الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العـــالي والبحـث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي
كلية التكنولوجيا
قسم الري والهندسة المدنية

مـذكـــرة تخـــرج

لنيل شهـــادة المـــاستر فـــي الهندســـة المدنيـــة

تخصص: مـــواد الهندســـة المدنيـــة

تحت عنـــوان:

الرقم التسلسلي : .....

الرقم الترتيبي : .....

المساهمة في تثمين رمال الآبار البترولية باستعمالها في الخرسانة

-إشراف الأستاذ الدكتور:
الأستـــاذ: مـاني محمد

- إعداد الطلبة:
- صوالاح عثمان
- علاهم عماره
- داهم رياض
- بليمي علي

لجنـــة المناقشـــة :

رئيس اللجنـــة : الأستـــاذ العقبي عبد العزيـــز

الممتحـــــن : الأستـــاذ بـــــدادي العيـــد

2022-2021

شكر وعرفان

بسم الله الرحمان الرحيم

الحمد لله رب العالمين الرحمان الرحيم

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين

سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم. الذي علمنا انه من (لا يشكر الناس لا يشكر الله.

وفاءا وتقديرا واعترافا منا بالجميل نتقدم بجزيل الشكر

إلي كل من ساهم في إتمام هذا العمل المتواضع من أساتذة و

زملاء وباحثين لأولئك المخلصين الذين لم يألوا جهدا في مساعدتنا في

هذا البحث العلمي، وأخص بالذكر الأستاذ الفاضـل:

الدكتـور محمد ماني

صاحب الفضل في توجيهنا ومساعدتنا في تجميع المادة البحثية

والشكر موصول لكل من قدم لنا يد المساعدة من قريب أو بعيد وأعاننا على

طلب العلم والمعارف في إخراج هذه الدراســة على أكمـل وجه

مع تمنياتنا أن تكون هذه الدراسة مفتاحا لمواصلة مزيد

من الأبحاث العلمية

الجديدة

الاهــداء

الحمد لله وكفى ، والصلاة والسلام على صاحب الشفاعة أشرف المرسلين نبيّنا محمد و آله ومن وفى ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، أمّا بعد:

الحمد لله الذي وفقنا للتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح بفضله تعالا.

أهدي ثمرة جهدي المتواضع إلى أوفى خلق الله وأحبّهم إلى قلبي، من وهباني الأمل والنشأة على شغف الإطلاع والمعرفة، ومن علّماني أن ارتقي سُلّم الحياة بحكمة وصبر، بِرّا وإحسانا و وفاء لهما:

مهدات الى أبي رحمه الله وإلى أمي العزيزة حفظها الله وأدامها نورا لدربي .

لكل العائلة الكريمة التي ساندتني.

إلى رفقاء المشوار الذين قاسموني مشوار الدراسي الى كل قسم الهندسة المدنية من طلبة دفعة 2022وأساتذة ودكاترة.

إلى زملاء الدراسة، وكل أحبابي و أصحابي، إلى كل الأشخاص الذين أحمل لهم المحبّة والتقدير وإلى كل من ساندني.

إلى كل هؤلاء أهدي هذا العمل، سائلا الله العليّ القدير أن ينفعنا به ويمدّنا بتوفيقه.

عثمان

الاهـــداء

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم

(من لم يشكر الناس لم يشكر الله ومن أهدى إليكم معروف فكافئوه فان لم تستطيعو فأدعوا له)

وعملا بهذا الحديث واعتراف بالجميل, نحمد الله عز وجل ونشكره على ان وفقنا لإتمام هاذ العمل المتواضع.

اهدي هاذ العمل المتواضع الى من قال فيهم الله تعالى (وقل رب إرحمهما كما ربياني صغيرا) الإسراء

ونتقدم بالشكر الجزيل الى الدكتور المشرف 'محمد ماني ' الذي رافقنا طيلة هاذ البحث وأمدنا بالمعلومات والنصائح القيمة راجين من الله عز وجل ان يسدد خطاه ويحقق مناه فجزاه الله عنا كل خير.

والى الدكتور خلايفة احمد و الدكتور خلايفة عمار وكل عمال إدارة كلية التكنولوجيا ونخصهم بالذكر عميد كلية التكنولوجيا ورئيس القسم و رئيس شعبة الهندسة المدنية.

واخيرا لا يفوتنا أن نعبر عن بالغ تحياتنا الى كل من ساعدنا من قريب او من بعيد في انجاز هذا البحث المتواضع.

دون ان ننسى الشكر والتقدير لمخبر نيوزيلاب الذي قدم لنا يد المساعدة عن طريق زميلنا السعيد ولابي.

عمارة ورياض

الاهــداء

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى وأهلي ومن وفى اما بعد

أما بعد

الحمد لله الذي وفقنا لتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح بفضله تعالى مهدات الى الوالد الكريم حفظه الله تعالى وادامه نورا لدربي والى روحي أمي الطاهرة رحمت الله عليه والى أختي الغالية والى كل الأساتذة الكرام وكل الاشخاص الذين احمل لهم المحبة في قلبي وأخص بالذكر علاهم عمار، داهم رياض, عثمان صوالح والى كل من نسيه قلم وحفظه القلب.

علي

ملخص:

تخلف عملية الحفر واستخراج النفط كميات هائلة من الرمال المستخرجة من الآبار البترولية، هذه الرمال تكون دوما ممزوجة ومختلطة بسوائل الحفر التي تسهل خروج تلك الرمال من الآبار، ان هذه السوائل تحتوي على مواد مضرة البيئة عموما، لذا فان تلك الرمال المستخرجة من الآبار مباشرة تعد خطيرة.

نصت الكثير من الهيئات العالمية على خطورة هذا الأمر مما اضطرت الدول المنتجة لهذه المادة لاتخاذ الاجراءات وسن قوانين محكمة لتنظيم هذه العملية وكيفية التعامل مع هذه الرمال.

أجريت عدة أبحاث عالمية تقترح العديد من الحلول لهذا الاشكال والحد منه.

في هذا الصدد وفي سياق هذه الفكرة درسنا وقمنا خلال هذه الدراسة محاولة الإجابة عن إمكانية استعمال رمل آبار البترول كبديل ولو جزئيا في البناء للتقليل من هذه الظواهر والمشاكل المترتبة عليها في حقول منطقة حاسي مسعود .

وفي خلاصة هذه الدراسة توصلنا الى النتيجة التالية :

أن عند استعمالنا لخرسانات ذات التركيز (250/350/450) Kg/m^3 كانت المقاومة الامثل في الضغط و الانحناء عند التركيز 400 كغ/م3 .

أما بالنسبة للانكماش فكانت النسبة الأمثل عند التركيز 350 كغ/م3 .

الكلمات المفتاحية:

سائل الحفر، رمل الآبار البترولية، خرسانة الرمل، مقاومة الانحناء، مقاومة الضغط، الانكماش.

Résumé:

Le processus de forage et d'extraction de pétrole laisse d'énormes quantités de sable extraites des puits de pétrole. Ce sable est toujours mélangé et mélangé avec des fluides de forage qui facilitent la sortie de ces sables des puits. Ces fluides contiennent des substances nocives pour l'environnement en général, donc que le sable extrait directement des puits est dangereux..

De nombreux organismes internationaux ont affirmé la gravité de cette affaire, obligeant les pays producteurs de cette substance à prendre des mesures et à promulguer des lois judiciaires pour réglementer ce processus et la manière de traiter ce sable.

Plusieurs recherches internationales ont été menées suggérant de nombreuses solutions à ce problème et le limitant.

A cet égard et dans le cadre de cette idée, nous avons décidé au cours de cette étude d'essayer de répondre à la possibilité d'utiliser le sable de puits de pétrole comme alternative, même partielle, dans la construction pour réduire ces phénomènes et les problèmes qui en découlent dans les domaines de Région de Hassi Messaoud.

Au terme de cette étude, ils sont arrivés à la conclusion suivante :

Lorsque nous avons utilisé du béton de concentration (250/350/450) Kg/m3 .

La résistance optimale en compression et flexion à la concentration était de 400 Kg/m3 .

Quant au retrait ,le taux optimal à la concentration était de 350 Kg/m3.

les mots clés: Fluide de forage, sable de puits de pétrole, béton de sable, résistance à la flexion, résistance à la pression, retrait.

فهرس المحتوى

شكر وعرفان I
الاهـداء..... II
الاهـداء III
الاهـداء IV
ملخص: V
فهرس المحتوى..... VII
فهرس الجداول XIII
فهرس الأشكال..... IX
مقدمة..... 1

الفصل الأول

عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

I.1. مدخل:..... 4
I.2 . حقل حاسي مسعود :..... 5
I.2.1 لمحة تاريخية عن حقل حاسي مسعود. 5
I.2.2 تعريف البئر..... 6
I.2.3 تعريف النفط أو البترول..... 8
I.2.4 طبيعة حقل حاسي مسعود..... 9
I.3 مواصفات حفر البئر..... 9
I.4 أنواع الحفر: 9
I.4.1 الحفر المطرقي: 9
I.4.2 الحفر الدوراني:..... 9
I.5 سائل الحفر: 10
I.5.1 تعريف..... 10
I.5.2 أنواع سوائل الحفر: 11

I.1.2.5 سائل الحفر ذو أساس مائي: 11
I.2.2.5 سائل الحفر ذو أساس زيتي:..... 12
I.3.2.5 سائل أنواع أخر مثل الهواء والمستحلب. 12
I.3.5 مهام سائل الحفر. 12
I.4.5 مكونات سائل الحفر. 12
I.5.5 التركيب الكيميائي لسائل الحفر:..... 13
I.6.5 خصائص سائل الحفر. 13
1.الكثافة:..... 14
2. اللزوجة:..... 14
1.2. اللزوجة البلاستيكية :..... 14
3. الترشيح:..... 15
4. القوة الجيلاتينية: 16
5. الحامضية PH:..... 16
I.6. حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر واحد:..... 17
I.7أنواع المعالجات :..... 22
I.1.7. معالجة سوائل الحفر:..... 22
I.2.7. المعالجة الميكانيكية المتصلة:..... 22
I.3.7. المعالجة الكيميائية:..... 23
I.1.3.7. المعالجة الكيمائية غير المتصلة (التصلب–الاستقرار): 23
I.2.3.7المعالجة الحرارية:..... 26
نتائج تحليل التربة المعالجة حراريًا:..... 26
I .3.3.7 المعالجة البيولوجية:..... 27
I .8الأهداف الأساسية من المعالجة الميكانيكية والكيميائية: 28
I.9 معالجة رمال وفتات الحفر:..... 28
I.10 المقارنة بين المعالجة الكيمائية غير المتصلة (التصلب–الاستقرار) و المعالجة الحرارية : ... 28
I.11 التأثيرات والأضرار على البيئة والإنسان:..... 29

خلاصة الفصل:..... 32

الفصل الثاني

تركيبة خرسانة الرمل

II.1 المدخل :..... 34
II.2 تاريخ خرسانة الرمل..... 34
II.3. استعمالات خرسانة الرمل في العالم:..... 35
II.3.1. الاتحاد السوفيتي:..... 35
II.3.2: خرسانة الرمل في فرنسا:..... 37
II.3.3: خرسانة الرمل في الخليج العربي:..... 37
II.3.4: خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي:..... 37
II.4: مكونات وصياغة خرسانة الرمل:..... 39
II.4.1: مدخل: 39
II.4.2: مبدأ تركيبة الخرسانة:..... 39
II.4.2.1: تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة:..... 39
II.4.2.2: تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة : 41
II.4.2.2. 1: تأثير النسبة E/C على المسامية:..... 41
II.4.2.2. 2 : تأثير النسبة E/C على المقاومة:..... 42
II.5: مكونات خرسانة الرمل:..... 43
II.5.1 : الاسمنت:..... 43
II.5.2 : الرمل:..... 43
II. 5.3 : الماء: 44
II.5.4: الاضافات : 45
II.5.4.1: دور المميعات أو الملدنات:..... 45
II.5.5: المواد المضافة:..... 46
II.5.5.1: الحشو: 46
II.5.5.2: الحصى الصغير : 46

II.3.5.5: الألياف: 46
II.6: صياغة خرسانة الرمل:..... 46
II.6.1: مبدأ صياغة خرسانة الرمل:..... 47
II.6.2: بعض طرق صياغة خرسانة الرمل:..... 47
II.6.2. 1: الطريقة النظرية لصياغة خرسانة الرمل:..... 48
II.6.2. 2: الطريقة التجريبية لصياغة خرسانة الرمل : 50
II.6.2. 1.2: صياغة خرسانة الرمل بدون إضافات:..... 50
II..6.2.2.2: صياغة خرسانة الرمل باستعمال الإضافات:..... 52
II.7: خصائص خرسانة الرمل:..... 53
II.7.1: خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب:..... 53
II. 7.1.1: التراصية:..... 53
II.7.1.2: التشغيلية :..... 55
II.7.2: خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب:..... 56
II. 7.2.1: الخصائص الميكانيكية:..... 56
II. 7.2.1.1: مقاومة الضغط : 56
II. 7.2.1.2 : مقاومة الشد:..... 58
II .7.2.2: معامل المرونة : 59
II.7.2.3 : الانكماش: 60
II .7.2.3.1: الانكماش الحراري:..... 61
II .7.2.3.2: الانكماش اللدن :..... 61
II.7.2.3.3 : انكماش الجفاف 61
II.7.2.4: الزحف :..... 62
II.7.2.5 : الديمومة: 63
II.7.2.6: الخاصية الشعرية:..... 64
II.7.2.7 : النفاذية:..... 64
II.8: مزايا و ميادين استعمال خرسانة الرمل :..... 64

II.1.8: التشغيلية :..... 65
II.2.8: نوعية المظهر:..... 65
II.3.8: التجانس والتماسك :..... 65
II.4.8: المصدر المحلي للمواد الأولية: 65
الخلاصة:..... 67

الفصل الثالث

خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

III.1. مدخل:..... 69
III.2. خصائص المواد المستعملة:..... 69
III.1.2. الرمل:..... 69
III.1.2: التحليل الكيميائي:..... 69
III.1.4. توضيح أشكال القوالب المستعملة:..... 82

الفصل الرابع

مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

IV.1. مدخل:..... 85
IV.2 طرق التجارب :..... 85
IV.1.2. تجربة التحطيم بالانحناء:..... 85
IV.2.2. تجربة التحطيم بواسطة الضغط :..... 86
IV.3.2. تجربة الانكماش:..... 87
ملاحظة:..... 88
IV.3. نتائج مقاومة الانحناء:..... 88
VI.1.3. مناقشة نتائج مقاومة الانحناء:..... 92
IV.4. نتائج مقاومة الضغط: 93
IV.1.4. مناقشة نتائج مقاومة الضغط: 96
IV.5. نتائج الانكماش:..... 99
.....100

IV.1.5. مناقشة نتائج الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول:.....100
الخلاصة:.....102
قائمة المصادر والمراجع.....107
الملاحق 108

فهرس الجداول

الجدول (I.1): حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر واحد..... 17
الجدول (I.2): نتائج تحاليل الزيت و المكونات الثقيلة من المستنقع قبل المعالجة. 22
جدول (I.3): نتائج التحليل لعينتين من الحوض و ذلك قبل المعالجة و بعد 25
الجدول (I.4): نتائج تحليل التربة المعالجة حراريا. 27
الجدول (I.5): المقارنة بين المعالجة الكيمائية غير المتصلة (التصلب–الاستقرار)و المعالجة الحرارية[11]..... 28
الجدول II.1 يوضح صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف..... 39
الجدول 2.2 يعطي المقدار الادنى من الاسمنت بدلالة D..... 41
الجدول II.3 يوضح أمثلة على التدرج الحبيبي للرمل المستعمل في تركيبات خرسانة رمل بعض المناطق 44
الجدول II.4:أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل..... 52
الجدول II.5:أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل قام بها بعض المغاربة [26]. 53
حيث عرف الرمل الدقيق والخشن بالجدولII.6..... 53
الجدول II.6:يوضح التدرج الحبيبي للرمل المستعمل في تركيبات خرسانة رمل بعض المغاربة [26]: 53
الجدول II.7: التراصيه العظمى بدلالة D MAX[26]. 55
الجدول II.8:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتCHAOUCH[14] لخرسانة الرمل..... 57
الجدول II.9:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتGUENOUN لخرسانة الرمل[28]. 57
الجدول II.10:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتKETTAB[26] لخرسانة الرمل 58
الجدول II.11:نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH [29]. 58
الجدول II.12:نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال GUENOUN [30]. 59
الجدول II.13:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال [16]..... 59
الجدول II.14:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH [29]. 60
الجدول II.15:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال NAFA BATATA[31]. 60
الجدول II.16:أهم أنواع الانكماش..... 61

الجدول. III.1: النسب المئوية للمكونات الكيميائية لرمل الآبار البترولية..... 69
الجدولIII . 2: النسب المئوية للمكونات الكيميائية لرمل الآبار البترولية..... 70
الجدولIII.3: نتائج تجربة التدرج الحبيبي لرمل آبار البترول (SPP)..... 73
الجدولIII.4: التحليل الكيميائي للاسمنت..... 77
الجدولIII.5: التركيبة الكيمائية للماء المستعمل MG/L. [45]..... 79
الجدولIII.7: نتائج تجربة التشغيلية..... 82
الجدولIII.8: تركيبة خرسانة الرمل الشاهد. 82
الجدول IV. 1: نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل آبار البترول. 88
الجدول IV. 2: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل آبار البترول..... 93
الجدول IV. 3:يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول محل الدراسة..... 99

فهرس الأشكال

الشكل (ا.1): توزيع المناطق داخل حقل حاسي مسعود [1]..... 5
الشكل (ا.2): رسم تخطيطي للآبار [2]..... 6
الشكل (ا.3): دورة سائل الحفر على موقع [7]..... 11
الشكل (ا.4): مخطط يوضح موقع بئر زملة احمد بن ميلود [13]..... 18
الشكل(ا .5) : نموذج لحجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر زملة احمد بن ميلود مع قنوات المنزلة . [13]..... 19
الشكل (ا.6): نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة جنوب بركين[14]. 20
الشكل (ا.7): نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة اليزي [14]. 21
شكل (ا.8): تنصيب وعمل محطة المعالجة الميكانيكية المتصلة..... 23
شكل (ا.9): مخطط مبسطة لوحدة المعالجة لتصلب و الاستقرار..... 24
الشكل (ا.10): ظاهرة التغليف..... 25
الشكل (ا.11): رسم تخطيطي لعملية المعالجة الحرارية [7]..... 26
الشكل (ا.12): صورة المستنقع قبل عملية الحفر..... 29
الشكل (ا.13): صورة المستنقع بعد عملية الحفر..... 30
الشكل (ا.14): يبين كيفية انتقال التلوث من التربة إلى البيئة. 31
الشكل (ا.1): يبين كيفية انتقال التلوث من التربة إلى البيئة. 40
الشكل ا.2: تأثير النسبةE/C على المسامية [18]..... 42
الشكل ا.3:تأثير النسبةE/C على مقاومة الانحناء [18]..... 42
الشكل ا.4: تأثير النسبةE/C على مقاومة الضغط [18]..... 43
الشكل ا.5:تأثر المسامية بمعامل النعومة [14]..... 54
الشكل ا.6: تأثير بعد الحبيبات ألأصغرية D على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من الرمل [24]. 54
الشكل ا.7:التراصية بدلالة تركيز الاسمنت[26] 55
الشكل ا.8:التشغيلية بدلالة النعومة، تأثير مقدارا لدقائق[24]..... 56

الشكل II.9:الانكماش الكلي. [24] 62
الشكل II.10: الزحف الكلي[24] 63
الشكل II.11:منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات [24]..... 64
الشكل III. 1: الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي..... 72
الشكل III. 2: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة 100% رمل الآبار البترولية. 74
الشكل III. 3: طاولة الهز لتجربة التشغيلية..... 81
الشكل IV. 1: يوضح آلية التحطيم بالانحناء..... 86
الشكل IV. 2:يوضح آلية التحطيم بالضغط. 87
الشكل IV. 3: يوضح آلة الانكماش. 88
الشكل IV. 4:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتركيز 450 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام..... 89
الشكل IV. 5:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتركيز 400 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام..... 90
الشكل IV. 6:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتركيز 350 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام..... 90
الشكل IV.7:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتركيز 250 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام. 91
الشكل IV. 8:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتراكيز الاسمنت المختلفة بدون الماء خلال الايام. . 91
الشكل IV. 9:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتراكيز الاسمنت المختلفة مع الماء خلال الايام. ... 92
الشكل IV.10:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتركيز 450 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام..... 94
الشكل IV11:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتركيز 400 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام..... 94
الشكل IV.12:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتركيز 350 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام..... 95

الشكل IV.13:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتركيز 250 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام.....95
الشكل IV. 14:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتراكيز الاسمنت المختلفة بدون الماء خلال الايام.96
الشكل IV. 15:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتراكيز الاسمنت المختلفة مع الماء خلال الايام. .. 96
الشكل IV. 16: منحنى يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول لمختلف التراكيز. 100

فهرس الصور

صورة (I.1): توضح الاجزاء الرئيسية لبرج حفر الابار النفطية..... 8
الصورة (II .1): ميترو الأنفاق (SAINT–PETERSBOURG) [14]..... 36
الصورة II. 2: العوارض بخرسانة الرمل مصنع بني صاف [16]..... 38

مقدمة

مقدمة

يعتبر الركام المادة الأساسية المكونة لجسم الخرسانة اذ تبلغ نسبته اكثر من ثلثي المكونات، ان هـ>هـ المادة وان كانت متوفرة في بعض المناطق من العالم فان مناطق أخرى تعاني من ندرتها مما جعل اسعار الخرسانة في ارتفاع كبير.

تزداد مشكلة الركام لما ندرك انه مادة موجودة في الطبيعة وانه مصدره في اغلب الأحيان غير متجدد.

لا يعاني قطاع الإنشاء من قلة وعدم تجدد مادة الركام فقط بل هناك مناطق تعاني من مشكل قلة الترب الصالحة لرصف الطرقات وقواعد الشركات والمطارات.

من المناطق التي تعاني من تلك المشاكل نجد صحراء الجزائرية والتي تشمل تلك الحقول النفطية التي تعمل عليها كبر الشركات العالمية، في المقابل نجد ان هذه الشركات عند حفرها للآبار البترولية تستخرج مئات ان لم نقل آلاف الأمتار المكعبة من رمال التي تكون قد لوثة بسوائل الحفر.

ان سوائل الحفر انواع مختلفة أهمها السائل المائي والزيتي والذي يعتبر أخطرها على البيئة، تمزج داخل البئر هذه السوائل بالرمل لتخرج ملوثة وترمى في الطبيعة العارية.

لقد دقة الهيئات والمنظمات العالمية التي تعنى بالبيئة ناقوس الخطر جراء هذه العملية، لقد اتخذت الدول البترولية إجراءات متباينة تجاه هذا الاشكال.

في هذا السياق اردنا تثمين هذه الرمال الملوثة بسوائل الحفر والمستخرج من الآبار البترولية وبعد معالجتها الأولية. ارتأينا ان نستعملها داخل الخرسانة للحد من مخاطرها المختلفة، واستعمال هذه الخرسانة في غرض من الأغراض المختلفة.

قسمنا عملنا هذا إلى أربعة فصول، تطرقنا في الفصل الأول إلى عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود.

وفي الفصل الثاني تطرقنا إلى تركيبة خرسانة الرمل من خلال جمع المعلومات قصد تحديد الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لهذه المادة والمواد المركبة لها وإلى معرفة بعض تركيبات هذه الخرسانة.

وأما الفصل الثالث فقد عالجنا فيه خصائص المواد المستعملة في هذا البحث وصياغة خرسانة رمل آبار البترول وبالنسبة للفصل الرابع فقد تناولنا فيه مختلف سلوك خرسانة رمل آبار البترول ذات تراكيز الاسمنت المختلفة من مقاومة الانحناء و الضغط ودراسة ظاهرة الانكماش.

وفي الأخير نقدم خلاصة عامة على خصائص خرسانة رمل آبار البترول تحت تأثير القوى وذلك اعتمادا على ما تحصلنا عليه من نتائج.

الفصل الأول

عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

1.I. مدخل:

تستخدم في الوقت الحاضر تقنيات حفر الآبار لإستخراج كميات كبيرة وهامة من الموارد والخامات الطبيعية (النفط، الغاز، المعادن الثمينة... وغيرها) من باطن الأرض، وأهم المجالات التي تحفر من أجلها الآبار:

إستخراج النفط والغاز الطبيعي من المكامن النفطية والغازية.

التنقيب والإستكشاف، وذلك بهدف إكتشاف المكامن الجديدة للخامات الهامة، أو بهدف تحديد المكامن التي سبق إكتشافها، وحساب مخزون هذه المكامن من الثروات.

حفر الآبار المائية، وذلك بهدف إستخدامها للأغراض البشرية، والزراعية، والصناعية.

حفر الآبار المنجمية، وذلك لإستخدامها كمنافذ للتهوية، أو كوسائل لنزح الماء المتدفق في المناجم، أو كممرات للإستعاف السريع، وغيرها من الإستعمالات المتعلقة بصناعة المناجم.

دراسة التربة، وذلك بهدف إنشاء العمارات والأبراج العالية والسدود والطرق السريعة والسكك الحديدية، والممرات تحت الأرض والمنشآت الصناعية، وغيرها من الأعمال الإنشائية.

وبالرغم من تعدد مجالات تطبيق أعمال حفر الآبار، فإن تطور تقنيات حفر الآبار اعتمدت أساسا على أعمال التنقيب والإستكشاف والإستثمار لحقول النفط والغاز، وذلك لأن معظم الآبار المحفورة وأكثرها عمقا تم حفرها لإستخراجها. ومع ذلك فهناك الكثير من العناصر المشتركة بين أعمال الحفر المستخدمة للأغراض المختلفة.

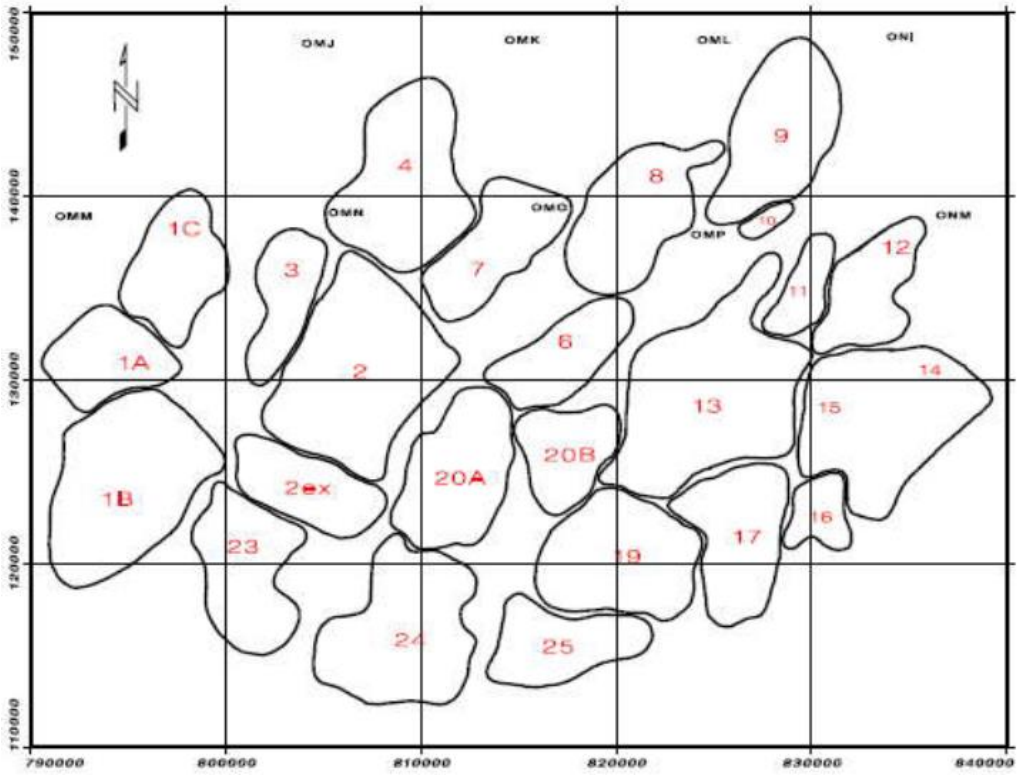
نطلق اسم الخرسانة على الخليط المكون من الماء والركام (الرمل والحصى) والاسمنت بنسب ملائمة، وتسمى خرسانة مسلحة تلك الخرسانة المضاف إليها كمية من الحديد بغية توازن إجهادات الشد التي لا تستطيع الخرسانة لوحدها مقاومتها، بهذا اصبحت الخرسانة أكثر استعمالا في مجال البناء وخاصة في ميدان الأرصفة –الاسم بالفرنسية–، وفي بعض الأحيان نستطيع استخدام الركام كله رمل ونسمي الخرسانة الناتجة خرسانة الرمل – الاسم بالفرنسية – في دراستنا ستكون الرمال ذات طبيعة مختلفة لتعطى لنا خرسانة نصطلح عليها "خرسانة رمال آبار البترول." – الاسم بالفرنسية –

إن استعمال رمال آبار البترول داخل تركيبة خرسانية معينة يتعلق أساسا بمدى تأقلم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية لهذه الأخيرة مع مكونات خرسانة الرمل الأخرى وذلك دون تجاهل العامل الاقتصادي (الثمن)، الذي يلعب دورا هاما، خاصة في الحالات التي يكون فيها سعر المعالجات الرملية وتأهيلها للاستعمال مكلفًا.

إن الدور المرجو من هذه الكميات الهائلة لهذه الرمال المستخرجة والمترامية في الطبيعة هو المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل وتوفير مصدر جديد وغير مستغل لأحد العناصر الأساسية لمكونات الخرسانة الرملية وكذلك المساهمة في التنمية المستدامة والقضاء على التلوث البيئي لحقل حاسي مسعود.

2.I . حقل حاسي مسعود :

هو حقل نفط يقع في حوض بركني ولاية ورقلة الجزائر ويعتبر أكبر حقل نفط في الجزائر وفي القارة الإفريقية وبعد عدة سنوات من الإنتاج تم حصر حقل حاسي مسعود على أنه مجموعة من المناطق كل منطقة بها عدة آبار تتصرف بشكل مستقل عن بعضها البعض مما أدى إلى تعريف أن كل منطقة آبارها تتواصل مع بعضها البعض وليس مع المناطق المحيطة بها ويوجد حاليا حوالي 25 منطقة إنتاج واسعة في هذا المجال.



الشكل (1.I): توزيع المناطق داخل حقل حاسي مسعود [1].

1.2.I لمحة تاريخية عن حقل حاسي مسعود.

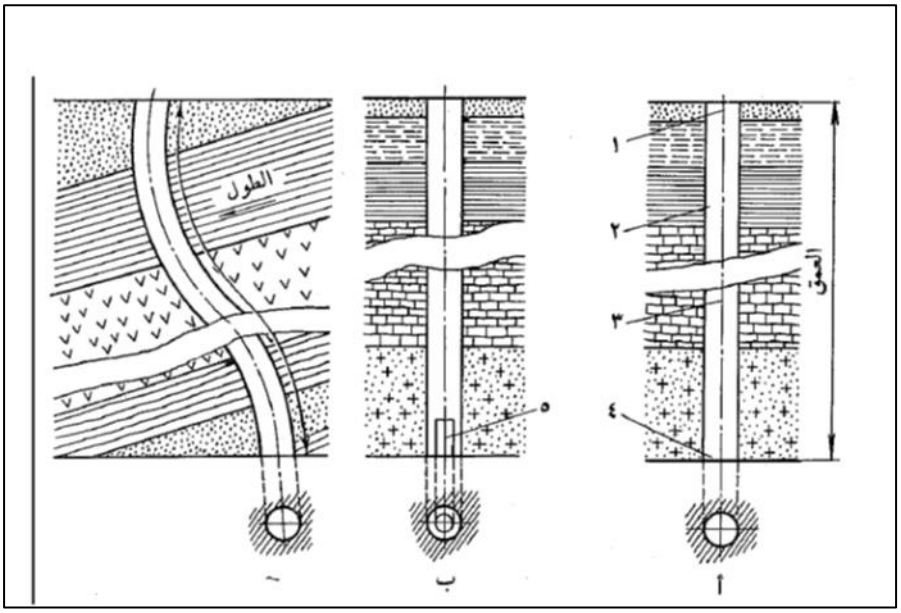
في عام 1917م جاء رجل بدوي مع عائلته اسمه روابحي مسعود إلى منطقة في ورقلة ووجد فيها الماء على عمق 14 متر بعد عملية الحفر، عرفت هذه المنطقة منذ ذلك الوقت باسم حاسي مسعود نسبة إلى اسم الرجل،

اكتشف الحقل عام 1956، الحقل طورته شركة سوناطراك، التي تملكه و تقوم بتشغيل. ثم شبهها الجيولوجيون الفرنسيون سنة 1956 في وجود شيء آخر غير الماء وبالفعل تم اكتشاف أول بئر بترولي في حاسي مسعود سنة 1958م

2.2.I تعريف البئر.

تعرَّف البئر بأنها بناء معدني خاص، وذات شكل أسطواني، تحفر دون إنزال الإنسان فيها، قطرها أقل بكثير من طولها [2].

وعناصر البئر هي الآتية [أنظر الشكلI-2]:



الشكل (I.2): رسم تخطيطي للآبار [2].

1- فوهة البئر: وهي الفتحة الواقعة في الجزء العلوي من البئر (على السطح).

2- جدران البئر: وهي عبارة عن السطح الأسطواني الواصل بين فوهة البئر وقاعها.

3- محور البئر: وهو الخط الوهمي الذي يصل بين مركز فوهة البئر ومركز القاع، وقد يكون المحور مستقيما شاقولياً، أو مائلاً، أو منحنياً، أو متعرجاً.

4- قاع البئر: وهي الطرف السفلي من البئر.

5- عمق البئر: وهو المسافة الشاقولية بين الفوهة والقاع، أي أنه مسقط محور البئر على الشاقول. ويتغير عمق البئر في مجال واسع، من عدة عشرات من الأمتار، وذلك حسب الهدف من حفرها.

- طول البئر: وهو المسافة بين الفوهة والقاع وفق محور البئر، أي أن طول البئر أكبر دوما من عمقها.

– قطر البئر: تحفر البئر على مراحل، ويتناقص قطر البئر من مرحلة لأخرى، بدءاً من السطح. القطر الأول للبئر (على السطح) لا يزيد عادةً عن 900مم، والقطر الأخير (المرحلة السفلى) نادرا ما يكون أقل من 40 مم. [2]

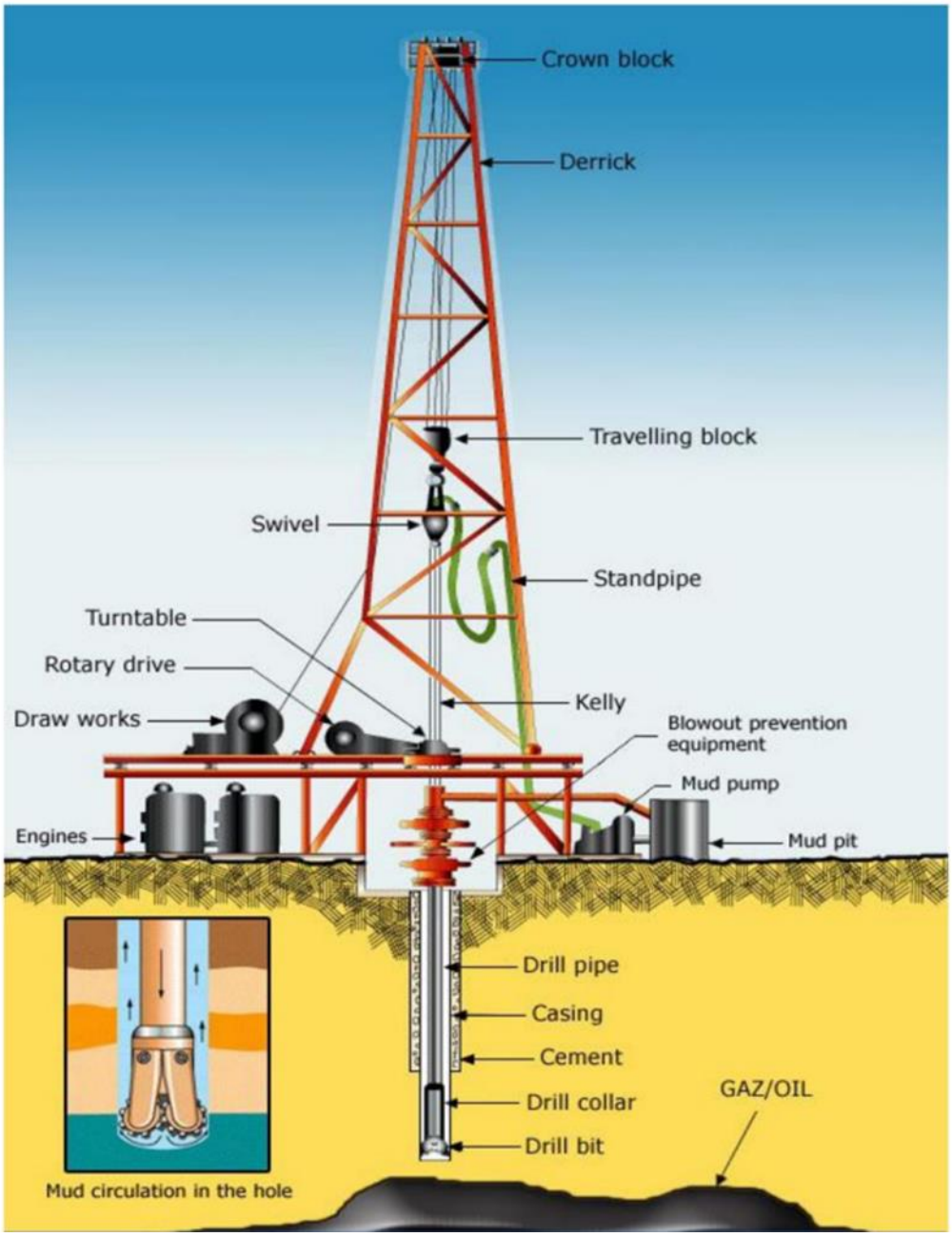
يتم إنجاز البئر بالحفر، الذي هو عبارة عن مجموعة الأعمال التي يتم بواسطتها إختراق الطبقات الصخرية بدءاً من سطح الأرض وحتى العمق المقرر للبئر. وتشمل هذه الأعمال تفتيت الصخور عند القاع، ورفع نواتج الحفر إلى السطح، ثم تغليف البئر وسمنتتها.

