الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العـــالي والبحـث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

كلية التكنولوجيا

قسم الري والهندسة المدنية

مـذكـــرة تخـــرج

لنيل شهـــادة المـــــاستر فـــي الهندســـة المدنيـــة

تخصص: مـــواد الهندســة المدنيـــة

تحت عنـــــــوان:

المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الآبار البترولية

- تحت إشراف:

الدكتور: محمد ماني

- إعداد الطلبة:

- سالمـــي جعفـــر
- زايـــد محمد الأميـــن
- شايبـــي محمـــد
- رزوق السعيد

لجنة المنـــــاقشـــة:

رئيس اللجنـــــة: د. طارق جديد

ممتحـــــــن: د. عبد العزيز العقبي

2021-2020

بسم الله الرحمن الرحيم

تشكرات

بسم الله الرحمان الرحيم

الحمد لله رب العالمين الرحمان الرحيم

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين

وفاءا وتقديرا واعترافا منا بالجميل نتقدم بجزيل الشكر

لأولئك المخلصين الذين لم يألوا جهدا في مساعدتنا في هذا البحث

العلمي، وأخص بالذكر الأستاذ الفاضل: الدكتور محمد ماني

صاحب الفضل في توجيهنا ومساعدتنا في تجميع المادة البحثية

كما أتقدم بجزيل الشكر الى كل من مدوا لنا يد العون والمساعدة

من قريب أو بعيد في إخراج هذه الدراسة على أكمل وجه

مع تمنياتنا أن تكون هذه الدراسة مفتاحا لمواصلة مزيد

من الأبحاث العلمية الجديدة

اهداء

الحمد لله ربّ العالمين، والصلاة والسلام على صاحب الشفاعة أشرف المرسلين نبيّنا محمد و آله وصحبه الميامين ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، أمّا بعد :

أهدي ثمرة جهدي المتواضع إلى أوفى خلق الله وأحبّهم إلى قلبي، من وهبوني الأمل والنشأة على شغف الاطلاع والمعرفة، ومن علّموني أن ارتقي سُلّم الحياة بحكمة وصبر، بِرّا وإحسانا و وفاء لهم:

أبي العزيز الذي علّمني أنّ الدنيا كفاح، وسلاحها العلم والمعرفة، ولم يبخل عليّ بأيّ شيء لأجل راحتي ونجاحي.

أمي الغالية، نبع الحنان التي ساندتني في صلاتها ودعائها وسهرت الليالي لتنير دربي.

إلى من استضأت برأيها وحكمتها وأذكت شعلة الجد والتفوق في روحي وكانت عونا لي على الشدائد

أمي الثانية ماجدة الحبيبة

إلى أرواح صديقيّ "خميسات مسعود " و" صالح لعويد " تغمّدهما الله برحمته الواسعة.

إلى العائلة الكريمة و 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.

محمد الأمين

اهداء

الحمد لله على إحسانه و له الشكر على توفيقه، والصلاة والسلام على أفضل خلقه نبيّنا محمد وآله وصحبه،

أما بعد :

أهدي ثمرة جهدي ونجاحي إلى أعزّ الناس وأقربهم إلى قلبي، اللذان كانا عونا وسندا، وكان لدعائهما المبارك

أعظم الأثر في توفيقي ونجاحي:

والدتي الحبيبة، باعثة العزم والتصميم والإرادة، صاحبة البصمة الصادقة في حياتي .

والدي الغالي، السند والقوّة، الذي علّمني كيف يكون الصبر طريقا للنجاح.

إلى رفقاء البيت الطاهر الأنيق . إخوتي .

إلى أرواح صديقيّ "خميسات مسعود" و "صالح لعويد" تغمّدهما الله برحمته الواسعة .

إلى كل أهلي وأحبابي وأصحابي، وإلى كل من شجّعني، وبعلمه نفعني .

إليهم جميعا أهدي هذا الجهد المتواضع راجيا من المولى العليّ القدير أن ينفعنا به ويمدّنا بتوفيقه .

محمد

اهداء

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

الحمد لله الذي وفقنا لتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح بفضله تعالى مهداة الى الوالدة الكريمة حفظها الله تعالى وادامها نورا لدربي والى روح أبي الطاهرة رحمة الله عليه وزوجتي العزيزة وأبنائي والى أختي الغالية وأخي والى كل الاساتذة الكرام وكل الاشخاص الذين أحمل لهم المحبة في قلبي وأخص بالذكر سالمي جعفر – زايد محمد الامين –شايبي محمد والى كل من نسيه القلم وحفظه القلب

السعيد

إهداء

الحمد لله رب العالمين

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين

أهدي ثمرة عملي هذا أولا إلى من ربوني

أمي الغالية رحمة الله عليها وأفسح الله لها في قبرها وأسكنها الفردوس الأعلى من الجنة

أبي الغالي أطال الله في عمره بالخير والبركات وحفظه الله ورعاه

زوجتي الغالية، أبنائي الأعزاء وسندي في الحياة ، بناتي المؤنسات الغاليات

أسأل الله لهم ولهن النجاح في الدنيا والآخرة

إخوتي وأخواتي وأقربائي، أصدقائي وزملائي في العمل والى كل من يعرفني

إلى الأساتذة الأفاضل وطلبة الهندسة المدنية

إلى من في القلب سكناهم

والذكرى ذكراهم والفؤاد لن ينساهم

جعفر

ملخص:

تعاني حقول النفط بالجنوب الجزائري وخاصة بمنطقة حاسي مسعود من مشكل تكدس الرمال الناتجة عن عملية الحفر والتنقيب عن البترول وما تشكله من تلوث بيئي خطير على الإنسان والطبيعة.

وكذلك تعاني الشركات النفطية الموجودة في هذه المناطق من مشكل قلة وبعد الرمال الصالحة للبناء عن مكان تواجدها وذلك لاستعمالها في بعض الإنشاءات المتعلقة بطبيعة عملها.

أجريت عدة أبحاث عالمية تنص في معظمها على خطورة ترك مادة سائل الحفر والرمال المختلطة بها هكذا مهملة في مناطق التنقيب.

في هذا الصدد وفي سياق هذه الفكرة ارتأينا 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.

وكذلك المساهمة في تحسين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية (مقاومة الضغط مقاومة الانحناء ظاهرة الانكماش) لخرسانة رمل آبار البترول.

ومن خلال أهم النتائج المتحصل عليها والمتمثلة في تحسن معتبر في مقاومة الضغط وفي حالة الانكماش فإننا نقترح تطوير وتحسين خرسانة رمل آبار البترول وهذا بهدف الوصول إلى تعميم استعمال هذه الكميات الهائلة من هذه الرمال المتواجدة في منطقة حاسي مسعود في مجال الإنشاءات وكذلك القضاء على التلوث البيئي وذلك على المدى المتوسط والبعيد.

الكلمات المفتاحية:

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

Abstract:

The oil fields in southern Algeria, especially in the Hassi Messaoud region, suffer from the problem of sand accumulation resulting from the process of drilling and prospecting for oil, and the environmental pollution that is dangerous to humans and nature.

Also, the oil companies located in these areas suffer from the problem of scarcity and the distance of suitable sand for construction from where they are located, for use in some constructions related to the nature of their work.

Several international studies have been conducted, most of which state the danger of leaving the drilling material and sand mixed with it so important in the exploration areas

In this regard and in the context of this idea, we decided during this study to try to answer the possibility of using oil well sand as an alternative, even partially, in construction to reduce these phenomena and the problems arising from them in the fields of Hassi Messaoud region.

As well as contributing to improving the mechanical and physical properties (pressure resistance, bending resistance, shrinkage phenomenon) of petroleum well sand concrete.

Through the most important results obtained, represented in a significant improvement in pressure resistance and in the event of shrinkage, we open the development and improvement of oil well sand concrete, with the aim of reaching the generalization of the use of these huge quantities of this sand located in the Hassi Messaoud region in the field of construction, as well as the elimination of environmental pollution, and that In the medium and long term.

key words: Drilling fluid, petroleum well sand, sand concrete, bending resistance, pressure resistance, shrinkage.

فهرس المحتوى

فهرس المحتوى I
فهرس الجداول IV
فهرس الأشكال VI
المقدمة العامة 1

الفصل الأول:عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

I.1. مدخل: 5
I.2. حقل حاسي مسعود: 5
I.2.1. لمحة تاريخية عن حقل حاسي مسعود: 6
I.2.2. تعريف البئر: 6
I.2.3. تعريف النفط أو البترول: 7
I.2.4. طبيعة حقل حاسي مسعود: 7
I.3. مواصفات حفر البئر: 7
I.4. أنواع الحفر (CabletoolDrilling): 7
I.4.1. الحفر المطرقي: 8
I.4.2. الحفر الدوراني (Rotary,Drilling): 8
I.4.3. الحفر باستخدام محركات توربينية (Turbo Drilling): 8
I.5. سائل الحفر (Fluide de forage au boue de forage): 8
I.5.1. تعريف: 8
I.5.2. أنواع سوائل الحفر (Type de la boue de forage): 9
I.5.2.1. سائل الحفر ذو أساس مائي (WBM)(La boue à base d'eau): 9
I.5.2.2. سائل الحفر ذو أساس غازي أو هوائي أو على شكل رغوة: 9
I.5.3.مهام سائل الحفر: 9
I.5.4. مكونات سائل الحفر: 10
I.5.6. خصائص سائل الحفر: 11
I.6. حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر واحد: 12
I.7. أنواع المعالجات: 15
I.7.1. معالجة سوائل الحفر: 15
I.7.2. المعالجة الميكانيكية المتصلة (on line): 15
I.7.3. المعالجة الكيميائية: 15
I.8. الأهداف الأساسية من المعالجة الميكانيكية والكيميائية: 15
I.9. معالجة رمال وفتات الحفر: 16
I.9.1. المعالجة الكيمائية غير متصلة (التصلب - الاستقرار): 16
I.9.2. المعالجة الحرارية: 16
I.10. نتائج تحليل التربة المعالجة حراريًا: 16
I.11. التأثيرات والأضرار على البيئة والإنسان: 17
خلاصة الفصل: 20

الفصل الثاني:تركيبة خرسانة الرمل

II.1. المدخل: 22
II.2. تاريخ خرسانة الرمل: 22
II.3. استعمالات خرسانة الرمل في العالم: 24
II.2.3. خرسانة الرمل في فرنسا: 24
II.3.3. خرسانة الرمل في الخليج العربي: 25
II.4.3. خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي: 25
II.4. مكونات وصياغة خرسانة الرمل: 26
II.1.4. مدخل: 26
II.2.4. مبدأ تركيبة الخرسانة: 27
II.1.2.4. تأثير النسبة G/S على خصائص الخرسانة: 27
II.2.2.4. تأثير النسبة E/C على خصائص الخرسانة: 29
II.2.2.4 .1. تأثير النسبة E/C على المسامية: 29
II.2.2.4 .2 تأثير النسبة E/C على المقاومة: 30
II.5. مكونات خرسانة الرمل: 31
II.1.5 الاسمنت: 31
II.2.5 الرمل: 31
II.3.5 الماء: 31
II.4.5. الاضافات Les adjuvants: 32
II.1.4.5. دور المميعات أو الملدنات: 32
II.5.5. المواد المضافة (Les ajouts): 33
II.1.5.5. الحشو Filler: 33
II.2.5.5. الحصى الصغير Gravillons : 33
II.3.5.5. الألياف Fibres: 33
II.6. صياغة خرسانة الرمل: 33
II.1.6. مبدأ صياغة خرسانة الرمل: 34
II.2.6. بعض طرق صياغة خرسانة الرمل: 34
II.2.6. 1. الطريقة النظرية لصياغة خرسانة الرمل: 34
II.2.6. 2. الطريقة التجريبية لصياغة خرسانة الرمل : 36
II.2.6. 1.2. صياغة خرسانة الرمل بدون إضافات: 37
II..2.2.2.6. صياغة خرسانة الرمل باستعمال الإضافات: 38
II.7. خصائص خرسانة الرمل: 39
II.1.7. خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب: 39
II. 1.1.7. التراصية Compacité: 39
II.2.1.7. التشغيلية Maniabilité : 42
II.2.7. خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب: 43
II. 1.2.7. الخصائص الميكانيكية: 43
II. 1.1.2.7. مقاومة الضغط : 43
II.3.2.7 . الانكماش Le retrait : 47
II.4.2.7 الزحف Le fluage: 49
II.6.2.7 الخاصية الشعرية: 51
II.7.2.7 النفاذية (La perméabilité): 51
II.8. مزايا وميادينا ستعمال خرسانة الرمل : 51
II.1.8. التشغيلية L'ouvrabilité : 51
II.2.8. نوعية المظهر Qualité d'aspect: 51
II.3.8. التجانس والتماسك Homogénéité-Cohésion: 52
II.4.8. مصدرمحلية للمواد الأولية: 52

الفصل الثالث:خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

III.1. مدخل: 56
III.2. خصائص المواد المستعملة: 56
III.2.1.1. التحليل الكيميائي: 56
III.2.1.2. الكتلة الحجمية: 57
III.2.1.3. معامل امتصاص الماء (Coefficient d'absorptiom d'eau): 58
III.2.1.4. المكافئ الرملي (Equivalent de Sable): 58
III.2.1.5. التدرج الحبيبي (Analyse granulométrique): 59
III.2.1.6. معيار النعومة (Module de finesse): 66
III.2.2. الاسمنت: 67
III.2.2.2. زمن التصلب: 69
III.2.2.3 الخصائص الكيمائية : 69
III.2.2.4. مقاومة الضغط : 70
III.2.2.5. المعامل الهدروليكي Indice d' hydraulicité: 70
III.2.3. الماء: 70
III.2.3.1. خواص الماء المستعمل في الخرسانة: 71
III.2.3.2 التركيبة الكيمائية للماء المستعمل: 71
III.4.1 صياغة وتحضير الملاط النظامي: 71
III.4.2 صياغة خرسانة الرمل العادية (الشاهد): 72
III. 3.4 تجربة التشغيلية : 72
II.3.3 تحضير وشكل العينة: 74
lll.3. توضح أشكال القوالب المستعملة: 74
الخلاصة: 75

الفصل الرابع :مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

IV.1. مدخل: 77
IV.2. طرق التجارب : 77
IV.2.1. تجربة التحطيم بالانحناء: 77
IV.2.2. تجربة التحطيم بواسطة الضغط : 78
IV.3. نتائج مقاومة الانحناء: 79
VI.3.1. مناقشة نتائج مقاومة الانحناء: 81
IV.4. نتائج مقاومة الضغط: 82
IV.4.1. مناقشة نتائج مقاومة الضغط: 84
IV.5. نتائج الانكماش: 85
IV.5.1. مناقشة نتائج الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول: 88
الخلاصة: 89
الخلاصة العامة والتوصيات 90
قائمة المصادر والمراجع 90
الملاحق 90

فهرس الجداول

الجدول I.1: حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر واحد. 12
الجدول I.2: نتائج تحليل التربة المعالجة حراريا من طرف شركة MI-SWACO 17

الجدول II.1: يعطي المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D 28
الجدول II.2: أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل. 38
الجدول II.3: أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل قام بها بعض المغاربة 39
الجدول II.4: يوضح التدرج الحبيبي للرمل المستعمل في تركيبات خرسانة رمل بعض المغاربة 39
الجدول II.5: التراصيه العظمى بدلالة D_{MAX} 42
الجدول II.6:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتCHAOUCHلخرسانة الرمل. 43
الجدول II.7:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتGUENOUN لخرسانة الرمل. 44
الجدول II.8:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتKETTAB لخرسانة الرمل 44
الجدول II.9:نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH. 45
الجدول II.10:نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال GUENOUN 45
الجدول II.11:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال 46
الجدول II.12:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH 46
الجدول II.13:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال BATATA و NAFA..... 47
الجدول II.14: أهم أنواع الانكماش. 48

الجدول..III.1: النسب المئوية للمكونات الكيميائية لرمل الآبار البترولية. 56
الجدول.III.2: الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة لرمل الآبار البترولية ورمل الكثبان المجاور وبعض الرمال الطبيعية. 57
الجدول.III.3: النسبة المئوية المعامل امتصاص الماء: 58
الجدول.III.4: النسب المئوية للمكافئ الرملي (ES). 59
الجدول.III.5: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأولى 100% رمل آبار البترول (SPP) 60
الجدول.III.6: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية 100% رمل الكثبان المجاور (SD). 61
الجدول.III.7: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة 50% رمل الآبار (SPP)+ 50% رمل الكثبان (SD)62
الجدول.III.8: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة: 100% رمل طبيعي وادي الرتم. 63
الجدول.III.9: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة: 100% رمل طبيعي وادي سوف عسيلة. 64
الجدول.III.10: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة السادسة: 100% رمل طبيعي حاسي بحبح..... 65
الجدول.III.8: معيار النعومة لكل عينة..... 67
الجدول.III.12: التحليل الكيميائي للإسمنت. 69
الجدول.III.13: التركيبة الكيمائية للماء المستعمل..... 71
الجدول.III.14: صنف الخرسانة بدلالة التشغيلية..... 73
الجدول.III.15: نتائج تجربة التشغيلية..... 73
الجدول.III.16: تركيبة خرسانة الرمس الشاهد 74

الجدول IV. 1: نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل آبار البترول..... 79
الجدول IV. 2: نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل لمختلف التركيبات لدراسة سابقة نستعملها كشاهد أول. 79
الجدول IV. 3: نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل لمختلف التركيبات لدراسة سابقة نستعملها كشاهد ثاني.. 80
الجدول IV. 4: نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة الرمل لمختلف التركيبات لدراسة سابقة نستعملها كشاهد ثالث. 80
الجدول IV. 5: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل آبار البترول. 82
الجدول IV. 6: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل لمختلف التركيبات لدراسة سابقة نستعملها كشاهد أول.. 82

الجدول IV. 7: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل لمختلف التركيبات لدراسة سابقة نستعملها كشاهد ثاني. 83
الجدول IV. 8: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل لمختلف التركيبات لدراسة سابقة نستعملها كشاهد ثالث. .83
الجدول IV. 9: نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول محل الدراسة.....85

فهرس الأشكال

الشكل I.1: توزيع المناطق داخل حقل حاسي مسعود. 6
الشكل I.2: دورة سائل الحفر على موقع FID: CYCLE DU FLUIDE SUR SITE DE FORAGE 9.
الشكل I.3: نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة جنوب بركين..... 13
الشكل I.4: نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة اليزي..... 14
الشكل I.5: صورة المستنقع قبل عملية الحفر..... 17
الشكل I.6: صورة المستنقع بعد عملية الحفر..... 18
الشكل I.7: يبين كيفية انتقال التلوث إلى التربة 19

الشكل II. 1: منارة بور سعيد 23
الشكل II. 2:ميترو الأنفاق (SAINT-PETERSBOURG)..... 24
الشكل II. 3: العوارضبخرسانةالرملمصنعبنيصاف. 26
الشكل II. 4:تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة 28
الشكل II.5: تأثير النسبة E/C على المسامية 29
الشكل II.6: تأثير النسبة E/C على مقاومة الانحناء 30
الشكل II.7: تأثير النسبة E/C على مقاومة الضغط 30
الشكل II.8: تأثر المسامية بمعامل النعومة..... 40
الشكل II.9: تأثير بعد الحبيبات ألأصغري D على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من الرمل. 41
الشكل II.10: التراصية بدلالةتركيز الاسمنت..... 41
الشكل II.11: التشغيليةبدلالةالنعومة، تأثيرمقدارالدقائق 42
الشكل II.12: الانكماش الكلي..... 49
الشكل II.13: الزحف الكلي 50
الشكل II.14: منحنى توزيع المسامية بدلالة قطرالفراغات 50

الشكل III. 1: الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي..... 59
الشكل III.2: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة 100% رمل الآبار البترولية. 61
الشكل III.3: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة 100% رمل الكثبان المجاورة له..... 62
الشكل III.4: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة 50% رمل الكثبان + 50% رمل الآبار البترولية..... 63
الشكل III.5: منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة: 100% رمل طبيعي وادي الرتم..... 64
الشكل III.6: منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة: 100% رمل طبيعي وادي سوف عسيلة..... 65
الشكل III.7: منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة السادسة: 100% رمل طبيعي حاسي بحبح. 66
الشكل III.8: طاولة الهز لتجربة التشغيلية..... 73

الشكل IV. 1: يوضح آلية التحطيم بالانحناء..... 77
الشكل IV. 2: يوضح آلية التحطيم بالضغط. 78
الشكل IV. 3: يوضح آلة الانكماش. 79
الشكل IV. 4: منحنى يوضح مقارنة نتائج الانحناء في الدراسة الحالية والدراسة السابقة. 81
الشكل IV. 5: أعمدة بيانية توضح مقارنة نتائج الانحناء بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة..... 81
الشكل IV. 6: منحنى يوضح مقارنة نتائج الضغط في الدراسة الحالية والدراسة السابقة..... 84

الشكل IV. 7: أعمدة بيانية توضح مقارنة نتائج الضغط بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة. 84
الشكل IV. 8: منحنى يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول محل هذه الدراسة. 86
الشكل IV. 9: منحنى يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة. 87
الشكل IV. 10: منحنى يوضح مقارنة نتائج الانكماش في الدراسة الحالية والدراسة السابقة. 87
الشكل IV. 11: أعمدة بيانية توضح مقارنة نتائج الانكماش بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة. 87

المقدمة العامة

المقدمة العامة

الرمل هو المادة الأولية في صناعة الخرسانة والطوب والقرميد والحصى، ويدخل أيضا في بناء البيوت والطرقات والجسور والسدود، فهو المورد الطبيعي الأكثر استعمالاً على الإطلاق في مجال الإنشاء، ولذا قد لا يكون من المبالغة القول أن الرمل هو المادة الأساسية في بناء الحضارة الحديثة.

