيت المائدة المستعمل والتيف وبي هذا الصدد سنتطرق الى خصائص هذه المواد المستخدمة في هذا الفصل.

2-2 التيف المستعمل :

1-2-2 مصدره :

لقد قمنا بإحضار عينة من هذا التيف المستعمل من مقلع متوقف ومتروك يحمل اسم " زواويد " منسوب الى صاحبه يقع في شرق مدينة ورقلة ، فأخذنا منه ما يقارب 150 كغ (قنطار ونصف) كعينة من أجل استعماله في التجارب المطلوبة .

حيث يقع مقلع " زواويد " بالتحديد :

احداثيات الموقع : 31°54'58.07"N 5°19'12.58"E

- صورة مأخوذة من الأقمار الصناعية للمقلع :

الشكل 2-1 : موقع المقلع مصدر التيف المستعمل (Google Earth 2023) .

2-2-2 خصائص التيف المستعمل :

الجدول 2-1 : خصائص التيف المستعمل.

التدرج الحبيبي		نسبة الماء (Wn)	الكتلة الحجمية (ρ)		أزرق الميثيلين (VBS)	حدود أتربرغ (Ll)	اختبار بروكتور	
نسبة الركام المار (%)		نسبة الماء الموجودة (%)	الظاهرية (غ/مل)	المطلقة (غ/مل)	قيمة أزرق الميثيلين	حد السيولة (%)	نسبة الماء المثلى (Wopm)	الكثافة الجافة القصوى (γdmax)
المنخل الأدنى 0.08 مم	المنخل الأقصى 10 مم	1.19	1.06	2,22	0,7	24.1	%11.9	1.61 طن/م^3
%26	%100							

3-2-2 تصنيفات القشور الجيرية :

قمنا بالاعتماد على تصنيف العالم (Ruellan1970) لأنه يميز توزيع قشرة الحجر الجيري بواسطة محتوى CaCO3 ، فأنه يقترح ثلاث فئات من التوزيعات : **[15]**

- التوزيع المستمر: محتوى كربونات الكالسيوم CaCO3 أكبر من 60%.
- التوزيع المنتشر: محتوى منخفض جدا من كربونات الكالسيوم.
- التوزيع غير المستمر: محتوى كربونات الكالسيوم CaCO3 هو من 40 إلى 60%.

3-2 الماء المستعمل :

1-3-2 تعريف المياه الجوفية :

هي مياه الأمطار المتسربة إلى باطن الأرض عبر التكوينات الجيولوجية القابلة للنفاذ. ويستغل الإنسان هذه المياه، إما عن طريق الآبار الارتوازية، أو عن طريق الينابيع التي تنبثق من باطن الأرض.

و يوجد عاملان أساسيان مسؤولان عن وجود المياه الجوفية، هما:

- ✓ الجاذبية الأرضية **:** حيث تتسرّب المياه تحت تأثير الجاذبية الأرضية إلى داخل طبقات الأرض.
- ✓ نوعية الصخور **:** ويعتبر نوع الصخور الموجودة تحت سطح الأرض العامل الأكبر في تكوّن المياه الجوفية.

2-3-2 أنواع المياه الجوفية :

- ✓ مياه جوفية بها نسبة أملاح عالية.
- ✓ مياه جوفية بها نسبة أملاح متوسطة.
- ✓ مياه جوفية بها نسبة أملاح منخفضة.
- ✓ مياه جوفية حمضية.

3-3-2 خصائص المياه الجوفية عامةً:

تنتقل المياه الجوفية من مناطق التغذية إلى مناطق التفريغ، فتمرّ بتغيرات كيميائيّة وفيزيائية، حيث تختلط بمياه جوفية أخرى وتتفاعل مع المعادن الموجودة في التربة والصخور التي تتدفق من خلالها، مما قد يؤثر على جودة المياه، وبما أن الماء مذيب طبيعي لعدة مواد، فنجد المياه الجوفية المتدفقة على شكل ينابيع تحتوي معادن وغازات ذائبة، وهي التي تعطي مياه الينابيع الطعم المميز، ومن أكثر المعادن الذائبة شيوعاً هي:

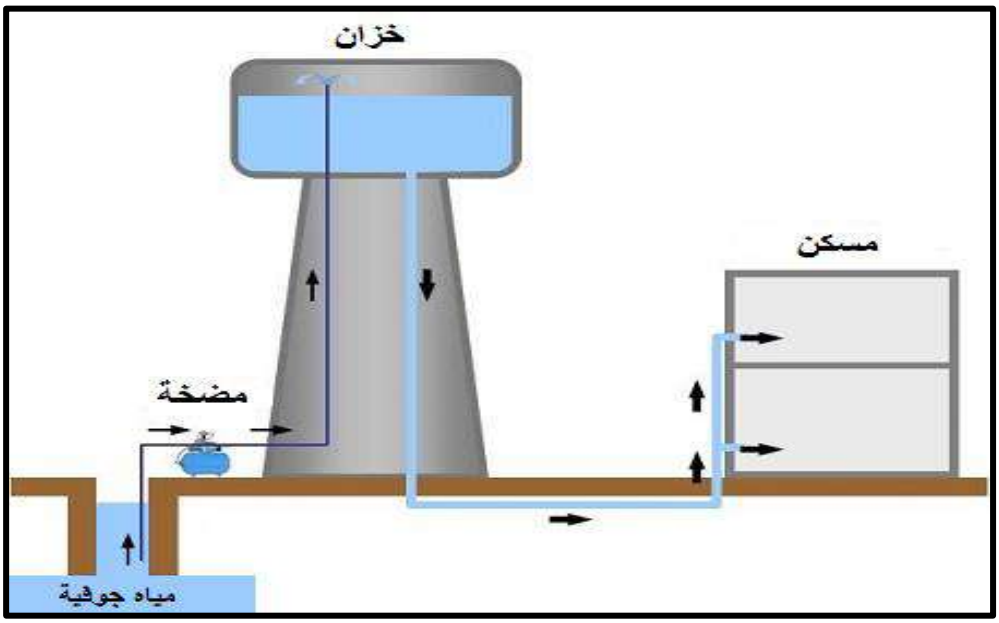
الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد والكربونات والبيكربونات، لكن ارتفاع كمية المعادن الذائبة في الماء عن ألف ميلليغرام لكل لتر يجعله مالحاً وغير مناسب للشرب، وقد تحتوي المياه على الكثير من الكالسيوم والمغنيسيوم ليصبح ماءً عسراً، ويُعبر عن عسر الماء من خلال كمية كربونات الكالسيوم الذائبة فيه والتي تتواجد بشكل أساسي في الحجر الجيري، ويصنف الماء أنه غير عسر إذا احتوى على أقل من 60 ميلليغرام/ لتر من الأملاح، أما الماء شديد العسر يحتوي على أكثر من 180 ميلليغرام/ لتر.**[16]**

4-3-2 خصائص المياه الجوفية المستعملة :

في حالتنا استخدمنا في التجارب المنجزة «ماء الصنبور» التي يتم توفيرها في مخبر العمل للاشغال العمومية للجنوب (LTPS) وهي عبارة عن مياه جوفية مستخلصة من بئر ارتوازي (برج مياه) قرب موقع المخبر ذو الخصائص الكميائية التالية :

الجدول 2-2 : الخصائص الكميائية للمياه الجوفية المستعملة (مليغرام/لتر).

الكالسيوم Ca++	مغنيسيوم Mg++	بوتاسيوم K+	صوديوم Na+	كلور Cl-	نترات NO3-	كبريتات SO4-	بيكربونات HCO3-	الحموضة pH	الملوحة
242	125	31	536	755	14.5	755	124	7,75	2799



الشكل 2-2 : مخطط يبين حركة المياه عبر البرج .

4-2 الزيت :

1-4-2 مقدمة :

تعتبر المواد الدسمة المنتشرة انتشاراً كبيراً في عالمي النبات والحيوان مصدراً هاماً من مصادر الحياتية المركزة، حيث تنتج من الطاقة ضعف ما تنتجه الكميات المماثلة من المواد البروتينية أو الكربوهيدراتية، وبالتالي تعد مصدراً غذائياً هاماً للإنسان، فتقوم على المواد الدسمة العديد من الصناعات الهامة كصناعة عصر واستخلاص الزيوت والدهون من مصادرها النباتية والحيوانية، وصناعة الورنيشات و الجليسريدات وفصل الجليسرين والأحماض الدسمة للاستفادة منها في الأغراض الصناعية الأخرى.**[17]**

2-4-2 تعريف الزيت :

الزيت هو أي مادة سائلة لزجة تدعى عادة بالزيتية عند درجة الحرارة الطبيعية أو الأدفأ قليلاً، تتميز الزيوت بأنها كارهة للماء (لا تمتزج مع الماء) ومحب للدسم أي أنه قابل للمزج مع الزيوت الأخرى والمواد الدسمة فغالباً تكون موادً عضوية ،ويتوقف لون الزيت ورائحته ومذاقه وكثافته واستخدامه على مصدره وطريقة استخلاصه.

2-4-3 تعريف زيت المائدة المستعمل :

هو زيت الطهي الذي يتم استخدامه في الطهي والقلي والتحمير وأغراض أخرى في المطبخ .

2-4-4 الخصائص الفيزيائية للزيت :[18]

- كثافتها حوالي(0.8غ/سم^3) اقل من كثافة الماء لهذا تطفو على السطح.
- درجات انصهارها منخفضة نسبيا.
- لا تذوب في الماء بل تذوب في مذيبات عضوية مثل الايثر والكلوروفور والبنزين.
- تقلل الاحتكاك بين سطحين.

الشكل 2-3 : زيت المائدة قبل الاستعمال .

2-4-5 الخصائص الكيميائية للزيت :[18]

تنقسم تفاعلاتها إلى قسمين :

- تفاعلات تختص بروابط الإستر في ثلاثي الجلسريد.
- تفاعلات تختص بالروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية.

2-4-6 استبيان الزيوت :

بعض الاحصائيات لمعرفة كمية الزيت المستهلك في الأسبوع

العنوان : الخفجي	**مطعم :** مطعم الفجر	**بيت** (1)
كمية الزيت المستعمل خلال أسبوع	80 لتر	1 لتر
كمية الزيت بعد القلي خلال أسبوع	50 لتر	0,5 لتر
العنوان : الخفجي	**مطعم :** فاست فود بايان	**بيت** (2)
كمية الزيت المستعمل خلال أسبوع	20 لتر	1 لتر
كمية الزيت بعد القلي خلال أسبوع	5 لتر	0,5 لتر
العنوان : الخفجي	**مطعم :** مطعم وفاق سطيف	**بيت** (3)
كمية الزيت المستعمل خلال أسبوع	70 لتر	2 لتر
كمية الزيت بعد القلي خلال أسبوع	45 لتر	1 لتر
العنوان : الخفجي	**مطعم :** باب الحارة	**بيت** (4)
كمية الزيت المستعمل خلال أسبوع	50 لتر	0,75 لتر
كمية الزيت بعد القلي خلال أسبوع	30 لتر	0,5 لتر

2-5 التجارب المنجزة :

2-5-1 اختبار بروكتور المعدل (NF P 94-093) Essai de Proctor modifié :

2-5-1-1 مقدمة :

تحدد خصائص الدمك في التربة بواسطة اختبار بروكتور و هي تعليمات مستخدمة على نطاق واسع لتصنيف المواد المستخدمة وتحديد مواصفات الدمك لها،وهل هي قابلة للتطبيق عند استخدامها في بناء الجسور وطبقات السد وأسس الارصيف.

2-5-1-2 الهدف من التجربة:

يتكون اختبار بروكتور من دراسة انضغاط التربة ، وهذا يعني تقليل حجمها عن طريق تقليل الفراغات الهوائية وبالتالي الهدف من الاختبار هو دراسة التباين في كثافة التربة الجافة العظمى ونسبة الماء الأمثل وأخيراً نرسم القيمة $\gamma_{d\ max}$ و w_{opt} من المنحنى.

2-5-1-3 مبدأ التجربة:

يتم تحديد خصائص ضغط بروكتور للمادة من الاختبارات المزعومة: اختبار بروكتور العادي أو اختبار بروكتور المعدل .

الاختباران متطابقان في مبدأهما ، ويختلفان فقط في قيم المعلمات التي تحدد طاقة الضغط المطبقة. يتمثل مبدأ هذه الاختبارات في ترطيب مادة على عدة مرات بنسب من الماء ودمكها مع محتويات من الماء حسب العملية التقليدية أو الميكانيكية. لكل من قيم محتوى الماء في الاعتبار ، يتم تحديد الكثافة الجافة العظمى للمادة ونسبة الماء الأمثل بمنحنى كدالة تعريفية بشكل عام ، هذا المنحنى ، المسمى بمنحنى بروكتور ، له امتداد القيمة القصوى لكثافة المادة الجافة التي يتم الحصول عليها ويقابلها نسبة الماء المثالية. هاتان القيمتان هما اللتان يطلق عليهما خصائص ضغط بروكتور العادية أو المعدلة وفقًا لذلك تم إجراء الاختبار.[19]

2-5-1-4 الأدوات والأجهزة المستعملة:

المواد المستخدمة هي التي يتم تمثيلها على ، وهي:

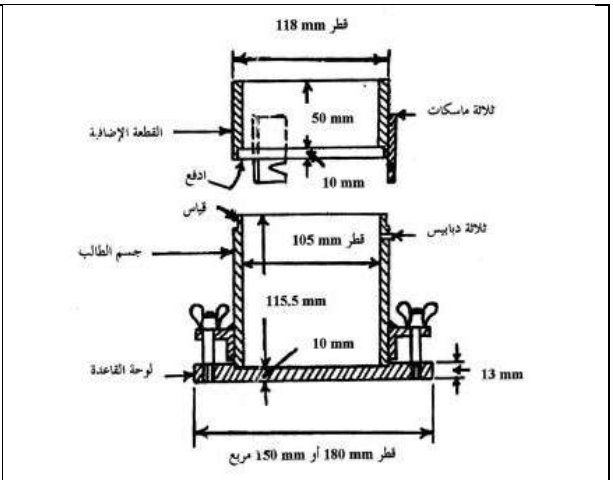
- القالب (بروكتور / CBR) : يجب أن يكون صلب الجوانب، عبارة عن أسطوانة حديدية مزود بحلقة معدنية ارتفاعها 60 مليمتر تساعد في تجهيز العينة المخلوطة من التربة والماء بالارتفاع والحجم المطلوبين ويجب تصنيع القالب والحلقة بحيث يمكن تركيبها وتثبيتها بصورة جيدة على شريحة قاعدية متحركة مستوية مصنعة من نفس المواد.
- أدوات متعددة مثل: صينية الخلط ، المجرفة، السكين وغيرها أو جهاز خلط مناسب لخلط التربة جيداً مع زيادة المحتوى المائي.
- أجهزة الدمك (تقليدية / ميكانيكية).
- مناخيل قياسية ذات قطر من 5مم الى 20مم.
- ذراع تسوية يتكون من شفرة معدنية.
- أوعية مناسبة مصنوعة من معدل يقاوم الصدأ ولا يتغير وزنها عندما تتعرض للتبريد أو التسخين ، مزودة بأغطية لمنع فقدان الرطوبة من العينة قبل الوزن الأولى أو زيادة الرطوبة نتيجة الامتصاص من الغلاف الجوي بعد تجفيف العينة وقبل أخذ الوزن ، ويستخدم وعاء واحد لكل عينة رطوبة.
- ميزان بطاقة 20 كلغ ويقرأ لأقرب 1غ.
- فرن كهربائي للتجفيف.

