



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



قسم الهندسة المدنية والري

كلية التكنولوجيا

## مذكرة تخرج

لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية

تخصص: مواد الهندسة المدنية

المسألة في تميمين وصال الإبار البترولية  
المعالجة بالامارة واستغلالها في البناء

تحت عنوان:

- تحت إشراف اللجنة:

رئيس اللجنة

- أ.العقبي عبد العزيز

المتحن

- أ.جديد طارق

المؤطر

- د.ماني محمد

- إعداد الطلبة:

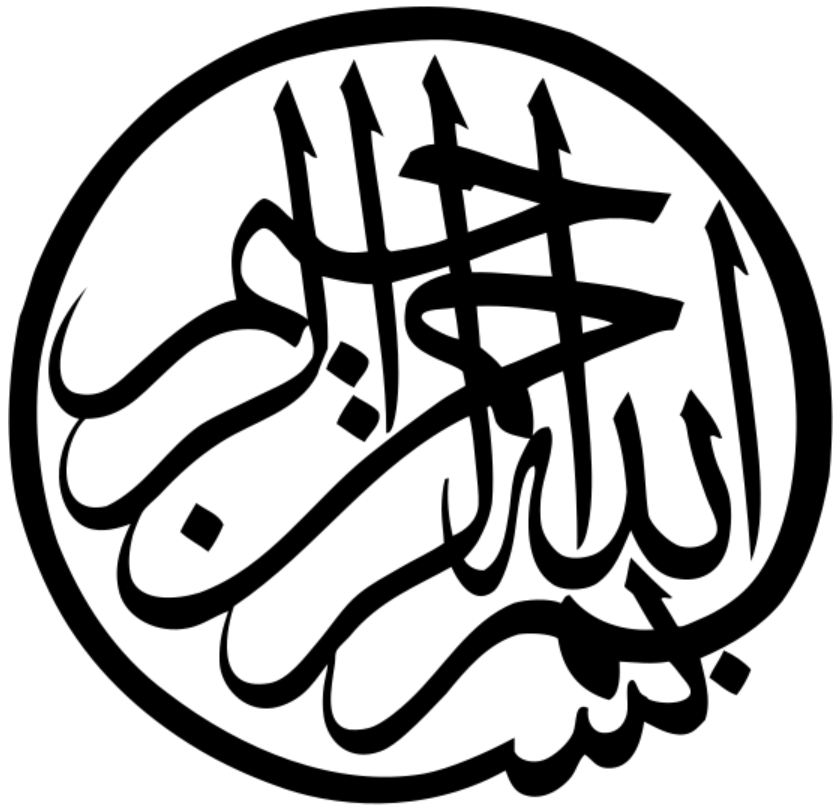
- بن حوة أسامة

- خزاني إسماعيل

- حمادي بلال

- بحري أحمد

2023-2022



## تشكرات

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين

وفاء وتقديرا واعترافا منا بالجميل تتقدم 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 مد 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 رب العالمين، والصلاة والسلام على صاحب الشفاعة أشرف المرسلين نبينا محمد وآله وصحبه

الميامين ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، أما بعد:

أهدي ثمرة جهدي المتواضع إلى أوفى خلق الله وأحبهم إلى قلبي، من وهباني الأمل والنشأة على شغف

الإطلاع والمعرفة، ومن علماني أن ارتقي سلم الحياة بحكمة وصبر، برًا وإحسانًا ووفاء لهما:

أمي الغالية، نبع الحنان التي ساندتني في صلاتها ودعائها وسهرت الليالي لتتبرد ربي .

أبي العزيز الذي علمني أن الدنيا كفاح، وسلاحها العلم والمعرفة، ولم يبخل عليّ بأي شيء لأجل راحتي

ونجاحي .

إلى روح أستاذي "بن حوة عثمان" تغمده الله برحمته الواسعة .

إلى العائلة الكريمة وإلى زملاء الدراسة، وكل أحبائي وأصحابي، إلى كل الأشخاص الذين أحمل لهم المحبة

والتقدير وإلى كل من ساندني .

إلى كل هؤلاء أهدي هذا العمل، سائلًا الله العليّ القدير أن ينفعنا به ويمدنا بتوفيقه .

بن حوة أسامة

## اهداء

الحمد لله على إحسانه وله الشكر على توفيقه، والصلاة والسلام على أفضل خلقه نبينا محمد وآله وصحبه،

أما بعد:

أهدي ثمرة جهدي ونجاحي إلى أعز الناس وأقربهم إلى قلبي، اللذان كانا عوناً وسنداً، وكان لدعائهما المبارك

أعظم الأثر في توفيقني ونجاحي:

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

والدي الغالي، السند والقوة، الذي علمني كيف يكون الصبر طريقاً للنجاح.

إلى رفقاء البيت الطاهر الأنيق . . إخوتي .

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

إليهم جميعاً أهدي هذا الجهد المتواضع راجياً من المولى العليّ القدير أن ينفعنا به ويمدّنا بتوفيقه .

اسماعيل خزاني

## اهداء

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

الحمد لله الذي وفقنا لتتميم هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح بفضلته تعالى  
مهداة الى الوالدة الكريمة حفظها الله تعالى وادامها نورا لدربي والى والدي الغالي، السند والقوة، الذي علمني

كيف يكون الصبر طريقا للنجاح

والى كل الاساتذة الكرام وكل الاشخاص الذين أحمل لهم المحبة في قلبي

والى كل من نسيه القلم وحفظه القلب

حمادي بلال

## إهداء

الحمد لله رب العالمين  
والصلاة والسلام على أشرف المرسلين  
أهدي ثمرة عملي هذا أولاً 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  
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 سكتاهم  
والذكرى ذكراهم والفؤاد  
لن ينساهم  
مجري أحمد

## ملخص:

عند استخراج البترول أو الغاز أثناء عملية الحفر والتنقيب تخلف لنا كميات هائلة من الرمال المستخرجة من الابار البترولية وتكون هذه الرمال ممزوجة بسوائل الحفر وهذه السوائل تحتوي على مواد مضره للبيئة قررت الكثير من الهيئات العالمية خطورة هذه الرمال مما اضطرت الدول المنتجة لهذه المادة اتخاذ إجراءات وسن قوانين محكمة للتعامل مع هذه الرمال.

أجريت عدة أبحاث عالمية تقترح العديد من الحلول لتحسينها منها إمكانية واستعمال الحرارة لاستخراج المواد الكيميائية الضارة واستعمالها في مجال البناء

عند تحسين رمال الابار البترولية استعملنا % 100 من رمال الابار البترولية المعالجة بالحرارة كرابط تحصلنا على مقاومة الانحناء خلال 28 يوم تقدر ب 1.50 Mpa ومقاومة الضغط تقدر ب 0.8 Mpa وقد تحسنت هذه المقاومة كلما اضفنا نسبة من CaOالمعتبرة على انها كلينكر وعند استعمال 50% اسمنت و50% رمال بترولية معالجة بالحرارة تحسنت مقاومة الانحناء عند 28 يوم 2.23 Mpa وعند الضغط 4.8 Mpa وعند الزيادة ب 70% اسمنت و30% رمال بترولية معالجة بالحرارة تحصلنا على مقاومة انحناء خلال 28 يوم 4.05 Mpa والضغط 6.8 Mpa فزاد تحسنها.

- عند تحسين الرمال الابار البترولية بنسب مختلفة من لكلنكر نكون قد تمكنا من صناعة أنواع من

الاسمنت CMIII وCMV

## الكلمات المفتاحية:

سائل الحفر، رمل الابار البترولية المعالجة بالحرارة، خرسانة الرمل، مقاومة الانحناء، مقاومة الضغط، الانكماش.

## Résumé :

Lorsque du pétrole ou du gaz est extrait pendant le processus de forage et d'exploration, il reste d'énormes quantités de sable qui sont extraites des puits de pétrole. Ces sables sont mélangés avec des fluides de forage, et ces fluides contiennent des substances nocives pour l'environnement.

De nombreux organismes internationaux ont décidé du danger de ce sable, ce qui a obligé les pays producteurs de cette substance à prendre des mesures et à promulguer des lois strictes pour faire face à ce sable.

Plusieurs recherches mondiales ont été menées proposant de nombreuses solutions pour les améliorer, notamment la possibilité et l'utilisation de la chaleur pour extraire les produits chimiques nocifs et les utiliser dans le domaine de la construction.

Lors de l'amélioration des sables de puits de pétrole, nous avons utilisé 100% des sables de puits de pétrole traités thermiquement comme liant. Nous avons obtenu une résistance à la flexion sous 28 jours estimée à 1,50 MPa et une résistance à la compression estimée à 0,8 MPa. Cette résistance s'est améliorée chaque fois que nous avons ajouté un pourcentage de CaO considéré comme du clinker et lors de l'utilisation de 50% de ciment et 50% de sables bitumineux traités thermiquement, la résistance à la flexion s'est améliorée à 28 jours à 2,23 MPa et à une pression de 4,8 MPa, et lorsqu'elle a été augmentée de 70% de ciment et 30 % de sables pétrolifères traités thermiquement, nous avons obtenu une résistance à la flexion en 28 jours de 4,05 Mpa et une pression de 6,8 Mpa, de sorte que son amélioration a augmenté.

- Lors de l'amélioration du sable des puits de pétrole avec différentes proportions de clinker, nous avons pu fabriquer des types de ciment CMII et CMV

Mots clés :

Fluide de forage, sable de puits de pétrole traité thermiquement, béton de sable, résistance à la flexion, résistance à la compression et retrait.

**Abstract:**

When oil or gas is extracted during the drilling and exploration process, huge quantities of sand are left behind that are extracted from oil wells. These sands are mixed with drilling fluids, and these fluids contain substances harmful to the environment.

Many international bodies decided the danger of this sand, which forced the producing countries of this substance to take measures and enact strict laws to deal with this sand.

Several global researches were conducted proposing many solutions to improve them, including the possibility and use of heat to extract harmful chemicals and use them in the field of construction

When improving the sands of oil wells, we used 100% of the sands of oil wells treated with heat as a binder. We obtained a bending resistance within 28 days estimated at 1.50Mpa and a compressive strength estimated at 0.8Mpa. This resistance

improved whenever we added a percentage of CaO considered as clinker and when using 50% cement and 50 % of heat-treated petroleum sands, the flexural strength improved at 28 days to 2.23 Mpa and at 4.8 Mpa pressure, and when increased by 70% cement and 30% heat-treated petroleum sands, we obtained flexural strength within 28 days of 4.05 Mpa and pressure 6.8 Mpa, so its improvement increased.

- When improving the sand of oil wells with different proportions of clinker, we have been able to manufacture types of cement CMII and CMV.

Key words:

Drilling Fluid, Heat Treated Oil Well Sand, Sand Concrete, Bending Strength, Compression Resistance, and Shrinkage.

فهرس المحتوى

I..... فهرس المحتوى

III..... فهرس الجداول

IV..... فهرس الأشكال

المقدمة العامة

1..... المقدمة العامة

الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

1.1.I..... مدخل : 3

2.I..... مواصفات حفر البئر: 4

3. I..... أنواع الحفر (Types de forage): 4

1.3. I..... الحفر باستخدام محركات توربينية (Turbo Drilling): 4

2.3. I..... الحفر الدوراني (Rotary,Drilling): 4

3.3. I..... الحفر المطرفي : 4

4. I..... سائل الحفر (drilling fluid): 4

1.4. I..... تعريف: 4

2.4. I..... أنواع سوائل الحفر (Type de la boue de forage): 5

3.4. I..... مهام سائل الحفر : 6

4.4. I..... مكونات سائل الحفر : 6

5.4. I..... التركيب الكيميائي لسائل الحفر : 7

6.4. I..... خصائص سائل الحفر : 7

5.I..... حجم الرمال الملونة المستخرجة من بئر واحد : 8

6. I..... نتائج تحليل التربة المعالجة حرارياً [11]: 11

7. I..... التأثيرات والأضرار على البيئة والإنسان: 11

14..... خلاصة الفصل: 14

الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

1.II..... المدخل : 16

2.II..... سياسات انبعاثات الحفر المستندة إلى النفط : 17

3.II..... طرق معالجة بقايا الحفر ذات الأساس النفطي : 18

4.II..... طرق المعالجة : 20

1.4.II..... الامتصاص الحراري : 20

2.4.II..... الاستخلاص بالمذيبات: 24

3.4.II..... المعالجة البيولوجية : 28

4.4.II..... المعالجة بالحرق : 30

5.4.II..... المعالجة بالتصلب/التثبيت: 31

32	6.4.II. مجفف بقايا الحفر :
35	7.4.II. الغسيل الكيمياءى:
36	الخلاصة:

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

38	1.III. مدخل :
38	2.III. خصائص المواد المستعملة :
38	1.2.III. الرمل النظامى :
41	2.2.III. الاسمنت :
45	3.2.III. الرمل المعالج بالحرارة:
54	4.2.III. الماء:
55	3.III. صياغة وتحضير الملاط النظامى :
55	1.3.III. صياغة خرسانة الرمل العادية (الشاهد) :
59	4.III. توضيح أشكال القوالب المستعملة :
59	الخلاصة:

### الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

62	1.IV. مدخل:
62	2.IV. طرق التجارب :
62	1.2.IV. تجربة التحطيم بالانحناء :
62	2.2.IV. تجربة التحطيم بواسطة الضغط :
64	3.IV. نتائج التجارب :
70	4.IV. الكتلة الحجمية :
70	الخلاصة:

### الخلاصة العامة والتوصيات

73	الخلاصة العامة والتوصيات.....
----	-------------------------------

### قائمة المصادر والمراجع

76	قائمة المصادر والمراجع.....
80	الملاحق.....

فهرس الجداول

8	الجدول I.1: حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر واحد.
11	الجدول I.2: نتائج تحليل التربة المعالجة حراريا.
40	الجدول III. 1: المكونات الكيميائية للرمل النظامي. [34]
41	الجدول III. 2: نتائج تجربة التدرج الحبيبي الرمل النظامي [34]
43	الجدول III. 3: التحليل الفيزيائي للإسمنت.
44	الجدول III. 4: التحليل الكيميائي للإسمنت.
44	الجدول III. 5: التجارب الميكانيكية للإسمنت [42].
45	الجدول III. 6: الجدول 1 العينة رقم 1 مقارنة بحجر الكلس.
45	الجدول III. 7: الجدول 2 العينة رقم 1 مقارنة بالإسمنت.
46	الجدول III. 8: الجدول 3 العينة رقم 1 مقارنة بالطين.
46	الجدول III. 9: الجدول 4 العينة 1 مقارنة بالكلينكر.
47	الجدول III. 10: الجدول 5 العينة رقم 2 مقارنة بحجر الكلس.
47	الجدول III. 11: الجدول 6 العينة رقم 2 مقارنة بالإسمنت.
47	الجدول III. 12: الجدول 7 العينة رقم 2 مقارنة بالطين.
48	الجدول III. 13: الجدول 8 العينة رقم 2 مقارنة بالكلينكر.
49	الجدول III. 14: الكتلة الحجمية الظاهرة والمطلقة لرمل الآبار البترولية المعالجة بالحرارة 530 °C.
49	الجدول III. 15: النسبة المئوية المعامل امتصاص الماء.
50	الجدول III. 16: النسب المئوية للمكافئ الرمي (ES).
51	الجدول III. 18: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة 100% رمل آبار البترول المعالجة بالحرارة (STV).
52	الجدول III. 19: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة 100% رمل آبار البترول المعالجة بالحرارة (STR).
54	الجدول III. 20: معيار النوعية للعينة.
55	الجدول III. 21: التركيبة الكيميائية للماء المستعمل.
57	الجدول III. 22: صنف الخرسانة بدلالة التشغيلية.
58	الجدول III. 23: نتائج تجربة التشغيلية.
59	الجدول III. 24: تركيبة خرسانة الرمس الشاهد.
64	الجدول IV. 1: نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة للإسمنت كشاهد.
65	الجدول IV. 2: يوضح نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل الآبار البترولية [44].
65	الجدول IV. 3: يوضح نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة [13].
67	الجدول IV. 4: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رملية للإسمنت كشاهد.
67	الجدول IV. 5: يوضح نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل الآبار البترولية المعالجة بالحرارة [44].
68	الجدول IV. 6: يوضح نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة [13].
الجدول IV. 7:	يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار معالجة بالحرارة واسمنت وخرسانة المركبة البترول محل الدراسة.

فهرس الأشكال

- الشكل 1.I: دورة سائل الحفر على موقع FID: CYCLE DU FLUIDE SUR SITE DE FORAGE.....5
- الشكل 2.I: نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة جنوب بركين.....9
- الشكل 3.I: نموذج حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر منطقة اليزي.....10
- الشكل 4.I: صورة المستنقع قبل عملية الحفر.....11
- الشكل 5.I: صورة المستنقع بعد عملية الحفر.....12
- الشكل 6.I: يبين كيفية انتقال التلوث إلى التربة.....13
- الشكل II. 1: رسم تخطيطي لمعالجة بقايا الحفر القائمة على النفط.....19
- الشكل II. 2: الامتصاص الحراري غير المباشر بالفرن الدوار.....21
- الشكل II. 3: عملية الفرن الدوار.....22
- الشكل II. 4: تصميم وحدات M-I SWACO TCC.....23
- الشكل II. 5: ميكانيك لتوليد الحرارة TCC.....23
- الشكل II. 6: نظام الامتصاص الحراري TCC للتطبيقات البحرية أو البرية ( THERMTECH ، 2008 ).....24
- الشكل II. 7: الإعداد الأساسي لنظام استخراج السوائل فوق الحرج دفعة واحدة. (كريستوفر روبرتسون، 2010).....26
- الشكل II. 8: الإعداد الأساسي لنظام استخراج السوائل فوق الحرج المستمر لمعالجة الرمل من الماء والمواد الصلبة الملوثة. (كريستوفر روبرتسون، 2010).....27
- الشكل II. 9: صورة لجهاز SFE على نطاق المختبر. (كريستوفر روبرتسون، 2010).....27
- الشكل II. 10: مخطط تدفق العملية لجهاز SFE. (كريستوفر روبرتسون، 2010).....28
- الشكل II. 11: مجفف القطع العمودي ( MI-SWACO ، 2008 ).....34
- الشكل III. 1: المنحنى التدريجي الحبيبي للرمل النظامي [34].....41
- الشكل III. 2: الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي.....50
- الشكل III. 3: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينه 100% رمل الآبار البترولية.....52
- الشكل III. 4: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينه 100% رمل الآبار البترولية.....53
- الشكل III. 5: طاولة الهز لتجربة التشغيلية.....58
- الشكل IV. 1: يوضح آلية التحطيم بالانحناء.....62
- الشكل IV. 2: يوضح آلية التحطيم بالضغط.....63
- الشكل IV. 3: يوضح آلة الانكماش.....64
- الشكل IV. 4: منحنى يوضح مقارنة نتائج الانحناء في الدراسة الحالية والدراسة السابقة.....66
- الشكل IV. 5: أعمدة بيانية توضح مقارنة نتائج الانحناء بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة.....66
- الشكل IV. 6: منحنى يوضح مقارنة نتائج الضغط في الدراسة الحالية والدراسة السابقة.....68
- الشكل IV. 7: أعمدة بيانية توضح مقارنة نتائج الضغط بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة.....68
- الشكل IV. 8: منحنى يوضح نتائج تجربة لخرسانة رمل آبار معالجة بالحرارة واسمنت وخرسانة المركبة حسب دراسة سابقة.....69
- الشكل IV. 9: أعمدة بيانية توضح الكتلة الحجمية :.....70

# المقدمة العامة

### المقدمة العامة

الاسمنت هو المادة الأولية في صناعة الخرسانة والطوب والقرميد والحصى، ويدخل أيضا في بناء البيوت والطرق والجسور والسدود، فهو المورد الطبيعي الأكثر استعمالاً على الإطلاق في مجال الإنشاء، ولذا قد لا يكون من المبالغة القول إن الاسمنت 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 أخذ بالنفاذ وغير قابل لتجدد، فبحسب ما ذكره برنامج الأمم المتحدة للبيئة فإن الاسمنت المعروف باسم الركام - (ciment) - 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 الاسمنت الخاص بالبناء لتجسيد المشاريع المنجزة في مناطق العالم المختلفة خاصة الدول النامية من جهة، وفي ظل التكدس الكبير لرمال آبار البترول المعالجة بالحرارة وما تشكله 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 اسمنتية جديدة تسد أو تعوض العجز الحاصل في مادة الاسمنت، وفي هذا السياق ارتأينا إمكانية استخدام أحد الموارد المتواجدة بالمنطقة ألا وهي رمال آبار البترول المعالجة بالحرارة، حيث لم تتم أي دراسة معلنة إلى اليوم حول استعمالها في الخرسانة وكبديل للإسمنت الطبيعي. لقد أكدت معظم الدراسات المقامة حول سوائل الحفر والتي تمزج برمال آبار البترول على أنها خطيرة ومضرة بالبيئة لو تركت في الصحاري تذروها الرياح.

في هذه الدراسة حاولنا المشاركة في الإجابة على السؤال المطروح حول إمكانية استغلال رمال آبار البترول المعالجة بالحرارة في إنشاء خرسانة الرمل عن طريق تعويض مادة الاسمنت كرابط برمال الآبار البترولية المعالجة بالحرارة 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 قبل وبعد معالجتها بالحرارة لمنطقة حاسي مسعود.

وفي الفصل الثاني تطرقنا إلى كيفية استخراج الرمال البترولية المعالجة بالحرارة من خلال جمع المعلومات لمعرفة طرق معالجتها واستخراج سوائل الحفر وتحديد الخصائص لهذه المادة والمواد المركبة لها.

وأما الفصل الثالث فقد عالجت فيه خصائص المواد المستعملة في هذا البحث وصياغة خرسانة رمل آبار البترول وبالنسبة للفصل الرابع فقد تناولنا فيه مختلف سلوك خرسانة رمل آبار البترول المعالجة بالحرارة من مقاومة الانحناء ومقاومة الضغط وظاهرة الانكماش.

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

## الفصل الأول:

عموميات حول رمل آبار  
البتروول لمنطقة حاسي  
مسعود

### 1.1.1 مدخل :

عند استخراج البترول والغاز تخلف لنا عملية الحفر والتنقيب كميات هائلة من الرمال المستخرجة من الآبار البترولية، تكون هذه الرمال ممزوجة بسوائل الحفر، هذه السوائل تحتوي على مواد مضرّة بالبيئة، وعليه اقرت الكثير من الهيئات العالمية مدى خطورة هذه الرمال مما اضطرت الدول المنتجة لهذه المادة اتخاذ اجراءات وسن قوانين محكمة للتعامل مع هذه الرمال.

أجريت عدة أبحاث عالمية تقترح العديد من الحلول بإمكانية استعمال رمال الآبار البترولية بعد معالجتها بالحرارة لاستخراج المواد الكيميائية (الزيوت والشحوم). [1]

يعتبر البئر فوهة عميقة يحفرها الإنسان للوصول إلى باطن الأرض ليستخرج منها مواد سائلة أو غازية مثل الغاز أو النفط أو الماء، وآبار الماء هي الأكثر شيوعًا، وقد يصل هذا الحفر إلى عمق كيلومترات، وذلك بواسطة آلات ومعدات حفر ذات تكنولوجيا عالية تسمح لها بثقب قشرة الأرض [2].

حيث تم حفر أول بئر للتنقيب على النفط في 27 سبتمبر 1859 بواسطة الأمريكي ادوين دريك بمدينة بنسلفانيا الأمريكية، والتقنية الكلاسيكية كانت في بداية القرن العشرين واخترعها لوكاس وشهدت عمليات الحفر في تكساس تطورًا كبيرًا في آلية عملها، 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 وإعطائه اهتمام كبير [3].