إن تفتيت الصخور عند القاع يمكن أن يكون كاملاً، وهو ما يسمى بالحفر العادي، أو يكون جزئيا، ويسمى عندئذ بالحفر التلبيبي، وذلك بهدف الحصول على عينات أسطوانية من الطبقات الصخرية، ترفع بشكل دوري إلى السطح لدراسة هذه الطبقات بشكل دقيق ومفصل.

تحفر الآبار على اليابسة وفي البحار، وذلك بواسطة أجهزة حفر (وحدات الحفر)، وعند الحفر في البحار تثبت هذه الأجهزة على منصات ثابتة أو عائمة، أو سفن حفر بحرية. [2]

هو فتحة عميقة يحفرها الإنسان للوصول إلى جوف الأرض ليستخرج منها سائل، وآبار الماء والغاز وهي الآبار الأكثر شيوعًا، وقد يصل هذا الحفر إلى آلاف الأمتار، وذلك بواسطة أجهزة ومعدات حفر ذات تكنولوجيا عالية تسمح لها باختراق طبقات الأرض [3].

حيث تم حفر أول بئر للتنقيب على النفط في 27 سبتمبر 1859 بواسطة الأمريكي E.L.Drake بمدينة بنسلفانيا الأمريكية، والتقنية الكلاسيكية كانت في بداية القرن العشرون واخترعها لوكاس وشهدت عمليات الحفر في تكساس تطورًا كبيرًا في النظام، لحل العديد من المشاكل التي واجهتها أثناء الحفر وكانت مساهمات كبيرة جلبت أثناء الحفر الخاص (الضغط العالي والحفر، درجات الحرارة العالية، الحفر الأفقي والمتعدد والحفر الرغوي والهوائي وما إلى ذلك) ثم تطوير الحفر في أواخر الثلاثينات وهذا منذ 1930 إلى عام 1947 وتركز البحث على تكوين خصائص سوائل الحفر وإعطاءه اهتمام كبير[4].



صورة (I.1): توضح الاجزاء الرئيسية لبرج حفر الابار النفطية

I.2.3 تعريف النفط أو البترول.

ان كلمة (petroleum) كلمة اللاتينية وهي كلمة من مقطعين (petra) وتعني الصخر و(oleum) وتعني الزيت وتعني الكلمة باللغة العربية زيت الصخر أو الزيت الخام (للتمييز بينه وبين زيوت الخضروات وشحوم الحيوانات) كما أنه له اسم دارج هو الذهب الأسود وأحيانا يسمى نافثًا من اللغة الفارسية (نافث أو نافثًا والتي تعني قابليته للسريان).ويطلق مصطلح بترول بصورة عامة على جميع المواد الهيدروكربونية التي تتكون بصورة طبيعية، كما يتميز النفط الخام باللون البني الغامق او الاسود

ذات البريق الأصفر الذهبي وتختلف الكثافة النوعية للنفط من خزان الى اخر ومن حقل الى اخر وتكون في متوسط 0.835 غ/سم3.

ولكن بالمعنى التجاري الضيق يطلق مصطلح النفط الخام على المواد السائلة.

وقد تتواجد هذه المواد السائلة (النفط الخام) والغازية (غ ط) جنبًا إلى جنب في حوض بترولي واحد كحقول كركرك في العراق وقد تنفرد في الوجود كحقول الغاز في الجزائر [5].

إن مادة النفط بصورته السائلة أو الغازية يتواجد في أعماق الأرض، لذلك تكون هناك المواد منها العالقة أو المختلطة مع البترول الخام خاصة مثل المياه، الأملاح، الكبريت، الرمال، الشمع...إلخ، لذلك لا يمكن استعمال واستهلاك النفط كمادة خام إلا بعد تصفيته أو تكريره، ويعتبر النفط الجزائري من أفضل الأنواع من حيث درجة نقاوته من الكبريت [6].

I.4.2 طبيعة حقل حاسي مسعود.

تتمثل خصائص حقول حاسي مسعود بطبيعة تكوينها التي واجهتها أثناء الحفر في المراحل وفقًا للطبقات المحفورة التي هي كما يلي:

* طبقات رملية.
* طبقات طينية؛
* طبقات غنية بالأملاح؛
* طبقات منتجة تحتوي على الماء والنفط والغاز [1].

I.3 مواصفات حفر البئر.

البئر يتكون من خمسة مراحل كل مرحلة تمتاز بقطر الثقب وعمق المرحلة ونوع سائل الحفر المستعمل.

ونوع الطبقات المتشكلة وخصائصها:

I.4 أنواع الحفر (drilling methods):

I.4.1 الحفر المطرقي (Cable tool Drilling):

تعتبر هذه الطريقة الاولى التي طبقت لاستخراج المياه وكذلك النفط. ومع ان هذه الطريقة لم تعد تستخدم في الصناعة النفطية.

I.4.2 الحفر الدوراني (Rotary,Drilling):

وهي الطريقة المطبقة حاليًا في الصناعة النفطية وفي هذه الطريقة من الحفر يتم تحطيم الصخور على قاع البئر نتيجة الحمل على رأس الحفر، ودوران رأس الحفر على القاع في آن واحد، فبتأثير الحمل

تتغرس أسنان رأس الحفر في الصخر وبتأثير دوران رأس الحفر يتم تفتيت الصخور وزلها وإخراجها بواسطة سائل الحفر الذي يتم تدويره بصورة مستقرة بعد معالجته ميكانيكيًا وكيميائيًا و: توجد الطرق الاتية من الحفر الدوراني.

أ- الحفر الطاحوني أو الرحوي (rotary drilling):

وفي هذه الطريقة من الحفر يتم نقل الحركة الدورانية إلى رأس الحفر بواسطة طاحون (رحى) على السطح يدار من قبل محركات خاصة، حيث أن دوران الطاحون يؤدي إلى دوران مجموعة مواسير الحفر المرتبطة معه، وبالتالي دوران رأس الحفر، حيث تنتهي مجموعة المواسير بهذا الرأس.

ب- الحفر بإستخدام محركات مغمورة:

وهنا توضع محركات فوق رأس الحفر، تعمل على تدويره بمفرده، دون دوران مجموعة مواسير الحفر. وتبعا لنوع هذه المحركات توجد الطرق الآتية للحفر:

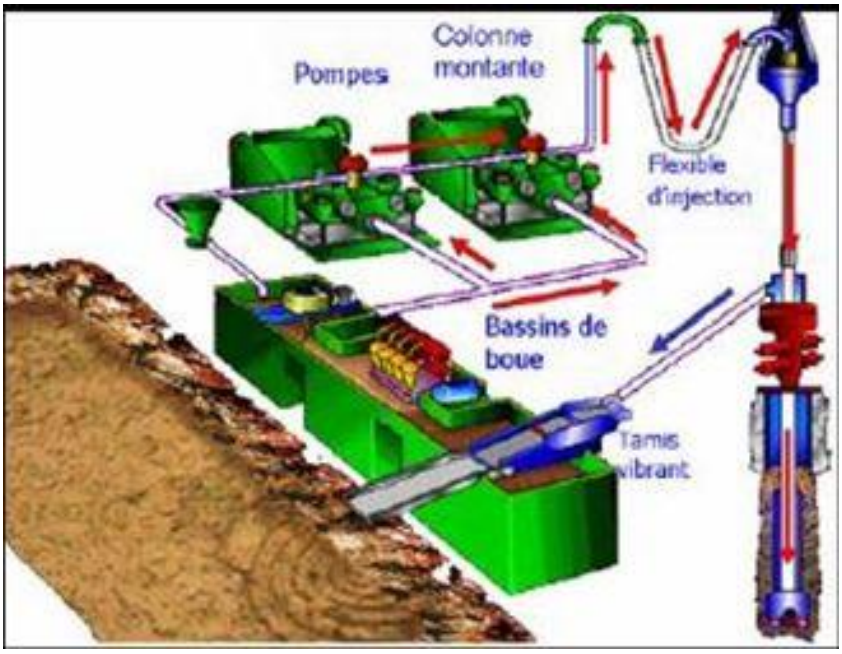
- الحفر بإستخدام محركات توربينية (عنفية) (turbo drilling): حيث تعمل هذه المحركات بطاقة سائل الحفر الذي يضخ من خلال مجموعة مواسير الحفر.
- الحفر بإستخدام محركات كهربائية (electrical drilling): حيث تتم تغذية المحرك بالتيار الكهربائي من على السطح. [2].

I.5 سائل الحفر (Fluide de forage au bout de forage):

I.5.1 تعريف.

سائل الحفر والذي يسمى أيضا طفلة الحفر أو طمي الحفر وهو عبارة عن نظام مركب من عدة مكونات مختلفة، السائلة (الماء والزيت) والتي تحتوي على إضافات أخرى معدنية وعضوية (الطين والبوليمرات ومواد معدلة للتوتر السطحي (جزئيات برمائية والاسمنت) ومواد أخرى.

تم تقديم سائل الحفر فعليا في المؤتمر العالمي الأول للنفط سنة 1933م وتم نشر أول معالجة عن سوائل الحرف سنة 1936 من قبل إنفانزوريد وفي سنة 1979 عرف معهد البترول الأمريكي (APL) سائل الحفر على أنه سائل خاص بالتدوير المستمر طوال مدة الحفر داخل البئر وخارجه، يتم تحضير السائل في خزانات خاصة ويتم حقنه داخل القضبان إلى غاية رأس الحفارة الدورانية وعند خروجه من البئر محمل بالأتربة (غثاثة الصخور) يخضع للعديد من المعالجات والغربلة والتخفيف وإضافة بعض المواد التي تقضي على الأشياء العالقة في السائل ثم إعادة ضبط خصائصه الفيزيائية والكيميائية حتى يرجع لقيمته وحالته الأصلية[4].



الشكل (3.I): دورة سائل الحفر على موقع [7]

2.5.I أنواع سوائل الحفر (Type de la boue de forage):

لي حفر البئر يوجد عدة أنواع من سائل الحفر وتصنف عادة وفقا لمرحلة العبور داخل البئر حيث هناك تقاطعات وتداخلات لمختلف الطبقات والسوائل.

1.2.5.I سائل الحفر ذو أساس مائي (WBM) (La boue à base d'eau):

يعرف هذا النوع من الحفر باستخدام الماء + الطين ويكون بمرحلتين مستمرتين وهو الأكثر شيوعا لأن تكلفته رخيصة الثمن ولا تترك أي أثر في البيئة عند استخراج تربة الحفر منها ويتم شحنها اختياريا باستخدام بـ NaCl، وهي تستخدم بشكل عام لحفر الأجزاء العلوية من البئر.

وأثناء عملية الحفر، يتم دمج مواد التكوينات التي تم اجتيازها في الطين وبالتالي يمكن تغيير تكوينها وخصائصها وهي عبارة عن حبيبات بشكل اساسي لا يتجاوز محتواها بضع غرامات / لتر من NaCl. (كلور الصوديوم) وتتكون بشكل اساسي من تعليق غرواني من البتونايت الصوديوم بشكل أكثر دقة.

ويتراوح تركيز البنتونايت عموما من 30 غ/ل الى 70 غ/ل اعتمادا على انتاجية البنتونيت وخصائص البؤر المرغوبة. ومع ذلك، في بعض الاحيان، يمكن اجراء علاجات اضافية بالمعاول الفوسفاتية المتسخة التي يمكن أن يكون محتواها من كلوريد الصوديوم بين بضع عشرات من الاملاح.

تستخدم هذه الطريقة لعبور المناطق اللعابية لتجنب التجاويف وتتكون من الماء و الملح (بشكل عام كلور الصوديوم) – والمعادن الغرويات [7].

2.2.5.I سائل الحفر ذو أساس زيتي (O BM) (Boues à base d'huile):

هو سائل من مادة الطفلة أساسه زيتي يكتسب خصائصه المثلى بعد عدة مرات من التدوير في البئر وهذا النوع يصنع ليكون الزيت هو الشق المستمر فيه، زيت الديزل وهو الأكثر شيوعًا للإمداد الشق الزيتي، ويستخدم هذا النوع عامة في الطبقات الصلصالية المنتفخة، لأنه في حالة استخدام السائل الطفلي ذو أساس ماء سيمتص الصلصال الماء وسينتفخ مسببًا التصاق الأنابيب [8].

توجد ظروف حفر تحتها لا يستطيع سائل الحفر العادي أن يعطي وسط التدوير المرغوب فيستخدم الهواء أو الرغوة أو الغاز في حفر بعض الآبار التي تحدث فيها هذه الظروف الخاصة.

3.2.5.I سائل أنواع أخر مثل الهواء والمستحلب.

توجد ظروف حفر تحتها لا يستطيع سائل الحفر العادي أن يعطي وسط التدوير المرغوب فيستخدم الهواء أو المستحلب في حفر بعض الآبار التي تحدث فيها هذه الظروف الخاصة.

3.5.I مهام سائل الحفر.

1. تزييت وتبريد الريشة ومجموعة مواسير الحفر.
2. إزاحة ونقل الفتات الصخري من قعر البئر إلى السطح.
3. المساعدة في الحصول على معلومات من البئر.
4. حمل الفتات وبقائه معلقًا خلال توقيف التدوير.
5. السيطرة على الضغط للطبقات تحت السطحية.
6. تغطية جدار البئر بطبقة غير نافذة تسمى (Mud Cake or filter cake).
7. تخفيف الحمل أو الضغط على جهاز الحفر.
8. التخلص من نواتج الحفر وحبيبات الرمال على السطح. [1]

4.5.I مكونات سائل الحفر.

1.الباريت (Barite): وهو معدن مركب من كبريتات الباريوم ($Ba\ SO_4$)، 65.6% من Ba_0 و 34.4 من SO_3، حيث يستعمل لزيادة وزن الصقلة أو سائل الحفر بمعنى زيادة الكثافة [8].

2.البنتونيت (Béntonite): وهو يتواجد في الطبيعة على شكل سيلكيات الألمنيوم المائية (H2O , AL2 O3 ,4Sio2)، ويستخدم لزيادة لزوجة سائل الحفر أو الطفلة وتقليل ترشح الماء وتمتاز هذه المادة بقابلية التميئو[9].

3.كاربوسي مثيل السيلليوز (Methyl_ Cellulose): هو مادة عضوية وأحد مشتقات السيللوز ومرتبطة ببعض مجموعات الهيدروكسيل صيغته الكيميائية هي (CH2-CO2H) وهو يستعمل للسيطرة على ترشح الماء [9].

4. النشاء (Starch): وصيغته الكيميائية (C6 H10 O5)n وهو مادة مقللة لترشح السوائل وخاصة في الطبقات ذات المياه المالحة والمشبعة [9].

5. هيدروكسيد الصوديوم: (Na OH) ويستعمل للتخلص من تأثير أيون الكالسيوم على الطفلة وثاني أيون الكالسيوم خلال حفر الطبقات حيث هذه المادة تقلل الـ PH وترفع اللزوجة والقوة الجيلاتينية [9].

6. الصودا الكاوية (Cousticpotash): هي مادة صيغتها الكيميائية NaOH حيث تقوم هذه المادة بالسيطرة على قاعدية سائل الحفر وتمنع تجمع الجزئيات ومنع تفسخ المواد المكونة لبقية المواد المستعملة [9].

7. المواد المزيتة:مثل النفط الخام وهو عبارة عن هيروكربونات مشبعة لها تراكيب حلقية تتألف من خمسة إلى سبع ذرات كربون ولهذه المركبات الصيغة العامة $C_n H_2n$.

– زيت الغاز أو الديزل وهو عبارة عن مزيج من المركبات الهيروكربونية C14 H30 [7].

وأخيرا وبالرغم من أن تكنولوجيا وكيمياء موائع الحفر أصبحت أكثر تعقيدا، ظل مفهوم سائل الحفر نفسه، إن سائل الحفر ضروري لنجاح عملية الحفر لأنه يزيد الانتعاش ويقلل الوقت اللازم لتحقيق الهدف [7].

5.5.I التركيب الكيميائي لسائل الحفر:

التركيبة الكيميائية لسوائل الحفر المستعملة بمختلف أنواعها هي على حسب اكتشافها وتطورها من خلال احتكاكها مع الطبقات المختلفة وأيضا عملية التدوير فإنه يحتوي على العديد من المواد الكيميائية الخطيرة التي تتأثر بها البيئة على غرار التلوث وتضرر التربة ومن أهمهم:

1. كلور الصوديوم (Na cl) بنسبة لا تتجاوز بعض الغرامات في اللتر.
2. بنتونيت (Coloidale d'argil) بنسبة تتروح من 30 إلى 70 غ التر.
3. Colloidesmineraox (Attapulgite)
4. Colloides Organiques (Amidon)
5. سوائل معدنية وعضوية (الجير_ والصودا) [10].

6.5.I خصائص سائل الحفر.

تعتمد دراسة خصائص سائل الحفر بشكل عام على عدة معايير أهمها:

الكثافة، اللزوجة، الترشيح، الحامضية، القاعدية.

1.الكثافة:

الكثافة أو الوزن = وزن السائل/ الحجم **الكثافة (mud weight):**

إن طريقة قياس الوزن حقليا تتم بواسطة جهاز الـ (mud balance) الميزان المتوفر في مواقع الآبار، وهي ملئ وعاء الماء بالطين ثم وضع الغطاء وإزالة الزيادة في الطين، والتي تخرج من ثقب الغطاء في الأعلى ثم موازنة الميزان بتحريك الجزء المتحرك على ذراع الميزان للمكان الذي يتوازن عند الميزان ثم أخذ القراءة وإن مقاييس القراءة تكون عادة (gm/cm^2, ib/ft^3, ib/gal ppg)). [11]

- Gradient of pressure = (psi/ft) (I.1)
- Sp.gr.= (ib/ft^3)/ 62.3= (ib/gal)/ 8.33= (gm/cm^3)/1 (I.2)

2. اللزوجة: (viscosity):

هي مقاومة السائل الداخلية للجريان، وإن وسيلة قياس اللزوجة السهلة والمتيسرة في مواقع الآبار، والتي تمكن العاملين على المواقع بقياس اللزوجة الظاهرية، تتكون من قمع مارشال (marshal funnel) ووعاء قياس (measuring cup)، وطريقة القياس بملأ القمع إلى مستوى المنخل الموجود في أعلاه (1500CC) ومراقبة وقت نزول لتر واحد من الماء بالثواني، ويشار إلى عدد الثواني باللزوجة، وتكون لزوجة الماء (28 ثانية).

أما طريق قياس اللزوجة التي يعتمد عليها بمعرفة سبب إرتفاع أو إنخفاض اللزوجة، والتي على ضوئها تتم معالجة سوائل الحفر، هي بإستعمال الـ (fann V-G meter)، ومن خلالها تتمكن من معرفة اللزوجة البلاستيكية (P.V.) ونقطة المطاوعة ((yield point (yp)، وتكون بوضع الطين في وعاء إلى حد معين وغمر الجزء الدوار من الجهاز في الطين إلى علامة معينة ثم تشغيل الجهاز على سرعة (600 دورة/ دقيقة) وأخذ القراءة (□□□Ø) ثم تحويل السرعة على (300 دورة/ دقيقة) وأخذ القراءة (□□□Ø) وتكون الحسابات كالتالي:

- Plastic viscosity (P.V.)= □□□Ø- □□□Ø (in centipoises) (I.3)
- Apparent viscosity (A.V.) = □□□Ø / 2 (in centipoises) (I.4)
- Yield point (Y.P.) = □□□Ø – P.V (in IB/100 ft^2) (I.5)

1.2. اللزوجة البلاستيكية (P.V.) plastic viscosity):

هي اللزوجة الناتجة من الإحتكاك بين جزيئات الطين وجزيئات الماء مع جزئيات المواد الصلبة أو جزئيات الماء مع بعضها أو جزئيات المواد الصلبة مع بعضها، وإن إرتفاع اللزوجة البلاستيكية يعني إرتفاع نسبة المواد الصلبة لذا فإنه عند إرتفاع لزوجة الطين الظاهرية نتيجة لإرتفاع اللزوجة البلاستيكية فتكون معالجة الطين بمحاولة تقليل نسبة المواد الصلبة، وذلك بتشغيل أجهزة فصل المواد الصلبة ويجب أن تكون بكفاءة عالية، وهي المنخل الهزاز وعازل الرمل وغيرها أو بتخفيف الطين بإستعمال طين جدي وهي المسؤولة أيضا المسؤولة عن إمكانية نقل الفتات الصخري من قاع البئر إلى المنخل الهزار وكذلك إبقاء سوائل الحفر متماسكة عند تعرضها إلى أي مؤشر خارجي، وأيضا إبقاء سوائل الحفر بصورة عالقة عند دورتها أو حتى عند بقائها ساكنة دون تحريك، إن تقليل اللزوجة عن القيم المسموح بها تؤدي إلى مشاكل عديدة منها عدم قدرة السائل على رفع ونقل الفتات الصخري كما أن الزيادة في اللزوجة تؤدي إلى مشكل تكور الفتات الصخري حول أسنان الحافرة مما يؤدي إلى زيادة زمن اختراق الطبقات وحفر البئر وكذلك تقصير عمر الحافرة، ويتم التحكم في هذه الخاصية عن طريق التحكم بكمية مادة البنتونيت المضافة إلى سائل الحفر. [11]

3. الترشيح (Filhation): فقدان السوائل من الطين نتيجة للترشيح تكون السيطرة عليه في البئر، بتكون كعكة طين معدومة النفاذية نتيجة لترسب المواد الصلبة والمواد الكيمياوية الأخرى مثل الـ (cmc, starch) وغيرها، ويعتمد الراشح على عوامل أخرى مثل الوقت والضغط ودرجة الحرارة، ويكون قياس الراشح على نوعين:

:API-filtrate

في درجة الحرارة الإعتيادية بوضع نموذج من الطين في خلية جهاز الترشيح بعد وضع ورق الترشيح، ثم إحكام غلق الخلية وتسليط ضغط مقداره (100 PSI) لمدة 30 دقيقة (30 min)، ويكون الراشح هو الكمية النازلة خلال 30 دقيقة بـ (cm^3). وأحيانا يؤخذ في (7.5 min) ويضرب في (2) لنحصل على الراشح خلال (30 min) إعتمادا على المعادلة التالية:

- F 30 min= f 7.5 min $\sqrt{(2\&30/7.5)} = 2\times$ f 7.5 min (I.6)
- f 30 min= 2× f 7.5 min (I.7)

API- high temperature, high pressure filtrat

يوضع الطين في خلية جهز الترشيح بعد وضع ورق الترشيح وتعريض الخلية إلى درجة حرارة (f300°) وضغط (500 PSI) لمدة (30 دقيقة) ويكون الراشح هو الكمية النازلة خلال (30 دقيقة).

يزداد الراشح بتعرض طين الحفر للتلوث وحدوث تغيرات في خواص كعكة الطين نتيجة للتلوث، وخصوصا التلوث بالأملاح وأيونات الكالسيوم والمغنسيوم والأيونات الأخرى، وتكون المعالجة بالتخلص من التلوث وإضافة مواد مقللة للراشح، وإضافة مواد كيمياوية أخرى مثل

(chrome lignite, lignosulfonate) لتحسين خواص كعكة الطين ولضمان توزيع المواد الصلبة وإنتشارها. ومن أفضل المواد للسيطرة على الراشح هي مادة البنتونايت لأنه بوجوده تتكون كعكة الطين معدومة النفاذية ودقيقة. أما الطين الذي تقل فيه نسبة البنتونايت فتكون كعكة الطين سميكة مما تسبب صعوبات أثناء الحفر واثناء العمليات الأخرى. وهو المسؤول أيضا عن إمكانية تقليل نفاذية الجزء المخترق من الطبقة ممثلة بجدار البئر وبالتالي تعمل على تقليل ترشح وتغلغل المواد السائلة أو ذات الاحجام الناعمة إلى داخل الطبقة عن طريق تكوين طبقة من المواد الصلبة الخشنة على جدار البئر تعرف بكعكة الراشح تعمل على تقليل نفاذ هذه السوائل والمواد الناعمة إلى الطبقة كما تعمل على إسناد جدار البئر وتقليل حدوث التكهنات فيه [11]

4. **القوة الجيلاتينية:** هي قوى تجاذب جزيئات السائل عندما يكون في حالة سكون وأن القوة الجيلاتينية ضرورية في طين الحفر للحفاظ على المواد الصلبة معلقة أثناء توقف التدوير، وتقاس بجهاز {Viscometer}ويمكن عمل بعض الإحتياجات أمثال:

1. {API – Filtrate} الراشح
2. API – High Temperature – High . Pressure Filtrate
3. نسبة الرمل. {Sand Content}
4. كمية المواد الصلبة والسوائل في الطين: {Retort} فصل الزيت – فصل الماء – وتبقى المواد الصلبة في الوعاء. وتقاس القوة الجيلاتينية بجهاز الـ (viscometer) ويقاس على مرحلتين، القوة الجيلاتينية الإبتدائية بعد أول عشرة ثواني والقوى الجيلاتينية بعد مرور عشرة دقائق، وتكون كيفية القياس بعد الإنتهاء من قراءات (300 دورة/ دقيقة) و (600 دورة/ دقيقة)، ثم إيقاف الجهاز لمدة عشرة ثواني ثم إيقاف الجهاز لمدة عشرة دقائق وقراءة أقصى إنحراف للمؤشر، وهي القوة الجيلاتينية خلال عشرة دقائق، وتكون وحدة القوة الجيلاتينية ($Ib/100\ ft^2$). وتكون معالجة إرتفاع القوة الجيلاتينية إلى محتويات غير طبيعية بنفس أساليب معالجة نقطة المطاوعة (Y.P.). [المرجع]

5. **الحامضية PH:** درجة الحموضية أو القاعدية في طين الحفر يستدل عليها في تركيز ايونات الهيدروجين والتي يعبر عنها ب PH.

وتتراوح درجة ال PH من {0 – 14}، محيط متعادل عندما تكون القرآة (7)، ومن {0 – 7} محيط حامضي و {7 – 14} محيط قاعدي. وان معظم سوائل الحفر ذات محيط قاعدي يتراوح من {8 – 12.5} ويعتمد على نوع الطين وان ال PH مهمة جدا لأنها تؤثر على قابلية ذوبان معظم المواد العضوية المخففة للزوجة وتساعد على انتشار المواد الطينية.

وان الطريقة السهلة لقياس ال PH والمعروفة حقليا تعتمد على استعمال ال {PH – Paper} والذي يتغير لونه حسب ال PH أو عن طريق Digital PH Meter.

I.6. حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر واحد:

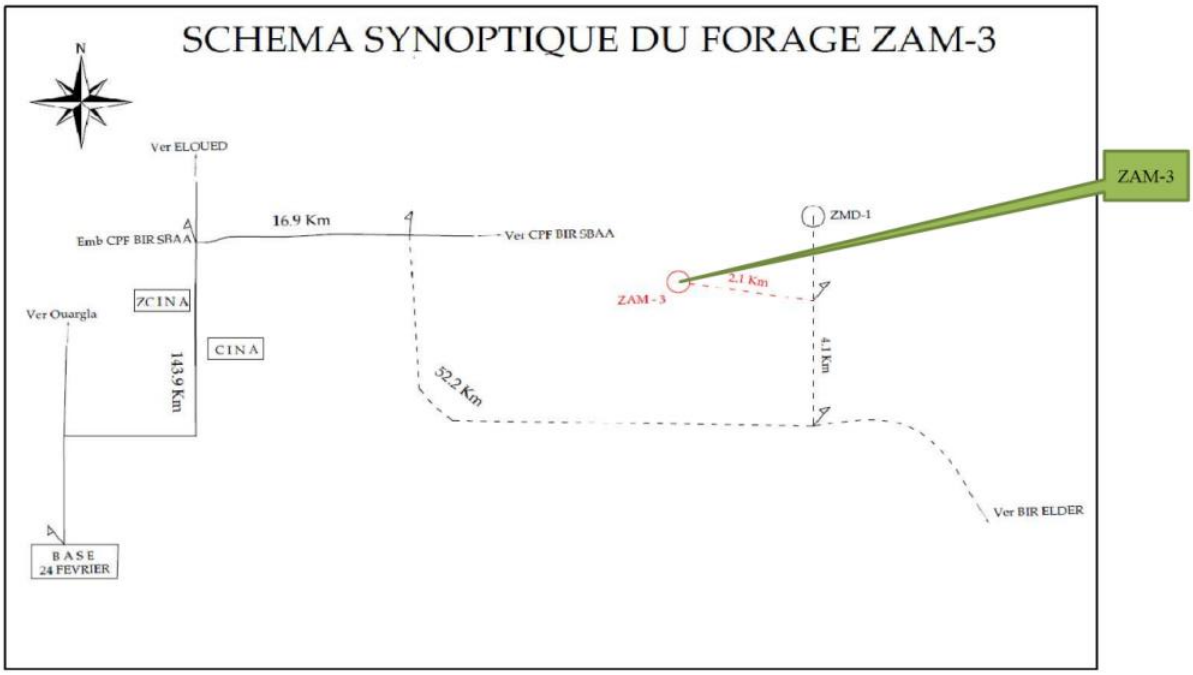
إن الرمال المستخرجة من آبار البترول جراء عملية الحفر تعتبر كمية كبيرة لا يستهان بها من ناحية الحجم ولكن يبقى المشكل الوحيد هو في تلوث هذه الرمال بواسطة سائل الحفر الذي يساعدنا في عملية الحفر واستخراج الرمال والجدول الآتي يبين حجم هذه الرمال المستخرجة من بئر واحد فقط., للطبقات المحفورة بسائل الزيتي .

ملاحظة: يتم حساب حجم سائل الحفر(لابو labour) في هذا البئر كالتالي :

(حجم الرمال الملوثة) المقدر 2x364.41=728.82 متر مكعب

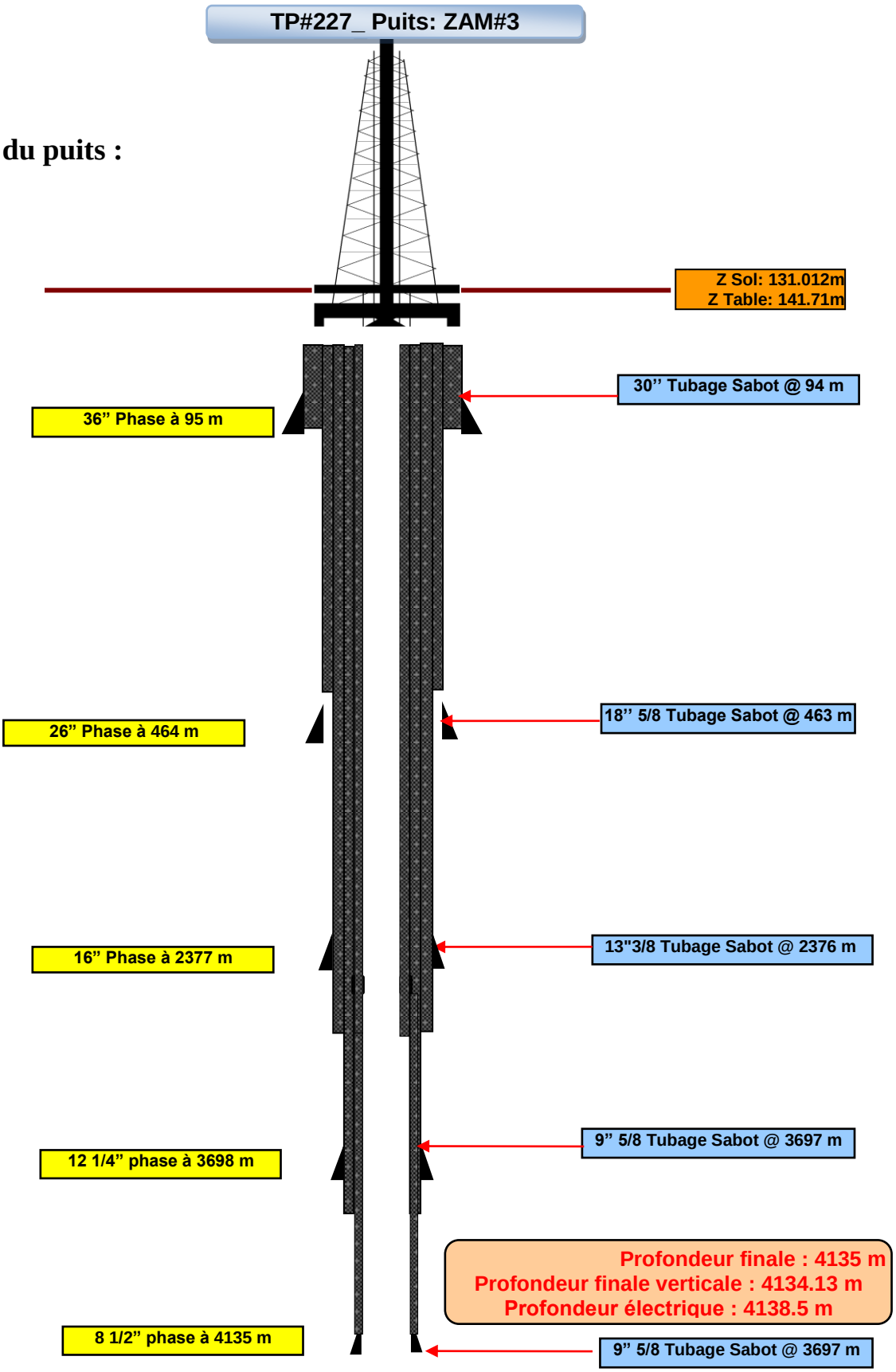
الجدول (I.1): حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر واحد.

المرحلة	القطر(إنش)	العمق (بالمتر)	الحجم (م3)
01	36	0 إلى 95 م	/
02	26	95 إلى 464 = 369 م	/
03	16	464 إلى 2377 = 1913 م	248.02 m3
04	12 1/4	2377 إلى 3698 = 1321 م	100.40m3
05	8 1/2	3698 إلى 4135 = 437 م	15.99 m3
		364.41m3	

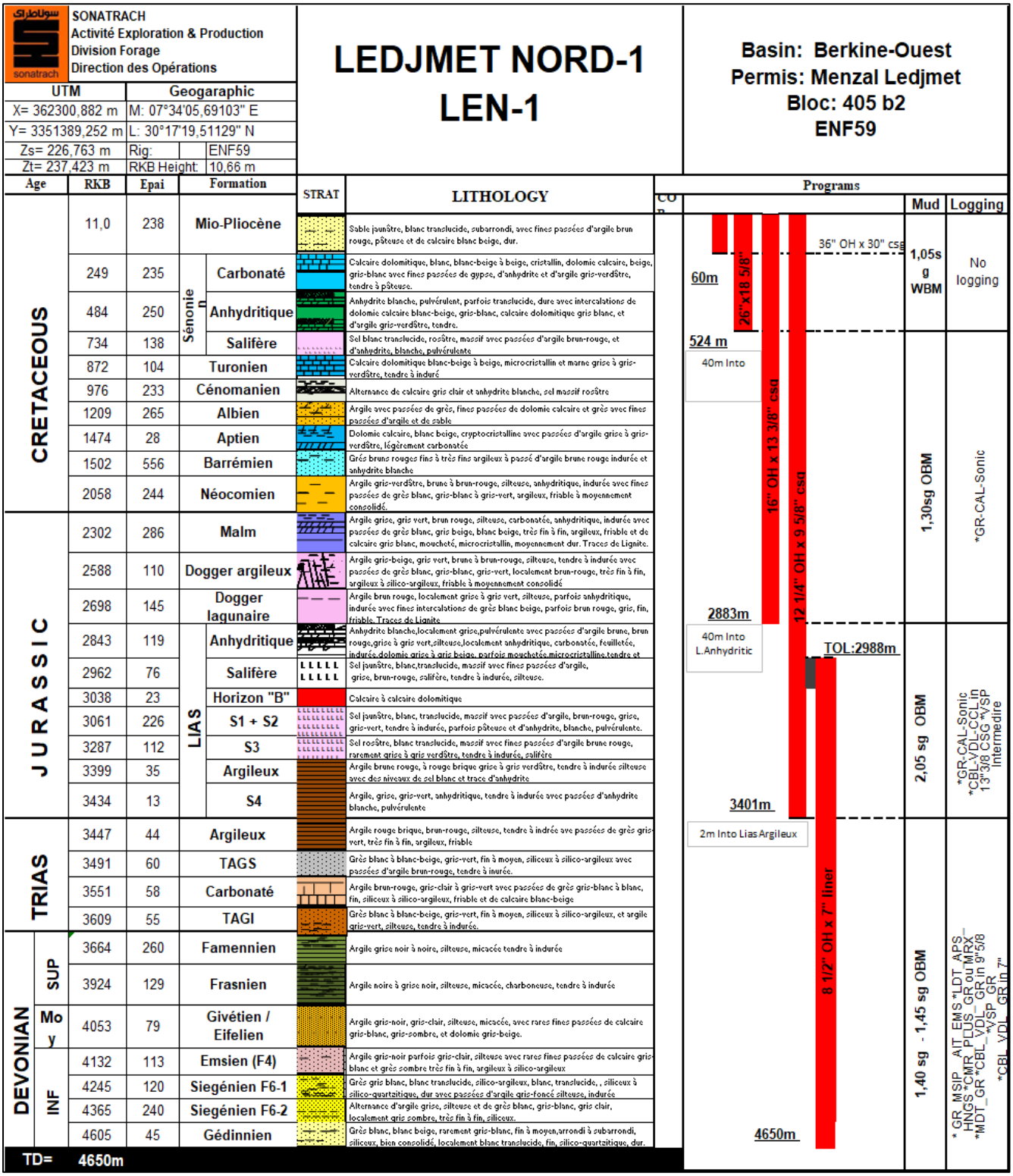


الشكل (I.4): مخطط يوضح موقع بئر زملة احمد بن ميلود [13].