ساد الاعتقاد إلى وقت قريب أن هذا المورد الطبيعي وافر بغير حدود، فإن ازدياد الطلب عليه باستمرار خاصة في بداية القرن العشرين جعلنا نستيقظ على حقيقة أنه آخذ بالنفاذ وغير قابل لتجدد، فبحسب ما ذكره برنامج الأمم المتحدة للبيئة فإن الرمل والحصى المعروف باسم الركام (Granulat) يستخدم بكميات أكبر من أي مادة خام على وجه الأرض باستثناء المياه ويقول البرنامج إن استخدامه يتجاوز كثيرا معدلات التجديد الطبيعية.

وفي ظل الطلب المتزايد على مادة رمل البناء لتجسيد المشاريع المنجزة في مناطق العالم المختلفة خاصة الدول النامية من جهة، وفي ظل التكدس الكبير لرمال آبار البترول المستخرجة والمقدرة في حدود 1100م^3 للبئر الواحد وأيضا يتم حفر في حدود 150-300 بئر سنويا وبالتالي نتحصل على كمية تقارب 220000 م^3 سنويا وتعتبر كمية لا يستهان بها فيما قد تشكّله من تلوث حقيقي وخطير على الإنسان والبيئة في المناطق الصحراوية التي تحتوي على آبار النفط من جهة أخرى.

بات من الضروري التفكير في استغلال موارد رملية جديدة تسد أو تعوض العجز الحاصل في رمال البناء، في هذا السياق ارتأينا الى إمكانية استخدام أحد الموارد المتواجدة بالمنطقة ألا وهي رمال آبار البترول، حيث من خلال هذا البحث الذي قمنا به لم نجد أي دراسة سابقة معلنة الى اليوم حول استعمال رمل آبار البترول في الخرسانة كبديل للرمال الطبيعية.

لقد أكدت معظم الدراسات المقامة حول سوائل الحفر والتي تمزج برمال آبار البترول على أنها خطيرة ومضرة بالبيئة لو تركة في الصحاري تذروها الرياح.

في هذه الدراسة حاولنا المشاركة في الإجابة على السؤال حول إمكانية استغلال رمل آبار البترول في إنشاء خرسانة الرمل قصد المساهمة في تحسين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية في تشكيل مادة الخرسانة.

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 من مقاومة الانحناء ومقاومة الضغط وظاهرة الانكماش التي تمت دراستها في مخبر الهندسة المدنية بجامعة الوادي.

وفي الأخير قدمنا 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:

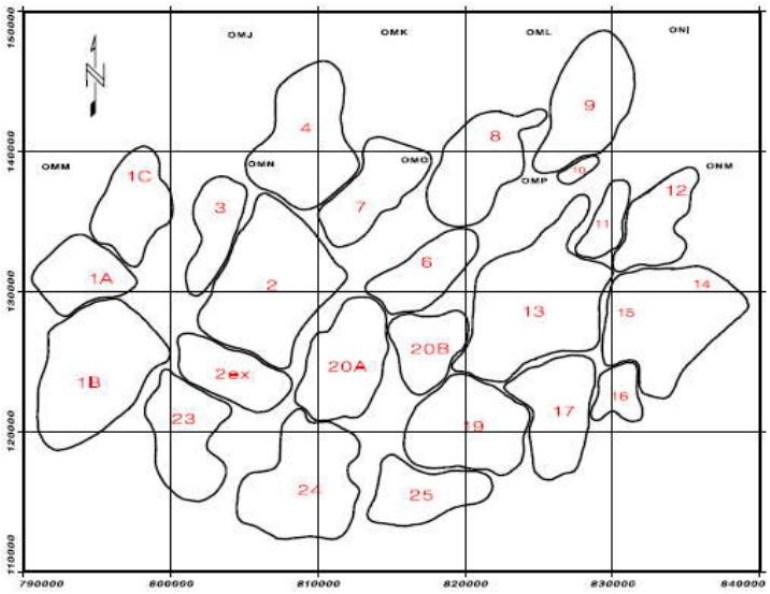
نطلق اسم الخرسانة على الخليط المكون من الماء والركام (الرمل والحصى) والاسمنت بنسب ملائمة، وتسمى خرسانة مسلحة تلك الخرسانة المضاف إليها كمية من الحديد بغية توازن إجهادات الشد التي لا تستطيع الخرسانة لوحدها مقاومتها، بهذا اصبحت الخرسانة أكثر استعمالا في مجال البناء وخاصة في ميدان الأرصفة (béton de chaussée)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

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 بركين بولاية 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 [1].



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، ثم شبهها الجيولوجيون الفرنسيون سنة 1956 في وجود شيء آخر غير الماء وبالفعل تم اكتشاف أول بئر بترولي في حاسي مسعود سنة 1958م [1].

2.2.I.تعريف البئر:

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 قشرة الأرض [2].

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[3].

I.3.2. تعريف النفط أو البترول:

تستمد كلمة بترول (petroleum) أصلها من اللغة 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، ولكن بالمعنى التجاري الضيق يطلق مصطلح النفط الخام على المواد السائلة والنفط الخام عبارة عن مواد هيدروكربونية سائلة دهنية لونها المخضر إلى البني والأصفر كما تختلف لزوجته وبالتالي كثافته النوعية أما المواد الهيدروكربونية الغازية فهي التي تشكل الغاز الطبيعي.

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.

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[4].

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 (CabletoolDrilling):

1.4.I. الحفر المطرقي:

تعتبر هذه الطريقة الأولى التي طبقت لإستخدام النفط لكن هذه الطريقة مستخدمة في مجال الصناعة النفطية.

2.4.I. 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 تنغرس 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[5].

3.4.I. الحفر باستخدام محركات توربينية (Turbo Drilling):

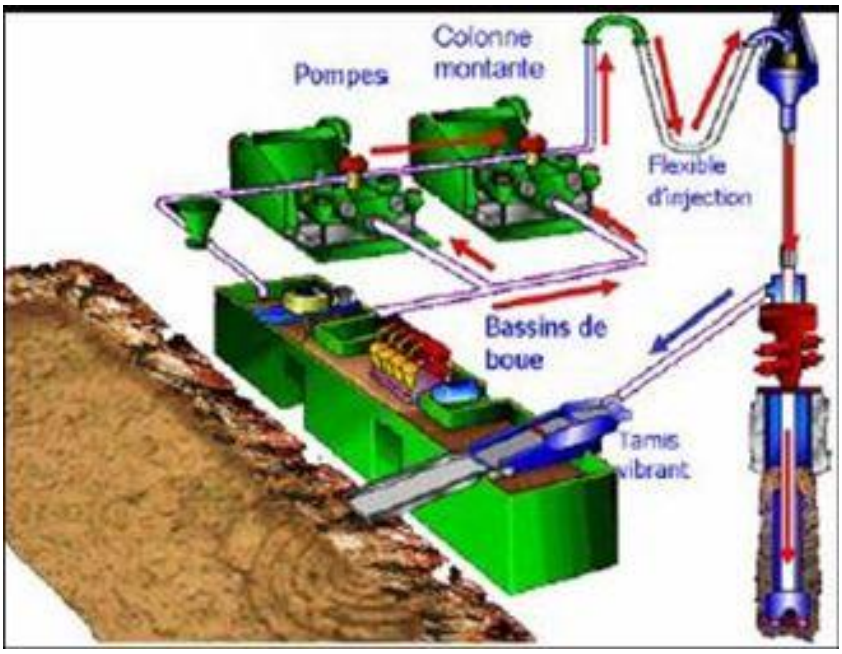
حيث تعمل هذه المحركات بطاقة سائل الحفر الذي يضح من خلال مجموعة مواسير الحفر[5].

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

1.5.I. تعريف:

سائل الحفر والذي يسمى أيضا طفلة الحفر أو طمي الحفر وهو عبارة عن نظام مركب من عدة مكونات مختلفة، السائلة (الماء والزيت) و/أو الغازية (هواء أو غاز طبيعي) 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 غثاث 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[3].



الشكل I.2:دورة سائل الحفر على موقع FID: cycle du fluide sur site de forage.

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

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

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

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 [6].

I.2.2.5. سائل الحفر ذو أساس غازي أو هوائي أو على شكل رغوة:

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.

I.3.5.مهام سائل الحفر:

1. تزييت وتبريد الريشة ومجموعة مواسير الحفر.
2. إزاحة ونقل الفتات الصخرى 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.

I.4.5. مكونات سائل الحفر:

1.الباريت (Barite): وهو معدن مركب من كبريتات الباريوم (Ba so4)، 65.6% من Ba_0 و 34.4 من so_3، حيث يستعمل لزيادة وزن الصقلة أو سائل الحفر بمعنى زيادة الكثافة[6].

2.البنتونيت (Béntonite): وهو يتواجد في الطبيعة على شكل سيلكيات الألمنيوم المائية (H2O، 4Sio2، AL2 O3)، ويستخدم لزيادة لزوجة سائل الحفر أو الطفلة وتقليل ترشح الماء وتمتاز هذه المادة بقابلية التميئو[7].

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 [7].

4. النشاء (Starch): وصيغته الكيميائية (C6 H10 O5)n وهو مادة مقللة لترشح السوائل وخاصة في الطبقات ذات المياه المالحة والمشبعة [7].

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[7].

6. الصودا الكاوية (Cousticpotash): هي مادة صيغتها الكيميائية Na OH حيث تقوم هذه المادة بالسيطرة على قاعدية سائل الحفر وتمنع تجمع الجزئيات ومنع تفسخ المواد المكونة لبقية المواد المستعملة [7].

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 الهيروكربونيةC14 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].

I.5.5. 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'argile) بنسبة تتراوح من 30 إلى 70 غ التر.

(Attapulgite) Colloidesmineraox.3

(Amidon) Colloïdes Organiques.4

5. سوائل معدنية وعضوية (الجير_ والصودا) [8].

I.6.5. خصائص سائل الحفر:

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

الكثافة، اللزوجة، الترشيح، الحامضية، القاعدية.

1.الكثافة: وهي المسؤولة عن توليد الضغط الهيدوستاتيكي لسوائل الحفر على الطبقات المختلفة للحفاظ على موازنة الضغوط المكمنية مع ضغط سائل الحفر ويجب أن يكون الفرق بين الضغطين يساوي الصفر حتى نتفادى تسرب الموائع وفقدان السائل [9].

2. اللزوجة: وهي 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.

3. الترشيح (Filhation): وهو المسؤول 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 [9].

4. القوة الجيلاتينية: هي قوة تجاذب جزيئات السائل عندما يكون في حالة سكون وأن القوة الجيلاتينية ضرورية في طين الحفر للحفاظ على المواد الصلبة معلقة أثناء توقف تدوير.

5. الحامضية PH:يعبر عنها بدرجة تركيز أيون الهيدروجين الموجب (H^+) في السوائل المائية وتتراوح قيمة ال PH من (0 إلى 14) حيث تعتبر القيمة (7) محيط متعادل والقيم (0 إلى 7) محيط حامضي والقيم (7 إلى 14) محيط قاعدي.

إن قلت الـPH لسوائل الحفر تؤدي إلى ازدياد الحامضية وبالتالي تأكل وتلف خيط الحفر والمعدات التي تمر من خلالها هذه السوائل وزيادة تلوث سائل الحفر، كما تؤثر على قابلية ذوبان معظم المواد العضوية المخفضة للزوجة وتساعد على انتشار المواد الطينية أما زيادتها فتعمل على التأثير على البوليمترات واختلال وظائفها في سوائل الحفر، إن قيمة ال PH المناسبة لسوائل الحفر تتراوح بين (8.5 إلى 12.5)[9].

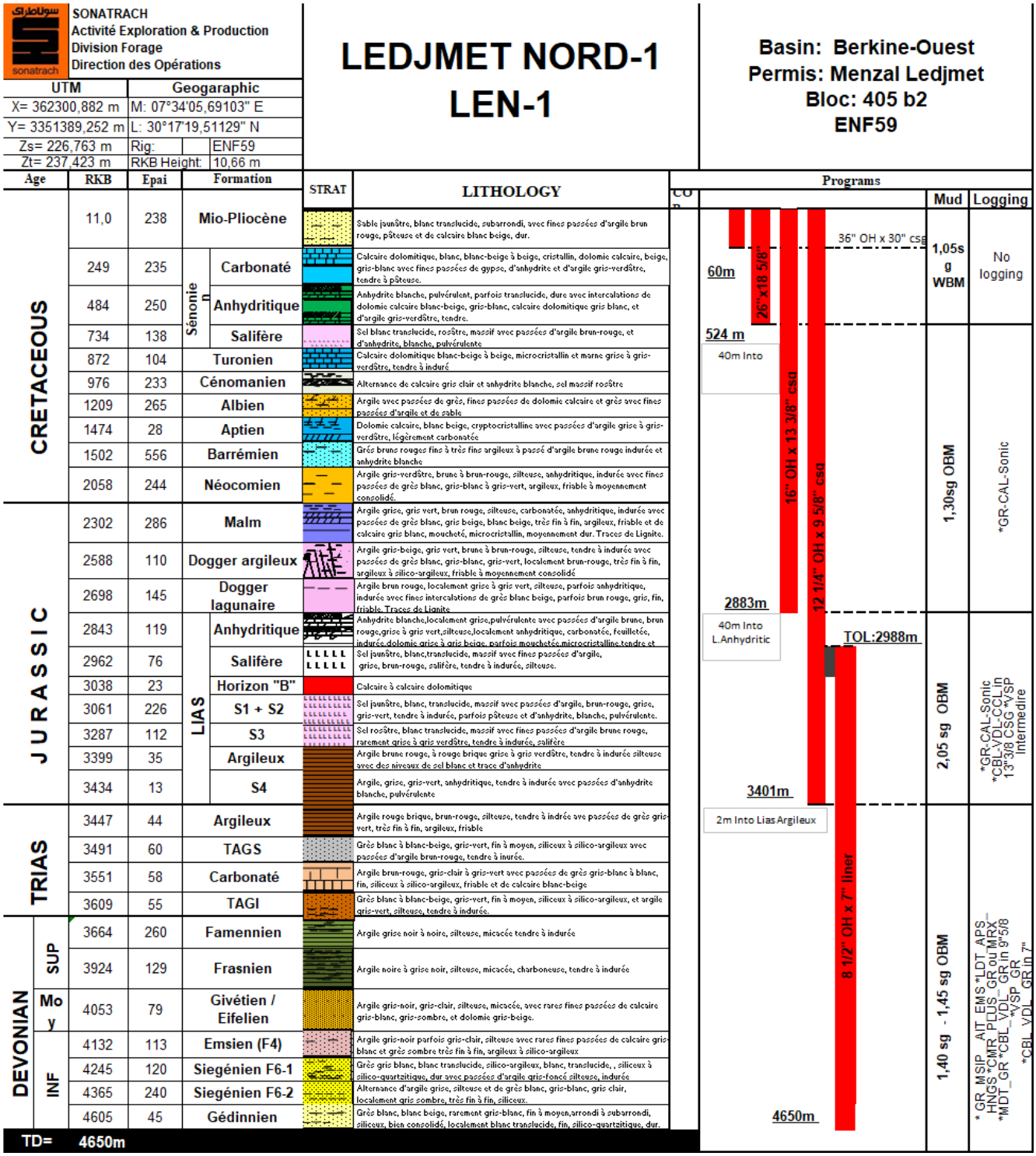
6. القاعدية Alkalinity: إن السيطرة على القاعدية والمحافظة عليها بالمستوى المطلوب يساعد بالحصول على طين جيد مسيطر عليه من كافة الجوانب، ويمكن تعريف القاعدية بأنها تركيز أيونات الهيدروكسيل فكلما ازداد أيون الهيدروكسيل يكون الطين جيدًا ومقاوم لجميع التلوثات التي تحدث له مثل دخول الكربونات أو غاز ثاني أكسيد الكربون أو الاسمنت[9].

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

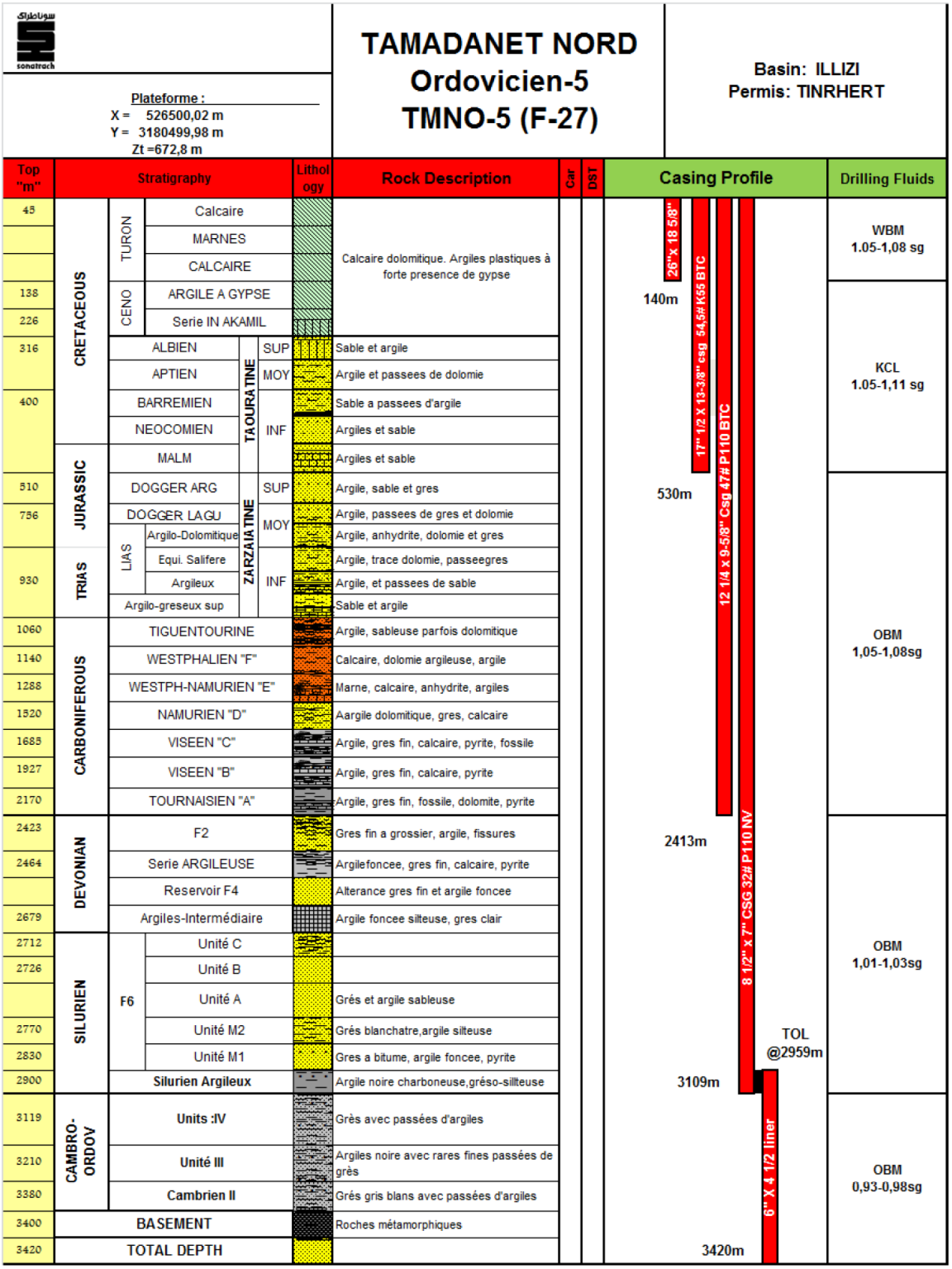
إن الرمال المستخرجة من آبار البترول جراء عملية الحفر تعتبر كمية كبيرة لا يستهان بها من ناحية الحجم ولكن يبقى المشكل الوحيد هو في تلوث هذه الرمال بواسطة سائل الحفر الذي يساعدنا في عملية الحفر واستخراج الرمال والجدول الآتي يبين حجم هذه الرمال المستخرجة من بئر واحد فقط.

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

المرحلة	القطر(إنش)	العمق (بالمتر)	الحجم ($م^3$)
01	30	0 إلى 60 م	27.35 m^3
02	26	60 إلى 524 = 464 م	158.85 m^3
03	16	524 إلى 2883 = 2359 م	305.85 m^3
04	12 1/4	2883 إلى 3401 = 518 م	39.37 m^3
05	8 1/2	3401 إلى 4650 = 1249 م	45.70 m^3
			577.12 × 02
			1154.24M^3



الشكل 3.I: نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة جنوب بركين.



الشكل I.4: نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة اليزي.

I.7. أنواع المعالجات:

I.7.1.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 [10].

I.7.2. 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 [8].

I.7.3.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.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[8].

9.I. 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 [11].

1.9.I.المعالجة الكيمائية غير المتصلة (التصلب-الاستقرار):

المعالجة بالطريقة الكيميائية هي وسيلة تستخدم في كثير من الأحيان لعلاج النفايات الملوثة وإدارتها وإعادة استخدامها، حيث تتم هذه العملية بدمج هذه الرمال الملوثة مع الخرسانة التي بها إسمنت بورتلندي والماء وبعض المواد المضافة مثل سيليلكات الصوديوم حيث يتفاعل الإسمنت مع الماء كيميائيا في المواد المعالجة ويكون الإسمنت هو المسؤول عن التصلب وكذلك مادة سيليلكات الصوديوم التي تعمل على الإحاطة وحصر هذه النفايات الهيدروكربونية داخل هذا التصلب أو المكعبات الخرسانية محدثة بذلك استقرار في هذه المكونات الخطيرة ومنعها من الانتقال إلى البيئة ولكن بالرغم من هذا فإن هذه المعالجة تبقى غير كافية لأن الخرسانة لها عمر وعندما ينتهي عمرها يعود التلوث من جديد إلى البيئة [8].