الشكل 2-4 : فرن مجفف.

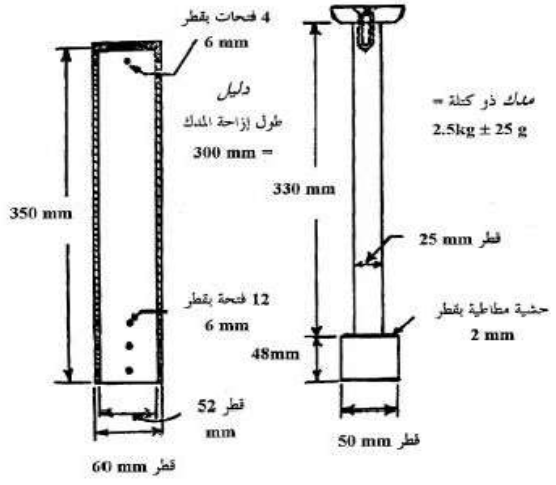
الشكل 2-5 : أدوات بروكتور(matériel Proctor) .

2-5-1-5 طريقة العمل :

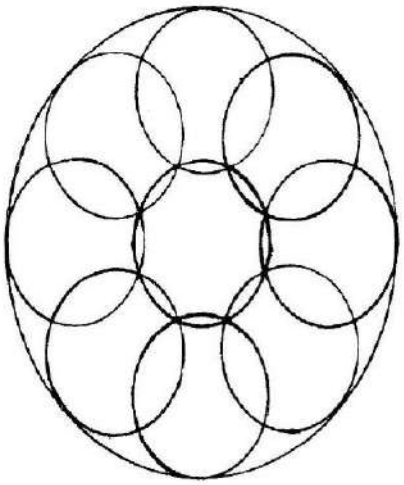
- تحضير المعدات والتحقق منها.
- تحقق من طبيعة التربة (التيف).
- تحضير المواد.
- تجفف المادة المراد دراستها في فرن عند 55° درجة مئوية أو عن طريق طرحها في صينية تحت أشعة الشمس.
- بعد التجفيف ، يتم نخل التربة (التيف) على منخال بمقدار 20 مم ويتم الاحتفاظ بالمنخل فقط.
- تحضير أربع عينات متساوية بوزن 5.5 كجم.
- بلل وعجن كل جزء في وعاء بنسبة مائية مختلفة.
- يتم الاحتفاظ بكل جزء في صندوق أو كيس محكم الإغلاق.
- أدخل المادة في قالب CBR ، مع الحرص على وضع ورقة القرص المرشح الذي يسمح للماء بالمرور عبرها عند الغمر .
- يتم ضغط كل عينة على خمسة أجزاء بتطبيق 56 ضربة يدويا و 59 ميكانيكيا بي تكرار العملية مع العينات الأخرى.
- وزن القالب بأكمله بالمواد.
- أخذ جزء من العينة لإستخراج كمية الماء الموجودة فيها عن طريق وضعها في الفرن تحت درجة حرارة 55° ومعاينتها بعد 24 سا.
- استخراج نسبة الماء و الكثافة من العينة المضغوطة واخذ نسبة الماء الأمثل و الكثافة العظمى.
- رسم المنحنى البياني كدالة لمحتوى الماء الأمثل و الكثافة العظمى W_{opt} .



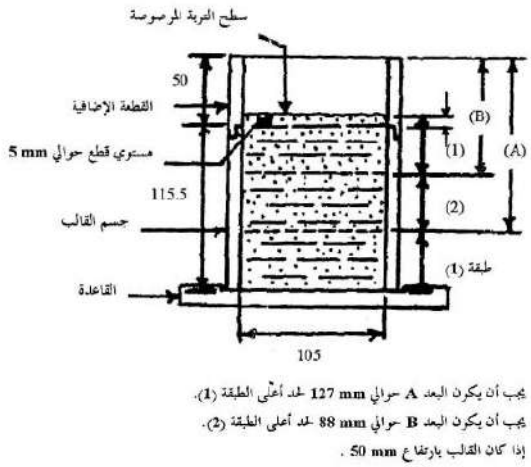
الشكل 2-6 : قالب الرص البريطاني القياسي. **[20]**



الشكل 2-7 : مدك فحص الرص البريطاني BS العادي. **[20]**



الشكل 2-8 : ترتيب الضربات بإستعمال مدك يدوي في قالب (CBR) . **[20]**



الشكل 2-9 : التربة في القالب بعد الرص. **[20]**

2-5-2 اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا (NF P 94-078) Californian Bearing Ratio :

2-5-2-1 مقدمة :

هو فحص إحصائي طور أولاً في كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية لتقدير قيمة تحمل الاملائيات الترابية في أعمال الطرق للأثقال ،ويعد نسبة تحمل كاليفورنيا اختبار اختراق يستخدم لتقييم قوة الطبقة التحتية بشكل أساسي للطرق والأرصفة والأساسات.

غالبًا ما يشكل هذا الإختبار جزءًا من التحقيق الشامل للموقع ويفيد في تحديد سمك المواد اللازمة للبناء المقترح.

2-5-2-2 الهدف من التجربة :

وهو قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة ، وحساب نسبة هذا الحمل (الضغط) القياسي عند غرز للإبرة مقداره 2.5 مم أو 5مم ويعطي الاختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء ، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصوراً عن تصرف التربة تحت الأسفلت (مواد الأساس)، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المعمل.

2-5-2-3 مبدأ التجربة :

ان فحص نسبة تحتمل كاليفورنيا (CBR) هو تجربة قص اختراق تحت معدل ثابت اذ يدفع غاطس في التربة بمعدل ثابت وتقاس القوة المطلوبة اللازمة للحفاظ على هذا العمل بمُددٍ مناسبة ،ترسم علاقة الثقل الاختراق على ورق بياني بحيث يمكن قراءة الاثقال المقابلة لاختراقات قياسية ويعبر عنها بنسب مئوية من أثقال قياسية ،تعرف النسبة المقبولة بنسبة تحمل كاليفورنيا أو قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) للتربة في الحالة التي تم الفحص عندها ،بالامكان اعتبار قيمة (CBR) مقياس غير مباشر لمقاومة القص في التربة لكن لا يمكن ربطها مباشرة بمعاملات مقاومة القص ،ان شكل الفشل الحاصل في التربة تحت الغاطس مبين في الشكل رقم (2-10).

ينقسم اختبار نسبة حمل كاليفورنيا على نوعين :

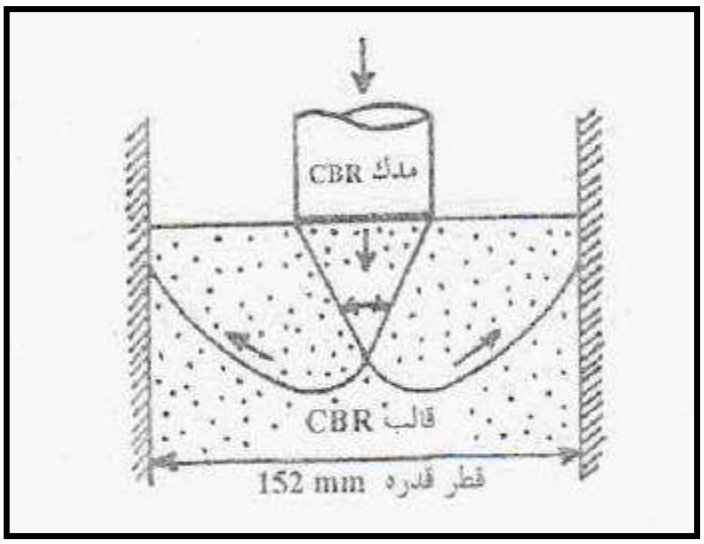
* نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (CBR immédiat)

* بالنسبة لي نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (CBR imbibé)

تمثل هذه المعادلة رقم CBR ، والذي يمثل النسبة المئوية لحمولة الوحدة القياسية. في الممارسة التطبيقية ، يتم إزالة الرمز (%) ويتم تمثيل النسبة بعدد صحيح.

$$\boldsymbol{CBR}\ (\text{نسبة تحمل كاليفورنيا}) = \frac{\text{القوة المقاسة}}{\text{القوة القياسية}} \times \mathbf{100\%}$$

تمثل هذه المعادلة رقم CBR ، والذي يمثل النسبة المئوية لحمولة الوحدة القياسية. في الممارسة التطبيقية ، يتم إزالة الرمز (%) ويتم تمثيل النسبة بعدد صحيح.



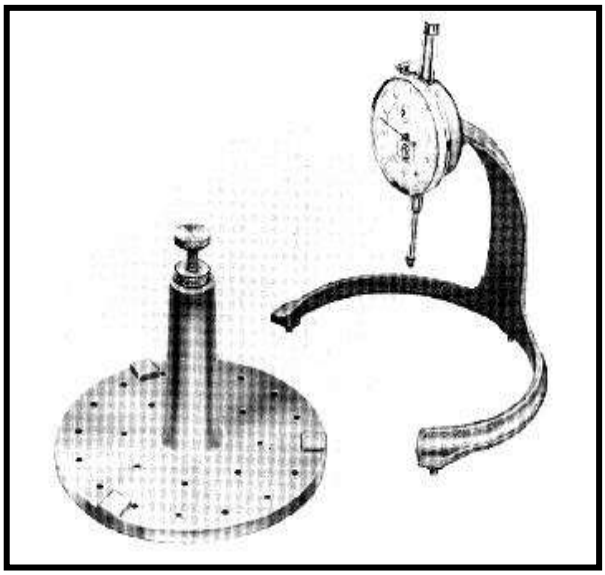
الشكل 2-10 : تقنية الفشل في التربة تحت مدك جهاز

نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) (بُعدْ بلاك 1961 - Black) .**[21]**

2-5-2-4 الأدوات والأجهزة المستعملة :

بالنسبة لي نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (CBR immédiat) :

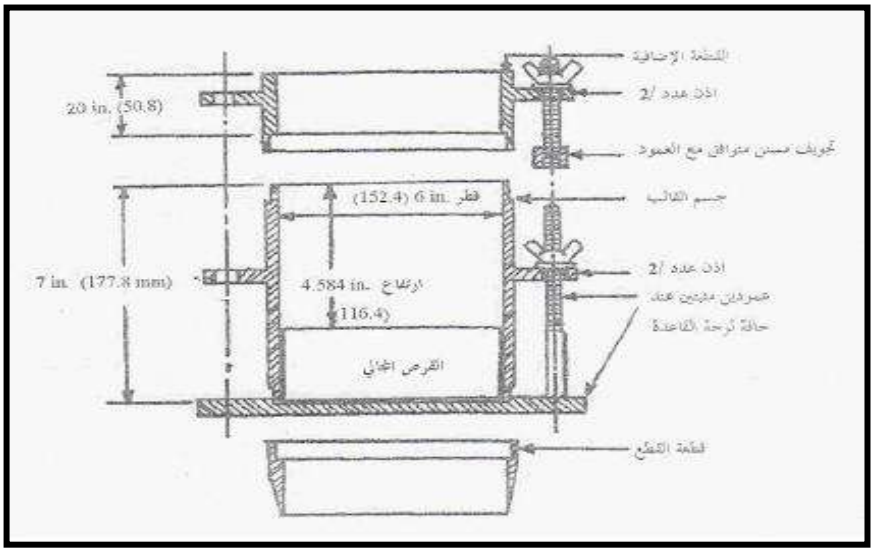
- آلة قياس الضغط الميكانيكية مثبت عليها ابرة الاختراق .
- قالب معدني اسطواني: (قالب نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) من نوع BS) ذو أبعاد داخل قدرها 152 مليمتر قطر و 127 مليمتر ارتفاع مع لوح قاعدي قابل لفك الارتباط و لوح علوي و قطعة الإضافة بعمق 15 مليمتر .
- ميزان رصين بطاقة 20 كيلوغرام يقرأ لأقرب 1 غرام أو 5 غرام .
- مناخيل ذات فتحات 200 مليمتر و 20 مليمتر و 5 مليمتر .
- فرن تجفيف بدرجة حرارة لا تتجاوز 60° .
- معدات صغيرة مثل جارفة و سكينة .