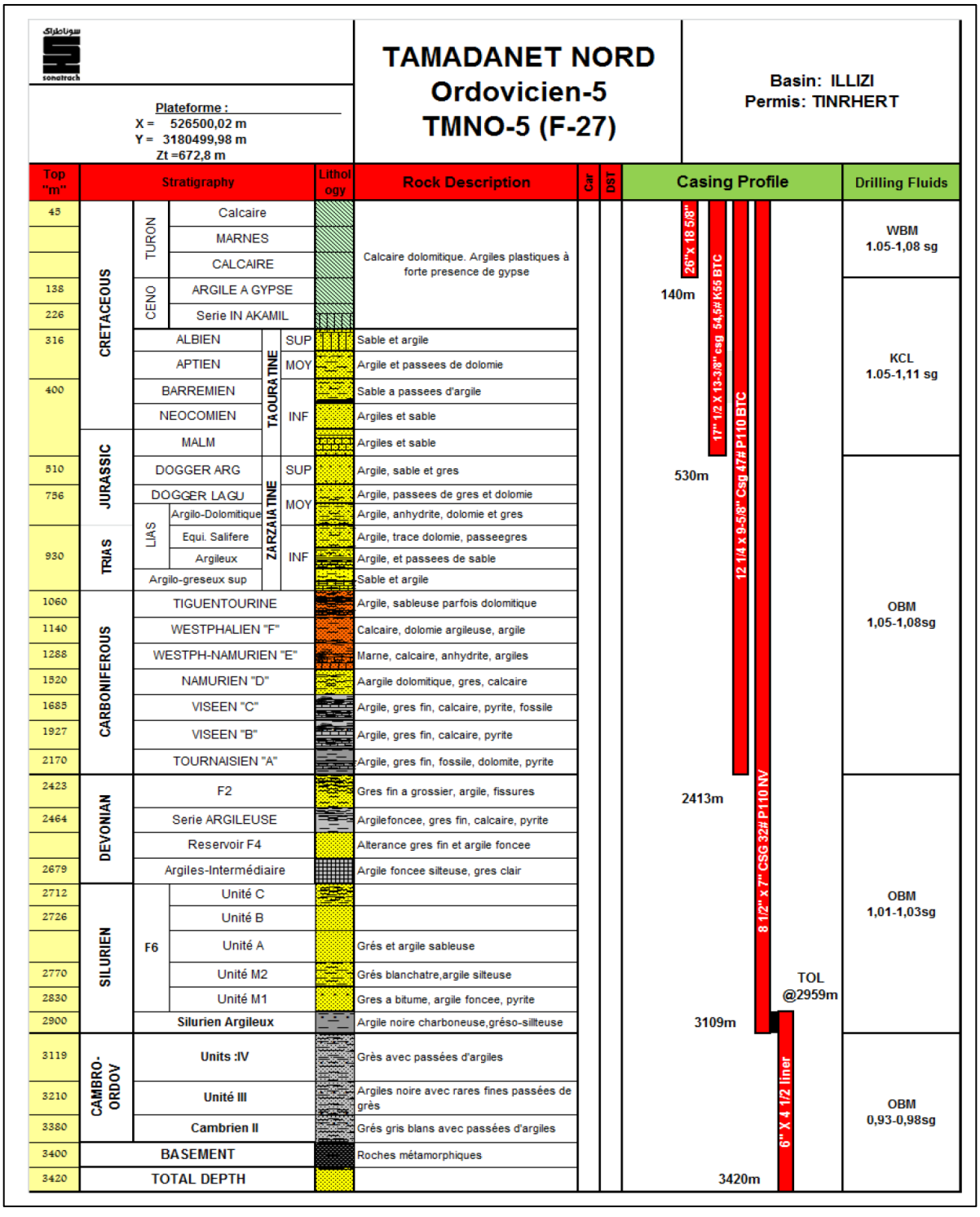
Profil du puits :



الشكل(I .5) : نموذج لحجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر زملة احمد بن ميلود مع قنوات المنزلة [13] .



الشكل (I.6): نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة جنوب بركين[14].



الشكل (I.7): نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة اليزي [14].

7.I أنواع المعالجات :

1.7.I. معالجة سوائل الحفر:

إن المعالجة الاحترافية لسوائل الحفر ضرورية لضمان عملية حفر متتالية مع الالتزام في نفس الوقت بمتطلبات الحماية البيئية الإلزامية حيث هذه المعالجة جاءت بسبب الإشكال الذي أثير حول المستنقع (la bourbier) الذي يرمي فيه تراب الحفر الملوث وتأثيره على البيئة، في الواقع قد يؤدي هذا الإشكال والرمي لبعض المنتجات والحفريات سوى كانت صلبة أو سائلة في المكان المسمى «مستنقع» إلى تغيير في خصائص هذه البيئات عن طريق تقليل من قدرتها على التهوئة [15].

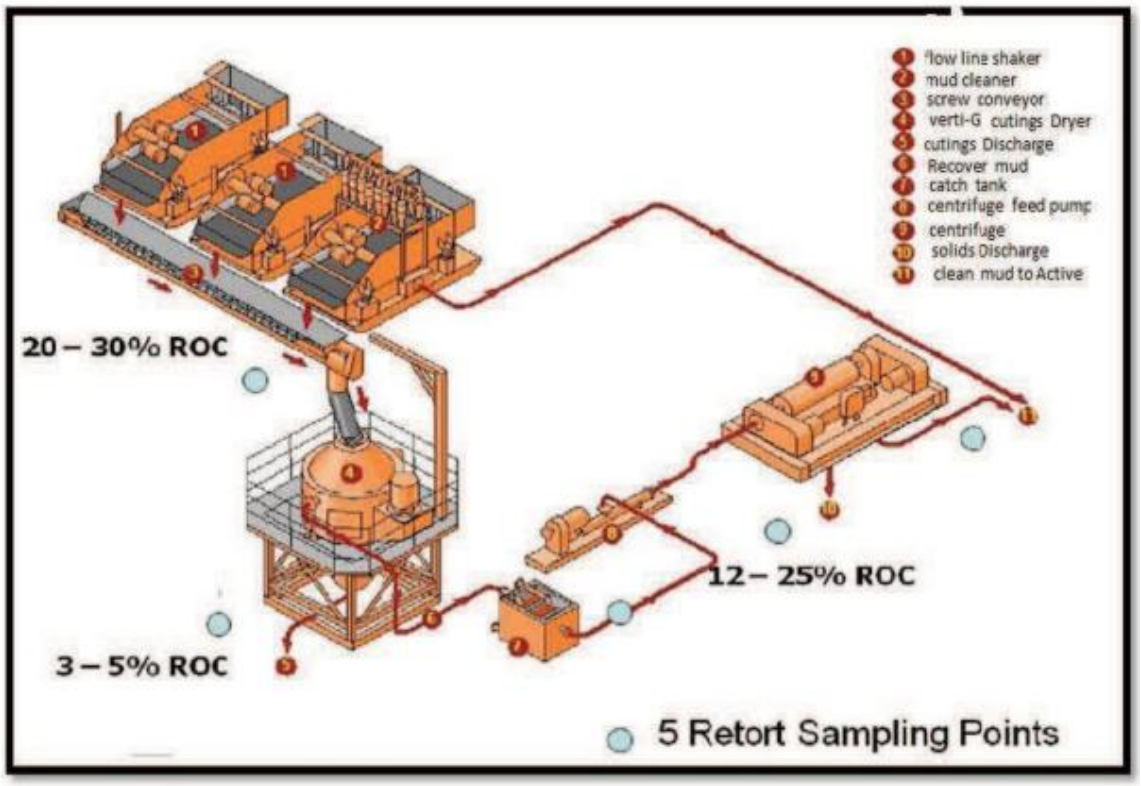
- و تمت اخذ عينة من الرمل الملوث من المستنقع bourbier نقوم بتحليلها قبل المعالجة لمعرفة مكونتها و الجدول اسفله يمثل نموذج من احد المكونات:

الجدول (2.I): نتائج تحاليل الزيت و المكونات الثقيلة من المستنقع قبل المعالجة.

Echantillons	Métaux lourds : concentration en mg/l						% d'huile en poids
	Plomb (pb)	Cuivre (Cu)	Chrome Total(Cr)	Cadmium (Cd)	Zinc (Zn)	Manganèse (Mn)	
1	32.6	00	00	0.1	8.5	1.8	4.40
2	46.5	00	00	0.1	12.6	2.1	4.00
3	15.8	00	00	00	7.4	1.7	4.65
4	14.1	00	00	0.2	5.3	1.2	1.98

2.7.I. المعالجة الميكانيكية المتصلة (on line):

إن معالجة الميكانيكية المتصلة هي سلسلة من المعالجات المتواصلة دون انقطاع أثناء عملية الحفر حيث تقوم هذه المعالجة بعزل وفصل الحفريات والأجزاء الكبيرة والصغيرة من سائل الحفر وذلك باستعمال عدة أجهزة من بينها غربال اهتزازي بأحجام مختلفة وجهاز Dessable وجهاز الطرد المركزي الأفقي وجهاز الطرد المركزي العمودي حيث المرحلة الأولى تكون بين الغربال وجهاز الطرد المركزي العمودي أين نتحصل على ركام بقطع صغيرة على شكل بودرة ملوثة بالزيت بنسبة تقل عن 5% والباقي ينتقل إلى جهاز الطرد المركزي الأفقي حيث نتحصل على سائل أو عجينة زيتية ملوثة بنسبة 22% والباقي يذهب للمعالجة الكيميائية والنفايات المتحصل عليها تذهب إلى المستنقع [10].



شكل (I.8): تنصيب وعمل محطة المعالجة الميكانيكية المتصلة

I.3.7. المعالجة الكيميائية:

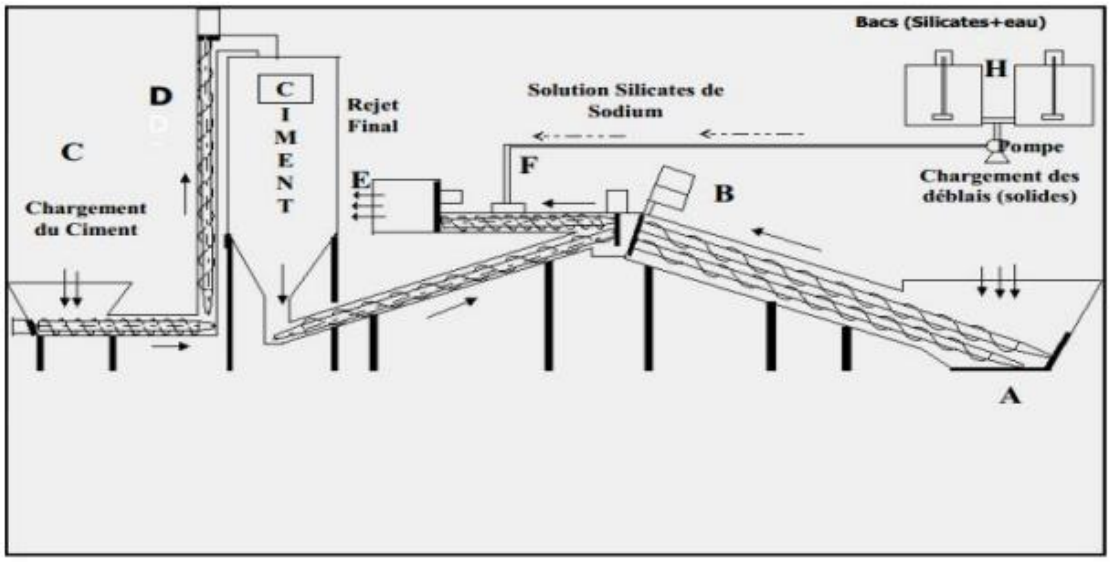
هذه العملية تتعلق بإضافة المواد المفقودة نتيجة عملية التصفية أو المعالجة الميكانيكية وذلك حتى يسترجع كامل معاييره اللازمة ومن ثم يعود لمهامه في نظام الدوران الخاص بعملية الحفر.

I.3.7.1. المعالجة الكيمائية غير المتصلة (التصلب–الاستقرار):

بهدف تقييم علاجات نوع التثبيت / التصلب، تم إجراء سلسلة من التحليلات على عينتين من التربة قبل وبعد العلاج حسب الإجراءات الفرنسية (AFNOR، 1998). بعد الاستخراج السائل / الصلب، تتواجد الهيدروكربونات والعناصر المختلفة عن طريق الترشيح.

– جمعت العينات في عبوات زجاجية. تم استخلاص المادة العضوية بواسطة CCl4

(AFNOR، 1979). تم استخدام طريقة التحليل الطيفي لتحديد إجمالي الهيدروكربونات (AFNOR، 1979). [4].



شكل (I.9): مخطط مبسطة لوحدة المعالجة لتصلب و الاستقرار

– تم إجراء جرعة الكربون العضوي الكلي وفقًا لمعيار NF ISO 10694 بعد استخراج CCl4.

– تم استخدام الامتصاص الذري (AAS) لتقدير المعادن (إجمالي Cr، Zn، Pb، Cu، Cd ، النحاس والزنك والكادميوم والرصاص) وقياس الألوان لتحديد الكروم (السادس).

– تم تحديد الزئبق بواسطة مطياف الامتصاص الذري للبخار البارد (هيدريد متطاير بواسطة Cold Vapor: CVAAS.

– تم تحديد الكلوريدات بطريقة موهر.

يتراوح التركيز الأولي لإجمالي الهيدروكربونات في الكتل بين 0.13 و 4.40 مجم / لتر. بعد العلاج ينخفض التركيز بين 0.04 و 0.5 مجم / لتر. بالنسبة للمعادن الثقيلة، نلاحظ انخفاض كبير في التركيز غالبًا أقل مما يتطلبه اللوائح الجزائرية 20 ملغم / لتر

(J. O. République Algérienne، 1993). نسبة عالية من يتم تفسير الكلوريدات من خلال استخدام الملوحة العالية في سوائل الحفر أو بواسطة وجود الأملاح في التكوينات التي تم اجتيازها أثناء الحفر. يمكن هذا الملوحة العالية تأثير التحلل البيولوجي (Okpokwasili و Odokuma، 1990).

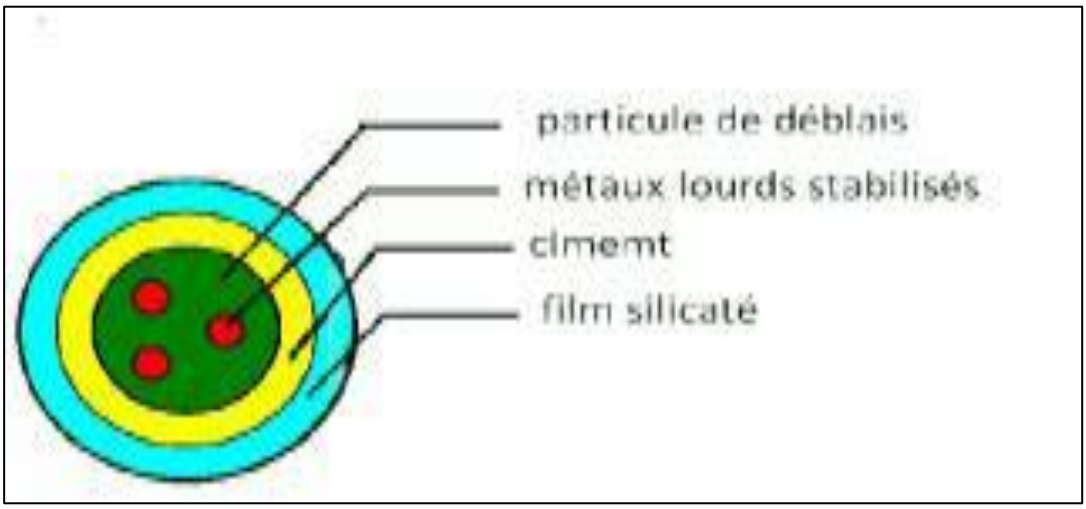
تم تحليل عدة عينات المأخوذة بعد المعالجة أظهر التصلب أن جميع العينات تحتوي على تركيز من المعادن الثقيلة أقل من المعتاد: في الواقع، في معظم الحالات، التركيز الأولي للمعادن قبل العلاج كان بالفعل أقل من المعتاد. مثالاً على النتائج تم الحصول عليها.

كانت المعالجة الفيزيائية عن طريق التصلب هي الطريقة المستخدمة لعدة سنوات لإعادة تأهيل مواقع الحفر. ومع ذلك، فقد أظهرت العديد من الدراسات أن هذه التقنية لا يكفي لأنه يسمح بتثبيت الملوثات ولكن لا يسمح بإزالته.

يتم الإبلاغ عن قيود أخرى بشكل عام فيما يتعلق بتطبيق تقنية التصلب وهي:

- يجب ألا يزيد محتوى الهيدروكربون عن 45٪ بالكتلة،
- مطلوب وجود ما لا يقل عن 15٪ من المواد الصلبة،
- وجود كمية زائدة من حبيبات التربة الدقيقة، أو وجود مفرط الجسيمات الكبيرة غير مرغوب فيها.

[4].



الشكل (I.10): ظاهرة التغليف

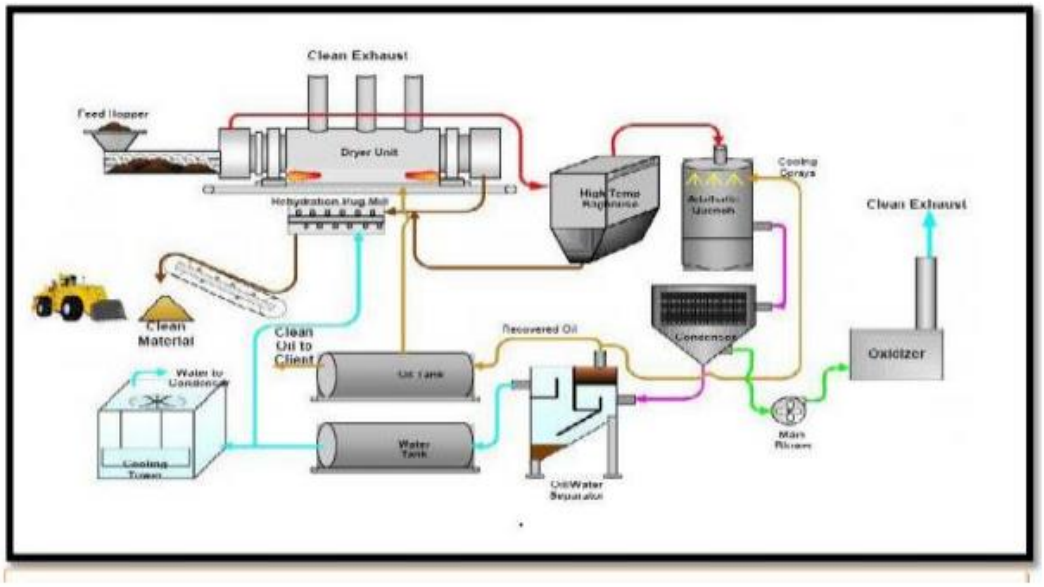
جدول (I.3): نتائج التحليل لعينتين من الحوض و ذلك قبل المعالجة و بعد الاستقرار – التصلب)

PARAMETRE	Echantillons 01		Echantillons 02		Méthodes	Norme mg/L
	Avant	après	Avant	après		
OOC %	12.11	1.20	13.08	3.40	Distillation	W/W 5%
Pb	<0.5	00	<0.5	00	Absorption atomique	50
Cr	<0.5	00	<0.2	00	Absorption atomique	50
Cd	<0.5	00	<0.1	00	Absorption	25

					atomique	
Zn	<0.5	00	<0.1	00	Absorption atomique	250

I.2.3.7المعالجة الحرارية:

يوضح تحليل عينتين المأخوذة بعد المعالجة الحرارية ذلك تتيح هذه التقنية معالجة مجموعة متنوعة من السوائل واستعادة جميع الزيوت تستخدم (99٪) مع أقصى قدر من التخلص من الهيدروكربونات (المحتوى المتبقي لا يتجاوز غالبًا ليس 0.1٪ فقط). ينصح بشدة في حالة الكتل التي تحتوي على OBM، تمامًا كما يمكن أن تقلل من حركة المركبات غير العضوية مثل المعادن والأملاح (بانسال وسوجيارتو ، 1999). يوصى بعلاج إضافي في حسب الغرض من النفايات. تقدر تكلفة المعالجة الحرارية بين 75 دولارًا و 150 دولارًا للطن



الشكل (I.11): رسم تخطيطي لعملية المعالجة الحرارية [7].

ومع ذلك ، فإن هذه التقنية تساهم في وجود المعادن الثقيلة في الجوي. ويعتمد السلوك على الظروف الحرارية والكيميائية للبيئة. المعادن تنبعث كميات ضئيلة كجسيمات دقيقة في الطور الغازي بعد الاحتراق لديها أظهرت أن الجسيمات النانوية من As و Cr و Pb و Se تسبب مشاكل صحية خطيرة بشرية. زيادة قابلية الذوبان والتفاعل للمعادن في شكل تعزز الجسيمات النانوية الامتصاص عن طريق أنسجة الرئة . I[4] .10. نتائج تحليل التربة المعالجة حراريًا [4]:

نتائج تحليل التربة المعالجة حراريًا:

بنيت النتائج التحليلية للتربة والتي أجريت من طرف شركة (MI-SWACO) الكائن مقرها بحاسي مسعود وجود نسب للمعادن الثقيلة موضحة في الجدول التالي:

الجدول (I.4): نتائج تحليل التربة المعالجة حراريا.

Paramètre	échantillon 1		échantillon 2		Méthodes	Norme mg/l
	Avant	Après	Avant	Après		
OOC%	6,72	0,45	6,13	0,45	Distillation	**5% w/w**
Pb	43	10	149	10	Absorption atomique	**50**
Cr	1.1	00	00	00	Absorption atomique	**50**
Cd	1	1	0.62	0.36	Absorption atomique	**25**
Zn	**40**	**14**	**50**	**8,6**	**Absorption atomique**	**250**

I .3.7.3 المعالجة البيولوجية:

المسار البيولوجي مزدهر حاليًا ويولد الكثير من العمل. على من الناحية الفنية، كانت إحدى المشكلات التي أثيرت كثيرًا هي مشكلة نمو الكائنات الحية الدقيقة على الهيدروكربونات. في موقع الحفر، من الممكن استخدام التقنيات عضوي بشكل مستمر. على سبيل المثال، عملية زراعة الأراضي بسيطة في التصميم،

لا تتطلب معدات مرهقة ولا تدخل عمالي كبير. الاختبارات التجريبية الأولى التي أجريت في مواقع الحفر في الجزائر لها تكلفة مغرية 40 دولار / طن تربة بوقت معالجة 5 أشهر.

ثم يبلغ معدل التحلل البيولوجي 88٪. إنها طريقة نظيفة بيئيا: التلوث والمنتجات النهائية من الأيض الميكروبي عبارة عن مركبات مثل ثاني أكسيد الكربون والماء والأملاح غير العضوية.

أبلغ العمل أظهرت انخفاضًا بنسبة 70-85٪ في تركيز مكونات الهيدروكربون في الموقع لمدة 120 يومًا. السرعة المتوقعة التخلص من TPH (إجمالي الهيدروكربونات البترولية) هو 36 ± 3.5 مجم.

تلخص خبرة عشر سنوات في المجال المعالجة الحيوية للتلوث الناجم عن أنشطة الاستكشاف والإنتاج. [4]

I .8 الأهداف الأساسية من المعالجة الميكانيكية والكيميائية:

1. تقليل نسبة الزيت أو التلوث بعد معالجة إلى أقل أو يساوي 5%.
2. إعادة إرسال أقصى حجم ممكن من سائل الحفر منزوع التلوث إلى نظام الحفر.
3. معالجة سائل الحفر منزوع التلوث عن طريق جهاز الطرد المركزي من أجل تقليل من (LGS Laba Gaz Systeur) على قدر الإمكان[10]

I.9 معالجة رمال وفتات الحفر:

إن مستخرجات عملية الحفر المتمثلة في رمال وبقايا الصخور المفتتة بعد معالجتها ميكانيكيًا ونزع منها ما يمكن نزعه من سائل الحفر فإنها ترمي في مكان يسمى(bourbier) أي مكان رمي النفايات في الحقيقة هذه النفايات تسمى بالنسبة لسائل الحفر ولكن هذه النفايات عبارة عن رمال ملوثة بسائل الحفر لهذا السبب نقوم بمعالجة هذه الرمال الملوثة كيميائيًا وحراريًا [1].

I.10 المقارنة بين المعالجة الكيمائية غير المتصلة (التصلب–الاستقرار) و المعالجة الحرارية :

الجدول الذي اسفله يوضح المقارنة بين المعالجتين :

الجدول (I.5): المقارنة بين المعالجة الكيمائية غير المتصلة (التصلب–الاستقرار)و المعالجة الحرارية[11]

Les paramètres		Unités	S/S	TDU	Interprétation
Efficacité	OOC	%	24	91	Le processus de S/S est plus efficace de Désorption thermique en ce qui concerne l'élimination des métaux lourds mais moins efficace dans l'élimination des OOC%.
	Pb	%	100	80	
	Cr	%	95.4	100	
	Cd	%	100	98.56	
	Zn	%	99.88	96.56	
Recyclage et récupération	Eau	m3 sur un V d'eau consommé = 191m3	0	77	Le procédé de désorption thermique est avantageux que S/S en matière de récupération des eaux et Huile huiles et même du gasoil
	Huile	m3 sur un V d'huile consommé = 18000m3	0	8 000	
	Gasoil	m3 dans un V consommé de 24m3	0	14	
Taux de traitement		m3/jour	120-140	80	La S/S a une capacité de traitement plus élevée de celui de la désorption thermique (TDU)
Consommation d'énergie		m3/24h sur un V traité de 110m3	0.6	24	La désorption thermique consomme 40 fois d'énergie plus que S/S
Le coût de traitement		$	380000,00	760000,00	le coût de traitement du procédé désorption thermique est doublé de celui de S/S

11.I التأثيرات والأضرار على البيئة والإنسان:

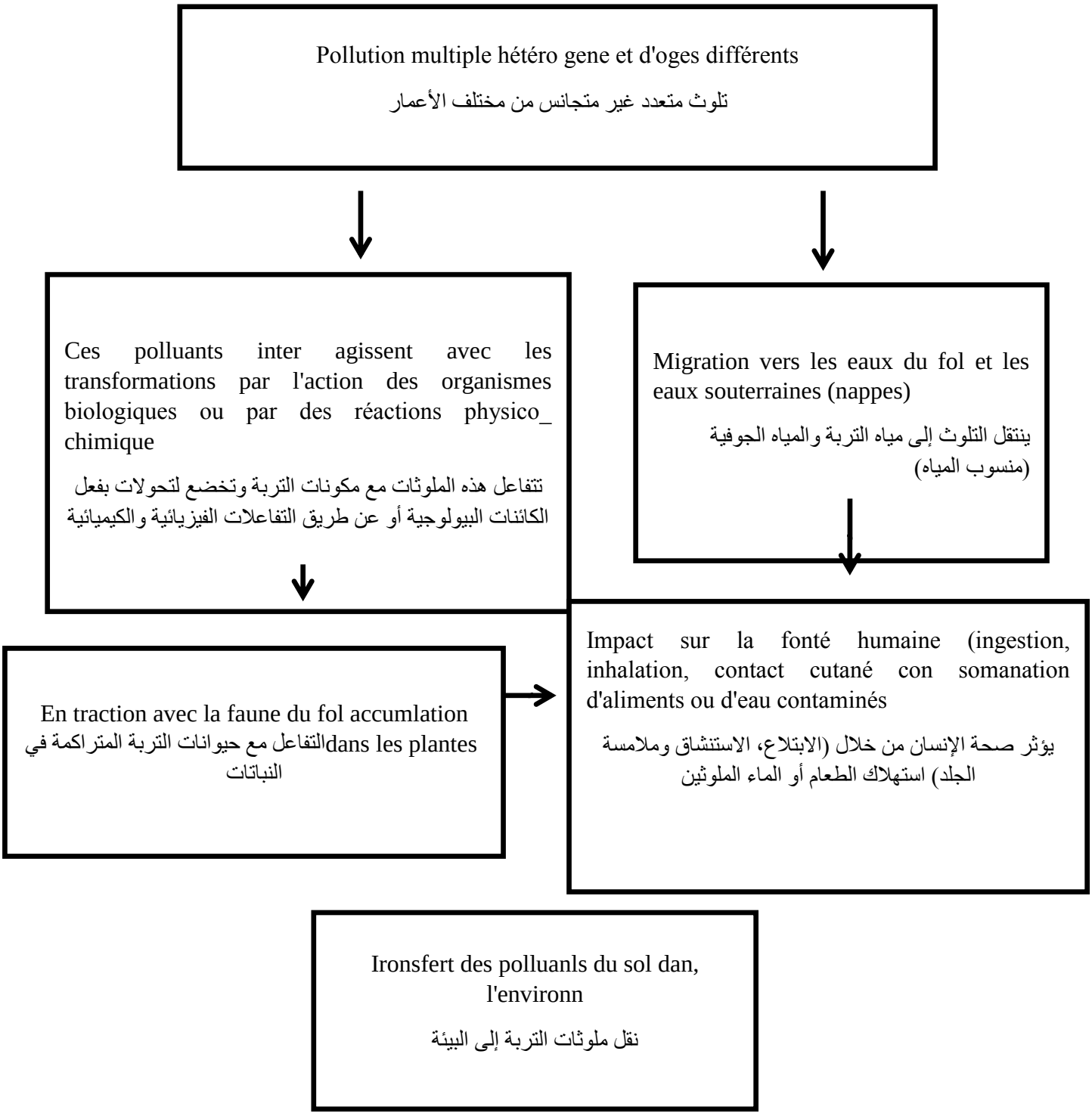
من أجل تقييم تباين التلوث الهيدروكربوني ، تم أخذ العينات 1 كجم من كل عينة ، توضع في كيس بلاستيكي وتحفظ في الثلاجة في المختبر. البعض الكتل المقذوفة المختارة تتعلق بالآبار المحفورة في تواريخ مختلفة وكانت العينات مأخوذة على أعماق مختلفة وفي نقاط مختلفة. يوضح الشكل (I.11 و12) النقاط و مستويات أخذ العينات المتسلقة. مع مراعاة وجود سماكة الرمل (الغطاء) على سطح الكتل، تم أخذ العينات بعد إزالة سمك متوسط 1 سم من الرمل. إلى جانب عينات قصاصات مختارة، أخرى تم تحضير عينات التربة عن طريق خلط التربة من حقل حاسي مسعود غير الملوث مع حلول السوائل المختلفة. يتراوح حجم حبيبات التربة غير الملوثة بين 40 و 150 ميكرومتر. [4]

في مجال استغلال النفط هناك مجموعة متنوعة من المواد الكيميائية تستخدم في صياغة سائل الحفر هذه المكونات ذات طبيعة مختلفة والتي تعتبر سامة وقابلة للتحليل البيولوجي، وهي معايير سيئة التحديد ونجدها ملقاة في الطبيعة بالإضافة إلى الهيدروكربونات (مثل الديزل) والتي تشكل السائل الزيتي الرئيسي وكذلك مجموعة من المواد الأخرى والإضافات الخاصة (المواد الخافضة للتوتر السطحي، والبوليمترات...) والتي يمكن أن نجدها في موقع الحفر لكن عادة ما يتم تخزين هذه النفايات المرفوضة في مكان يسمى المستنقع (Bourbié) [15]

الشكل (I.12): صورة المستنقع قبل عملية الحفر.

الشكل (I.13): صورة المستنقع بعد عملية الحفر.

إذا هذا هو المستنقع هو ملوث بالهيدروكربونات القادمة من سائل الحفر الزيتي وكذلك ملوث بالمعادن الثقيلة القادمة من الإضافات التي تضاف إلى سائل الحفر، إذًا هذا هو المستنقع الذي يشكل خطر على تلوث الأرض وما تحت الأرض ومن ثم البيئة والإنسان[4].



الشكل (I.14): يبين كيفية انتقال التلوث من التربة إلى البيئة.

خلاصة الفصل:

إن تواجد الرمال بأحجام مختلفة فمنها الدائري والزاوي أو الناعم والخشن ومنها ذو حجم صغير وذو حجم كبير عموما الرمال تحسن من الخصائص الميكانيكية للخرسانة على المدى الطويل ولكن تعاني في بعض الرمال مشكل التدرج الجيبي.

يختلف تأثير الرمال على خصائص الخرسانة حسب نوع الرمل ومصدره.

إن الرمال المستعملة في الخلطة الخرسانة عدة أنواع منها: رمال طبيعية والتي تتمثل في رمال الوديان والأنهار والبحار والمحاجر ورمال صناعية مثل الرمال الناتجة عن سحق كتل الجبس المنصهر في أفران الفولاذ بشكل عام إن الاستنزاف الكبير لرمال الوديان والأنهار والبحار أدى إلى ضرر كبير بالبيئة مما جعل الحكومة تصدر قوانين ردعية تمنع استغلال هذا النوع من الرمال.

من هذا المنطلق ظهرت الحاجة الملحة لإيجاد طريقة لهذه الرمال الملوثة وذلك من أجل الحفاظ على البيئة والتشجيع وهو تحسينه ليصبح صالح لاستعمال كمصدر أساسي في تركيبة البناء خاصة في مناطق أنتاج البترول وليما لا يمكن استغلالها في البناء حتى نكتفي من تلوث هذه الرمال وتصبح هذه الرمال ذات منفعة، ويمكن أن تكون رمال حفر آبار البترول بديل تغنينا من استنزاف الرمال المجلوبة من الاماكن الطبيعية والبعيدة وفي هذه الخلاصة تطرقنا في هذا الموضوع.

الفصل الثاني

تركيبة خرسانة الرمل

1.II المدخل :

يعتبر الرمال الناتجة عن عملية الحفر او التنقيب للإبار البترولية تنتج عنها تراكمات رملية في حقل النفط، ادت هذه التراكمات الى التساؤل والتفكير في استغلالها و استعمالها في تركيبة مواد البناء.

تتميز خرسانة الرمل عن خرسانة العادية باحتوائها على نسبة رمل كبيرة مع غياب أو قلة نسبة الحصى (Gravilions) كما أن خرسانة الرمل تختلف كذلك عن الملاط بكونها تحتوي على نسبة تركيز اكبر للإسمنت علاوة على مجال استعمالها[14].

إن استعمال خرسانة الرمل عوضا عن الخرسانة العادية قد يشكل أحيانا عاملا ايجابيا من الناحية الاقتصادية عندما تكون هناك سهولة في الحصول على الرمل كونه أقل ثمنا من الحصى وربما يكون مجاني مثل حالتنا هذه حيث رمل الآبار موجود بجانب الشركات والمؤسسات العاملة في حقول النفط والتي تحتاج لبناء البلاطات الأرضية (Plateforme) [14]

ان هذا الرمل المتراكم جراء الحفر يمكننا استعماله مجانيا في خرسانة الرمل والقريب من منطقة احتياجه الذي يغنينا من استعمال رمل اخر بعيد وبأسعار غالية ، و لكي تكون خصائصه الفيزيائية قريبة من الرمل العادي نقوم بعملية التصحيح الحبيبي و هذه العملية في خرسانة الرمل تكون بإضافة نسبة معلومة من رمل المناطق المجاورة مع رمل الابار بنسبة معلومة.

لهذ السبب تطرقنا في دراستنا الى دراسة التركيبات للخرسانة الرمل

* باستعمال رمل الآبار كليا (100%).