2.9.I.المعالجة الحرارية:

هذه العملية هي أكثر فعالية مقارنة بالمعالجة الكيميائية لأنها تقضي على التلوث بنسبة تفوق 99% ولا يبقى من التلوث إلا أقل من 01% ويصل إلى غاية 0.3% من مادة الغازوال وهذه العملية تكون بتمرير كمية من الرمال الملوثة بحجم واحد متر مكعب عبر قناة لولبية تتحرك بسرعة معتدلة داخل الفرن درجة حرارته تتراوح بين 350 و500 د.م من أجل تسخين هذا الرمل في مدة 40 إلى 45 دقيقة، تقوم المعالجة الحرارية بفصل الرمال عن التلوث المتمثل في مادة الغازوال والماء والغازات ونتحصل على رمال كما قلنا معالجة بنسبة تفوق 99% وهذه النسبة مقبولة عالميًا، ولكن يبقى هناك نسبة قليلة من المواد الغير عضوية مثل المعادن الثقيلة والأملاح وهذه النقطة السوداء الوحيدة بالنسبة للمعالجة الحرارية [11].

10.I. نتائج تحليل التربة المعالجة حراريًا[11]:

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

الجدول 2.I: نتائج تحليل التربة المعالجة حراريا من طرف شركة MI-SWACO.

Echantillons	Métaux lourd: concentration (en mg/ kg)				
	Plomb الرصاص	Cuivre النحاس	Cadmium (cd)	Zinc الزنك	Mangnése المانغنيز (Mn)
Cutting Non Troités	380	00	2.00	275.00	30.00
Cutting Troités	326	0.40	3.00	395.00	40.00

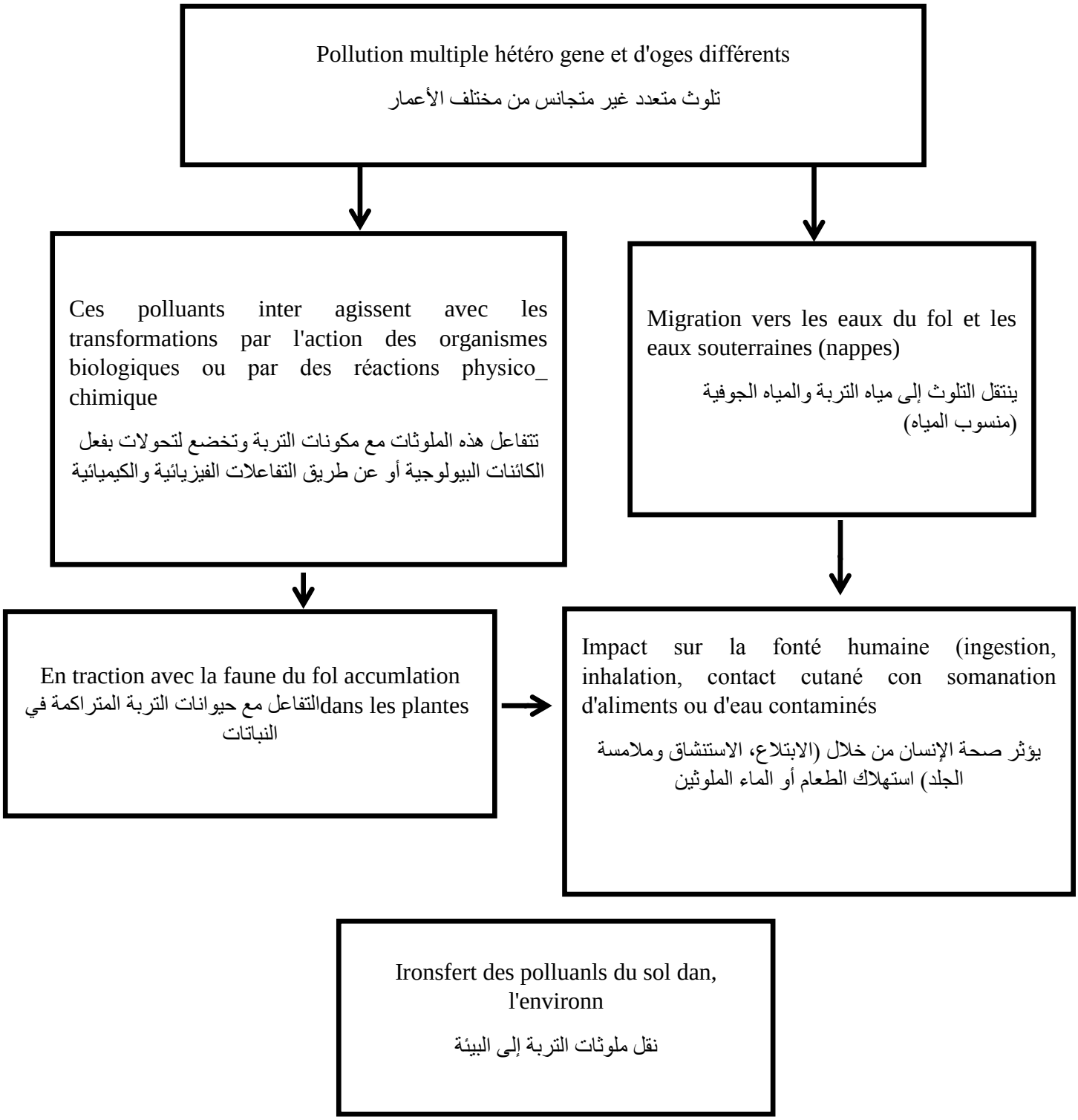
11.I. التأثيرات والأضرار على البيئة والإنسان:

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 (Bour bié) [3] [12] .

الشكل 5.I: صورة المستنقع قبل عملية الحفر.

الشكل 6.I: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 [3].



الشكل I.7: بين كيفية انتقال التلوث الى التربة

خلاصة:

هناك العديد من الرمال المتواجدة في الطبيعة وهي مقسمة إلى قسمين كبيرين:

طبيعة عادية وطبيعة غير عادية حيث تختلف خصائصها حسب المصدر من ناحية وحسب الحاجة إليها من ناحية أخرى.

تتواجد الرمال بأشكال هندسية 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 بديل لهذه الرمال وذلك للحفاظ على البيئة والتشجيع لاستعمال رمال بديلة عنها، ويمكن أن تكون رمال حفر آبار البترول المعالجة بديل جيد وجديد.

الفصل الثاني:
تركيبة خرسانة الرمل

1.II. المدخل:

تعتبر كمية الرمال المتراكمة داخل حقول النفط في جنوب الوطن (حقل حاسي مسعود) جراء عملية حفر آبار البترول، مادة تدعوا إلى التساؤل في إمكانية استعمالها واستغلالها في مكونات مركبات 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 أقل للإسمنت علاوة على مجال استعمالها[13].

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] وقد يغنيها هذا الرمل المجاني عن اقتناء رمال أخرى من مكان بعيد وبأسعار باهظة في حين أن استعمال خرسانة رمل يمكن تتميز خصائصها الفيزيائية أكثر بواسطة التصحيح الحبيبي لها وذلك بإضافة نسبة من رمل المنطقة المجاور لهذه الآبار والتي طبيعتها كثبان (Sable dune) ويكمن هذا التثمين بمزج خرسانة الرمل المتكونة من نوعان من الرمل رمل الآبار ورمل الكثبان المجاور لها بنسب متفاوتة قصد التصحيح الحبيبي الأمثل، حيث تم التطرق في هذه الدراسة إلى العديد من التركيبات لخرسانة 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 لنوعا الرمل تكمن في معرفة أي من التركيبة الأمثل التي تندرج في مجال التدرج الجيبي 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.

الشكل II. 1: منارة بور سعيد [13].

وقد نقل POITEVIN تقنيته إلى الولايات المتحدة الأمريكية حيث أنجز بين سنتي 1871 و 1872 جسر بخرسانة الرمل ببر وكلين [14].

وخلال عشرية 1970 - 1980 قلصت السلطات العمومية الفرنسية من رخص استغلال مواقع استخراج الحصى في مجاري الأنهار و بسبب مشاكل بيئية عويصة ناتجة عن استخراج الحصى و كذلك لأن رمل المحاجر موجود بكميات كبيرة وزائدة عن الحاجة، لهذا ظهرت الحاجة لخرسانة تقلص من استعمال الحصى وتستهلك الكميات الزائدة من الرمل ألا وهي خرسانة الرمل التي لها بعض الخصائص المماثلة للخرسانة التقليدية [14]

وفي نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بدأ ظهور الخرسانة التي تستعمل الحصى ذو الحجم الكبير مما أعطى نتائج مقاومة عالية تصل حتى 20MPa. ومنذ ذلك الحين تلاشى استعمال خرسانة الرمل تاركا مكانه للخرسانة الجديدة ذات المقاومة العالية المعروفة إلى أيامنا هذه.

وبالرغم من مرور مدة زمنية طويلة على إنجاز منشآت بخرسانة الرمل إلا أنها مازالت على قيد الاستخدام شاهدة على مدى صمود هذه الخرسانة.

3.II.استعمالات خرسانة الرمل في العالم:

عند البحث على تاريخ خرسانة الرمل نجدها قد استعملت في العديد من المناطق في العالم التي نذكر منها : الاتحاد السوفياتي سابقا وفرنسا والشمال الإفريقي والخليج العربي.

1.3.II. الإتحاد السوفياتي:

إن دول الاتحاد السوفيتي هي أول من 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 قام NICOLAS DE ROCHEFIELD سنة 1918 بتجربة سحق خليط من الرمل والكلينكر بنسبة متساوية و بعد 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 و 3/1 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 (**I .2**) توضح ميترو الأنفاق (Saint-Pétersbourg) الذي استعمل فيه طبقة رقيقة من خرسانة الرمل مسبقة الصنع.

الشكل II. 2: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 و الطرق السيارة.
- العمارات و الأسقف المثنية وعدة عناصر ذات التصنيع المسبق (Préfabriqué)
- الأنفاق و المترو.
- أشغال ترميم المنشآت الفنية.
- ستار منجز بقالب انزلاقي (Coffrage glissant) على مساحة كبيرة .
- سد آبار النفط المستنفذة.

II.2.3. 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[14].

II.3.3. 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 [14].

II.4.3. خرسانة الرمل في الشمال الإفريقي:

في الجزائر قدر الطلب على الحصباء خاصة من قطاع الأشغال العمومية و البناء سنة 2002 بـ 80 مليون m^3 أمام عرض قدر بـ 30 مليون متر مكعب وذلك من أجل إنجاز مشروع الطريق السيار شرق غرب، وطريق الهضاب العليا و ترميم 10000 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 **[14]**.

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 و رمل الكثبان (Sable de dune) الموجود في الصحراء، والذي بدوره يشكل مشكل بيئي متمثل في التصحر وغير ذلك وحيث أنه توجد ندرة في الحصى و طالما أن الدراسات أثبتت أن خرسانة الرمل المسلحة لها خصائص مماثلة للخرسانة المسلحة التقليدية.

أثبتت الدراسات التجريبية و النظرية التي تمت تحت إشراف منصوري **[14]** 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، و بينت الدراسات أن الخصائص الميكانيكية للعوارض المصنوعة بخرسانة الرمل في نفس المستوى مثل العوارض المصنوعة بالخرسانة العادية.نظرا لانطلاق مشاريع تجديد و توسيع 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 **[14]**. والصورة (3.II) توضح العوارض بخرسانة الرمل لمصنع بني صاف.

الشكل II. 3:العوارض بخرسانة الرمل مصنع بني صاف [14].

4.II.مكونات وصياغة خرسانة الرمل:

1.4.II. مدخل:

الخرسانة 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:

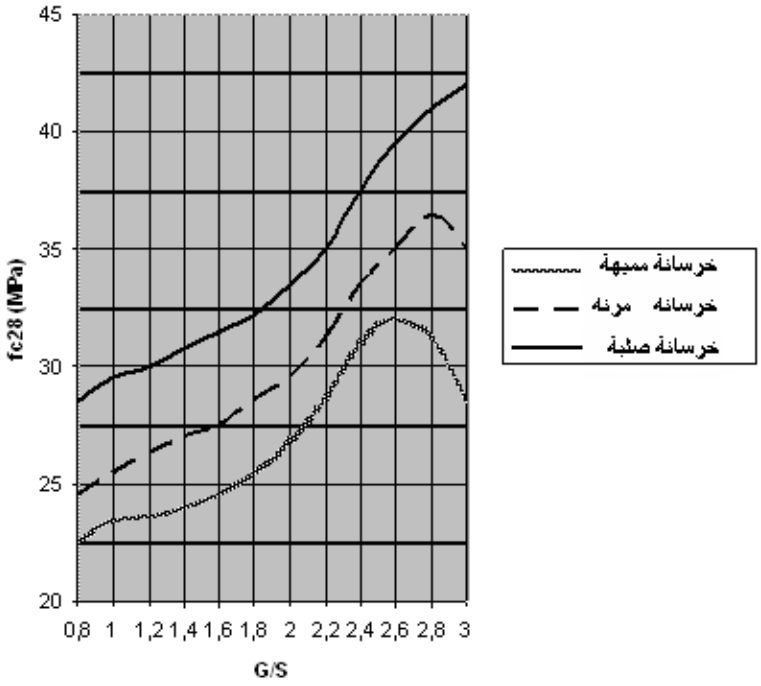
ان الاختلافالرئيسبينخرسانةالرملوالخرسانةالكلاسيكيةيكمنفياختلافالتركيبالحبيبي إذ ان خرسانة الرمل يجب ان لا يتعد فيها قطر الحبيبات 5 ملم (d≤5 ملم) كما يجب ان لا تتعد النسبة $\frac{G}{S}$ واحد. على عكس الخرسانة العادية التي تستخدم حبيبات من نوع 15/0 و 25/0 وكمية أسمنت تقدر من 250 الى 400 كغ لكل متر مكعب من الخرسانة مع أن النسبة $\frac{G}{S}$ محصورة عموما حسب DREUX بين 2.2 الى 2.8 بالنسبة للخرسانة العادية [14].

$$2 \le \frac{G}{S} \le 2.8 \qquad \text{..... (2.1)}$$

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 $c = \frac{v_s}{v_t}$.

والتي هي من أهم خواص خرسانة الرمل إذ تتعلق مباشرة بالمقاومة .إن مبدأ تحسين التراصية من وجهة نظر التركيب الحبي 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)**.[14]** و الشكل II.4 يوضح تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة**:**



الشكل II. 4:تأثير النسبة $\frac{G}{S}$ على خصائص الخرسانة **[15]**

لكننا إذا كنا نبحث عن قيمة قطر صغيرة للحبيبات (أقل من 16 مم)، ففي هذه الحالة ومن أجل الحفاظ على تراصية عظمى، فإنه يجب الزيادة في تركيز المواد الدقيقة (الاسمنت). وهذا ما يترجم بعلاقة CHAUVIN التي تنص على مقدار الدقائق معطى حسب استعمال الخرسانة [15]:

$$c = \frac{550}{\sqrt[5]{D}} \quad \text{.....} \quad (2.2)$$

$$c = \frac{700}{\sqrt[5]{D}} \quad \text{.....} \quad (2.3)$$

من أجل حساب المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D فان الجدول (**2.II**) يوضح ذلك .

الجدول 1.II: يعطي المقدار الأدنى من الإسمنت بدلالة D **[14].**

النوع	القطر الأعظمي للرمل 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

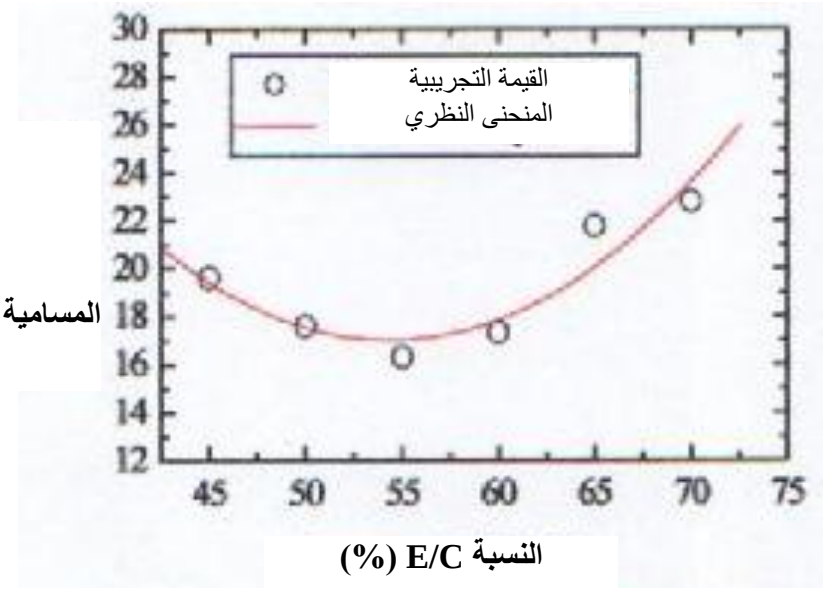
في حالة خرسانة الرمل يحدد امتداد التدرج الحبيبي من الأعلى بـ 5 مم مع غياب الحبيبات الكبيرة. لذلك يظهر جليا أن الخليط (إسمنت + رمل) يعطي مسامية كبيرة مقارنة بالخرسانة العادية، مما يستدعي إدخال إضافات (Filler) لغرض إغلاق المسامات التي تنتج عن الرمل، وبعدها نقوم بضمان صلابة الخليط وذلك بإضافة الاسمنت بتركيز يتوافق مع الخرسانة العادية و للمعامل E/C تأثير مهم على المسامية لذا تجب العناية به.

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

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

قبل الحديث على تأثير النسبة E/C على المسامية يجب معرفة مفهوم المسامية إذ أنها تعرف **[16]** بالنسبة الحجمية بين حجم الفراغات Vv على الحجم الكلي Vt ونكتب $n = \frac{v_v}{v_t}$.

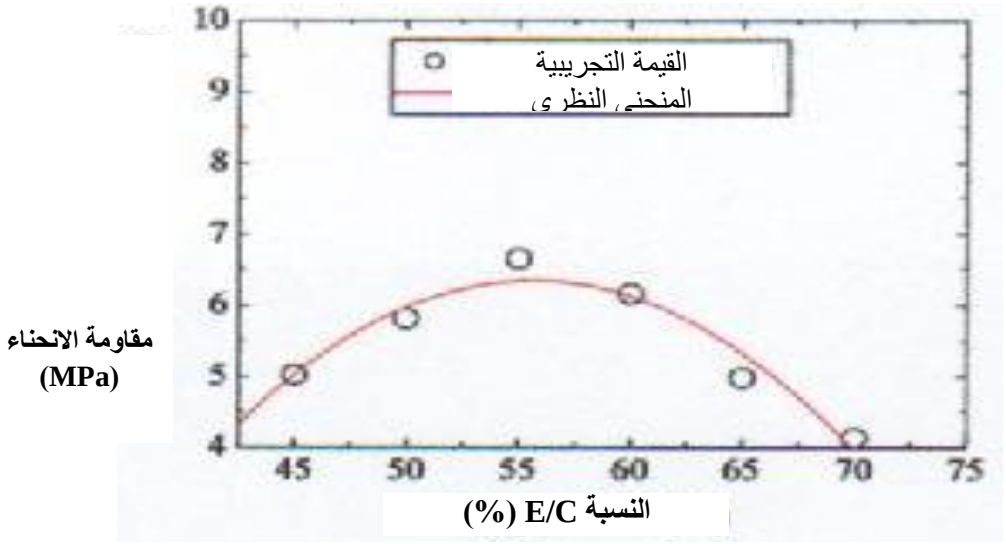
إن النسبة E/C لها تأثير كبيرة على خصائص الخرسانة، ومن ذلك تأثيرها المباشر على المسامية كما أكد هذا السيد: LOGBI ABDELAZIZ **[17]**،ونذكر مثال على ذلك الدراسة التي قام بها LAYCHIGUELMINE **[18]**والتي تبين أن المسامية تبلغ قيمتها المثلى (الدنيا) عند النسبة E/C تساوي 0.55، والتي تكون فيها نسبة الماء وتركيز 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:



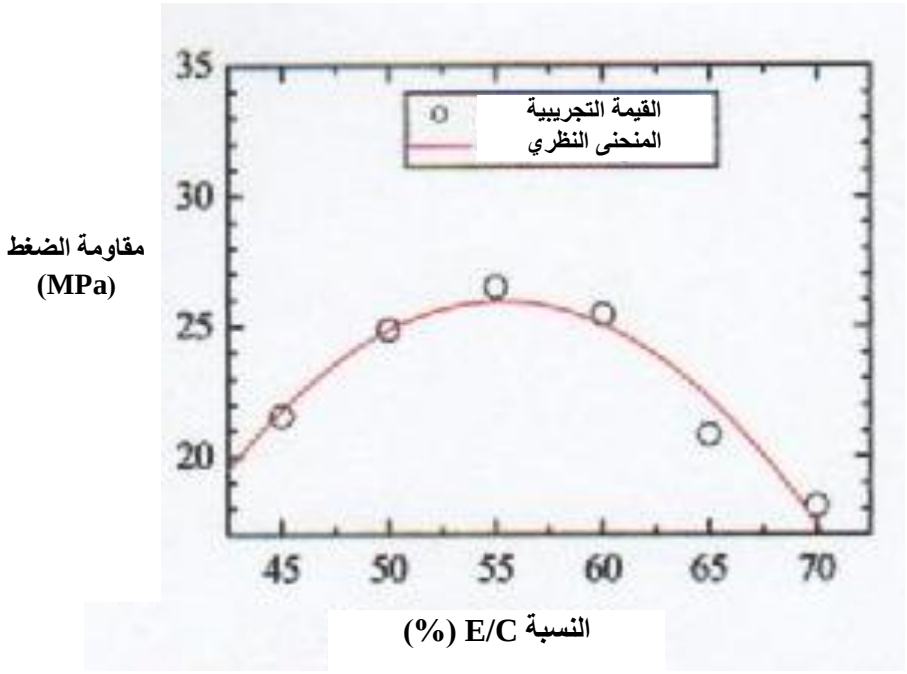
الشكل II.5:تأثير النسبةE/C على المسامية **[18].**

2. 2.2.4.II 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 6.II:تأثير النسبةE/C على مقاومة الانحناء **[18].**



الشكل 7.II: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]**.