يعود أصل كلمة بترول (petroleum) من اللغة اللاتينية وهي عبارة عن مقطعين (petra) وهي الصخر و(oleum) تعني الزيت وباللغة العربية تعني زيت الصخر أو الزيت الخام (للتمييز بينه وبين زيوت الخضروات وشحوم الحيوانات) كما يسمى أيضا بالذهب الأسود وأحيانًا يسمى نافثًا من اللغة الفارسية (نافث أو نافثًا والتي تعني قابليته للسريان). ويطلق مصطلح بترول بصورة عامة على جميع المواد الهيدروكربونية التي تتشكل بصورة طبيعية، ولكن بالمعنى التجاري المحدد يطلق مصطلح النفط الخام على المواد السائلة والنفط الخام عبارة عن مواد هيدروكربونية سائلة دهنية لونها المخضر المائل إلى البني والأصفر كما تختلف لزوجته وبالتالي كثافته النوعية أما المواد الهيدروكربونية الغازية فهي التي تكون الغاز الطبيعي.

وقد تتواجد هذه المواد السائلة (النفط الخام) والغازية (غاز طبيعي) بجانب بعضها البعض في حوض بترولي واحد كحقول كركوك في العراق وقد تنفرد في وجودها كحقول الغاز في الجزائر.

إن مادة النفط بصورته السائلة أو الغازية تتواجد في باطن الأرض، لذلك تكون هناك مواد أخرى منها العالقة أو المختلطة مع البترول الخام خاصة مثل المياه، الأملاح، الكبريت، الرمال والشمع... إلخ، لذلك لا يمكن استعمال

## الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

واستهلاك النفط كمادة خام إلا بعد تصفيته أو تكريره، ويعتبر النفط الجزائري من أفضل الأنواع من حيث درجة نقاوته من الكبريت[4].

### 2..I. مواصفات حفر البئر:

تتمثل عملية حفر البئر في عدة مراحل حيث تمتاز كل مرحلة بقطر وعمق معين ونوع سائل مستعمل للحفر. ويختلف باختلاف نوع الطبقات المتشكلة وخصائصها.

### 3.I. أنواع الحفر (Types de forage):

#### 1.3.I. الحفر باستخدام محركات توربينية (Turbo Drilling):

وهي عبارة عن محركات حيث تعمل بطاقة سائل الحفر الذي يضخ من خلال مجموعة مواسير الحفر[5].

#### 2.3.I. الحفر الدوراني (Rotary, Drilling) :

نتيجة للحمل على رأس الحفر ودوران رأس الحفر على القاع في نفس الوقت، وهي الطريقة المستخدمة الآن في قطاع النفط، تتكسر الصخور الموجودة في قاع البئر. تصبح أسنان رأس الحفر مغروسة في الصخر نتيجة للحمل، ونتيجة لدوران رأس الحفر، تتكسر الصخور وتنزلق وتُزال. عن طريق المعالجة الفيزيائية والكيميائية لسائل الحفر قبل استقراره في الدوران [5].

#### 3.3.I. الحفر المطرقي :

تعتبر هذه الطريقة الأولى التي طبقت لاستخدام النفط لكن هذه الطريقة مستخدمة في مجال الصناعة النفطية<sup>1</sup>.

### 4. I. سائل الحفر (drilling fluid):

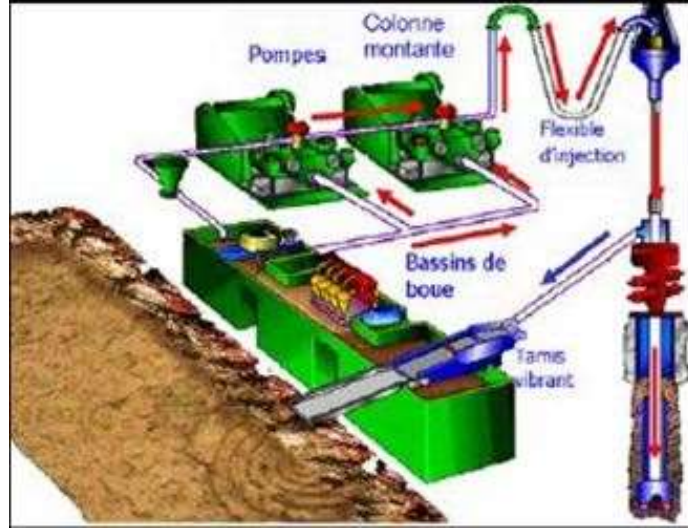
#### 1.4.I. تعريف :

سائل الحفر وما يعرف أيضا بطفلة الحفر أو طمي الحفر. هو 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 و مواد معدلة للتوتر السطحي (جزئيات برمائية والاسمنت) و مواد أخرى.

تم تقديم سائل الحفر في الأصل في مؤتمر النفط الدولي الافتتاحي في عام 1933 بعد الميلاد، ونشر Infanzurid أو لمعالجة حول إنشاء السوائل في عام 1936. حدد معهد البترول الأمريكي (APL) سائل الحفر في عام 1979 على أنه سائل للتداول المستمر داخل وخارج البئر أثناء الحفر. يتم تحضير السائل في خزانات

## الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

خاصة وحقته في القضبان حتى رأس الحفارة الدوارة. وهي محملة بالغبار وحثالة الصخور عندما تخرج منا لبئر. يخضع للعديد من المعالجات، منها الغريلة والتخفيف وإضافة المواد التي تزيل الجسيمات العالقة في السائل، وإعادة ضبط خواصها الفيزيائية والكيميائية حتى تعود إلى قيمتها الأصلية وحالتها الأصلية. [3].



الشكل 1.I: دورة سائل الحفر على موقع **FID**: cycle du fluide sur site de forage

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

نظرًا لوجود تقاطعات وتداخلات لطبقات وسوائل مختلفة، عادة ما يتم تصنيف سوائل الحفر وفق المرحلة المرور داخل البئر.

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

هو سائل زيتي مشتق من الصخر الزيتي الذي يحصل على صفاته المتلى بعد دورات متعددة فيا لبئر. تم بناء هذا النوع بحيث يكونا لزيت هو الشق المستمر فيه. زيت الديزل هو المصدر الأكثر استخدامًا للتشقق الزيتي. يستخدم هذا النوع بشكل شائع في طبقات الطين المنتفخة لأن الطين السائل ذو الأساس المائي يمتصا لماء ويتضخم، مما يجبر الأنابيب على الالتصاق. [6].

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

نظرًا لأن سائل الحفر المنتظم لا يمكن أن يوفر وسيطاً لدوران المناسب فيظل إعدادا تحفر معينة، يتم استخدام الهواء أو الرغوة أو الغاز لحفر بعض الآبار حيث تحدث هذه الظروف غير العادية.

## الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

### 3.4.I. مهام سائل الحفر :

1. تشحيم وتبريد ريشة الحفر ومجموعة مواسير الحفر.
2. يتم إزاحة فتات الصخور ونقلها من قاع البئر إلى السطح.
3. تساعد في الحصول على المعلومات من البئر.
4. الاحتفاظ بالفتات معلق طوال فترة إيقاف الدوران.
5. التحكم في ضغط الطبقة الجوفية.
6. استخدام غطاء غير منفذ لتغطية جدار البئر (Mud Cake or filter cake).
7. تقليل حمل أو ضغط جهاز الحفر.
8. التخلص من مخلفات الحفر وحبوب الرمل على السطح.

### 4.4.I. مكونات سائل الحفر :

1. **النشاء (Starch):** له الصيغة الكيميائية  $(C_6 H_{10} O_5)_n$  ويستخدم كعامل اختزال في ترشيح السوائل، خاصة فيطبّق في المياه المالحة والمشبعة. [7].
2. **هيدروكسيد الصوديوم (Na OH):** يتم استخدامه لإزالة تأثير أيون الكالسيوم على الطين وأيون الكالسيوم الثاني أثناء حفر الطبقة لأنه يقلل من PH ويزيد من اللزوجة والقوة الجيلاتينية. [7].
3. **الصودا الكاوية (Coustic Potash):** إنها مادة ذات الصيغة الكيميائية NaOH التي تتحكم في قلوية مائع الحفر وتمنع تكثف الجسيمات وانهيار المواد المكونة لبقية المواد المستخدمة. [7].
4. **الباريت (Barite):** وهو معدن مركب من كبريتات الباريوم  $(Ba so_4)$ ، 65.6% من  $Ba_0$  و34.4 من  $so_3$ ، يستخدم لرفع وزن سائل التلميع أو الحفر، وبالتالي زيادة الكثافة. [6].
5. **البنتونيت (Béntonite):** يتواجد بشكل طبيعي في صورة سيليكات الألومنيوم المائية.  $(H_2O, 4Sio_2, AL_2 O_3)$ ، يتم استخدامه لتحسين لزوجة مائع الحفر أو الطين مع تقليل ترشيح الماء. تتميز هذه المادة بقدرتها على الترطيب. [7].
6. **كاربوسمي مثيل السليلوز (Méthyle\_ Cellulose):** إنه جزيء عضوي وأحد مشتقات السليلوز مقروناً بمجموعات هيدروكسيل معينة. لها الصيغة الكيميائية التالية:  $(CH_2\_CO_2H)$  يتم استخدامه لتنظيم تسرب المياه. [7].

## الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

7. **المواد المزيّنة:** على سبيل المثال، الزيت الخام عبارة عن هيدروكربون مشبع بهياكل حلقيّة تحتوي على خمس إلى سبع ذرات كربون، والصيغة العامة لهذه المواد هي  $C_n H_{2n}$ .  
- زيت الغاز أو الديزل هو مزيج هيدروكربوني.  $C_{14}H_{30}$  [7].

أخيرًا، نظرًا لأن تكنولوجيا مائع الحفر والكيمياء أصبحت أكثر تعقيدًا، ظلت فكرة مائع الحفر ثابتة. يعتبر سائلًا لحفر أم را بالغ الأهمية لنجاح عملية الحفر لأنه يحسن الاسترداد ويقصر الوقت اللازم لإكمال المهمة. [7].

### 5.4.1. التركيب الكيميائي لسائل الحفر :

يتم تحديد التركيب الكيميائي لسوائل الحفر المستخدمة بجميع أنواعها من خلال اكتشافها وتطويرها من خلال الاحتكاك مع طبقات مختلفة، وكذلك عملية إعادة التدوير. يحتوي على عدد من المواد الخطرة التي لها تأثير سلبي على البيئة، مثل التلوث وتلف التربة، وأهمها:

1. (Attapulgit) Colloidesmineraox.

2. كلوريد الصوديوم (Na cl) بما لا يزيد عن بضعة جرامات لكل لتر

3. سوائل معدنية وعضوية (الجير\_ والصودا) [8].

4. البنتونيت (Coloïdale d'argil) بمعدل 30 إلى 70 جرام لكل لتر

5. (Amidon) Colloides Organiques.

### 6.4.1. خصائص سائل الحفر :

تعتمد دراسة نوعية سائل الحفر بشكل عام على عدة عوامل أهمها: الترشيح، اللزوجة، الحموضة، الكثافة، والقاعدية.

1. **الترشيح (Filtration):** هو المسؤول عن إمكانية تقليل نفاذية الجزء المخترق من الطبقة الممتلئة بجدار البئر، وبالتالي يعمل على تقليل تسلل واختراق المواد السائلة أو الأحجام اللينة إلى الطبقة عن طريق تكوين طبقة من المواد الصلبة الخشنة على جدار البئر المعروف باسم كعكة العصارة، والذي يعمل على تقليل تغلغل هذه السوائل والمواد اللينة في الطبقة ويعمل على دعم جدار البئر وتقليل [9].

2. **اللزوجة :** وهي مسؤولة عن نقل فتات الصخور من قاع البئر إلى غربال الصخور، وكذلك الحفاظ على سوائل الحفر متماسكة عند تعرضها لأي مؤشر خارجي، وكذلك الحفاظ على سوائل الحفر معلقة عند الدوران أو حتى عندما تظل ثابتة دون تحريك. يؤدي تقليل اللزوجة إلى ما دون القيم المسموح بها إلى العديد من المشاكل، بما في ذلك عدم قدرة السائل على رفع ونقل فتات الصخور، كما أن زيادة اللزوجة يسبب مشكلة تجعد

## الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

فتات الصخور حول أسنان الحفارة، مما يزيد من وقت تغلغل الطبقة وحفر الآبار و كذلك تقصير عمر الحفارة، ويتم التحكم في هذه الميزة من خلال التحكم في كمية البنتونايت المضافة إلى السائل.

**3. 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.

في حالة انخفاض الرقم الهيدروجيني لسوائل الحفر، ترتفع الحموضة، مما يؤدي إلى تآكل وإتلاف خيط الحفر والمعدات التي تمر من خلالها هذه السوائل، ويزيد من تلوث سائل الحفر. وظائفه في سوائل الحفر، ذات قيمة PH مقبولة تتراوح من (8.5 إلى 12.5). [9].

**4. القوة الجيلاتينية:** عندما تكون جزيئات المانع في حالة سكون، فهي القوة الجاذبة لجزيئات السائل، والقوة الجيلاتينية مطلوبة في طين الحفر للحفاظ على المواد الصلبة معلقة عند توقف الدورة الدموية.

**5. الكثافة:** هي المسؤولة عن توليد الضغط الهيدروستاتيكي لسوائل الحفر على المستويات المختلفة من أجل الحفاظ على توازن ضغط الممكن مع ضغط مائع الحفر، ويجب أن يكون الفرق بين الضغطين مساوياً للصفر لتجنب تسرب السوائل وفقدان السوائل. [9].

**6. القاعدية Alkalinity:** يساعد التحكم في الأساسيات وإبقائها في المستوى المطلوب في إنتاج طين جيداً للتحكم من جميع الجوانب. يحدد تركيز أيونات الهيدروكسيل الأساسيات. كلما ارتفع أيون الهيدروكسيل، كان الطين ومقاومته أفضل لجميع الملوثات، مثل دخول الكربونات أو غاز ثاني أكسيد الكربون أو الأسمتنت. [9].

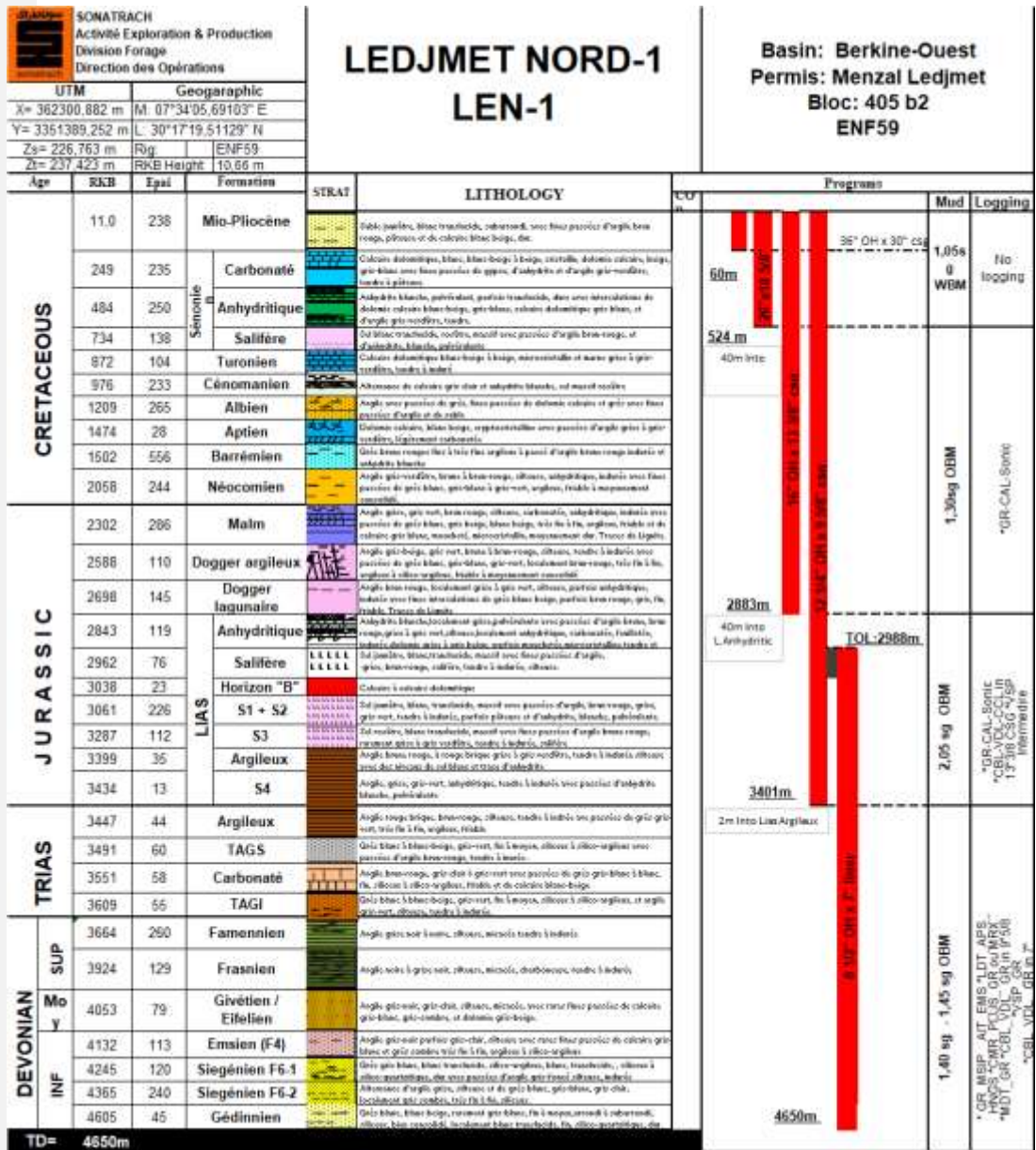
### 5.I. حجم الرمال الملوثة المستخرجة من بئر واحد :

إن الرمل المستخرج من آبار النفط نتيجة لعملية الحفر كبير الحجم، لكن لايزال تلوث هذه الرمال بسائل الحفر الذي يساعدنا في عملية الحفر واستخراج الرمال يمثل مشكلة. يظهر حجم هذا الرمل المستخرج من بئر واحد فقط في الجدول أدناه.

الجدول 1.I: كمية الرمل الملوث المستخرج من بئر واحد.

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

الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود



الشكل 2.1: نموذج حجم الأرض الملوثة المأخوذة من بئر في جنوب بركين.

الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

Plateforme :		TAMADANET NORD			Basin: ILLIZI	
X = 526500,02 m		Ordovicien-5			Permis: TINRHERT	
Y = 3160499,98 m		TMNO-5 (F-27)				
Z1 = 672,8 m						
Top (m)	Stratigraphie	Unités	Rock Description	Unité	Casing Profile	Drilling Fluids
48	CRETACEOUS	TURON	Calcaire	Calcaire dolomitique. Argiles plastiques à forte présence de gypse	20" x 18.50"	WBM 1.05-1.08 sg
128			MARNES			
228		CENO	ARGILE A GYPSE			
316		Serie IN AKAMIL				
316	CRETACEOUS	TAOURENINE	ALBIEN SUP	Sable et argile	17" x 15.30" Csg 4172 P110 BTC	KCL 1.05-1.11 sg
400			APTIEN MOY	Argile et passées de dolomie		
			BARREMIEN	Sable a passées d'argile		
			NEOCOMIEN	Argiles et sable		
310	JURASSIC	ZARZAITINE	MALM	Argiles et sable	12.14 x 9.50" Csg 4172 P110 BTC	OBM 1,05-1,08sg
310			DOGGER ARG SUP	Argile, sable et gres		
734			DOGGER LAGU MOY	Argile, passées de gres et dolomie		
			Argile Colomique	Argile, anhydrite, dolomie et gres		
850	TRIAS	LIAS	Esai Salfere	Argile, trace dolomie, passeegres	8.12" x 7" C56 328 P110 BV	OBM 1,01-1,03sg
			Argileux	Argile, et passées de sable		
			Arglo-gresieux sup	Sable et argile		
1040	CARBONIFEROUS		TIGUENTOURNE	Argile, sableuse parfois dolomitique	8" x 4.12" liner	OBM 0,93-0,98sg
1140			WESTPHALIEN "F"	Calcaire, dolomie argileuse, argile		
1228			WESTPH-NAMURIEN "E"	Marne, calcaire, anhydrite, argiles		
1320			NAMURIEN "D"	Aargile dolomitique, gres, calcaire		
1480			VISEEN "C"	Argile, gres fin, calcaire, pyrite, fossile		
1827			VISEEN "B"	Argile, gres fin, calcaire, pyrite		
2170			TOURNAISIEN "A"	Argile, gres fin, fossile, dolomite, pyrite		
2423	DEVONIAN		F2	Gres fin a grossier, argile, fissures	TOL @2959m	OBM 1,01-1,03sg
2464			Serie ARGLEUSE	Argilefoncée, gres fin, calcaire, pyrite		
2679			Reservoir F4	Alfrencez gres fin et argile foncée		
2712	SILURIEN	F6	Argiles-Intermédiaire	Argile foncée silteuse, gres clair	OBM 1,01-1,03sg	
2728			Unité C			
2728			Unité B			
2770			Unité A	Grès et argile sableuse		
2870			Unité M2	Grès blanchâtre, argile silteuse		
2900	Unité M1	Grès a bitume, argile foncée, pyrite				
3119	Silurien Argileux	Argile noire charbonneuse, grès-silteuse				
3119	CAMBRO-ORDOV		Unité IV	Grès avec passées d'argiles	OBM 0,93-0,98sg	
3210			Unité III	Argiles noire avec rares fines passées de grès		
3380			Unité II	Grès gris blanc avec passées d'argiles		
3400	BASEMENT		Roches métamorphiques			
3420	TOTAL DEPTH					

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

## الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

### I. 6. نتائج تحليل التربة المعالجة حراريًا [11]:

تستند نتائج تحليل التربة، التي أجرتها شركة (MI-SWACO) في حاسي مسعود، إلى وجود نسب المعادن الثقيلة المبيّنة في الجدول أدناه:

الجدول 2.I: نتائج تحليل التربة المعالجة حراريًا.

Echantillons	Métaux lourd : concentration (en mg/ kg)				
	Plomb الرصاص	Cuivre النحاس	Cadmium (cd)	Zinc الزنك	Mangnèse المانغنيز (Mn)
Cutting Non Troités	380	00	2.00	275.0 0	30.00
Cutting Troités	326	0.40	3.00	395.0 0	40.00

### I. 7. التأثيرات والأضرار على البيئة والإنسان:

يتم استخدام عدد من المواد الكيميائية في صياغة سائل الحفر في قطاع استغلال النفط. هذه أنواع مميزة من المكونات السامة والقابلة للتحلل. إنها معايير سيئة التحديد توجد في الطبيعة، بالإضافة إلى الهيدروكربونات (مثل الديزل) التي تشكل السائل الزيتي الرئيسي، بالإضافة إلى مجموعة من المواد الأخرى ذات الإضافات الخاصة (المواد الخافضة للتوتر السطحي، والبوليمرات ...) التي يمكن أن تكون وجدت في موقع الحفر، ولكن هذه النفايات المرفوضة عادة ما يتم تخزينها في مكان يسمى المستنقع (Bour bié) (3) Khoadj<sup>+</sup>(12).



الشكل 4.I: صورة المستنقع قبل عملية الحفر.