*باستعمال الرمل المجاور له (كثبان) 100%.

* باستعمال رمل الآبار المراد تثمينه بقيمة (50%) واستكمال الباقي باستعمال الرمل المجاور رمل الكثبان (50%).

إن الهدف المقصود من التغيير في نسبة التركيبة لنوع الرمل تكمن في معرفة أي من التركيبة الأمثل التي تندرج في مجال التدرج الحبيبي (التصحيح الحبيبي) المقبول.

2.II تاريخ خرسانة الرمل

تعتبر خرسانة الرمل أقدم من الخرسانة العادية حسب POITEVIN، حيث ذكر أن أصل خرسانة الرمل يعود إلى السنوات 1850 – 1875 تحت اسم (الخرسانة المتكتلة Béton Aggloméré) والمتكونة أساسا من الرمل والماء والاسمنت [14].

في سنة 1853 قام المهندس الفرنسيCOIGNT بإنجاز بنايات اقتصادية بخرسانة تراكم (Béton Aggloméré) التي تعتبر أصل خرسانة الرمل والتي تتكون من خليط بدون حجارة، من رمل رماد

بركاني لمسحوق الفحم و تربة غضارية محروقة و جير طبيعي وماء .هذه الخرسانة استعملت في عدة إنجازات من بينها منزل كبير من خرسانة مقولبة رقم 72 شارع شارل ميشال في باريس.

وقد ذكر POITEVIN أيضا أنه في سنة 1869 و 1872 تم إنجاز جزء من قناة ذات طول يبلغ 40 كلم باستعمال الخرسانة المتكتلة وذلك بغرض ربط النافورة الزرقاء (Fontaine bleu) بأورليان (فرنسا) [14].

وفي نفس السياق أنجزت في مصر سنة 1869 منارة بور سعيد بخرسانة رمل البحر والجير بطول قدره 52 متر.

وقد نقل POITEVIN تقنيته إلى الولايات المتحدة الأمريكية حيث أنجز بينسنتي 1871 و 1872 جسر بخرسانة **الرمل ببروكلين** [14].

وخلال عشرية 1980 1970 قلصت السلطات العمومية الفرنسية من رخص استغلال مواقع استخراج الحصى في مجاري الأنهار وبسبب مشاكل بيئية عويصة ناتجة عن استخراج الحصى وكذلك لأن رمل المحاجر موجود بكميات كبيرة وزائدة عن الحاجة ، لهذ اظهرت الحاجة لخرسانة تقلص من استعمال الحصى وتستهلك الكميات ا لزائدة من الرمل ألا وهي خرسانة الرمل التي لها بعض الخصائص المماثلة للخرسانة التقليدية [14].

ان اول تاريخ ظهور خرسانة الحصى التي ذات الاحجام الكبيرة في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين التي اعطت نتائج مقاومة عالية تصل حتى 200 bars. ومنذ ذلك الوقت بدا استعمال خرسانة الحصى ذات المقاومة العالية المعروفة إلى يومنا هذه. اما خرسانة الرمل تلاشت تدريجيا .لكن لا تزال صامدة في المنشآت القديمة .

II.3. استعمالات خرسانة الرمل في العالم:

ولمعرفة تاريخ خرسانة الرمل التي بناها القدماء في مناطق العالم التي نذكر منها: الاتحاد السوفياتي سابقا وفرنسا والشمال الإفريقي والخليج العربي.

II.3.1. الاتحاد السوفيتي:

إن دول الاتحاد السوفيتي هي أول الدول التي أعاد اكتشاف خرسانة الرمل نظرا للحاجة الماسة للحصى حيث كان شبه مفقود في هذه الدول ويستدعي أحيانا نقله من مسافات تزيد عن 1000 كلم.

ولقد قامNICOLAS DE ROCHEFIELD سنة 1918 بتجربة سحق خليط من الرمل والكلينكر بنسبة متساوية وبعد ذلك كون بها خلطة خراسانية مكونة بنسبة 1 من المسحوق و 3 من الرمل، وكانت

مقاومة هذه الخرسانة مساوية لمقاومة خرسانة الرمل المكونة من 2/3 رمل و3/1 إسمنت. ولقد قام ROBINDER سنة 1954 بتطوير هذه التجربة حيث اقترح سحق جزء من الرمل مع الاسمنت ثم الهز أثناء عملية الصب مما يؤدي إلى الحصول على خرسانة عالية الكتامة وذات تجانس أعظمي [14].

والصورة (**II. 1**) توضح ميترو الأنفاق (Saint-Petersbourg) الذي استعمل فيه طبقة رقيقة من خرسانة الرمل مسبقة الصنع.

الصورة (II .1): ميترو الأنفاق (Saint–Petersbourg) [14].

منذ 1814 قد أنجز عدة منشآت بخرسانة مكونة من الرمل والإسمنت أو الجير وهي على سبيل المثال لا الحصر:

- مدارج المطارات الحربية.
- الطرق والطرق السيارة.
- العمارات و الأسقف المثنية وعدة عناصر ذات التصنيع المسبق (Préfabriqué)
- الأنفاق والمترو.
- أشغال ترميم المنشآت الفنية.
- ستار منجز بقالب انزلاقي (Coffrage glissant) على مساحة كبيرة .
- سد آبار النفط المستنفذة.

2.3.II: خرسانة الرمل في فرنسا:

إن استعمال الحصى في الخرسانة وانتشاره بشكل كبير ولد مشاكل بيئية عديدة كانت الأصل في عودة ظهور خرسانة الرمل في سبعينات القرن الماضي في الجنوب الغربي من فرنسا.

لكن بخلاف تجارب الاتحاد السوفيتي التي استدعت سحق الرمل من أجل الحصول على خرسانة ذات كتامة ومقاومة عاليتين فإن التجارب في فرنسا كان هدفها تصحيح التدرج الحبيبي للرمل وذلك بإضافة بعض المحسنات (Filler).

ونتيجة لهذه التجارب تم صدور مستندات وتوصيات من طرف مراكز وجمعيات علمية (CEBTP, LCPC) كانت قاعدة انطلاق أبحاث هدفها تطوير الاستعمال الأمثل للرمل في الخرسانة. ومن ثم تم إنجاز العديد من المنشآت من طرقات وعمارات تجريبية بين 1989 و 1993[16].

3.3.II: خرسانة الرمل في الخليج العربي:

إن استعمال خرسانة الرمل في الخليج العربي هو استعمال اقتصادي بحت، نظرا لوفرة الرمال من جهة ولقلة الحصى الكبير من جهة أخرى.

استخدمت خرسانة الرمل في هذه المناطق في إنجاز الأساسات والجدران الساندة والأسقف. مع العلم أنه كان مثل الملاط حيث كان المقدار الحجمي S/C يساوي 3/1، وكثافته حوالي 2.15. ولم يتم الانتباه إلى التشققات الكبيرة الناتجة إلا بمقارناتها بالخرسانة العادية الموضوعة والمنجزة في نفس الشروط [16].

4.3.II: خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي:

في الجزائر قدر الطلب على الحصباء خاصة من قطاع الأشغال العمومية والبناء سنة 2002 بـ 80 مليون m^3 أما معرض قدر بـ 30 مليون متر مكعب وذلك من أجل إنجاز مشروع الطريق السيار شرق غرب، وطريق الهضاب العليا و ترميم10000 كلم من الطرقات سنويا، مما سينتج كميات زائدة عن الحاجة من رمل المحاجر الذي لا يستعمل كثيرا في الخرسانة العادية، وهذا حسب اليومين الدراسيين لوزارة الأشغال العمومية 22-2002/12/21 حول استغلال أنواع الحصى انطلاقا من المحاجر الصخرية **[16]**.

مما سبق يتضح لنا جليا أهمية خرسانة الرمل في تثمين مواد البناء المحلية لخفض تكلفة الإنجاز، إذ يمكن استعمال كل أنواع الرمل بما في ذلك رمل المحاجر الذي قدمنا أنه أصبح يسبب مشكل بيئي ان لم يستغل ورمل الكثبان (Sable de dune) الموجود في الصحراء، والذي بدوره يشكل مشكل بيئي متمثل

في التصحر وغير ذلك وحيث أنه توجد ندرة في الحصى وطالما أن الدراسات أثبتت أن خرسانة الرمل المسلحة لها خصائص مماثلة للخرسانة المسلحة التقليدية.

أثبتت الدراسات التجريبية والنظرية التي تمت تحت إشراف منصوري**[16]**إمكانية صناعة عوارض سكك الحديد في المصنع الموجود في بني صاف بخرسانة الرمل حيث أن استعمال خرسانة الرمل عوض الخرسانة العادية التي يستعمل فيها رمل البحر الذي يؤدي استعماله إلى مشاكل بيئية عويصة، وبينت الدراسات أن الخصائص الميكانيكية للعوارض المصنوعة بخرسانة الرمل في نفس المستوى مثل العوارض المصنوعة بالخرسانة العادية. نظر الانطلاق مشاريع تجديد وتوسيع شبكة سكك الحديد عبر نواحي عديدة من القطر الوطني مما سيؤدي إلى إنتاج مكثف لهذه العوارض، لهذا استعمال خرسانة الرمل يمكن أن يؤدي إلى فائدة كبيرة اقتصاديا و بيئيا**[16]**.

والصورة (2.II) توضح العوارض بخرسانة الرمل لمصنع بني صاف.

الصورة II. 2: العوارض بخرسانة الرمل مصنع بني صاف [16].

الجدول II.1 يوضح صيغة خرسانة الرمل في مصنع بني صاف

المكونات	الكمية
الاسمنت	$Kg/m^3$392
رمل المحاجر	$Kg/m^3$1485
الاضافات	%3
الدقائق	Kg/m^3 215
الماء	L/m^3 201

II.4: مكونات وصياغة خرسانة الرمل:

II.1.4: مدخل:

الخرسانة هي من أهم مواد البناء التي لا يمكن الأستغناء عليها وهي خليط مكون من عدة مواد بناء متنوعة (اسمنت, حصى، رمل, ماء، محسنات) وحيث أن كل الأبحاث العلمية في هذا المجال تسعى إلى إيجاد واستصدار نوع من هذا الخليط ذو أوصاف تمتاز بالديمومة والبقاء من أجل جعل هذه المواد المركبة لهذا الخليط مطابقة لمواصفات قانونية عالمية أو محلية تتضمن تلك الأوصاف المدروسة.

في هذا المحور سندرس هذه المواد وهذا الخليط طبقا للقاعدة المنصوص عليها: (AFNOR) . من أجل الوصول إلى تراكيب تتوفر فيها الأهداف المرجوة من بقاء وديمومة ومقاومة ...الخ.

II.2.4: مبدأ تركيبة الخرسانة:

ان الاختلاف الرئيس بين خرسانة الرمل والخرسانة الكلاسيكية يكمن في اختلاف التركيب الحبيبي إذ ان خرسانة الرمل يجب ان لا يتعد فيها قطر الحبيبات 5 ملم ($d \leq 5$ ملم) كما يجب ان لا تتعد النسبة $\frac{G}{S}$ واحد. على عكس الخرسانة العادية التي تستخدم حبيبات من نوع 15/0 و 25/0 وكمية أسمنت تقدر من 250 الى 400 كغ لكل متر مكعب من الخرسانة مع أن النسبة $\frac{G}{S}$ محصورة عموما حسب DREUX بين 2.2 الى 2.8 بالنسبة للخرسانة العادية [16].

$$2 \leq \frac{G}{S} \leq 2.8 \quad \text{..... (1.II)}$$

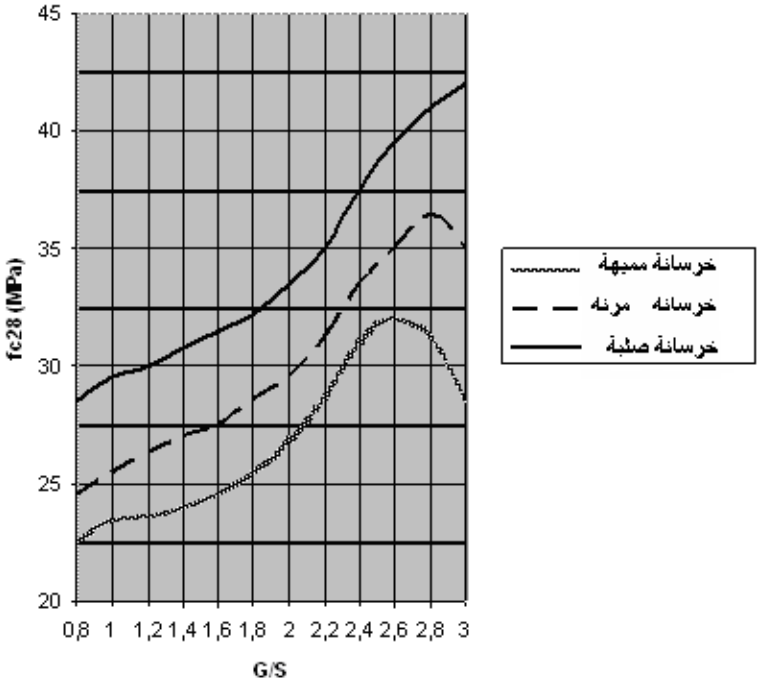
II.1.2.4: تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة:

ان هذه النسبة **G/S** (G كمية الحصى , S كمية الرمل) لها تأثير في التراصية (La compacité)التي تعرف على أنها النسبة الحجمية بين حجم الحبيبات الصلبة Vs على الحجم الكلي Vt

$$c = \frac{v_s}{v_t} \quad \text{.....(2. II)}$$

والتي هي من أهم خواص خرسانة الرمل إذ تتعلق مباشرة بالمقاومة .إن مبدأ تحسين التراصية من وجهة نظر التركيب الحبيبي يخضع لمبدأ بسيط:وهو أن أكبر العناصر تخلق فراغات كبيرة يمكن ملؤها بالرمل، كما أن فراغات الرمل تملأ بالمواد الدقيقة وهي الإسمنت مع العلم أن الكمية اللازمة من الإسمنت للحصول على تراصية جيدة متطابقة مع الكمية التي تضمن المتانة (في حالة الخرسانة العادية).**[16]**

و الشكل 1.II يوضح تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة:



الشكل (1.II): يبين كيفية انتقال التلوث من التربة إلى البيئة.

إدا أردنا أن نبحث عن قيمة القطر الصغير للحبيبات (اقل من 16 مم) , ففي هذه الحالة ومن أجل الحفاظ على تراصية عظمى , فانه يجب الزيادة في تركيز المواد الدقيقة (الاسمنت) . وهذا ما يترجم

بالعلاقة CHAUIN التي تنص على مقدار الدقائق معطى حسب استعمال الخرسانة :

$$C = \frac{550}{\sqrt[5]{D}} \quad \text{.....(3. II).}$$

$C = \frac{700}{\sqrt[5]{D}}$ .....(4. II).

من أجل حساب المقدار الادنى من الاسمنت بدلالة D فإن الجدول (2.2) يوضح ذلك :

الجدول 2.2 يعطي المقدار الادنى من الاسمنت بدلالة D.

النوع	القطر الأعظمي D	تركيز الاسمنت $c = \frac{550}{\sqrt[5]{D}}$	تركيز الاسمنت $c = \frac{700}{\sqrt[5]{D}}$
خرسانة	31.5/0	251	220
	22.5/0	268	375
	16/0	287	400
	8/0	330	460
ملاط	6.3/0	380	480
	3/0	401	560
	1/0	550	700

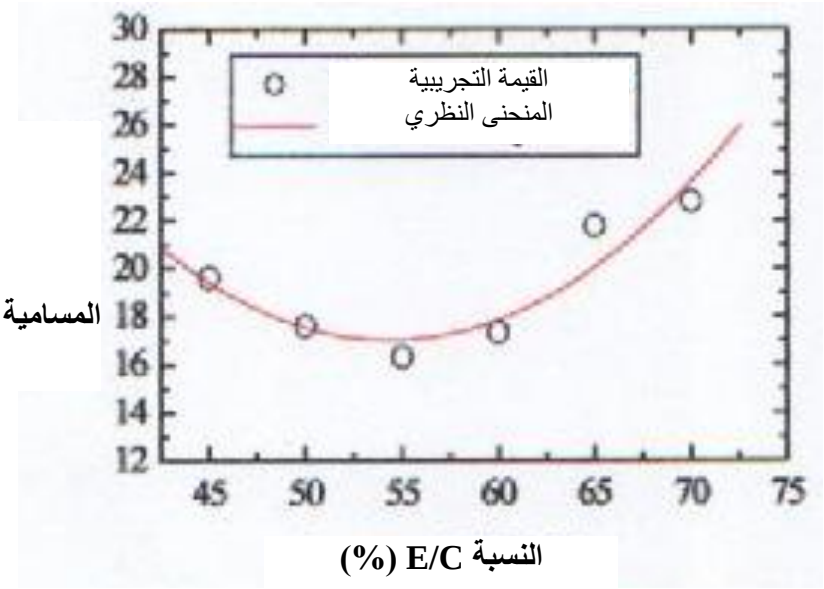
في حالة خرسانة الرمل يحدد امتداد التدرج الحبيبي من الاعلى ب 5 مم مع غياب الحبيبات الكبيرة. لذلك يظهر جليا ان الخليط (اسمنت + رمل) يعطي مسامية كبيرة مقارنة من الخرسانة العادية , مما يستدعي ادخال اضافات Filler لغرض اغلاق المسامات التي تنتج عن الرمل , وبعدها نقوم بضمان صلابة الخليط وذلك بإضافة الاسمنت بتركيز يتوافق مع الخرسانة العادية و للمعاملE/C تأثير مهم على المسامية لذا تجب العناية به .[16].

2.2.4.II: تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة :

1. 2.2.4.II: تأثير النسبة E/C على المسامية:

إن النسبة E/C لها تأثير كبيرة على خصائص الخرسانة، ومن ذلك تأثيرها المباشر على المسامية كما أكد هذا السيد: LOGBI ABDELAZIZ**[17]**،ونذكر مثال على ذلك الدراسة التي قام بها LAYCHI GUELMINE**[18]**والتي تبين أن المسامية تبلغ قيمتها المثلى (الدنيا) عند النسبة E/C تساوي 0.55، والتي تكون فيها نسبة الماء وتركيز الاسمنت قد عنيت بدراسة جيدة، حيث أن الزيادة في هذه النسبة، الذي يعني زيادة كمية الماء مخلفة عند خروجها مسامات تكون كثيرة وفي بعض الحالات تكون متصلة ببعضها البعض مما يشكل أخطار مختلفة أهمها دخول عناصر غريبة إلى قلب الخرسانة من ناحية وضعف التراصية من ناحية أخرى. أما نقصان هذه النسبة فينتج عنه عدم التفاعل الكلي لكمية الاسمنت، مما يؤدي إلى عدم تلاحم كل مركبات الخرسانة (الركام)، وهذا يخلف فراغات بين حبيبات هذا

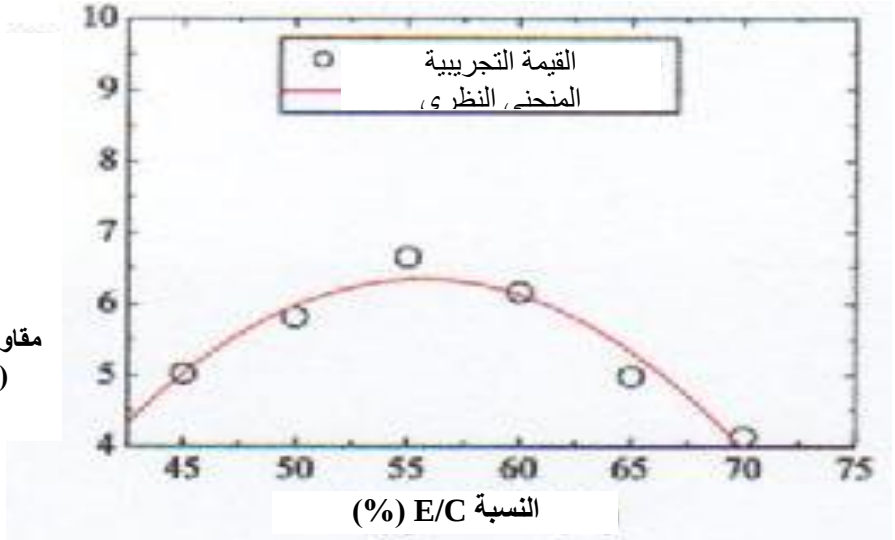
الأخير وبالتالي زيادة المسامية والتي ينتج عنها كما ذكرنا ضعف الخصائص الميكانيكية. والمنحنى أدناه يوضح تأثير النسبة E/C على المسامية:



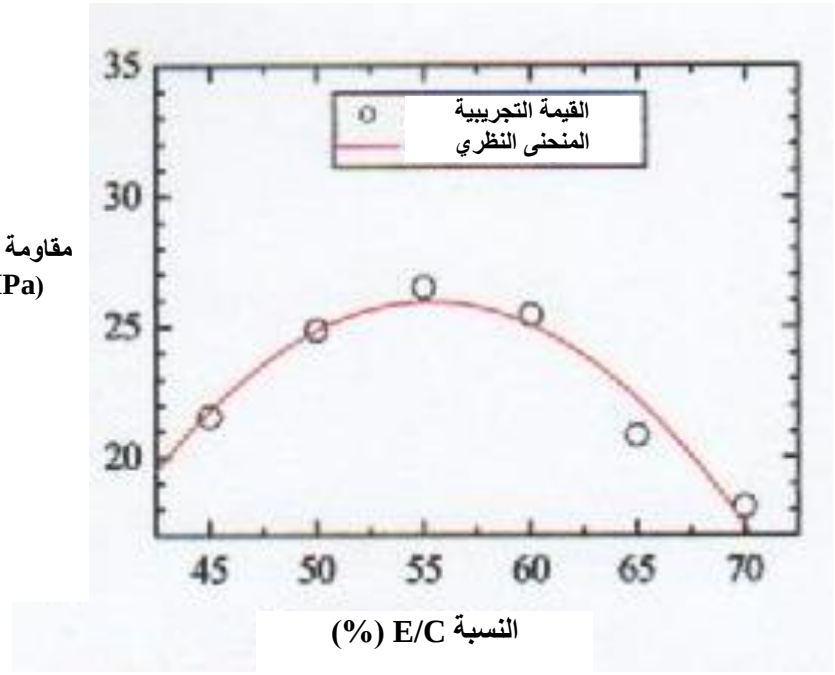
الشكل II.2: تأثير النسبةE/C على المسامية [18].

II.2.2.4. 2 : تأثير النسبة E/C على المقاومة:

يأتي تأثير هذه النسبة على المقاومة من كون هذه النسبة عند زيادتها مما يعني زيادة الماء عن الحاجة كما ذكرنا سابقا وعند خروجه يخلف فرغات (مسامات) هذه الأخيرة تؤثر على جسم الخرسانة حيث يكون شبه مجوف وهذا مما يجعله سهل للانضغاط والانكسار**[17]** ولمنحنيات التالية توضح مقدار تأثير النسبة E/Cعلى مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء حسب الدراسة التي قام بها **[18]:**



الشكل II.3:تأثير النسبةE/C على مقاومة الانحناء [18].



الشكل II.4: تأثير النسبةE/C على مقاومة الضغط [18].

وقد لاحظ الكثير من الدارسين أن كل العلاقات والنظريات التي تعرض طرق صياغة الخرسانة تهتم اهتماما بالغا بكمية الماء اللازمة للخلط وكمية الاسمنت المستعملة وبالتالي الاهتمام بالنسبة E/C التي لها التأثير المباشر والكبير على خصائص الخرسانة **[19]**.

5.II: مكونات خرسانة الرمل:

وفي ما يلي نعطي المركبات الأساسية التي تدخل في إنشاء خرسانة الرمل.

1.5.II : الاسمنت:

إن الاسمنت المستعمل في صناعة خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعدP15-301NF.

وتركيز الاسمنت يجب أن يكون مقاربا لتركيزه في الخرسانة العادية ﴿300− 400 Kg/m^3﴾.

وفي العموم فان تركيز خرسانة الرمل من الاسمنت أعلى منه في الخرسانة العادية وهذا ما استنتجه **[16]** لأنتركيز الاسمنت متعلق بقطر الحبيبات.

2.5.II : الرمل:

ليس هناك أي شروط وضعت على أصل الرمال المستخدمة في الخرسانة ، سواء كانت رمال الوديان او الكثبان او المحاجر أو المواد المسترجعة من بقايا هدم الطرقات والمباني لاستعمالها كحبيبات حصوية في صناعة الخرسانة, حيث أن نقل هده المواد إلى أماكن التفريغ يطرح عدة مشاكل (تخصيص مساحات التخزين, تكاليف معتبرة, تشويه للبيئة) لذا يجب إيجاد إمكانية لإعادة تقييم و استعمال هذه البقايا

وبالتالي إيجاد مصدر أخر للركام. من أجل إيجاد أو تكوين خرسانة الرمال، نشير أنه من بين أهم العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار عامل النقاوة ، إذ أن استعمال رمال غير نقية ينجم عنه خرسانة ضعيفة المقاومة. **[14]**.

ومن الملاحظ أن رمال الكثبان مواد ذات نوعية سيئة في مجالات الإنشاء لأنها غير قابلة للترصيص ولها قدرة حمل ضعيفة ونسبة فراغات كبيرة كما تمتاز حبيباتها بعدم الاستمرار في الغالب واستعمالها سواء مع الروابط الهيدروكربونية (الزفت الصرف, المميع, كوت باك) أو الروابط الهيدروليكية (الاسمنت) يعطي خصائص ميكانيكية ناقصة (الاستقرارية, الترصيص, مقاومة الضغط, مقاومة الشد) لذا تصبح معالجتها ضرورية من أجل تحسين خواصها الميكانيكية وإعطائها استقرارية مرضية **[21]**.

وقد أجريت عدة تجارب على أنواع مختلفة من الرمل حسب مناطق تواجدها نذكر منها :

- تجربة التدرج الحبيبي التي أعطت النتائج التالية :

الجدول II.3 يوضح أمثلة على التدرج الحبيبي للرمل المستعمل في تركيبات خرسانة رمل بعض المناطق

قطر الغربال mm / نسبة المجمع المار%	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	0.125	0.08
القولية	100	100	100	99.76	27.13	18.27	9.57	1.46
الوادي	100	100	100	99.46	91.42	65.59	9.12	0.65
بسكرة	100	100	100	99.37	83.84	-	6.89	1.58
حاسي بحبح	100	99.98	99.91	99.30	92.71	68.67	4.34	0.57
عين الصفراء	100	99.99	99.97	99.95	95.86	54.23	2.72	0.01

II. 3.5 : الماء:

توفر الماء في شروط النقاوة يعتبر من أحد مركبات الخلطة الخرسانية، مع احترام التركيز اللازم حيث، أن الزيادة من هذه المادة في الخرسانة وبعد خروج الكميات الزائدة عن الحاجة مخلفة مكانها فراغات من شأنها تسبيب ضعف في المقاومة، وأما نقصان هذه المادة فهو يقلل من انحلالية الخلطة مما يعني بقاء بعض الحبيبات من الاسمنت دون تفاعل أي بعض حبيبات الرمل لا يتسنى لها التماسك، مما يقلل من المقاومة.

نذكر أن الماء المستخدم في خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعد P18-303NF. وبما أن قطر الحبيبات التي تدخل في تركيب خرسانة الرمل يكون أقل أو يساوي 5 مم، فإن السطوح النوعية تكون

أكبر، مما يجعل الخلطة الخراسانية الطازجة جافة جدا وصعبت التشغيل وبالتالي تكون التشغيلية ضعيفة مما يستدعي إضافة كمية أكبر من الماء وهذه الإضافة ستؤثر على الخصائص الميكانيكية الأخرى ، ولهذا يصبح من الضروري الاستعانة ببعض الإضافات والمحسنات للتقليل من قيمة المعامل E/C من أجل رفع المقاومة**[22]**.

يشارك الماء في عمليات التفاعلات الكيمائية المنتشرة داخل كتلة الخرسانة الطازجة والتي تنجم عنها الخرسانة المتصلبة ذات المقاومة المطلوبة. كما يقوم الماء في الخلطة بدور تأمين سهولة تشغيل الخرسانة وصبها في مكانها المحدد.

4.5.II: الاضافات Les adjuvants:

كغيرها من أنواع الخرسانة، فإن خرسانة الرمل تحتاج الى بعض المواد المحسنة في مختلف أشكالها: الملدنات بأنواعها وما إلى ذلك. تضفي المحسنات أو المواد المساعدة لمسة فيزيائية واقتصادية معتبرة على الخرسانة، مثل التحسين في التشغيلية واستخدام الخرسانة في ظل ظروف صعبة ، كما أنها تسمح باستعمال أنواع أخرى من المواد في الخرسانة.

1.4.5.II: دور المميعات أو الملدنات:

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الخرسانة الطازجة، حيث تتعلق أساسا بتركيز الماء المستخدم**[18]**. ونذكر هنا الآثار السلبية لزيادة نسبة الماء في الخرسانة :

- عزل المواد عن بعضها البعض.
- فقدان تجانس الخلطة.
- زيادة المسامية.
- انخفاض المقاومة.
- النقص من ديمومة المنشأة.

أدت هذه السلبيات التي وقفت عائقا أمام الحصول على خرسانة ذات تشغيلية جيدة بالباحثين، منذ زمن قديم، إلى استخدام العناصر الكيمياء العضوية التي تساعد في جعل الخرسانة أكثر تشغيلية وذلك دون التقليل من نسبة الدمك**[22]**.

II.5.5: المواد المضافة (Les ajouts):

هي مواد تضاف الى ماء الخلط أوالى الخرسانة مباشرة أثناء أو قبل عملية الخلط تكون في غالبها مشابه في خواصها الفيزيائية و الكيمائية الى الاسمنت وبوجود الماء أي عند اماهتها نحصل تقريبا على نفس نتائج اماهة الاسمنت[14].

II.5.5.1: الحشو Filler:

يتواجد هذا النوع من المحسنات على عدة أشكال معدنية وصناعية وطبيعية، حيث يستخدم في سد الفراغات الناجمة عن الرمل في الخرسانة وذلك من أجل الحفاظ على اندماج (Compacité) عالي لهذه الأخيرة عن طريق خلق امتداد حبيبي مستمر. وهذا ما يعطي دفعا إيجابيا من الناحية التقنية، حيث يزيد في مقاومة الخرسانة للشد، ومن الناحية الاقتصادية، حيث يقود إلى التقليل من تركيز الاسمنت في الخلطة الخراسانية **[16]**.

II.5.5.2: الحصى الصغير Gravillons :

يستعمل الحصى 0/15 كأحد المحسنات في خرسانة الرمل شريطة أن لا تتجاوز النسبة G/S الواحد، وذلك لغرض التحسين في بعض الخصائص الميكانيكية والانسيابية كالمقاومة والتشغيلية والانكماش الخ **[23]**.

II.5.5.3: الألياف Fibres:

ويستعمل هذا النوع من المحسنات كمادة مقوية داخل الخلطة الخراسانية بهدف التحسين من مقاومة الخرسانة للشد والتقليل من ظاهرة الانكماش**[23]**.

II.6: صياغة خرسانة الرمل:

أن ما يميز تركيب الخرسانة هو نوعية اختيار المواد اللزمة للحصول على عجينة إسمنتية, تتصل بفعل التفاعل الكيميائي بين الماء والاسمنت بهدف الحصول على خصائص تتناسب والمعايير التقنية والاقتصادية المرجوة، ففي حالة الخرسانة العادية مثلا، تتلخص المكونات في الحصى والرمل والاسمنت والماء.

ونظرا للإمكانيات المحدودة التي تقدمها الطرق العادية في تركيب الخرسانة، توسعت جملة المكونات التي تدخل في التركيب الخرسانة بواسطة الإضافات والمحسنات.

ومن بين أهم أنواع الخرسانة الجديدة ذات التركيبة الخاصة، نذكر خرسانة الرمل (المتميزة بدقة الحصى والانحلالية)، التي تعرف مرحلة تشكيل جد خاصة.

هناك العديد من المناهج استعملت من أجل الحفاظ على مقاومة عالية لخرسانة الرمل، في حين بقي معيار الانحلالية يشكل عاملا معقدا نوعا ما، نظرا لأن عجينة هذه الخرسانة تحتوي دائما (بالإضافة للاسمنت والماء) على مواد حشو كلسيةcalcaires Fillers ومحسنات انسيابية Adjuvant rhéologique بطريقة تسمح بتحديد تركيز الاسمنت لجعله مماثلا للتركيز في الخرسانة العادية.

1.6.II: مبدأ صياغة خرسانة الرمل:

تحتوي تركيبة خرسانة الرمل على تركيز للإسمنت يقارب التركيز الموجود في الخرسانة العادية (من 300 إلى 400 kg/cm^3) وهذا بخلاف الملاط، لكن وجود الحصى ذات الأقطار الصغيرة (قطر≥5mm) هو ما يميز خرسانة الرمل عن الخرسانات العادية، وليس هناك مانع من إضافة الحصى بشرط الحفاظ على النسبة الكتلية $G/S < 1$. وبفضل تقنية ملء فراغات الرمل بواسطة مواد الحشو الكلسية الأقل من (80 µm)، أصبحت الزيادة في تركيز الاسمنت ممكنة، حيث ساعد ذلك في الحصول على نسبة للتراصية عالية، وذلك بإنشاء امتداد حبيبي مستمر. وتستعمل عادة مواد الحشو ذات الطابع الكلسي نظرا لمفعولها الجيد تجاه المواد القاعدية. ويستوجب التواجد الكبير للجسيمات الدقيقة إلى استعمال كبير لماء الخلط، مما يستدعي وجود مخفض للماء (Réducteur d'eau) من أجل رفع أداء الخرسانة والتقليل من التشوهات المختلفة.

2.6.II: بعض طرق صياغة خرسانة الرمل:

تعني كلمة صياغة خرسانة الرمل هو الحصول على خصائص تتناسب والمعايير التقنية والاقتصادية المرجوة وللحصول على هده المعايير و هو إيجاد نسب مختلف المركبات التي تدخل في تركيبة الخلطات، ونظرا لكون مختلف طرق ومناهج الصياغة لا تخضع إلى علوم دقيقة، فإن الدراسة النظرية لا تقودنا إلى الحل النهائي لمجمل المشاكل التي تواجه التركيبات الخراسانية. ولهذا نلجأ دائما إلى دراسة تجريبية تعتمد على إنجاز خلطات متتابعة تسمح لنا بتصحيح الصياغة النظرية. ومن هنا نستطيع تمييز نوعين من طرق الصياغة وهما الطريقة النظرية والطريقة التجريبية معتمدين في ذلك على معيارين مهمين وهما:

- ❖ الخصائص الميكانيكية.
- ❖ التشغيلية.

II.2.6. 1: الطريقة النظرية لصياغة خرسانة الرمل:

من المعلوم أن خرسانة الرمل مكونة عموما من الاسمنت والماء والرمل والإضافات الدقيقة وأن الخرسانة المراد الحصول عليها يجب أن تتوفر على تراصية عالية وبالتالي نفاذية منخفضة.

توصل CAQUOTمن خلال معطيات تجريبية إلى علاقة رياضية تربط بين حجم الفراغات لخليط حصوي يمثل تراصية عظمى وبين امتداده الحبيبي d/D_{max}.

وتعطى علاقة Caquot كما يلي :

$$V = V_0 (d / D_{\max})^{1/5} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.2)$$

حيث:

V: حجم الفراغات داخل الخليط الحبيبي.

V_0: ثابت تجريبي محصور بين 0.7 و 0.8.

d: قطر أصغر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

D_{max} : قطر أكبر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

وكانت هذه العلاقة بمثابة تغير في مجال صياغة الخرسانة وكانت قاعدة أبحاث لكثير من الباحثين على غرار FAURY و BOLOMEY و DREUX في طرقهم للصياغة الخرسانة العادية. كما استخدمت هذه العلاقة لصياغة خرسانة الرمل من أجل تحديد نسب مختلف المركبات داخل الخلطة مع بعض التغيرات المعتبر لهذه الحالة الخاصة[16].

وفي ما يلي سنعطي طريقة حساب كل تركيز:

*** تركيز الدقائق في خرسانة الرمل:**

من أجل التحسين في تراصية خرسانة الرمل تم فصل المركبات الداخلة في الخليط إلى قسمين:

1. **العناصر الدقيقة:** وهو القسم الذي يحتوي على حبيبات ذات أبعاد أقل من 80 µ m والتي تمثل الاسمنت والإضافات الدقيقة وجزء من الرمل.
2. **العناصر المتبقية:** وهو القسم الذي يحتوي على حبيبات ذات أبعاد محصورة بين 80 µ m و D_{max} والمتمثل في الجزء المتبقي من الرمل زيادة على الإضافات التي يتجاوز قطرها 80 µ m.

وبعد إجراء هذا الفصل وتحديد قيمة V_0 في العلاقة السابقة بالثابت المتوسط 0.75 تعطى المسامية إذن بالعلاقة :

$$Ps = V = 0.75(0.08 / D_{\max})^{1/5} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6.2)$$

Ps(V) : مسامية الرمل المحصور بين 80 µ m و D_{max}.

D_{max} : قطر أكبر حبيبة في الامتداد الحبيبي.

وإذا قمنا بإدخال تركيز أمثل للإضافات فسيسمح لنا ذلك بإكمال الامتداد الحبيبي المحدود بـ 80 µm كقيمة صغرى وسد مسامية الرمل المحسوبة بالعلاقة.