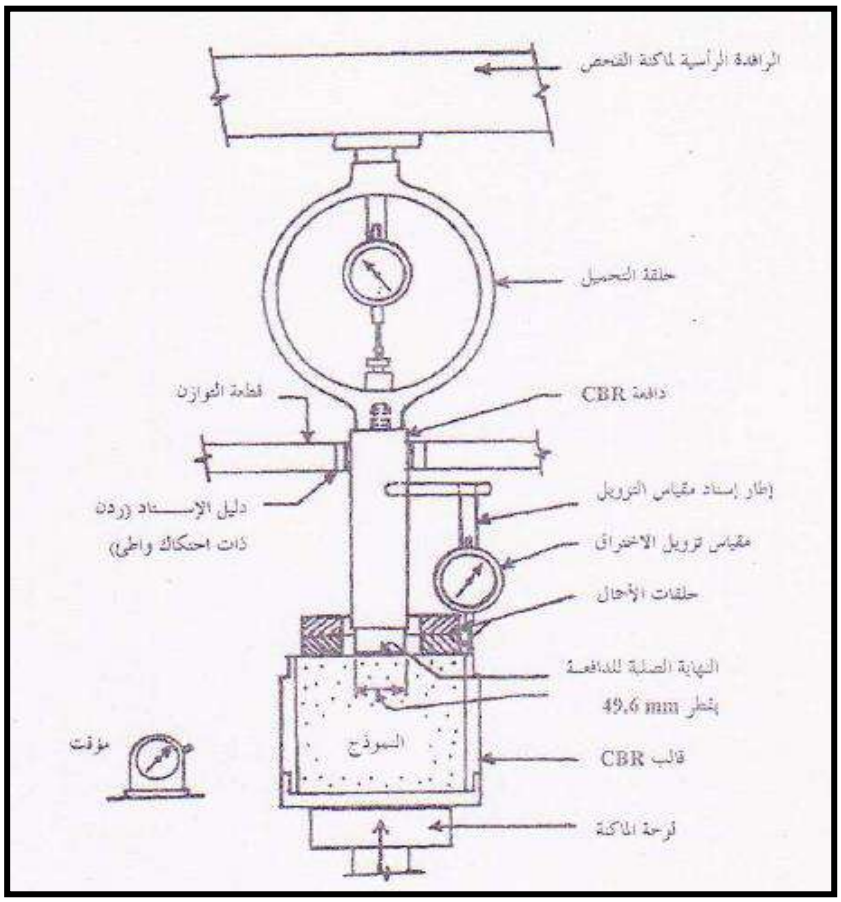
الشكل 2-11 : حامل ثلاثي القوائم لقياس الانتفاخ مع مؤشر.**[21]**

بالنسبة لي نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (CBR imbibé) : نضيف بعض المعدات فوق معدات الفورية:

- قاعدة حديدية مثقبة اسفل وبقمة قالب نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) .
- حامل ثلاثي القوائم لقياس الانتفاخ (الانتفاش) مع مؤشر .
- خزان تنقيع كافي لحمل القالب .
- مؤقت .



الشكل 2-12 : ترتيب قالب نسبة تحمل كاليفورنيا وارتباطاته (من النوع الأمريكي ASTM).**[21]**



الشكل 2-13 : الترتيب العام لآلة فحص الإختراق الميكانيكية لنسبة تحمل كاليفورنيا **[21]**.

2-5-2-5 طريقة العمل :

- جهز حوالي 5 كيلوغرام من التربة المارة من منخل رقم 20مم واخلطها مع كمية الماء المناسبة معاً للمحتوى الماني (كمية الرطوبة الأصولية والتي تم الحصول عليها في تجربة الرص لبركتور.
- خذ عينات من التربة لتحديد المحتوى الماني للتربة .
- احسب وزن القالب الأسطواني (القالب + القاعدة) .
- اربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم ضع ورقة الترشيح .
- ادمك التربة حسب طريقة الدمك العادية أو المعدلة أي 56 ضربة لكل طبقة.
- افصل الحلقة المعدنية عن القالب الأسطواني ، ثم أزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب وفي حالة وجود فجوات تضاف تربة لسدها من نفس التربة .
- ثم احسب وزن القالب الأسطواني مع التربة بدون الحلقة ، ومنه حدد وزن وكثافة التربة .
- ضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم اقلب العينة واربط القالب مع القاعدة .

- من اجل العينات غير المشبعة وضع مجموعة من الأوزان كافية لا تقل عن 5 كجم (تعادل وزن ضغط التربة على الطبيعة) ، ثم سجل قيمة هذه الأوزان .

-اغمر العينة تماما بالماء ثم أوصل المؤشر المدرج دقة قراءته 0.01 ملم ثم أرجع الرقاس الى الصفر .

- سجل زمن بداية الاختبار ثم خذ قراءات بعد مرور 0 .1 ،2 ،4 ،8 ، 12 ، 24 ، 36 ، 48 ، 12 ، 96 ساعة لتحديد مقدار الانتفاخ مع ملاحظة أن الاختبار يمكن أن ينتهي بعد مرور 48 ساعة عند ثبوت القراءة بعد هذا الوقت لمدة 24 ساعة

- بعد الانتهاء من تحديد مقدار الانتفاخ اترك العينة لمدة 15 دقيقة لخروج الماء ثم جفف سطحها واحسب وزن العينة مع القالب .

- ضع العينة في آلة قياس الضغط ثم ضع أوزانا لا تزيد عن 1.5 كيلو جرام وصفر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق.

- زد قيمة الضغط والاختراق لها .

- بعد انتهاء الاختبار استخرج عينة التربة ثم خذ عينات من الثلث الأول والوسط والثلث الأخير لتحديد المحتوى الماني للتربة المدموكة.

- ارسم منحنى الضغط (كيلو باسكال) مع الاختراق (مم) ثم سجل مقدار الضغط الاختراق عند 0,625 - 1,25 - 2 - 2,5 - 5 - 7,5 ثم 10 ملم و تحديدا عند قيم الاختراق القياسية (5/2,5 مم) ومنها حدد قيمة التحمل بالمعادلة التالية :

- نسبة تحميل كاليفورنيا (CBR) = مقدار الضغط في الاختبار / مقدار الضغط القياسي × 100 (%) .
يجب ملاحظة أنه عندما تكون نسبة التحمل عند اختراق 5.00 مم أكبر من نسبة التحمل عند اختراق 2.5 مم يجب إعادة الاختبار مرة أخرى .

- في حالة استخدام طريقة عدم غمر العينة بالماء اتبع الخطوات السابقة دون غمر العينة بالماء .

3-5-2 اختبار الإنضغاط البسيط (NF P 98-230-2) compressions simple :

1-3-5-2 مقدمة:

يعتبر انضغاط التربة من أهم الخواص المميزة لطبيعة التربة وهي تميز التربة تمييزا جوهريا عن الصخور المصمتة وغيرها من الأجسام الصلبة، وتتلخص هذه الخاصية في قابلية التربة للضغط (إلى درجة كبيرة أحيانا) لتغيير بنيتها تحت تأثير المؤثرات الخارجية إلى بنية أكثر دموجا أو تراصا على حساب تقليل مسامية التربة.

2-3-5-2 الهدف من التجربة :

تعتبر تجربة الإنضغاط البسيط من الاختبارات المستعملة لقياس مقاومة التربة والتي من خلالها يتم التعرف على مدى قوة ومقاومة التربة للإجهاد ويعني هنا بقوة التربة أي مقدار التماسك و الإحتكاك بين حبيباتها, إن مقاومة التربة تتوقف على عوامل كثيرة منها البناء الداخلي للتربة من حيث النسيج الحبيبي والتدرج والكثافة ونسبة الرطوبة (الماء) ولهذا يتم إجراء هذه العملية بعد تجربة بركتور لأخذ نسبة الماء المفضلة والكثافة القصوى الجافة المتحصل عليها .

2-3-5-3 مبدأ التجربة :

تجعل مقاومة الانضغاط من الممكن تقدير قيمة تماسك المادة أو العناصر الدقيقة تقريبًا.

في حالتنا ، أجرينا هذا الاختبار على سلسلة من عينات التجربة الأسطوانية ذات الأبعاد (Ø = 5 سم ، الارتفاع = 10 سم) ، والتي تم إجراؤها على المحتوى المائي الأمثل لبروكتور المعدل (للماء وزيت المائدة المستعمل) وبرص نظري مختلف (100٪ ، 98٪ و 95 ٪) من أجل دراسة العلاقة بين المقاومة والضغط.

2-3-5-4 الأدوات والأجهزة المستعملة:

- قالب أسطواني حجمه 206 سم^3 مع أجزاء اسطوانية .
- جهاز الرص.
- جهاز الضغط.
- أواني للوزن والخلط.
- ميزان دقيق بطاقة 20 كيلوغرام يقرأ لأقرب 1 غرام أو 5 غرام .
- فرن تجفيف بدرجة حرارة لا تتجاوز 60°.

2-3-5-5 طريقة العمل :

- نحضر العينة ونزن 2500 غ
- نزن الماء بالنسبة المتحصل عليها في تجربة بركتور للماء (8%,10%,12%,14%) وزيت

المائدة المستعمل (6%,8%,10%,12%).

- نسكب النسبة الأمثل (الماء أو الزيت) في العينة ثم نخلط جيدا.

- يكون مقدار كل وزنة التي ستوضع في القالب بالعلاقة التالية:

نسبة (الماء أو الزيت) المثالية من تجربة بركتور × الكثافة القصوى الجافة (تجربة بركتور) × حجم القالب × ($196.25سم^3$) × نسبة الرص (0.95, 0.98).

- نقوم بوزن عينتين من نفس الوزن من كل نسبة الرص (0.95, 0.98, 0.100).
- نضع القالب الأسطواني تحت جهاز الرص ونقوم برص العينة.
- نخرج العينة من القالب بعد عملية الرص.
- نتحصل على عينة ذات شكل اسطواني.
- نخزن العينات عند درجة حرارة 55° لمدة أربعة أيام (96سا).
- نزن العينة جافة بعد استخراجها ونسجل ذلك.
- نضع العينة تحت جهاز الضغط.
- نقوم بتسليط قوة ضغط على العينة تدريجيا ونلاحظ المؤشر أثناء العملية.
- نسجل القيمة التي تنكسر فيها العينة في الجدول الخاص بالتجربة ثم نقوم بعملية الحساب للحصول على قوة التربة.

4-5-2 التدرج الحبيبي (NF P 94-057) Analyse Granulométrique :

1-4-5-2 مقدمة :

إن التدرج الحبيبي هو المفتاح الاول لتصنيف التربة للأغراض الانشائية حيث تقسم التربة الى أشكال مختلفة بحسب مقاسات الحبيبات التي تحويها ويساعدنا منحنى التدرج الحبيبي في تصنيف التربة إلى تربة منتظمة التركيب او جيدة التدرج او سيئة التدرج ولها استعمالات في الدراسة الجيوتكنيكية.

2-4-5-2 الهدف من التجربة :

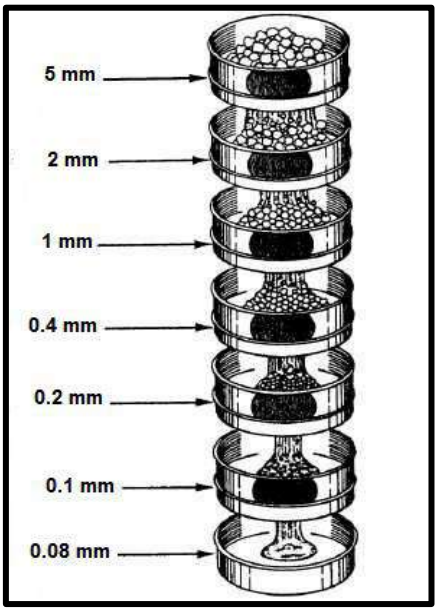
تعيين تدرج حبيبات التربة حتى مقياس الرمل الناعم ويتم إجراءه بطريقة الفينيل على المناخل.

2-5-4-3 مبدأ التجربة :

التجربة تصنف مختلف الحبيبات المكونة للعينة وذلك باستعمال سلسلة غرابيل موضوعة فوق بعضها البعض تنازليا ، العينة المدروسة توضع في الجزء الأعلى من الغرابيل وترتيب الحبيبات يكون باهتزازات الغرابيل آليا.

2-5-4-4 الأدوات والأجهزة المستعملة:

- مناخيل ذات فتحات (10,5,2,1,0.4,0.2 ,0.1,0.08) مم.
- ميزان رصين بطاقة 20 كيلوغرام يقرأ لأقرب 1 غرام أو 5 غرام.
- فرن تجفيف بدرجة حرارة لا تتجاوز 60°.
- مجزئ عينات ، هزاز ميكانيكي.
- مجرفة وصواني.



الشكل 2-14 : مجموعة من المناخل القياسية على جهاز الهز .

2-5-4-5 طريقة العمل :

- حضر عينة ممثلة من التربة تزن حوالي 1000 جرام.
- أغسل عينة التربة على منخل رقم 200 (0.08 مم) ثم جففها في الفرن لمدة 24 ساعة.
- استخرج العينة وأنخلها في مجموعة المناخل بواسطة الهزاز الميكانيكي أو اليد.
- قس وزن التربة المتبقية على كل منخل وسجل ذلك في سجل البيانات.

2-5-5 حدود أتربرغ (NF P 94-05) Limites d'Atterberg :

2-5-5-1 مقدمة :

تُعتبر حدود اتربرغ والتي تشمل حدّ اللدونة، وحدّ السيولة وحد الانكماش، مقياسًا أساسيًا للمحتويات الرطوبية (المائيّة) المهمة والخاصة بالتربة ذات الحبيبات الدقيقة. عندما تزداد المحتويات

الرطوبية في التربة الطينية، فإنه يطرأ تغيرات جليّة وبارزة لقوامها ولسلوكها. تصنّف التربة إلى أربع حالات مختلفة اعتمادًا على المحتوى الرّطوبي (المائي) لها إلى: صلبة، وشبه صلبة، ولدنة، وسائلة.

2-5-5-2 الهدف من التجربة :

تحديد الرطوبات التي تنتقل فيها التربة الناعمة من الحالة السائلة إلى الحالة اللدنة و من الحالة اللدنة إلى الحالة الصلبة ،و تستخدم هذه الحدود في تحديد نوعية التربة و تصنيفها و تحديد انضغاطيتها .