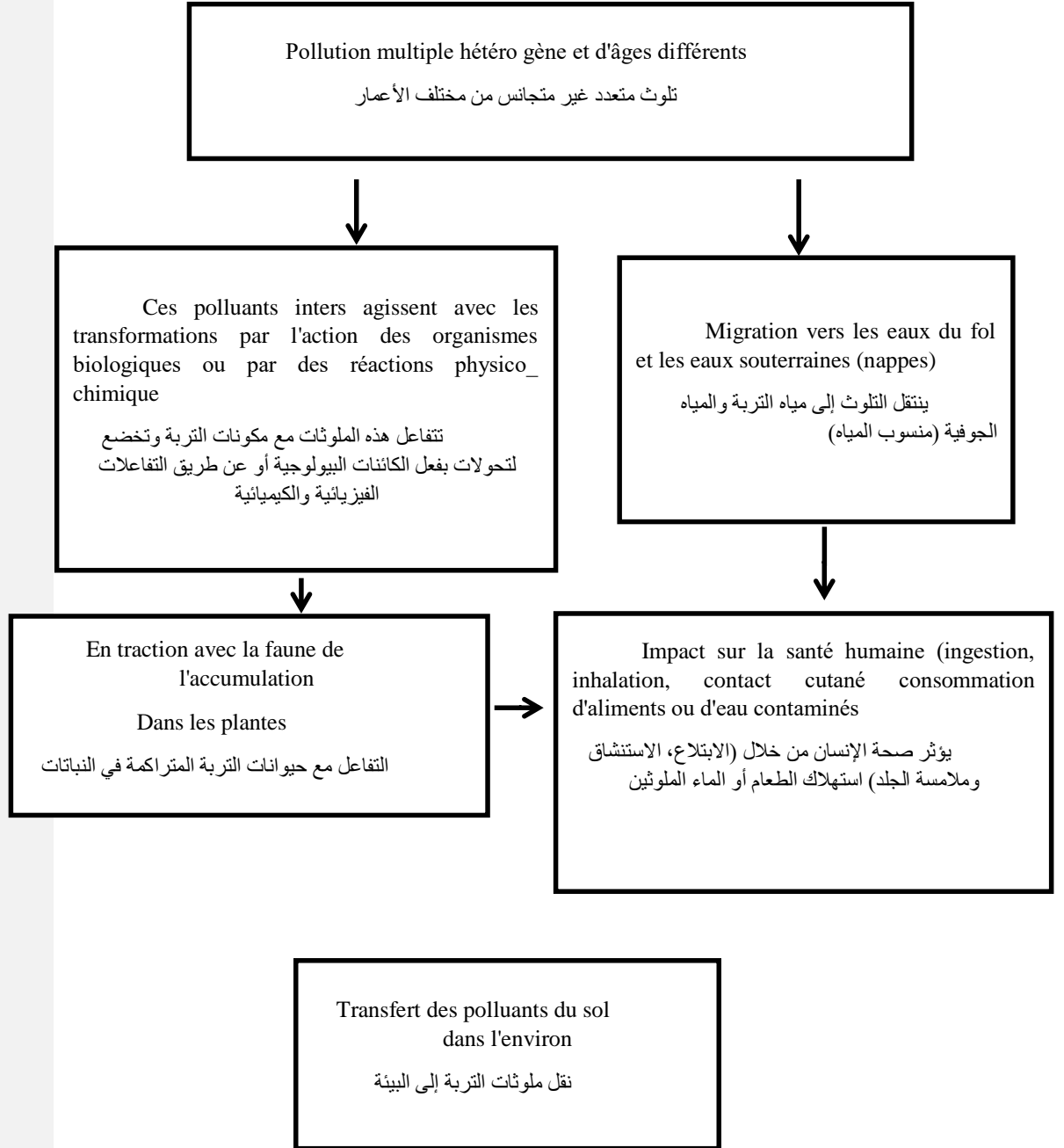
## الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود



الشكل 5.1: صورة المستنقع بعد عملية الحفر.

إذا كان هذا المستنقع، فهو ملوث بالهيدروكربونات المشتقة من سائل الحفر الزيتي، وكذلك المعادن الثقيلة المشتقة من مضافات سائل الحفر. [3].

## الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود



الشكل 6.I: بين كيفية انتقال التلوث من التربة إلى التلوث.

## الفصل الأول: عموميات حول رمل آبار البترول لمنطقة حاسي مسعود

### خلاصة الفصل:

توجد العديد من الرمال في الطبيعة، والتي تنقسم إلى فئتين:

الطبيعة العادية والطبيعة غير العادية، لأن صفاتها تختلف باختلاف المصدر من جهة والحاجة إليه من جهة أخرى.

يأتي الرمل في مجموعة متنوعة من الأشكال الهندسية، بما في ذلك الأشكال الدائرية والزاوية والناعمة والخشنة، وكذلك الأحجام الصغيرة والكبيرة. بشكل عام، يعزز الرمل الخواص الميكانيكية للخرسانة بمرور الوقت، إلا أن بعض الرمال تعاني من مشكلة التدرج الجببي.

ويتكون الرمل المستخدم في الخلطة الخرسانية من نوعين: الرمل الطبيعي الذي يشمل رمل الوديان والأنهار والبحار والمحاجر، والرمل الصناعي الذي يشمل الرمل الناتج عن تكسير كتل الجبس المنصهرة في الأفران الفولاذية بشكل عام. لتثبيت استغلال هذا النوع من الرمال، يتم سن لوائح رادعة.

وفقاً لوجهة النظر هذه، كانت هنا كحاجة ملحة لاكتشاف بديل لهذه الرمال من أجل الحفاظ على النظام البيئي وتشجيع استخدام الرمال الأخرى. قد تكون رمال حفر آبار النفط خياراً جديداً واعدًا.

**الفصل الثاني:**  
**طرق معالجة رمل الآبار**  
**البتروولية**

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

### 1.II. المدخل :

مع الزيادة المستمرة في التنقيب عن النفط والغاز، سواء في الموارد التقليدية أو غير التقليدية، ارتفع ناتج حفر الحفر المستندة إلى النفط، وهو منتج ثانوي لعمليات الحفر، بشكل كبير. يتضح هذا الارتفاع في المناطق المنتجة للبترول وفي مناطق عدة مثل الجرف القاري في المملكة المتحدة (UKCS)، وغيرها من المناطق الأخرى المعنية بالحفر. حيث تنتج أنشطة الحفر البرية لشركة MI-SWACO في الجزائر وحدها آلاف من الأطنان من الرمال الملوثة النفط كل عام [1]. ومع ذلك، تم تصنيف هذه الرمال الملوثة على أنها نفايات خطرة من قبل العديد من البلدان بسبب التحديات المتأصلة التي تشكلها في التعامل معها والمخاطر المحتملة التي تشكلها على البيئة وصحة الإنسان إذا تمت معالجتها بشكل غير صحيح [2]. ونتيجة لذلك، أصبحت معالجة الرمال الملوثة بسوائل الحفر التي تعتمد على النفط مشكلة عالمية ملحة وواسعة الانتشار [3].

لمعالجة هذه المشكلة، تم تطوير مجموعة من طرق معالجة الحفر المستندة إلى النفط، بما في ذلك الامتصاص الحراري، واستخراج المذيبات، والتصلب أو التثبيت، والمعالجة البيولوجية، [4]. حيث برزت الإدارة الفعالة لنفايات الحفر كمصدر قلق بالغ في صناعة النفط والغاز. رداً على ذلك، قدمت شركة (MI - SWACO) مجموعة متطورة من التقنيات التي تمثل الجيل التالي من إدارة نفايات الحفر. نستكشف في هذا الجزء من هذه الدراسة للمكونات المختلفة والأساليب المبتكرة المضمنة في الحل الشامل، والذي يتضمن المكائن الكهربائية وأنظمة النقل الهوائية ومجموعة واسعة من أنظمة معالجة القطع وعملية حقن النفايات متعددة التخصصات وتقنيات الامتصاص الحراري الحاصلة على براءة اختراع. الهدف الأساسي لهذه الاستراتيجية يتجاوز تقليل النفايات؛ يهدف إلى تحويل مخلفات الحفر إلى مورد ثمين. ومع ذلك، نظرًا للتكوين المعقد للرمل الملوثة بسوائل الحفر القائمة على النفط وسياسات الانبعاثات الصارمة بشكل متزايد، فإن عددًا محدودًا فقط من التقنيات قادرة على إدارة هذه القطع التي يتم إنشاؤها في ظل ظروف معقدة مختلفة بشكل فعال.

لذلك، تهدف هذه الدراسة إلى توفير تحليل متعمق لسياسات الانبعاثات المتنوعة لعمليات الحفر التي تعتمد على النفط في المناطق الرئيسية في جميع أنحاء العالم. من خلال تسليط الضوء على الاختلافات في السياسات، سيتم تحقيق فهم شامل للمشهد التنظيمي. علاوة على ذلك، ستلخص هذه الدراسة البحثية طرق المعالجة المختلفة المستخدمة حاليًا لمعالجة الرمال الملوثة الحفر القائمة على النفط. من خلال فحص نقاط القوة والقيود الخاصة بكل طريقة، سيتم تقديم نظرة عامة شاملة على مشهد العلاج. أخيرًا، من خلال الجمع بين أمثلة المعالجة العملية لمخلفات الحفر القائمة على النفط من التنقيب عن النفط والبترول، إذ أننا سنناقش اتجاهات التطوير في طرق المعالجة. سيوفر هذا الاستكشاف للتطبيقات العملية رؤى حول الاتجاهات والتطورات المستقبلية في إدارة عمليات الحفر التي تعتمد على النفط.

من خلال معالجة هذه الجوانب، تهدف هذه الدراسة إلى المساهمة في معرفة وفهم معالجة الرمال الملوثة بسوائل الحفر التي تعتمد على النفط، وبالتالي تمهيد الطريق لحلول فعالة وممارسات مستدامة. في نهاية المطاف،

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

من الضروري تطوير تقنيات مبتكرة وفعالة لمواجهة التحديات التي تفرضها عمليات الحفر التي تعتمد على النفط وضمان حماية كل من البيئة وصحة الإنسان.

### 2.II. سياسات انبعاثات الحفر المستندة إلى النفط :

تُظهر معايير الانبعاث الخاصة بقطع الحفر القائمة على النفط اختلافات كبيرة بين مختلف البلدان والمناطق. على سبيل المثال، تفرض منطقة بحر قزوين في كازاخستان معايير صارمة "للانبعاثات الصفيرية"، في حين أن العديد من مناطق جنوب شرق آسيا تنظم المحتوى النفطي للعقل ليكون أقل من 10% [45]. تلعب سياسات الانبعاث هذه دورًا محوريًا في تحديد واختيار طرق المعالجة المناسبة لقطع الحفر القائمة على النفط. لذلك، يصبح من الضروري إجراء تحليل متعمق للسياسات التي تحكم عمليات الحفر المعتمدة على النفط في مناطق إنتاج النفط والغاز الرئيسية [50].

في الصين، يتم تصنيف متطلبات التفريغ البحري لأدوات الحفر القائمة على النفط إلى ثلاثة مستويات بناءً على حدود التركيز ومناطق التصريف البحرية المحددة. تتطلب منطقة الدرجة الأولى محتوى زيت أقل من 1%، ومنطقة الدرجة الثانية تتطلب محتوى زيت أقل من 3%، ومنطقة الدرجة الثالثة تنص على محتوى زيت أقل من 8%. يُسمح بتصريف الرمال الملوثة الحفر التي أساسها الزيت ضمن هذه الحدود، باستثناء منطقة بحر بوهاي حيث يُحظر تمامًا مثل هذا التفريغ [51]. ومع ذلك، هناك اختلافات في متطلبات الانبعاثات الداخلية، كما رأينا في مقاطعة سيتشوان، حيث تفرض السياسة حظراً كاملاً على تصريف منتجات الحفر المستندة إلى النفط. وضعت وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) لوائح تحظر إطلاق الرمال الملوثة الحفر المستندة إلى النفط في جميع المناطق داخل البلاد.

من ناحية أخرى، تسمح النرويج بتصريف بقايا الرمال الملوثة التي تحتوي على أقل من 1% من النفط، ولكن في بحر بارنتس، يتم تنفيذ سياسة صارمة للتصريف الصفيري.

لا تسمح البرازيل بانبعاثات الرمال الملوثة بسوائل الحفر ذات الأساس النفطي والزيوت المعدنية المنخفضة. ومع ذلك، يُسمح بتصريف الطين المعزز القائم على الزيوت المعدنية والمعتمد من قبل المعهد البرازيلي للبيئة والموارد الطبيعية المتجددة (IBAMA).

في بحر الشمال، تم تطوير سياسة الانبعاث من قبل OSPAR (لجننا أوسلو وباريس). وينص على أن الرمال الملوثة بسوائل الحفر التي أساسها الزيت يجب أن تحتوي على أقل من 1% زيت وأن تجتاز أيضاً اختبارات السمية لتحديد ما إذا كانت مصنفة على أنها مواد خطيرة. تتضمن معلمات اختبار السمية الثبات مع عمر نصف يبلغ 50 يوماً، والمسؤولية عن التراكم الحيوي مع تقسيم لوغاريتمي أوكتان-ماء بالتزامن مع 4 أو عامل تركيز حيوي 500، والسمية مع LC50 الحاد (ميت التركيز 50) أو التركيز الفعال 50 (التركيز الفعال 50) بمقدار 1 مجم / لتر، و NOEC طويل المدى (بدون تركيز تأثير ملحوظ) بمقدار 0.0 ملغ / لتر.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

في جنوب الجزائر، ولا سيما في منطقة حاسي مسعود، توجد سياسات انبعاثات محددة فيما يتعلق بقطع الحفر القائمة على النفط. في حين أن البيانات الشاملة حول سياسة الانبعاثات الدقيقة لحاسي مسعود محدودة، فمن الضروري النظر في السياق الجزائري الأوسع في فهم الإطار التنظيمي.

لقد طبقت الجزائر، بصفقتها منتجاً رئيسياً للنفط والغاز، لوائح للتعامل مع عمليات الحفر التي تعتمد على النفط والانبعاثات المرتبطة بها. تضع وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية، بالتعاون مع السلطات البيئية ذات الصلة، مبادئ توجيهية ومعايير لتنظيم التعامل مع الرمال الملوثة ومعالجته والتخلص منه لتقليل آثارها البيئية.

قد تختلف معايير الانبعاث الخاصة بالحفر المستندة إلى النفط في حاسي مسعود ومناطق أخرى من جنوب الجزائر بناءً على الظروف البيئية المحلية والمتطلبات التنظيمية. من المحتمل أن تتضمن هذه المعايير حدوداً لمحتوى الزيت في الرمال الملوثة، بالإضافة إلى إرشادات حول طرق التخلص منها أو معالجتها بشكل صحيح.

في حين أن التفاصيل الدقيقة لسياسة الانبعاثات في حاسي مسعود قد تتطلب مزيداً من التحقيق، فمن الأهمية تمكنا من النظر في السياق الأوسع لالتزام الجزائر بحماية البيئة وممارسات استخراج الموارد المستدامة. تدرك الدولة أهمية تخفيف الأثر البيئي لعمليات النفط والغاز، بما في ذلك إدارة المنتجات الثانوية مثل الرمال الملوثة بسوائل الحفر.

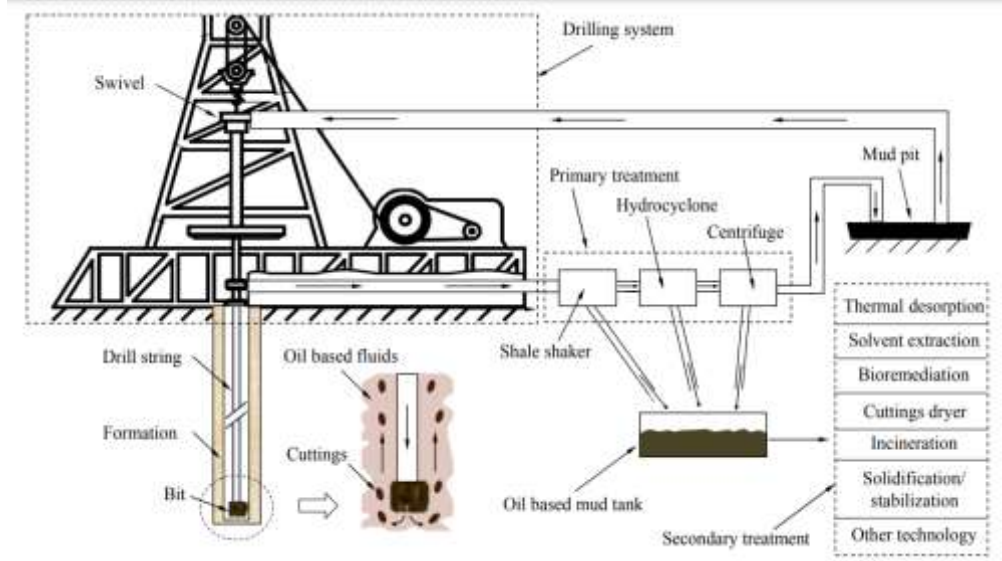
في الأبحاث أو الدراسات المستقبلية التي تركز بشكل خاص على حاسي مسعود، فإن إجراء تحليل شامل لسياسة الانبعاثات وطرق المعالجة المرتبطة بقطع الحفر القائمة على النفط في هذه المنطقة من شأنه أن يوفر رؤى قيمة حول النهج المحلي لحماية البيئة وإدارة النفايات.

يوفر فهم سياسات الانبعاثات المتنوعة ومعلومات اختبارات المقابلة لها نظرة عامة شاملة على الأطر التنظيمية التي تحكم عمليات الحفر التي تعتمد على النفط. هذه المعرفة ضرورية لاختيار طرق العلاج المناسبة وضمان الامتثال للمعايير البيئية. في الأقسام اللاحقة، سيتم استكشاف طرق المعالجة المختلفة بعمق، مع الأخذ في الاعتبار توافرها مع سياسات الانبعاثات والأمثلة العملية لمعالجة الحفر القائمة على النفط في التنقيب عن الغاز الصخري والبحري.

### 3.II. طرق معالجة بقايا الحفر ذات الأساس النفطي :

ستولد عملية الحفر كمية كبيرة من المخلفات أثناء كسر الصخور. يتم نقل بقايا الحفر إلى الأرض باستخدام سائل الحفر الزيتي، كما هو موضح في الشكل II-1.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية



الشكل II. 1: رسم تخطيطي لمعالجة بقايا الحفر القائمة على النفط.

تعتبر معالجة قطع الحفر جانبًا مهمًا من عمليات حفر النفط والغاز، مما يضمن الإدارة السليمة لمواد النفايات والامتثال للوائح البيئية. تنقسم عملية المعالجة عادةً إلى معالجة أولية ومعالجة ثانوية [50]. تهدف المعالجة الأولية إلى فصل المرحلة الصلبة لسائل الحفر عن القطع، مما يتيح استعادة سائل الحفر وإعادة استخدامه. يتم بعد ذلك توجيه النفايات الصلبة المفصولة، والمعروفة باسم الرمال الملوثة بسوائل الحفر القائمة على الزيت، إلى خزان الطين القائم على الزيت. ومع ذلك، حتى بعد المعالجة الأولية، يتراوح محتوى الزيت في الرمال الملوثة بشكل عام من 15٪ إلى 20٪ [45].

لوفاء بسياسات الانبعاثات الصارمة التي تفرض أن يكون محتوى الزيت في الرمال الملوثة بسوائل الحفر أقل من 1٪، فإن طرق المعالجة الثانوية ضرورية. تم تصميم هذه الطرق لتحقيق كل من المعالجة غير الضارة للنفايات واستعادة الزيت الأساسي وإعادة استخدامه. تتضمن المعلمات الرئيسية لتقييم فعالية المعالجة الثانوية محتوى الزيت من البقايا بعد المعالجة وكفاءة استعادة الزيت الأساسي [52].

تشمل خيارات المعالجة الثانوية مجموعة من التقنيات، بما في ذلك الامتصاص الحراري، واستخراج المذيبات، والمعالجة الحيوية، والغسيل الكيميائي، والحرق، والتصلب / التثبيت، وغيرها من التقنيات. في حين أن معدات المعالجة الأولية، مثل معدات التحكم في المواد الصلبة، موجودة بالفعل في مواقع الحفر، ينصب التركيز الآن على تطوير وتنفيذ طرق معالجة ثانوية فعالة.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

لقد تم ذكر مختلف طرق العلاج الثانوية المذكورة أعلاه. من خلال فحص وتقييم هذه الأساليب، يمكننا اكتساب رؤى حول قدراتها وقيودها وآثارها البيئية. يعد فهم الخيارات المتنوعة المتاحة للمعالجة الثانوية أمرًا بالغ الأهمية لاختيار النهج الأنسب بناءً على متطلبات تشغيلية وبيئية محددة.

من خلال اعتماد طرق المعالجة الثانوية الفعالة، تهدف صناعة الحفر إلى تحقيق الإدارة المثلى للنفايات، وتقليل التأثير البيئي لعمليات الحفر التي تعتمد على النفط، وتسهيل استعادة الموارد القيمة وإعادة استخدامها. سوف تستكشف الأقسام اللاحقة كل طريقة معالجة ثانوية بالتفصيل، وتسلط الضوء على آلياتها، وقابليتها للتطبيق، والمساهمات المحتملة في ممارسات الحفر المستدامة.

### II.4. طرق المعالجة :

#### II.4.1. الامتصاص حراري :

تقنية الامتصاص الحراري هي طريقة مستخدمة على نطاق واسع لمعالجة الرمال الملوثة بسوائل الحفر القائمة على الزيت، مع التركيز على فصل وتكثيف زيت الطور السائل داخل القطع تحت ظروف التسخين اللاهوائي. تتضمن هذه العملية تبخر الماء، والذي ينتج بخارًا لخفض درجة غليان الزيت، مما يتيح حدوث الامتصاص الحراري في درجات حرارة أقل من القيمة النظرية لتبخر الزيت.

هناك العديد من طرق نظام الامتصاص الحراري شائعة الاستخدام، بما في ذلك وحدات الأسطوانة المسخنة بشكل غير مباشر، كما هو موضح في وحدات الشكل اللولبي، ووحدات TCC المسخنة مباشرة (تنظيف القطع الميكانيكي الحراري). تقلل هذه الأنظمة بشكل فعال محتوى الزيت من المخلفات الصلبة إلى أقل من 1٪ وتسهل استرداد الزيت من خلال التكثيف.

يمكن تصنيف أنظمة الامتصاص الحراري بناءً على درجات حرارة التشغيل الخاصة بها إلى أنظمة درجات حرارة منخفضة وأنظمة درجات حرارة عالية. تعمل أنظمة درجات الحرارة المنخفضة، مثل TCC، عادةً في نطاق 250 درجة مئوية إلى 350 درجة مئوية، بينما يمكن أن تصل أنظمة درجات الحرارة المرتفعة، مثل الامتصاص الحراري غير المباشر، إلى درجات حرارة تصل إلى 520 درجة مئوية. تُستخدم أنظمة درجات الحرارة المنخفضة بشكل أساسي لمعالجة النفايات التي تحتوي على زيت خفيف، في حين أن أنظمة درجات الحرارة المرتفعة مناسبة لتقليل محتوى الزيت في النفايات المحتوية على الزيت الثقيل. وتجدر الإشارة إلى أن أنظمة درجات الحرارة المنخفضة توفر مزايا معينة:

1. إزالة سوائل الحفر عند درجات حرارة منخفضة لا يضمن فقط أن الاحتفاظ بالرمل الملوثة بهذه السوائل ويظل هذا الملوث أقل من 1٪ ولكنه يؤدي أيضًا إلى توفير كبير في الطاقة.
2. الخصائص الفيزيائية والكيميائية للزيت المستعادة تحت ظروف درجات الحرارة المنخفضة تكاد تكون دون تغيير مقارنة بنظام درجات الحرارة العالية [53].