وعند قيامه ببعض التبسيطات في العلاقة استنتج CAQUOT أن قيمة حجم مجموع العناصر الدقيقة (الأقل من 80 µm) وقيمة حجم الفراغات المترتبة عنها متساويان. وبعبارة أخرى فإن حجم الفراغات المتبقية في الخليط ككل يساوي حجم مجموع الإضافات[16].

وبالتنسيق بين الاستنتاجين المتحصل عليهما، نجد أن التركيز الحجمي الأمثل للإضافات هو نصف مسامية الرمل وأن النصف الآخر يمثل المسامية الأقلية الموجودة، ونكتب:

$$[\text{Fines}] = 0.38(0.08/D_{max})^{0.2} \quad \ldots\ldots(7.2)$$

ويتبين من خلال هذه العلاقة أن تركيز الإضافات يتعلق بحجم الحبيبات الكبيرة، ويتضح جليا أنه كلما كان قطر الحبيبات الكبيرة أصغر كلما زاد تركيز الإضافات[24].

*** تركيز الماء في خرسانة الرمل:**

وبعد القيام بتحسين الهيكل الحبيبي، والخلوص إلى أن تراصية جيدة تقود إلى مسامية ضعيفة حيث لا يتأتي ذلك بسهولة، لذلك قام CAQUOT بأبحاث أخرى تتعلق بالتراصية توصل بها إلى صياغة جديدة انطلاقا من علاقة المسامية السابقة، حيث سلم أن مسامية الهيكل الحبيبي تنقسم إلى مجموع حجم الماء + حجم الفراغات. واصطلح على أن تكون علاقة المسامية كما يلي[24]:

$$(e+v)_{min} = 0.8(d/D_{max})^{1/5} \quad \ldots\ldots(8.2)$$

e : مجموع حجم الماء.

v : مجموع حجم الفراغات.

d : البعد النسقي لأصغر الحبيبات في حالة خليط خالي من الشوائب ويعطى بالعلاقة :

$$d = (60/(f))mm \times \rho \quad \ldots\ldots(9.2)$$

f : المساحة السطحية معطاة بـ cm^2/g

ρ : الكتلة الحجمية للعناصر معطاة بـ g/cm^3

كما نص CAQUOT على أن حجم الفراغات في خرسانة الرمل أكثر منه بقليل في الخرسانة العادية وأعطى العلاقة لحجم هذه الفراغات بدلالة الماء كما نص على أنها يجب أن لا تتجاوز النسبة من 3 إلى 5 % :

$$[V_{vide}] = k[V_{eau}] \quad \text{.....(10.2)}$$

حيث :

k : ثابت محصور بين 0.2 و 0.25[16].

*** تركيز الرمل في خرسانة الرمل :**

ومن أجل إكمال الحجم الوحدوي لخرسانة الرمل (في المتر المكعب) من التركيبة، ولحساب تركيز الرمل ما علينا إلا طرح تراكيز باقي العناصر المحسوبة مسبقا (الماء والفراغات والدقائق) من 1 متر مكعب :

$$[V_{sable}] = 1000 - [V_{fines}] - [V_{eau}] - [V_{vide}](l/m^3) \quad \text{.....(11.2)}$$

في النهاية بقي أن نشير إلى أن حجم الرمل المحسوب في العلاقة يمثل كل العناصر ذات الأبعاد الأكبر من 80 µm، سواء كانت من الرمل أو من أجزاء الدقائق الإضافية. [16]

II.2.6. 2: الطريقة التجريبية لصياغة خرسانة الرمل :

هناك العديد من الطرق التجريبية لصياغة خرسانة الرمل تسمح في مجملها بصياغة هذه الخرسانة، لكن ليس بهدف شرح الظواهر التي تدخل في صياغتها، وإن اختلفت في المبادئ النظرية ومناهج العمل لكن هدفها واحد وهو صياغة خرسانة ذات تراصية كبيرة وبالتالي ذات جودة عالية.

ونستخدم في هذه الطريقة تركيز ثابت للاسمنت. حيث أن هذه الأخيرة مستوحاة من الطريقة المسماة BARON-LESAGE وأنها تعتمد على خلطات متعددة لحساب التشغيلية بواسطة الجهاز الخاص بها وحساب الكتلة الحجمية الظاهرية[16].

وبهذه الطريقة تم تحقيق العديد من الانجازات التي نذكر منها : خرسانة الأوتاد وخرسانة الطرقات ... الخ.

II.2.6. 1.2: صياغة خرسانة الرمل بدون إضافات:

في هذا الجزء من الطريقة سنبحث على صيغة لمختلف تراكيز المواد المكونة (اسمنت, ماء, رمل, إضافات) في المتر المكعب والتي تعطي تشغيلية مقبولة.

*** تركيز الاسمنت:**

يفرض علينا الشرط المهم والملزم استعمال تركيز أصغري للاسمنت في المتر المكعب للخرسانة وذلك حسب نوع المنشأة المراد بنائها ودرجة خطورة الوسط, ولهذا سنعمل على مدى هذه الدراسة بتركيز ثابت للاسمنت C (Kg/m^3) [16].

*** تركيز الماء:**

وسنكتفي في هذه المرحلة من الصياغة بأخذ قيمة تقريبية لتركيز الماء E (l/m^3) حسب الخبرة فمثلا 220 لتر من الماء من أجل Kg350 أو 250 لتر من الماء من أجل 400 Kg [24].

*** تركيز الرمل :**

وفي هذه الصياغة يتوجب إدخال ملدن مقلل للماء بالتركيز المنصوص عليه من طرف الصانع (N% من وزن العناصر الأقل من 80 µm)، ومن المعلوم أن الخرسانة تحتوي دائما على نسبة من الفراغات V_{air} حيث يكون حجم هذه الفراغات في خرسانة الرمل أكثر منه في الخرسانة العادية حيث تصل النسبة إلى ما بين 5 إلى 7 % من حجم الخرسانة.

وبعد معرفة مقدار تراكيز كل من الماء والاسمنت والفراغات والملدن يصبح من السهل استخراج تركيز الرمل في 1 متر مكعب حيث نكتب:

$$V_{air} + V_C + V_E + V_{adj} + V_{sable} = 1000 \quad \text{(باللتر)} \qquad (12.2)$$

وبعد أن أصبحت الكتل الحجمية لمركبات الخرسانة معروفة يمكننا استخراج كتلة الرمل لصياغة في 1 متر مكعب من الخرسانة S (Kg/m^3).

*** ضبط التشغيلية ومردود الصياغة:**

بعد الحصول على صياغة خرسانة الرمل وتحديد:

- التشغيلية المقابلة لهذه الصياغة بواسطة جهاز التشغيلية.
- مقدار الكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقة للخرسانة المنجزة.

يجب تصحيح الصياغة بواسطة المعادلة التكرارية التالية:

$$S_i = S_{i-1} - (MVAT_{i-1} - MVAR_{i-1}) \pm V \times MV_{sable} \qquad (13.2)$$

حيث يمثل MVAT و MVAR كل من الكتلة الحجمية الظاهرية النظرية والكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقية على الترتيب[24].

إذا كان زمن السيلان للتشغيلية أقل من القيمة المرجوة يجب التقليل من قيمة حجم الماء بالمقدار V (V+ في المعادلة)، وإذا كان زمن السيلان للتشغيلية أكبر من القيمة المرجوة يجب الزيادة من قيمة حجم الماء بالمقدار V (V- في المعادلة).

بعد القيام بكل تصحيح يجب مقارنة الكتلة الحجمية الظاهرية النظرية والكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقية.

II..2.2.2.6: صياغة خرسانة الرمل باستعمال الإضافات:

وفي هذا الجزء سنقوم بإضافة بعض الدقائق المحسنة والوصول إلى التركيز الأمثل لها، مع الحفاظ على معامل E/C ثابت. من أجل ذلك يجب القيام بعدة خلطات (من 5 إلى 6) تحتوي تراكيز مختلفة من هذه الدقائق المحسنة ولكن دون الخروج على المجال المنصوص عليه لاستعمالها، حيث إن إدخال هذه الدقائق من شأنه الزيادة في تراصية الخرسانة، وذلك بملئها للفراغات. [16]

وتجدر الإشارة إلى أن هدفنا هو الوصول إلى صياغة خرسانة (في 1 متر مكعب) من شأنها أن تكون كتلتها الحجمية الظاهرية النظرية تقارب كتلتها الحجمية الظاهرية الحقيقية، وزمن سيلان مناسب.

من أجل كل خلطة نقوم بحساب زمن السيلان (للتشغيلية) والكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقية MVAR ونقارنها بالكتلة الحجمية الظاهرية النظرية MVAT. وإذا استلزم الأمر نقوم بتصحيح تركيز الرمل بواسطة العلاقة التالية[16]:

$$S_i = S_{i-1} - (MVAT_{i-1} - MVAR_{i-1}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14.2)$$

ويوضح الجدول **(4.II)** بعض الأمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل. **[25].**

الجدول II.4:أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل.

مكونات الخلطة الخرسانية	الكمية ب kg/cm^3		
	التركيبة 1	التركيبة 2	التركيبة 3
اسمنت	330	460	400
رمل	1530	1350	1260
حشو Filler	/	/	200
ماء	260	300	240
C/S	1/4.6	1/3	1/3.65
E/C	0.79	0.65	0.6

وهذه بعض التركيبات لخرسانة الرمل قام بها بعض المغاربة يوضحها الجدول **(5.II) [26]:**

الجدول II.5:أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل قام بها بعض المغاربة [26].

المواد / التركيبة	الاسمنت	الماء	الرمل الدقيق	الرمل الخشن	E/C
1	350	238	644	966	0.68
2	350	245	483	1127	0.7
3	350	245	805	805	0.7

حيث عرف الرمل الدقيق والخشن بالجدولII.6

الجدول II.6:يوضح التدرج الحبيبي للرمل المستعمل في تركيبات خرسانة رمل بعض المغاربة [26]:

	>2mm	0.08 – 2 mm	< 0.08 mm
رمل دقيق	% 7	% 74	% 19
رمل خشن	% 98	% 1	% 1

II.7: خصائص خرسانة الرمل:

نستطيع تقسيمها الى نوعين من الخصائص قبل وبعد التصلب:

II.1.7: خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب:

II. 1.1.7: التراصية Compacité:

تعرّف التراصية أو اندماجية الخرسانة على أنها الحجم المشغول من طرف العناصر الصلبة بالنسبة للحجم الكلي كما ذكرنا سابقا، فهي بالتالي مكملة للمسامية.

توصل الباحث CAQUOT حسب ما نص عليه **[16]**، بعد إجراء تجارب على خرسانة، إلى علاقة رياضية بين المسامية، داخل كومة حبيبية، تتميز بقطر d للعناصر الدقيقة وقطر D للعناصر الكبيرة (أنظر العلاقة (15.2)):

$$P = P_0(d/D)^{0.2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (15.2)$$

P_0: ثابت تجريبي.

d : قطر العناصر الدقيقة.

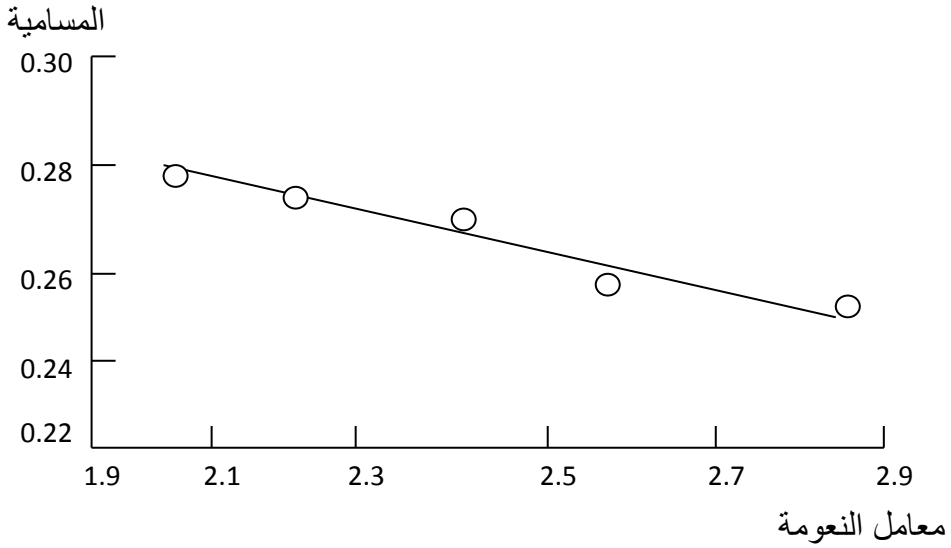
D : قطر العناصر الكبيرة.

نشير هنا إلى أن مدى صحة هذه العلاقة يبقى محصور في الخلطات التي تكون فيها أحجام المكونات في الامتداد الحبيبي محسنة من ناحية التراصية. بعبارة أخرى، التراصية المثلى لا تتعلق فقط بالامتداد الحبيبي، بل وبالتوزيع الحبيبي للدقائق أيضا.

من المعلوم أن قطر الحبيبات في خرسانة الرمل يكون $D \geq 5$ مم ، لذلك فإنه من الواضح أن الخليط، رمل – اسمنت، يكون ذات مسامية عالية مقارنة بخرسانة عادية. حيث تسبب الزيادة في

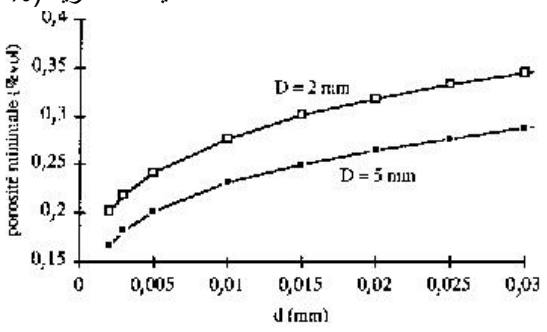
السطوح النوعية في خرسانة الرمل إلى الزيادة في المسامية، أي أنه كلما زاد معامل النعومة (Module de finesse) كلما نقصت المسامية (أنظر الشكل**5.II**) لذلك إذا أردنا الحفاظ على التراصية– اندماجية– عظمى، فالطريقة الأسهل هي الزيادة من تركيز الاسمنت. لكن تبقى هذه الطريقة غير مستحبة من الناحية التقنية، نظرا لخطر الانكماش الذي ينجم عنها، كما أن الزيادة في تركيز الاسمنت يسبب ارتفاعا في التكلفة الكلية.

في ظل هذه الشروط، يصبح من الضروري اللجوء إلى استعمال حشو ذو حبيبات مشابهة لحبيبات الاسمنت، وذلك من أجل سد جزء من فراغات الرمل، بهدف الحد من الزيادة في تركيز الاسمنت**[14]**.والمنحنى التالي يوضح تغير المسامية بدلالة معامل النعومة :



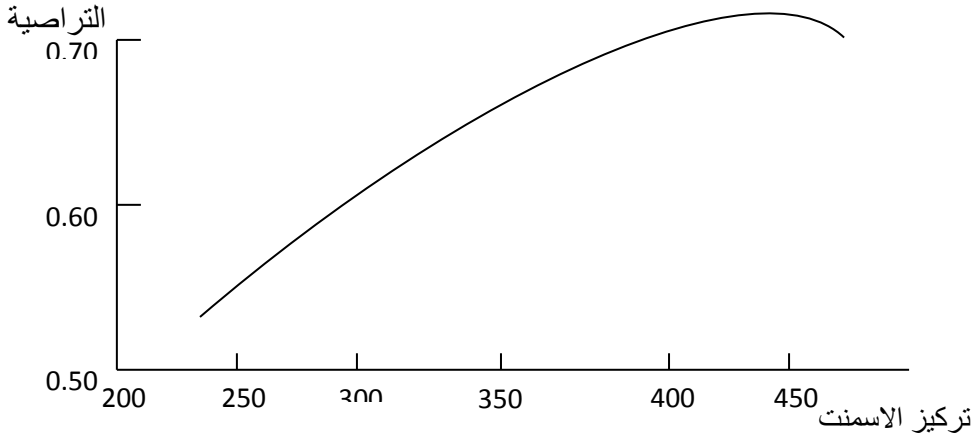
الشكل II.5:تأثر المسامية بمعامل النعومة [14].

من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد معامل النعومة نقصت المسامية وهذا راجع كما أسلفنا الى أن زيادة معامل النعومة يعني أن حبيبات الرمل زادت من الخشونة وبالتالي نقصت المساحة النوعية مما يستدعي نقصان المسامية.



الشكل II.6: تأثير بعد الحبيبات الأصغرية d على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من

والمنحنى التالي يوضح تغير التراصية بدلالة تركيز الاسمنت **[29]** :



الشكل II.7:التراصية بدلالة تركيز الاسمنت[26]

من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد تركيز الاسمنت زادت التراصية وهذا راجع كما أسلفنا الى أن الاسمنت لعب دور الحشو وملأ الفراغات بين حبيبات الرمل مما زاد في التراصية.

ان التراصيه العظمى لخليط من الخرسانة والرمل تعطى بـ 70% .

الجدول II.7: التراصيه العظمى بدلالة D max[26].

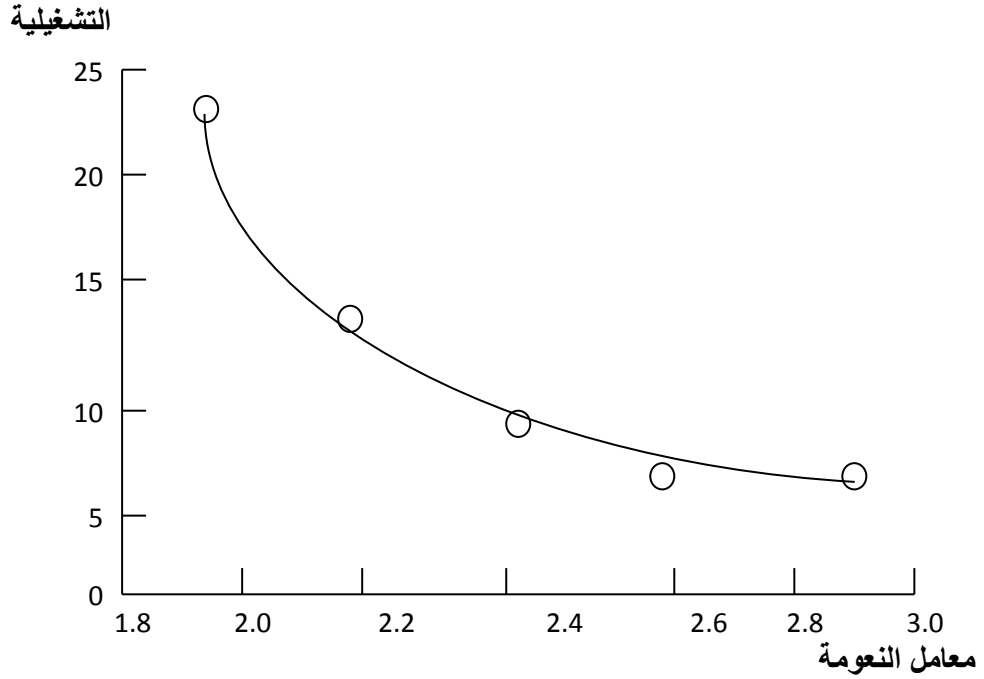
القطر الأعظمي	Dmax = 5mm	Dmax = 12.5mm	Dmax = 20mm
التراصيه	0.75	0.79	0.805

2.1.7.II: التشغيلية Maniabilité :

تعتبر التشغيلية أحد الخصائص الفيزيائية النوعية للخرسانة ، وذلك إذا أهملنا شروط الاستعمال الخاصة **[27]**. وتنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتتأثر بمقدار سيولة العجينة**[25]** كما تعرّف على أنها سهولة الخلط للخرسانة الطازجة وتجانسها وسهولة قولبتها.

وتتطلب خرسانة الرمل كميات كبيرة من المياه مقارنة بالخرسانة العادية وهذا يترجم بالنسبة E/C الكبيرة ما بين 0.6 الى 0.7 حيث أن هذه النسبة في الحالة العادية تقارب 0.5 هذه الخاصية تعود الى نعومة الخليط الكبيرة (Finesse) .

إضافة إلى ذلك فإنَّ التركيب الحبيبي يلعب دور كبير في الحاجة للماء حيث أنه كلما كان الرمل غني بالعناصر الكبيرة كلما كانت الحاجة للماء أقل أي تتحسن التشغيلية وهو ما يترجم في العلاقة بين معامل النعومة والتشغيلية في الشكل**[14]**.



الشكل II.8:التشغيلية بدلالة النعومة، تأثير مقدارا لدقائق[24]

ويتضح من الشكل أنه كلما زاد معامل النعومة كلما نقص الزمن اللازم للسيلان (Temps d'écoulement) واستوجب بذلك التحسين في التشغيلية.

II.2.7: خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب:

II. 1.2.7: الخصائص الميكانيكية:

تعتبر المقاومة الميكانيكية أحد أهم الخصائص في الخرسانة. لذلك فإنه من الضروري، أن تؤخذ كل من مقاومة الكسر والشد والضغط بعين الاعتبار أثناء الدراسة. وفي العادة تعتمد مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة حيث أن مقاومة الركام كبيرة جدا بالنسبة لمقاومة العجينة , ولذلك فان انهيار الخرسانة التقليدية يكون دائما في العجينة ويمر الشرخ حول الركام, فإذا أمكننا إنتاج عجينة ذات مقاومة عالية جدا تقترب من مقاومة الركام فإننا نحصل على خرسانة عالية المقاومة والتي يكون الانهيار فيها مفاجئ حيث يمر الشرخ بالركام وليس حوله. **[25]**

II. 1.1.2.7: مقاومة الضغط :

إن مقاومة الضغط هي أهم خواص الخرسانة المتصلبة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها. ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث ان معظم الخواص و المقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص تتحسن وتزيد بزيادة هذه مقاومة والعكس صحيح**[22]**.

وقد أجريت دراسات جامعية عديدة على مقاومة الضغط بالنسبة لخرسانة الرمل أهمها:

* أعمال CHAOUCH [16] التي أجراها على أربعة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**8.II**).

الجدول II.8:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتCHAOUCH[14] لخرسانة الرمل.

	التركيز ب Kg/m^3				مقاومة الضغط في 28 يوم ب﴿bar﴾			
	الأنواع				الأنواع			
	1	2	3	4	1	2	3	4
الاسمنت	350	400	350	300	140.61	165.67	149.41	144.56
رمل الكثبان	1505	1420	1470	1560				
الماء	245	280	280	240				
E/C	0.7	0.7	0.8	0.8				

* أعمال GUENOUN[28] التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**9.II**) .

الجدول II.9:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتGUENOUN لخرسانة الرمل[28].

المركبات	التركيز ب Kg/m^3					
	الأنواع					
	1	2	3	4	5	6
الاسمنت	375	375	375	375	375	375
المحسن	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
رمل الكثبان	1332.96	1199.69	1066.39	933.1	799.79	666.49
رمل المحاجر	-	141.11	282.22	423.33	546.44	705.55
الماء	232.5	227.82	220.52	219.19	218.5	217.84
مقاومة الضغط في 28 يوم ب(MPa)	16.73	18.88	20.28	21.76	23.98	24.5

* أعمال KETTAB [26] التي أجرتها على ثلاث أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**10.II**)

الجدول II.10:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتKETTAB[26] لخرسانة الرمل

المركبات	1	2	3
E/C	0.8	0.85	0.9
الاسمنت	350	350	350
رمل الكثبان	1470.73	1424.53	1378.33
الماء	280	297.5	315
المحسن	4.13	4.13	4.13
مقاومة الضغط في 28 يوم ب(MPa)	8.84	10.25	8.85

ومن هذه النتائج نستخلص أن مقاومة الضغط لخرسانة الرمل تعتبر ضئيلة نسبيا مع المقاومة في الخرسانة العادية.

II. 2.1.2.7 : مقاومة الشد:

هناك عدة دراسات أجريت بخصوص مقاومة خرسانة الرمل للشد، والتي نذكر منها الأعمال المنجزة من طرف :

* أعمال CHAOUCH [28]، الذي أجراها على أربع أنواع من خرسانة الرمل فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (**II.11**)[29] :

الجدول II.11:نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH [29].

	التركيز ب Kg/m^3				**مقاومة الشد في 28 يوم ب(bar)**			
	الأنواع				**الأنواع**			
	1	2	3	4	1	2	3	4
الاسمنت	350	400	350	300	10.25	15.67	11.50	10.67
رمل الكثبان	1505	1420	1470	1560				
الماء	245	280	280	240				
E/C	0.7	0.7	0.8	0.8				

نستنتج من خلال النتائج الموضحة في الجدول أن مقاومة خرسانة الرمل للشد أقل نسبيا من المقاومة في الخرسانة العادية.

* أعمال GUENOUN [30] التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**II. 12**).

الجدول II.12:نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال GUENOUN [30].

المركبات	التركيز ب Kg/m^3					
	الأنواع					
	1	2	3	4	5	6
الاسمنت	375	375	375	375	375	375
المحسن	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
رمل الكثبان	1332.96	1199.69	1066.39	933.1	799.79	666.49
رمل المحاجر	–	141.11	282.22	423.33	546.44	705.55
الماء	232.5	227.82	220.52	219.19	218.5	217.84
مقاومة الشد في 28 يوم (MPa)	1.24	1.37	1.4	1.84	1.93	1.98

II .2.2.7: معامل المرونة :

يعرف معامل المرونة على أنه الميل لمنحنى التشوه العام مع الإجهاد و يعبر عنه بالعلاقة **[27]:**

$$E = \frac{\sigma_{cj}}{\varepsilon} \quad \text{.....(16.2)}$$

حيث :

E : معامل المرونة

σ_{cj} : اجهاد الضغط المطبق يعطى ب MPa

ε : التشوه النسبي وهو يساوي $\Delta L/L$

وهذه بعض نتائج أبحاث معامل مرونة لبعض تركيبات خرسانة الرمل :

* وجد مجموعة من الباحثين PENPC أصحاب كتاب [14] التي أجروها على ثلاث أنواع من الخرسانة فكانت نتائج معامل المرونة كما هو موضح في الجدول **(II. 13)**

الجدول II.13:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال [16].

المركبات	1	2	3
الاسمنت	350	400	330
المحسن	200	100	–
رمل (2.5/0)	1400	1450	900
كلس 10/6	–	–	800

الماء	200	190	180
معامل المرونة (MPa)	21200	30280	28200

– كما وجد CHAOUCH [28] في أعماله نتائج معامل المرونة كما وهو مبين في الجدول **II .14:**

الجدول II.14:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH [29].

الأنواع	**التركيز ب Kg/m^3**	
المركبات	1	2
الاسمنت	400	400
المحسن	200	–
رمل الكثبان	1220	1460
رمل المحاجر	–	–
الماء	280	240
معامل المرونة **(MPa)**	2100	2166.67

– كما وجد BATATA و NAFA [34] في أعمالهما نتائج معامل المرونة كما وهو مبين في الجدول **II .15**

الجدول II.15:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال NAFA BATATA[31].

الأنواع	**التركيز ب Kg/m^3**				
المركبات	1	2	3	4	5
الاسمنت	350	350	350	350	350
المحسن	–	–	–	50	100
رمل الكثبان	–	–	–	–	–
رمل المحاجر	1480	1480	1300	1300	1300
الماء	280	250	245	268	292.5
معامل المرونة **(MPa)**	2357.14	3300	2460	4800	3060

3.2.7.II : الانكماشLe retrait :

تعرف كلمة الانكماش اصطلاحا في الخرسانة و الملاط الى تغيير الحجم بصورة مهمة وهذا التغيير سببه راجع الى تغيير كمية الماء الداخلة في التركيب او المكان المحيط بالخرسانة (رطوبة او حرارة) وهو عدة أنواع بحسب المسبب ووقت الحدوث بالنسبة للتصلب.

نذكر أن الانكماش الحراري يحدث قبل التصلب، الانكماش اللدن (التبخر), انكماش الاماهة بعد التصلب **[28].**

II .1.3.2.7: الانكماش الحراري:

تتولد أثناء عملية التصلب المبكرة حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الماء والإسمنت. وغالباً ما تعالج العناصر المسبقة الصنع بالبخار Steam Curing وهذه المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة. وعند ما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الاجهادات الحرارية في الظهور والنمو خاصة إذا كان التبريد غير منتظم خلال العنصر. وقد يحدث إجهاد الشد الحراري شروخاً دقيقة جداً يقدر أن يكون لها أهمية إنشائياً. ولكن ذلك بوجد أسطحاً ضعيفة داخل الخرسانة، كما أن انكماش الجفاف العادي يؤدي إلى توسيع هذه الشروخ بعد ربط العناصر مسبقة الصنع **[32].**

II .2.3.2.7: الانكماش اللدن :

تحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهي لدنه أثناء تصلدها. وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وسرعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة **[31]** .

وتكون شروخ الانكماش اللدن عادة قصيرة وسطحية وتظهر في اتجاهين عكسيين في آن واحد . وفي حالة عناصر المنشآت سابقة الصب التي تصنع في أماكن مغلقة وتعالج جيداً فلا يخشى من خطورة شروخ الانكماش اللدن لصغرها **[33]** .

3.3.2.7.II : انكماش الجفاف Leretrait

وينجم هذا النوع من الانكماش بسبب ظاهرة خروج الماء إلى المحيط الخارجي نتيجة قوى الشد الداخلية والخاصية الشعرية، وهو غير منتظم في كل العينة إذ أن الجوانب تكون أسرع تأثرا بهذا النوع من الانكماش من داخلها. ويتحكم حجم العينة في سرعة هذه الظاهرة **[20].**

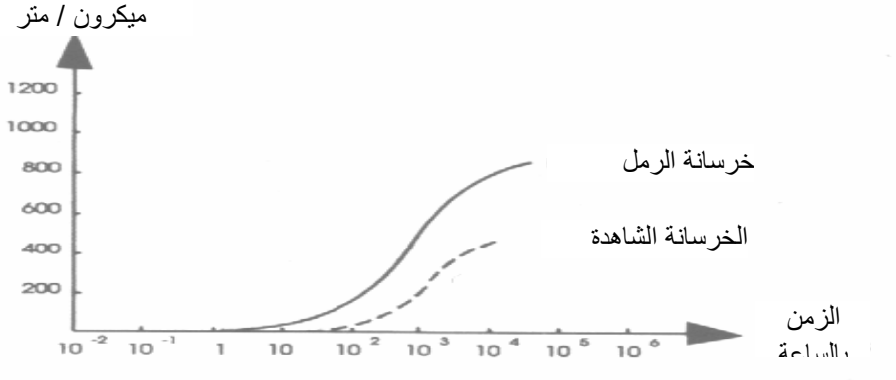
والجدول **(16.II)** يلخص أهم أنواع الانكماش **[34]** :

الجدول II.16:أهم أنواع الانكماش.

النوع	الأسباب	الملاحظات	كيفية المعالجة
الانكماش اللدن (قبل التصلب)	تبخر كمية من الماء الداخل في الخرسانة	تشققات متتابعة لأن الخرسانة منجذبة داخل الكتلة	نستعمل محسن لمنع التبخر الأولي للماء
انكماش حراري (بعد التصلب)	نتيجة رجوع الخرسانة الى الحرارة العادية للمحيط وفقدها لحرارة التفاعل	نلاحظ نقص صغير في الطول	يجب تفادي التراكيز الإضافية للاسمنت
(انكماش الجفاف)	ناجم عن نقص الحجم	يزداد الانكماش	يجب المحافظة على

(بعد التصلب)	الذي يسببه خروج الماء بالخاصية الشعرية وتصلب العجينة التي تنتج قوى شد	بازدياد نعومة وتركيز الاسمنت	الدمك في الخرسانة.

فيما يخص الانكماش (Le retrait) : يمكن أن نلاحظ الشكل إذا عزلنا المادة عن المحيط الخارجي فإن الانكماش ذاتي التجفيف لخرسانة الرمل (Le retrait d'autodéssication) يكون مقارب للخرسانة العادية, لكن إذا تركنا الخرسانة تجف في محيط غير معزول فإن انكماش خرسانة الرمل يصل إلي قيم مضاعفة لتلك في الخرسانة العادية هذه الظاهرة يمكن أن تتعلق بتوزيع ومقاسات الفراغات المختلفة داخل المادتين.



الشكل II.9:الانكماش الكلي. [24]

هذه النظرة قد دعمت من طرف بعض الباحثين على غرار: MEROUANI.Z و BATATA.A **[31]**، الذين وجدوا في بعض دراساتهم التجريبية أن القيمة النهائية للانكماش لخرسانة رمل الكثبان ذات التركيبة :

$$C = 330\ Kg/m^3\ ,\ S = 1530\ Kg/m^3\ ,\ E = 260\ l/m^3 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (17.2)$$

بأن قيمة الانكماش كانت كبيرة حيث بلغت قيمة 1.5 مم/م مقارنة بالقواعد التي تنص عليها قوانين الخرسانة العادية التي يجب أن لا تتعدى فيها قيمة الانكماش 0.3 إلى 0.5 مم/م.

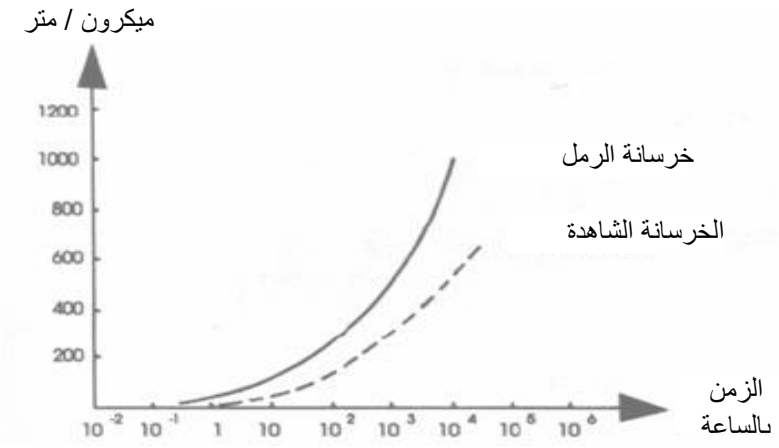
وفي الأخير نستنتج أن الفرق بين الانكماش في التركيبتين (خرسانة الرمل والخرسانة العادية) يكمن في عدة عوامل نذكر من بين أهمها :

- تأثير تركيز الماء.
- تأثير تركيز الاسمنت.
- تأثير التوزيع وحجم الفراغات، التي تتأثر بدورها بحجم حبيبات الرمل وكمية الدقائق.

II.4.2.7: الزحف Le fluage:

يتضح من المنحنى أسفله أن ظاهرة الزحف في خرسانة الرمل هي أكثر مقارنة بالخرسانة العادية، وهذا راجع إلى هيكلة المواد الداخلة في تركيبة الخرسانة، حيث تؤثر هذه الأخيرة على قيم التشوه ومن ثم

على المقاومة، ويتضح ذلك من معامل المرونة (Module d'élasticité) الضعيف في خرسانة الرمل مقارنة بالخرسانة العادية الذي يعتبر العلاقة المباشرة بين هذين الأخيرين (التشوه والمقاومة).



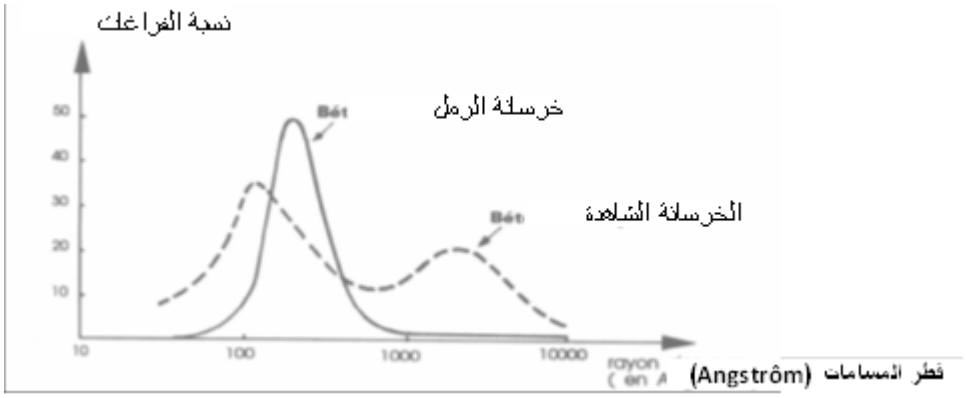
الشكل II.10: الزحف الكلي[24]

وهذا ما أثبتته أبحاث CHAOUCH[28] و BATATA و NAFA[30] أن معامل المرونة لخرسانة رمل الكثبان يساوي أقل بكثير من معامل الليونة في الخرسانة العادية الذي يتراوح بين : (25 إلى 45GPa) كما قدمنا سابقا.

II.5.2.7 : الديمومة: (Durabilité)

عادة ما تكون ديمومة خرسانة الرمل متعلقة أساسا بالمكونات الفيزيائية للتركيبة مثلها مثل ديمومة الخرسانة العادية، كما تتعلق أيضا بالمسامية و النفاذية وتوزيع الفراغات. إضافة إلى هذا، هناك عوامل أخرى داخلية مؤثرة، كتفاعل القلويات و السلفات مما يغير من طبيعة الخرسانة، وقد تتضاعف هذه التفاعلات عن طريق التبادلات الهيدروليكية بالوسط الخارجي.