II.5. مكونات خرسانة الرمل:

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

II.5.1 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 **[14]** لأن تركيز الاسمنت متعلق بقطر الحبيبات.

II.5.2 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. **[20،21]**.

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 استقراريه مرضية **[21]**.

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

- تجربة التدرج الحبيبي التي أعطت النتائج التالية **[21]**:

II.5.3 الماء:

كغيره من مركبات الخلطة الخرسانية، يجب أن يتوفر في الماء شرط النقاوة. 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 إنحلالية 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.

II.4.5. 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.

II.1.4.5. 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[15].

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 **[14]**.

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:

تعتمد عملية تركيب الخرسانة أساس على اختيار المواد اللازمة ومحاولة تنسيقها 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.

II.1.6. مبدأ صياغة خرسانة الرمل:

بخلاف الملاط، تحتوي خرسانة الرمل على تركيز للإسمنت يقارب التركيز الموجود في الخرسانة العادية (من 300 إلى 400 kg/cm^3). 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**[13]**.

II.2.6. بعض طرق صياغة خرسانة الرمل:

إن الهدف من صياغة خرسانة الرمل هو إيجاد نسب مختلف المركبات التي تدخل في الخلطات، من أجل الحصول على خرسانة ذات هيكل حصوي أمثل يتجاوب مع المعايير التقنية والاقتصادية. 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 :

$$V = V_0 (d / D_{max})^{1/5} \quad \text{..... .... } (2.4)$$

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[14].

وفي ما يلي سنعطي طريقة حساب كل تركيز:

<u>* تركيز الدقائق في خرسانة الرمل:</u>

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 :

$$Ps = V = 0.75\,(0.08 / D_{max})^{1/5} \quad (2.5)$$

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[14].

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

$$[Fines] = 0.38(0.08/ D_{max})^{0.2} \quad (2.6)$$

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[13].

*** تركيز الماء في خرسانة الرمل:**

وبعد القيام بتحسين الهيكل الحبيبي، والخلوص إلى أن تراصية جيدة تقود إلى مسامية ضعيفة حيث لا يأتي 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[13]:

$$(e+v)_{\min} = 0.8(d / D_{\max})^{1/5} \quad \ldots\ldots (2.7)$$

e : مجموع حجم الماء.

v : مجموع حجم الفراغات.

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

$$d = (60 /(f))\, mm \times \rho \quad \ldots\ldots (2.8)$$

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 % :

$$[V_{vide}] = k[V_{eau}] \quad \ldots\ldots (2.9)$$

حيث :

k : ثابت محصور بين 0.2 و 0.25[14].

*** 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 :

$$[V_{sable}] = 1000 - [V_{fines}] - [V_{eau}] - [V_{vide}] (l/m^3) \quad \ldots\ldots (2.10)$$

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. [14]

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 للإسمنت. 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[14].

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

مختلف مراحل الصياغة:

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 للإسمنت في المتر المكعب للخرسانة وذلك حسب نوع المنشأة المراد بنائها ودرجة خطورة الوسط، ولهذا سنعمل على مدى هذه الدراسة بتركيز ثابت للإسمنت C (Kg/m^3) [14].

*** 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 [13].

*** 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:

$$V_{air} + V_C + V_E + V_{adj} + V_{sable} = 1000 \quad \text{.....} \quad \text{.....} \quad \text{.....} \quad (2.11) \quad \text{(باللتر)}$$

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:

$$S_i = S_{i-1} - (MVAT_{i-1} - MVAR_{i-1}) \pm V \times MV_{sable} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \ldots\ldots\ldots \quad \ldots\ldots (2.12)$$

حيث يمثل MVAT و MVAR كل من الكتلة الحجمية الظاهرية النظرية والكتلة الحجمية الظاهرية الحقيقية على الترتيب[13].

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. [14]

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[14]:

$$S_i = S_{i-1} - (MVAT_{i-1} - MVAR_{i-1}) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \ldots\ldots\ldots \quad \ldots\ldots\ldots (2.13)$$

ويوضح الجدول (**6.II**) بعض الأمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل. **[24]**.

الجدول II.2: 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 (**3.II**) **[25]**:

الجدول 3.II: أمثلة لتراكيب مختلفة لخرسانة الرمل قام بها بعض المغاربة **[25]**.

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 بالجدول**4.II.**

الجدول 4.II: يوضح التدرج الحبيبي للرمل المستعمل في تركيبات خرسانة رمل بعض المغاربة **[25]:**

	>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 **[14]**، بعد إجراء تجارب على خرسانة، إلى علاقة رياضية بين المسامية، داخل كومة حبيبية، تتميز بقطر d للعناصر الدقيقة وقطر D للعناصر الكبيرة (أنظر العلاقة (2.14)):

$$P = P_0(d/D)^{0.2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.14)$$

P_0: ثابت تجريبي.

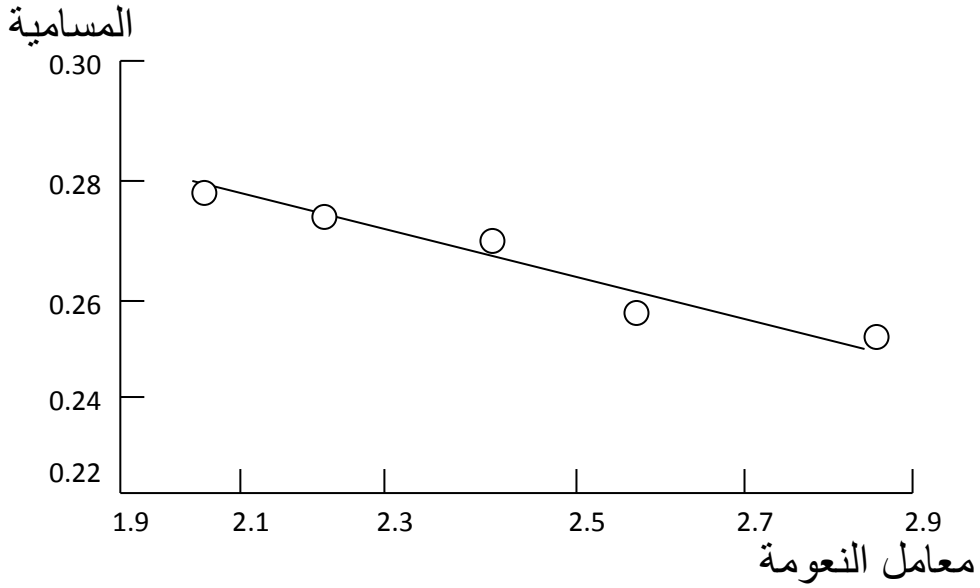
d : قطر العناصر الدقيقة.

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.

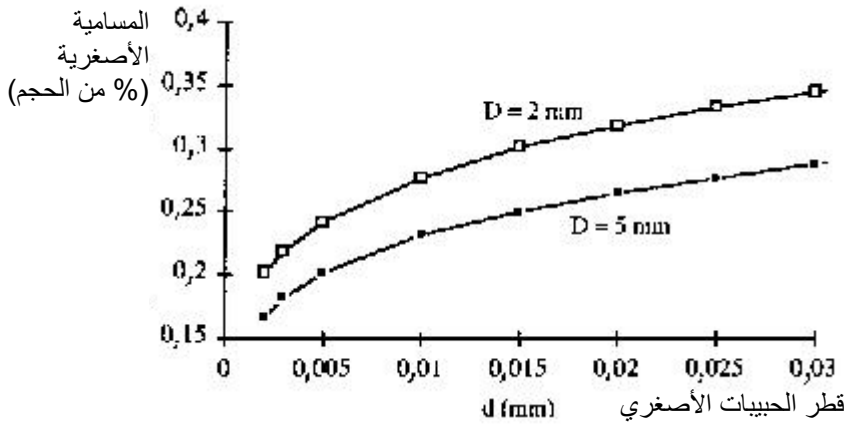
من المعلوم أن قطر الحبيبات في خرسانة الرمل يكون D ≤ 5 مم ، لذلك فإنه من الواضح أن الخليط، رمل – اسمنت، يكون ذات مسامية عالية مقارنة بخرسانة عادية. حيث تسبب الزيادة في السطوح النوعية في خرسانة الرمل إلى الزيادة في المسامية، أي أنه كلما زاد معامل النعومة (Module de finesse) كلما نقصت المسامية (أنظر الشكل**8.II**) 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**[14,15]**.والمنحنى التالي يوضح تغير المسامية بدلالة معامل النعومة :



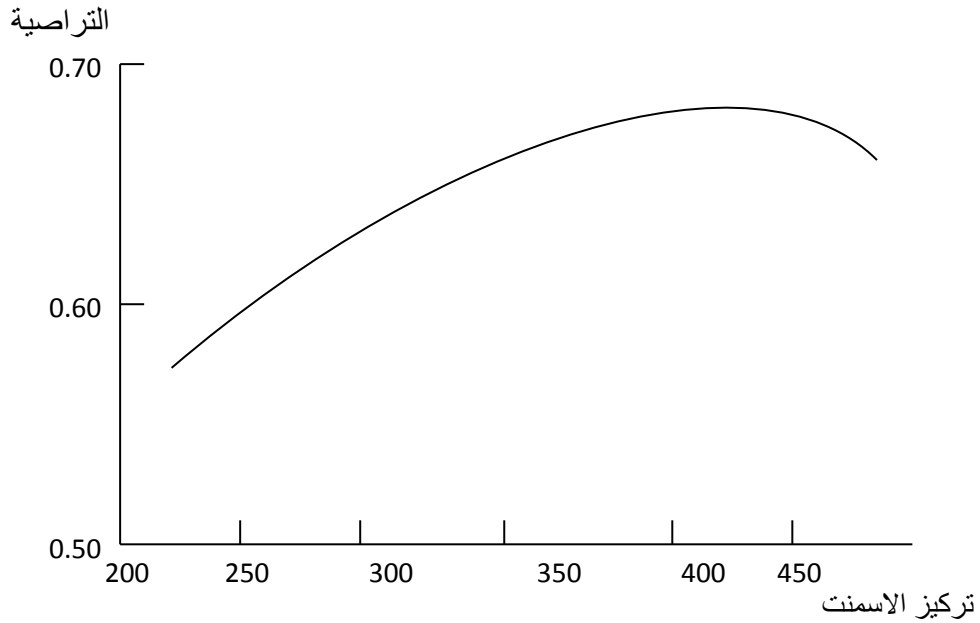
الشكل 8.II: تأثر المسامية بمعامل النعومة [15].

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.9: تأثير بعد الحبيبات ألأصغري d على مسامية الخرسانة باستعمال حجمين مختلفين D من الرمل **[13].**

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



الشكل II.10: التراصية بدلالة تركيز الاسمنت[25]

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 5.II: التراصيه العظمى بدلالة **Dmax**[25].

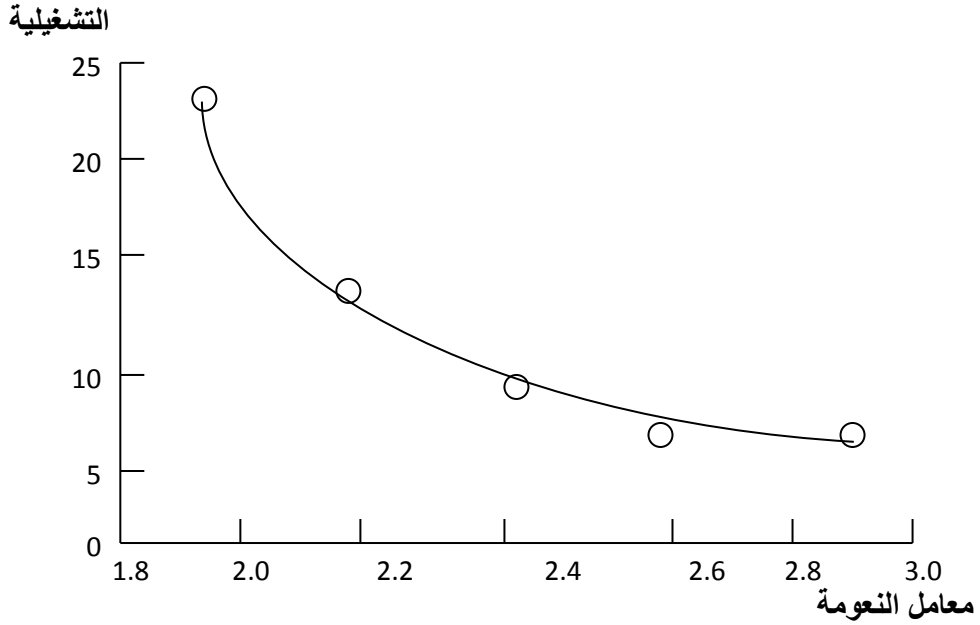
القطر الأعظمي	Dmax = 5mm	Dmax = 12.5mm	Dmax = 20mm
التراصيه	0.75	0.79	0.805

2.1.7.II. التشغيلية Maniabilité :

تعتبر التشغيلية أحد الخصائص الفيزيائية النوعية للخرسانة ، وذلك إذا أهملنا شروط الاستعمال الخاصة **[26]**. وتنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتتأثر بمقدار سيولة العجينة**[24]** 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 و التشغيلية في الشكل**[15]** .



الشكل 11.II:التشغيلية بدلالة النعومة، تأثير مقدار الدقائق[13]

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. **[24]**

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 [28] التي أجراها على أربعة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**10.II**).

الجدول 6.II: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[27] التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**11.II**) .

الجدول 7.II:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتGUENOUN لخرسانة الرمل[27].

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 [25] التي أجرتها على ثلاث أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**12.II**)

الجدول 8.II:نتائج مقاومة الضغط لبعض تركيباتKETTAB[25] 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 (**13.II**)[28] :

الجدول 9.II:نتائج مقاومة **الشد** لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH [28].

	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 [29] التي أجراها على ستة أنواع من الخرسانة فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(**14 .II**).

الجدول 10.II:نتائج مقاومة **الشد** لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال GUENOUN [29].

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 **[26]**:

$$E = \frac{\sigma_{cj}}{\varepsilon} \quad \text{.....} \quad \text{.....} \quad \text{.....} \quad \text{.....} \quad \text{.....} \quad (2.15)$$

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. 15**)

الجدول II.11: نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال [14].

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 .13**:

الجدول II.12:نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH [28].

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 .13**

الجدول II.13: نتائج معامل المرونة لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال BATATA و NAFA[30].

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 . الانكماش Le retrait :

تتعرض الخرسانة و الملاط إلى تغيرات مهمة في الحجم بتغير كمية الماء الداخلة في التركيبة أو رطوبة المحيط او الحرارة هذا التغير في الحجم يصطلح عليه بالانكماش وهو عدة أنواع بحسب المسبب ووقت الحدوث بالنسبة للتصلب.

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

1-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 **[31]**.

2-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 **[30]** .

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 **[32]** .

3-**انكماش الجفاف** :

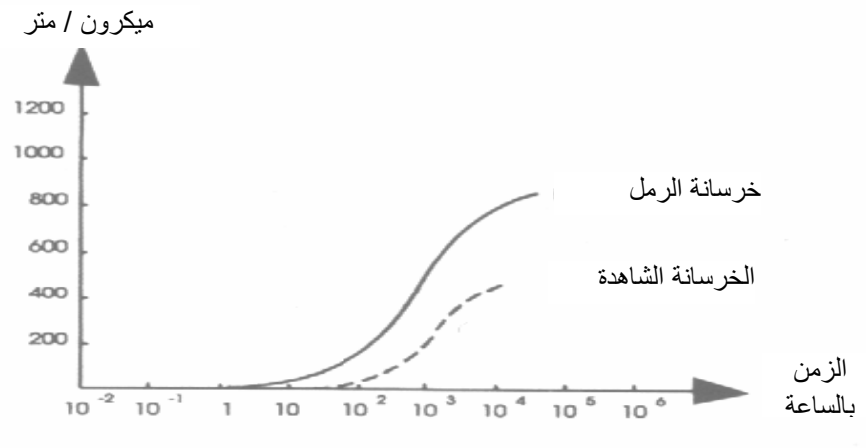
وينجم هذا النوع من الانكماش بسبب ظاهرة خروج الماء إلى المحيط الخارجي نتيجة قوى الشد الداخلية والخاصية الشعرية، وهو غير منتظم في كل العينة إذ أن الجوانب تكون أسرع تأثرا بهذا النوع من الانكماش من داخلها. ويتحكم حجم العينة في سرعة هذه الظاهرة **[20]**.

والجدول (**15.II**) يلخص أهم أنواع الانكماش **[33] :**

الجدول II.14: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) (بعد التصلب)	ناجم عن نقص الحجم الذي يسببه خروج الماء بالخاصية الشعرية وتصلب العجينة التي تنتج قوى شد	يزداد الانكماش بازدياد نعومة وتركيز الاسمنت	يجب المحافظة على 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 12.II: الانكماش الكلي. [13]

هذه النظرة قد دعمت من طرف بعض الباحثين على غرار: MEROUANI.Z و BATATA.A **[30]**، الذين وجدوا في بعض دراساتهم التجريبية أن القيمة النهائية للانكماش لخرسانة رمل الكثبان ذات التركيبة :

$$C = 330\ Kg/m^3\ ,\ S = 1530\ Kg/m^3\ ,\ E = 260\ l/m^3$$

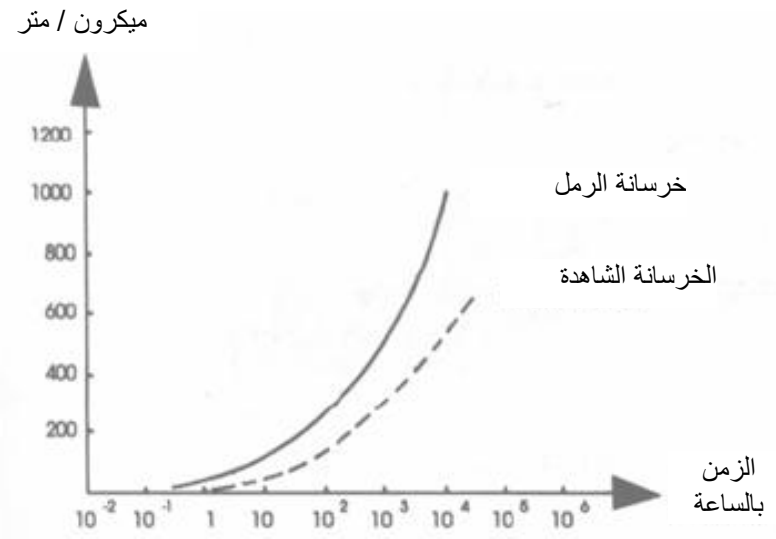
بأن قيمة الانكماش كانت كبيرة حيث بلغت قيمة 1.5 مم/م مقارنة بالقواعد التي تنص عليها قوانين الخرسانة العادية التي يجب أن لا تتعدى فيها قيمة الانكماش 0.3 إلى 0.5 مم/م.

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.

4.2.7.II 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).



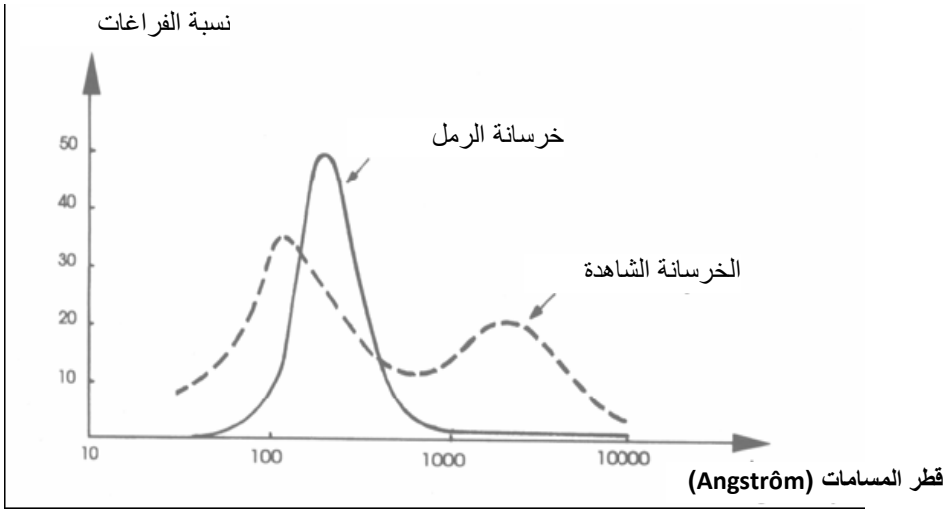
الشكل II.13: الزحف الكلي**[13]**

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.14: منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات [13]

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

II.6.2.7 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).

II.7.2.7 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 المنشآت 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 .

II.8. مزايا وميادين 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 :

II.1.8. التشغيلية L'ouvrabilité :

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

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

- خرسانة الرمل تضمن تغليفا جيدا لحديد التسليح و لو كان التسليح كثيفا جدا أو معقدا. أو كان الرج (Vibration) مستحيلا .