تتطلب أنظمة الامتزاز الحراري غير المباشر عادةً منطقة تسخين كبيرة، مما يجعلها ضخمة وتستهلك كميات كبيرة من الحرارة، كما هو موضح في الشكل II.9 و 10. على النقيض من ذلك، يعالج نظام TCC هذه

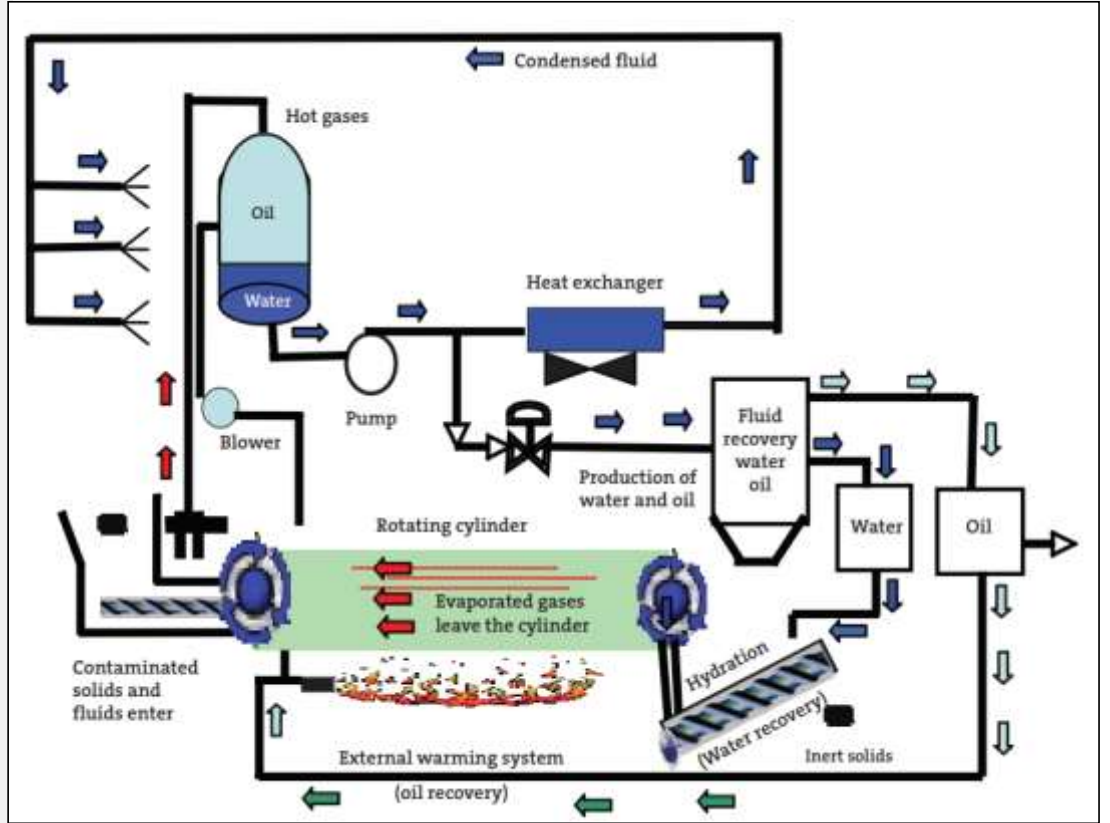
## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

المشكلات بشكل فعال ويستخدم بالإضافة إلى ذلك طحن المطرقة لتكسير الجزيئات الصلبة، وبالتالي تقليل انتشار الزيت وزيادة استخلاص الزيت إلى أقصى حد. نجح نظام TCC في معالجة أكثر من 15000 طن من الرمال الملوثة النفط في منطقة UKCS، والتي تعمل في درجة حرارة معالجة تتراوح بين 240 و 260 درجة مئوية وتحقق متوسط إنتاجية يبلغ 6 أطنان في الساعة، كما هو موضح في الشكل. II.11 و 12 و 13.



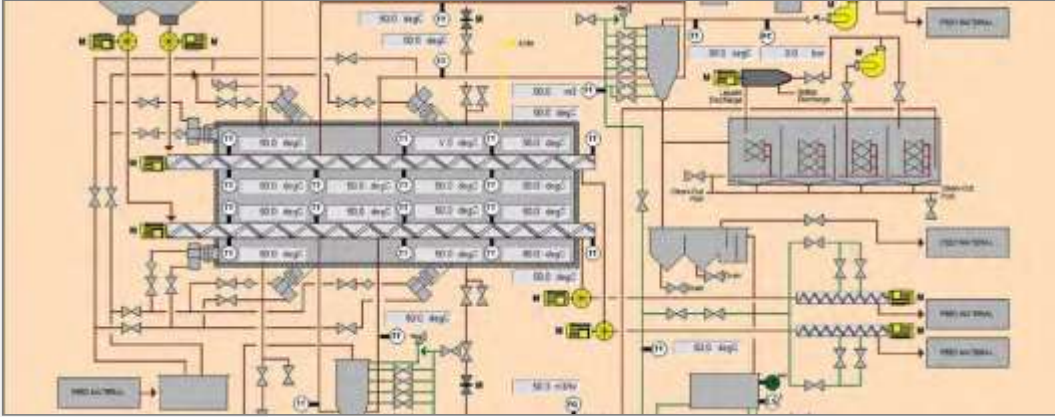
الشكل II. 2: الامتصاص الحراري غير المباشر بالفرن الدوار.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

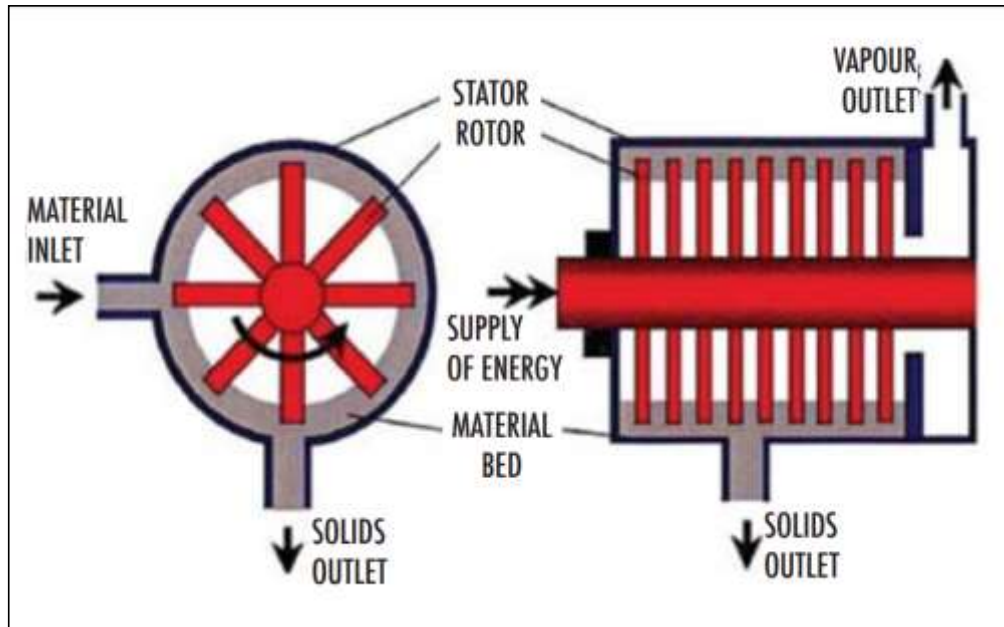


الشكل II. 3 : عملية الفرن الدوار.

حاليًا، يتم استخدام نظام TCC الذي تديره الشركات لمعالجة ما يقرب من 50000 طن من الطين النفطي سنويًا في الجنوب الشرقي الجزائري [54]. هذا يمثل التطبيق العملي وفعالية تقنيات الامتصاص الحراري في عمليات التنقيب عن النفط والغاز على نطاق واسع. من خلال استخدام طرق الامتصاص الحراري، يمكن لصناعة الحفر معالجة الرمال الملوثة بسوائل الحفر القائمة على النفط بشكل فعال، وتقليل تأثيرها على البيئة، واستعادة الموارد القيمة.



الشكل II. 4: تصميم وحدات TCC SWACO M-I.



الشكل II. 5: ميكانيك لتوليد الحرارة TCC.



الشكل II.6: نظام الامتصاص الحراري TCC للتطبيقات البحرية أو البرية (Thermtech، 2008)

#### II.2.4.2. الاستخلاص بالمذيبات :

ظهرت السوائل فوق الحرجة، مثل ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) والبروبان، كمستخلصات واعدة لاستخراج الزيت من هذه القطع. يستكشف هذا الجزء مبادئ وتطبيقات تقنيات استخراج الغازات فوق الحرجة والمسال، ومزاياها، وتحدياتها، وإمكانياتها لتحسين إدارة النفايات في الصناعة.

يمكننا تقديم فهم مفصل لتقنيات استخراج الغاز فوق الحرج والمسال كما هو موضح في الشكل II.14.

#### II.1.2.4. السوائل فوق الحرجة خصائص وتطبيقات فريدة :

✓ توجد السوائل فوق الحرجة، مثل ثاني أكسيد الكربون والبروبان، في حالة بين الغاز والسائل، وتجمع بين قدرة الاحتراق العالية والكثافة الكبيرة وقابلية الذوبان.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

- ✓ تُستخدم تقنية CO2 فوق الحرجة بشكل أساسي لاستخراج النفط من الرمال الملوثة بسوائل الحفر التي تعتمد على النفط. كما هو مبين في الشكل. II.15.
- ✓ تتضمن ظروف التشغيل ضغطاً مرتفعاً (14.5 ميجا باسكال) ودرجات حرارة مرتفعة (حوالي 40 درجة مئوية).

### II.2.4.2. عملية استخراج ثاني أكسيد الكربون فوق الحرجة لاستعادة النفط :

- ✓ تتضمن العملية خلط سائل الحفر القائم على النفط مع ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج لاستخراج الزيت من القطع.
- فك الضغط والامتصاص يفصلان الزيت عن المذيب، مما يسمح بإعادة استخدام كلا المكونين.
- ✓ تتطلب العملية ضغطاً عاليًا وظروف درجة حرارة عالية من أجل الاستخراج الفعال. كما هو مبين في الشكل. II.16.

### II.3.2.4.3. التحديات والبديل : استخراج الغاز المسال.

- ✓ يحل استخراج الغاز المسال محل ثاني أكسيد الكربون بغازات مثل البروبان والبيوتان للتغلب على تحديات استخراج ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.
- ✓ تم استخدام البيوتان بنجاح عند 250 كغ لكل  $10^3 \times 645.16 \text{ m}^3$  ودرجة الحرارة المحيطة لتقليل محتوى الزيت بشكل كبير في منتجات الحفر.
- ✓ يظل السائل الأساسي المستعاد دون تغيير في الجودة، مما يتيح إعادة استخدامه في عمليات الحفر.

### II.4.2.4.4. مزايا وإمكانيات استخراج الغاز فوق الحرج والمسال.

- ✓ يوفر استخراج الغاز فوق الحرج والمسال كفاءة استخراج النفط والقدرة على إعادة استخدام كل من المذيبات والزيوت المستخرجة.
- ✓ يتم الحفاظ على جودة السائل الأساسي أثناء عملية الاستخراج، مما يسمح بإعادة استخدامه.
- ✓ يوفر استخراج الغاز المسال بديلاً للظروف الصعبة المرتبطة باستخراج ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.

### II.5.2.4.5. التطورات وأفاق المستقبل:

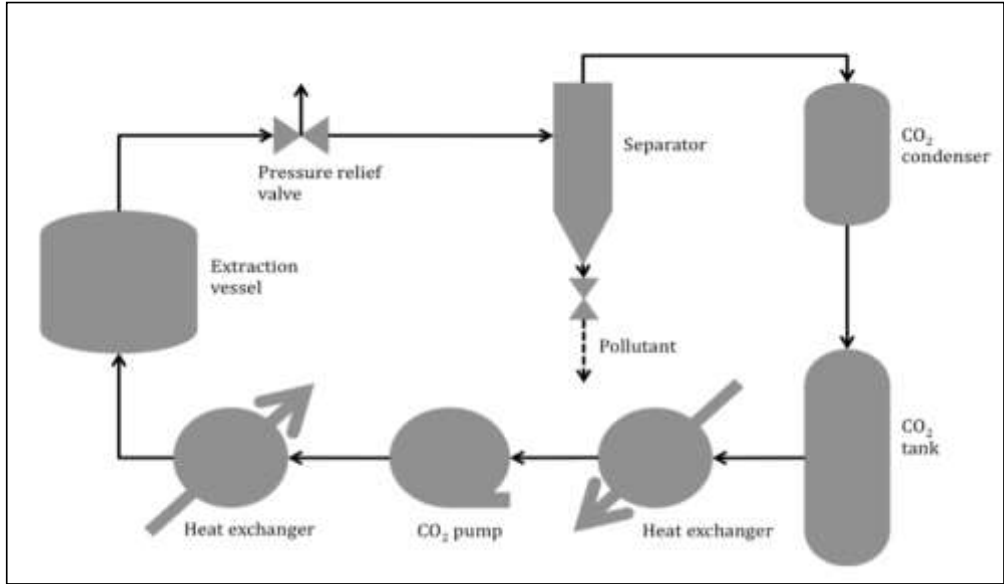
- ✓ يمكن أن يؤدي البحث والاستكشاف المستمران لطرق استخراج الغازات فوق الحرجة والمسال إلى مزيد من التقدم في معالجة حفر الحفر المستندة إلى النفط.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

✓ تمتلك هذه التقنيات إمكانات هائلة لتقليل النفايات، وتقليل التأثير البيئي، وتعزيز الاستدامة في صناعة النفط والغاز.

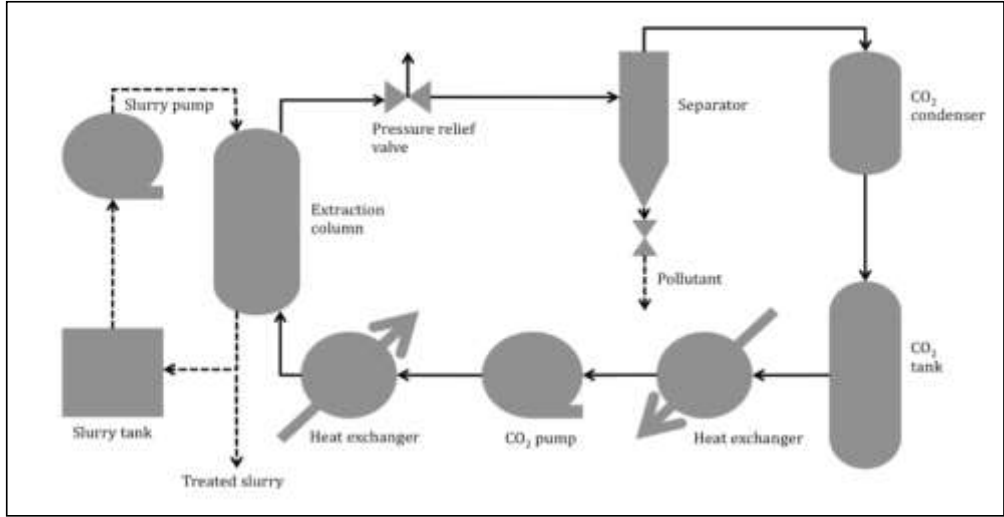
✓ إن تسخير قوة استخراج الغازات فوق الحرجة والمُسال يعزز اتباع نهج أكثر كفاءة ومسؤول بيئيًا لإدارة عمليات الحفر التي تعتمد على النفط.

من خلال تبني هذه التطورات، يمكن لصناعة النفط والغاز اعتماد نهج أكثر استدامة ومسؤولية بيئيًا لإدارة عمليات الحفر القائمة على النفط، وتقليل النفايات وتقليل التأثير البيئي. من خلال تسخير قوة استخراج الغازات فوق الحرجة والمُسال، يمكن للصناعة أن تتحرك نحو نهج أكثر كفاءة ومسؤول بيئيًا لإدارة عمليات الحفر القائمة على النفط.

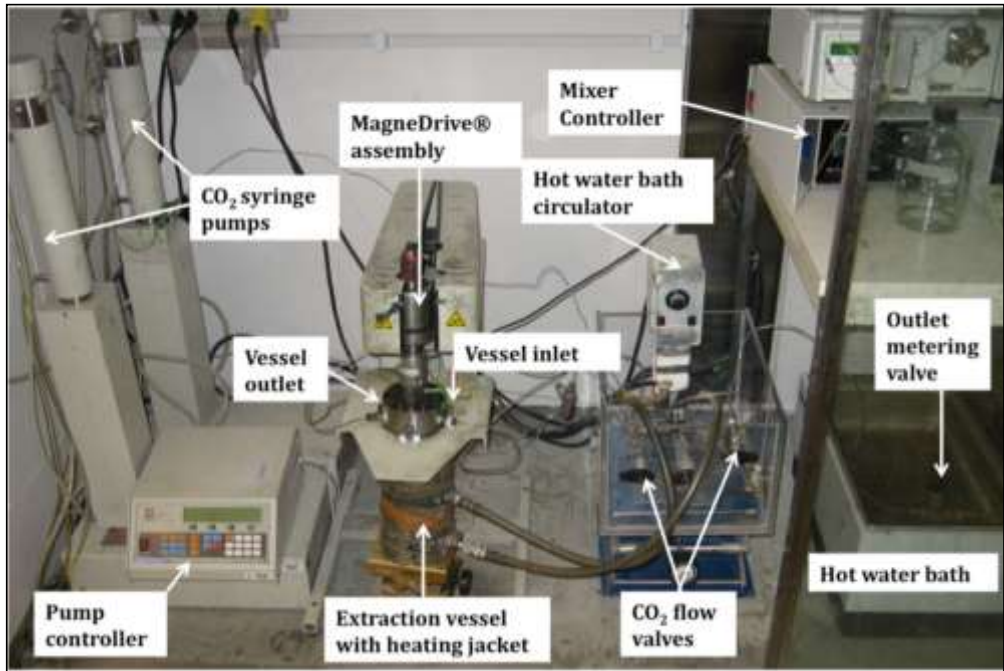


الشكل II.7: الإعداد الأساسي لنظام استخراج السوائل فوق الحرجة دفعة واحدة. (كريستوفر روبرتسون، 2010).

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

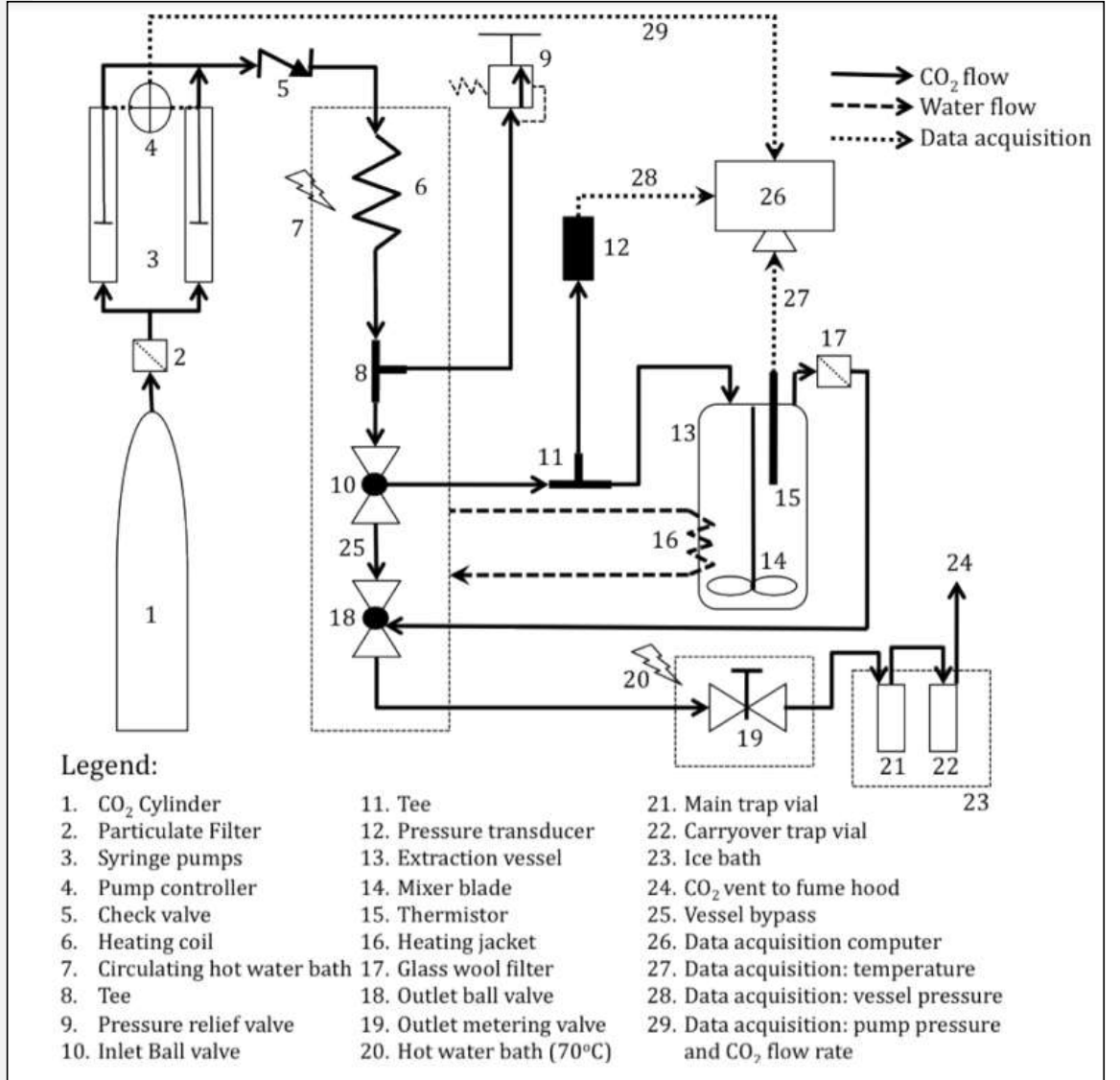


الشكل II. 8: الإعداد الأساسي لنظام استخراج السوائل فوق الحرج المستمر لمعالجة الرمل من الماء والمواد الصلبة الملوثة. (كريستوفر فروريجونز، 2010).



الشكل II. 9: صورة لجهاز SFE على نطاق المختبر. (كريستوفر روبرتسون، 2010).

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية



الشكل II. 10: مخطط تدفق العملية لجهاز SFE. (كريستوفر روبرت جونز، 2010)

### 3.4.II. المعالجة البيولوجية:

ظهرت تكنولوجيا المعالجة الحيوية كنهج واعد لمواجهة التحديات التي يفرضها التلوث الهيدروكربوني في عمليات الحفر التي تعتمد على النفط. من خلال تسخير قدرات التدهور الطبيعي للكائنات مثل البكتيريا والنباتات والفطريات، تقدم المعالجة الحيوية حلاً مستداماً وصديقاً للبيئة لمعالجة هذه النفايات.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

تشمل المعالجة الحيوية تقنيات مختلفة، بما في ذلك التسميد، وزراعة الأراضي، ونشر الأراضي، والمفاعلات الحيوية، وكلها تستفيد من العمليات البيولوجية للكائنات الحية لتحطيم الهيدروكربونات الموجودة في القطع. يتضمن التسميد التحلل الخاضع للرقابة للمواد العضوية، بما في ذلك الرمال الملوثة بسوائل الحفر القائمة على الزيت، بمساعدة الكائنات الحية الدقيقة. تشير زراعة الأراضي إلى تطبيق منتجات الحفر على التربة، مما يسمح بحدوث عمليات التدهور الطبيعي.