تختلف خرسانة الرمل عن الخرسانة العادية، بتركيزها العالي للرمل، وهذا ما يجعلها عموما تحتوي على أكثر عدد من المسامات ذات الأحجام الصغيرة، أي نسبة عالية من الفراغات مقارنة بالخرسانة العادية.



الشكل II.11:منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات [24]

عادة ما يؤثر المحيط (الوسط الخارجي) على الديمومة بعاملين أساسين:

6.2.7.II: الخاصية الشعرية:

تتعلق الخاصية الشعرية أساسا بنسبة واستمرارية المسامات الصغيرة، حيث تكون الخاصية الشعرية عالية في المواد ذات العدد الكبير للمسامات الصغيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وعلى العكس إذا كانت الفراغات الصغيرة متقطعة، فأن الديمومة تكون أكثر، ونجد هذا في خرسانة الرمل المدموكة جيدا (Bien compacté).

7.2.7.II : النفاذية (La perméabilité):

تتعلق النفاذية أساسا بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة ، حيث تكون النفاذية عالية في المواد ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وإذا اتبعنا هذه الفرضية فنستنتج أن خرسانة الرمل تكون لها نفاذية أقل أي ديمومة أكبر.

هي الخاصية التي يمكن بواسطتها تسرب أي سائل خلال الخرسانة ، و النفاذية خاصية هامة بالنسبة للخرسانة يجب تجنبها قدر الإمكان خصوصا في المنشات المائية والسدود و الخزانات وأسقف الحمامات ،ومن المعروف أنه كلما زادت كثافة الخرسانة قلت نفاذيتها ، لان زيادة الكثافة تدل على قلة وجود الفراغات الداخلية والممرات الشعرية . [14]

8.II: مزايا و ميادين استعمال خرسانة الرمل :

تعتبر خرسانة الرمل من مواد البناء الحديثة، حيث أنها تستعمل منابع طبيعية من الرمل، وبذلك تزيل الكثير من العوائق التي تواجه تطور ميدان الإنشاءات.

ونذكر أنه يوجد العديد من أنواع خرسانة الرمل، مما يضع هذه المادة كأحد مواد البناء المتميزة، خاصة عندما يشكل استعمال الخرسانة العادية في بعض الميادين مشكلا أو عائقا في التطبيق – مثلا إذا كان التسليح مكثف ومعقد وكانت الخرسانة العادية ذات حصى كبير فإنه يطرح مشكل التغليف – ، وذلك بفضل الخصائص التي تنفرد بها خرسانة الرمل والتي منها :

1.8.II: التشغيلية L'ouvrabilité :

خرسانة الرمل تملأ القوالب بطاقة رص (Energie de serrage) أقل وبدون إضرار بخصائص المادة لهذا فأنه:

– يمكن أن ننجز بخرسانة الرمل العناصر الرفيعة أو ملأ الأجزاء المعقدة.

– خرسانة الرمل تضمن تغليفًا جيدا لحديد التسليح ولوكان التسليح كثيفا جدا أو معقدا. أو كان الرج (Vibration) مستحيلا .

– مسافة ضخ عالية (Pompabilité) [14]

2.8.II: نوعية المظهر Qualité d'aspect:

نتيجة لسهولة استعمالها وتركيبها الحبي الصغير يمكننا أن نحصل بواسطة خرسانة الرمل على فعل معماري (Effets architectoral) متنوع ومده شوفتان :

ذي مظهر شديد الملاسة مثل الرخام ،مظهر دقيق الحصى، مظهر متكامل وإنتاجية وفية لقوالب دقيقة جدا، مع انعدام العيوب المظهرية خاصة الناتجة عن تحلل الخرسانة. [14]

3.8.II: التجانس والتماسك Homogénéité-Cohésion:

الخلطة والتركيب الحبيبي يعطي خرسانة الرمل تجانس او متماسك السطوح وجوانب الخرسانة الظاهرة مرضية جدا سواء بلون الرمل أو بإضافة ملونات للحصول على ألوان أكثر، هذه الخصائص مهمة جدا للعناصر المعمارية والحدائق. [14]

4.8.II: المصدر المحلي للمواد الأولية:

– الرمل الفائض:

أيا كانت مصادر هذا الفائض (رمل طبيعي مثل الكثبان أو مكسر) فإن استعمالها لأمثل يكون بذلك بالضرورة مريحا للاقتصاد المحلي.

– ندرة الحصباء :

هذه الندرة سواء (للرمل الطبيعي المستعمل في البناء أو الحصى) و سواء أكانت حالية أو مستقبلية فإن الأهمية الاقتصادية للحصول على مادة معوضه للخرسانة التقليدية تكمن في التحكم في التطبيقات الواسعة والمتنوعة لخرسانة الرمل، التي تكون ملائمة للاقتصاد المحلي أو الوطني.

- البيئة :

الأثر البيئي بدأ يؤخذ أكثر فأكثر في الحسبان لأن الاقتلاع الكبير للحصى الذي يوجد بكميات ليست متجددة يمس بالتوازن البيئي . فقد نقلت جريدة أخر ساعة الجزائرية في عددها الصادر في 2010/01/27. **[33]**

((حيث تحولت العديد من المناطق بولاية بومرداس خلال السنوات الأخيرة ،إلى مناطق خصبة لعصابات النهب و السرقة التي تفننت في استنزاف كميات هائلة من الرمال، مما ينذر بوقوع كارثة بليغة بالأراضي الفلاحية المحاذية لتلك الشواطئ والأودية، والتي بدأت مساحاتها في تقلص مستمر)) كما أضافت نفس الجريدة وفي نفس الموضوع تسريحات للسيد قائد الأركان بالمجموعة الولائية ببومرداس" موسى مختار "فقالت ((وللإشارة وحسب قائد الأركان بالمجموعة الولائية ببومرداس" موسى مختار " فان ظاهرة نهب الرمال تبقى متفشية بصورة كبيرة بمختلف شواطئ الولاية رغم ما اتخذ من إجراءات أمنية ووقائية لحماية ثرواتنا من ظاهرة السرقة هذه، فقد تم سد كل المنافذ المؤدية إلى الشواطئ بحيث سجلت ذات المصالح في هذا الشأن و منذ بداية السنة الجارية أكثر من 200 قضية تورط فيها أكثر من 146 شخصا و أودع 99 منهم الحبس بمختلف مراكز التربية. كما حجزت خلالها مصالح الدرك الوطني 92 مركبة وضعت في الحظيرة إلى غاية صدور حكم قضائي بشأنها و570 متر مكعب من الرمال، إضافة إلى رمال الوديان التي أضحت هي الأخرى مستهدفة من قبل المافيا حيث تم حجز 40 متر مكعب منها خاصة بوادي سيبا والمتواجد ببلدية بغلية أقصى شرق ولاية بومرداس.)) وعند تفسير هذا الكلام نجد أنه في مدة 27 يوم تم قبض 570 متر مكب أي بمعدل 21.1 متر مكعب يوميا من هذا شواطئ فقط. [14]

- خفض ثمن التكلفة:

نظرا لخصائص خرسانة الرمل يمكن خفض التكلفة عن طريق:

- اقتصاد في المادة.
- ربح في إنتاجية الورشة وزيادة في الفاعلية وسرعة الإنتاج.
- خفض التكلفة الاجتماعية للإنجاز عن طريق تسهيل العمل.

وبفضل الخصائص السالفة الذكر التي تتميز بها خرسانة الرمل فقد استعملت في العديد من المنشاءات المختلفة:

- العمارات :

يمكن استعمال خرسانة الرمل في إنشاء العمارات نظرا لتشغيليتها السهلة ومنظرها الجمالي الجيد.

- **الطرقات:**

ظهر أول استعمال لخرسانة الرمل في الطرقات في بداية التسعينات من القرن الماضي في الجنوب الفرنسي، وذلك باستعمالهم للرمل المحلي لخفض التكلفة.

- **الترميم:**

حيث تشكل خرسانة الرمل مادة عملية وسهلة للقيام بأشغال الترميم وكذا تساهم في استقرار المنحدرات.

الخلاصة:

من خلال هذا المحور نستطيع أن نستخلص ما يلي:

1. أن استعمال خرسانة الرمل قديمة جدا في انشاء البنايات.
2. أن نسبة G/S و E/C لها تأثير كبير في خصائص و مقاومة خرسانة الرمل.
3. لدى خرسانة الرمل لها مميزات ومؤهلات قد تكون بديل ممتاز للخرسانة العادية.

الفصل الثالث

خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

III.1. مدخل:

الخرسانة هي مادة تتكون من الاسمنت والرمل والحصى اضافة الى الماء والمحسنات. تعد الخرسانة الرمل من أهم مواد البناء في العصر الحديث.

III.2. خصائص المواد المستعملة:

نعتمد في هذه دراسة على رمال الابار البترولية المتواجد بكثرة في ساحات نفط الواقعة جنوب الوطن (حاسي مسعود)، وذلك لتحسين خصائص كل من خرسانة الرمل وكذلك لتحسين خصائص رمال الابار البترولية، كما نستعمل في هذي دراسة الاسمنت ICRSالاسمنت المقاوم للسالفات لمنطقة بسكرة بتراكيز مختلفة (450,400,350,250), الهدف من ذلك الحصول على صيغة تسمح باستعمال رمال الآبار البترولية.

III.2.1. الرمل:

تنص معظم التوصيات والقواعد الخاصة بالرمل على أنه يجب أن يكونا خاليا من المواد المتفاعلة مثل الأملاح والأحماض والمواد القلوية وكذلك الشوائب الغضارية والعضوية، حيث يجب أن لا تزيد هذه النسبة عن 3% للرمل الطبيعي و5% للرمل المنتج عن السحق وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد NFP 18-301، (NFP 18-101).[35] كما يجب توفير شرط النقاوة (la propreté) عند استعمال اي نوع من الرمال في الخرسانة.

نستعمل في دراستنا هذه رمال الآبار البترولية لمنطقة حاسي مسعود.

III.2.1: التحليل الكيميائي:

الجدول. III.1: النسب المئوية للمكونات الكيميائية لرمل الآبار البترولية.

رمل الآبار البترولية	النسب المئوية للمكونات
OIL	6.40%
Water	1.6%
Solids	92%
OOC	3.51%

نلاحظ وجود نسبة معتبرة من المادة الزيتية تصل 6.40% والتي تعتبر مادة عضوية.

III.2.1.2. الكتلة الحجمية:

هي صفة فيزيائية للأجسام تعبر عن علاقة وحدة الحجم بوحدة الكتلة لمادة او جسم ما فكلما ازدادت الكثافة (الكتلة الحجمية) ازدادت الكتلة لوحدة الحجم.

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة وهي معرفة بالقواعد NFP 18-301.[36]

a. الكتلة الحجمية الظاهرية (Masse Volumique Apparante) :

هي النسبة بين وزن العينة الكلي على الحجم الكلي وتعطى بالعلاقة:

$$P_{app} = \frac{M_T}{V_T} \quad \text{.....(1.3)}$$

Papp= الكتلة الحجمية الظاهرية.

MT= وزن العينة الكلي.

VT= حجم العينة الكلي.

b. الكتلة الحجمية المطلقة (Masse Volumique Absolue):

وهي النسبة بين وزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات الصلبة وتعطى بالعلاقة:

$$P_{ab} = \frac{M_s}{V_s} \quad \text{.....(2.3)}$$

Pab= الكتلة الحجمية المطلقة.

Ms= وزن الحبيبات الصلبة.

Vs= حجم الحبيبات الصلبة.

والجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها.

الجدولIII . 2: النسب المئوية للمكونات الكيميائية لرمل الآبار البترولية.

النوع	الكتلة الحجمية الظاهرية (kg/m^3)	الكتلة الحجمية المطلقة (kg/m^3)
رمل الآبار البترولية (100%)	1680	1380

نلاحظ: أن الكتلة الحجمية الظاهرية لهذا الرمل أكثر من الكتلة الحجمية المطلقة ، ويرجع ذلك نسبة الطين المعتبرة في هذا النوع من الرمال .

ويرجو هو خلاف ما هو معتاد في الرمال العادية وفق القاعدة المعمول بها.

.[36].NFP 18-301

III.2.1.3. معامل امتصاص الماء (Coefficient d'absorptiom d'eau):

يعرف بواسطة القاعدة 18-555 NFP[36]، هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات وهي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينة على الوزن الجاف وتعطى بالعلاقة التالية :.[37]

$$A_b = \left[\frac{M_a - M_s}{M_a}\right] \times 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.3)$$

Ab= معامل امتصاص الماء (%).

Ma= كتلة العينة قبل التجفيف.

Ms= كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول إلى 105 $^{\circ}$م

ومنه نتيجة النسبة المئوية لمعامل امتصاص الماء هو: Ab = 0.17

نلاحظ أن قدرة امتصاص حبيبات الرمل للماء ضعيفة إذن يمكننا القول أن هذه الأنواع من الرمال مقبولة.

III.2.1.4. المكافئ الرملي (Equivalent de Sable):

يعرف بواسطة القاعدة 18-598 NFP, الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحية استعماله في الخرسانة والملاط.

مبدأ التجربة:

يتضمن هذا الاختبار:

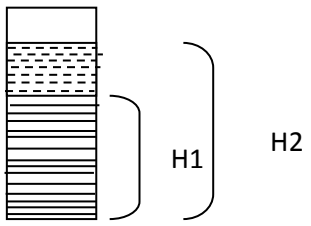
- غمس وزن محدد من الرمل في محلول floccculant.
- بعدها نقوم بالإثارة والرج بواسطة الجهاز لمدة 30 ث.
- نقوم بتسوية العينة ثم نتركها لمدة 20 دقيقة.
- ثم نقيس ارتفاعات الرواسب.

*طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1) .

* طبقة علية تمثل الرمل مع الشوائب ارتفاعها (H2) .

المكافئ الرملي يعطى عن طريق:

$$Es = \left(\frac{H_1}{H_2}\right) \times 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.3)$$



الشكل III. 1: الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي.

بعد القيام بالتجارب وجدناكم

- المكافىء الرملي %ES لرمال الابار البترولية (SPP) هو 9.46% .
- نتائج الاختبار أعطت معامل ES>60 ومع ذلك، نلاحظ وجود كبير للدقائق الطينية.[37]

III.2.1.5. التدرج الحبيبي (Analyse granulométrique):

ان التدرج الحبيبي هو المفتاح الأول لتصنيف التربة للأغراض الإنشائية حيث تقسم التربة الى أشكال مختلفة بحسب مقاسات الحبيبات التي تحويها ويساعدنا منحنى التدرج الحبيبي في تصنيف التربة الى تربة منتظمة التركيب او جيدة التدرج او سيئة التدرج ولها استعملات في الدراسة الجيوتقنية .

تفيد تجربة التحليل الحبيبي بتعرف على خصائص وتدرج حبيبات التربة بواسطة مجموعة من الغرابيل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوقا بعضها البعض بحيث يكون أكبرها الى الأعلى هذه تجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة وتعرف هذه تجربة بواسطة المواصفات NFP 18- 560. [38]

سندرس في هذه تجربة رمال الابار البترولية.

إن القاعدة تنص على أن الوزن الأصغر المستعمل في العينة يكون يحقق العلاقة التالية: [35]،[39]

$$M \geq 0.2Dmax \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.3)$$

حيث:

M= وزن العينة ب كلغ

Dmax= القطر الأعظمي للحبيبات مأخوذ بـ ملم

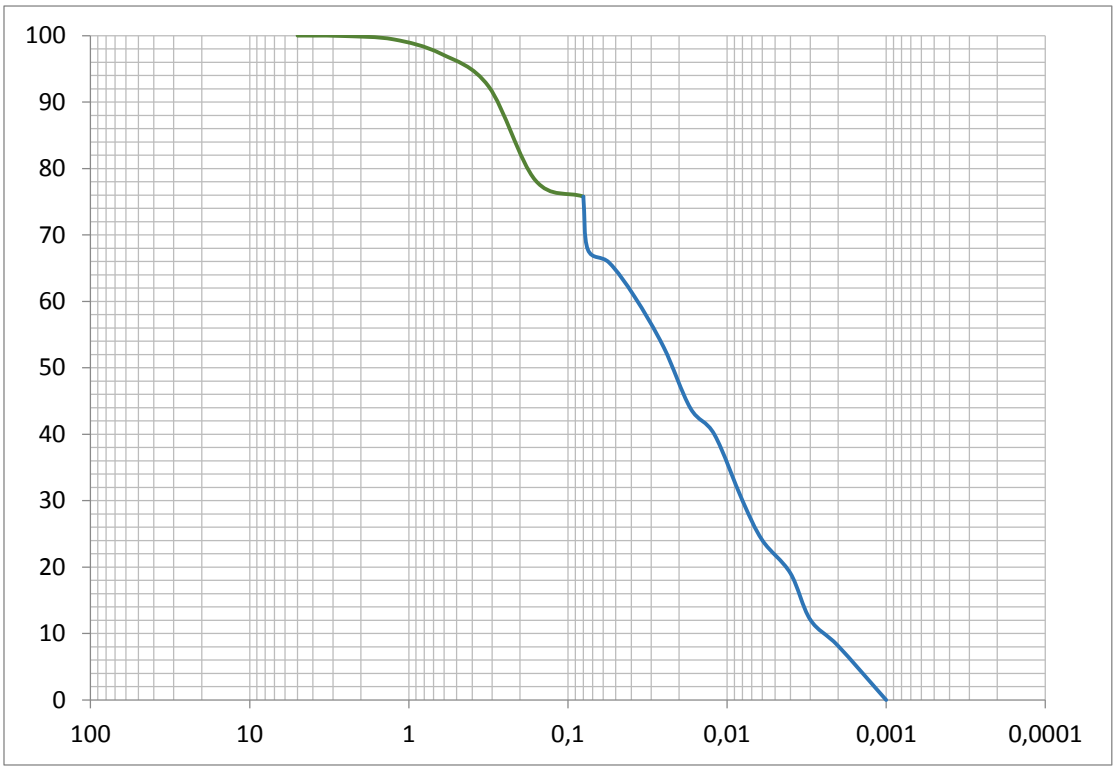
استعملنا في هذه التجربة 1 كلغ من الرمل إذ هي القيمة العلمية [39] فكانت النتائج كما يلي:

الجدول أدناه يوضح بعض النتائج المتوسطة للعينات:

الجدولIII.3: نتائج تجربة التدرج الحبيبي لرمل آبار البترول (SPP).

فتحات الغربال بـ (mm)	نوع الغربال	المجمع الجزئي (g)	المتبقي المجمع بـ Rc(g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع بـ T(%)
5	38	0	0	0	100
2.5	35	0.66	0.66	0.066	99.934
1.25	32	4.90	5.56	0.556	99.444
0.63	29	21.52	27.08	2.708	97.292
0.315	26	49.40	76.48	7.648	92.352
0.16	23	141.44	217.92	21.792	78.208
0.08	20	24.36	242.28	24.228	75.772

فتحات الغربال بـ (mm)	المار المجمع بـ T(%)
0.08	75.772
0.075	67.81
0.055	65.82
0.038	60.65
0.025	53.09
0.017	43.93
0.012	39.95
0.008	30.01
0.006	24.04
0.004	19.09
0.003	12.1
0.002	8.12
0.001	0



الشكل III. 2: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة 100% رمل الآبار البترولية.

الملاحظ أن منحنى رمال الابار البترولية داخل المجال الجيد اذ انه يحتوي على تدرج حبيبي متجانس ومقبول.

III.6.1.2. معيار النعومة (Module de finesse):

معامل النعومة للرمل هو مؤشر له قيمة عددية تدل على تدرج الرمل الداخل بتصميم خلط خراسانية يحسب معامل نعومة بأخذ مجموع الأوزان المتبقية على كل غربال ويقسم الناتج على مئة كآلاتي (0.16, 0.315, 0.63, 1.25, 2.5, 5) مقسوماً على 100.

ويؤثر معامل نعومة الرمل تأثير كبير على الخرسانة التي سبق وضعها في قالب فكلما كانت قيمة المعامل صغيرة دل ذالك على زيادة كمية المواد الناعمة بالخلطة يؤدي الى ظهور تشققات غير مرضية وأحيانا غير مقبولة واذ كانت قيمته كبير خارج مجال فان ذالك يؤدي لظهور التعشيش بالخرسانة لعدم وجود المونة الإسمنتية (المورتي), ويعطى بالمجالات التالية **[40]**:

- المجال A المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط بين 2.2 – 2.8.
- المجال B رمل تميل حبيباته إلى الدقة بين 1.8 – 2.2.
- المجال C رمل تميل حبيباته إلى الخشونة بين 2.8 – 3.2.

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \quad \text{.....(6.3)}$$

Rc: المتبقي المجمع ب (%) للغرابيل (38 إلى 23)

إذا معيار النعومة للعينة وبعد الحساب هو : Mf=2.42

التحليل:

من خلال قيمة معامل نعومة Mf التي تساوي 2.42 نستنتج ان هاذ الرمل حجمه متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ومفضل لأنه موجود في مجال A بين 2.2-2.8, وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي A مع المنحنى المتحصل عليه نجده داخل هذا المجال, وبالتالي نقترح انه هذه العينة كأحد الخيرات المعمول بها.

III.2.2. الاسمنت:

هو المادة الرابطة الناعمة التي تتصلب وتقسى فتملك بذلك خواصا تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض.واهم استخدام للاسمنت هو الملاط والخرسانة حيث يربط المواد الاصطناعية او الطبيعية لتشكل مواد بناء قوية مقاومة للتأثيرات البيئة العادية .من اشهر انواع الاسمنت البرتلاندي .

الاسمنت المستعمل هو اسمنت من نوع CEM II / A 42.5 CRS متواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف مصنع الاسمنت ببسكرة.

نتائج التجارب المجرات على هذا النوع من الاسمنت بخصوص الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت**[41]** .

الكتلة الحجمية المطلقة : ρ_{ab} =3034 Kg/m^3

الكتلة الحجمية الظاهرية : ρ_{ab} = 2120 Kg/m^3

وفيما يلي نتطرق الى بعض التجارب:

III.2.2.1المساحة السطحية للإسمنت Surface spécifique:

هي خاصية فيزيائية تحدد نعومة الاسمنت فبقدر ما يكون الاسمنت مطحون أكثر فبقدر ما تكون المساحة النوعية السطحية أكبر، وتعتبر النعومة من أهم الخواص التي توثر على العناصر التالية:

- نسبة التفاعل الكيميائي
- تطور المقاومة
- كمية الأسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام ﴿ الرمل، الحصى ﴾ لدع الترابط بين كل الحبيبات.

ويقاس بالمقارنة مع اسمنت مرجعي محدد السطح الذي هو معروف. فهو يعرف حجم تمرير الهواء عبر مسحوق الاسمنت على مساحة من هذا المسحوق هو أكثر أهمية ، والوقت الذي يستغرقه للهواء بالمرور عبر مسحوق طويلة. في الظروف القياسية ، على مساحة محددة تتناسب مع $\sqrt{t}$. لاختبار ما يسمى ب "بلين"

السطح بلين (NFP 15-442) محددة تعطى بالمعادلة التالية:

$$SSB = \frac{k\sqrt{e^3}\sqrt{t}}{\rho(1-e)\sqrt{\eta}} \quad \text{.....(7.3)}$$

t : زمن مرور الهواء عبر طبقة المسحوق بالثانية.

η : لزوجة الهواء عند درجة الحرارة المجرات فيها التجربة.

ρ : الكتلة الحجمية المطلقة ب g/cm^3.

K : ثابت الجهاز.

e : النفاذية.

المساحة السطحية للاسمنت المستعمل (اسمنت ببسكرة) مقاسه في مخبر مطحنة الاسمنت أعطى $3859\ cm^2/g$.

III.2.2.2. زمن التصلب:

يتفاعل الاسمنت كيمائيا مع الماء ثم بعد مرور ساعة أو أكثر يبدء العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعبر عنه بزمن بداية التصلب . هذا الوقت المنقضي بين بداية خلط الماء مع الاسمنت و بداية التصلب يسمى اصطلاحا زمن التصلب وهو مهم بالنسبة لعملية تشغيل الخرسانة (خلطها,تحميلها,رفعها, ضخها,وكذلك هزها).

يختلف زمن التصلب على حسب نوعية الاسمنت ونعومته وكمية الماء ودرجة الحرارة ولذلك نقوم بتحديده على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية و في درجة حرارة محددة بـ 20 درجة مئوية وباستعمال جهاز فيكا Vicat محمول بالإبرة بعد زمن بداية التصلب يتواصل التماسك حتى يصبح العجين عبارة عن كتلة واحدة هذا ما نسميه نهاية زمن التصلب.

ويكون عموما زمن التصلب أكثر من 90 دقيقة بالنسبة للاسمنت العادي في درجة حرارة 20 درجة مئوية. أما بالنسبة للاسمنت المستعمل في الدراسة (اسمنت عين التوتة) فحسب البطاقة التقنية فإن [40]،[38]:

الزمن الابتدائي للتصلب: 128 دقيقة

الزمن النهائي للتصلب: 184 دقيقة

III.2.2.3 الخصائص الكيمائية :

التحليل الكيميائي للاسمنت معطى مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت على حسب النسب المئوية المشكلة لهذه المادة النتائج معطاة في الجدول التالي [38]:

الجدولIII.4: التحليل الكيميائي للاسمنت.

الخصائص الكيميائية		القيمة
التحليل الكيميائي %	Peste au feu	1.9-1.0
	Teneur en suffates (So_3)	2.6-2.2
	Teneur en Oxyde de magnésium (Mgo)	2.8-1.7
	Teneur en chlorures (CL)	0.05-0.02
	Résidu insoluble	0.75 ≥
مكونات الكلانكير %	C_3S	66-56
	C_3A	3.0-1.4
	C_4AF+2C_3A	20 ≥

نلاحظ أن الأسمنت المستخدمة يحتوي على نسب كبيرة من الكلس والسيليس.

III.2.2.4. مقاومة الضغط:

يُميَّز الإسمنت بمقاومته للضغط بعد يومين وبعد سبعة أيام وبعد ثمانية وعشرين يوماً من لحظة إعداد الخلطة، ويتم ذلك على مواد اختباريه من ملاط نظامي وعينات خراسانية ذات مواصفات خاصة تنص عليها المقاييس الدولية والحكومية وتتبع في ذلك طرائق اختبار فيزيائية وميكانيكية محددة **[42،38]**.

III.2.2.5. المعامل الهدروليكي Indice d' hydraulicité:

المعامل الهدروليكي أو معامل فيكاVicat، الذي يعرف بالنسبة او الكسر الحامض من مكونات الاسمنت على القاعدي منها.

$$I = \frac{SiO2 + Al2O3}{MgO + CaO} = 0.44 \quad \text{.....(8.3)}$$

الأسمنت المستخدم I= 0.44 < 0.5 إذن الاسمنت محايد. **[43]**

والجدول (III.4) يلخص بعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لإسمنت مصنع عين التوتة مجراه في المخبر التابع للمصنع:

III.3.2. الماء:

أهمية الماء:

1. الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيماوي بين الاسمنت والماء.
2. وهو ضروري أيضا لكي تمتصه الحبيبات المستعملة في الخرسانة.
3. يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعده على التشغيل والتشكيل.
4. بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحبيبات بنفس الكمية من الأسمنت.
5. إن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين 15−20 %.
6. يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.
7. إن الماء ضروري لعمليات إيناع الخرسانة أثناء تصلبها.

النسبة المائية الإسمنتية E/C:

هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا عن الماء الذي تمتصه الحبيبات) إلى وزن الأسمنت في الخلطة. ولضبط نسبة الماء في الخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة ومسميتها وانفصالها ومقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة وحرارة وتآكل حيث ان كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والتميع والمسامية وقلة الدوام والاهتراء وقلة التماسك والضعف والتقشر والانكماش والتشقق.

III.3.2.1. خواص الماء المستعمل في الخرسانة:

1. يكون الماء المستعمل في خلط ومعالجة الخرسانة خاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة.
2. يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا لخلط الخرسانة وإيناعها.
3. يسمح باستعمال الماء غير الصالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح لشرب على أن لا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.

III.3.2.2 التركيبة الكيمائية للماء المستعمل :

الجدولIII.5: التركيبة الكيمائية للماء المستعمل mg/l. [45]

الملوحة	PH	$HCO3^-$	$SO4^-$	$NO3^-$	Cl^-	Na^{++}	K^{++}	Mg^{++}	Ca^{++}
2799	7.75	124	755	14.5	755	536	31	125	242

III.3. صياغة وتحضير الملاط النظامي:

الملاط النظامي [44]: معرف حسب القاعدة EN 196-1 وهو عبارة عن خليط من الاسمنت والماء والرمل كل من هذه المكونات يخضع لشروط نظامية منصوص عليها. فالرمل المستخدم هو رمل نظامي يجب أن يكون يوفي الشروط المنصوص عليها في النظام (CEN EN 196-1) هذا الرمل تجاري يباع في أكياس من البلاستيك ذات وزن g1350 ± g5 .

يتم خلط هذه الكمية من الرمل مع g450 ± g2 من الاسمنت و g225 ±g1 من الماء إذن يكون المعامل E/C يساوي 0.5. وقبل الشروع في تجارب التشغيلية والزمن الابتدائي للتصلب أو تجارب الانكماش، يخلط هذا المزيج لمدة 4 دقائق NFP 18-303 وفق للشروط التي تمليها القاعدة:

- نبدأ أولا بوضع الماء في حاوية آلة الخلط ثم نتبعها بالاسمنت ونشغل مباشرة المحرك بسرعة بطيئة.
- وبعد 30 ثانية من الخلط نبدأ بوضع الرمل بصفة تدريجية لمدة 30 ثانية أخرى، ثم نشغل المحرك بسرعته القصوى لمدة 30 ثانية إضافية.
- نوقف آلة الخلط لمدة دقيقة ونصف. حيث نجمع الملاط الملتصق بجدران آلة الخلط وندفعه إلى الداخل.
- نشغل بعد ذلك آلة الخلط بسرعتها القصوى لمدة 60 ثانية.

وكملاحظة يستعمل هذا الملاط من أجل تحديد بعض خصائص الاسمنت وخاصة المقاومة[40].

III.3.1 صياغة خرسانة الرمل العادية (الشاهد):

من أجل الحصول على تركيبة لخرسانة الرمل العادية التي سنستعملها كشاهد، نأخذ تركيز من الاسمنت والرمل كما هو منصوص عليه في الملاط النظامي أي نأخذ مقدار من الاسمنت وثلاث مقادير من الرمل، أما نسبة الماء فتحدد بواسطة تجربة التشغيلية. التي تجرى بالجهاز Maniabilimétreأو طاولة الاهتزاز الخاص بها من أجل الحصول على ملاط مرن كما وهو موصى به حسب المواصفات.

III. 2.3 تجربة التشغيلية :

أ* تجربة الانسياب الخرسانة Flow Essai –test:

يختص هذا الاختبار بتعيين النسبة المئوية لانسياب الخرسانة والتي تُعبر عن حالة القوام وذلك بإجراء اهتزاز ترددي لمخروط ناقص من الخرسانة موضوع على لوح معدني وتسجيل مدى انتشار أو انسياب الخرسانة كنسبة مئوية من القطر الأصلي لقاعدة المخروط. [28]

الأدوات المستخدمة .

- **مخروط الاختبار:** وهو عبارة عن قالب معدني على شكل مخروط ناقص ويكون هذا القالب مفتوحاً من أعلى ومن أسفل بمستويين عموديين على محور المخروط.
- **قرص الانسياب:** يثبت هذا القرص على قاعدة حاملة ارتفاعها من 40-50cm بوزن يقدر بحوالي 15Kg.

خطوات إجراء تجربة الانسياب:

1- ينظف القرص جيداً .

2- يوضع القالب مثبتاً في وسط القرص وذلك بالضغط على مقبضيه باليد.

3- يُملأ القالب على طبقتين ارتفاع كل منهما يساوي نصف الارتفاع تقريبا على أن تدمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك القياسي 25 مرة موزعة تقريبا بالتساوي على سطح المقطع المستعرض للقالب بشرط أن يَنفُذ القضيب إلى الطبقة التي تليها يراعى أن يكون نصف عدد ضربات الدمك في اتجاه مائل إلى الخارج والنصف الثاني في اتجاه رأسي.

4- بعد الانتهاء من دمك الخرسانة للطبقة العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب بالمسطرة مع مراعاة ملء القالب تماما.

5- تُزال الخرسانة الزائدة التي سقطت على قرص الاختبار عند تسوية السطح ثم ينظف جيداً حول قالب الاختبار.

6- يُرفع القالب المعدني بعد ملئه مباشرة من الخرسانة بانتظام في اتجاه رأسي.

7- يرفع القرص ويخفض بمعدل منتظم لمسافة 12.5مم وذلك 15مرة مدة 15 ثانية.

8- تقاس قاعدة الخرسانة المنسابة Rf نتيجة الرفع والخفض المذكورة ويكون القياس لقطر القاعدة في 6 اتجاهات مختلفة ثم يؤخذ متوسط هذه القراءات ليمثل قطر الانسياب لقاعدة المخروط الخرساني بعد انسياب الخرسانة.

9- تحسب النسبة المئوية لانسياب الخرسانة F% (لأقرب 5mm) باعتبارها النسبة المئوية لزيادة قطر الانسياب عن قطر القاعدة الأصلي كما يلي:

- نجد **Rf = 31 cm**

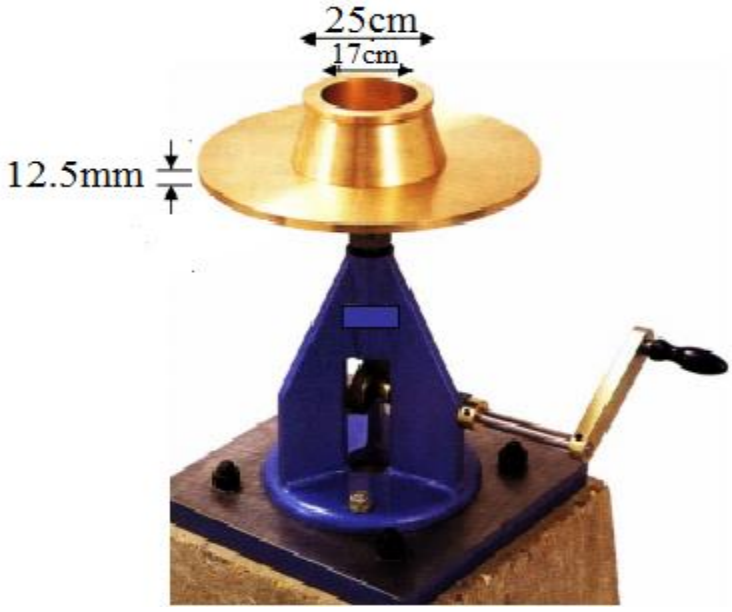
F(%)=(Rf-25/25)×100

.....(3.9)

وللتدليل على القوام نستند إلى الجدول التالي:

الانسياب	القوام
10-30%	جاف
30-60%	صلب
60-80%	لدن
80-100%	مبتل
>100%	رخو

الجدولIII.6:صنف الخرسانة بدلالة التشغيلية



الشكل III. 3: طاولة الهز لتجربة التشغيلية

وبعد إجراء التجربة تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول7.III: نتائج تجربة التشغيلية

التركيبة	E/C	F(%)	تصنيف الخرسانة حسب مجال التشغيلية
100% رمل الآبار البترولية	0.50	16	خرسانة جافة
	0.68	24	خرسانة جافة

ملاحظة: بعد اجراء التجربة بنسبة **E/C**= 0.50 لاحظنا أن الخلطة حالتها غير مرنة بل جافة لذا قمنا بتغير النسبة إلى **E/C**= 0.68 وبإضافة المحسنات من نوع MEDAFLOW 145 وبنسبة3.5 % تغيرت حالة الخلطة ولكن بقيت على الحالة الجافة.

الجدول8.III: تركيبة خرسانة الرمل الشاهد.

المركبات	100% رمل الآبار البترولية
الرمل	3 أجزاء
الاسمنت	جزء واحد
المعامل **E/C**	0.50

4.III تحضير وشكل العينة :

بعد الحصول على الصياغة المثلى لخرسانة رمل الآبار البترولية فمنا بالتحضير لعملية الخلط وصب العينات اللازم دراستها حيث كانت بالأبعاد (40×40×160 ملم) أما العجينة فتم خلطها باليد وتم تحضير هذا الخليط بالطريقة التالية:

- تم خلط الرمل (S) لوحده لمدة 60 ثانية.
- ادخال الاسمنت (C) تم الخلط لمدة 60 ثانية.
- إضافة الماء تدريجيا أثناء الخلط للمجموعة (S+C+E) تم الخلط لمدة 4 دقائق.
- ملء القالب يكون عبر طبقتين مع هز كل طبق عند ملئها لمدة دقيقة وبوتيرة 60 هزة في هذه المدة ارتفاع 15 mm ±0.3 mm.

1.4.III. توضيح أشكال القوالب المستعملة:

تترك العينة في الهواء الحر وفي شروط °25= T و65= HR ثم ينزع القالب بعد 24 ساعة وتغمس العينات في الماء لمدة 14 يوم في درجة حرار ($T = 25° \pm 2$) عدد
العينات كان سبعة (7) عينات لكل مرحلة زمنية من عمر الخرسانة والأعمار المدروسة هي (7، 14، 28،60 يوم).