3-5-5-2 مبدأ التجربة :

تحدد التجربة بشكل تقليدي هذه الحدود :

- حد السيولة LL (Liquid Limit) : وهو أقل نسبة للمحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه أصبحت التربة لدنة، وعند هذا المحتوى توشك التربة أن تصبح سائلاً لزجاً.
- حد الانكماش SL (Shrinkage Limit) : وهو أقل نسبة مئوية للمحتوى المائي والذي لا يحدث بعده أي نقص في حجم التربة نتيجة لفقدان الرطوبة منها.
- حد اللدونة PL (Plastic Limit) : وهو المحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه تصبح التربة غير لدنة.

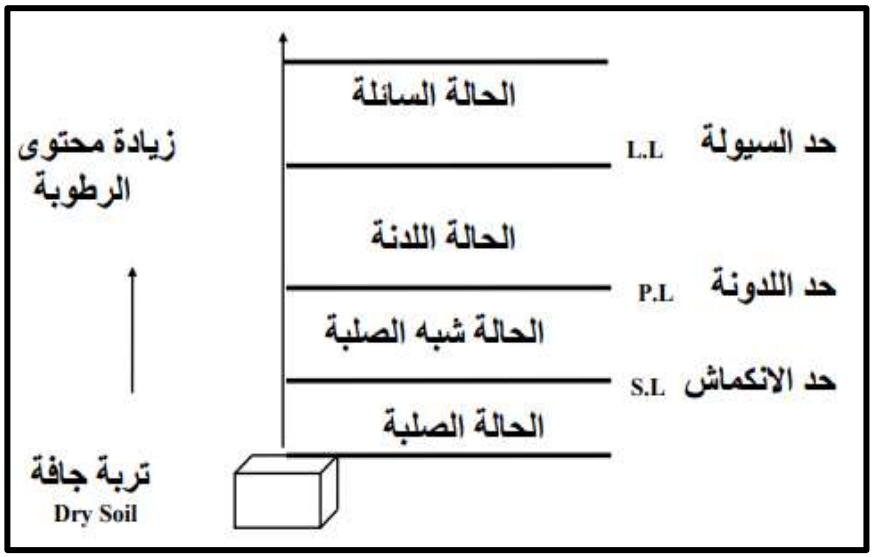
4-5-5-2 الأدوات والأجهزة المستعملة:

- جهاز كازاغراند يدوي.
- سكين بطول 75مم وبعرض 20مم.
- أداة لعمل الشق و تدعى هذه الآلة بإسم سكينة كاساغراندي.
- منخل ومعدات مزج التربة.
- ميزان حساس لحد (0.01) غ .
- فرن كهربائي.
- علب معدنية.

5-5-5-2 طريقة العمل :

- نأخذ عينة ترابية ونطحنها في حال الحاجة ونجففها في فرن.

- العينة المأخوذة تزن حوالي 200 غرام وتؤخذ عادة من المنخل، نمزج العينة بالماء المقطر حتى تشكل عجينة متماسكة.
- نضع جزءا منها في صحن كازاغراند وتسوى بسكين لتعطي عمقا مقداره 1 سم، ثم نشق ثلما بواسطة أداة الشق على شكل حرف V وبعرض 2 ملم من الأسفل.
- نبدأ بتدوير ذراع الجهاز حيث نحصل على دقتين في الثانية (بشكل منتظم)، ونعد الضربات حتى ينطبق جزآ العجينة على جانبي الثلم من الأعلى على مسافة حوالي 1 سم ،عندئذ تؤخذ عجينة الثلم المنطبق ونقوم بحساب رطوبتها. نكرر التجربة حوالي خمس مرات بحيث يكون عدد الطرقات محصورا بين العشرة والخمسين.
- يعرف حد السيولة تجريبيا بأنه كمية الرطوبة الموجودة في التربة عندما يلتحم شطرا أسفل عينة التربة الموجودة بجهاز كاساغراندي بمقدار 1 سم عندما يكون عدد الدقات 25 دقة.
- بعد تحديد الرطوبات الموافقة لأعداد الدقات المقابلة، نقوم برسم النتائج على مخطط بياني، حيث يمثل المحور الأفقي اللوغاريتمي عدد الدقات، بينما يمثل المحور الشاقولي كمية الرطوبة وبمقياس عادي.
- نصل بين النقاط المعينة بخط مستقيم يمر ما أمكن من هذه النقاط، ثم نقوم بتحديد كمية الرطوبة الموافقة للدقة 25 ويتم ذلك برفع شاقول من الرقم 25 دقة حتى يقطع المستقيم المائل. وبأخذ مستقيم أفقي من نقطة التقاطع فيتقاطع هذا المستقيم بدوره مع شاقول الرطوبة وبذلك يتحدد حد السيولة.



الشكل 2-15 : مخطط حدود أتربرغ.

6-5-2 تجربة أزرق الميثيلين (NF P 94-068) Essai au bleu de méthylène:

1-6-5-2 مقدمة :

اختبار أزرق الميثيلين ويسمى أيضا الإختبار الأزرق، هو الاختبارالمستخدمة في جيوتكنيك لتحديد النظافة من الرمال وأنواع مختلفة من الطين.

2-6-5-2 الهدف من التجربة :

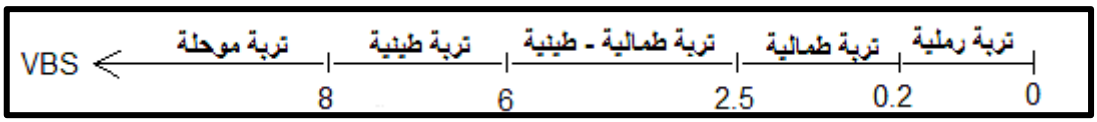
معرفة نسبة الطين في التربة.

3-6-5-2 الأدوات والأجهزة المستعملة:

- اوعية.
- كاس بيشر.
- خلاط مغناطيسي.
- قضيب زجاجي.
- ورقة ترشيح.
- محلول الميثيلين.

4-6-5-2 طريقة العمل :

- تجفيف العينة العينة المأخوذة.
- نقوم بالغربلة العينة بغربال رقم 5 .
- نقسم العينة الى اجزاء.
- وضع جزء من العينة + ماء مقطر في كاس البيشر.
- وضع العينة في الخلاط المغناطيسي.
- نسكب 2مل من ازرق الميثيلين بواسطة سحاحة.
- غمس القضيب الزجاجي في المحلول مع الخلط الجيد و نطبعه افقيا على ورق الترشيح ونكرر العملية مع زيادة نسبة المحلول الأزرق حتى ظهور لون شعاعي أزرق فاتح تتوقف العملية ويتم حساب نسبة الطين.



الشكل 2-16 : قيمة الميثيلين الأزرق (VBS).

6-2 خاتمة :

في النهاية، فإن فهم خصائص المواد المستخدمة والتجارب المنجزة يعزز من فهمنا لقدراتها واستخدامها الأمثل في تحقيق الأهداف المختلفة في المشاريع الهندسية والبنائية.

في الجزء التالي ، سنلقي نظرة على نتائج الإختبارات المنجزة.

الفصل الثالث :

نتائج الاختبارات

1-3 مقدمة :

نعرض في هذا الفصل نتائج التجارب المنجزة والمتمثلة في تجربة بروكتور المعدل ،نسبة تحمل كاليفورنيا، الإنضغاط البسيط ،التدرج الحبيبي ،حدود اتربرغ ،تجربة أزرق الميثيلين.

2-3 نتائج التجارب المنجزة :

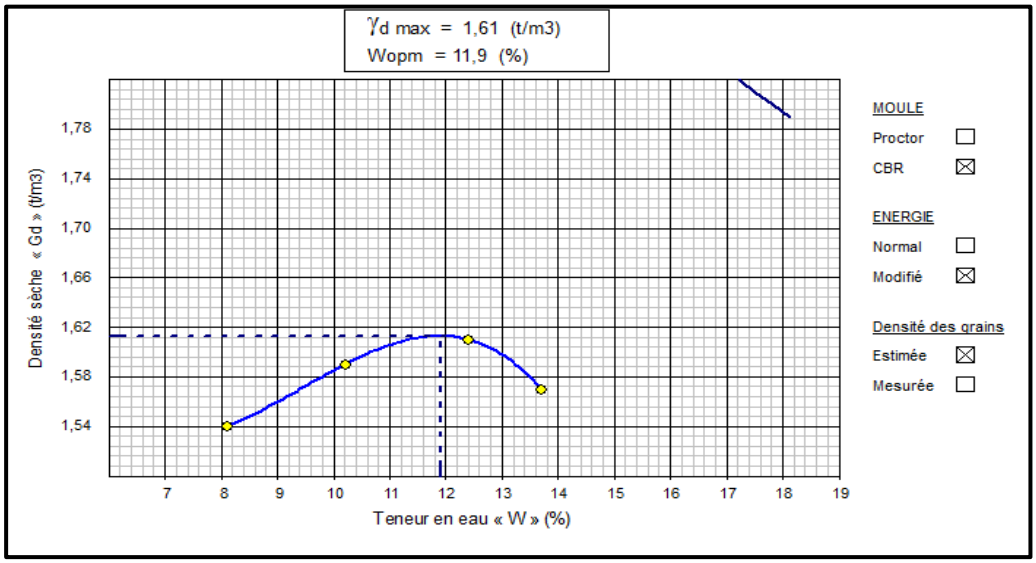
1-2-3 تجربة بروكتور المعدل (NF P 94-093) :

قمنا بتجربة بروكتور المعدل وقد تحصلنا على النتائج المدرجة في الجداول والمنحنيات التالية الخاصة بالماء والزيت.

الجدول 3-1: حساب محتوى الماء الأمثل لرص التيف.

رقم التجربة	1		2		3		4	
وزن الماء المضاف لكل ضغط (%)	8		10		12		14	
إجمالي الوزن الرطب Pth (غ)	7407		7580		7947		7656	
وزن القالب (غ)	3861		3841		3775		3861	
وزن التربة الرطبة Ph (غ)	3546		3719		4172		3795	
وزن التربة الجافة Ps (غ)	3279		3375		3712		3337	
حجم القالب V ($مم^3$)	2122		2122		2303		2122	
الكثافة الجافة γ ($طن/م^3$)	1.54		1.59		1.62		1.57	
رقم المعايرة	1	2	3	4	5	6	7	8
إجمالي الوزن الرطب Pth (غ)	369.1	/	392.1	/	329 .1	/	415.5	/
إجمالي الوزن الجاف (غ)	341.3	/	355.8	/	292.8	/	365.4	/
وزن المعايرة (غ)	/	/	/	/	/	/	/	/
وزن الماء (غ)	27.8	/	36.3	/	36.3	/	50.1	/
وزن التربة الجافة Ps (غ)	341.3	/	355.8	/	292.8	/	365.4	/
محتوى الماء w (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
المعدل w (%)	8.14		10.20		12.40		13.71	
الكثافة الجافة γ ($طن/م^3$)	1.54		1.59		**1.61**		1.57	

- من خلال الجدول (3-1) اعلاه يتبين ان الكثافة الجافة الطبيعية للتيف تتراوح بين 1.54 و 1.61 و نسبة الماء المستعملة تتراوح بين 8.14 الى 13.71 بالمئة.



الشكل 3-1 : منحنى بروكتور المعدل للماء والتيف (مقلع زواويد).

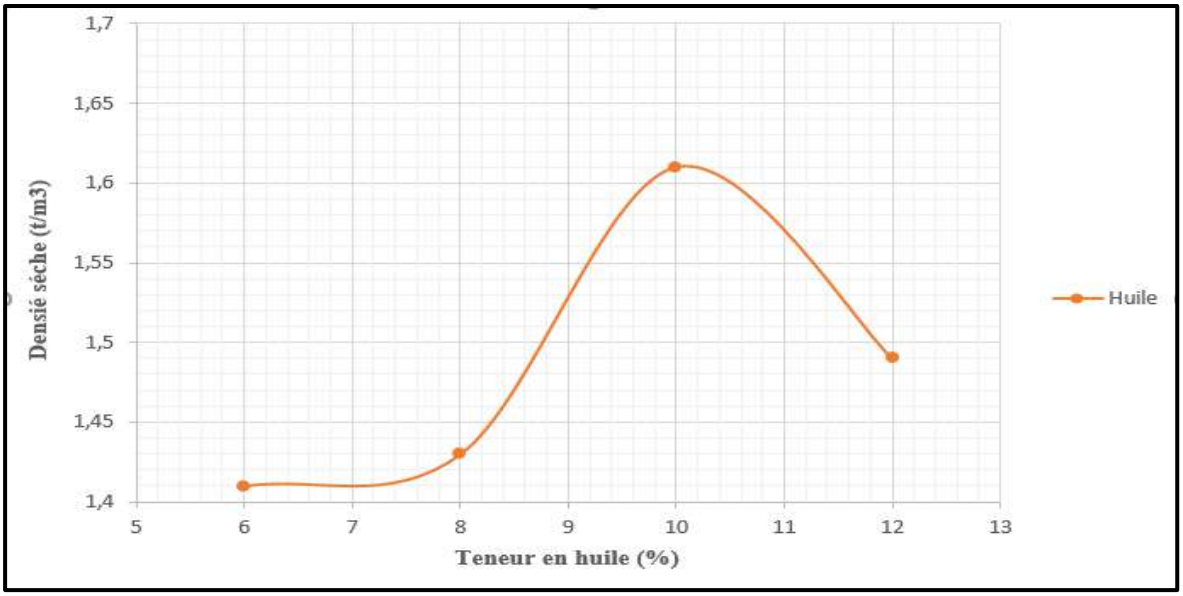
- من خلال المنحنى المبين في الشكل (3-1) يتضح أن اكبر قيمة للكثافة الجافة للتيف المختبر هي 1.61 وأن نسبة الماء المثلى للحصول عليها هي 12.40 بالمئة وهي كذلك نسبة محتوى الماء الواجب تحققها في الميدان للحصول على أفضل رص.