تتمثل إحدى المزايا الرئيسية للمعالجة الحيوية في طبيعتها الطبيعية وغير الغازية، مما يسمح بالمعالجة الأساسية وغير الضارة لشتلات الحفر التي تعتمد على الزيت. من خلال استخدام العمليات البيولوجية الطبيعية، تتجنب المعالجة البيولوجية استخدام المواد الكيميائية القاسية أو التداخلات الميكانيكية، والتي يمكن أن يكون لها آثار ضارة على البيئة. ومع ذلك، من المهم النظر في القيود والتحديات المرتبطة بهذه الطريقة.

أحد العوائق الهامة للمعالجة الحيوية هو دورة العلاج الطويلة المطلوبة. يمكن أن تتراوح مدة المعالجة البيولوجية من عدة أسابيع إلى عدة سنوات، اعتمادًا على عوامل مختلفة. يتأثر معدل التدهور بالظروف البيئية المحددة، مثل درجة الحرارة والرطوبة وتوافر الأكسجين، والتي يمكن أن تختلف اختلافًا كبيرًا من موقع إلى آخر. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤثر تكوين الرمال الملوثة بسوائل الحفر القائمة على الزيت، بما في ذلك نوع وتركيز الهيدروكربونات الموجودة، على كفاءة المعالجة الحيوية. قد تؤثر أيضًا أنواع المعالجة المختلفة في المعالجة الحيوية، مثل التسميد مقابل المفاعلات الحيوية، على الجدول الزمني للمعالجة.

قيد آخر للمعالجة الحيوية هو حساسيتها للعوامل الخارجية، وخاصة درجة الحرارة المحيطة. غالبًا ما تعتمد العمليات البيولوجية على درجة الحرارة، ويمكن أن تؤدي درجات الحرارة المنخفضة إلى إبطاء معدل التحلل. يمكن أن تؤثر هذه الحساسية لتقلبات درجات الحرارة على متانة وموثوقية المعالجة البيولوجية كطريقة معالجة.

علاوة على ذلك، فإن مساحة الأرض الكبيرة المطلوبة لعمليات المعالجة البيولوجية هي اعتبار عملي آخر. اعتمادًا على حجم العملية، قد تكون هناك حاجة إلى موارد كبيرة من الأرض لاستيعاب معالجة كميات كبيرة من حفر الحفر القائمة على النفط. يمكن أن يشكل هذا المطلب الخاص بمساحة واسعة تحديات في المناطق التي يكون فيها توافر الأراضي محدودًا أو مكلفًا.

علاوة على ذلك، من المهم ملاحظة أن المعالجة الحيوية لا تسمح باستعادة الطاقة والمواد من الرمال الملوثة الحفر التي تعتمد على النفط. على عكس طرق المعالجة الأخرى، مثل الامتصاص الحراري أو الاستخراج بالمذيبات، التي تنتج استخراج الموارد القيمة وإعادة استخدامها، تركز المعالجة الحيوية في المقام الأول على تدهور الهيدروكربونات دون التأكيد على استعادة الموارد.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

في الختام، تقدم تقنية المعالجة الحيوية نهجًا طبيعيًا وصديقًا للبيئة لمعالجة الرمال الملوثة الحفر التي تعتمد على النفط. إنه يستفيد من قدرات التحلل المتأصلة في الكائنات الحية لتحطيم الهيدروكربونات. ومع ذلك، تأتي المعالجة الحيوية مع بعض القيود، بما في ذلك دورة العلاج الممتدة، والحساسية للعوامل الخارجية مثل درجة الحرارة، والحاجة إلى مساحة أرضية كبيرة، وعدم القدرة على استعادة الطاقة والمواد. على الرغم من هذه القيود، تظل المعالجة الحيوية خيارًا علاجيًا قيمًا وقابل للتطبيق، لا سيما عند دمجها مع طرق تكميلية أخرى، ويمكن أن يساهم المزيد من البحث والابتكار في هذا المجال في تحسين فعاليته وكفاءته.

### 4.4.II. المعالجة بالحرق:

اكتسبت تقنية الحرق مكانة بارزة كطريقة لمعالجة الرمال الملوثة الحفر التي تعتمد على الزيت بشكل فعال عن طريق تعريضها لدرجات حرارة عالية تتراوح من 1200 إلى 1500 درجة مئوية. تتضمن العملية أكسدة المكونات العضوية الموجودة في المخلفات الحفرية، وتحويلها إلى بقايا خاملة. يوفر الحرق العديد من المزايا، مثل قدرته على التخلص من أنواع مختلفة من النفايات، ومنع تلوث البيئة، واستيعاب كميات كبيرة من القطع. ومع ذلك، من المهم مراعاة القيود والمساوئ المرتبطة بهذه التكنولوجيا.

أولاً، تعتبر تقنية الحرق فعالة بشكل أساسي في معالجة المكونات العضوية لمنتجات الحفر التي تعتمد على الزيت، في حين أنها تقصر في معالجة المكونات غير العضوية، بما في ذلك المعادن. يشكل عدم القدرة على معالجة المعادن تحديًا لأن هذه العناصر يمكن أن تكون خطيرة وتتطلب طرق معالجة منفصلة للتخلص السليم.

ثانيًا، تولد عملية الحرق بخارًا يحتوي على معادن تتطلب معدات إضافية لإزالة الغبار لفصلها وإزالتها بشكل فعال. تزيد هذه الخطوة المضافة من تعقيد عملية العلاج الشاملة وتكلفتها.

ثالثًا، يستهلك الحرق قدرًا كبيرًا من الطاقة لتحقيق درجات الحرارة العالية اللازمة لعملية الأكسدة. يساهم هذا الاستهلاك العالي للطاقة في التكاليف التشغيلية الإجمالية والتأثير البيئي لطريقة المعالجة.

وأخيرًا، من عيوب الحرق الملحوظة إنتاج كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين. تساهم هذه الانبعاثات في تلوث الهواء ويمكن أن يكون لها آثار ضارة على جودة الهواء والبيئة، بما في ذلك التأثيرات المحتملة على تغير المناخ.

بينما توفر تقنية الحرق التخلص الفعال من الرمال الملوثة بسوائل الحفر التي تعتمد على الزيت وتمنع التلوث البيئي، فإن العيوب المذكورة أعلاه تتطلب دراسة متأنية. يجري استكشاف استراتيجيات للتخفيف من قيود الحرق، مثل تنفيذ تقنيات متقدمة للتحكم في الانبعاثات لتقليل إطلاق الغازات الضارة. بالإضافة إلى ذلك، من الأهمية بمكان استكشاف طرق معالجة بديلة للمكونات غير العضوية لأدوات الحفر التي تعتمد على النفط لضمان ممارسات إدارة النفايات الشاملة والمسؤولة بيئيًا.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

توفر تقنية الحرق خيارًا قابلاً للتطبيق لمعالجة الرمال الملوثة بسوائل الحفر التي أساسها الزيت عن طريق تعريضها لدرجات حرارة عالية وتحويلها إلى بقايا خاملة. ومع ذلك، فإن عدم القدرة على معالجة المكونات غير العضوية، والحاجة إلى معدات إزالة الغبار الإضافية، والاستهلاك العالي للطاقة، وتوليد ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين هي عيوب ملحوظة مرتبطة بهذه الطريقة. يجب أن يتضمن النهج الشامل لإدارة النفايات استراتيجيات لمعالجة هذه القيود واستكشاف طرق معالجة بديلة لضمان ممارسات التخلص المستدامة والصدقية للبيئة لشتلات الحفر القائمة على النفط.

### 5.4.II. المعالجة بالتصلب / التثبيت:

التصلب / التثبيت هو أسلوب لإدارة النفايات يهدف إلى إدارة الرمال الملوثة بسوائل الحفر القائمة على الزيت بشكل فعال عن طريق تغليفها في شكل متآلف صلب أو تحويل الملوثات إلى أشكال أقل قابلية للذوبان أو متحركة أو سامة، كما هو موضح في الجدول II-2.

### 1.5.4.II. عمليات التصلب والاستقرار :

التصلب والتثبيت هما عمليتان أساسيتان في إدارة النفايات. يقوم التجميد بتغليف النفايات، بينما يعمل التثبيت على تحويل الملوثات.

- 1- التصلب: تعرف وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) التجميد بأنه تغليف النفايات في مادة صلبة قوية هيكلًا، إما من خلال استخدام جزيئات النفايات الدقيقة أو عن طريق احتواء النفايات داخل حاوية أكبر (تغليف دقيق).
- 2- التثبيت: يركز التثبيت على تقليل المخاطر المحتملة للنفايات عن طريق تحويل الملوثات إلى أشكال أقل قابلية للذوبان أو متحركة أو سامة.

### 2.5.4.II. تنسيق التصلب والاستقرار :

- يعد تنسيق تقنيات التصلب والتثبيت ضروريًا بشكل عام لضمان عمليات الحفر التي تعتمد على الزيت.
- 1- ضمان الاحتواء الفعال: يعد تنسيق تقنيات التصلب والتثبيت ضروريًا لضمان استمرار احتواء بقايا الرمال الملوثة التي تعتمد على النفط بشكل فعال.
  - 2- تقليل المواد الضارة: تقلل طرق التجميد / التثبيت بشكل كبير من التأثير الضار للأيونات والمواد العضوية الضارة على التربة.

### 3.5.4.II. الفوائد والتطبيقات :

في حين أن التصلب / التثبيت يوفر العديد من الفوائد في إدارة النفايات، فمن المهم مراعاة العيوب المرتبطة به.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

- 1- استخدام المنتج المعالج: يمكن استخدام الرمال الملوثة بسوائل الحفر ذات الأساس الزيتي المتصلب والمستقر لأغراض مختلفة، مثل أعمال الرصف والردم والبناء.
- 2- تقليل الأثر البيئي: تقلل تقنيات التصلب / التثبيت من إطلاق الملوثات في البيئة، مما يساهم في تحسين الاستدامة البيئية.
- 3- التدريب الكافي والالتزام ببروتوكولات السلامة ضروريان لضمان رفاحية العمال المشاركين في عملية المعالجة وللمنع أي مخاطر بيئية محتملة.

### 4.5.4.II. القيود والتحديات :

- تعتبر الإدارة الفعالة للنفايات أمرًا بالغ الأهمية في صناعة النفط والغاز، خاصة بالنسبة لعمليات الحفر التي تعتمد على النفط. تقدم تقنيات التصلب والتثبيت حلولاً لإدارة هذه النفايات. ومع ذلك، فإن تنفيذها وفعاليتها يتأثران بالعوامل الرئيسية: التكلفة العالية، ومتطلبات المساحة، ومخاطر السلامة.
- 1- التكلفة العالية: قد يكون تنفيذ تقنية التصلب / التثبيت مكلفًا، بما في ذلك نفقات المعالجة واختيار العوامل المناسبة.
  - 2- متطلبات المساحة: تتطلب طرق التصلب / التثبيت قدرًا كبيرًا من المساحة للمعالجة والتخزين، مما يطرح تحديات في المناطق ذات الأراضي المحدودة المتوفرة أو الكثافة السكانية العالية.
  - 3- مخاطر السلامة: تعتبر إجراءات المناولة والتخلص المناسبة ضرورية للتخفيف من مخاطر السلامة المحتملة المرتبطة بتقنيات التصلب / التثبيت.
- توفر تقنيات التصلب / التثبيت وسائل فعالة لإدارة عمليات الحفر القائمة على الزيت عن طريق تغليف النفايات أو تحويل الملوثات إلى أشكال أقل حركة أو سامة. تقلل هذه الطرق بشكل كبير من تأثير المواد الضارة على التربة وتمكن من استخدام المنتج المعالج في التطبيقات المختلفة. ومع ذلك، ينبغي النظر بعناية في التكلفة العالية، ومتطلبات المساحة، ومخاطر السلامة المحتملة المرتبطة بالتصلب / التثبيت. من الضروري إجراء تقييم شامل لظروف الموقع والمتطلبات التنظيمية لتحديد جدوى وملاءمة التصلب / التثبيت كخيار معالجة لشتلات الحفر القائمة على النفط.

### 6.4.II. مجفف بقايا الحفر:

ظهرت تقنية تجفيف بقايا الحفر، التي نشأت من صناعة الفحم، كحل حيوي لمواجهة التحديات التي تفرضها عمليات الحفر التي تعتمد على النفط [54]. من خلال استخدام آلية الطرد المركزي عالية السرعة، تعمل هذه المجففات على إزالة الزيت بشكل فعال من القطع، مما يتيح استعادة الموارد القيمة وتعزيز الاستدامة البيئية. يمكن تصنيف مجففات الحفر إلى نوعين رئيسيين بناءً على الاتجاه المحوري لقوة الطرد المركزي: أفقي

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

وعمودي. يمثل مجفف منتجات الحفر Vertis GTM من MI-SWACO مجففاً رأسياً، بينما يعتبر Hutchison-Hayes Dusters مثلاً على التكوين الأفقي [55].

### 1.6.4.II. القيود والتحديات :

تتمثل إحدى المزايا البارزة لاستخدام مجفف الرمال الملوثة الحفر في القدرة على استعادة الزيت من القطع المنفصلة. يمكن إعادة تدوير هذا الزيت المستعاد واستخدامه في صياغة سوائل حفر جديدة قائمة على النفط، مما يقلل الاعتماد على الموارد الطازجة ويقلل من توليد النفايات. نظراً للاستخدام المكثف لعمليات الحفر القائمة على النفط في مناطق مثل خليج المكسيك، فقد اكتسب تطبيق مجففات حفر الحفر قوة جذب كبيرة. تم إجراء العديد من الدراسات لتقييم فعالية معالجة هذه المجففات وتأثيرها على تقليل محتوى الزيت المتبقي (ROC).

### 2.6.4.II. أنواع مجففات بقايا الحفر :

- 1- المجففات الأفقية: موضحة من قبل Hutchison-Hayes Dusters، هذه المجففات تستخدم قوة الطرد المركزي في تكوين أفقي لإزالة الزيت من الرمال الملوثة، كما هو موضح في الشكل III.8.
- 2- المجففات العمودية: كما هو موضح في Vertis GTM من MI-SWACO، تستخدم هذه المجففات المثبتة عمودياً دوران عالي السرعة لتحقيق فصل الزيت بشكل فعال، كما هو موضح في الشكل II. 19.

### 3.6.4.II. فعالية معالجة مجففات الحفر :

على سبيل المثال، بعض نتائج الدراسات والتحليلات:

- 1- نتائج البحث: أظهرت الدراسات، مثل تلك التي أجراها ميلتون وآخرون، الانخفاض الملحوظ في محتوى الزيت المتبقي (ROC) الذي تحقق من خلال استخدام مجففات الحفر. أبلغت الدراسة عن انخفاض من 11.8% إلى 2.1% [56].
- 2- المعالجة على نطاق واسع: أظهر تحليل كانون وزملاؤه لمعالجات مجففات الحفر عبر 23 بئراً انخفاضاً في معدل ROC من 11.47% إلى 3.99%، مع قيم آبار فردية تتراوح من 2% إلى 6% [11].

تؤكد هذه النتائج على فعالية مجففات الحفر في تحقيق استرداد كبير للنفط وتلبية المتطلبات التنظيمية.

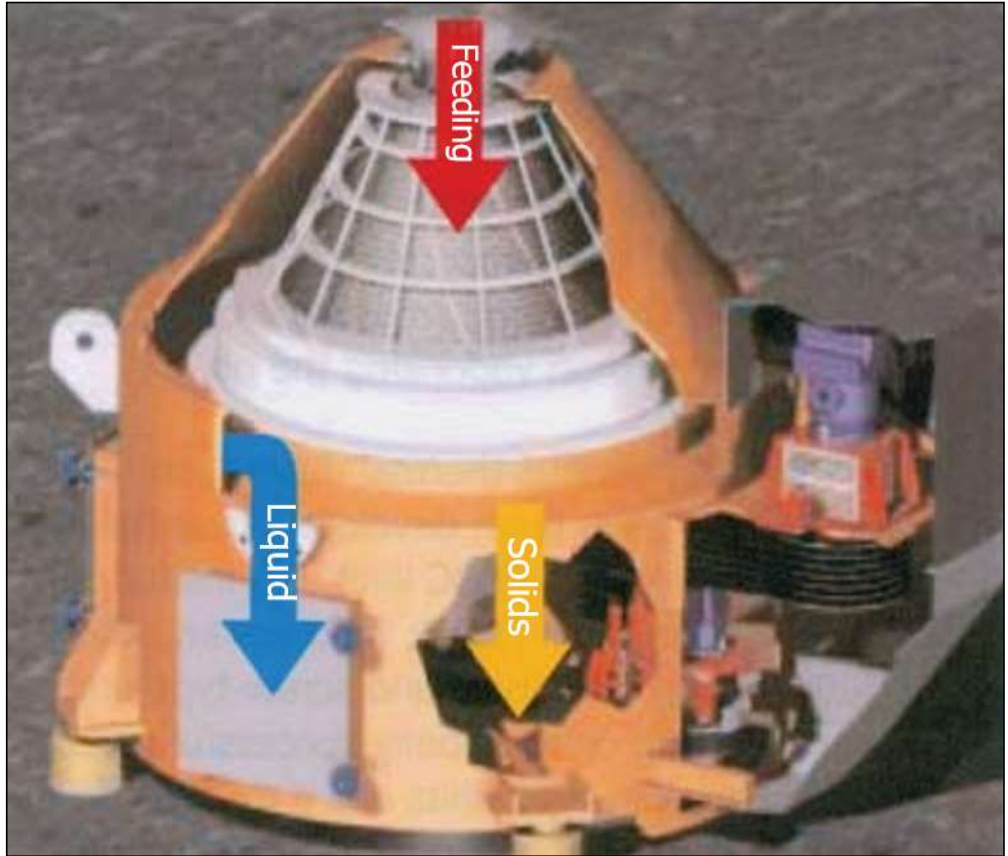
### 4.6.4.II. فعالية معالجة مجففات الحفر :

يوفر التبنّي الواسع لمجففات الحفر العديد من الفوائد لصناعة النفط والغاز. من خلال فصل الزيت بكفاءة عن الرمال الملوثة، تساهم هذه المجففات في إجمالي:

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

- 1- الاستدامة: تساهم مجففات الحفر في استدامة عمليات الحفر التي تعتمد على النفط من خلال فصل الزيت بكفاءة عن الرمال، وتقليل توليد النفايات، وتعزيز كفاءة الموارد.
- 2- الامتثال البيئي: تتوافق هذه المجففات مع اللوائح البيئية عن طريق تقليل وجود الهيدروكربون في منتجات الحفر التي يتم التخلص منها، مما يساعد الشركات على تلبية المعايير البيئية الصارمة.
- 3- الإدارة المبسطة للنفايات: يعمل دمج مجففات الحفر في عمليات الحفر على تبسيط ممارسات إدارة النفايات وتقليل الأثر البيئي المرتبط بقطع الحفر التي تعتمد على النفط.

تلعب مجففات الحفر، التي تنشأ من صناعة الفحم، دورًا مهمًا في معالجة الرمال الملوثة بسوائل الحفر التي تعتمد على النفط. من خلال آلية الطرد المركزي عالية السرعة، تتيح هذه المجففات فصل الزيت بكفاءة والاسترداد اللاحق، مما يعزز كفاءة الموارد ويقلل من النفايات. أثبتت الأبحاث المكثفة نجاحًا في الحد من ROC من خلال استخدام مجففات الحفر. علاوة على ذلك، فإن اعتماد هذه التقنيات يساهم في استدامة عمليات الحفر القائمة على النفط ويتماشى مع البيئة.



الشكل II. 11:مجفف القطع العمودي ( MI-SWACO ،2008).

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

### 7.4.II. الغسيل الكيميائي:

ظهرت تقنيات الغسيل الكيميائي كنهج واعد لإزالة النفط من الرمال الملوثة الحفر.

يشير الغسل الكيميائي إلى استخدام مواد كيميائية محددة لإذابة أو فصل الزيت عن قطع الحفر. الهدف الأساسي هو تحقيق انخفاض كبير في محتوى الزيت، مما يجعل عمليات القطع أكثر قابلية للإدارة البيئية. تشمل تقنيات الغسيل الكيميائي الشائعة في الصناعة الاستخلاص بالمذيبات والغسيل السطحي والمعالجة الحمضية. يتم استكشاف هذه الأساليب وإبراز مبادئها وآلياتها.

#### 1.7.4.II. فعالية الغسيل الكيميائي :

##### 1.1.7.4.II. كفاءة إزالة الزيت :

يتم تقييم فعالية طرق الغسيل الكيميائي في تقليل محتوى الزيت بناءً على الدراسات التجريبية والتطبيقات الميدانية. يتم تقديم أمثلة لنتائج البحث لتوضيح الدرجات المتفاوتة لإزالة الزيت التي تحققت بواسطة تقنيات مختلفة.

#### 2.1.7.4.II. العوامل المؤثرة على الفعالية :

يتم استكشاف العوامل المختلفة التي يمكن أن تؤثر على كفاءة الغسيل الكيميائي. وتشمل هذه تكوين الرمال الملوثة بسوائل الحفر، ونوع وتركيز المواد الكيميائية المستخدمة، ومعايير التشغيل (مثل درجة الحرارة ووقت التلامس)، وتقنيات الخطط. يعد فهم هذه العوامل أمرًا بالغ الأهمية لتحسين عملية إزالة الزيت.

#### 2.7.4.II. مزايا وقيود الغسيل الكيميائي :

- 1- إزالة الزيت بكفاءة: توفر طرق الغسيل الكيميائي مستوى عاليًا من الفعالية في إزالة الزيت من الرمال الملوثة الحفر. تتمتع المواد الكيميائية المحددة المستخدمة في العملية بالقدرة على إذابة الزيت أو فصله، مما يؤدي إلى تقليل محتوى الزيت بشكل كبير في الرمال الملوثة.
- 2- تعدد الاستخدامات: يمكن تكييف تقنيات الغسيل الكيميائي لأنواع مختلفة من الرمال الملوثة الحفر التي تعتمد على الزيت، مما يجعلها مناسبة لمجموعة واسعة من التطبيقات. يسمح هذا التنوع بمعالجة فعالة لأنواع مختلفة من تلوث الزيت.
- 3- فعالة من حيث التكلفة: غالبًا ما توفر طرق الغسيل الكيميائي حلاً فعالاً من حيث التكلفة لإزالة الزيت مقارنة بطرق المعالجة الأخرى. يمكن أن يؤدي استخدام مواد كيميائية محددة إلى تسريع العملية وتقليل وقت المعالجة الإجمالي، مما يؤدي إلى توفير التكاليف المحتملة.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

### II.3.7.4. اعتبارات بيئية :

- 1- الانتقائية: قد لا تكون طرق الغسيل الكيميائي فعالة في إزالة أنواع معينة من الملوثات الموجودة في الرمال الملوثة الحفر التي تعتمد على الزيت. قد يكون لبعض المواد الكيميائية انتقائية محدودة وقد لا تستهدف جميع مكونات الزيت أو المركبات العضوية الأخرى.
- 2- الاعتبارات البيئية: استخدام المواد الكيميائية في عملية الغسيل يثير مخاوف بيئية. قد تكون بعض المواد الكيميائية خطرة أو لها تأثيرات بيئية محتملة إذا لم يتم إدارتها بشكل صحيح. من الضروري ضمان التخلص السليم من النفايات ومعالجة النفايات السائلة الناتجة لمنع التلوث وتقليل الضرر البيئي.
- 3- الامتثال التنظيمي: يعد الامتثال للمعايير التنظيمية والإرشادات أمرًا ضروريًا عند تنفيذ تقنيات الغسيل الكيميائي. يجب اتباع التعامل السليم مع المواد الكيميائية وتخزينها والتخلص منها لتلبية اللوائح البيئية ومنع أي مشاكل قانونية.