الخلاصة:

نستخلص من هذا المحور ما يلي:

1- ان رمال المستعمل كتلته الحجمية تدلل على ان الرمل خفيف.

الملاحظة: إن هذا الطين مشبع بالأملاح وله نسبة لزوجة وكثافة عالية

2- رمل الآبار البترولية لمنطقة حاسي مسعود أعطى معامل نعومة جيد ومقبول.

3- الاسمنت المستعمل مجلوب من منطقة بسكرة وهو إسمنت بورتلندي عادي من نوع CRS45.

4- الماء المستعمل في الخلط والحفظ ماء صالح للشرب من حنفية مخبر خاص نيوزلاب

5- تركيبة خرسانة الرمل العادية التي سنستعملها كشاهد، نأخذ تركيز من الاسمنت والرمل كما هو منصوص عليه في الملاط النظامي أي نأخذ مقدار من الاسمنت وثلاث مقادير من الرمل، أما نسبة الماء فحددت من خلال تجربة التشغيلية بمقدار E /C مساوي لـ (0.68).

الفصل الرابع

مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

1.IV. مدخل:

سندرس ونحلل في هدا الفصل الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل. التي تعد أهم ميزة عن غيرها من المواد والمركبات. وبعد تطرقنا لتعريف خرسانة الرمل وإعطاء نبده عن تاريخها وخصائصها ومميزاتها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترحة في الدراسة سندرس الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل وبتحديد الى مقاومة الضغط ومقاومة الشد في الأيام7.14.21 كما سنقوم بدراسة ظاهرة الانكماش في الأيام 2,7,14,21.

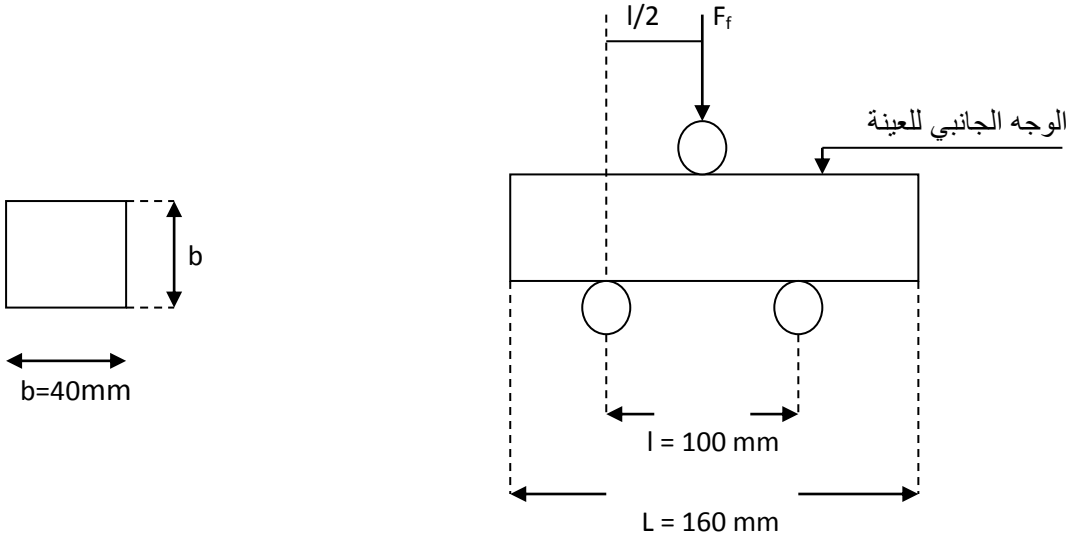
2.IV طرق التجارب :

1.2.IV. تجربة التحطيم بالانحناء:

ان قوة الانحناء هي مقياس غير مباشر لقوة الشد للخرسانة ويمكن تحديدها من خلال اختبار التحميل من نقطة ثالثة وتحميل نقطة المركز .

يقوم اختبار الانحناء بتقييم قوة الشد للخرسانة بشكل غير مباشر .حيث تختبر قدرة شعاع او بلاطة خرسانية غير مقواة على تحمل الفشل في الانحناء .يعتمد سلوك الانحراف وتشقق في الهيكل الخرساني على قوة شد الانثناء للخرسانة وقد ثبت ان العديد من العوامل تؤثر على قوة شد الانحناء للخرسانة وخاصة مستوى الإجهاد والحجم والعمر والحصر في عضو الانحناء الخرساني وما الى ذلك. تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مربع 4×4 سم و طول 16 سم , البعد بين المسندين 10سم كما يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط، الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوي اسطواني كذلك مطبق وسطهما متحرك بواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة وتقرأ الحمولة مباشرة من الآلة.

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196−1 وشكل (1.IV) هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء.[44]



الشكل IV. 1: يوضح آلية التحطيم بالانحناء.

التجربة تجرى بواسط

آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من خرسانة الرمل أو الملاط ذات أبعاد (40×40×160ملم), قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل الى 10KN إذ تطبق تقريبا 2.67 KN/min. صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة (**I .6**).

مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية:

$$R_f = \frac{150.F_f.l}{b^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.1)$$

R : مقاومة الانحناء ب (MPa)

F_f: قوة تحطم العينة عند الانحناء

l : البعد بين المسندين ب (mm)

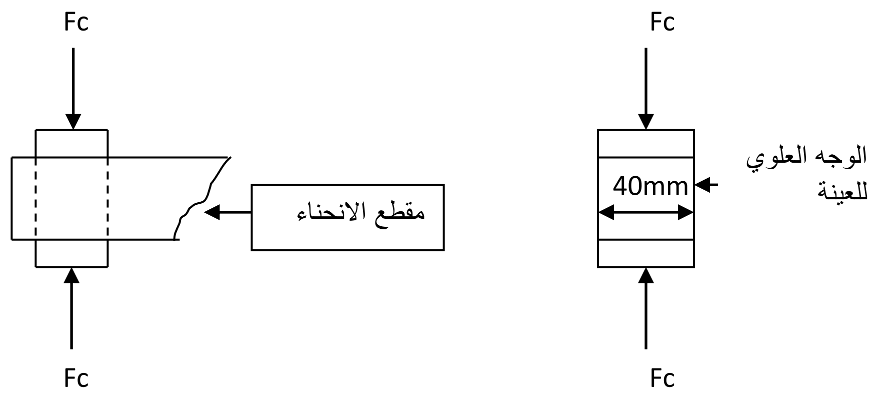
b : جزاء العينة الذي يساوي 40 mm

L : طول العينة الكلي.

IV.2.2. تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

يعتبر اختبار مقاومة الضغط مقياسا لتحكم في جودة انتاج الخرسانة في المصنع او ورشة كما يستخدم معيارا اثناء تصميم الإنشائي لتحديد إجهاد التشغيل للخرسانة , تعتمد قوة ضغط الخرسانة على عديد من العوامل مثل نسبة الماء الى الاسمنت وقوة الاسمنت وجودة المواد الخرسانية ومراقبة الجودة اثناء انتاج الخرسانة.

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 . وتكون بواسطة جهاز ضغط المواد الصلبة وتكون على نصف العينة هذا النصف المتأتي من تجربة تحطيم العينة بالانحناء بمقطع ذو أبعاد 40x40 mm توضع هذه العينة ما بين صفيحتين معدنيتين صلبتين حيث تتموضع هذه الأخيرة على بعد 1cm من الحواف الجانبية كما هو موضح في الشكل IV.2.



الشكل IV. 2:يوضح آلية التحطيم بالضغط.

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم لمخبر نيزولاب بتجربة الضغط MP 12من نوع Oehlgass قدرة هذه الآلة على الضغط تصل الى 120 kN وبواسطة سرعة إنتقال منتظمة ومستمرة.صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة (I .7) .

$$Rc=Fc/b^2 \quad (4.2)$$

Rc : مقاومة الضغط ب (MPa)

F_c: قوة تحطم العينة عند الضغط ب (KN)

b : جزاء العينة الذي يساوي 40 mm[44]

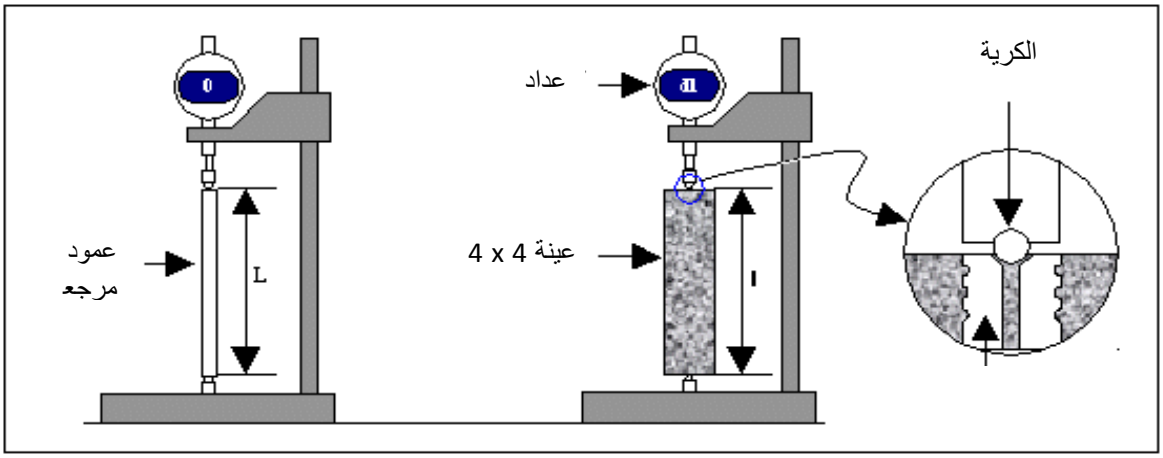
IV.2.3. تجربة الانكماش:

يؤثر حجم وشكل الرمل على فقدان الرطوبة وبتالي يكون له تأثير غير مباشر على انكماش الخرسانة, بشكل عام كلما كان الحجم الكلي اصغر كلما زادت مساحة السطح, ثم امتصاص المزيد من ماء نتيجة

الى ذلك وبالتالي المزيد من الانكماش, هاذ يعني انه كلما رغب في انكماش منخفض يجب استخدام اكبر حجم إجمالي.

تتم تجربة الانكماش على عينات لها مقطع مربع 4×4cm وطول 16 cm مزودة في سطوحها العلوية والسفلي بصولتان توضع عليهما كوريتين حديديتين وتدخل العينة وهي على هذا الحال الى جهاز رقمي يقس الطول مباشرة اعتبارا من طول ابتداء يضبط عليه , هذا الجهاز من النوع :Rétrocontrôle كما هو موضح في الملحق انظر الصورة (**I .8**) والشكل (**IV – 3**) يمثل شكل تخطيطي لجهاز قياس الانكماش .

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NF P 15-433 .[44]



الشكل IV. 3: يوضح آلة الانكماش.

ملاحظة:

عدد العينات المختارة للقيام بكل التجارب هي 4عينات.

IV.3. نتائج مقاومة الانحناء:

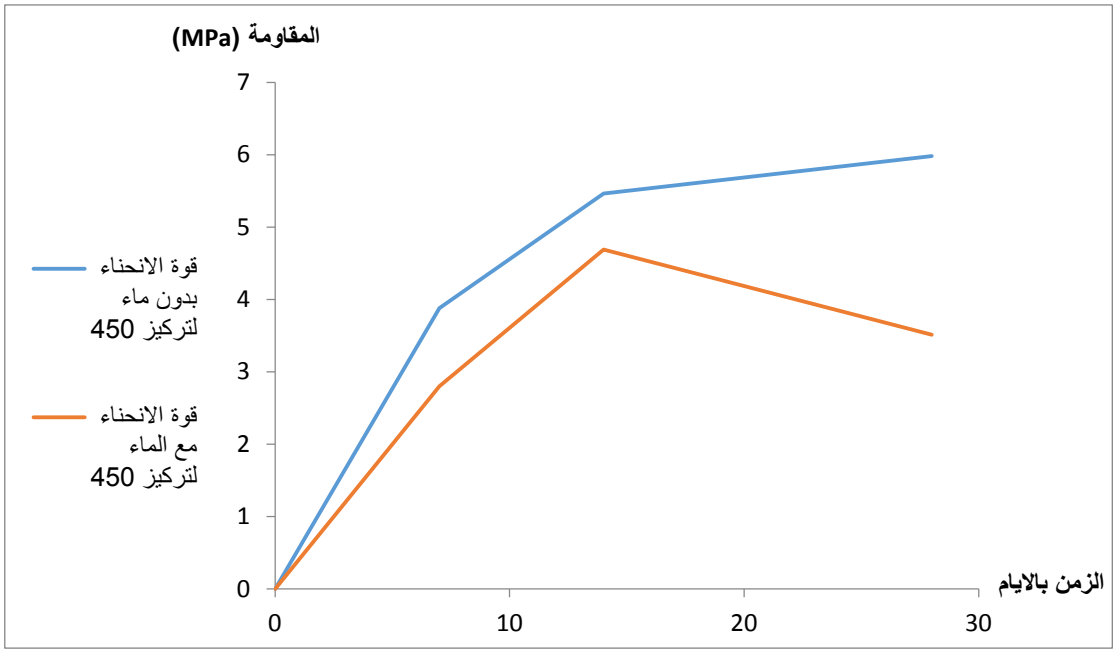
الجدول IV. 1: **نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل آبار البترول.**

العينة / تركيز الاسمنت	الاجهاد في اليوم 07 مع الماء (Mpa)		الاجهاد في اليوم 14مع الماء (Mpa)		الاجهاد في اليوم 28 مع الماء (Mpa)	
	بالماء	بدون ماء	بالماء	بدون ماء	بالماء	بدون ماء

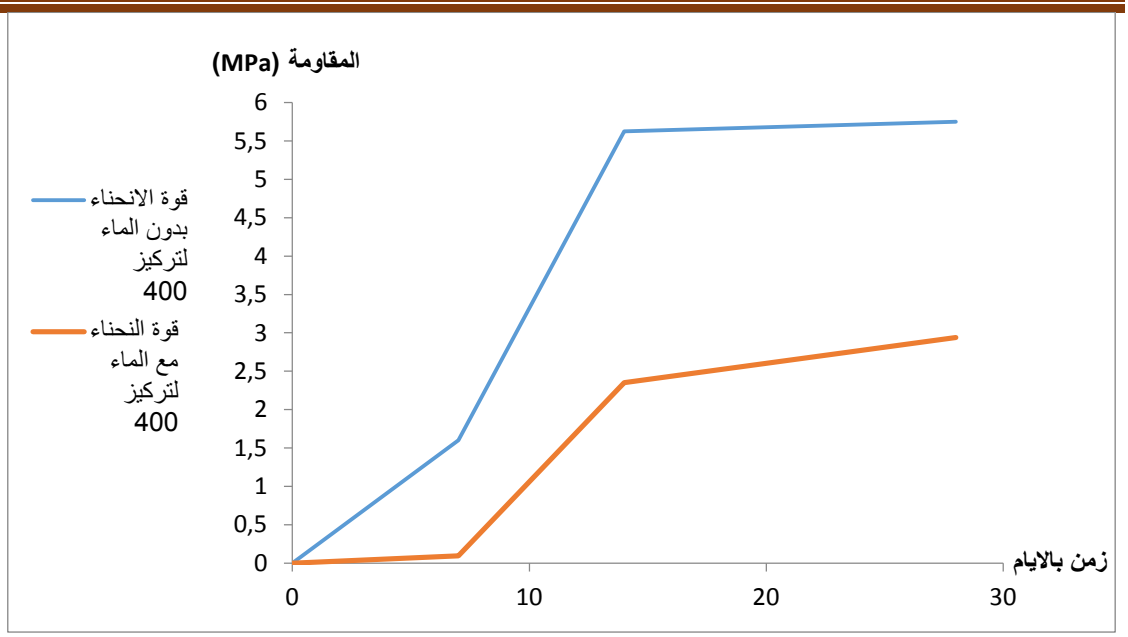
C=450	العينة 1	2.80	3.88	4.6875	5.465	3.51	5.98
C=400	العينة 2	0.0931	1.60	2.35	5.625	2.9375	5.751
C=350	العينة 3	0.07	1.45	2.23	6.21	2.7875	6.15
C=250	العينة 4	0.060	0.441	1.235	3.16	1.54375	3.5

الملاحظة :

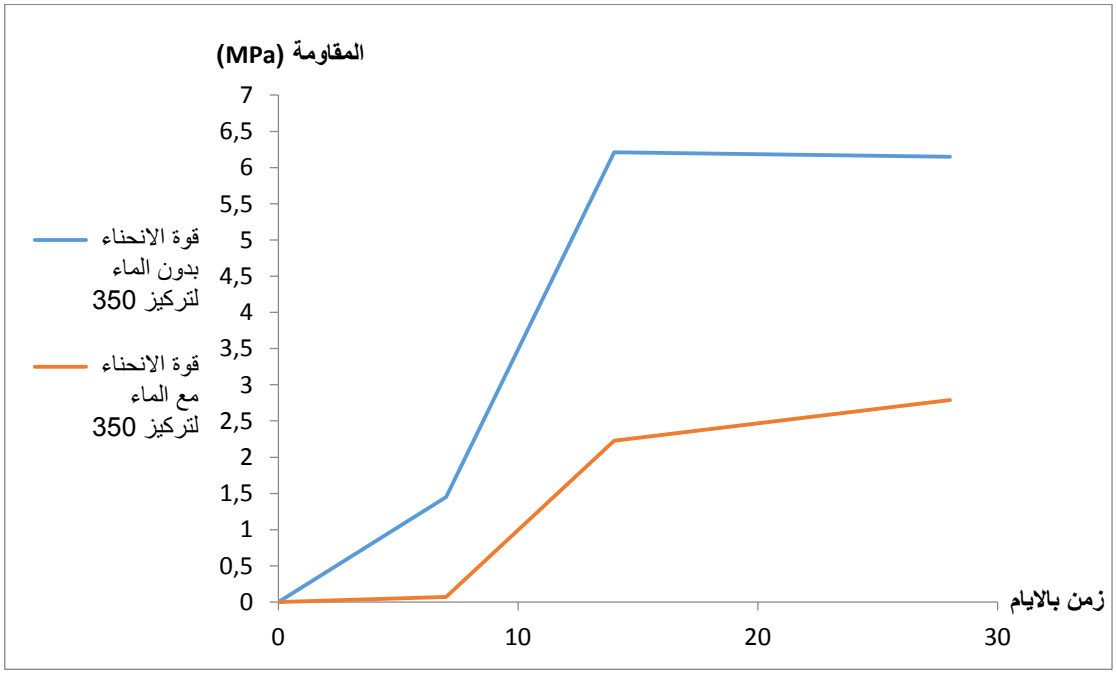
نلاحظ ان مقاومة الانحناء لخرسانة رمال الابار البترولية بمختلف تراكيز الاسمنت التركيز450 جيدة مقارنتا بعينات التراكيز الاخرى.



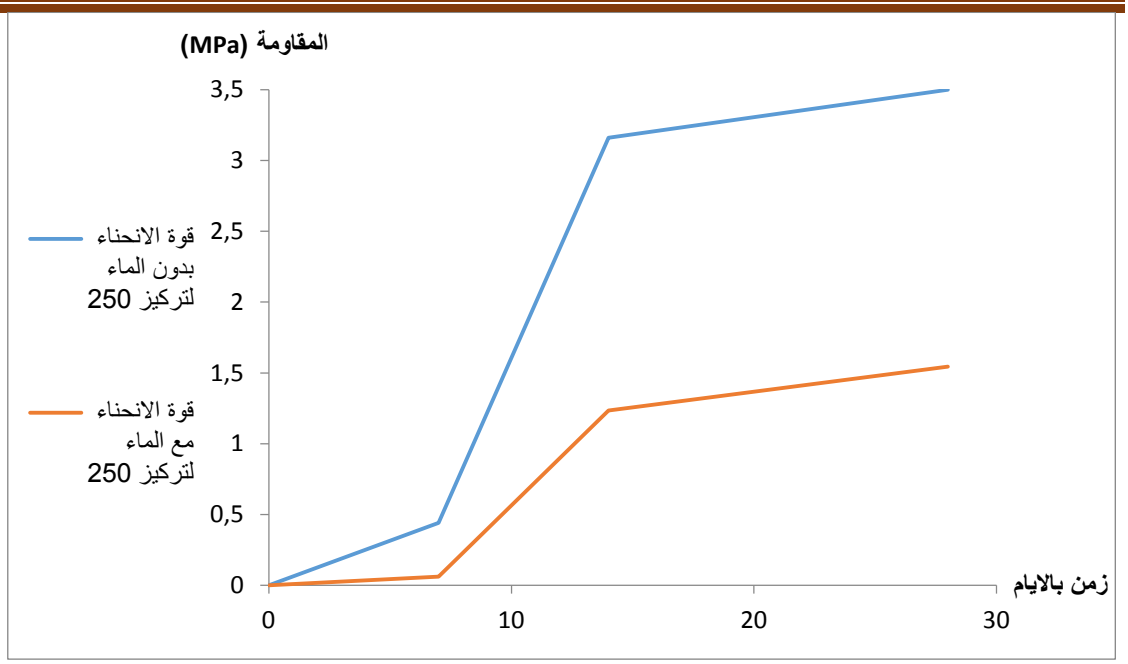
الشكل IV. 4:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتركيز 450 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام.



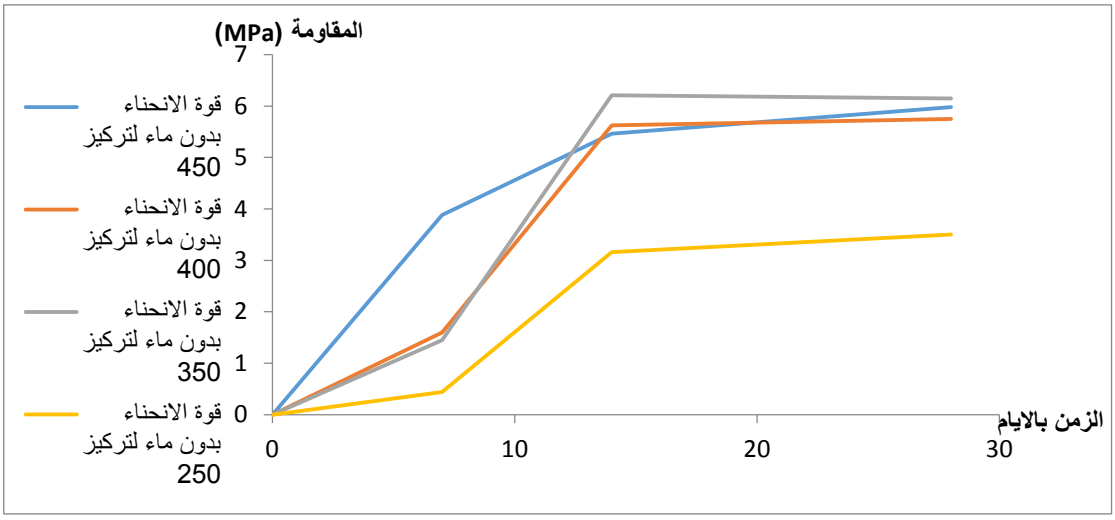
الشكل IV. 5:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتركيز 400 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام.



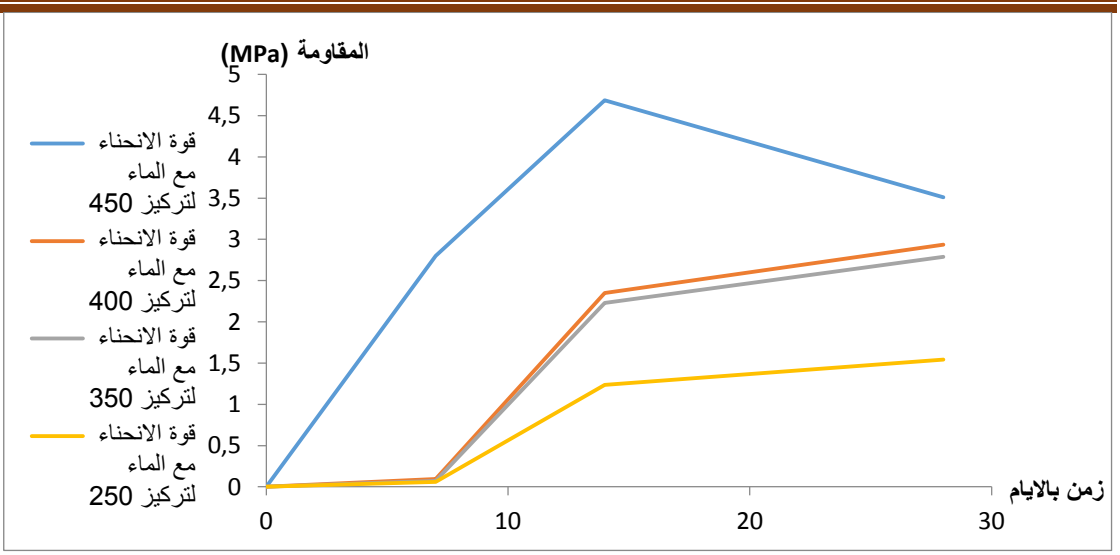
الشكل IV. 6:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتركيز 350 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام.



الشكل IV.7:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتركيز 250 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام.



الشكل IV. 8:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتراكيز الاسمنت المختلفة بدون الماء خلال الايام.



الشكل IV. 9:منحنى يوضح نتائج قوة الانحناء لتراكيز الاسمنت المختلفة مع الماء خلال الايام.

1.3.VI. مناقشة نتائج مقاومة الانحناء:

عند استعمال رمل الآبار البترولية داخل الخرسانة وإجراء التجارب عليها لاحظنا أن اجهاد مقاومة الانحناء عند العمر في اليوم 07 نجد مع الماء (Mpa 2.80) وبدون الماء(Mpa 3.88) كما نجد عند عمر 14 قد بلغت مع الماء(Mpa4.6875)وبدون الماء (Mpa 5.465)، أما عند العمر 28 يوم لتركيز 450 كلغ/م³ قد بلغت مع الماء (3.51Mpa)وبدون الماء (Mpa5.98)

هذا ما يعني ان المقاومة قد تحسنت بدلالة الزمن فنجدها تحسنت بنسبة 64.88% خلال السبعة الايام الأولى وقد تحسنت خلال 14 يوم بنسبة 91.38% وقد بلغت ذروتها في 28 يوم .

أم التركيز 400 كلغ/م³ فقد بلغت مقاومة الانحناء للخرسانة المنجزة بها وفي اليوم 07 مع الماء (Mpa .0.093) وبدون الماء (Mpa 1.60),أما خلال 14 يوم فقد كانت مع الماء(2.35 Mpa)وبدون الماء(Mpa 5.625),

كما نجد عند اليوم 28 مع الماء (Mpa2.9375) وبدون الماء (Mpa5.751) أي ان نسبت التحسن بدلالة الزمن كانت 27.82% خلال السبعة الايام الأولى وقد تحسنت خلال 14 يوم بنسبة 97.80% وقد بلغت ذروتها في 28 يوم .

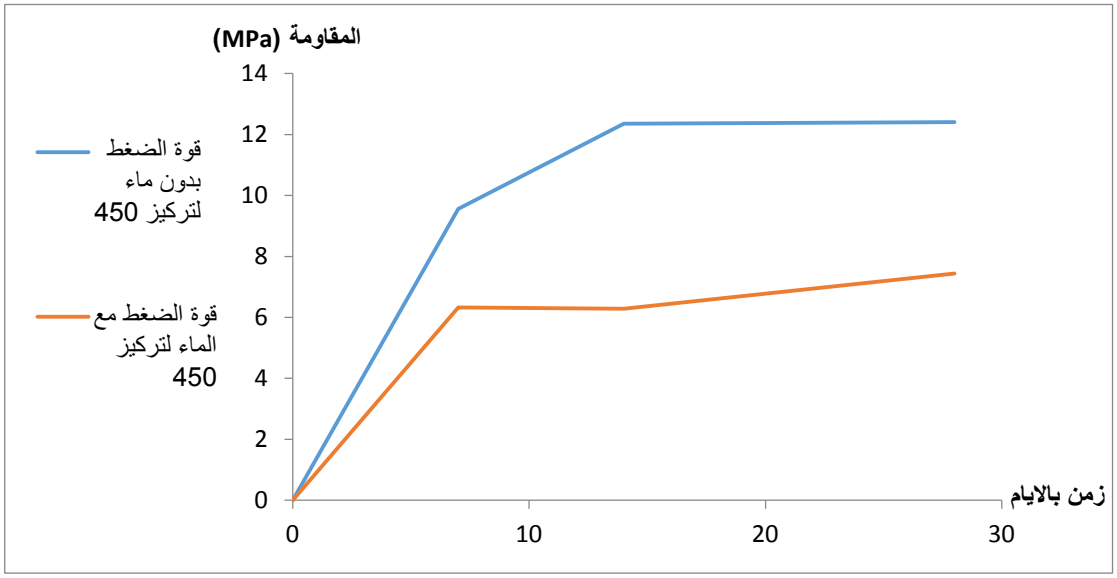
والتركيز 350 كلغ /م³ بلغت في اليوم 07 مع الماء (Mpa 0.07) وبدون الماء (Mpa 1.45) في اليوم 14 مع الماء (Mpa2.23) وبدون الماء (Mpa 6.21)), كما نجد عند اليوم 28 مع الماء (Mpa2.7875) وبدون الماء (Mpa6.15) أي ان نسبت التحسن بدلالة الزمن كانت 1.13% خلال السبعة الايام الأولى وقد تحسنت خلال 14 يوم بنسبة 99.99% وقد بلغت ذروتها في 28 يوم .

وعند التركيز 250 كلغ/م³ فكانت النتيجة في اليوم 07 مع الماء (0.060 Mpa) وبدون الماء (Mpa0.441). وفي اليوم 14 مع الماء(Mpa1.235) وبدون الماء (3.16 Mpa), كما نجد عند اليوم 28 مع الماء (Mpa1.54375) وبدون الماء (Mpa3.5) أي ان نسبت التحسن بدلالة الزمن كانت 1.71% خلال السبعة الايام الأولى وقد تحسنت خلال 14 يوم بنسبة 90.28% وقد بلغت ذروتها في 28 يوم .

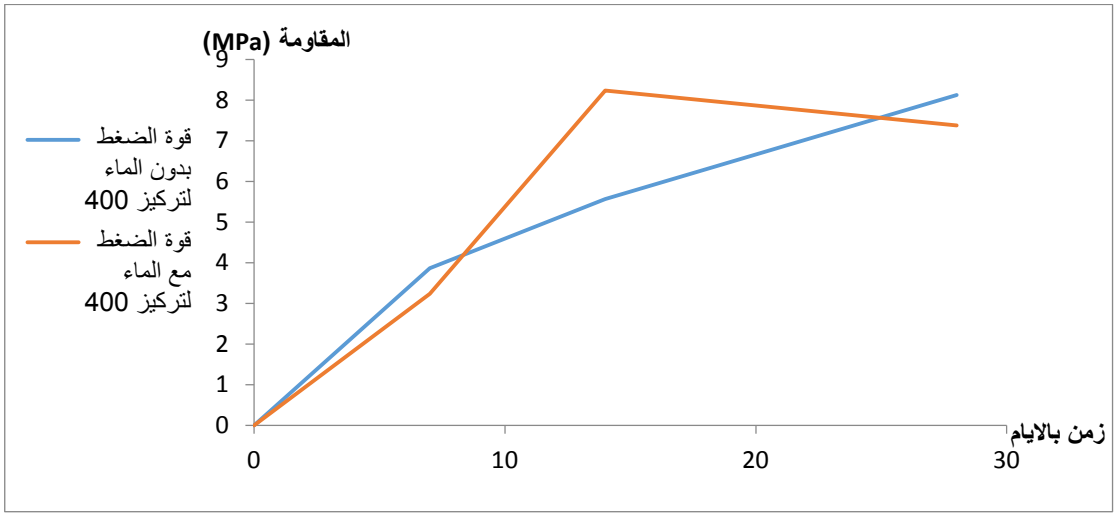
IV.4. نتائج مقاومة الضغط:

الجدول IV. 2: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل آبار البترول.

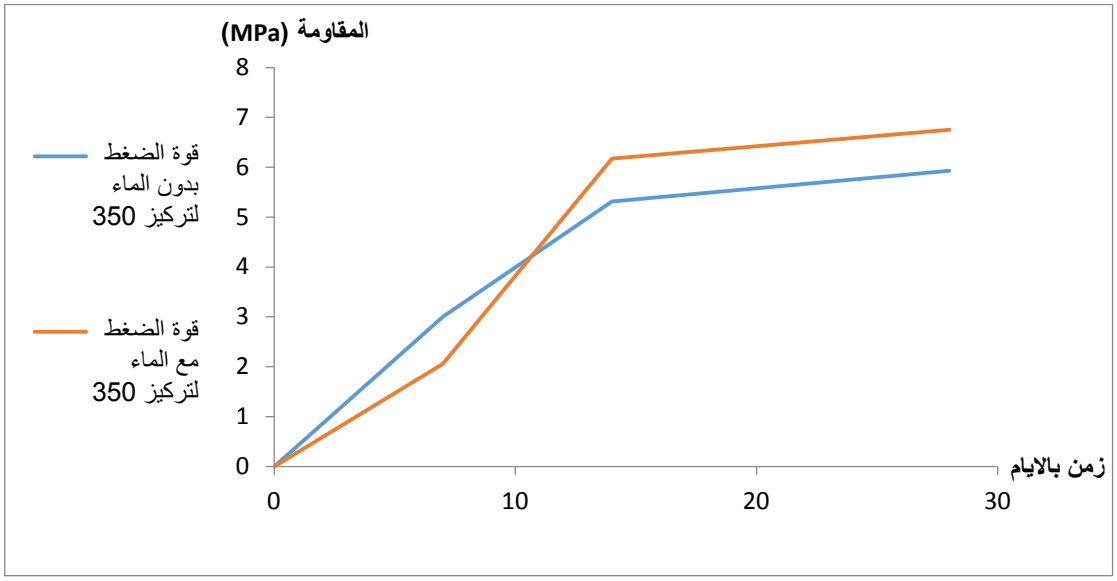
العينة / تركيز الاسمنت		الاجهاد في اليوم 07 مع الماء (Mpa)		الاجهاد في اليوم 14مع الماء (Mpa)		الاجهاد في اليوم 28 مع الماء (Mpa)	
		بالماء	بدون ماء	بالماء	بدون ماء	بالماء	بدون ماء
C= 450	العينة 1	**6.33**	**9.56**	**6.28**	**12.355**	**7.4375**	**12.40625**
C=400	العينة 2	**3.23**	**3.86**	**8.235**	**5.5625**	**7.375**	**8.125**
C=350	العينة 3	**2.06**	**3**	**6.175**	**5.3125**	**6.75**	**5.93**
C=250	العينة 4	**2.7**	**1.6**	**2.84**	**4.03125**	**3.875**	**4.5625**



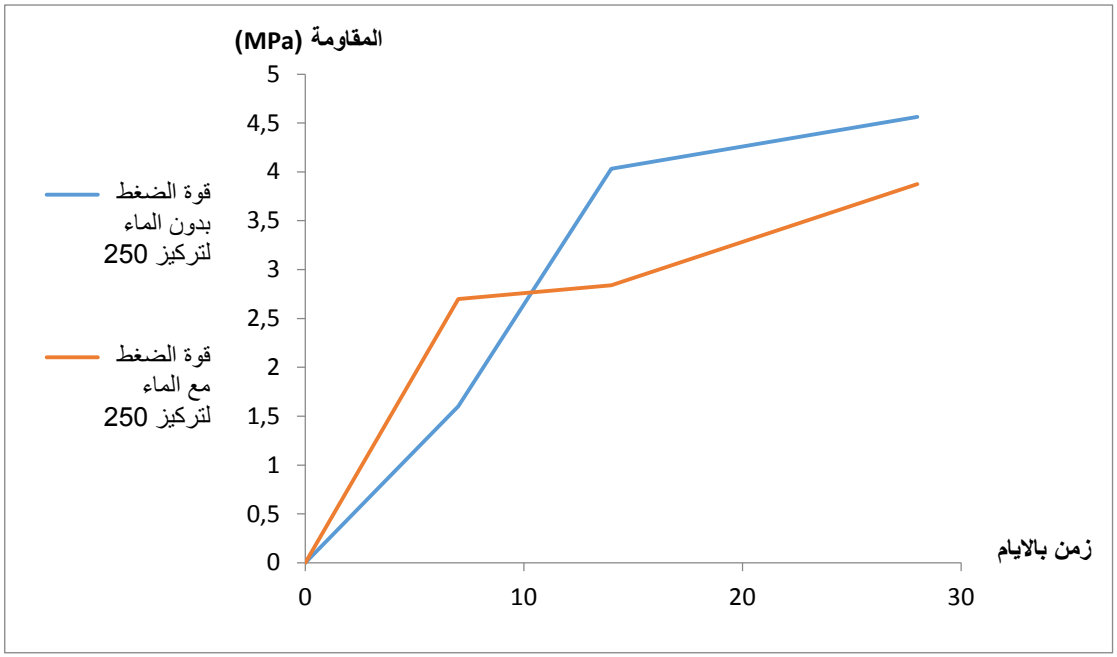
الشكل IV.10:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتركيز 450 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام.