الجدول 3-2: حساب محتوى الزيت الأمثل لرص التيف.

رقم التجربة	1	2	3	4
وزن الزيت المضاف لكل ضغط (%)	6	8	10	12
إجمالي الوزن الرطب Pth (غ)	7280	7382	7462	7562
وزن القالب (غ)	3775	3775	3861	3775
وزن التربة الرطبة (غ) Ph	3505	3607	3601	3787
وزن التربة الجافة (غ) Ps	3260	3300	3423	3452
حجم القالب V (مم^3)	2303	2303	2122	2303
الكثافة الجافة γ (طن/م^3)	1.41	1.43	1.61	1.49

رقم المعايرة	1	2	3	4	5	6	7	8
إجمالي الوزن الرطب Pth (غ)	349.9	/	324	/	292.6	/	334	/
إجمالي الوزن الجاف (غ)	347.3	/	321	/	291.1	/	330.8	/
وزن المعايرة (غ)	/	/	/	/	/	/	/	/
وزن الزيت (غ)	2.6	/	3	/	1.5	/	3.2	/
وزن التربة الجافة (غ) Ps	347.3	/	321	/	291.1	/	330.8	/
محتوى الزيت w (%)	/	/	/	/	/	/	/	/
المعدل w (%)	0.8		0.9		0.5		1	
الكثافة الجافة γ (طن/م^3)	1.41		1.43		**1.61**		1.49	

- من خلال الجدول (3-2) اعلاه يتبين ان الكثافة الجافة الطبيعية للتيف تتراوح بين 1.41 و 1.61 و نسبة الزيت المستعملة تتراوح بين 6 الى 12 بالمئة.



الشكل 3-2 : منحنى بروكتور المعدل لزيت المائدة المستعمل والتيف (مقلع زواويد).

- من خلال المنحنى المبين في الشكل (3-2) يتضح أن اكبر قيمة للكثافة الجافة للتيف المختبر هي 1.61 وأن نسبة الزيت المثلى للحصول عليها هي 10 بالمئة وهي كذلك نسبة محتوى الزيت الواجب تحققها في الميدان للحصول على أفضل رص.

الشكل 3-3 : آلة الدمك الميكانيكي.

الشكل 3-4 : ميزان حساس.

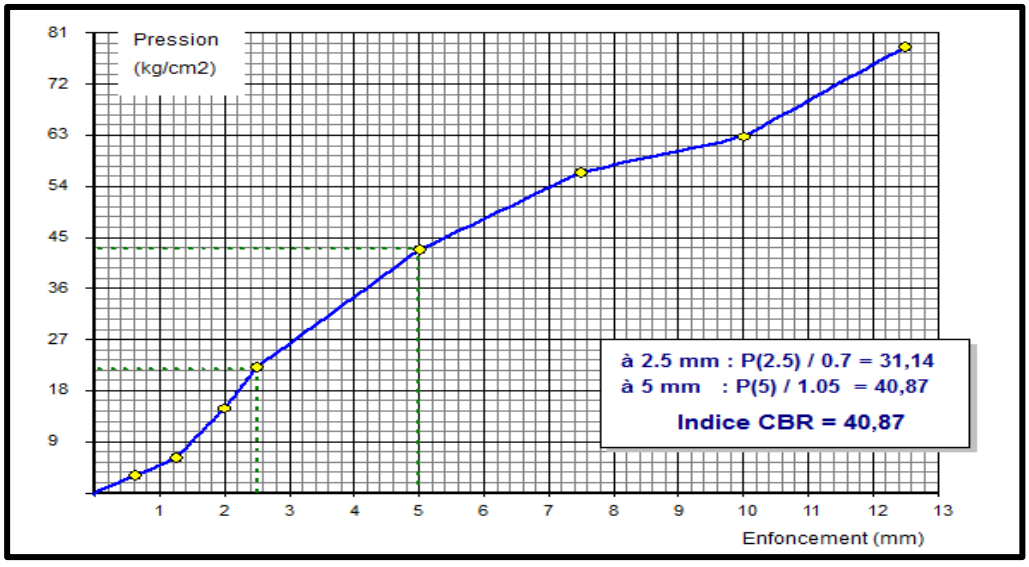
3-2-2 اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا (NF P 94-078) :

قمنا بتجربة نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر والفورية وقد تحصلنا على النتائج المدرجة في الجداول والمنحنيات التالية الخاصة بالماء والزيت.

- نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (مقلع زواويد) :

الجدول 3-3: نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (CBR immédiat) (الماء).

الوقت (د)	30 ثا	1د	1د 40 ثا	2د	4د	6د	8د	10د
الغرز (مم)	0.63	1.25	2	2.50	5	7.50	10	12.50
القرائة	0.58	1.19	2.86	4.25	8.23	10.87	12.07	15.12
الضغط (كغ/سم^2)	3.01	6.18	14.86	22.09	42.78	56.50	62.73	78.59



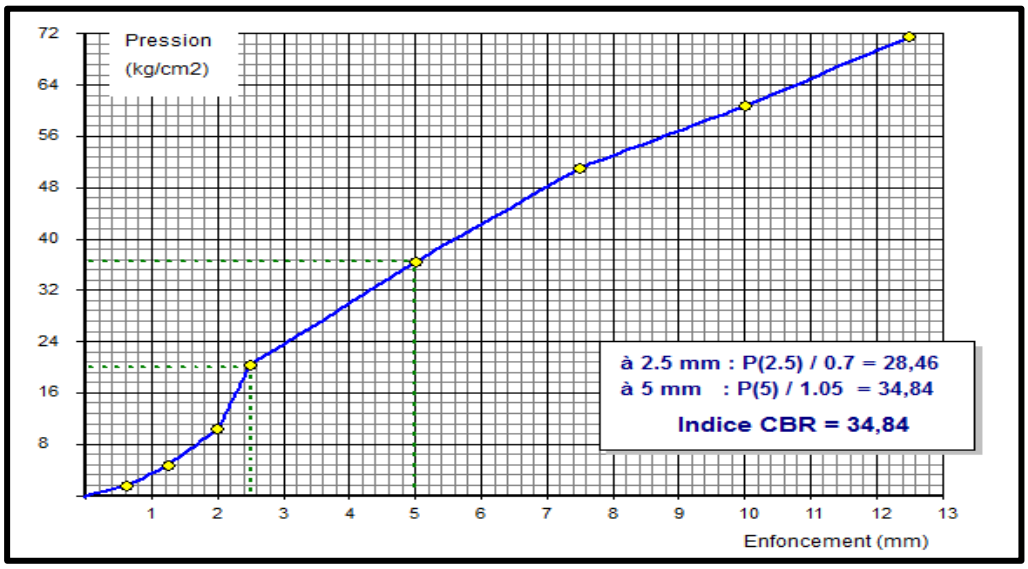
الشكل 3-5 : منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (الماء).

- من خلال الجدول والمنحنى المبينين أعلاه نلاحظ أن مستوى المنحنى مائل حيث تتزايد درجة الغرز كلما زادت قوة الضغط ،ونرى أن المؤشر عند درجة الغرز 2.5مم أعطى 31.14 وعند 5مم أعطى 40.87 وبالتالي فهي مؤشر نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية.

- نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (الماء):

الجدول 3-4: نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (CBR imbibé) (الماء).

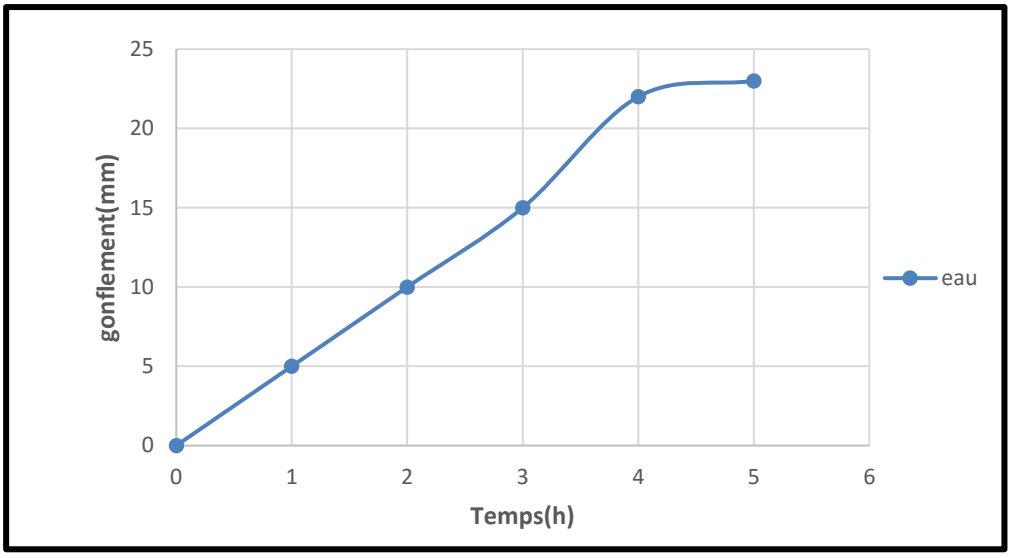
الوقت (د)	30 ثا	1د	1د 40 ثا	2د	4د	6د	8د	10د
الغرز (مم)	0.63	1.25	2	2.50	5	7.50	10	12.50
القرائة	0.30	0.91	1.99	3.91	7.01	9.83	11.68	13.76
الضغط (كغ/سم^2)	1.56	4.73	10.34	20.32	36.43	51.09	60.71	71.52



الشكل 3-6 : منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (الماء).

- من خلال الجدول والمنحنى المبينين أعلاه نلاحظ أن مستوى المنحنى مائل حيث تتزايد درجة الغرز كلما زادت قوة الضغط ،ونرى أن المؤشر عند درجة الغرز 2.5مم أعطى 28.46 وعند 5مم أعطى 34.84 وبالتالي فهي مؤشر نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر.

- منحنى الإنتفاخ لنسبة تحمل كاليفورنيا للغمر :



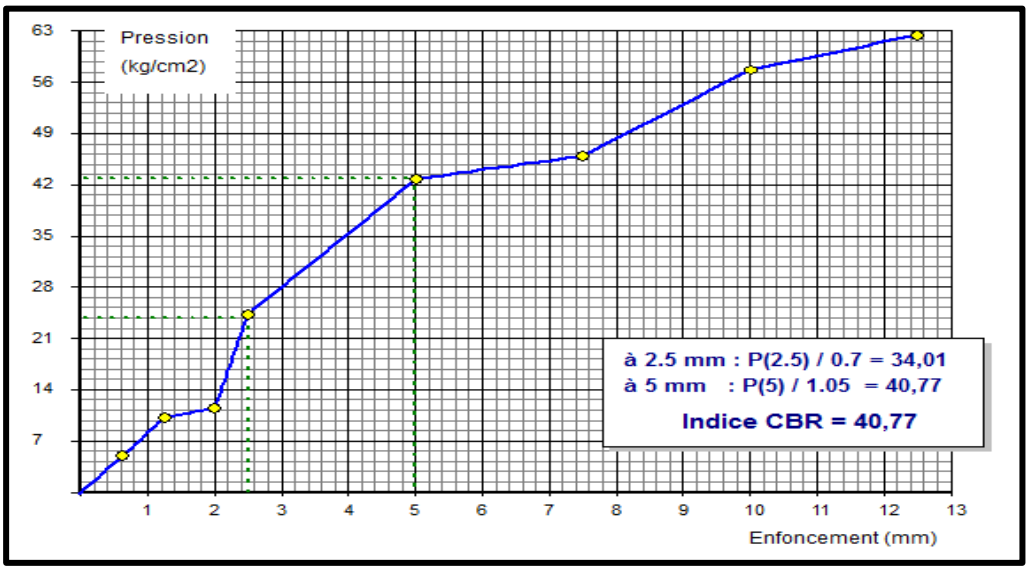
الشكل 3-7 : منحنى انتفاخ نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (الماء).

- نلاحظ أعلاه في الشكل (3-7) منحنى الانتفاخ في تزايد ،بعد مرور 5 ساعات سجلنا أعلى قيمة للإنتفاخ والمتمثلة في 24مم ،حيث بقيت القيمة ثابتة بعد 5 ساعات.

- نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (مقلع زواويد) :

الجدول 3-5: نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (زيت المائدة المستعمل).

الوقت (د)	30 ثا	1د	1د 40 ثا	2د	4د	6د	8د	10د
الغرز (مم)	0.63	1.25	2	2.50	5	7.50	10	12.50
القرائة	0.96	1.96	2.21	4.68	8.23	8.84	11.10	12.02
الضغط (كغ/سم^2)	4.99	10.19	11.49	24.32	42.78	45.95	57.69	62.47



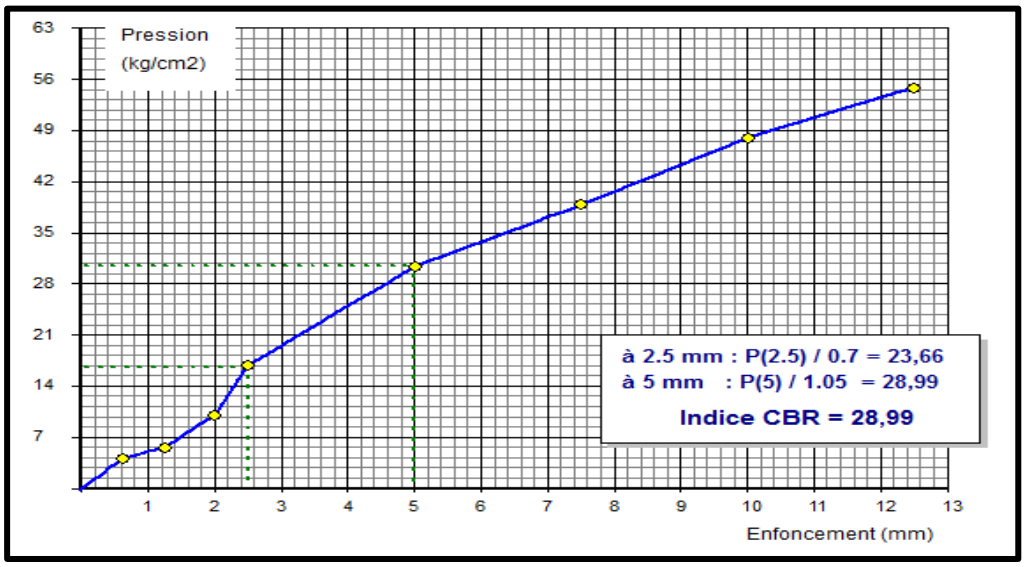
الشكل 3-8 : منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية (زيت المائدة المستعمل).