### II.4.7.4. التأثيرات البيئية المحتملة :

- 1- تلوث التربة والمياه: يمكن أن يؤدي التخلص غير السليم من النفايات السائلة المحملة بالمواد الكيميائية من عملية الغسيل إلى تلوث التربة والأجسام المائية. من الضروري تنفيذ تدابير الاحتواء والمعالجة المناسبة لمنع إطلاق المواد الضارة في البيئة.
- 2- التأثيرات البيئية: قد يكون لطرق الغسيل الكيميائي تأثيرات ضارة محتملة على النظم البيئية المحيطة. يمكن أن يؤدي تصريف المواد الكيميائية في المسطحات المائية إلى تعطيل الحياة المائية والتأثير على توازن النظام البيئي. تقييم هذه الآثار البيئية المحتملة والتخفيف من حدتها أمر ضروري للإدارة المستدامة للنفايات.
- 3- مخاوف الصحة والسلامة: قد يؤدي استخدام مواد كيميائية محددة في عملية الغسيل إلى مخاطر على الصحة والسلامة للعاملين المشاركين في عمليات المعالجة. يجب تنفيذ بروتوكولات السلامة والتدابير الوقائية المناسبة لتقليل المخاطر المحتملة وضمان رفاة الموظفين.

تتأثر فعالية هذه الطرق في تقليل محتوى الزيت بعدة عوامل، بما في ذلك اختيار المواد الكيميائية، ومعايير التشغيل، وتقنيات الخلط. بينما يقدم الغسيل الكيميائي مزايا مثل الكفاءة العالية في إزالة الزيت وتعدد الاستخدامات، فإنه يفرض أيضًا تحديات تتعلق بالتخلص من النفايات ومعالجة النفايات السائلة والتأثيرات البيئية المحتملة. لضمان التنفيذ المسؤول والمستدام للغسيل الكيميائي، من الضروري اتباع ممارسات إدارة النفايات المناسبة والالتزام باللوائح البيئية.

### الخلاصة:

خلال هذا الفصل، قمنا باستكشاف ومقارنة طرق مختلفة للتخلص من الرمال الملوثة بسوائل ذات الأساس الزيتي.

## الفصل الثاني: طرق معالجة رمل الآبار البترولية

من الواضح أن اختيار طريقة العلاج المناسبة يتأثر بالعديد من العوامل الحاسمة، بما في ذلك التشريعات الحكومية، والمعايير البيئية للمشغل، واعتبارات التكلفة، ومتطلبات السلامة، والجدوى اللوجستية.

من المهم أن ندرك أنه لا يوجد حل واحد يناسب الجميع للتخلص من الرمال الملوثة الحفر التي أساسها النفط. يجب اختيار كل طريقة بعناية بناءً على المتطلبات المحددة للتطبيق الميداني. على سبيل المثال، في عمليات الحفر البحرية حيث تكون مساحة السطح محدودة، فإن طرق المعالجة على مساحة كبيرة غير مجدية. وبالتالي، فإن الرمال الملوثة الحفر القائمة على النفط في الخارج تستخدم بشكل أساسي تقنية TCC نظرًا لتصميمها المضغوط ومدى ملاءمتها التشغيلية.

علاوة على ذلك، يمكن أن يؤدي الجمع بين طرق المعالجة المتعددة إلى فوائد كبيرة من حيث كفاءة المعالجة وتلبية متطلبات سياسة الانبعاثات الصارمة. غالبًا ما تتطلب مناطق تطوير الغاز الصخري مثل Weiyuan وChangning في Sichuan ممارسات "انبعاثات صفرية". لتحقيق هذا الهدف، يتم استخدام نهج تسلسلي. يتم استخدام طرق الامتزاز الحراري أو الاستخلاص بالمذيبات مبدئيًا لتقليل محتوى الزيت في حفر الحفر وتسهيل استخلاص الزيت. بعد ذلك، يتم استخدام تقنيات التصلب / التثبيت أو الحرق لمعالجة المخلفات الصلبة المتبقية، مما يضمن الامتثال للمعايير التنظيمية.

لا يؤدي تكامل طرق المعالجة المختلفة إلى تعزيز الكفاءة الكلية لمعالجة رمال الحفر القائمة على الزيت فحسب، بل يضمن أيضًا الإدارة المسؤولة لمواد النفايات هذه. من خلال إزالة المكونات الضارة مثل الهيدروكربونات والمعادن الثقيلة، يمكن تقليل التأثيرات البيئية، ويمكن تحقيق الامتثال للمتطلبات التنظيمية.

يجب على المشغلين وأصحاب المصلحة إجراء تقييمات شاملة للنظر في المتطلبات والقيود المحددة لكل عملية حفر. من خلال التقييم الدقيق لعوامل مثل تكوين الرمال الملوثة الحفر، والمساحة المتاحة، ومستويات استعادة النفط المرغوبة، يمكن وضع نهج مخصص لتحقيق إدارة فعالة ومستدامة لشتلات الحفر القائمة على النفط.

في الختام، يتطلب التخلص من الرمال الملوثة الحفر التي تعتمد على النفط نهجًا شاملاً يأخذ في الاعتبار العوامل المختلفة. يجب أن يتوافق اختيار طرق العلاج مع اللوائح الحكومية والمعايير البيئية واعتبارات التكلفة ومتطلبات السلامة والجدوى اللوجستية. يمكن أن يؤدي الجمع بين الطرق المناسبة، مثل الامتصاص الحراري، واستخراج المذيبات، والتصلب / التثبيت، والحرق، إلى معالجة فعالة مع الالتزام بسياسات الانبعاثات الصارمة.

سيساهم البحث والتطوير المستمر في هذا المجال في تطوير تقنيات فعالة وصديقة للبيئة لمعالجة الرمال الملوثة الحفر التي تعتمد على النفط. من خلال استخدام أنسب الأساليب والالتزام بالمعايير التنظيمية، يمكن للصناعة أن تدير بفعالية التأثير البيئي المرتبط بقطع الحفر القائمة على النفط، مما يضمن ممارسات مستدامة مع تلبية الاحتياجات التشغيلية.

## الفصل الثالث : خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

### 1.III. مدخل :

تتميز تركيبة الخرسانة من عدة مواد (اسمنت، ماء، رمل، حصى، محسّات واطافات)، وتمتاز الخرسانة الرملية بكثرة الصيغ العالمية وعدم وجود صيغة موحدة وهذا مما جعلها مسلطة تحت أنظار الدراسات والأبحاث التي جعلها مادة صناعية عالمية.

### 2.III. خصائص المواد المستعملة :

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

بعد النظر في الدراسة قمنا باستعمال رمال الآبار البترولية المعالجة بالحرارة المتواجدة بجنوب الوطن وخاصة منطقة (حاسي مسعود ولاية ورقلة) للتحسين من خصائص الخرسانة الرملية باستعمال الآبار البترولية المعالجة بالحرارة واستعمال الرمل النظامي (CEN-EN 196-1) وكذلك نستعمل الاسمنت المقاوم للإسفلت (CRS) لمنطقة الماء الأبيض بتبسة وهذا للحصول على تركيبة من أجل استعمال رمال الآبار البترولية المعالجة بالحرارة.

#### 1.2.III. الرمل النظامي :

الرمل النظامي CEN (SABLE NORMALISE) هو رمل طبيعي سيليسي على وجه الخصوص في أرقى أجزائه بشكل عام مختلفة القياسات ومستديرة الشكل ويتم تجفيفه وغربلته وتحضيره في ورشة عمل حديثة توفر لنا كافة الضمانات والجودة والانتظام

يعبأ الرمل في أكياس تحتوي على وزن 1350 غ

وهو معرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد، (CEN. EN 196-1). [34]

في هذه الدراسة سنتناول الرمال النظامية

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

#### 1.1.2.III. التحليل الكيميائي :

الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

الجدول III.1: المكونات الكيميائية للرمل النظامي. [34]

Fabrication Sable Normalisé CEN, conforme EN 196-1				
	Date mesure	Valeur ponctuelle	Valeur min	Valeur max
Masse volumique réelle (Mg/m3) EN 1097-6	novembre-11	2,64		
Absorption eau (%) EN 1097-6	novembre-11	0,2		
Module de finesse (%) EN 12620	novembre-11		2,6	2,7
Écoulement sable (s) EN 933-6	novembre-11	28		
Teneur en eau (%)	janvier-17		0,02	0,07
	février-17		0,01	0,07
	mars-17		0,03	0,07
Teneur en chlorure (ppm)	janvier-17		< 50	
	février-17		< 50	
	mars-17		< 50	
Teneur en silice (% SiO <sub>2</sub> )	janvier-16	98,05		
Teneur alumine (% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ISO 29581-2	janvier-16	0,54		
Teneur fer (% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ISO 29581-2	janvier-16	0,07		
Perte au feu 950 °C (EN 196-2)	janvier-16	0,16		
teneur P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % ISO 29581-2	janvier-16	0		

2.1.2.III. التدرج الحبيبي (Analyse granulométrique) :

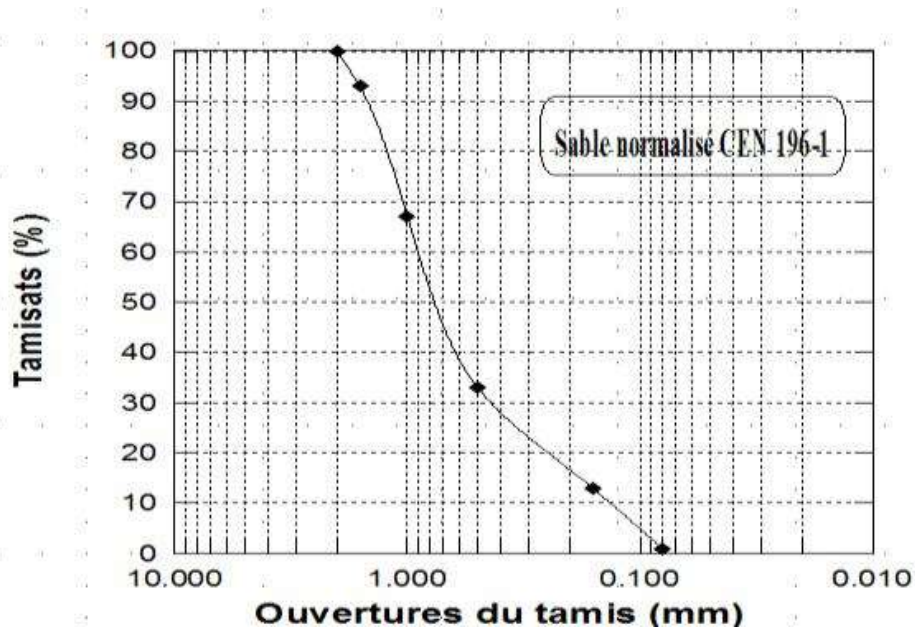
يقصد بتجربة التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغزيلة بواسطة مجموعة من الغربايل مرتبة حسب قياس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقياساً إلى الأعلى، هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس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

[40].NFP 18- 560

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

الجدول III.2: نتائج تجربة التدرج الحبيبي الرمل النظامي [34]

Tamis ouverture des mailles (mm)	Refus cumulés (%)
0.08	99 ± 1
0.16	87 ± 5
0.50	67 ± 5
1.00	33 ± 5
1.60	7 ± 5
2.00	0



الشكل III.1: المنحنى التدريجي الحبيبي للرمل النظامي [34]

### III.2.2. الاسمنت:

هو مادة رابطة ناعمة تتصلب وتقسى فتملك بذلك خواصاً تماسكي هو تلاحقيه بوجود الماء مما يجعله قادراً على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض. وأهم استخدام للإسمنت هو الملاط والخرسانة حيث يربط المواد الاصطناعية أو الطبيعية لتشكيل مواد بناء قوية مقاومة للتأثيرات البيئية العادية. يجب عدم الخلط بين الخرسانة والاسمنت، فالإسمنت يشير إلى المسحوق الجاف المستخدم في ربط المواد الكلية للخرسانة. وللإسمنت المستخدم في البناء نوعين هما الاسمنت المائي والاسمنت غير المائي.

أشهرها وأكثرها انتشاراً «الإسمنت البورتلندي».

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

الاسمنت المستعمل هو اسمنت من نوع CEMI/42.5 SR5 متواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف مصنع الاسمنت بالماء الأبيض تبسة.

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

$$\rho_{ab}=3010 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{الكتلة الحجمية المطلقة:}$$

وفيما يلي نتطرق الى بعض التحارب:

#### 1.2.2.III : Surface spécifique للأسمنت

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

- نسبة التفاعل الكيميائي
- تطور المقاومة
- كمية الاسمنت 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:

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

t : زمن مرور الهواء عبر طبقة المسحوق بالثانية.

$\eta$  : لزوجة الهواء عند درجة الحرارة المجرات فيها التجربة.

$\rho$  : الكتلة الحجمية المطلقة ب  $\text{g/cm}^3$ .

K : ثابت الجهاز.

e: النفاذية.

المساحة السطحية للأسمنت المستعمل (اسمنت بالماء الأبيض تبسة) مقاسه في مخبر مطحنة الاسمنت أعطى  $3378 \text{ cm}^2/\text{g}$ .

#### 2.2.2.III : زمن التصلب :

يتفاعل الاسمنت كيميائيا مع الماء بعد مرور ساعة أو أكثر يبدأ العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعب عنه بزم من بداية التصلب. هذا الوقت المقتضي بين بداية خلط الماء مع الاسمنت وبداية التصلب يسمى

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

اصطلاحاً زمن التصلب وهو مهم بالنسبة لعملية تشغيل الخرسانة (خلطها، تحميلها، رفعها، ضخمها، وكذلك هزها).

يختلف زمن التصلب على حسب نوعية الاسمنت ونعومته وكمية الماء ودرجة الحرارة ولذلك نقوم بتحديدته على عجين قياسي معد حسب نسبة الماء المثالية وفي 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 عموماً 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: 150 دقيقة

الزمن النهائي للتصلب: 203 دقيقة

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

#### 3.2.2.III التجارب الفيزيائية :

الجدول III. 3: التحليل الفيزيائي للإسمنت.

		Garanties NA 442/2013	Mesures
P.S (g/cm <sup>3</sup> ) (NA231)			3.01
SSB cm <sup>2</sup> /g(NA	SSB		3378
TEMPS	Début	≥mm60	02.30
DE Prise (NA230)	Fin		03.23
Expansion mm(NA230)	A.Chaut	≤mm10	0.0
	A.Froid		
Refus	u45		11.0

#### 4.2.2.III الخصائص الكيميائية :

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

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

#### الجدول III.4 : التحليل الكيميائي والمعدني للإسمنت.

éléments	Garanties (NA 442/2013)	Teneur%
SiO <sub>2</sub> (NA 5042)		21.74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (NA 5042)		5.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (NA 5042)		5.13
CAO (NA 5042)		63.24
MGO (NA 5042)	≤4.0%	1.12
SO <sub>3</sub> (NA 5042)	≤3.5%	2.07
CL	≤0.10%	0.002
PAF (NA 5042)	≤5.0%	2.09
RI (NA 5042)	≤5.0%	1.82
C3A DE CIMENT		4.67
C3A DU CLINKER	≤5.0%	3.89

نلاحظ أن الإسمنت المستخدم يحتوي على نسب كبيرة من الكلس والسيليس.

#### III.2.2.5. مقاومة الضغط :

يُمَيَّز 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 خرسانية ذات مواصفات خاصة تنص عليها المقاييس الدولية والحكومية وتتبع في ذلك طرائق اختبار فيزيائية وميكانيكية محددة [40،41].

#### الجدول III.5 : التجارب الميكانيكية للإسمنت [42].

Résistances	Résistances à la flexion en MPA			Résistances à la compression en MPA		
	02jours	07jours	28jours	02jours	07jours	28jours
Echéance en jours						
Garanties NA 442/2012				≥ 10		≥ 42.5
Mesures	4.00	5.84	7.55	17.9	35.0	48.0

#### III.2.3. الرمل المعالج بالحرارة :

نحصل عليه نتيجة الحفر وتفتت الصخور داخل الأرض بفعل أدوات الحفر وظمي الحفر وكذلك المعالجة الحرارية له فيما بعد ولتحضير الخرسانة يستعمل رمل الأبار البترولية المعالجة بالحرارة وهما نوعان واللذان

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

يجب أن يكونا خاليين من المواد المتفاعلة مثل الأملاح والأحماض والمواد القلوية وكذلك الشوائب الغضارية والعضوية، حيث يجب ألا 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]

في هذه الدراسة سنتناول رمل الآبار البترولية المعالجة بالحرارة لمنطقة حاسي مسعود وهما نوعان لنفس المنطقة وكذلك الاسمنت الذي سنستعمله كشاهد وهو اسمنت خاص بمنطقة الماء الأبيض (تبسة) وسنعرض بعض نتائج التجارب المجرات بين كلا النوعين.

#### 1.3.2.III. التحليل الكيميائي :

لنسب المنوية للمكونات الكيميائية لرمل الآبار البترولية المعالجة بالحرارة.

الجدول III. 6 : الجدول 1 العينة رقم 1 مقارنة بحجر الكلس.

Composés	Mesures
SiO <sub>2</sub>	30.402 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.88 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.58 %
CaO	32.6 %
MgO	2.47 %
K <sub>2</sub> O	0.98 %
Cl	0.016 %
PAF	28.344
Sum	0.780
SM	2.654
MAF	2.204
LSF	33.22

الجدول III. 7: الجدول 2 العينة رقم 1 مقارنة بالإسمنت.

Composés	Mesures
SiO <sub>2</sub>	24.30 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.81 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.98 %
CaO	29.32 %
MgO	3.03 %
K <sub>2</sub> O	1.28 %
Na <sub>2</sub> O	1.804 %
SO <sub>3</sub>	2.18 %
Cl	0.162 %
Sum	0.779
C <sub>3</sub> S	-152.360
C <sub>2</sub> S	184.536
C <sub>3</sub> A	20.223
C <sub>4</sub> AF	15.138

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

الجدول III.8 :الجدول 3 العينة رقم 1 مقارنة بالطين.

Composés	Mesures
SiO2	30.6 %
Al2O3	3.6 %
Fe2O3	3.27 %
CaO	21.51 %
MgO	1.61 %
K2O	1.60 %
Na2O	1.08 %
Cl	1.270 %
SO3	0.012 %
PAF	18.70
C3S	0.646
MS	4.421
MAF	1.114

الجدول III.9 : الجدول 4 العينة 1 مقارنة بالكلينكر.

Composés	Mesures
SiO2	33.96 %
Al2O3	10.906 %
Fe2O3	5.123 %
CaO	38.68 %
MgO	2.98 %
K2O	1.03 %
Na2O	3.378 %
Cl	0.391 %
sum	0.998
C3A	20.232 %
C2S	242.393
EA	4.058
TMIN	159.925
AW	94.531
IAC	-5.372
LSF	34.234
MAF	2.129
MS	2.118

الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

الجدول III. 10: الجدول 5 العينة رقم 2 مقارنة بحجر الكلس

Composés	Mesures
SiO <sub>2</sub>	48.031 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.09 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.63 %
CaO	26.4 %
MgO	0.96 %
K <sub>2</sub> O	0.55 %
Cl	0.016 %
PAF	21.769
sum	0.806
MS	10.17
MAF	1.899
LSF	18.62

الجدول III. 11: الجدول 6 العينة رقم 2 مقارنة بالإسمنت.

Composés	Mesures
SiO <sub>2</sub>	28.21 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.65 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.41 %
CaO	11.58 %
MgO	1.76 %
K <sub>2</sub> O	0.73 %
Na <sub>2</sub> O	1.697 %
SO <sub>3</sub>	3.33%
Cl	0.127%
sum	0.545
C <sub>3</sub> S	-212.816
C <sub>2</sub> S	241.330
C <sub>3</sub> A	8.249
C <sub>4</sub> AF	7.340

الجدول III. 12: الجدول 7 العينة رقم 2 مقارنة بالطين.

Composés	Mesures
SiO <sub>2</sub>	47.6 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.29 %
CaO	6.65 %
MgO	0.23 %
K <sub>2</sub> O	0.42 %
Na <sub>2</sub> O	1.02 %
Cl	0.998%
SO <sub>3</sub>	0.016%
PAF	5.481
sum	0.545
MS	-214.860
MAF	-1.097

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

الجدول III. 13: الجدول 8 العينة رقم 2مقارنة بالكلينكر.

Composés	Mesures
SiO2	53.37 %
Al2O3	5.025 %
Fe2O3	2.355 %
CaO	26.35 %
MgO	1.75 %
K2O	0.69 %
Na2O	3.169 %
SO3	5.21%
Cl	0.308%
Sum	0.982
C3A	9.332
C2S	419.127
C3S	-352.942
C4AF	7.159
FL	31.194
EA	3.625
TMIN	-417.156
AW	105.026
LAC	-21.403
LSF	16.515
MAF	2.134
MS	7.232

#### III.2.3.2. الكتلة الحجمية :

هي عبارة عن تجربة لمعرفة نوع الركام المستعمل وكثافته ومعرفة الأحجام والاقطار والكتلة التي تدخل في تركيبة الخرسانة وهي معرفة بالقواعد NFP 18-301 [35].

#### a. الكتلة الحجمية الظاهرية (Masse Volumique Apparente) :

هي النسبة بين وزن العينة 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.

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

$M_s$  = وزن الحبيبات الصلبة.

$V_s$  = حجم الحبيبات الصلبة.

والجدول الموالي يعرض النتائج المتحصل عليها.

الجدول III. 14 الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة لرمل الآبار البترولية المعالجة بالحرارة 530 ° :

النوع	الكتلة الحجمية الظاهرية (g/cm <sup>3</sup> )	الكتلة الحجمية المطلقة (g/cm <sup>3</sup> )
رمل الآبار البترولية المعالجة بالحرارة 01	1.452	1.69
رمل الآبار البترولية المعالجة بالحرارة 02	1.452	1.69

#### III.3.3.2. معامل امتصاص الماء (Coefficient d'absorption d'eau) :

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

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

$A_b$  = معامل امتصاص الماء (%).

$M_a$  = كتلة العينة قبل التجفيف.

$M_s$  = كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول إلى 105 ° وكانت النتائج كما يلي :

الجدول III. 15: النسبة المئوية المعامل امتصاص الماء.

نوع الرمل	معامل امتصاص الماء (% $A_b$ )
رمل الآبار البترولية المعالجة بالحرارة	0.05

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

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

#### III.4.3.2. المكافئ الرملي (Equivalent de Sable) :

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

##### 1- مبدأ التجربة:

يتضمن هذا الاختبار:

- غمس وزن محدد من الرمل في محلول flocculant.

- بعدها نقوم بالرج بواحدة الجهاز لمدة 30 ث.

- نقوم بتسوية العينة وتركها لمدة 20 دقيقة.

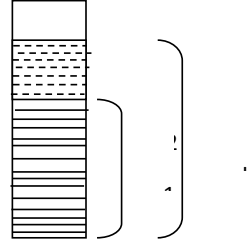
- نقيس ارتفاعات الرواسب.

\* طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1).

\* طبقة عليا تمثل مع الشوائب ارتفاعها (H2).

المكافئ الرملي يعطى عن طريق:

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



الشكل III. 2 :الأداة المستعملة في تجربة المكافئ الرملي.

بعد القيام بالتجارب وجدنا النتائج المدونة في الجدول التالي:

الجدول III. 16 :النسب المنوية للمكافئ الرملي (ES).

المكافئ الرملي (ES) %	تركيبة الرمل
%0.9	رمل أبار البترول المعالجة بحرارة (STr)
%1.1	رمل أبار البترول المعالجة بحرارة (STv)

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

#### 5.3.2.III. التدرج الحبيبي (Analyse granulométrique) :

تمتاز تجربة التدرج الحبيبي بفصل الحبيبات ذات المقاسات المختلفة من الركام الممزوجة بعضها البعض أي التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستعمال التحليل بالغريلة بواسطة مجموعة من الغرابيل متتالية حسب اقطارها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون المقاسات الأصغر في الأسفل والمقاسات الأكبر في الأعلى.