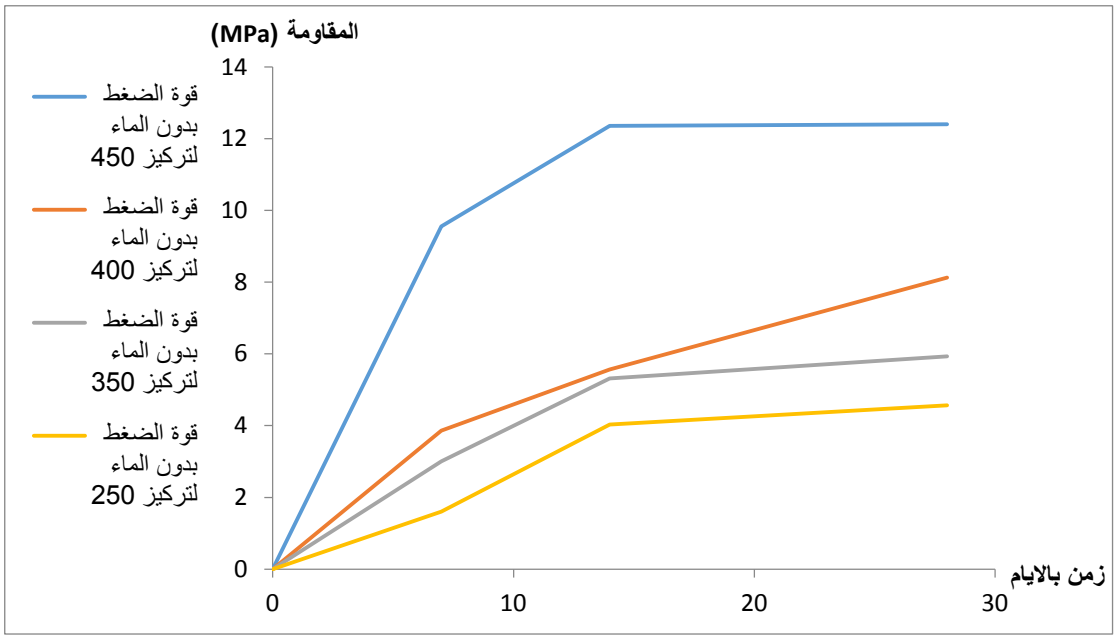
الشكل IV11:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتركيز 400 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام.



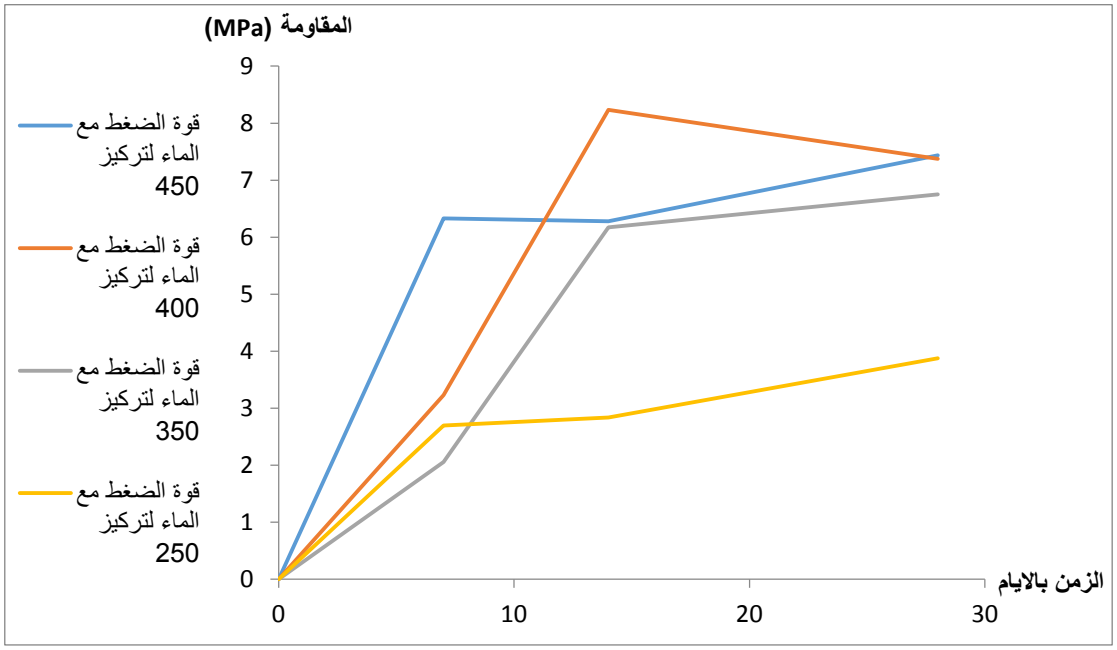
الشكل IV.12:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتركيز 350 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام.



الشكل IV.13:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتركيز 250 للاسمنت مع الماء وبدون الماء خلال الايام.



الشكل IV. 14:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتراكيز الاسمنت المختلفة بدون الماء خلال الايام.



الشكل IV. 15:منحنى يوضح نتائج قوة الضغط لتراكيز الاسمنت المختلفة مع الماء خلال الايام.

IV.4.1. مناقشة نتائج مقاومة الضغط:

عند استعمال رمل الآبار البترولية داخل الخرسانة وإجراء التجارب عليها لاحظنا أن اجهاد مقاومة الضغط عند العمر في اليوم 07 نجد مع الماء (Mpa6.33) وبدون الماء (Mpa 9.56) كما نجد عند عمر14 قد بلغت مع الماء(Mpa6.28)وبدون الماء (Mpa12.355)، اما عند العمر 28 يوم لتركيز 450 كلغ/م^3 قد بلغت مع الماء (Mpa7.4375)وبدون الماء (Mpa12.40625).

هذا ما يعني ان المقاومة قد تحسنت بدلالة الزمن فنجدها تحسنت بنسبة 77.05% خلال السبعة الايام الأولى وقد تحسنت خلال 14 يوم بنسبة 99.58% وقد بلغت ذروتها في 28 يوم .

أم التركيز 400 كلغ/م³ فقد بلغت مقاومة الضغط للخرسانة المنجزة بها وفي اليوم 07 مع الماء (Mpa3.23) وبدون الماء (Mpa 3.86)اما خلال 14 يوم فقد كانت مع الماء (Mpa 8.235)وبدون الماء(Mpa 5.5625), كما نجد عند عمر28 قد بلغت مع الماء(Mpa7.375)وبدون الماء (Mpa8.125)، أي ان نسبت التحسن بدلالة الزمن كانت 47.50% خلال السبعة الايام الأولى وقد تحسنت خلال 14 يوم بنسبة 99.99% وقد بلغت ذروتها في 28 يوم

والتركيز 350 كلغ /م³ بلغت في اليوم 07 مع الماء (Mpa2.06) وبدون الماء (Mpa3) وفي اليوم 14 مع الماء (Mpa6.175)وبدون الماء (Mpa 5.3125), كما نجد عند عمر28 قد بلغت مع الماء(Mpa6.75)وبدون الماء (Mpa5.93)، أي ان نسبت التحسن بدلالة الزمن كانت 50.59% خلال السبعة الايام الأولى وقد تحسنت خلال 14 يوم بنسبة 89.58% وقد بلغت ذروتها في 28 يوم.

إما التركيز 250 كلغ/م³ فكانت النتيجة في اليوم 07 مع الماء (Mpa2.7) وبدون الماء (Mpa1.6)14 وفي اليوم 14 مع الماء(Mpa2.84)وبدون الماء (Mpa4.03125), كما نجد عند عمر28 قد بلغت مع الماء(Mpa3.875)وبدون الماء (Mpa4.5625)، أي ان نسبت التحسن بدلالة الزمن كانت 35.06% خلال السبعة الايام الأولى وقد تحسنت خلال 14 يوم بنسبة 88.35% وقد بلغت ذروتها في 28 يوم.

تعتبر مقاومة الضغط المقاومة المرجعية التي نعتمد عليها ونميز بها أنواع الخرسانة بعضها عن بعض ولذا وجب الاعتناء بها ودراستها جيدا وانطلاقا من هذه التجربة وفقا للشروط المنصوص عليها في النظم والمعايير التقنية والتجريبية الأوروبية والفرنسية [NFP18_406] و[NFP 15 _301] .

المناقشة:

ويرجع التحسن في المقاومة عبر الزمن لكل التركيات الخرسانية المدروسة وفي كلا وسطي الحفظ المائي والهوائي إلى تفاعلات الاسمنت مع الماء وما ينتج عنها من مركبات صلبة تقوم بربط مكونات الخرسانة –الركام– بعضها مع بعض.

لقد لاحظنا اختلاف في قيمة المقاومة للعينات المحفوظة في الماء مقارنة بالعينات المحفوظة في الهواء، وعلى خلاف المعروف في الخرسانة العادية فقد سجلنا ارتفاع المقاومة في العينات المحفوظة في الهواء أكثر من تلك المحفوظة في الماء بنسبة تقدر بـ 85.77% خلال 14 يوم وبنسبة تقدر بـ 58.69%

خلال 28 يوم بالنسبة لمقاومة الانحناء، أما بالنسبة لمقاومة الضغط فقد سجلنا الاختلاف بنسبة تقدر بـ 50.82% خلال 14 يوم وبنسبة تقدر بـ 59.94% خلال 28 يوم.

ان هذا الاختلاف كان من المفترض ان يكون بالعكس كما ذكرنا نظرا لأن الخرسانة المحفوظة في الماء لا تفقد كميات منه فلا تتعرض لخطورة مشكل ظاهرة الانكماش بينما تلك الخرسانات المحفوظة في الهواء الحر ستفقد كميات من الماء لا تعوض وعند خروجها ستخلف فراغات من شأنها التقليل من المقاومة. **[47]**

إن ما حصل لخرسنتنا المدروسة هذه هو العكس وذلك راجع لكون الرمال المصنوعة منها تحتوي على عناصر دقيقة أغلبها طينية، هذه العناصر امتصت الماء وسحبته إلى داخلها بدل أن يكون حرا بين الحبيبات يمكنه ان يتفاعل مع حبيبات الاسمنت، إذن هناك حبيبات او دقائق من الاسمنت لم تتواصل مع جزيئات الماء فبقيت على حالتها هكذا حرة داخل الجسم الخرساني ما أدى لإنقاص الترابط بين الاسمنت والركام وبالتالي النقص في المقاومة.

لقد لا حظنا هذا الأمر عبر مدة حفظ الخرسانة وبكل تراكيز الاسمنت المختلفة أي كل العينات المدروسة. وفي كلتا لمقاومتين الضغط والانحناء.

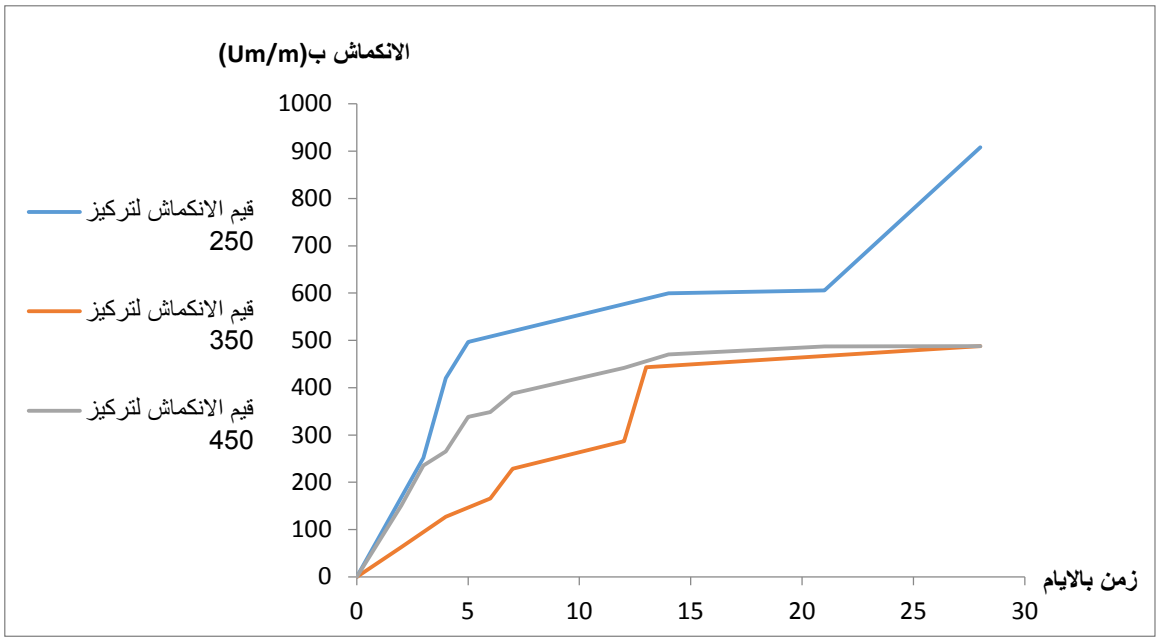
لقد أدى الاختلاف في تركيز الاسمنت داخل الخرسانة إلى تغيير قيم المقاومات خلال الزمن، وقد لاحظنا علاقة طردية بين التركيز والمقاومة فكلما زاد تركيز الاسمنت في دراستنا هذه زادت قيمة المقاومة، وهذا راجع لكون الاسمنت قام بالتفاعل مع الماء مكوننا تلك المواد الصلبة الربطة بين عناصر الركام وكلما كانت كمية الاسمنت أكثر كلما كان الناتج من تلك المركبات أكثر وبالتالي قدرة ربط حبيبات الركام بعضها إلى بعض أشد واقوى، وبالتالي مقاومة للضغط والانحناء أكبر.

ان هذه النتائج مقاربة لما هو منصوص عليه من كون ان الركام النظامي يحتوي على 3 أجزاء رمل وجزء اسمنت بتركيزه 450 Kg.

IV.5. نتائج الانكماش:

الجدول IV. 3:يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول محل الدراسة.

التركيز / الايام	450	350	250
2	150.6	63	175
3	235.4	100	251.5
4	265	127	420
5	338.2	150	497
6	348.8	166	520
7	387.8	229	525
12	441.8	287	575
13	459	443	589.5
14	470.4	449	599.5
21	487	488	606
28	488	488	908



الشكل IV. 16: منحنى يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول لمختلف التراكيز.

IV.1.5. مناقشة نتائج الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول:

عند استعمال رمل الآبار البترولية داخل الخرسانة لتراكيز مختلفة ثابت هي $(250/350/450)Kg/m^3$ سجلنا مع مرور الزمن قيمة انكماش–نقصان في طول العينة – مستمر عبر مراحل الدراسة التي كانت 28 يوم،

- في اليوم الثاني سجلنا قيم الانكماش التالية (175/63/150.6) لخرسانات ذات التركيز $(250/350/450)Kg/m^3$ على توالي.
- في اليوم السابع سجلنا قيم الانكماش التالية (525/292/387.8)لخرسانات ذات التركيز $(250/350/450)Kg/m^3$ على توالي.
- وفي اليوم الرابع عشر قيم الانكماش التالية (599.5/449/470.4)لخرسانات ذات التركيز $(250/350/450)Kg/m^3$ على توالي.

وفي اليوم الثامن والعشرون قيم الانكماش التالية (908/488/488) لخرسانات ذات التركيز $(250/350/450)Kg/m^3$ على توالي.

ان هذا الانكماش المعبر عنه بالنقصان في طول العينات عبر الزمن[42]مرده إلى استمرار التفاعلات بين الماء والاسمنت والمعبر عنه بإماهة الاسمنت هذه العملية التي تخلق انواع من الانكماش مختلفة منها الانكماش الذاتي المتحتم الوقوع كلما التقى الماء بمسحوق الاسمنت فمباشرة عندما تبدأ عملية

الإماهة بين الإسمنت والماء يحدث نقص في حجم العجينة لأن العجينة المتصلبة حجمها أقل من مجموع حجمي الماء والإسمنت في الخلطة مما يؤدى إلى انكماش الخرسانة الداخلية وهو ما يعرف بالانكماش الذاتي لأنه يحدث ذاتياً نتيجة الاتحاد الكيميائي بين الإسمنت والماء.[46]

اما ما لاحظنا من اختلاف في الانكماش بين العينات المختلفة للخرسانة المدروسة فقد لاحظنا ان خرسانة الرمل ذات التركيز $250\ Kg/m^3$هي الاكثر انكماش وتليها ذات التركيز $450Kg/m^3$ والاقل هي الخرسانة ذات التركيز $350\ Kg/m^3$.

ان خرسانة الرمل ذات التركيز $250\ Kg/m^3$ كانت الأكثر انكماش ومرد ذلك إلى تركيز الاسمنت الضعيف الذي لم يمكن حبيبات الرمل من التماسك مع ببعضها البعض لقلت تواجد حبيبات الاسمنت ان حبيبات الرمل غير المتلاصقة قد غلفة اسطحها بكميات من ماء الخلط هذه المياه التي لم تدخل في التفاعل ستجد طريقها للخروج من خلال التبخر تاركة ورائها فرغات وتشققات تؤدي إلى نقصان الحجم يعبر عنها بالانكماش، هذا النوع من الانكماش يسمى الانكماش بالجفاف.

[28]- Le retrait de dessiccation-

لقد كانت الخرسانة ذات التركيز$450\ Kg/m3$ هي الثانية من حيث كمية الانكماش ومرد ذلك الى تركيز الاسمنت الاكثر والمعتبر أمام باقي الانواع ذات التراكيز - $350Kg/m3$، 250- حيث تكونت بها كمية من نواتج اماهة الاسمنت معتبرة تمكنت في الحقيقة من ربط حبيبات الركام بعضها مع بعض مما قلل مساحة الفارغة بينها وبالتالي قللت كمية المياه المتبخرة المسببة لانكماش الجفاف، ولكن هذه الكمية المعتبرة من نواتج الاماهة قد تعرضت هي الأخر إلى نوع من الانكماش الخاص بها والمسمى بالانكماش الحراري -Le retrait thermique - وهو ناتج عن تتولد حرارة ناتجة من التفاعل الكيمائيتين الماء والإسمنت أثناء عملية التصلب المبكرة فكلما كانت كمية الماء والاسمنت أكثر كلما كانت هذه الحرارة أكثر وبالتالي التعرض لمثال هذا النوع من الانكماش أكثر.[28]

اما الخرسانة ذات التركيز $350Kg/m^3$، فقد كانت من ناحية الانكماش متزنة فكمية الاسمنت كانت قد ربطة نسبة معتبرة من حبيبات الرمل بعضها إلى بعض منقصة للفراغات التي بينها والمحتوية على مياه حرة بداخلها ستسبب انكماش عن خروجها وكذلك كمية الاسمنت كانت أقل من 450 فالناتج من اماهتها أقل وبالتالي الانكماش الحراري أقل.

وحسب قواعد الانكماش NF P 15-433**[47]**فإنه من أجل الملاط النظامي مصنوع من نوع الإسمنت CPJ-CEMII/ A42.5فيجب ان لا تتعدى قيمة الانكماش المقدار 1000 (µm/m) في 28 يوما وهذا ما نلحظه تقريبا في التركيبات المشتملة على النسب المختلف حسب الخرسانة المدروسة .

الخلاصة:

نستنتج من هذه الدراسة ما يلي:

إضافة الاسمنت بتراكيز مختلف لرمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود يحسن مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء, وكذلك يقدم مساعد في تحسين مقاومة الانكماش .

الخلاصة العامة والتوصيات

الخلاصة العامة والتوصيات

تهدف هذه الدراسة إلى:

أولا:المساهمة في تثمين رمال آبار البترول من خلال استغلالها في مجال البناء والأشغال العمومية.

هذه الرمال موجودة بكميات معتبرة في حقول استغلال واستخراج النفط وخاصة حقول حاسي مسعود المتعددة

هذه الرمال بإمكانها أنتسبب مشاكل مختلفة أهمها التلوث المضر بالإنسان والطبيعة، فتتمين هذه المادة واستعمالها كبديل لرمال الوديان ومجاري الأنهار وشواطئ البحار له أثر إيجابي مباشر على الحفاظ على سلامة البيئة.

كنقطة للانطلاق قمنا بإنجاز عدة تجارب على المواد المستعملة بغية التعرف على نوعيتها.

الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي رمال آبار البترول. وحسب الملاحظات المستنتجة من التجارب فإن هذا النوع من الرمال يحتوي على نسبة معتبرة من الدقائق. لذا كان من المستحسن مزجه مع رمال خشنة.

يمكن لهذا الرمل ان يكون صالح لإنتاج خرسانة رمل يمكن استعمالها في بعض مشاريع الهندسة المدنية أو الأشغال العمومية. خاصة إذا مزجت برمال خشنة او استعملنا تراكيز عالية من الاسمنت.

حاولنا الكشف عن بعض الخصائص الفيزيائية المتمثلة في الانكماش وكذلك الخصائص الميكانيكية والمتمثلة في الانحناء والضغط.

انتهجنا في دراستنا لخرسانة الرمل هذه محاكات الملاط النظامي حيث استعملنا ثلاث أجزاء من الرمل وجزء من الاسمنت، لكن كمية الاسمنت كانت مختلفة لننظر مقدار تأثيرها على هذه الرمال خاصة وأنها تحوي عناصر دقيقة وتحوي مواد كيميائية لا ندري مدى تأثيرها على التفاعلات الكيميائية بين الاسمنت والماء.

وبعد إجراء التجارب ومناقشة النتائج وتحليلها نستخلص النتائج التالية:

1- خرسانة رمال آبار البترول مع تركيز الإسمنت 450Kg/m3أعطى نتائج لمقاومة الانحناء تقارب النتائج السابقة لبعض الدراسات لمختلف التركيبات الرملية وتقارب نتائج المعايير الأوروبية الفرنسية.

2- خرسانة رمال آبار البترول مع تركيز الإسمنت 450 Kg/m3 أعطى نتائج لمقاومة الضغط تقارب النتائج السابقة لبعض الدراسات لمختلف التركيبات الرملية وتقارب نتائج المعايير الأوروبية الفرنسية.

3- خرسانة رمال آبار البترول مع التركيز المختلفة للإسمنت أعطت نتائج مرضية بخصوص ظاهرة الانكماش التي تحسنت مع زيادة التركيز في الاسمنت.

من خلال هذا البحث نوصي بما يلي:

• يجب دراسة اضافة رمال خشنة لتحسين التدرج الحبيبي لرمال الآبار البترولية من جهة وللتقليل من نسب بقايا سوائل الحفر الزيتية من جهة أخر.

• يجب استعمال تراكيز اسمنت مدروسة عند صناعة خرسانة رمل الآبار البترولية للوصول إلى المقاومة المطلوبة في كل مشروع.

• محاولة استعمال هذه الخرسانة كخرسانة رصف لتكون بديل عن التربة الصالح لرصف المسالك والطرق وقواعد الشركات.

• مواصلة البحث في هذا المحور ومحاولة دراسة جانب الديمومة فيه.

كنتيجة لهذا البحث نتمنى أن نكون قد وفقنا في المساهمة في تثمين خصائص خرسانة رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود.

وأخيرا نحمد الله على توفيقه على استكمال هذه الدراسة راجين من الله عز وجل أن تكون هذه الدراسة بداية انطلاق لمزيد من الدراسات على خرسانة رمل آبار البترول من نواحي أخرى لتعميم استعمالها في جميع المنشآت.

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المصادر والمراجع

[2] د.محمد خضور ،هندسة الحفر 1 (طرق الحفر)، منشورات جامعة البعث

[5] زمالي،الايرادات النفطية في الاقتصاد الكلي (النمو الاقتصادي)، دراسة حالة الجزائر جامعة، أبي بكر بالقايد، تلمسان.

[6] إ. حداد، ن. القصاب، م. شهاب، مشاكل الحفر في المنطقة الوسطى وطرق معالجتها الجامعة السورية الخاصة، كلية هندسة البترول.2017

[8] أبو بكر أحمد عبد الواحد الحاج وآخرون، دراسة تأثير جودة خواص سائل الحفر عن عمليات الحفر الجو في جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.2015

[11] عباس راضي عباس، كتاب ملف المهندسين المتدربين ، محافظة ميسان، العراق ، 2016.

[12] أحمد طلفاح، مؤشرات الحيطة لتقييم سالبة القطاع المالي ، المعهد العربي للتخطيط ، ابريل 2005.

[13] بئر زملة احمد بن ميلود حديث الحفرمن منطقة حاسي مسعود, الجزائر, 2022.

[14] سالمي جعفر زايد محمد الامين شايبي محمد رزوق السعيد ، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل الابار البترولية، مذكرة تخرج ماستر، جامعة الوادي، الجزائر، 2021.

[24] ماني محمد، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالآلياف، مذكرة دكتوراه، جامعة ورقلة، الجزائر، 2018.

[27] المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدبير المهني "خواص واختبار المواد 104 مدن " المملكة العربية السعودية.

[28] محمود إمام تكنولوجيا الخرسانة" قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة, جامعة المنصورة, مصر سنة 2002.

[34]مجلة المهندس " الشروخ الخرسانية أسبابها وعلاجها" العدد 4 , 1996.

[36] جريدة أخر ساعة الجزائرية في عددها الصادر يوم 27/01/ 2010.

[41] البطاقة التقنية لاسمنت مصنع عين التوته , باتنة ".

[43] علي عبد الكريم التركي، "الانكماش اللدن للخرسانة المسلحة بالألياف"، رسالة جامعية , جامعة الملك عبد العزيز, 1416 هـ.

[1] Taarkoubet.M et Bounouri.A " Etudes physico-chimiques et influence des matières premières sur la rhéologie des boues de forage" Mémoire de Master , université Abderrahmane Mira de Bejaia Algérie, 2012.

[3] https://ar.m.wikipedia.org/wiki البئر

[4] Khodja.M " les fluide de forage" Thèse de Doctorat ,Université Toulouse, France 2008

[7] Lifa Seif Eddine, fluide de forage impact sur environnement et techniques de traitement, Mémoire Pour l'obtention du diplôme de MASTER, Université hadj lakhder – Batna, 2015.

[9] http://www.syr_res.com/article/1481.htm

[10] Bou khalfa.z ,tordjemani.y" Etude de Methode de troitement des boues de forage cosideration environnementale " Mémoire de Master, université M'hamed Bougara de Boumerdes Algérie, 2017.

[15] Nesri .A et Kouidri .N " Etude de L'effet du forage pétrolier sur les propriétés physicochimiques du sol dans la région de haoud el hamra hassi messaoud " Mémoire de Master, université Echahid Hamma Lakhdar ,Eloued de Algérie, 2019.

[16] Belfriekh Ahleme et Talla Nadjet, Etude des bétons de sable, Mémoire de fin d'Etudes pour l'obtention de Diplôme de MASTER Académique en Génie Civil, Université Mohammed Seddik Ben Yahia – Jijel, 2019.

[17]LOGBI A. "Effet de l'incorporation des ajouts minéraux sur les propriétés physico-mécaniques du béton", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1999.

[18]LAYACHI G. "Influence du rapport E/C et du mode de cure sur les propriétés physico mécaniques et de transfert d'humidité des mortiers de ciment durcis ", Mémoire de magister, université AMAR Telidji à Laghouat, Algérie, 2006.

[19]BOUHNIK B. "Contribution a la valorisation du sable de dune dans la formulation du béton destiné aux ouvrages hydrauliques en milieux sahariens", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2007.

[20]HACHANA A." Etude des Bétons à base des agrégats de démolition", Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007.

[21]HADJI N, DRIF A. "Influence des granulats sur les qualités du béton", Projet de fin d'étude d'ingéniorat, ENP, Algérie, 2005.

[22]BABA ARBI Ali et MANSOUR Noussaiba, Comportement du béton de sable de dunes renforcé par des fibres métalliques soumis à haute température, Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master, Spécialité: Génie Civil, Université KASDI Merbah Ouargla, Algerie, 2017.

[23] BENGOUCHA F Z. "Amélioration des propriétés de mortier à base de sable de dunes Avec ajout (sable granulé de haut fourneaux)", Mémoire de fin d'étude d'ingéniorat, ENTP, Algérie, 2005.

[25]BOUDJEMAA. Yamina et DJILANI. Souad, Micro-Béton à base de sable mixte (sable de dune et sable concassée) avec poudre de marbre et adjuvant, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en: génie civil, Université Mohamed Boudiaf- M'sila, 2019.

[26]KETTAB R. "Contribution à la valorisation du sable de dunes", Thèse de doctorat, ENP, Algérie, 2007.

[29]CHAOUCH A."Etude des caractéristiques du béton de sable de dunes", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1993.

[30]GUENOUN R. "Etude et formulation d'un béton de sable de dune", Projet de fin d'étude d'ingéniorat, ENP, Algérie, 2003.

[31]NAFA A, BATATA A. "Béton de sable de concassage", Projet de fin d'étude, ENP, Algérie, 1989.

[33] DREUX G, FESTA J. "Nouveau guide du béton et de ses constituants", Edition Eyrolles, Huitième Edition, 1998.

[35] Oukil Youcef et Oukil Abdelhak, Formulation et caractérisation d'un béton de sable à partir des déchets minéraux, Mémoire Pour l'obtention du diplôme de MASTER, Université A. M. OULHADJ – Bouira, 2017.

[37] R.N. Swamya and P.S. Mangata " Influence of fiber geometry on the properties of steel fiber reinforced concrete".

[38] Mangat, M . MOTAMEDI AZARI "Shrinkqge of Steel Fibre reinforced cement composites."

[39] EDGINTON J ; D.J. HANNANT "Steel Fibre reinforced Concrete The effect on fibre orientqtion of compaction by vibration ."

[40] ZANE Messaouda et DJEMAA Nabila, Elaboration et caractérisation d'un mortier léger par introduction de billes de polystyrène, Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master, UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ de Bouira, 2019.

[42] CHERAIT Y, NAFA Z. "Eléments de matériaux de construction et essais", Collection : le livre de génie civil, Direction de la publication universitaire de Guelma, 2007.

[44] DAD Celia, Etude comparative de l'utilisation du sable de dune en substitution du sable de rivière : cas des mortiers normalisés, Mémoire de Fin D'études En vue de L'obtention du diplôme de Master en Génie Civil, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2019.

[45] BENTATA A." Etude expérimentale d'un béton avec le sable de dune", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2004.

[46]BEDARD, C. BALLIVY, G. AITCIN, P."Rôle des caractéristiques physico-mécaniques des granulats sur la résistance en compression de bétons a très haute résistance", Bulletin de Géologie de l'Ingénieur et de l'environnement, Volume 30, N° : 1, Paris, 1984.

[47] NF P 15-433

الملاحق

الملحق رقم:ا .1. صور توضح تجربة الكتلة الحجمية

الملحق رقم :I .2. صور توضح تجربة معامل امتصاص الماء.

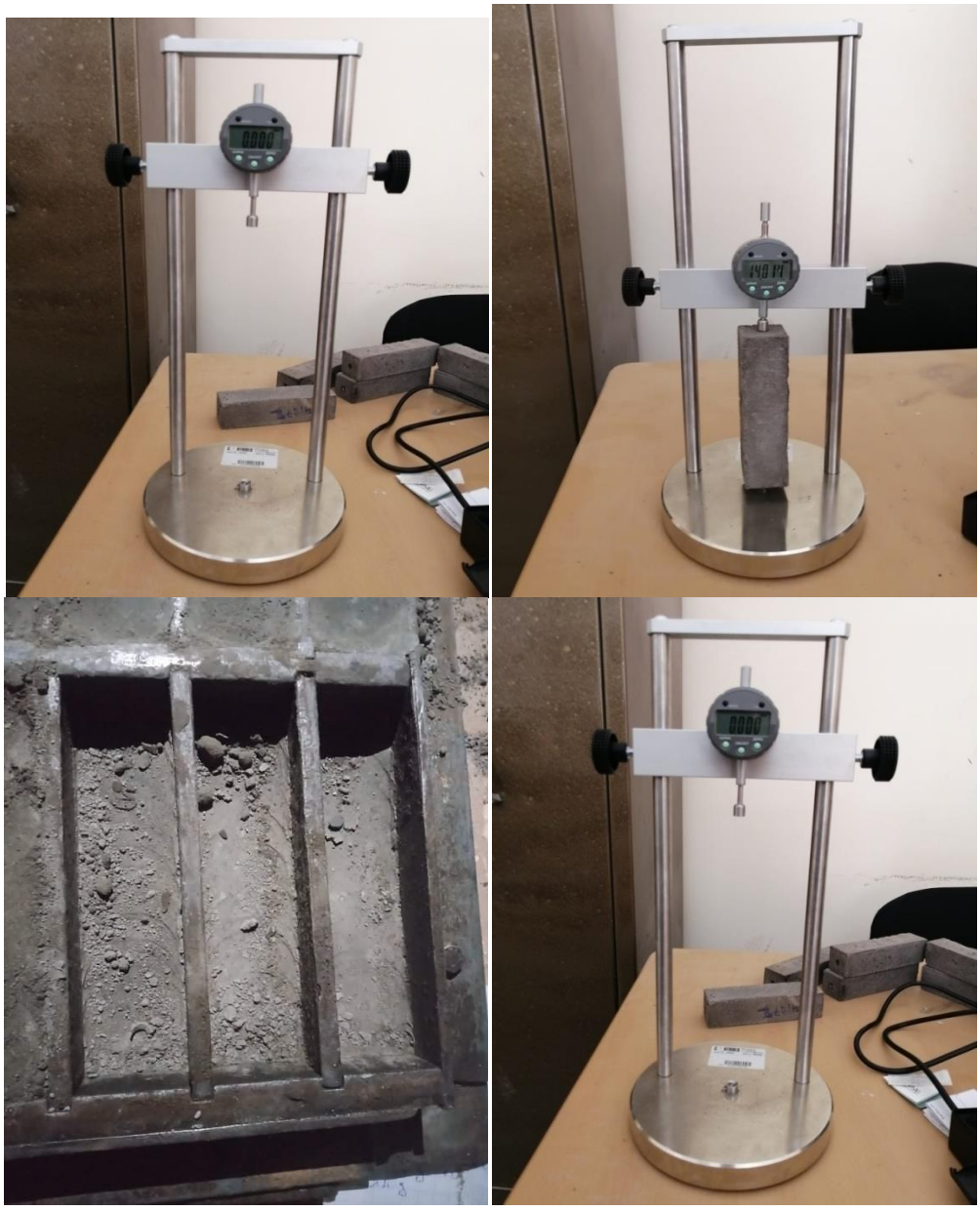
الملحق رقم:I .3 صور توضح تجربة المكافئ الرملي

الملحق رقم :I .4 : صور توضح تجربة التحليل الحبيبي.

الملحق رقم :I .5 صور توضح تجربة التشغيلية.

الملحق رقم :I .6 صور توضح تجربة التحطيم بواسطة الانحناء.

الملحق رقم :I .7 صور توضح تجربة التحطيم بواسطة الضغط .



الملحق رقم :I .8 صور توضح تجربة الانكماش.

BUILDING TRUST

NOTICE PRODUIT

Sika® ViscoCrete®-630 RMX

SUPERPLASTIFIANT / HAUT RÉDUCTEUR D'EAU POUR BÉTON PRÊT À L'EMPLOI

INFORMATIONS SUR LE PRODUIT

Sika® ViscoCrete®-630 RMX peut être utilisé dans tous les bétons et avec tout type de ciment Portland.
Sika® ViscoCrete®-630 RMX complète l'entrée de gamme existante des ViscoCrete®. L'utilisation d'une base chimique innovante dans sa composition permet d'obtenir des temps d'ouvrabilité plus longs en adaptant le dosage du produit.

DOMAINES D'APPLICATION

Sika® ViscoCrete®-630 RMX a été développé spécifiquement pour l'adjuvantation des bétons courants, en centrale de béton prêt à l'emploi, conformes à la norme NF EN 206-1. Il permet la confection de bétons de consistance S2 à S4.

CARACTÉRISTIQUES / AVANTAGES

Sika® ViscoCrete®-630 RMX permet, par ses propriétés physico-chimiques :
• de défloculer les grains de ciment, d'augmenter les résistances mécaniques grâce à son pouvoir haut réducteur d'eau,
• d'accroître la compacité et l'imperméabilité du béton,
• d'obtenir d'excellents maintiens d'ouvrabilité même par temps chaud et d'améliorer la mise en oeuvre du béton frais.

AGREMENTS / NORMES

Conforme à la norme NF EN 934-2 Tab 11.1 et 11.2

DESCRIPTION DU PRODUIT

Conditionnement	• Fût de 200 kg • Cubitainer de 1100 kg • Vrac
Aspect / Couleur	Liquide brun claire
Durée de Conservation	12 mois dans son emballage d'origine intact.
Conditions de Stockage	À l'abri du gel. En cas de gel accidentel, le produit retrouve ses qualités d'origine une fois dégelé lentement et réhomogénéisé.
Densité	1,085 ± 0,02
Valeur pH	4,5 ± 1,0
Contenu Standard de matière sèche	25 ± 1,0 % selon NF 480-8 25 ± 1,0 % selon NF 085, méthode halogène
Teneur Totale en Ions Chlorure	≤ 0,1%
Équivalent Oxyde de Sodium	≤ 3,0%
Dosage Recommandé	Plage de dosage: 0,4% à 2,5% du poids du liant ou du ciment selon la fluidité et les performances recherchées.

الملحق :I .9 صورة توضح نوع المحسنات المضافة في الخلطة الخرسانية.