- مسافة ضخ عالية (Pompabilité)

II.2.8. نوعية المظهر Qualité d'aspect:

نتيجة لسهولة استعمالها و تركيبها الحبي الصغير يمكننا أن نحصل بواسطة خرسانة الرمل على فعل معماري (Effets architectoral) متنوع و مدهش و فتان :

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

II.3.8. التجانس و التماسك Homogénéité-Cohésion:

الخلطة و التركيب الحبيبي يعطي خرسانة الرمل تجانسا ومتماسك السطوح و جوانب الخرسانة الظاهرة مرضية جدا سواء بلون الرمل أو بإضافة ملونات للحصول على ألوان أكثر ،هذه الخصائص مهمة جدا للعناصر المعمارية و الحدائق.

II.4.8. مصدر محلي للمواد الأولية:

- الرمل الفائض:

أيا كانت مصادر هذا الفائض (رمل طبيعي مثل الكثبان أو مكسر) فإن استعماله الأمثل 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 معوضة للخرسانة التقليدية تكمن في التحكم في التطبيقات الواسعة و المتنوعة 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. [32]

((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 سيباو المتواجد 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.

- خفض ثمن التكلفة:

نظرا لخصائص خرسانة الرمل يمكن خفض التكلفة عن طريق:

- اقتصاد في المادة .
- ربح في إنتاجية الورشة و زيادة في الفاعلية و سرعة 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 في مجال الانشاء قديم جدا.
2. أن نسبة G/S و E/C لها تأثير كبير ومباشر على خصائص خرسانة الرمل.
3. خرسانة الرمل لها مزايا تؤهلها أن تكون بديل ممتاز للخرسانة العادية.

الفصل الثالث:

خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

1.III. مدخل:

إن الخرسانة هي مركب مكون من عدة مواد(رمل، حصى، اسمنت، ماء، محسنات...إلخ)، ونظرا لعدم وجود صيغ عالمية موحدة فإن خرسانة الرمل هي محل أبحاث ودراسات تهدف مجملها إلى جعل هذه الأخيرة مادة صناعية عالمية.

2.III. خصائص المواد المستعملة:

ارتأينا في هذه الدراسة استعمال رمل آبار البترول الموجود بكثرة في حقول النفط جنوب الوطن (حاسي مسعود) في تحسين خصائص خرسانة الرمل مع إمكانية تحسين خصائص رمل الآبار بالرمل المتواجد في المنطقة وهي في الغالب رمل الكثبان وكذلك نستعمل اسمنت CRS (الاسمنت المقاوم للسلفات) لمنطقة بسكرة وذلك من أجل الحصول على صيغة لاستعمال رمل الآبار البترولية والرمل المجاور له (رمل الكثبان).

1.2.III. الرمل:

نحصل عليه نتيجة تفتت الصخور الطبيعية داخل الأرض بفعل عتاد الحفر وطمي الحفر وكذلك المعالجة الحرارية له فيما بعد ولتحضير الخرسانة يستعمل رمل الآبار ورمل الكثبان المجاور له واللذان يجب أن يكونا خاليين 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).[34]

كل أنواع الرمل يمكن استعمالها في خرسانة الرمل بشرط واحد من شأنها أن يقيد هذا الاستعمال ألا وهو النقاوة (La propreté).

في هذه الدراسة سنتناول رمل الآبار البترولية لمنطقة حاسي مسعود والرمل المجاور له (رمل الكثبان) لنفس المنطقة وكذلك الرمال الطبيعية التي سنستعملها كشاهد وهي رمال منطقة واد الرتم ومنطقة عسيلة التابعة لولاية الوادي وحاسي بحبح التابع ولاية ورقلة وسنعرض بعض نتائج التجارب المجرات بين كلا النوعين.

1.1.2.III. التحليل الكيميائي:

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

رمل الآبار البترولية	النسب المئوية للمكونات
%70.10	Insoluble
%3.91	Carbonates
%25.43	Sulfates

III.2.1.2. الكتلة الحجمية:

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة وهي معرفة بالقواعد NFP 18-301.[35]

a. الكتلة الحجمية الظاهرية (Masse Volumique Apparente):

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

$$P_{app} = \frac{M_T}{V_T} \quad (3.1)$$

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:

$$P_{ab} = \frac{M_s}{V_s} \quad (3.2)$$

Pab= الكتلة الحجمية المطلقة.

Ms= وزن الحبيبات الصلبة.

Vs= حجم الحبيبات الصلبة.

والجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها.

الجدول III.2: الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة لرمل الآبار البترولية ورمل الكثبان المجاور وبعض الرمال الطبيعية.

النوع	الكتلة الحجمية الظاهرية (kg/m^3)	الكتلة الحجمية المطلقة (kg/m^3)
رمل الآبار البترولية (100%)	1398.96	2051.71
رمل الكثبان المجاور (100%)	1540	2620
50% رملالآبار+50%الرمل المجاور	1518.13	2507.60
الرمل الطبيعي حاسي بحبح	1668	2608±5
الرمل الطبيعي واد الرتم	1585	2500
الرمل الطبيعي عسيلة	1582	2488

III.3.1.2. معامل امتصاص الماء (Coefficient d'absorption d'eau):

يعرف بواسطة القاعدة NFP 18-555[35]، هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات وهي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينة على الوزن الجاف وتعطى بالعلاقة.[36]

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

Ab= معامل امتصاص الماء (%).

Ma= كتلة العينة قبل التجفيف.

Ms= كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول إلى 105 °م وكانت النتائج كما يلي:

الجدول3.III: النسبة المئوية المعامل امتصاص الماء:

نوع الرمل	معامل امتصاص الماء (%Ab)
رمل الآبار البترولية	0.05
رمل الكثبان المجاور	0.091
الرمل الطبيعي حاسي بحبح	0.08
الرمل الطبيعي واد الرتم	0.171
الرمل الطبيعي عسيلة	0.082

نلاحظ أن قدرة إمتصاص حبيبات الرمال الطبيعية للماء ضعيفة ونلاحظ أيضا أن حبيبات رمل أبار البترول تمتاز بقدرة إمتصاص جد ضعيفة وبالتالي يمكننا القول أن هذه الأنواع من الرمال مقبولة.

III.4.1.2. المكافئ الرملي (Equivalent de Sable):

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

مبدأ التجربة:

يتضمن هذا الاختبار:

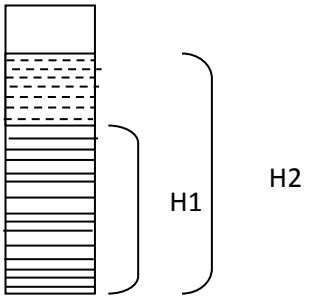
- غمس وزن محدد من الرمل في محلول floculant.
- بعدها نقوم بالإثارة والرج بواسطة الجهاز لمدة 30 ث.
- نقوم بتسوية العينة ثم نتركها لمدة 20 دقيقة .
- ثم نقيس ارتفاعات الرواسب .

*طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1) .

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

المكافئ الرملي يعطى عن طريق:

$$Es = \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.4)$$



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

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول التالي:

الجدول4.III: النسب المئوية للمكافئ الرملي (ES).

تركيبة الرمل	المكافئ الرملي (ES) %
رمل آبار البترول (SPP)	%80.5
رمل الكثبان (SD)	%98
(SD) %50 +(SPP) %50	%85.71
الرمل الطبيعي حاسي بحبح	83 %
الرمل الطبيعي واد الرتم	80.09 %
الرمل الطبيعي عسيلة	77 %

كل الاختبارات أعطت معامل ES> 80 ومع ذلك ، نلاحظ الغياب شبه التام للدقائق الطينية.[36]

5.1.2.III. التدرج الحبيبي (Analyse granulométrique):

يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغربلة بواسطة مجموعة من الغرابيل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسًا إلى الأعلى، هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة وتعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات.

NFP 18- 560. [40]

سندرس حالات من العينات ذات نسب مختلفة من كلا النوعين من الرمل المأخوذ من منطقة حاسي مسعود. وبعض الرمال الطبيعية من مناطق أخرى.

- العينة الأول: 100% رمل الآبار البترولية.
- العينة الثانية: 100% رمل الكثبان المجاور.

- العينة الثالثة: 50% رمل الآبار البترولية + 50% رمل الكثبان المجاور.
- العينة الرابعة: 100% رمل طبيعي لمنطقة واد الرتم.
- العينة الخامسة: 100% رمل طبيعي لمنطقة عسيلة.
- العينة السادسة : 100% رمل طبيعي لمنطقة حاسي بحبح ورقلة .

إن القاعدة تنص على أن الوزن الأصغر المستعمل في العينة يكون يحقق العلاقة التالية: [34]،[37]

$$M \geq 0.2Dmax \qquad (3.4)$$

حيث:

M= وزن العينة ب كلغ

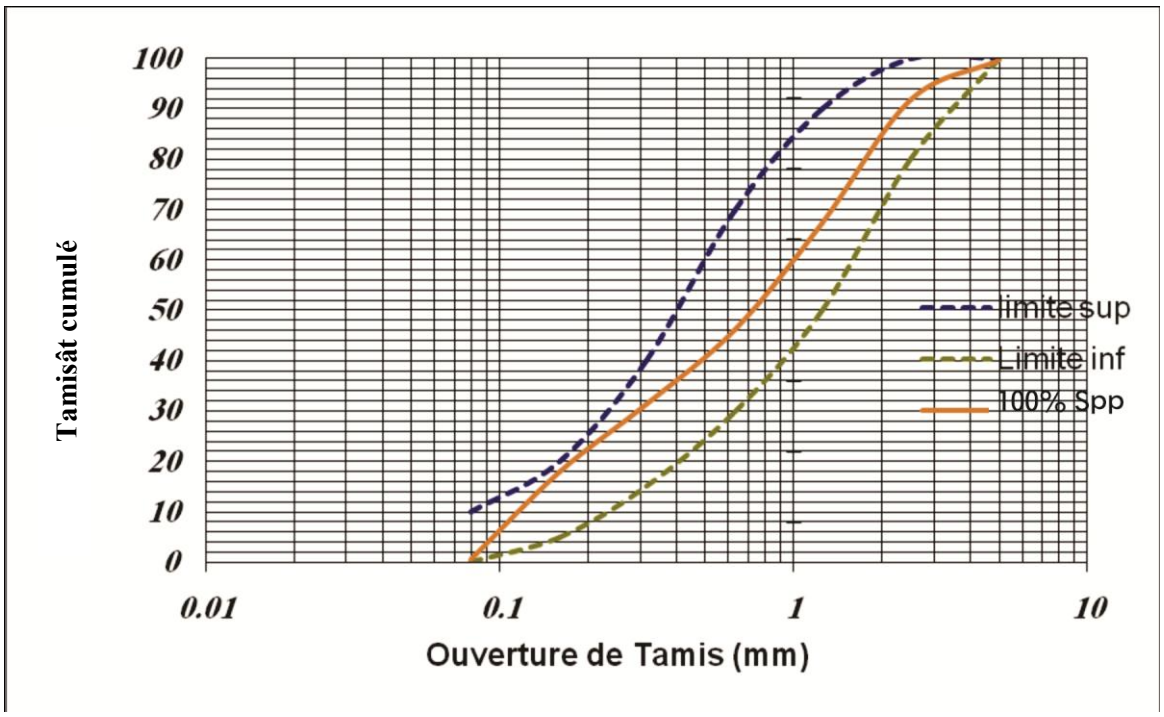
Dmax= القطر الأعظمي للحبيبات مأخوذ بـ ملم

استعملنا في هذه التجربة 2 كلغ من الرمل إذ هي القيمة العلمية [37] فكانت النتائج كما يلي:

الجدول أدناه يوضح بعض النتائج المتوسطة للغيات:

الجدول5.III: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الأولى 100% رمل 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	3.4	3.4	0.17	99.83
2.5	35	138.4	141.8	7.09	92.91
1.25	32	485.4	627.2	31.36	68.64
0.63	29	397.8	1025	51.25	48.75
0.315	26	330	1355	67.75	32.25
0.16	23	282	1637	81.85	18.15
0.08	20	350.8	1987.8	99.39	0.61

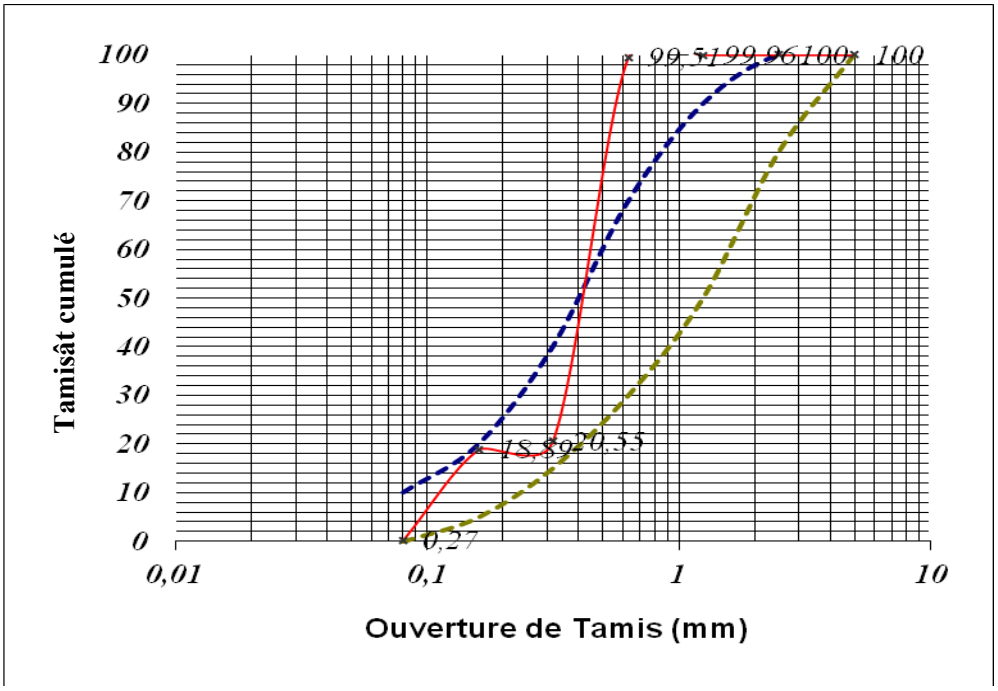


الشكل 2.III: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة 100% رمل الآبار البترولية.

الملاحظ أن منحنى هذا الرمل داخل المجال المرجعي وأنه يحتوي على تدرج حبيبي جيد.

الجدول6.III: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثانية 100% رمل الكثبان المجاور (SD).

فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T(%)
5	38	0	0	100
2.5	35	0	0	100
1.25	32	0.72	0.036	99.96
0.63	29	9.82	0.491	99.51
0.315	26	1589	79.45	20.55
0.16	23	1622.2	81.11	18.89
0.08	20	1994.6	99.73	0.27
Fond	/	1997.6	99.88	0.12

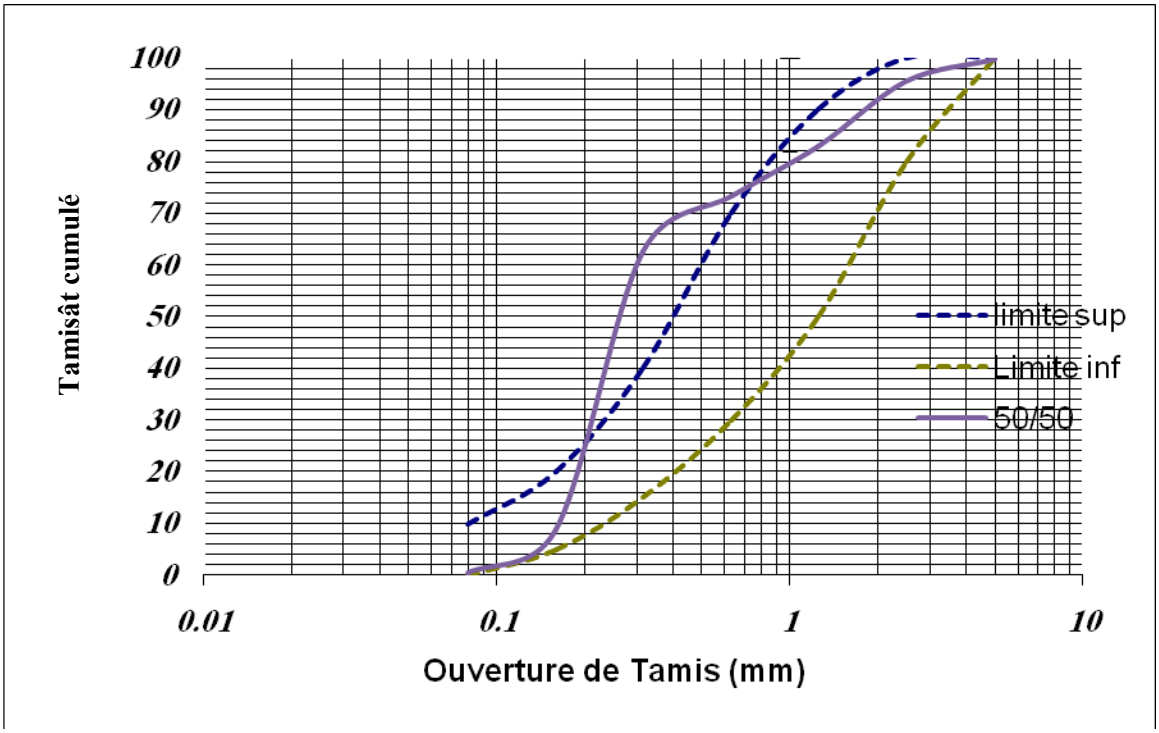


الشكل 3.III: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة 100% رمل الكثبان المجاورة له.

الملاحظ أن هذا الرمل خارج المجال المرجعي لأن هو رمل دقيق يحتوي على حبيبات أقل من 0.63 مم.

الجدول7.III: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الثالثة 50% رمل الآبار (SPP)+ 50% رمل الكثبان (SD)

فتحات الغربال بـ (mm)	نوع الغربال	المجمع الجزئي (g)	المتبقي المجمع بـ Rc(g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع بـ T(%)
5	38	1	1	0.05	99.95
2.5	35	51.6	52.6	2.63	97.37
1.25	32	257.8	310.4	15.52	84.48
0.63	29	203.6	514	25.70	74.30
0.315	26	184	698	34.90	65.10
0.16	23	1112	1810	90.50	9.50
0.08	20	180.2	1990.2	99.51	0.49

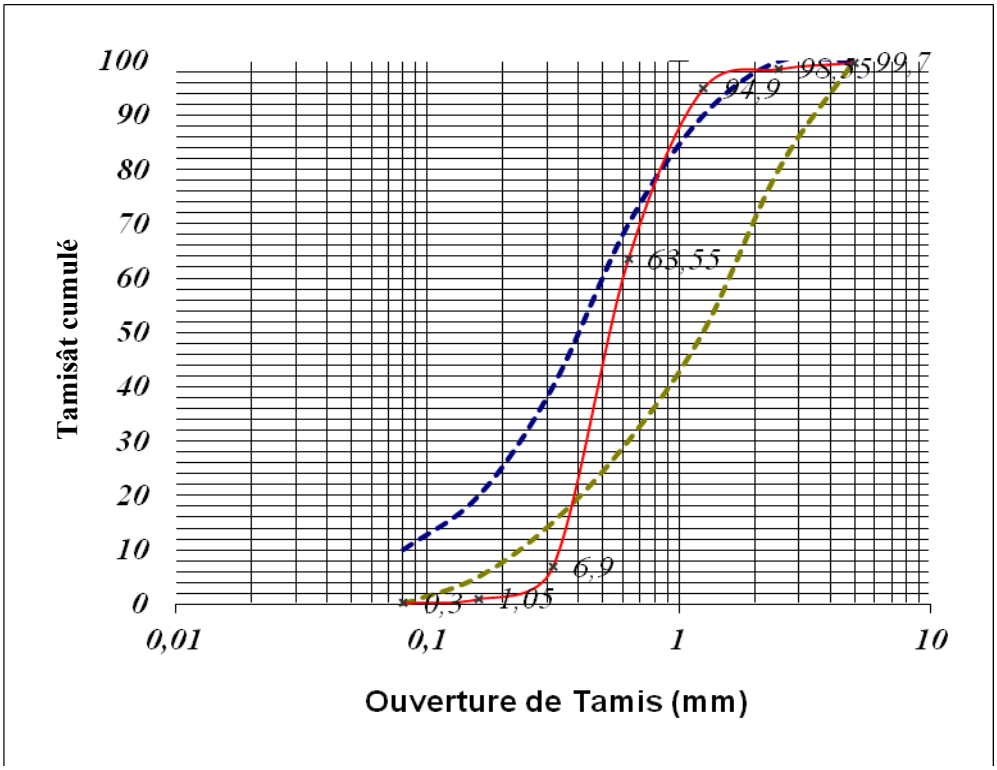


الشكل 4.III: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة 50% رمل الكثبان + 50% رمل الآبار البترولية.

الملاحظ أن هذا الرمل يدخل في المجال المرجعي في بعض النقاط و يخرج منه في بعض النقاط الاخرى لأنه رمل تميل حبيباته الى الدقة.

الجدول8.III: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة: 100% رمل طبيعي وادي الرتم.

فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T (%)
5	38	06	0.3	99.7
2.5	35	29	1.45	98.55
1.25	32	102	5.1	94.90
0.63	29	729	36.45	63.55
0.315	26	1862	93.1	6.90
0.16	23	1976	98.95	1.05
0.08	20	1994	99.7	0.3
Fond	/	1999.8	99.99	0.01

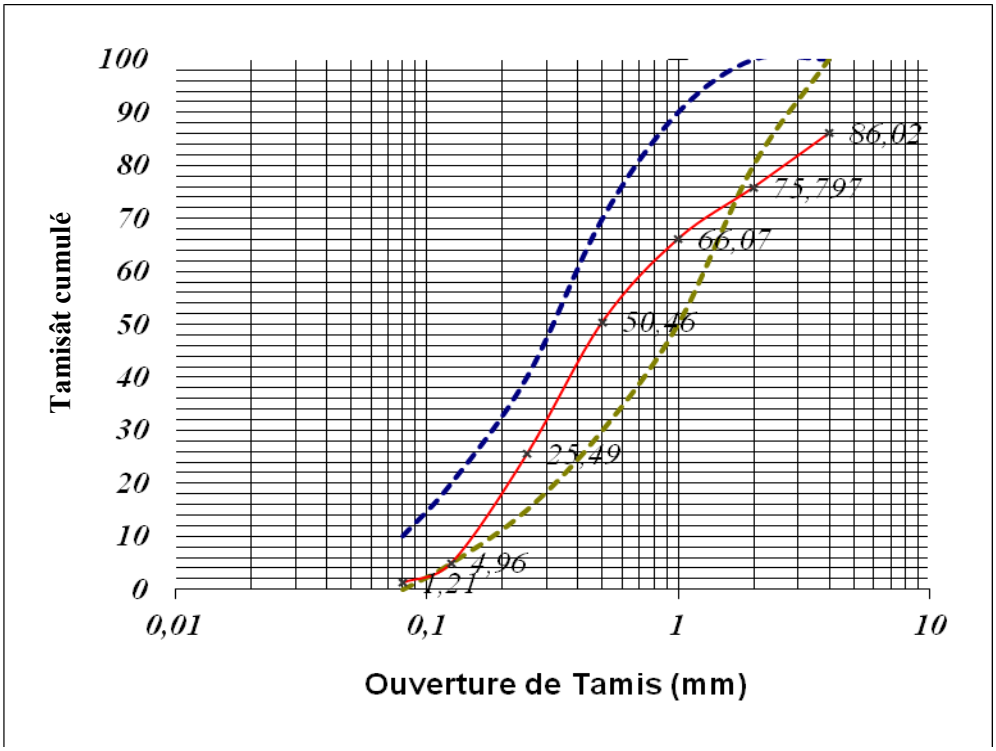


الشكل 5.III: منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الرابعة: 100% رمل طبيعي وادي الرتم.

الملاحظ أن منحنى هذا الرمل داخل المجال المرجعي وأنه يحتوي على تدرج حبيبي جيد.

الجدول9.III: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة: 100% رمل طبيعي وادي سوف عسيلة.

فتحات الغربال ب(mm)	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T (%)
4	279,6	13,98	86,02
2	484,06	24,203	75,797
1	678,6	33,93	66,07
0.5	990,8	49,54	50,46
0.25	1490,2	74,51	25,49
0.125	1900,8	95,04	4,96
0.08	1975,8	98,79	1,21
Fond	1999,8	99.99	0.01

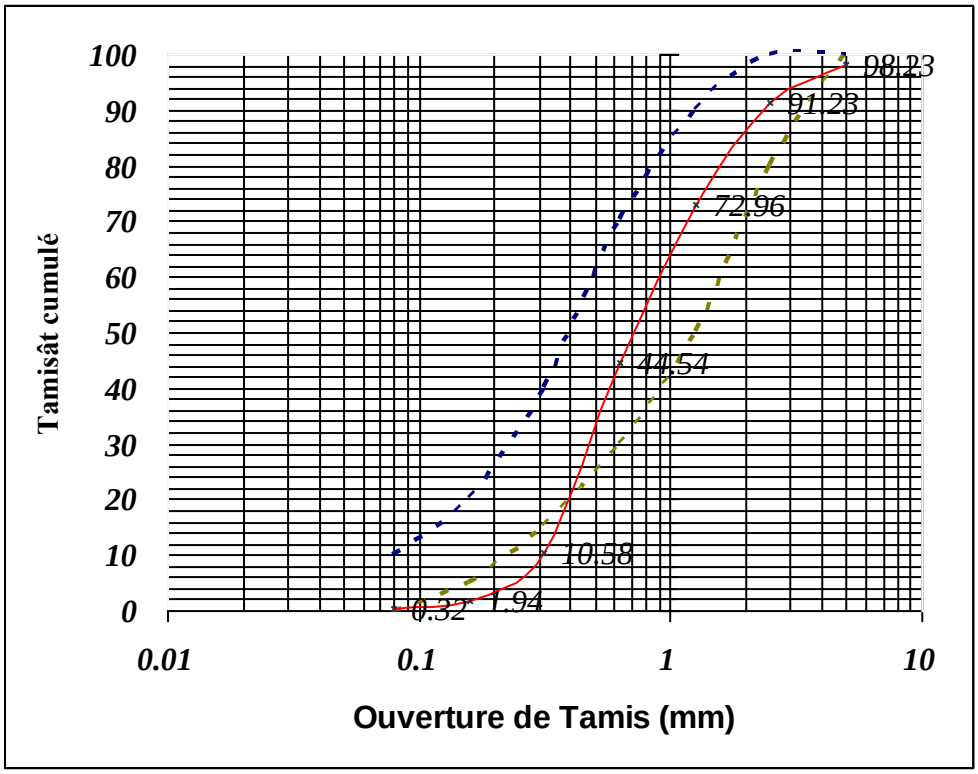


الشكل 6.III: منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة الخامسة: 100% رمل طبيعي وادي سوف عسيلة.

الملاحظ أن منحنى هذا الرمل داخل المجال المرجعي وأنه يحتوي على تدرج حبيبي جيد.

الجدول10.III: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة السادسة: 100% رمل طبيعي حاسي بحبح.

فتحات الغربال ب(mm)	نوع الغربال	المتبقي المجمع ب Rc (g)	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المار المجمع ب T (%)
5	38	35.4	1.77	98.23
2.5	35	175.4	8.77	91.23
1.25	32	540.8	27.04	82.96
0.63	29	1105.2	55.26	44.74
0.315	26	1788.4	89.42	10.58
0.16	23	1961.2	98.06	1.94
0.08	20	1993.6	99.68	0.32
Fond	/	1999.8	99.99	0.01



الشكل 7.III: منحنى تجربة التدرج الحبيبي للعينة السادسة: 100% رمل طبيعي حاسي بحبح.

الملاحظ أن منحنى هذا الرمل داخل المجال المرجعي وأنه يحتوي على تدرج حبيبي جيد.

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

ويتم تقيمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوى مجموع النسب المئوية للمتبقي المجمع للمناخل القياسية الستة (0.16، 0.315، 0.63، 1.25، 2.5، 5) مقسوماً على 100.

ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام وهو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه، ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخراسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثلاث مجالات لمعاير النعومة للرمل حيث **[38]**:

- 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.

$$Mf = \frac{\sum Rc}{100} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.6)$$

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

إذا معيار النعومة لكل عينة وبعد الحساب هو:

الجدول11.III: معيار النعومة لكل عينة

العينة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
معامل النعومة Mf	2.39	1.61	1.69	2.35	2.91	2.8

- **بالنسبة للعينة الأولى:** التي تحتوي على نسبة 100%من رمل الآبار البترولية ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 2.39 نستنتج أن هذا الرمل حجمه متوسط وذو تدرج حبيبي مقبول ومفضل لأنه موجود في المجالA بين 2.2 – 2.8، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي A مع المنحنى المتحصل عليه نجده داخل هذا المجال، وبالتالي نقترح هذه العينة كأحد الخيارات.

- **بالنسبة للعينة الثانية**: التي تحتوي على نسبة 100% من رمل الكثبان المجاور ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 1.61 نستنتج أن هذا الرمل دقيق جدا وذو تدرج حبيبي ضيق لغياب العناصر ما بين 0.63 إلى 5 مم ، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجده خارج المجال، ولاستعمال هذا الرمل يتطلب ذلك القيام بتصحيح ونقترح التصحيح ربما برمل الآبار البترولية.

- **بالنسبة للعينة الثالثة:** التي تحتوي على نسبة 50% من الآبار البترولية+ نسبة 50% من رمل الكثبان المجاور ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 1.69 نستنتج أن هذا الرمل تقريبا متوسط يميل أكثر إلى الدقة وذو تدرج حبيبي موجود في المجال B رمل تميل حبيباته إلى الدقة بين 1.8 – 2.2، حيث نلاحظ ان المنحنى. عند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجده يدخل في المجال للمنحنى المرجعي في بعض النقاط ويخرج منه في بعض النقاط الاخرى.

- **بالنسبة للعينة الرابعة:** التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 100%لمنطقة واد الرتم ومن خلال قيمة معامل النعومة Mfالتي تساوي 2.35نستنتج أن هذا الرمل متوسط حيث أنه يدخل في المجال Bللمنحنى المرجعي ونقترح أن يكون هو المادة المصححة لرمل الكثبان لمنطقة الوادي.

- **بالنسبة للعينة الخامسة:** التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 100%لمنطقة عسيلة ومن خلال قيمة معامل النعومة Mfالتي تساوي 2.91نستنتج أن هذا الرمل خشن حيث أنه يدخل في المجال Cللمنحنى المرجعي ونقترح أن يكون هو المادة المصححة لرمل الكثبان لمنطقة الوادي.

- **بالنسبة للعينة السادسة**: التي تحتوي على نسبة رمل طبيعي 100%لمنطقة حاسي بحبح ومن خلال قيمة معامل النعومة Mfالتي تساوي 2.8 نستنتج أن هذا الرمل متوسط حيث أنه يدخل في المجال Aللمنحنى المرجعي ونقترح أن يكون هو المادة المصححة لرمل الكثبان لمنطقة ورقلة.

2.2.III. الاسمنت:

الإسمنت ciment رابط مائي ضروري مصنّع غير عضوي له خاصة التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط Mortier والخرسانة Béton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً. يعد الإسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه

إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تمييه Hydratation سيليكات الكلسيوم و ألومينات وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الإسمنت البورتلندي».

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

نتائج التجارب المجرات على هذا النوع من الاسمنت بخصوص الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة معطاة مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت**[39]**.

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

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

وفيما يلي نتطرق الى بعض التحارب:

III.1.2.2المساحة 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 الإسمنت الضرورية لتغليف مجمل حبيبات الركام (الرمل ،الحصى) لدعم 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:

$$SSB = \frac{k\sqrt{e^3}\sqrt{t}}{\rho(1-e)\sqrt{\eta}} \quad \text{..... ....} (3.7)$$

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 للإسمنت 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 هزهـــا).

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 للإسمنت العادي في درجة حرارة 20 درجة مئوية. أما بالنسبة للإسمنت المستعمل في الدراسة (اسمنت عين التوتة) فحسب البطاقة التقنية فإن[38]،[40]:

الزمن الابتدائي للتصلب : 128 دقيقة

الزمن النهائي للتصلب: 184 دقيقة

III.2.2.3. الخصائص الكيمائية:

التحليل الكيميائي للإسمنت معطى مسبقا في البطاقة التقنية لنوع الاسمنت على حسب النسب المئوية المشكلة لهذه المادة النتائج معطاة في الجدول التالي [40]:

الجدول III.12: التحليل الكيميائي للإسمنت.

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	$0.75 \geq$
مكونات الكلانكير %	C_3S	66-56
	C_3A	3.0-1.4
	C_4AF+2C_3A	$20 \geq$

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

4.2.2.III. 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 و ميكانيكية محددة **[40،41]** .

5.2.2.III. المعامل الهيدروليكي Indice d' hydraulicité:

المعامل الهيدروليكي أو معامل فيكا Vicat ،الذي يعرف بالنسبة او الكسر الحامض من مكونات الاسمنت على القاعدي منها .

$$I = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{MgO + CaO} = 0.44 \quad \text{..... ....} (3.8)$$

الإسمنت المستخدم $I = 0.44 < 0.5$ إذن الاسمنت محايد. **[42]**

والجدول (9.III) يلخص بعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لإسمنت مصنع عين التوتة مجراه في المخبر التابع للمصنع:

3.2.III. 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.1.3.2. 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.2.3.2 التركيبة الكيمائية للماء المستعمل:

الجدول13.III: التركيبة الكيمائية للماء المستعمل.

الملوحة	PH	$HCO3^-$	$SO4^-$	$NO3^-$	Cl^-	Na^{++}	K^{++}	Mg^{++}	Ca^{++}
2787	7.79	122	752	14.3	756	538	29	126	243

III.1.4 صياغة وتحضير الملاط النظامي:

الملاط النظامي [43]: 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 وg225 ±g1 من الماء إذن يكون المعاملE/C يساوي 0.5. وقبل الشروع في تجارب التشغيلية والزمن الابتدائي للتصلب أو تجارب الانكماش، يخلط هذا المزيج لمدة 4 دقائق[49] 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[38].

2.4.III 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 Maniabilimétre أو طاولة الاهتزاز الخاص بها من أجل الحصول على ملاط مرن كما وهو موصى به حسب المواصفات.

III. 3.4 تجربة التشغيلية :

قبل تصلب الخرسانة توضع في قوالب، عملية الوضع هذه يجب أن تكون سهلة لربح الوقت من ناحية ولتفادي التشوهات الناتجة عن الصب التي يصعب معالجتها لا حقا. ونقول أن الخرسانة أكثر تشغيلية إذا كانت عملية صبها في القوالب أكثر سهولة[38] .

لذا تهدف هذه التجربة لقياس انتشار الخرسانة على طاولة الهز وقياس قيمة ذلك الانتشار ثم الاستدلال بمسافة هذا الانتشار على نوعية البلاط ثم الحكم على التشغيلة ومن ثم تحديد نسبة الماء المناسبة للتشغلية المقبولة بحيث تكون في المجال الذي يمكننا من تشغيليته جيده للقولبة والخرسانة الطاجزة تصنف حسب التشغيلية إلى عدة أصناف:

خرسانة صلبة جدا، خرسانة صلبة، خرسانة مرنة، خرسانة مائعة [40].

الجهاز المستعمل:

ويسمى الجهاز بطاولة الاهتزاز كما هو موضح في الشكل (5.III).

وهو مقياس يختبر بشكل خاص قدرة خرسانة الرمل على الانتشار بواسطة التدفق، من أجل تحديد كمية المياه اللازمة لتكون الأخيرة.

تم إجراء اختبارات قابلية رمل الخرسانة وفقًا للمعايير المعمول بها.

مبدأ التجربة:

يتم ملء المخروط الفولاذي ذو الأبعاد التالية السفلي =10 سم القطر العلوي =7 سم ارتفاع المخروط =6 سم بالخرسانة في طبقتين متساويتين، كل واحدة منها تدك 10 مرات بقضيب فولاذي، يتم رفع القالب رأسيًا، ثم نطبق سلسلة من 15 هزًا رأسيًا (ارتفاع سقوط الهزة 12.5مم) في 15 ثانية، وأخيرا، يتم قياس القطر الكلي D بعد الانتشار.

طريقة حساب التشغيلية:

D=S/ قطر العينة قبل الهز

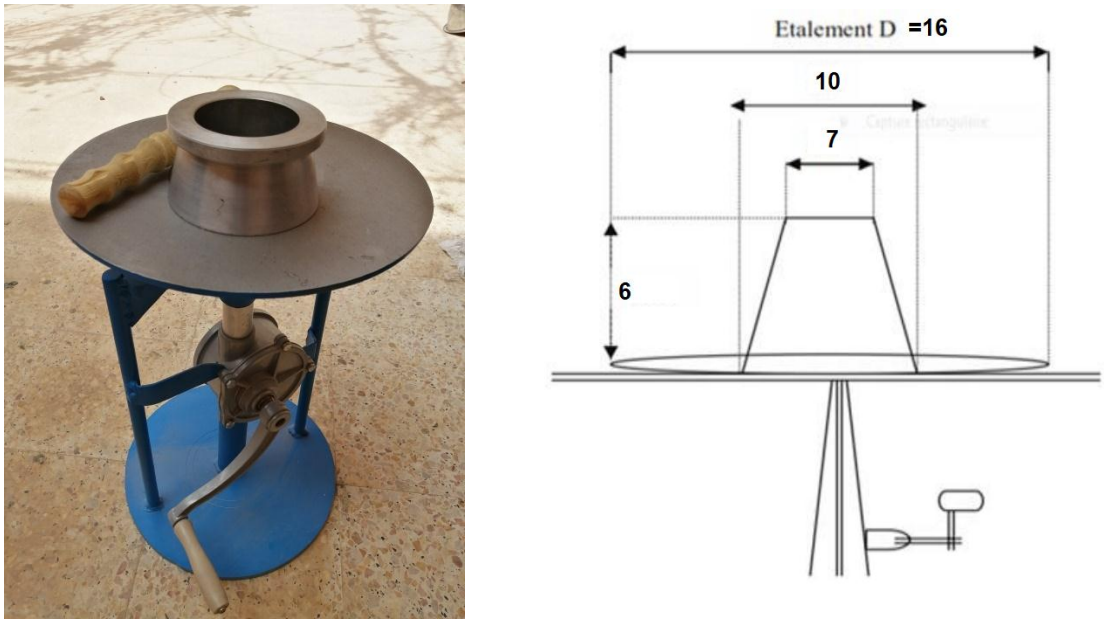
$$S = \frac{D}{\text{قطر العينة قبل الهز}}$$

حيث (D) = قطر انتشار العينة بعد الهز

قطر العينة قبل الهز = 10 سم (قاعدة المخروط)

الجدول14.III: صنف الخرسانة بدلالة التشغيلية.

صنف الخرسانة حسب التشغيلية	25 /D
1S: خرسانة صلبة جدا	من 1.1 إلى 1.3
1S: خرسانة صلبة	من 1.3 إلى 1.5
1S: خرسانة مرنة	من 1.5 إلى 1.7
1S: خرسانة مانعة	من 1.7 إلى 2



الشكل 8.III: طاولة الهز لتجربة التشغيلية.

وبعد إجراء التجربة تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول15.III: نتائج تجربة التشغيلية

التركيبة	E/C	10/D	تصنيف الخرسانة حسب مجال التشغيلية
100% رمل الآبار البترولية	0.45	1.45	خرسانة صلبة
	0.50	1.60	خرسانة مرنة

ملاحظة: بعد اجراء التجربة بنسبة **E/C**= 0.45 لاحظنا أن الخلطة حالتها غير مرنة بل صلبة لذا قمنا بتغير النسبة إلى **E/C**= 0.50 وبالفعل تغيرت حالة الخلطة إلى الحالة المرنة المطلوبة للتشغيلية الجيدة، كان من المفروض إضافة ملدن حتى نتمكن من تخفيض نسبة **E/C** ولكن خوفنا من تفاعل الملدن مع رمال الآبار البترولية حال دون ذلك فتركناها إلى دراسة أخرى.

الجدول16.III: تركيبة خرسانة الرمل الشاهد[13] [44].

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

3.3.II 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.

3.III. توضح أشكال القوالب المستعملة:

تترك العينة في الهواء الحر وفي شروط T =25° و HR =65 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-من خلال التجارب المجرات على رمل الكثبان نستنتج أنه رمل دقيق معامل نعومته ضعيف لا يرقى لاستعماله في الخرسانة لوحده إلا إذا استعملنا معه بعض المحسنات.

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

3- لتحسين خصائص رمل الآبار البترولية أكثر نقترح أن يكون برمل آخر ذو معامل نعومة كبير تميل حبيباته إلى الخشونة وهذا غير موجود في رمل الكثبان المجاور له ومن الناحية الإقتصادية لا نستطيع جلب رمل أخر من مكان بعيد وبالتالي نكتفي في دراستنا هذه برمل الآبار البترولية فقط.

4- الاسمنت المستعمل من مصنع عين توتة وهو إسمنت بورتلندي عادي من نوع CRS45.

5- الماء المستعمل هو ماء صالح للشرب من حنفية مخبر خاص بالسيد رضوان عبد العزيز.

6- 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 /D مساوي لـ 75.0.5.

الفصل الرابع:
مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

1.IV. مدخل:

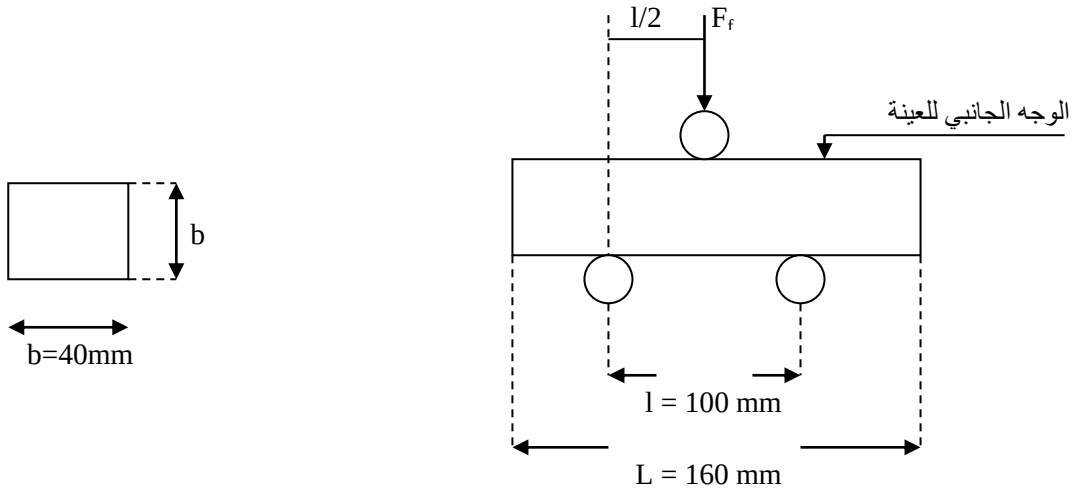
تعتبر الخصائص الميكانيكية لمادة من أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد تعريف خرسانة الرمل وإعطاء نبذة عن تاريخها وخصائصها ومعرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترحة في الدراسة. ففي هذا الفصل سنتطرق الى الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل وبالتحديد إلى مقاومة الضغط ومقاومة الشد في الأيام 07 و14 و28 و60، كما سنقوم بدراسة ظاهرة الانكماش في الأيام 2 و7 و14 و28 و60.