هذه التجربة تمكننا من حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة وتعرف هذه التجربة بواسطة المواصفات.

NFP 18- 560 [40].

سندرس عينة من الرمل المعالج بالحرارة المأخوذ من منطقة حاسي مسعود.

• العينة: 100% رمل الآبار البترولية المعالجة بالحرارة.

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

$$M \geq 0.2D_{max} \quad (3.4)$$

حيث:

M = وزن العينة ب كلف

D<sub>max</sub> = القطر الأعظمي للحبيبات مأخوذ ب ملم

استعملنا في هذه التجربة 500 غ من الرمل المعالج بالحرارة:

الجدول أدناه يوضح بعض النتائج المتوسطة للغيات:

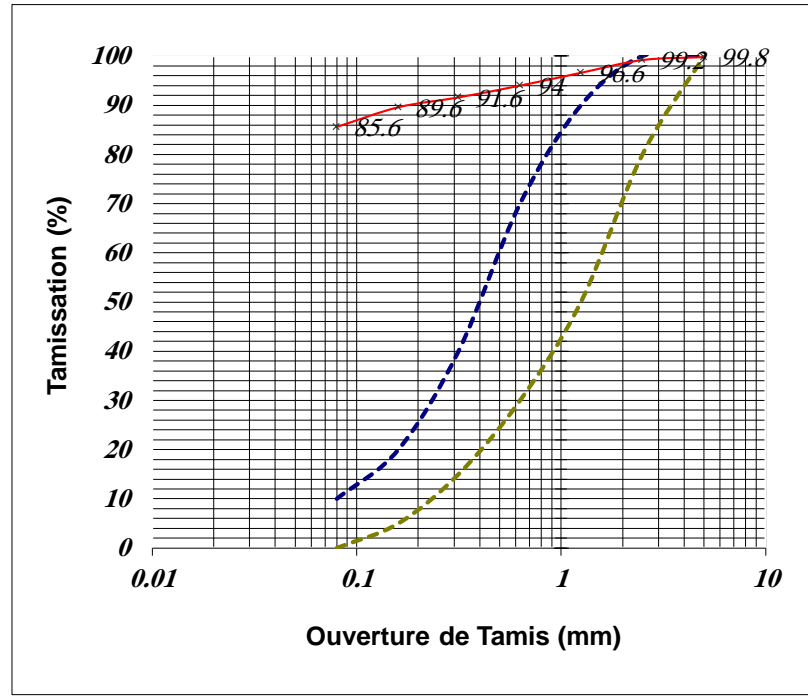
#### 1- الجدول الأول:

الجدول III. 17 : نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة 100% رمل آبار البترول المعالجة بالحرارة (STv)

المار المجمع ب (%) T	نسبة المتبقي المجمع Rc (%)	المتبقي المجمع ب Rc(g)	المجمع الجزئي (g)	فتحات الغريال ب (mm)
100	0	0	0	10
99.9	0.1	1	1	5
99.6	0.4	4	3	2.5
98.3	1.7	17	13	1.25

الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

97.0	3	30	13	0.63
95.8	4.2	42	12	0.315
94.8	5.2	52	10	0.16
92.8	7.2	72	20	0.08



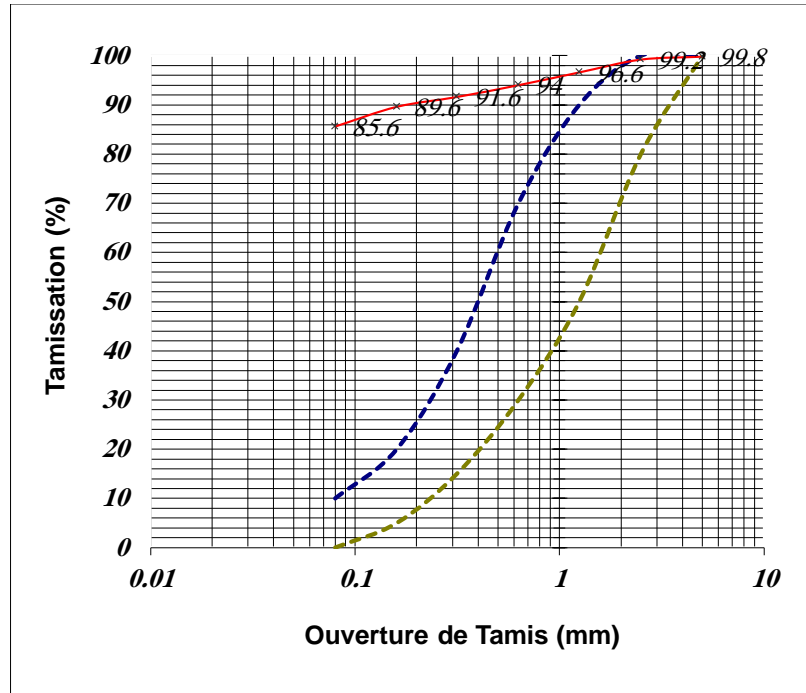
الشكل III. 3: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينه 100% رمل الآبار البتروليه.

الجدول III. 18: نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينه 100% رمل آبار البترول المعالجة بالحرارة (STr).

المرار المجمع بـ (T (%))	نسبة المتبقي المجمع Rc(%)	المتبقي المجمع بـ Rc(g)	المجمع الجزئي (g)	فتحات الغربال بـ (mm)
100	0	0	0	10

الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

99.9	0.1	1	1	5
99.6	0.4	4	3	2.5
98.3	1.7	17	13	1.25
97.0	3	30	13	0.63
95.8	4.2	42	12	0.315
94.8	5.2	52	10	0.16
92.8	7.2	72	20	0.08



الشكل III. 4 : المنحنى التدريجي الحبيبي للعيينة 100% رمل الآبار البترولية.

نلاحظ أن منحنى التدرج الحبيبي لهذه الرمل المعالجة خارج المجال المرجعي وأنه يحتوي على تدرج حبيبي ناعم.

III.6.3.2. معيار النعومة (Module de finesse) :

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

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

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 الخرسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثلاثة مجالات لمعايير النعومة للرمل حيث [38]:

- المجال A من 1.8-2.2. وهو ذات طبيعة دقيقة
- المجال B ما بين 2.2-2.8 وهو ذات طبيعة متوسطة وهو المفضل والمستعمل في الخرسانة
- المجال C ما بين 2.8-3.2 وهو ذات طبيعة خشنة

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

- Rc: المتبقي المجمع ب (%) للغرايل (38 إلى 23)
- إذا معيار النعومة لكل عينة وبعد الحساب هو:

#### الجدول III. 19: معيار النعومة للعينة.

معامل النعومة Mf	العينة
0.15	رمال بترولية معالجة بالحرارة STr
0.15	رمال بترولية معالجة بالحرارة STv

- **بالنسبة للعينة الأولى:** التي تحتوي على نسبة 100% من رمل الرمال الأبار البترولية ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 0.15 نستنتج أن هذا الرمل دقيق جدا وذو تدرج حبيبي ضيق لغياب العناصر ما بين 0.5 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 النظامية.

#### III. 4.2. الماء :

أهمية الماء:

1. الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيماوي بين الاسمنت والماء.
2. وهو ضروري أيضا لكي تمتصه الحبيبات المستعملة في الخرسانة.
3. يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعد على التشغيل والتشكيل.
4. بوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر من الحبيبات بنفس الكمية من الاسمنت.
5. إن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين 15-20 %.

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

6. يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.

7. إن الماء ضروري لعمليات إيناع الخرسانة أثناء تصلبها.

#### النسبة المائبة الإسمنتية E/C:

هي النسبة بين وزن الماء الحر المخصص للتفاعل (عدا عن الماء الذي تمتصه الحبيبات) إلى وزن الاسمنت في الخلطة. ولضبط نسبة الماء في الخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة ومسمياتها 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.1.4.2. 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 ألا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.

#### III.2.4.2. التركيبة الكيميائية للماء المستعمل :

الجدول III. 20 :التركيبة الكيميائية للماء المستعمل.

1	H	H	S	N	Γ	a <sup>++</sup>	++	l	g <sup>++</sup>	a <sup>++</sup>
لملوحة	H	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O <sub>4</sub> <sup>-</sup>	O <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Γ	a <sup>++</sup>	++	l	g <sup>++</sup>	a <sup>++</sup>
2	787	.79	1	7	1	5	38	9	26	43

#### III.3. 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  $g \pm 5$  1350.

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

يتم خلط هذه الكمية من الرمل مع  $g2 \pm g450$  من الاسمنت و  $g1 \pm g225$  من الماء إذن يكون المعامل E/C يساوي 0.5. وقبل الشروع في تجارب التشغيلية والزمن الابتدائي للتصلب أو تجارب الانكماش، يخلط هذا المزيج لمدة 4 دقائق [49] وفق للشروط التي تليها القاعدة:

- نبدأ أولاً 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 بسرعه 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].

#### 1.3.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 بال جهاز Maniabilimètre أو طاولة الاهتزاز الخاص بها من أجل الحصول على ملاط مرن كما وهو موصى به حسب المواصفات.

#### III. 1.1.3. التجربة 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 لاحقاً. ونقول إن 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 التشغيلية ومن ثم تحديد نسبة الماء المناسبة للتشغيلية المقبولة بحيث تكون في المجال الذي يمكننا من تشغيلية جيدة للقولبة والخرسانة الطازجة تصنف حسب التشغيلية إلى عدة أصناف:

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

#### 1- الجهاز المستعمل:

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

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 وفقاً للمعايير المعمول بها.

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

#### 2- 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 رأسياً، ثم نطبق سلسلة من 15 هزاً رأسياً (ارتفاع سقوط الهزة 12.5 مم) في 15 ثانية، وأخيراً، يتم قياس القطر الكلي D بعد الانتشار.

#### 3- طريقة حساب التشغيلية:

$D=S$  قطر العينة قبل الهز

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

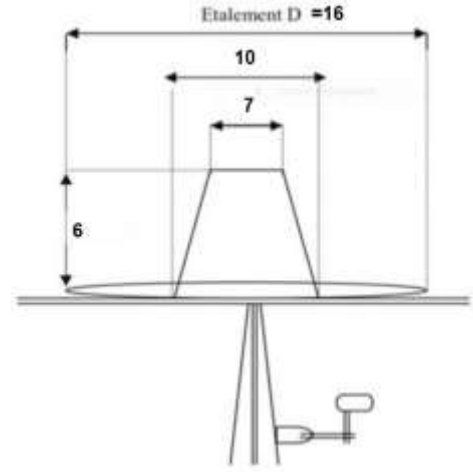
حيث (D) = قطر انتشار العينة بعد الهز

قطر العينة قبل الهز = 10 سم (قاعدة المخروط)

#### الجدول III. 21: صنف الخرسانة بدلالة التشغيلية.

الانسياب	صنف الخرسانة (القوام)
10-30%	جافة
30-60%	صلبة
60-80%	لدنة
80-100%	ميتلة
أكبر من 100%	رخوية

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل



الشكل III. 5 :طاولة الهز لتجربة التشغيلية.

وبعد إجراء التجربة تحصلنا على النتائج التالية:

الجدول III. 22 :نتائج تجربة التشغيلية.

تصنيف الخرسانة حسب مجال التشغيلية	10/D	E/C	التركيبية
خرسانة لدنة	73	0.50	رمال الابار البترولية معالجة بحرارة

**ملاحظة:** بعد اجراء التجربة ب النسبة إلى  $E/C = 0.50$  وبالفعل تغيرت حالت الخلطة إلى الحالة المرنة المطلوبة للتشغيلية الجيدة،

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

الجدول III. 23: تركيبة خرسانة الرمس الشاهد.

المركبات	100% رمل الأبار البتروولية
الرمل	3 أجزاء
الاسمنت	جزء واحد
المعامل E/C	0.50

#### III.2.1.3. تحضير وشكل العينة :

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

- تم خلط الرمل النظامي (S) لوحده لمدة 60 ثانية.
- إضافة الاسمنت (C) تم الخلط لمدة 60 ثانية.
- إضافة الماء أثناء الخلط تدريجيا 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

#### III.4. توضيح أشكال القوالب المستعملة :

تترك العينة في الهواء الحر وفي شروط  $T=25^{\circ}$  و  $HR=65$  ثم ينزع القالب بعد 24 ساعة عدد العينات كان ثلاثة (3) عينات لكل مرحلة زمنية من عمر الخرسانة والأعمار المدروسة هي (14، 28، 60، 45 يوم).

#### الخلاصة:

نستخلص من هذا المحور ما يلي:

- 1- رمل الأبار البتروولية لمنطقة حاسي مسعود أعطى معامل نعومة ضعيف جدا .
- 2- لتحسين خصائص رمل الأبار البتروولية المستعمل كرابط نقترح أن نضيف نسبة من الاسمنت بدون إضافات - معتبرة مادة لكلينكر -
- 3- الاسمنت المستعمل كشاهد مجلوب من منطقة الماء الابيض تبسة وهو إسمنت بورتلندي من نوع

CEMI/42.5 SR5

### الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل

4-الماء المستعمل هو من حنفية مخبر خاص بالسيد رضوان عبد العزيز.

5-تركيبه خرسانة الرمل التي سنستعملها كشاهد، نأخذ تركيز من الرابط المقترح والرمل النظامي كما هو منصوص عليه في الملائم النظامي أي نأخذ مقدار من الرابط المقترح وثلاث مقادير من الرمل النظامي، أما نسبة الماء فحددت من خلال تجربة التشغيلية بمقدار  $E/C$  مساوي لـ 0.5.

**الفصل الرابع:**  
**مختلف سلوك الخرسانة**  
**المدرسة**

## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

### 1.IV. مدخل :

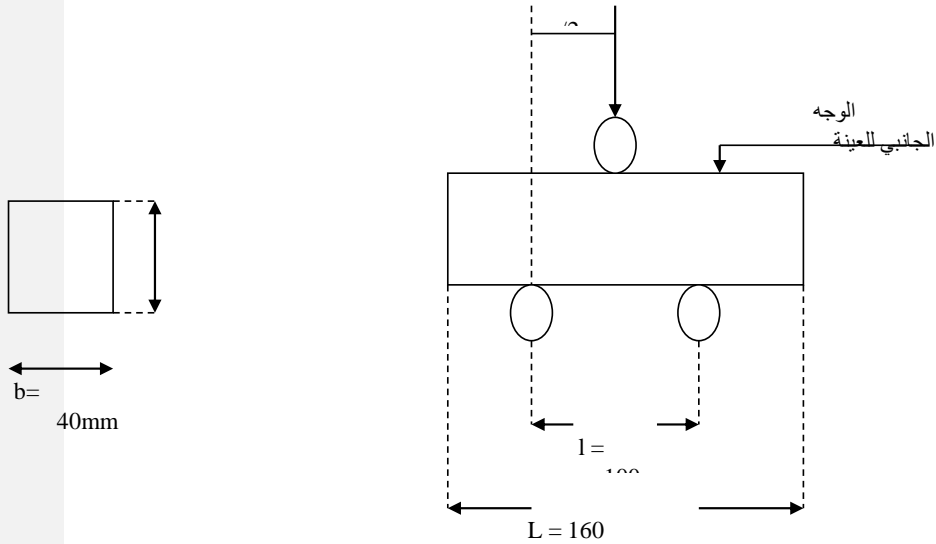
تعتبر الخصائص الميكانيكية للمادة من أهم الخصائص التي تميزها عن الكثير من المواد وعن مثيلاتها من المركبات وبعد معرفة التركيبة المثلى لهذه المادة المقترحة في الدراسة والمعتبرة خرسانة الرمل. ففي هذا الفصل سنتطرق الى الخصائص الميكانيكية لخرسانة الرمل وبالتحديد إلى مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء في الأيام 14 و28 و45 و60، كما سنقوم بدراسة ظاهرة الانكماش في الأيام 2 و7 و9 و10

### 2. IV. طرق التجارب:

#### 1.2.IV. تجربة التحطيم بالانحناء:

تتم تجربة الانحناء على عينات لها مقطع مربع  $4 \times 4$  سم وطول 16 سم، البعد بين المسندين 10 سم كما يتم تنفيذ هذه العملية بواسطة آلة الانحناء بثلاث نقاط، الآلة مزودة بمسندين أسطوانيين من الأسفل ثابتين تستند عليهما العينة ومسند علوي أسطواني كذلك مطبق وسطهما متحرك بواسطة محرك الآلة ليطبق القوة على العينة وتقرأ الحمولة مباشرة من الآلة.

هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدة EN 196-1 وشكل (1.IV) هو عبارة عن شكل تخطيطي لآلة التحطيم بواسطة الانحناء. [43]



الشكل 1.IV: يوضح آلية التحطيم بالانحناء.

## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

التجربة تجرى بواسطة آلة التحطيم الخاصة بتجربة الانحناء لعينة من خرسانة الرمل أو الملاط ذات أبعاد (160×40×40 ملم)، قدرت هذه الآلة على التحطيم تصل الى 10KN إذ تطبق تقريبا 2.67 KN/min. صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة (1.IV). مقاومة الانحناء تحسب بالعلاقة التالية

$$R = \frac{1.5F_f \cdot l}{b^3} \dots \dots \dots (4.1)$$

التعليق [U1]:

R : مقاومة الانحناء ب (MPa)

F<sub>f</sub>: قوة تحطم العينة عند الانحناء

l : البعد بين المسندين ب (mm)

b : جزء 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 المتأني من تجربة تحطيم العينة بالانحناء بمقطع ذو أبعاد mm 40x40 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 120kN وبواسطة سرعة إنتقال منتظمة ومستمرة صورة الجهاز موضح في الملحق انظر الصورة (2-IV).

$$R_c = F_c / b^2 \dots \dots \dots (4.2)$$

R<sub>c</sub> : مقاومة الضغط ب (MPa)

## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

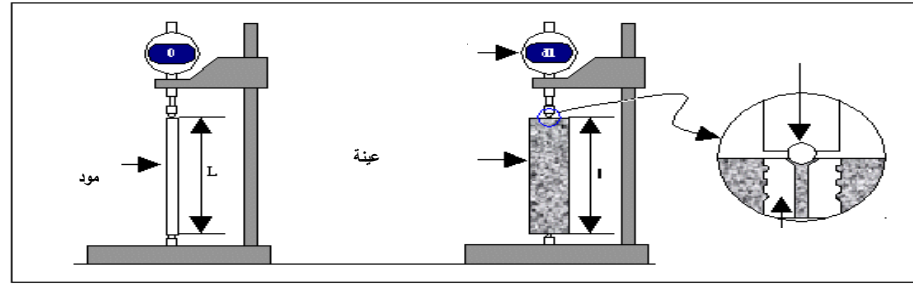
$F_c$ : قوة تحطم العينة عند الضغط ب (KN)

b : جزء العينة الذي يساوي 40 mm [43]

### 3.2.IV. تجربة الانكماش:

تتم تجربة الانكماش على عينات لها مقطع مربع  $4 \times 4$  cm وطول 16 cm مزودة في سطوحها العلوية والسفلية بصمولتان توضع عليهما كوريتين حديديتين وتدخل العينة وهي على هذا الحال الى جهاز رقمي يقيس الطول مباشرة اعتبارا من طول ابتداء يضبط عليه ، هذا الجهاز من النوع: *Rétrocontrôle* كما هو موضح في الملحق انظر الصورة (3 - IV) والشكل (3 - IV) يمثل شكل تخطيطي لجهاز قياس الانكماش .

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



الشكل IV.3: يوضح اله الانكماش.

### ملاحظة:

عدد العينات المختارة للقيام بكل التجارب هي 3 عينات.

### 3.IV. نتائج التجارب :

#### 1.1.3.IV. نتائج التجارب مقاومة الانحناء:

الجدول IV.1 : نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة للاسمنت كشاهد.

الإجهاد في يوم (MPa) 60	الإجهاد في يوم (MPa)45	الإجهاد في يوم (MPa)28	الإجهاد في يوم (MPa)14	العينة
10.20	10.12	9.35	8.7	100% اسمنت (CRS)

## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

الجدول IV. 2: يوضح نتائج مقاومة الانحناء لخرسانة رمل الابار البترولية [44].

الإجهاد في يوم 60 (MPa)	الإجهاد في يوم 45 (MPa)	الإجهاد في يوم 28 (MPa)	الإجهاد في يوم (MPa)14	العينة
1.90	1.70	1.50	1.21	100% رمال ابار بترولية 1 (St)
1.87	1.73	1.64	1.30	100% رمال ابار بترولية 2 (St)

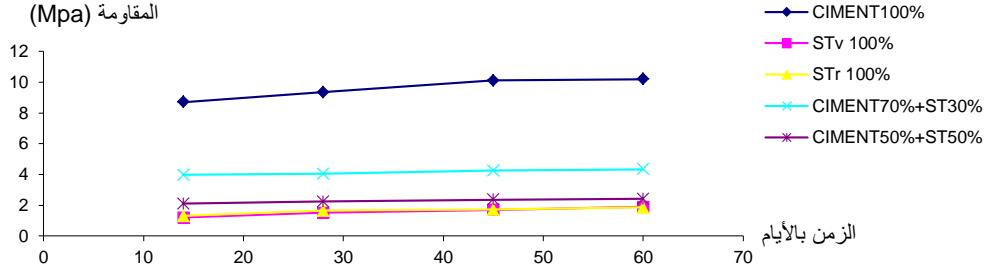
\* نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات التي تحتوي فقط على كميات من رمل الأبار البترولية المعالجة بالحرارة أن مقاومة الانحناء ضعيفة نوعا ما مقارنة بخرسانة رملية.

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

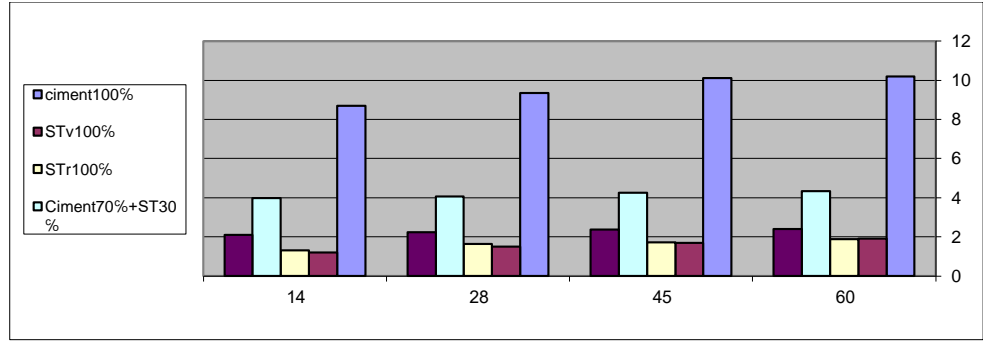
الإجهاد في يوم 60 (MPa)	الإجهاد في يوم 45 (MPa)	الإجهاد في يوم (MPa) 28	الإجهاد في يوم (MPa)14	العينة
4.34	4.26	4.05	3.98	70% اسمنت (C) + 30% رمل ابار بترولية معالجة بالحرارة (St)
2.41	2.36	2.23	2.10	50% اسمنت (C) + 50% رمل ابار بترولية معالجة بالحرارة

\* نلاحظ من خلال نتائج التجارب المجرات على العينات التي تحتوي على خرسانة مختلفة التركيبية تحسنت مقارنة بالخرسانة الرمال الابار البترولية المعالجة.

## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة



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.