- من خلال الجدول والمنحنى المبينين أعلاه نلاحظ أن مستوى المنحنى تقريبا مائل حيث تتزايد درجة الغرز كلما زادت قوة الضغط ،ونرى أن المؤشر عند درجة الغرز 2.5مم أعطى 34.01 وعند 5مم أعطى 40.77 وبالتالي فهي مؤشر نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية.

- نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (مقلع زواويد):

الجدول 3-6: نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (زيت المائدة المستعمل).

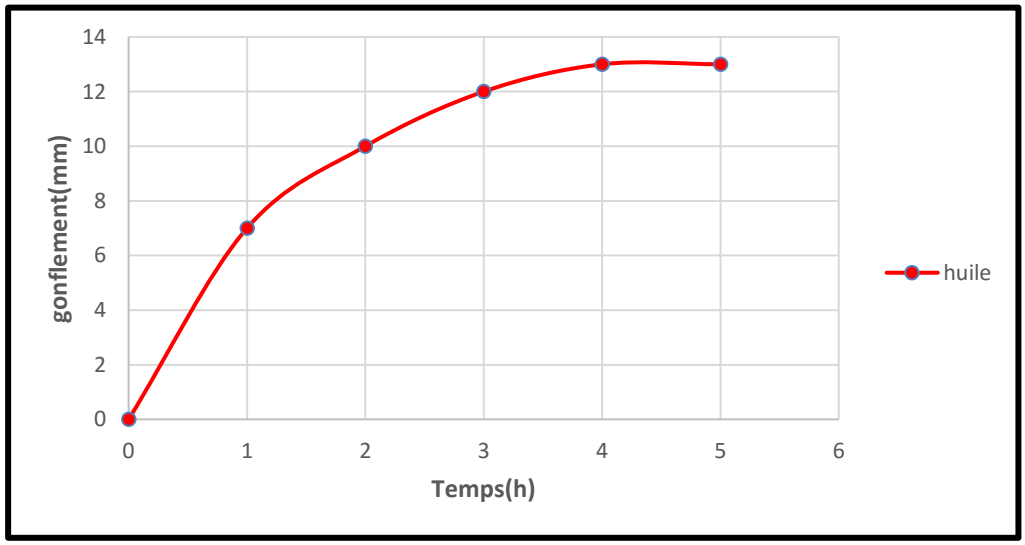
الوقت (د)	30 ثا	1د	1د 40 ثا	2د	4د	6د	8د	10د
الغرز (مم)	0.63	1.25	2	2.50	5	7.50	10	12.50
القرائة	0.79	1.08	1.93	3.24	5.84	7.47	9.23	10.56
الضغط (كغ/سم²)	4.11	5.61	10.03	16.84	30.35	38.82	47.97	54.89



الشكل 3-9 : منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (زيت المائدة المستعمل).

- من خلال الجدول والمنحنى المبينين أعلاه نلاحظ أن مستوى المنحنى مائل عموما حيث تتزايد درجة الغرز كلما زادت قوة الضغط ،ونرى أن المؤشر عند درجة الغرز 2.5مم أعطى 23.66 وعند 5مم أعطى 28.99وبالتالي فهي مؤشر نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر.

- منحنى الإنتفاخ لنسبة تحمل كاليفورنيا للغمر :



الشكل 3-10 : منحنى انتفاخ نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر (زيت المائدة المستعمل).

- نلاحظ في الشكل (3-10) منحنى الانتفاخ في تزايد ،بعد مرور 5 ساعات سجلنا أعلى قيمة للإنتفاخ والمتمثلة في 13مم ،حيث بقيت القيمة ثابتة بعد 4 ساعات.

الشكل 3-11 : قالب نسبة تحمل كاليفورنيا CBR في داخل هيكل التحميل.**[20]**

الشكل 3-12 : أجزاء معدات الغمر (CBR imbibé).**[20]**

3-2-3 اختبار الإنضغاط البسيط (NF P 98-230-2) :

لقد قمنا بتجربة الإنضغاط البسيط وقد تحصلنا على النتائج المدرجة في الجداول والمنحنيات التالية الخاصة بالماء والزيت.

- خصائص القالب :

حجم القالب : 196,25 سم^3.

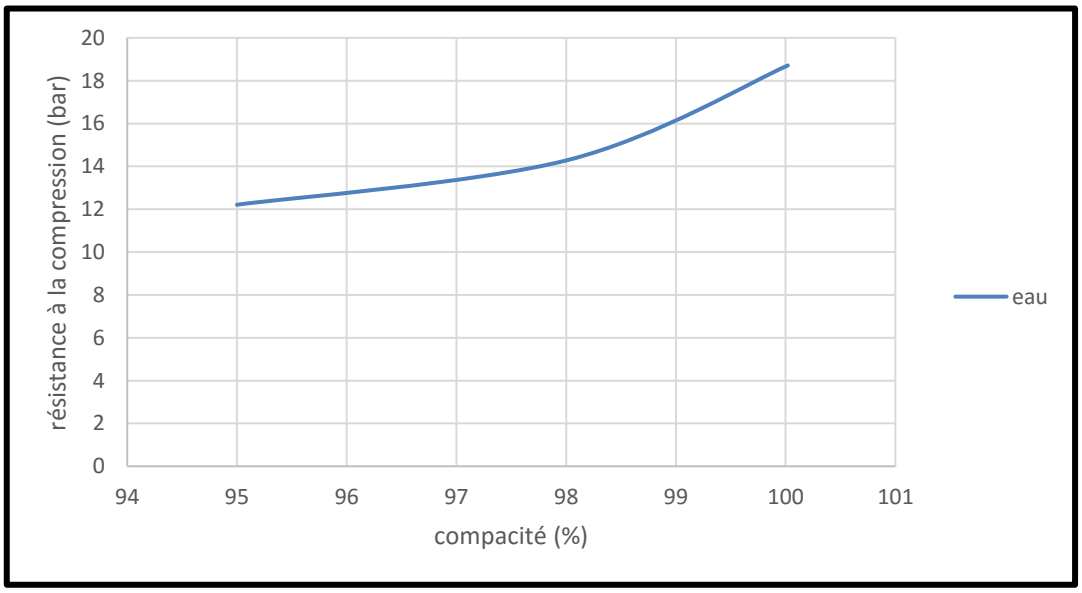
طول القالب : 10 سم.

قطر القالب : 5 سم.

- نتائج الانضغاط البسيط للتيف مع الماء :

الجدول 3-7: نتائج الانضغاط البسيط (الماء).

الكثافة الجافة عند الإنكسار	نسبة عملية الرص (%)	القراءة (كن)	المقاومة عند الكسر (كغ/سم^2)	المقاومة المتوسطة (بار)
1,611	100,04	3,5	18,19	18,71
1,612	100,11	3,7	19,23	
/	/	/	/	
1,578	97,99	2,8	14,55	14,29
1,577	97,92	2,7	14,03	
/	/	/	/	
1,529	94,98	2,2	11,43	12,21
1,529	94,95	2,5	12,99	
/	/	/	/	



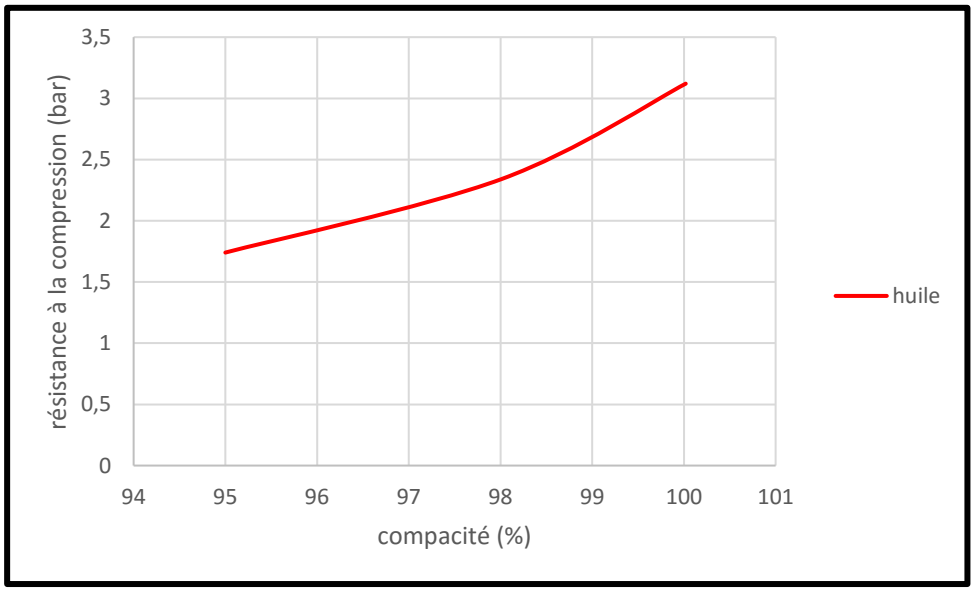
الشكل 3-13 : منحنى الانضغاط البسيط (الماء).

- نلاحظ من خلال المنحنى أعلاه أن قيمة المقاومة للعينة عند نسبة التراص 95 بالمئة كانت 12.21 بار وعند نسبة التراص 100 بالمئة وصلت الى 18.71 بار.

- نتائج الانضغاط البسيط للتيف مع زيت المائدة المستعمل :

الجدول 3-8: نتائج الانضغاط البسيط (زيت المائدة المستعمل).

الكثافة الجافة عند الإنكسار	نسبة عملية الرص (%)	القراءة (كن)	المقاومة عند الكسر (كغ/سم^2)	المقاومة المتوسطة (بار)
1,610	100,01	0,6	3,12	3,12
1,610	100,02	0,6	3,12	
/	/	/	/	
1,578	98,00	0,5	2,60	2,34
1,578	98,01	0,4	2,08	
/	/	/	/	
1,529	95,00	0,35	1,82	1,74
1,530	95,00	0,32	1,66	
/	/	/	/	



الشكل 3-14 : منحنى الانضغاط البسيط (زيت المائدة المستعمل).

- نلاحظ من خلال المنحنى أعلاه في الشكل (3-14) أن قيمة المقاومة للعينة عند نسبة التراص 95 بالمئة كانت 1.74 بار وعند نسبة التراص 100 بالمئة وصلت الى 3.12 بار.

الشكل 3-15 : عينات التيف+الماء بعد رصها وتجفيفها.

الشكل 3-16 : انهيار العينة داخل جهاز الضغط الميكانيكي.

4-2-3 تجربة التدرج الحبيبي (NF P 94-057):

- لقد قمنا بتجربة التدرج الحبيبي وقد تحصلنا على النتائج المدرجة في الجدول التالي :

الجدول 3-9: نتائج التدرج الحبيبي.

وزن العينة (غ)	رقم الغربال	قطر فتحة الغربال (مم)	كمية المتبقي (غ)	كمية المتبقي المجمع(غ)	نسبة المتبقي المجمع (%)	نسبة المار المجمع (%)
1000 غ	1	10	1.26	1.26	0.126	99.874
	2	5	8.97	10.23	1.023	98.977
	3	2	73.45	83.68	8.368	91.632
	4	1	73.75	157.43	15.743	84.257
	5	0.4	110.06	267.49	26.749	73.251
	6	0.2	217.38	484.87	48.487	51.513
	7	0.1	230.72	715.59	71.559	28.441
	8	0.08	26.20	741.79	74.179	25.821

- نلاحظ في الجدول أعلاه عينة ذات وزن 1 كيلو غرام ،حيث نسبة المار المجمع للتيف في إنخفاض كلما قلّ قطر فتحة الغربال حيث كانت نسبته عند المنخل رقم 1 ذو القطر 10 مم 99.874 بالمئة وصولا الى المنخل رقم 8 ذو القطر 0.08 مم أصبحت نسبته 25.821 بالمئة.

الشكل 3-17 : أثناء غسل عينة التربة على منخل رقم 200 (0.08 مم) لتجفيفها في الفرن لمدة 24 ساعة.

5-2-3 تجربة حدود أتربرغ (NF P 94-05) :

الشكل 3-18 : جهاز كازغراند.

الشكل 3-19 : احداث ثلم بواسطة آلة الشق.

- لقد قمنا بتجربة حدود أتربرغ وقد تحصلنا على النتائج المدرجة في الجدول التالي :

الجدول 3-10: نتائج حدود أتربرغ.

	التجربة الأولى		التجربة الثانية		التجربة الثالثة	
عدد الدقات	17		28		29	
رقم العلبة المعدنية	23	157	250	258	291	326
الوزن الكلي الرطب (غ)	23.30	23.79	23.36	22.87	24.89	23.06
الوزن الكلي الجاف (غ)	21.45	21.75	21.52	21.17	22.73	21.25
وزن العلبة المعدنية (غ)	14.10	14.02	13.78	14.01	13.63	13.80
وزن الماء (غ)	1.85	2.04	1.84	1.70	2.16	1.81
وزن التربة الجافة (غ)	7.35	7.73	7.74	7.16	9.10	7.45
نسبة الماء (%)	25.17	26.39	23.77	23.74	23.73	24.39
متوسط نسبة الماء (%)	25.78		23.75		23.73	
LI = 24.10 %						

- نلاحظ في الجدول أعلاه متوسط نسبة الماء في انخفاض من التجربة الأولى الى التجربة الثالثة كلما زاد عدد الدقات تدريجيا ،حيث يعتمد حد اللدونة على مجموع متوسط نسبة الماء في التجارب الثلاثة فكانت نتيجة الحد تساوي 24.10 بالمئة.