2.IV. طرق التجارب:

1.2.IV. تجربة التحطيم بالانحناء:

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 و شكل (1.IV) هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء.[43]



الشكل IV. 1: يوضح آلية التحطيم بالانحناء.

التجربة تجرى بواسطة 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 (**IV**.1).

مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية:

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

R : مقاومة الانحناء ب (MPa)

F_f: قوة تحطم العينة عند الانحناء

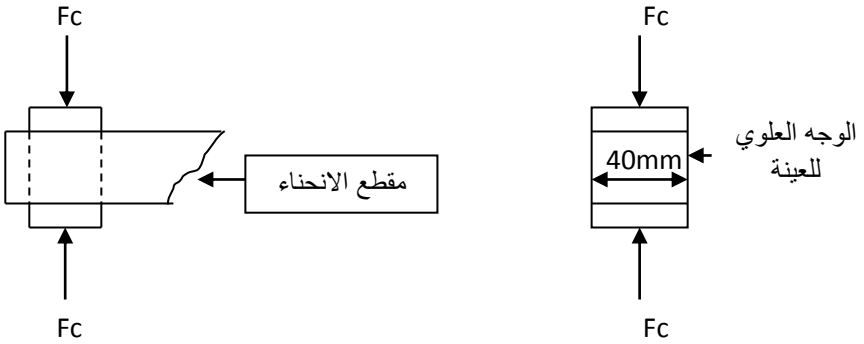
l : البعد بين المسندين ب (mm)

b : جزاء العينة الذي يساوي 40 mm

L : طول العينة الكلي.

2.2.IV. تجربة التحطيم بواسطة الضغط :

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 2.IV.



الشكل IV. 2:يوضح آلية التحطيم بالضغط.

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم لمخبر نيزولاب بتجربة الضغط MP 12 من نوع Oehlgass قدرة هذه الآلة على الضغط تصل الى 120 kN وبواسطة سرعة إنتقال منتظمة ومستمرة.صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة (**2-IV**) .

$$Rc=Fc/b^2 \text{.....} (4.2)$$

Rc : مقاومة الضغط ب (MPa)

F_c: قوة تحطم العينة عند الضغط ب (KN)

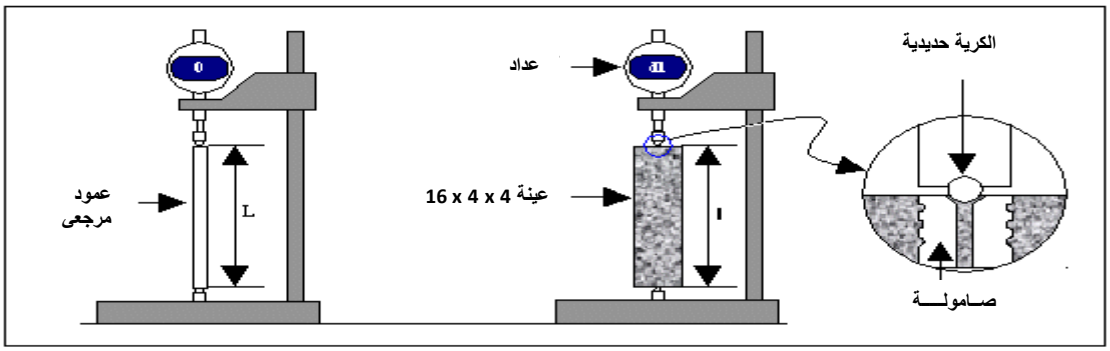
b : جزاء العينة الذي يساوي 40 mm[43]

3.2.IV. تجربة الانكماش:

تتم تجربة الانكماش على عينات لها مقطع مربع 4×4 cmو طول 16 cm مزودة في سطوحها العلوية والسفلي بصمولتان 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 (**IV - 3**) والشكل (**IV - 3**) يمثل شكل تخطيطي لجهاز قياس الانكماش .

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة NF P 15-433 .[43][46]



الشكل IV. 3: يوضح آلة الانكماش.

ملاحظة:

عدد العينات المختارة للقيام بكل التجارب هي 6 عينات.

3.IV. نتائج مقاومة الانحناء:

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

العينة	الإجهاد في يوم (MPa)7	الإجهاد في يوم (MPa) 14	الإجهاد في يوم (MPa)28	الاجهاد في يوم (MPa) 60
100% رمل آبار البترول (SPP)	1.87	2.10	3.26	3.51
100% رمل الكثبان المجاورة	1.6	2.63	3.75	3.91

* نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات التي تحتوي فقط على كميات من رمل الآبار أن مقاومة الانحناء ضعيفة نوعا ما مقارنة بخرسانة رمال أخرى أجريت حسب دراسة سابقة وذلك خلال كل الفترات الزمنية التي أجريت فيها التجارب.

الجدول IV. 2: نتائج مقاومة الانحناء لخرسانه رمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة [44] نستعملها كشاهد أول.

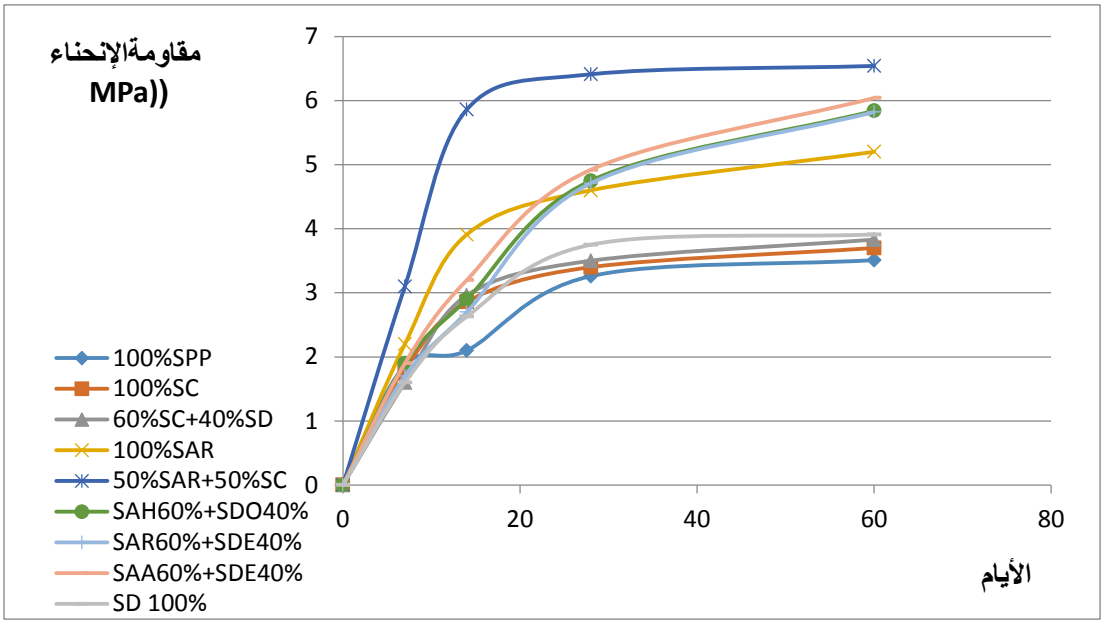
العينة	الإجهاد في يوم (MPa)14	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم 60 (MPa)
100% رمل المحاجر (SC)	2.86	3.40	3.70
60% رمل المحاجر (SC) + 40% رمل الكثبان (SD)	2.96	3.50	3.83

الجدول IV. 3: نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة [13] نستعملها كشاهد ثاني.

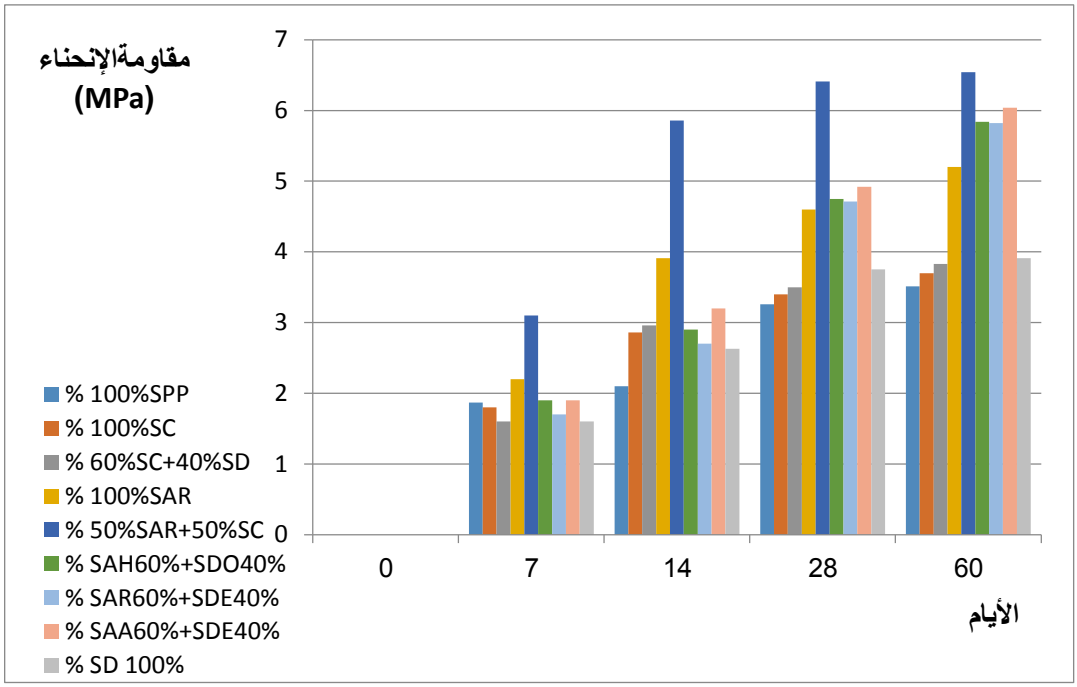
العينة	الإجهاد في يوم (MPa)28	الإجهاد في يوم (MPa) 90	الإجهاد في يوم 180 (MPa)
SAH%60 رمل طبيعي لمنطقة حاسي بحبح + 40% SDO رمل كثبان ورقلة.	0.47 ± 4.75	0.44 ± 5.84	0.16 ± 6.01
SAR%60 رمل طبيعي لمنطقة وادي الرتم + 40%SDE رمل كثبان وادي سوف.	0.17 ± 4.71	0.14 ± 5.82	0.17 ± 5.90
SAA 60% رمل طبيعي لمنطقة عسيلة + 40% SDE رمل كثبان لمنطقة وادي سوف.	0.41 ± 4.92	0.32 ± 6.04	0.21 ± 6.18

الجدول IV. 4: نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة[45] نستعملها كشاهد ثالث.

العينة	الإجهاد في يوم (MPa)14	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم 45 (MPa)
100% رمل طبيعي (SAR) لمنطقة وادي الرتم	3.91	4.60	5.20
50% رمل طبيعي (SAR) لمنطقة وادي الرتم + 50% رمل المحاجر (SC)	5.86	6.41	6.54



الشكل IV. 4: منحنى يوضح مقارنة نتائج الانحناء في الدراسة الحالية والدراسة السابقة.



الشكل IV. 5:أعمدة بيانية توضح مقارنة نتائج الانحناء بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة.

VI.1.3. مناقشة نتائج مقاومة الانحناء:

عند استعمال رمل الآبار البترولية داخل الخرسانة وإجراء التجارب عليها لاحظنا أن اجهاد مقاومة الانحناء عند العمر 28 يوم قد بلغ **3.26 MPa**، أما رمل عسيلة فقد بلغت مقاومة الانحناء الخرسانة المنجزة بها في هذا العمر **4.92 MPa** وخرسانة رمل واد الرتم بلغت **4.60 MPa** . أما الرمال الكثبان المجاورة لرمل الآبار البترولية فقد كانت نتائجه خلال 28 يوم تساوي **3.75 MPa**.

من الملاحظ أن اجهاد مقاوم للانحناء لخرسانة رمل الآبار البترولية عند العمر 28 يوم هو أقل من الاجهاد في نفس العمر في العينات الأخرى، إن هذا التغير في المقاومة مرده عند مقارنته بالرمل الطبيعي عسيلة لكون هذا الأخير له معامل نعومة أحسن يميل إلى الخشونة فقد دخل في المجال ..... إذ أن قيمته 2.9 هذا من جهة، كما أنه يحتوي على مجموعة من المواد الدقيقة والتي كشفت عنها تجربة المكافئ الرملي هذه المواد من شأنها أن تسد تلك الفرغات الموجودة بين حبيبات الرمل الخشنة التي كشف عنها معامل النعومة ومنحنى التدرج الحبيبي إذ أنه يحتوي على حبيبات ذات أقطار أكثر من 4 ملم بنسبة حوالي % 14 ،

وعند مقارنته برمل واد الرتم الذي يقاربه في معامل النعومة المقدر في هذا الرمل ب2.35، وكذلك في معامل النقاوة المقدر بحوالي 80.5%، فإننا نلاحظ التقارب في نتائج مقاومة الانحناء إذ أن الفرق بينهما لم يتجاوز القيمة 1.34

أما عند مقارنته برمل الكثبان المجاور له نجد أنه أقل منه في مقاومة الانحناء ومرد ذلك إلى معامل النقاوة الذي بلغ في رمل الكثبان % 98 وفي رمل الآبار 80.5%،

المقصود بالنقاوة عكس الشوائب التي تحمل الصفة الناعمة أي المساحة السطحية الكبيرة التي تستدعي وجود فراغات أكثر ومادة رابطة -الاسمنت- أكثر، إن هذه الأمور من شأنها وبلا شك التغيير في مقاومة الانحناء.

إذ أن هذا الرمل رمل الكثبان أكثر نقاوة من رمل الآبار البترولية مما سبب وجود فراغات مردها إلى المساحات السطحية الكبيرة لهذه المواد الدقيقة المعتبرة شوائب رغم نعومة رمل الكثبان.

أما عند مقارنته بالقواعد النظامية العامة للملاط (NFP_18_407) والتي تشترط شروط لازمة في المركبات الخرسانية لهذا النوع وظروف حفظ خاصة والتي تنص على القيمة المفترض للانحناء قد تصل إلى 4.1 MPa، وهي تقريبا الموجودة في خرسانة الآبار البترولية المدروسة إذ أننا لاحظنا فرق طفيف لم يتعدى 0.84 MPa.

4.IV. نتائج مقاومة الضغط:

الجدول IV. 5: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل آبار البترول.

العينة	الإجهاد في يوم (MPa)7	الإجهاد في يوم (MPa) 14	الإجهاد في يوم 28 (MPa)	الإجهاد في يوم 60 (MPa)
100% رمل الآبار SPP	32.67	46.55	50.70	51.20
100% رمل الكثبان المجاورة	6.63	11.27	14.31	15.89

الجدول IV. 6: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة [44] نستعملها كشاهد أول.

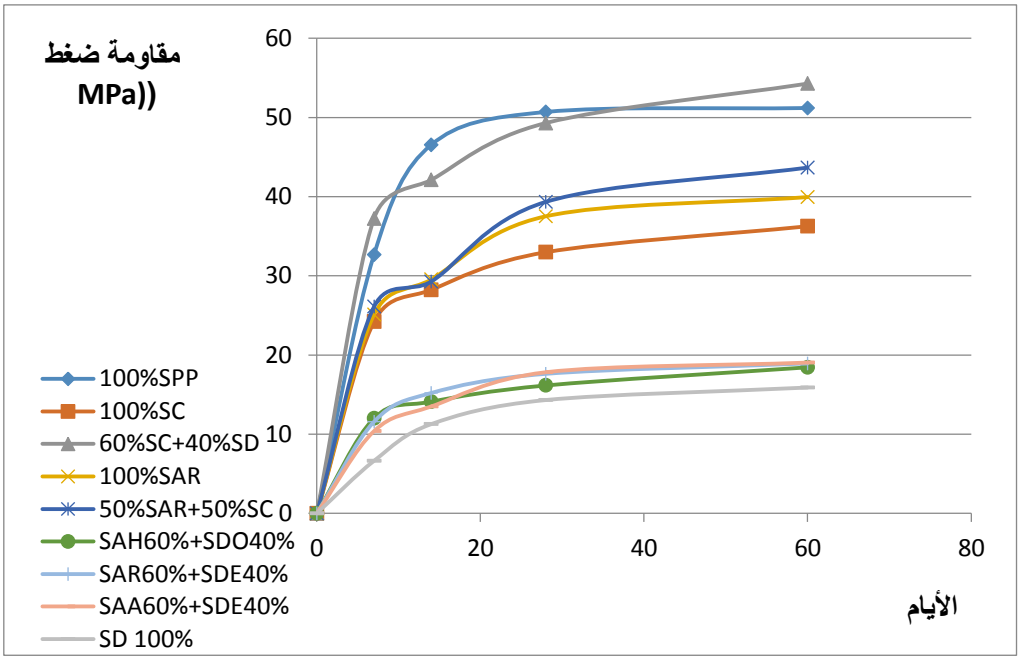
العينة	الإجهاد في 14 يوم (MPa)	الإجهاد في 28 يوم(MPa)	الإجهاد في يوم 60 (MPa)
100% رمل المحاجر (SC)	28.23	32.98	36.26
60% رمل المحاجر (SC) + 40% رمل الكثبان (SD)	42.12	49.30	54.28

الجدول IV. 7: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة [13] نستعملها كشاهد ثاني.

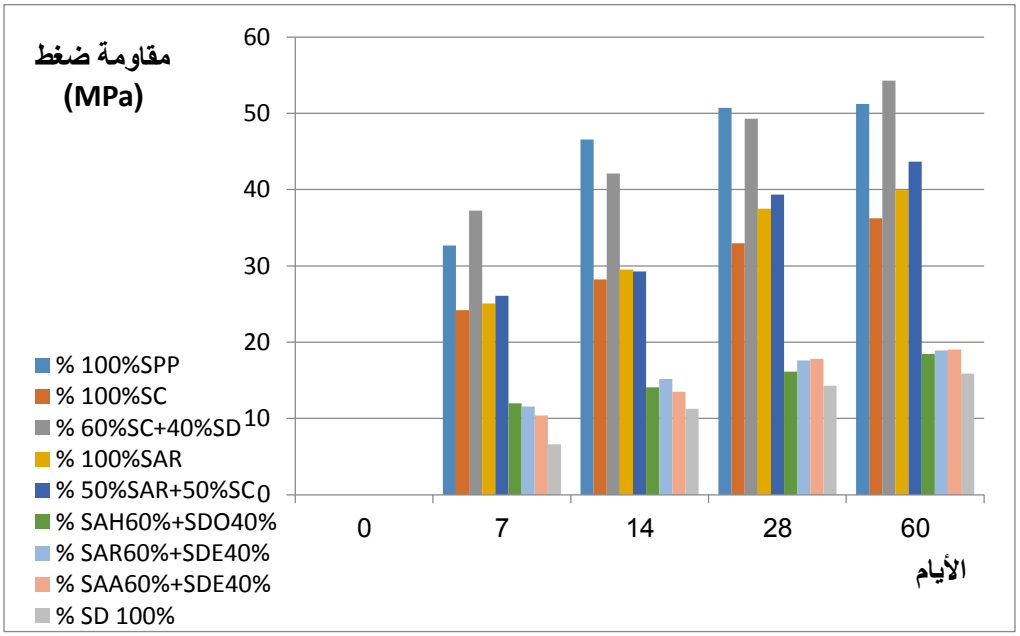
العينة	الإجهاد في يوم (MPa)28	الإجهاد في يوم (MPa) 90	الإجهاد في يوم 180 (MPa)
SAH%60 رمل طبيعي لمنطقة حاسي بحبح + 40% SDO رمل كثبان ورقلة.	2.1 ± 16.15	2.5 ± 18.44	2.33 ± 18.54
SAR%60 رمل طبيعي لمنطقة وادي الرتم + 40%SDE رمل كثبان وادي سوف.	2.6 ± 17.62	2.41 ± 18.93	1.54 ± 19.03
SAA 60% رمل طبيعي لمنطقة عسيلة + 40% SDE رمل كثبان لمنطقة وادي سوف.	2.5 ± 17.82	1.87 ± 19.04	1.63 ± 19.34

الجدول IV. 8: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة الرمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة [45] نستعملها كشاهد ثالث.

العينة	الإجهاد في يوم (MPa)14	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa)45
100% رمل طبيعي (SA)	29.54	37.52	39.95
50% رمل طبيعي (SA) +50% رمل المحاجر (SC)	29.28	39.34	43.67



الشكل IV. 6: منحنى يوضح مقارنة نتائج الضغط في الدراسة الحالية والدراسة السابقة.



الشكل IV. 7: أعمدة بيانية توضح مقارنة نتائج الضغط بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة.

IV.1.4. مناقشة نتائج مقاومة الضغط:

عند استعمال رمل الآبار البترولية داخل الخرسانة وإجراء التجارب عليها لاحظنا أن اجهاد مقاومة الضغط عند العمر 28 يوم قد بلغ 50.70 MPa، أما رمال عسيلة فقد بلغت مقاومة الانحناء الخرسانة المنجزة بها في هذا العمر 17.82 MPa وخرسانة رمال واد الرتم بلغت 37.52 MPa . أما الرمال الكثبان المجاورة لرمل الآبار البترولية فقد كانت نتائجه خلال 28 يوم تساوي 14.31 MPa.