### 2.1.3.VI. مناقشة نتائج مقاومة الانحناء :

\*نلاحظ من خلال المنحنيات أن التركيبة المثلى للأسمنت حيث أعطت خلال 28 يوم (9.35 MPa) وأن المقاومة للانحناء التي تليها نزولا الخاصة بالتركيبة 70% من الاسمنت و30% من ST حيث أعطت خلال 28 يوم (4.34 MPa) وتليهم نزولا التركيبة 50% من الاسمنت و50% من ST حيث أعطت خلال 28 يوم (2.41 MPa)

أما التركيبة 100% رمال بترولية معالجة بالحرارة STv أعطت نتائج خلال 28 يوم (1.9 MPa) والتركيبة 100% رمال بترولية معالجة بالحرارة STr أعطت نتائج خلال 28 يوم (1.87 MPa) وهما أقل تماما من الاسمنت

إن هذا التغير في المقاومة مرده عند استعمالنا لرمال الابار البترولية كرابط بديل للإسمنت لكلا النوعين أعطى نتائج أقل لأن محتوى هذه الرمال البترولية المعالجة بالحرارة من S3C و S2C و C3A أقل من ماهي عليه في الاسمنت المستعمل CEM1 والذي يحتوي على أكثر من 95% من الكلينكر الذي هو مركب من هذه العناصر S3C و S2C و C3A و C4AF.

## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

ان المادة الأساسية المكونة لهذه العناصر الأربعة أكسيد الكالسيوم CaO ضعيفة مقارنة بالكلينكر حيث قدرت %38.68 في العينة الأولى و%26.15 في العينة الثانية ومن المفترض ان تكون حسب قواعد صناعة الكلنكر (60-67%). [46]

ان الرمال الابار البترولية المعالجة بالحرارة STr لديها قيمة %26.15 من CAO والرمل المعالجة بالحرارة STv لديها قيمة %38.68 من CAO ومنه STv أكبر من STr.

وعند إضافة الاسمنت بنسبة %50 والرمل ST بنسبة %50 نلاحظ التحسن في النتائج

وعند إضافة %70 من الاسمنت و%30 من رمال ST نلاحظ تحسن أكثر وهذا راجع الى الزيادة في CAO.

### 1.2.3.IV. نتائج مقاومة الضغط :

الجدول IV. 4: نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رملية للاسمنت كشاهد.

الإجهاد في يوم 60 (MPa)	الإجهاد في يوم 45 (MPa)	الإجهاد في يوم 28 (MPa)	الإجهاد في يوم 14 (MPa)	العينة
37	34.02	33.1	30.62	100% اسمنت (CRS)

الجدول IV. 5: يوضح نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل الابار البترولية المعالجة بالحرارة [44].

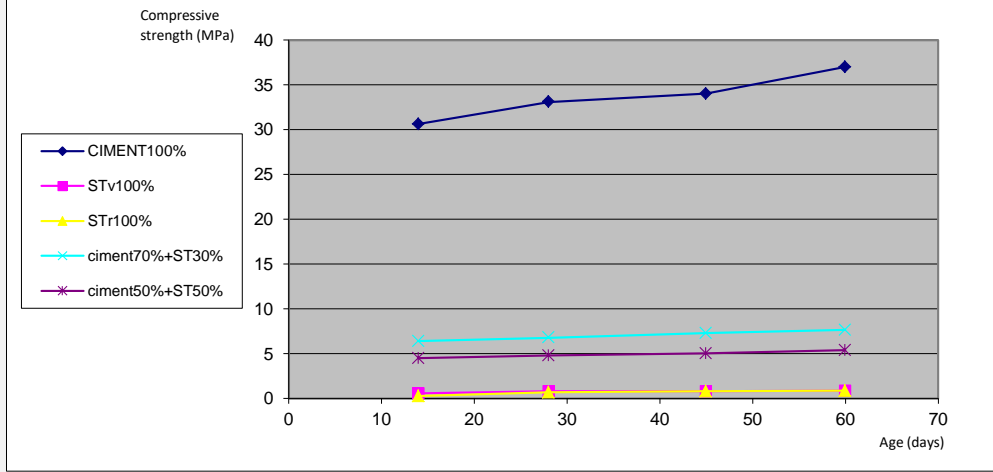
الإجهاد في يوم 60 (MPa)	الإجهاد في يوم 45 (MPa)	الإجهاد في يوم 28 (MPa)	الإجهاد في يوم 14 (MPa)	العينة
0.9	0.8	0.8	0.6	100% رمال ابار بترولية (Str)
0.9	0.8	0.7	0.3	100% رمال ابار بترولية (Stv)

الإجهاد في يوم 60 (MPa)	الإجهاد في يوم 45 (MPa)	الإجهاد في يوم 28 (MPa)	الإجهاد في يوم 14 (MPa)	العينة
0.9	7.3	6.8	6.4	70% اسمنت (C) + 30% رمل ابار بترولية معالجة بالحرارة (St)
5.4	5.02	4.8	4.5	50% اسمنت (C) + 50% رمل ابار بترولية

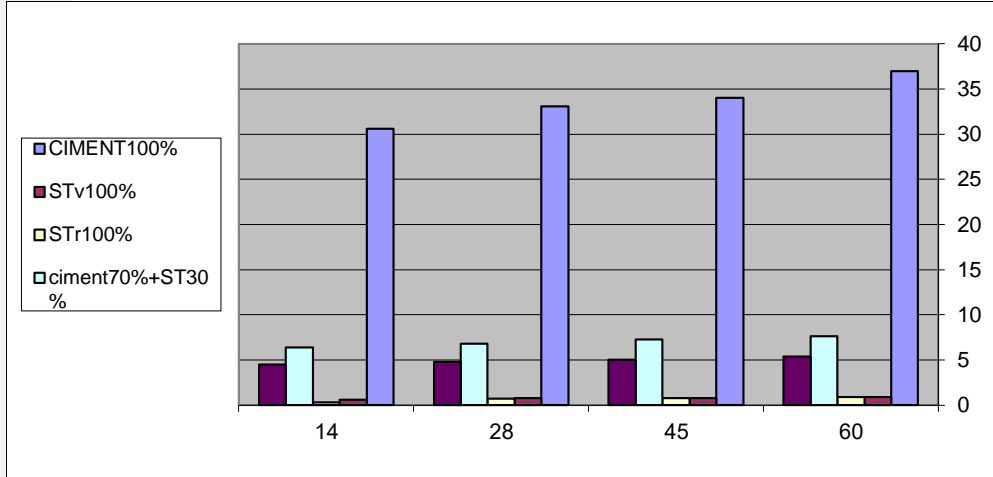
## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

معالجة بالحرارة

الجدول IV.6: يوضح نتائج مقاومة الضغط لخرسانة رمل لمختلف التركيبات حسب دراسة سابقة [13]



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.

### 2.2.3.IV. مناقشة نتائج مقاومة الضغط :

\*نلاحظ من خلال المنحنيات أن التركيبة المثلى للاسمنت حيث أعطت خلال 28 يوم (33.1 MPa) وأن المقاومة للضغط التي تليها نزولا الخاصة بالتركيبة 70 % من الاسمنت و30% من ST حيث أعطت خلال 28 يوم (6.8 MPa) وتليهم نزولا التركيبة 50% من الاسمنت و50% من ST حيث أعطت خلال 28 يوم (0.7 MPa) (4.8)

أما التركيبة 100% رمال بترولية معالجة بالحرارة STv أعطت نتائج خلال 28 يوم (0.7 MPa)

## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

والتركيبية 100% رمال بترولية معالجة بالحرارة ST أعطت نتائج خلال 28 يوم (0.8 MPa) وهما أقل تماما من الاسمنت

1- وبها اننا استعملنا رمل نظامي من المفترض أن تكون نتيجة الضغط للخرسانة الشاهدة (42 MPa) ولاكننا تحصلنا على القيمة (37 MPa).

ان هذا النقص مرده الى ظروف صناعية ومعالجة الخرسانة وهذا الامر طبيعي لاننا قمنا به في مخبر الجامعة الذي لا تتوفر فيه الشروط النظامية لصناعة الملاط النظامي.

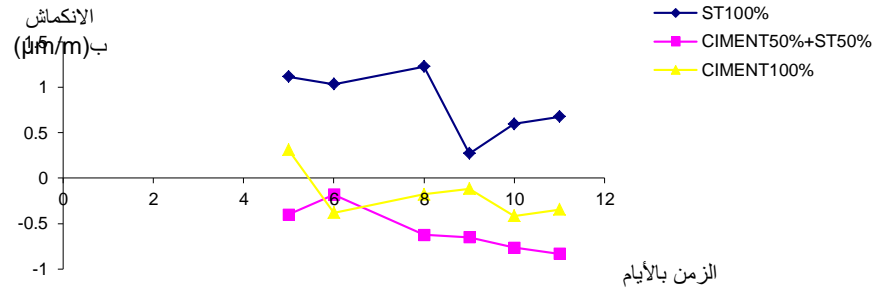
2- ان المقاومة التي تحصلنا عليها عن استعمال الرمال المعالجة بالحرارة كرابط معتبر ضعيف جدا مقارنة بالمقاومة النظامية للاسمنت والتي يكون أدناها (32.5 MPa) خلال 28 يوم في هذه الحالة يجب مقارنة هذا النوع من الخرسانة الرملية المصنوعة من الرمال الابار البترولية المعتبرة كرابط لمقاومة التربة الجيدة (Tufe) المستعمل لرصف الطرقات.

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].

### 1.3.3.IV. نتائج الانكماش :

الجدول 7.IV: يوضح نتائج تجربة الانكماش لخرسانة رمل آبار معالجة بالحرارة واسمنت وخرسانة المركبة البترول محل الدراسة.

العينة	4	5	6	8	9	10	11
ST100%	0.81	1.11433	1.036333	1.22633	0.272667	0.596667	0.673333
CIMENT50%+ST50%	0	-0.4023	-0.183	-0.625	-0.65133	-0.76667	-0.83367
CIMENT100%	0.05	0.31	-0.38167	-0.1793	-0.11967	-0.418	-0.34433



الشكل 8.IV: منحنى يوضح نتائج تجربة لخرسانة رمل آبار معالجة بالحرارة واسمنت وخرسانة المركبة حسب دراسة سابقة.

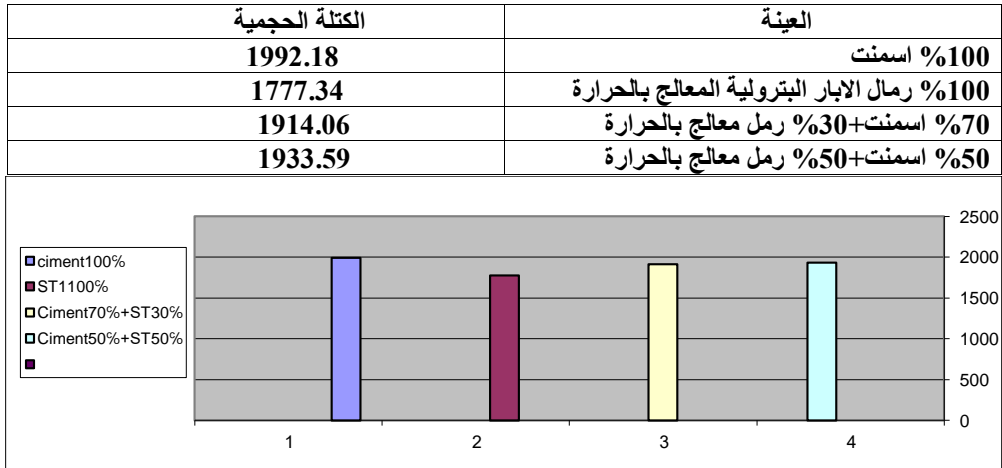
## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

### 2.3.3.IV. مناقشة نتائج الانكماش لخرسانة رمل آبار البترول :

- 1- ان الخرسانة المصنوعة من الاسمنت والمعتبرة كشاهد أعطت قيمة الانكماش صغيرة جدا ومقاربة ل القيمة (0).
  - 2- بينما الخرسانة المصنوعة من المزيج 50% من الاسمنت و50% من الرمال المعالجة بالحرارة أعطت قيم للانكماش أكثر من الاسمنت.
  - 3- بينما نتحفظ على القيمة الناتجة عن الخرسانة المصنوعة بالرمل المعالج بالحرارة حيث أعطت نتائج غير منطقية ونظرا لضيق الوقت لم نتمكن من إعادة التجربة.
- \* ان مرد الانكماش الحاصل في النوع الأول وهو الاسمنت الى أنواع الانكماش المعروفة وخاصة الانكماش الذاتي الذي يعتبر أمر طبيعي في الخلطات الخرسانية اذ المقصود به أن حجم الاسمنت + حجم الماء من المفترض أن يكون الحجم الناتج هو مجموع الحجمين ولاكن في الواقع لا يكون هذا الأمر.

\* أما مقدار النقص الحاصل في أنواع الخرسانة المصنوعة بالرابط الممزوج 50% من الاسمنت و50% من الرمال المعالجة بالحرارة مقارنة بخرسانة الرمال الابار البترولية فمرده الى طبيعة الرابط لرمال الابار البترولية في حد ذاته اذ أن خواصه الفيزيائية وخاصة معامل النعومة MF ويكون مراده أيضا الى التركيبة الكيميائية لهذا الرمل المعتبر رابط اذ ان نواتج تفاعله مع الماء تكون مخالفة لنواتج اماهة الاسمنت.

### 4.IV. الكتلة الحجمية :



الشكل IV. 9: أعمدة بيانية توضح الكتلة الحجمية :

### مناقشة الكتلة الحجمية:

الكتلة الحجمية لجميع العينات أقل من 2000 kg/m<sup>3</sup> فهي خرسانة خفيفة لأنها خرسانة رملية موجود بها فراغات.

### الخلاصة:

نستنتج من هذه الدراسة ما يلي:

## الفصل الرابع: مختلف سلوك الخرسانة المدروسة

- يمكن استعمال الرمال البترولية المعالجة بالحرارة على أساس انها رابط في الخرسانة الرملية لأنه أعطى مقاومة ضعيفة وبهذا يمكن استعمالها في الطرقات والرصف مثل (tufe).
- كلما حسنا هذا الرابط بالكلينكر نستطيع تحسين مقاومة الضغط والانحناء.
- خرسانة المصنوعة من مزيج بنسبة 50 % اسمنت و 50 % رمال معالجة بحرارة أكثر انكماش من الاسمنت.
- ان خرسانة الرمال الابار البترولية المعالجة بالحرارة تعتبر خرسانة خفيفة.

الخلاصة العامة  
والتوصيات

## الخلاصة العامة والتوصيات

**أولاً:** تتمين رمال آبار البترول المعالجة بالحرارة تلك الرمال الموجودة بكثرة في أغلب حقول النفط وخاصة حقول حاسي مسعود والتي تنتزع على مساحة مهمة داخلها مما يجعلها تخلق مشكلاً متمثلاً في التلوث المضر بالإنسان والطبيعة، يعتبر امر ضروري.

وكنقطة للانطلاق قمنا بإنجاز عدة تجارب:

- على الرمال المعالجة بالحرارة بغية التعرف على نوعيتها فوجدنا عند الكشف عن تركيبها الكيميائية انه يمكننا استعمالها كرابط.

-نتيجة لذلك اقترحنا أن تكون الرمال المستعملة في هذه الدراسة هي رمال نظامية 1-196 CEN EN

- قمنا بصناعة خرسانة رمل بتركيبات مختلفة (70% اسمنت + 30% رمال معالجة بالحرارة) و (50% اسمنت + 50% رمال معالجة بالحرارة).

عند التجارب التي قمنا بها على خرسانة رمال الابار البترولية المعالجة بالحرارة كتجربة الضغط والانحناء لاحظنا النتائج ضعيفة جدا لهذه التجارب وهذا راجع الى نقص  $CaO$  أكسيد الكالسيوم الذي يتواجد في لكلينكر بكثرة قمنا بإضافة نسبة من الاسمنت لتحسين الخصائص.

وبعد إجراء التجارب ومناقشة النتائج وتحليلها نستخلص النتائج التالية:

- 1- رمال آبار البترولية المعالجة بالحرارة مع لكلينكر الذي هو عبارة عن اسمنت الذي مصدره الماء الأبيض بنسبة بنسبة 70% و 30% أعطى نتائج لمقاومة الضغط خلال 28 يوم  $Mpa6.8$  والانحناء خلال 28 يوم  $Mpa4.05$ .
  - 2- رمال آبار البترولية المعالجة بالحرارة مع لكلينكر الذي هو عبارة عن اسمنت الذي مصدره الماء الأبيض بنسبة بنسبة 50% و 50% أعطى نتائج لمقاومة الضغط خلال 28 يوم  $Mpa6.8$  والانحناء خلال 28 يوم  $Mpa2.23$ .
  - 3- رمال آبار البترولية المعالجة بالحرارة بنسبة 100% أعطى نتائج لمقاومة الضغط خلال 28 يوم  $Mpa0.7$  والانحناء خلال 28 يوم  $Mpa1.50$ .
  - 4- رمال آبار البترول مقارنة مع لكلينكر الذي هو عبارة عن الإسمنت CRS من الماء الأبيض بنسبة أعطى نتائج ضعيفة.
- من خلال هذا البحث نوصي بما يلي:

- يجب المعالجة الحرارية لهذه الرمال قبل الاستعمال للقضاء على نسبة التلوث الموجود بها.
  - محاولة استعمال هذه الرمال المعالجة حرارياً كرابط لصناعة خرسانة رصف لتكون بديل عن التربة الصالح لرصف المسالك والطرق وقواعد الشركات.
  - استعمال هذه الرمال المعالجة حرارياً كإضافات لصناعة الإسمنت.
  - محاولة معالجة التركيبة الكيميائية للرمال المعالجة حرارياً والتي تحتوي على نسبة ضعيفة من أكسيد الكالسيوم  $CaO$  بإضافة مواد تحتوي على هذه المادة في مصانع معالجة الرمال الحرارية.
  - 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 البترولية المعالجة بالحرارة لمنطقة حاسي مسعود.

## قائمة المصادر والمراجع

---

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 البترولية المعالجة بالحرارة من نواحي أخرى لتعميم استعمالها في جميع المنشآت.

قائمة المصادر  
والمراجع

## قائمة المصادر والمراجع

### قائمة المصادر والمراجع

- [4] زمالي، الايرادات النفطية في الاقتصاد الكلي (النمو الاقتصادي)، دراسة حالة الجزائر جامعة، أبي بكر بالقائد، 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 والتدريب 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 27/01/2010.
- [39] البطاقة التقنية لاسمنت مصنع الماء الأبيض بتبسة.
- [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 تخرّد ماستر، جامعة الوادي، الجزائر، 2019.
- [46] أ.د. محمد مجدي واصل أستاذ الكيمياء الفيزيائية، كتاب أسس الكيمياء الصناعية – الطبعة الأولى 2005 — كلية العلوم – جامعة الأزهر – مصر، 2005

[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](http://www.syr_res.com/article/1481.htm)
- [8] Bou khalfa.z ,tordjemani.y" Etude de Methode de traitement 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] BOUHNİK 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'ingénieur, 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] STAN DARD-SAND.COM.

[36] R.N. Swamy 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 orientation 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] [www.gica.dz](http://www.gica.dz)

[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.

[44] MI-Swaco-Drilling-Solutions-Catalog-2008.

[45] Kirkness A J. Treatment of nonaqueous-fluid-contaminated drill cuttings—raising environmental and safety standards, C. //IADC/SPE Drilling Conference. Society of Petroleum Engineers, 2008.

[46] Xu N, Wang W, Han P, et al. Effects of ultrasound on oily sludge deoiling, J. Journal of hazardous materials, 2009, 171(1-3): 914-917.

[47] Hu G, Li J, Zeng G. Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: a review, J. Journal of hazardous materials, 2013, 261: 470-490.

[48] Ball A S, Stewart R J, Schliephake K. A review of the current options for the treatment and safe disposal of drill cuttings, J. Waste Management & Research, 2012, 30(5): 457-473.

[49] Reference to the Canada Environmental Studies Research Funds Report No.166: Cuttings Treatment Technology Evaluation.

[50] Wang Lei, Wang Chao. Study on Oil Removal Technology of Oily Drill Cuttings in Offshore Oil-Based Drilling Fluids, J. Modern industrial economy and informatization, 2017(7):35-36.

[51] Liu Pingting, Huang Zhiyu, Deng Hao, et al. Progress of harmless treatment technology and Process for waste oil-based drilling fluid, J. Oil and gas field environmental protection, 2012,22(6):57-60.

[52] Wait S T, Thomas D. The characterization of base oil recovered from the low temperature thermal desorption of drill cuttings, C. //SPE/EPA/DOE Exploration and Production Environmental Conference. Society of Petroleum Engineers, 2003.

[53] Murray A J, Kapila M, Ferrari G, et al. Friction-based thermal desorption technology: Kashagan development project meets environmental compliance in drill-cuttings treatment and disposal, C. //SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers, 2008.

[54] Seaton S, Hall J. Recovery of oil from drilled cuttings by liquefied gas extraction, C. //SPE International Symposium on Oilfield Chemistry. Society of Petroleum Engineers, 2005.

[55] Cannon R W, Martin D. Reduction of Synthetic Based Fluid Discharges Offshore by the Use of Vertical Basket Centrifuges, C. //SPE/EPA/DOE Exploration and Production Environmental Conference. Society of Petroleum Engineers, 2001.

[56] Melton H R, Smith J P, Mairs H L, et al. Environmental aspects of the use and disposal of non-aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations, C. //SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production. Society of Petroleum Engineers, 2004.

[57] Ormeloh J. Thermomechanical cuttings cleaner–qualification for offshore treatment of oil contaminated cuttings on the norwegian continental shelf and martin linge case study, D. University of Stavanger, Norway, 2014.

الملاحق

## الملاحق

الملحق رقم 1: عينة رمال الآبار البترولية المعالجة بالحرارة.



الملحق رقم 2: عينة رمل نظامي.



الملحق رقم 3: 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 بداية تجربة قياس التشغيلية



الملحق رقم 8: صورة توضح تجربة مقاومة الانحناء بواسطة التحطيم.



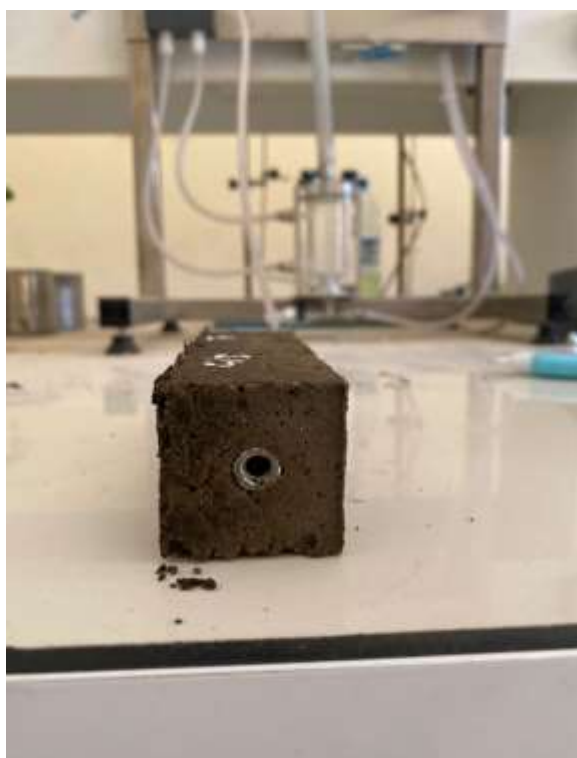
الملحق رقم 9: صورة توضح تجربة مقاومة الضغط بواسطة التحطيم.



الملحق رقم 10: صورة توضح قالب خاص بعينات تجربة الاتكماش.



الملحق رقم 11: صورة توضح عينات خاصة بتجربة قياس الاتكماش.



الملحق رقم 12: صورة توضح قياس الانكماش.



الملحق رقم 13: صورة توضح التحليل الخاصة بمصنع الاسمنت تبسة.