3-2-6 تجربة أزرق الميثيلين (NF P 94-068) :

تحسب قيمة الميثيلين الأزرق بالعلاقة التالية :

$$V_{BS} = V1 / M1$$

VBS : قيمة الميثيلين الأزرق.

V1 : حجم الميثيلين الأزرق (بالميليلتر).

M1 : كتلة عينة الاختبار (بالجرام).

ومنه :

$$V_{BS} = \frac{45}{60,11} = 0,7$$

$$0,2 \leq V_{BS} = 0,7 \leq 2,5$$

إذن التربة طمية .

الشكل 3-20 : محلول أزرق الميثيلين.

3-3 خاتمة :

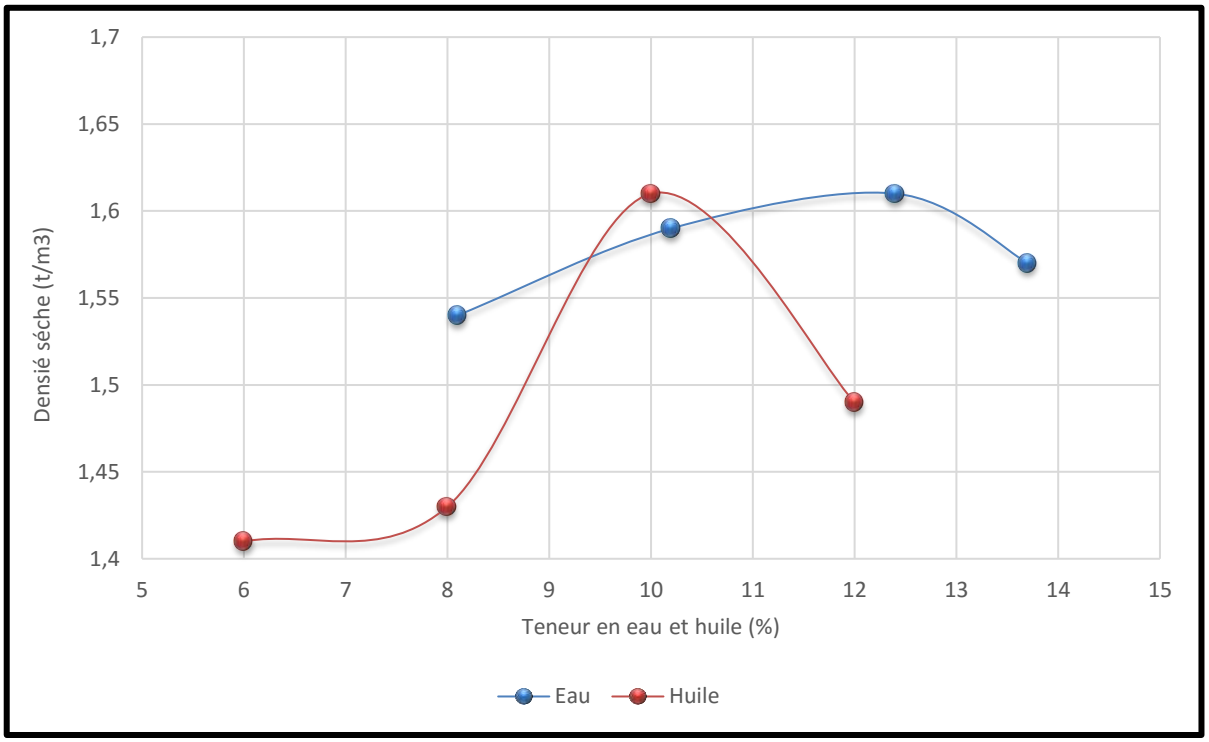
إن هذا الفصل يسلط الضوء على النتائج المتحصل عليها من تجاربنا في المخبر، ويوفر نظرة عامة على التأثيرات والاستنتاجات الرئيسية ،التي أفرزتها دراستنا . والخلاصة انه يمكن استخدام هذه النتائج كنقطة انطلاق للدراسات المستقبلية والبحوث المعمقة في هذا المجال.

الفصل الرابع :
تحليل ومناقشة النتائج

1-4 مقدمة :

يهدف هذا الفصل إلى مناقشة وتحليل النتائج التي تم الحصول عليها في إطار هذا البحث العلمي ،سيتم تقديم النتائج بشكل واضح وموجز، مع تفسير ومقارنة النتائج وتوضيحها عن طريق دمج المنحنيات البيانية مع بعضها البعض (الماء + زيت المائدة المستعمل) ،بعد ذلك ستتم مناقشة النتائج بشكل شامل مستندة إلى الأطر النظرية المناسبة والدراسات السابقة ، تسهم هذه النتائج والمناقشة في تعزيز فهمنا للظواهر المدروسة وتوجيه الأبحاث المستقبلية في هذا المجال ،سنختتم هذا الفصل بخاتمة تتضمن استنتاجا يستند على المناقشة والتحليل.

2-4 مناقشة وتحليل منحنى بروكتور :

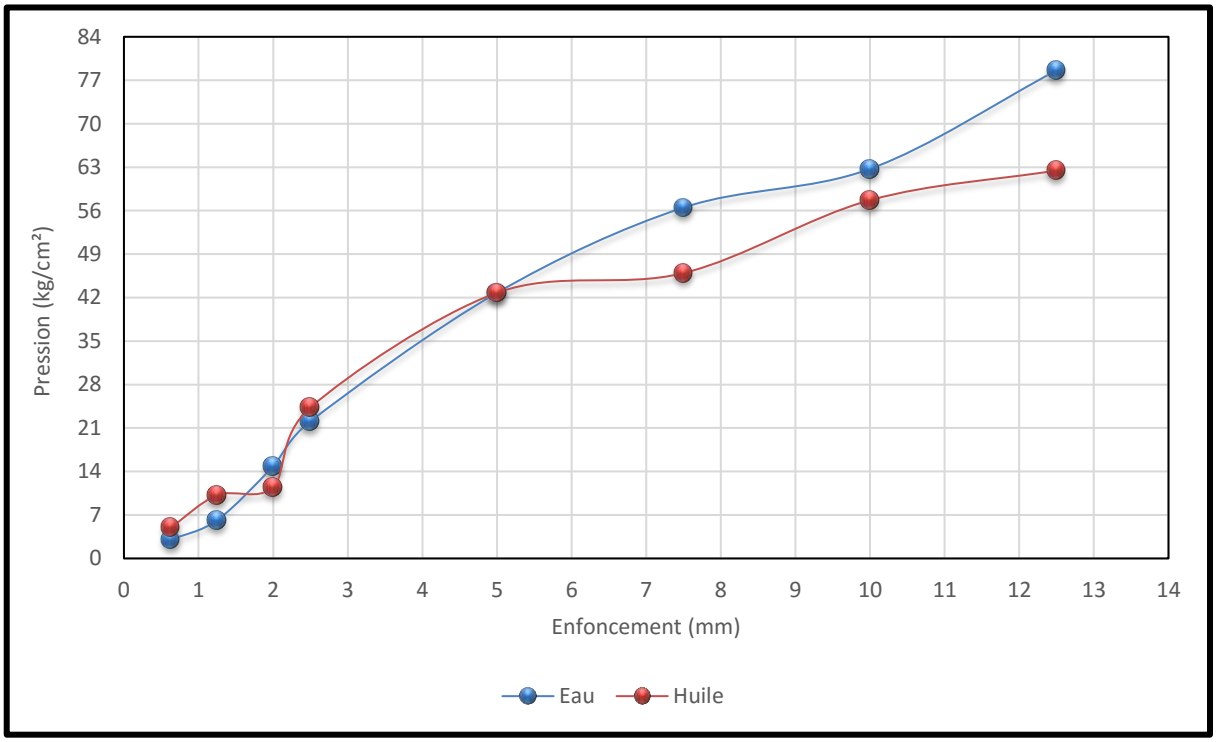


الشكل 4-1 : دمج نتائج بروكتور لـ (الماء) + (زيت المائدة المستعمل).

1-2-4 المناقشة والتحليل :

من خلال المنحنيين المبينين في الشكل (4-1) واللذان يمثلان تجربة بروكتور المعدل، للماء ثم للزيت،حيث يمثل محور التراتيب الكثافة الجافة (طن/م^3) ومحور الفواصل نسبة الماء والزيت (%) ،حيث يتقاطعان في نقطتين ،ويتبين أن استعمال الماء أو الزيت يخلص الى كثافة جافة للتيف ذاتها والمقدرة 1,61. كما يلاحظ أن نسبة الماء المثلى (14) لرص التيف تفوق نسبة الزيت المثلى (12) ، بـ 2 بالمئة.

3-4 مناقشة وتحليل منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية :

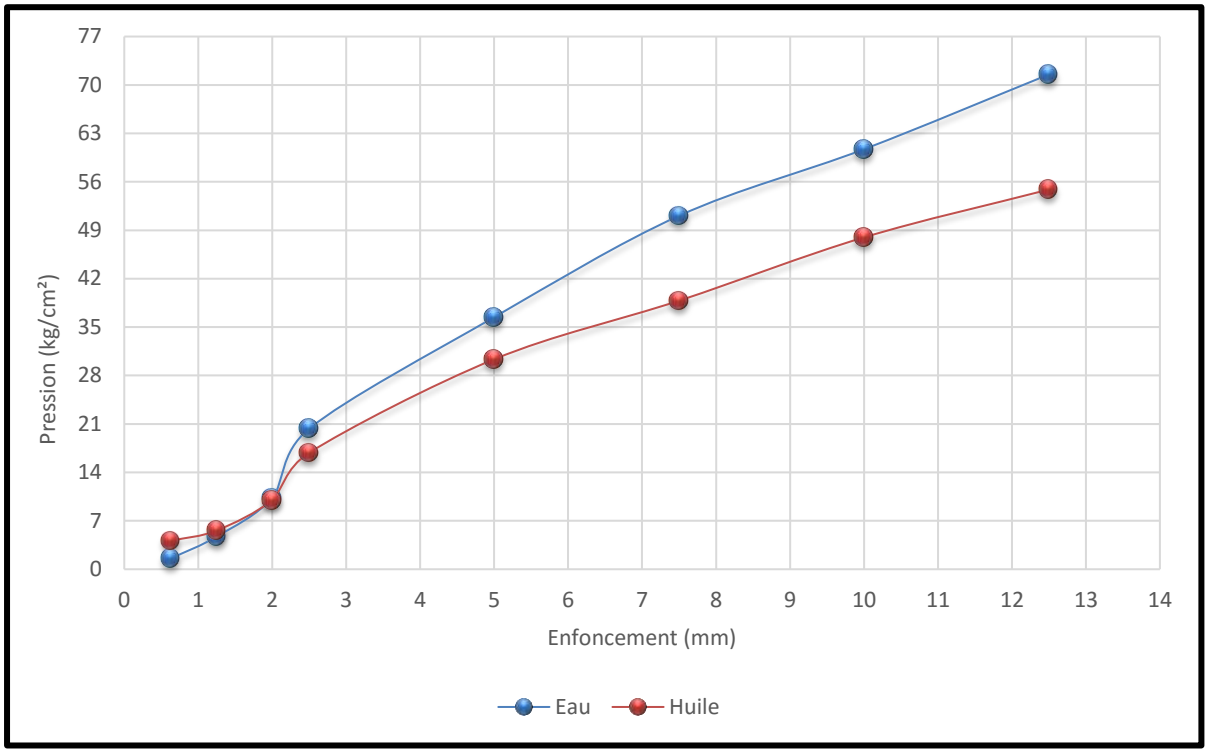


الشكل 4-2 : دمج نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية لـ (الماء) + (زيت المائدة المستعمل).

1-3-4 المناقشة والتحليل :

المنحنيين البيانين في الشكل (4-2) يمثلان نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية للماء و الزيت ،حيث يوجد على محور التراتيب الضغط (كلغ/سم^2) وعلى محور الفواصل الغرز (مم) ،حيث كلى المنحنيين في تصاعد ،نلاحظ تقاطعهما ثلاث مرات وأيضا عند قيم الأختراق القياسية 2.5مم تفاوت تحمل الزيت على الماء وعند 5مم تكون قوة التحمل متساوية ،ومنه نستنتج أن مؤشر نسبة تحمل كاليفورنيا الفورية للماء والتي تساوي 40.87 تقريبا متساوية مع مؤشر الزيت والتي تساوي 40.77 بي 0.10 ،وعلى هذا الأساس نسبة تحمل التيف مع الماء تكون أفضل من الزيت بقيمة طفيفة.