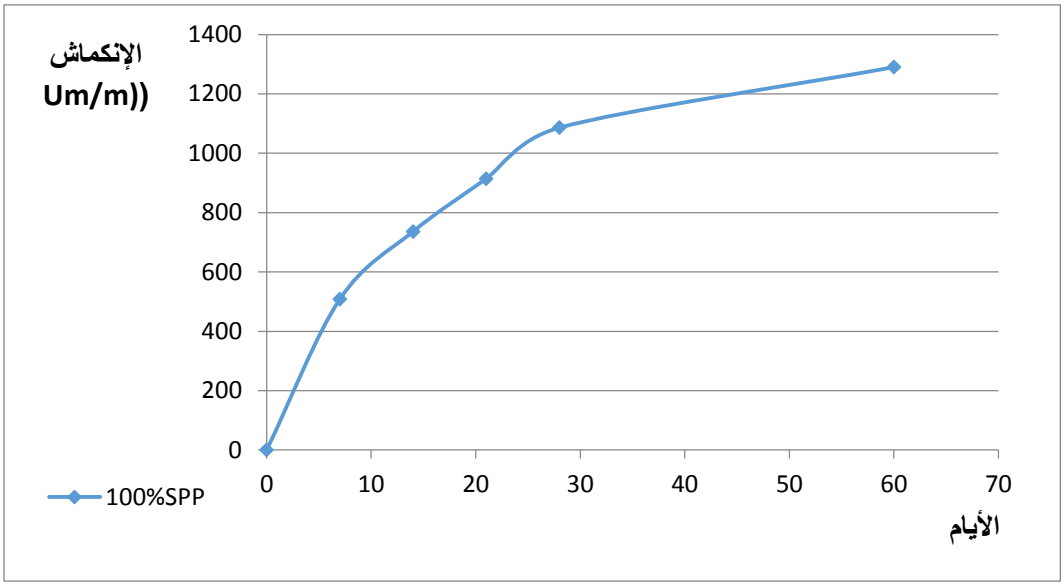
لاحظنا أن النتائج كانت جيدة لهذه الخرسانة المدعمة برمل الآبار البترولية حيث سجلت إجهاد مقاومة الضغط قيمته تفوق (50 MPa) وهي نتيجة أكبر من نتائج التجارب السابقة لمختلف الدراسات لأنواع الرمال بمختلف التركيبات، وتكمن جدوى مقارنة هذه الدراسة مع الدراسات السابقة لأجل تثمين رمل أبار البترول الذي قدم نتائج جيدة وبالتالي لابد من إستغلاله جيدا وتعميم إستعماله، ومن المعلوم أيضا إن اجهاد خرسانة الرمل يؤخذ خصائصه من الاسمنت المستعمل وهو اسمنت CRS مصنع عين توتة الذي له مقاومة تقدر بـ 42.5 MPa وكذلك المعيار الفرنسي (NFP_18_406) الذي أعطى قيمة 55 MPa وهذا أيضا ما لاحظه DAD Celia[43].وبالتالي نقول أن هذه الخرسانة المدعمة برمال الآبار البترولية والتي أعطت نتيجة إجهاد مقاوم للضغط يفوق 50 MPa ما بين 42.5 و55 فهذا له علاقة بنوعية الرمال الجديدة التي قدمت الإضافة وحسنت من نتائج مقاومة الخرسانة للضغط وهذا التحسن يفسر بأن رمل آبار البترول به عناصر دقيقة أكثر من الرمال الأخرى التي تعمل على سد وملء أغلب الفراغات وأيضا حبيبات هذا الرمل لديها نسبة امتصاص ضعيفة جدا جدا تقدر ب 0.05% مما يدل على ضعف وقلة المسامات داخل الحبيبات وهذا ما لاحظه محمد ماني [13] إذ قال أنه من الواضح إعطاء أهمية كبيرة لاختيار الركام حسب خصائصه الفيزيائية والميكانيكية ومن جهة أخرى نسبة الامتصاص الضعيفة للحبيبات يستفيد منها الاسمنت حتى يتفاعل أكثر ويعطي إضافة للمقاومة وبالتالي كل هذه الملاحظات تسمح بارتفاع قيمة التراصية (Compacité) ومن ثم ارتفاع قيمه المقاومة المثلى للضغط.

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] .

5.IV. نتائج الانكماش:

الجدول 9.IV: يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول محل الدراسة.

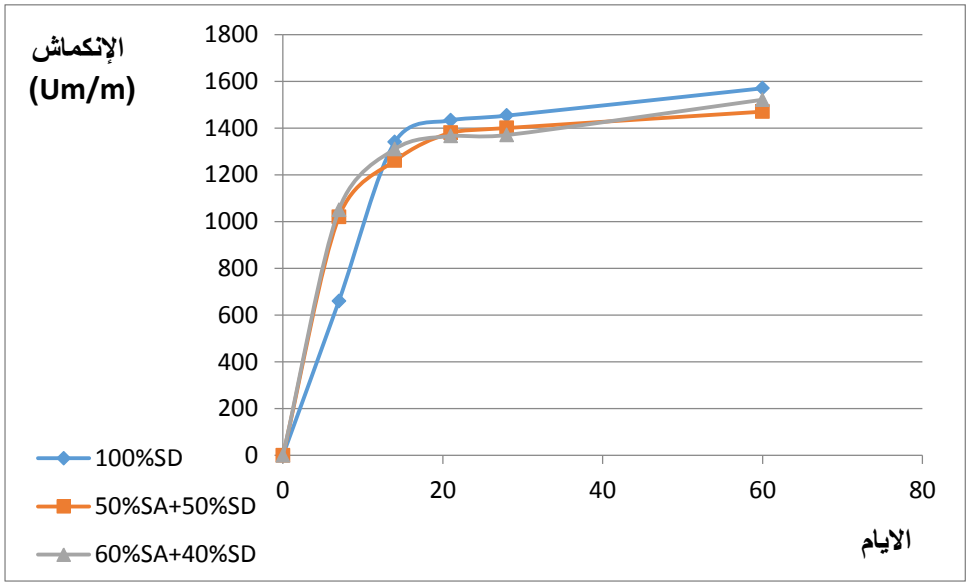
الأيام / العينة	7	14	21	28	60
100% رمل الآبار SPP	6±508	7±736	2±914	7±1086	11±1290



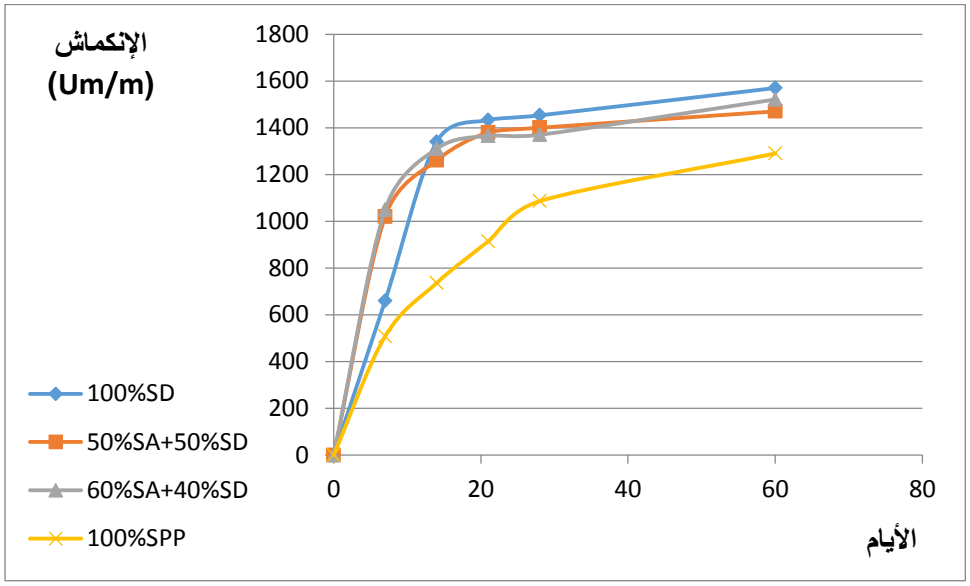
الشكل IV. 8: منحنى يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول محل هذه الدراسة.

الجدول IV.10: يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة الرمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة [13].

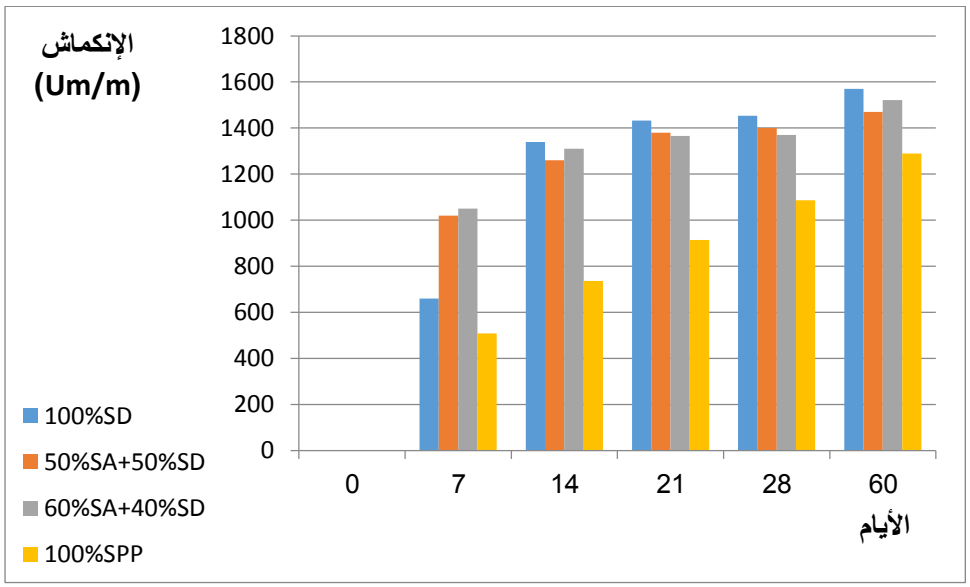
60	28	21	14	7	الأيام / العينة
10±1570	13±1453	8±1433	5±1340	10±660	100% SD رمل كثبان
14±1470	14±1400	13±1380	12±1260	10±1020	SA%50 + SD%50 رمل طبيعي+ رمل كثبان
15±1521	13±1370	35±1366	10±1310	70±1050	SD%40 + SA%60



الشكل IV. 9: منحنى يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة.



الشكل IV. 10: منحنى يوضح مقارنة نتائج الانكماش في الدراسة الحالية والدراسة السابقة.



الشكل IV. 11:أعمدة بيانية توضح مقارنة نتائج الانكماش بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة.

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

إن التحسن الملاحظ في انكماش عينات خرسانة رمل آبار البترول مقارنة بانكماش خرسانة مختلف الرمال المدروسة سابقا والتي نعتبرها كعينات مرجعية، ويعتبر هذا التحسن نوعا ما كبير حيث قدرت نسبته بـ 20% مقارنة مع نوع رمل 60% SA+ 40% SD وذلك عند العمر 28 يوم ويرجع هذا التحسن إلى التركيبة الحبيبية لرمل آبار البترول الذي يمتلك تدرج حبيبي واسع، حيث أنه كلما كان التدرج الحبيبي يميل إلى الاتساع والانتشار كلما كانت المساحة السطحية التي ستشغلها عجينة الاسمنت صغيرة، وبما أن الانكماش يكون في عجينة الاسمنت الرابطة بين الحبيبات فهذا هو ما يفسر نسبة تحسن الانكماش.

حسب قواعد الانكماش NFP 15_433 [13] فإنه من أجل ملاط نظامي يجب أن لا تتعدى قيمه الانكماش المقدار 1000 (µm/m) في يوم 28، وهذا ما لم نلاحظه في العينة المتعلقة بخرسانة رمل آبار البترول وهذا راجع لقواعد الانكماش التي تنص على أن تكون شروط الحفظ في رطوبة نسبية تقدر بـ (5+ 50%) ودرجة حرارة (2+20°م) أما ما توفر لدينا من شروط حفظ في مخبر الجامعة فالرطوبة قدرت ب(6+45%) ودرجة حرارة (5+35°م) فهذه هي العوامل التي أثرت على قيمه الانكماش التي تحصلنا عليها والمقدرة بـ 7+ 1086 (µm/m) وهي أكبر بقليل من 1000 وتعتبر مقبولة نسبيا.

الخلاصة:

نستنتج من هذه الدراسة ما يلي:

- إدراج رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود لا يقدم تحسن يذكر على مستوى مقاومة الانحناء بل هو يقترب أو قريب من الرمال الأخرى.
- إدراج رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود يقدم إضافة كبيرة وبإمكانه تحسين مقاومة الضغط لخرسانة الرمل بنسبة 15% في عمر 28 يوم.
- إدراج رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود يقدم إضافة كبيرة ويحسن ويقلل من قيمة الانكماش بنسبة 20% في عمر 28 يوم.

الخلاصة العامة والتوصيات

الخلاصة العامة والتوصيات

تهدف هذه الدراسة إلى:

أولا: تتمين رمال آبار البترول تلك الرمال الموجودة بكثرة في أغلب حقول النفط وخاصة حقول حاسي مسعود والتي تتوزع على مساحة مهمة داخلها مما يجعلها تخلق مشكلا متمثلا في التلوث المضر بالإنسان والطبيعة، فتتمين هذه المادة واستعمالها كبديل لرمال الوديان ومجاري الانهار وشواطئ البحار له أثر إيجابي مباشر على الحفاظ على سلامة البيئة.

ثانيا: المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل لهذه المنطقة التي تعاني أيضا من مشكل ندرة الرمال الصالحة للبناء وبعُدها الذي يكلف الكثير من ناحية النقل.

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

الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي رمال آبار البترول بالإضافة إلى رمال المنطقة المجاورة لرمال آبار البترول وهي من نوع رمال الكثبان وحسب الملاحظات المستوحاة من التجارب فإن كلا النوعين صالحين لإنتاج خرسانة رمل ما عدى تجربة الغربلة التي أعطت نتائج بعيدة بالنسبة لرمل الكثبان المجاورة.

حاولنا تحسين نتائج الغربلة أكثر بالنسبة لرمل آبار البترول وذلك بإضافة 50% من رمل الكثبان الى 50% من رمل الابار البترولية فوجدنا أن رمل الكثبان لا يستطيع أن يحسن من رمل الآبار البترولية لأن حبيباته دقيقة وهو يحتاج لرمل حبيباته خشنة نوعا ما وهذا ما لم نجده في المنطقة المجاورة، ونظرًا لقلة الرمل المُعد للدراسة، ونظرًا للظروف الصحية التي تمر بها البلاد جراء فيروس كوفيد 19، فاكتفينا بدراسة الكمية المتاحة من رمل آبار البترول لوحده بنسبة 100%.

وبعد إجراء التجارب ومناقشة النتائج وتحليلها نستخلص النتائج التالية:

1- رمال آبار البترول مع الإسمنت CRS عين توته أعطى نتائج لمقاومة الانحناء تقارب النتائج السابقة لبعض الدراسات لمختلف التركيبات الرملية وتقارب نتائج المعايير الأوروبية الفرنسية بنسبة 80%.
2- رمال آبار البترول مع الإسمنت CRS عين توته أعطى نتائج لمقاومة الضغط جيدة جدا وتفوق نتائج الدراسات السابقة لمختلف التركيبات الرملية، وتتماشى مع نتائج المعايير الدولية والفرنسية.
3- رمال آبار البترول مع الإسمنت CRS عين توته أعطى نتائج جيدة بخصوص ظاهرة الانكماش التي تحسنت بكثير مع نتائج دراسة سابقة أجريت على مختلف التركيبات الرملية.

من خلال هذا البحث نوصي بما يلي:

- يجب المعالجة الحرارية لهذه الرمال قبل الاستعمال للقضاء على نسبة التلوث الموجود بها.
- يجب استعمال إسمنت CRS المضاد للأملاح مع هذه الرمال وذلك لاحتواء هذه الرمال على نسبة من السيلفات.

- محاولة استعمال هذه الخرسانة كخرسانة رصف لتكون بديل عن التربة الصالحة 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 تحسين 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

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

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

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

[11] د. ياسين صالح كريم، تقنيات حفر الآبار جامعة تكريت العراق.

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

[16]عبد الفتاح القاصي. "ميكانيك التربة" ، دار الكتاب العلمي ، مصر، 2006.

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

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

[33]مجلة المهندس " الشروخ الخرسانية أسبابها وعلاجها" العدد 4 ، 1996.

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

[39] البطاقة التقنية لاسمنت مصنع عين التوته ، باتنة."

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

[44] مريقله إبراهيم ورحماني كمال، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل المحاجر بمساهمة التصحيح الحبيبي، مذكرة تخرج ماستر، جامعة الوادي، الجزائر، 2019.

[45] ضو عمار وبن عمارة إبراهيم، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة الرمل باستعمال موارد رملية جديدة في وادي سوف، مذكرة تخرد ماستر، جامعة الوادي، الجزائر، 2019.

[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.

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

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

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

[8] 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.

[9] drilling…<upstream < www.gea.com

[10] Salim Dhequir, ES TPS Progineer chez Miswaco.

[12] 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.

[14] 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.

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

[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.

[24] 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.

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

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

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

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

[31] SALHI K".Etude de l'influence de l'ajout du sable de dune et le laitier granulé finement broyés au ciment sur la stabilité de béton", Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007.

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

[34] 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.

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

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

[38] 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.

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

[41] 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.

[43] 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.

[46] BELMECHERI Oum Habiba, Etude d'un composite à base de sable de dune, Ciment et granulats en billes de polystyrène expansé, Mémoire de Fin D'études En vue de L'obtention du diplôme de Magister en Génie Civil, Université AMAR TELIDJI DE LAGHOUATE, 2012.

الملاحق

الملحق رقم 1: وثيقة طلب مساعد لشركة MI-SWACO.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمّه لخضر الوادي

كليـــة التكنولوجيـــــــــــا
قســـم الري والهندسة المدنية

Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique & de Génie Civil

الرقم: 306 /ق ر هـ م/ك ت/ج ش ح ل الوادي 2021

إلى السيد : مديـر شركـة
MI-SWACO
منطقة حاسي مسعود - ورقلة

الموضـوع: طلـب مســاعـــدة

تحية طيبة وبعد،

في اطار التعاون العلمي بين الجامعات والمؤسسات الوطنية، يشرفنا أن نلتمس منكم مساعدة الطلبة:

1. ***الاسم واللقب : شايبي محمد رقم التسجيل :161639072563***
2. ***الاسم واللقب : – زايد محمد الأمين رقم التسجيل : 161639083917***
3. ***الاسم واللقب : سالمي جعفر رقم التسجيل : 90.198230***
4. ***الاسم واللقب : رزوق السعيد رقم التسجيل : 93.20854***

- المستوى: الثانية ماستر.
- التخصص: المواد في الهندسة المدنية.
- الموسم الجامعي : 2021/2020.

وذلك من أجل أخذ عينات من الرمل المعالج بغية انجاز مشروع نهاية الدراسة تحت عنوان:

" المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الآبار البترولية".

تقبلوا تحياتنا

الوادي في: 26 JAN. 2021

رئيس القسم

رئيس قسم الري والهندسة المدنية
د. سليم خشانة

الملحق رقم 2: عينة رمل آبار البترول.

الملحق رقم3: صورة توضح تجربة المكافئ الرملي.

الملحق رقم 4: صورة توضح جهاز اهتزاز عينة تجربة المكافئ الرملي.

الملحق رقم 5: صورة توضح تجربة التدرج الحبيبي.

الملحق رقم 6: صورة توضح بداية تجربة قياس التشغيلية.

الملحق رقم 7: صورة توضح نهاية تجربة قياس التشغيلية.

الملحق رقم 8: صورة توضح عينات خرسانة رمل آبار البترول.

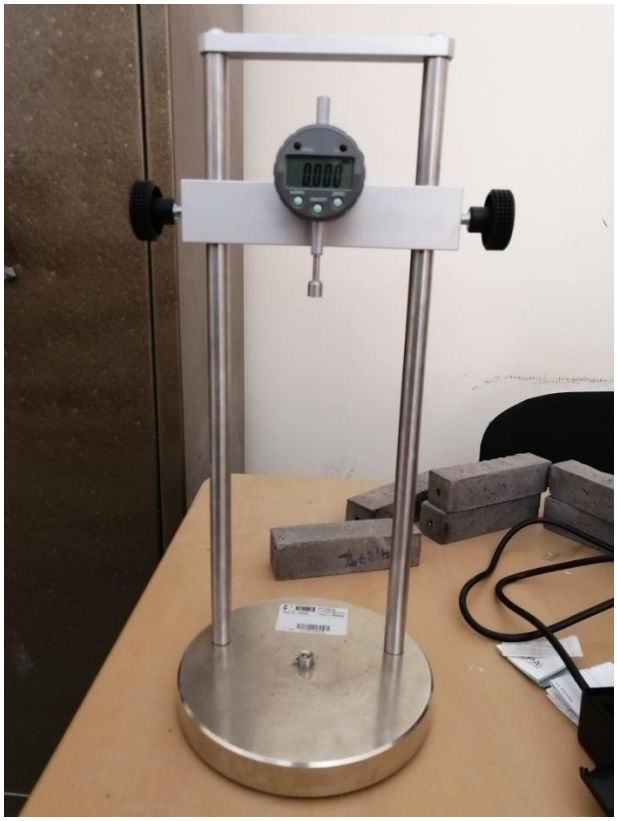
الملحق رقم 9: صورة توضح تجربة مقاومة الانحناء بواسطة التحطيم.

الملحق رقم 10: صورة توضح تجربة مقاومة الضغط بواسطة التحطيم.

الملحق رقم 11: صورة توضح قالب خاص بعينات تجربة الانكماش.

الملحق رقم 12: صورة توضح عينات خاصة بتجربة قياس الانكماش.

الملحق رقم 13: صورة توضح جهاز قياس الانكماش.



الملحق رقم 14: صورة توضح قياس الانكماش.