4-4 مناقشة وتحليل منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر :

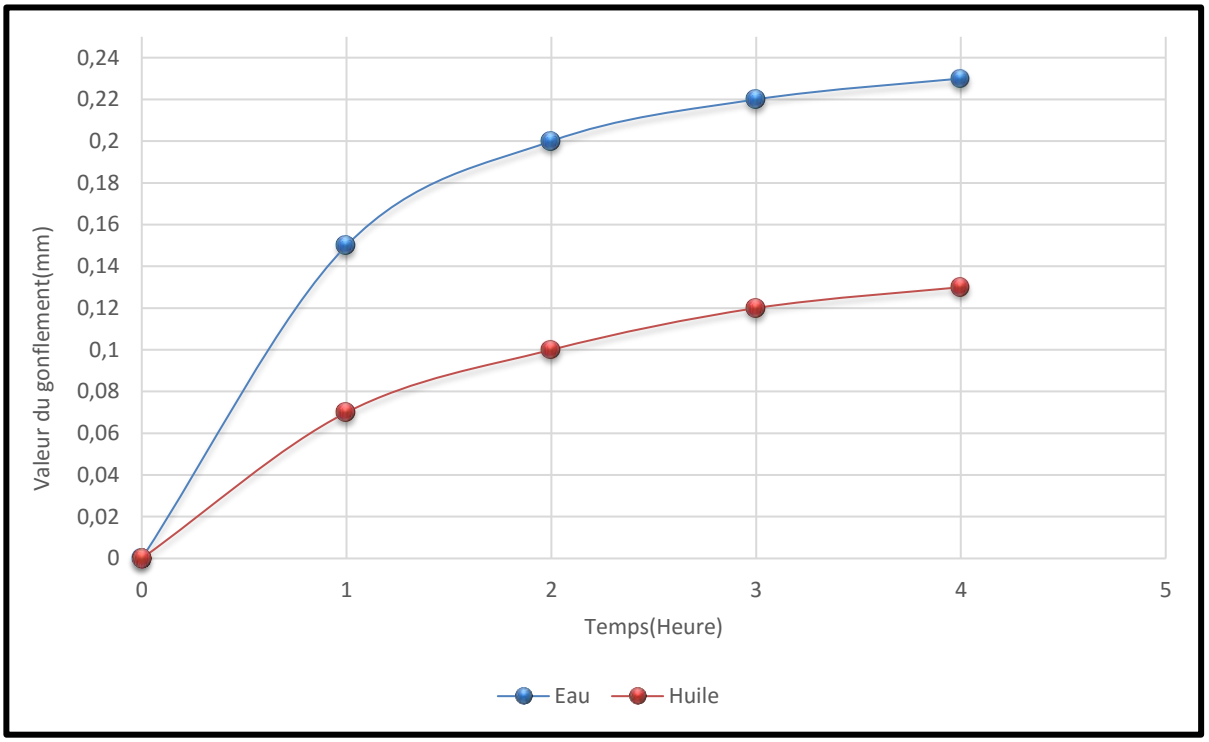


الشكل 4-3 : دمج نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر لـ (الماء) + (زيت المائدة المستعمل).

4-4-1 المناقشة والتحليل :

يمثلان المنحنيين البيانين في الشكل (4-3) نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر الخاصة بالماء و الزيت ،حيث يوجد على محور التراتيب الضغط (كلغ/سم^2) وعلى محور الفواصل الغرز (مم) ،مع أن كلى المنحنيين في تصاعد ،نلاحظ عدم تقاطعهما في أي نقطة وتقاربهما في 2مم عمق الغرز ،وأيضا عند قيم الأختراق القياسية 2.5مم تفاوت تحمل الماء على الزيت وعند 5مم تبقى قوة التحمل أكبر ،ومنه نستنتج أن مؤشر نسبة تحمل كاليفورنيا للغمر للماء والذي يساوي 34.84 أكبر من مؤشر الزيت والذي يساوي 28.99 بي 5.85 ،وعلى هذا الأساس نسبة تحمل التيف مع الماء بعد الغمر أفضل.

5-4 مناقشة وتحليل منحنى نسبة تحمل كاليفورنيا للإنتفاخ :

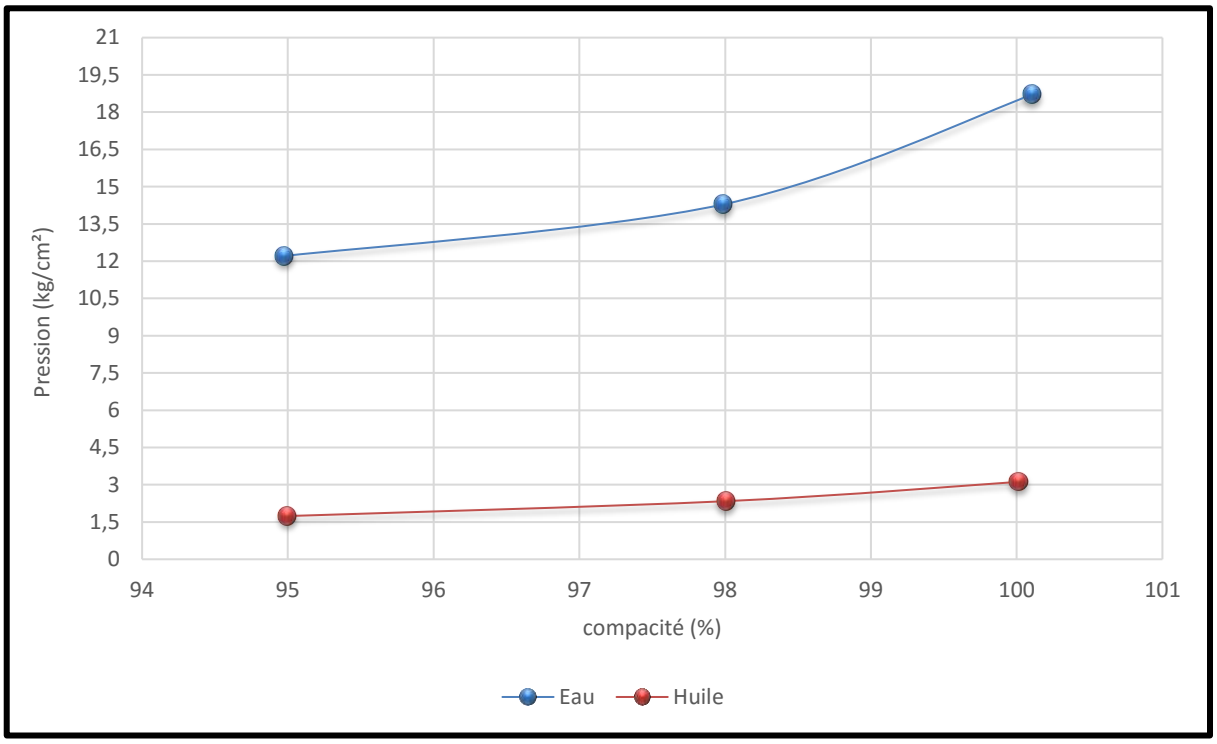


الشكل 4-4 : دمج نتائج نسبة تحمل كاليفورنيا للإنتفاخ لـ. (الماء) + (زيت المائدة المستعمل).

1-5-4 المناقشة والتحليل :

يظهرا المنحنيين البيانين في الشكل (4-4) ، نسبة تحمل كاليفورنيا للإنتفاخ للماء و الزيت ،حيث يوجد على محور التراتيب قيمة الإنتفاخ (مم) وعلى محور الفواصل الزمن (سا) ،مع أن كلى المنحنيين متجهان الى الأعلى ،نلاحظ عدم تقاطعهما أو اقترابهما ،بعد مرور أربع ساعات تكون قيمة الإنتفاخ للتيف مع الماء والذي تساوي 0.23مم أكبرمن قيمة الإنتفاخ للتيف مع الزيت والذي تساوي 0.13مم بنسبة 43.47 بالمئة ،ومنه نستنتج أن التيف المختلط مع الزيت أقل تشبعا من المختلط مع الماء.

6-4 مناقشة وتحليل منحنى الإنضغاط البسيط :



الشكل 4-5 : دمج نتائج الإنضغاط البسيط لـ (الماء) + (زيت المائدة المستعمل).

1-6-4 المناقشة والتحليل :

المنحنيين البيانين في الشكل (4-5) يوضحان الإنضغاط البسيط للماء و الزيت ،حيث يوجد على محور التراتيب الضغط (كلغ/سم^2) وعلى محور الفواصل نسبة التراص (%) ،مع أن كلى المنحنيين في تزايد ملاحظ في تحمل العينات المرصوصة ،نلاحظ أن منحنى التيف مع الماء أعلى من التيف مع الزيت والموازي له في نسب التراص الثلاث (95-98-100 %) ،حيث نسبة تراص منحنى الماء عند نسبة الرص 95% تفوق منحنى الزيت بنسبة 87.5 بالمئة وعند نسبة الرص 100% يفوقه بـ 83.9 بالمئة ،ومنه نستنتج أن مقاومة التيف مع الماء أكبر من التيف مع الزيت.

7-4 خاتمة :

يمكن القول أن هذا الفصل يعد جزءًا أساسيًا وحيويًا في فهم نتائج دراستنا، وفي هذا الفصل قمنا بالتحليل والمناقشة للنتائج المتحصل عليها في إطار عملنا، واستخراج الاستنتاجات المستخلصة. إن هدف هذه الدراسة هو تسليط الضوء على الإسهام العلمي والتطبيقي، وتوفير فرص للأبحاث المستقبلية والتطوير المستمر في هذا المجال.

خاتمة

بالإستناد إلى النتائج والمعلومات المتوفرة، يمكن استنتاج أن دمك التيف بالماء وزيت المائدة المستعمل يؤثران على خصائص التيف بطرق مختلفة ،ثم تبين أن تأثير تشبع التيف بالماء أو زيت المائدة المستعمل يسبب تغييرات في الهيكل المسامي للتيف ويؤثر على قدرته على العزل الحراري والميكانيكي.

توصلت دراستنا الحالية إلى أن تحسين عملية خلط التيف بالماء قد يسهم في تعزيز قوة التحمل ومقاومة الإجهاد للتيف ،بالإضافة إلى ذلك تشير النتائج إلى أن زيت المائدة يمكن أن يحسن قابلية التيف للتشكيل والاستدامة في تطبيق الرص المنجزمن طرفنا ،على الرغم من ذلك، يجب ملاحظة أن هذه النتائج تعتمد على شروط وظروف التجربة المحددة.

بالتالي ، فإن فهم تأثير دمك التيف بالماء وزيت المائدة المستعمل على خصائص التيف يساهم في تحسين استخداماتها المحتملة في مجالات متعددة. قد تكون هذه المعرفة مفيدة في تطوير مواد ومنتجات جديدة تستفيد من خصائص التيف وتلبي احتياجات متنوعة في الصناعة والتطبيقات العملية.

في النهاية ، يمكن اختتام البحث بأن دراسة تأثير زيت المائدة المستعمل على خصائص التيف تعتبر خطوة جديدة ومهمة في فهم تفاعلاته واستجابته للظروف المحيطة ، تساهم هذه الدراسة في تحسين عمليات تشبع التيف واستخدامه في مجالات أخرى كالعزل الحراري والتطبيقات الميكانيكية.

قائمة المراجع :

مراجع من الكتب والمقالات :

- مراجع بالفرنسية :

[01]. Amine T. Transports en Algérie. Alger (27 novembre 2022).

[02]. mahougbe & houanou &houinou & agbelele. (2021). analyse du cycle de vie des chaussées à base de la grave latéritique d'avlamè crue ou stabilisée.

[03]. Ufas Setif, Matériaux de construction en pierres naturelles. CHAPITRE II , UNIVERSITE FERHAT ABBAS FACULTE DE TECHNOLOGIE DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL ,Sétif (avril 2011).

[04]. ELHADJ GUESMIA Daheur : mémoire master en génie civil « contribution à l'étude de traitement des tufs d'encroutement dans la construction routière » université Amar Telidji Laghouat le 2011.

[05]. GOUAL Idriss : Thèse de doctorat « Comportement mécanique et hydrique d'un mélange de tuf de sable calcaire de la région de Laghouat : application en construction routière » Université ABOUBAKER Belkaid -Tlemcen le 02/04/2012, 264 pages.

[06]. COQUAND Roger route livre ii Edition EYROLLES France 1980.

[07]. L'entretien structurel des chaussées souples et semi-rigides. Le retraitement en place à froid aux liants hydrauliques, CIM béton, 2013.

[11]. Tufs et encroûtements , calcaires utilisation routières , laboratoire Lyon.

[12]. AMARI Malika, BENSERIDI Khadidja, DOUMI F.Zohra « Valorisation du matériau tuf dans le cas de chaussées routières », Thèse d'ingéniorat,Université de Sétif 2000.

[13]. Les tufs et encroûtements calcaires en Tunisie et dans le monde , (Bull,liaison Labo P. et Ch. - 126 - juil.-août 1983 - Réf. 2799).

[14]. ZEMMIT Fatiha , Mémoire de fin d'études (master 2) , «Influence de la nature de TUF dans la construction des chaussés» , Université Mohamed El Bachir Elibrahimi –Bordj Bou Arreridj , 2014.

[15]. GUESMIA ZAHRA , ZAIDI MAROUANE, Mémoire de fin d'études (master 2) , «ETUDE DE LA COMPACITE DES TUFS CALCAIRES DE LA REGION DE SAIDA» , Université Saïda - Dr Tahar Moulay - Faculté de Technologie, 2019.

[19]. ZEMMIT Fatiha: mémoire master en génie civil « Influence de la nature de TUF dans la construction des chaussés.» Université Mohamed El Bachir Elibrahimi –Bordj Bou Arreridj 2014.

- مراجع بالعربية :

[08]. محمد سيد سليمان ،سيد أبوليلة ،تربة الأحلال واختبارات الدمك الجزء الثاني ، مكانيك التربة الجزء الأول و الثاني.

[17].طارق اسماعيل كاخيا ،مدخل إلى تيكنولوجيا الزيوت والدهون والصناعات القائمة عليها ،فرع الكيمياء ،جامعة سوريا ،2006.

[18]. الدكتور سالم طلال ،الزيوت النباتية ، (2022) ، https://al3laj.com/الزيوت-النباتية/

[20]. عمر الفاروق سالم الدملوجي ، الفصل الثامن: رص التربة ، فحص رص بروكتور القياسي ، كلية الهندسة ، العراق.

[21]. عمر الفاروق سالم الدملوجي ، الفصل التاسع عشر: رص التربة ، فحص نسبة حتمل كاليفورنيا، كلية الهندسة ، العراق.

- مراجع إلكترونية :

[09]. Comment choisir un rouleau compresseur, (02/02/2022). https://conseils.hellopro.fr/comment-choisir-un-rouleau-compresseur-1171.html

[10]. The California Bearing Ratio (AASHTO T193-99).(30/03/2017). https://alhandasiforyou.blogspot.com /2017/03/california-bearing-ratio-cbr.html

[16]. A VAST HIDDEN RESOURCE, Groundwater (Chapter 4), May 23 2018, https://www.encyclopedia.com/earth-and-environment/ecology-and-environmentalism/environmental-studies/groundwater