

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص: فيزياء المواد

من اعداد: جغبالة حنان

العنوان

مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لرمال تنمو فيه وردة الرمال

بمنطقة سيدي سليمان (تقرت)

نوقشت يوم 2019/06/27

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

رئيسا	جامعة ورقلة	استاد التعليم العالي	د. غرياني رشيد
مناقشا	جامعة ورقلة	استاد محاضر " أ "	د. بن مبروك لزهر
مشرفا ومقررا	جامعة ورقلة	استاد محاضر " أ "	د. عاشوري عبد الرحيم

الموسم الجامعي: 2019/2018

الاهداء

اهدي إلى من أرضعتني الحب والحنان الى رمز الحب وبلسم
الشفاء الى القلب الناصع بالبياض وقررة عيني
أمي الحبيبة

إلى من كانت أنامله ليقدّم لنا لحظة سعادة، الى من حصد الأشواك عن
دربي ليمهد لي طريق العلم، الى القلب الكبير
والذي العزيز

إلى رياحين حياتي (إخوتي و أخواتي) كل واحد باسمه

إلى حبيبة قلبي ابنت أختي أبرار

إلى الإخوة و الأخوات، الى من تحلو بالإخاء وتميزو بالوفاء والعطاء إلى
ينابيع الصدق الصافي إلى من معهم سعدت، وبرفقتهم في دروب الحياة
الحلوة و الحزينة سرت إلى من كانوا معي على طريق النجاح و الخير
أصدقائي

وإلى كل من ساهم في هذا البحث من قريب أو من بعيد

جغبالة حنان

شكرًا لله

الحمد لله رب العالمين، الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله، الحمد لله والشكر لله والصلاة والسلام لرسول الله.

يطيب لي أن أضع اللمسات الأخيرة لمذكرتي هذه و أن أتقدم ببالح الشكر و التقدير للأستاذ الفاضل عاشوري عبد الرحيم على اقتراحه و اشرافه على هذا البحث وما بذله من جهد و متابعة مدة الاشراف.

كما أتقدم بالشكر الى أستاذ التعليم العالي غرياني رشيد على قبوله ترؤس لجنة المناقشة و الأستاذ بن مبروك لزهر على قبوله مناقشة هذه المذكرة.

أتقدم كذلك بالشكر الجزيل للأساتذة الكرام مشري محمد العيد، الحاج محفوض، رحمان زهور، مسروق حرية بن حميدة سفيان، محمادي نوية، زيدوري عزيز على كل ما قدموه لي من معلومات وأفكار طيلة هذه المذكرة.

كما أشكر جميع المسؤولين و الباحثين في:

مخبر الاشعاع و البلازما و فيزياء السطوح (L.R.P.P.S) جامعة ورقلة.

مخبر ترقية و تثمين الموارد الصحراوية (V.P.R.S) جامعة ورقلة.

المخبر البيداغوجي لقسم الجيولوجيا لكلية المحروقات والطاقات المتجددة بجامعة ورقلة.

كما أتوجه بالشكر و التقدير و الاحترام لكل العمال و الأساتذة القائمين على كلية الرياضيات وعلوم المادة خاصة أولئك التابعين لإدارة قسم الفيزياء على التسهيلات التي لقيناها منهم خلال كل فترات هذا العمل

أتوجه بشكري الى زميلاتي و زملائي في الدراسة.

I.....	الإهداء.....
II.....	شكر وتقدير.....
III.....	الفهرس.....
IV.....	قائمة الأشكال.....
IX.....	قائمة الجداول.....
X.....	مقدمة عامة.....

الفصل الأول: عموميات حول الرمال

01.....	مقدمة الفصل الأول.....
01.....	1.I. تعريف الرمل.....
01.....	2.I. المكونات الأساسية للرمل و الحجر الرملي.....
03.....	3.I. ميكانيكا تشكل الرمال.....
03.....	1.3.I. كيفية تشكل الرمل و الحجر الرملي.....
03.....	2.3.I. ميكانيكية تكون الكتبان الرملية.....
04.....	4.I. خصائص الرمال.....
04.....	1.4.I. الخصائص الفيزيائية للرمل.....
05.....	1.1.4.I. خصائصه الحبيبة.....
05.....	أ. قياس الحبات.....
09.....	ب. التدرج الحبيبي.....
10.....	ج. التصنيف الحبيبي.....
10.....	د. أشكال الحبات.....
12.....	2.1.4.I. ألوان الحبات.....
12.....	3.1.4.I. المكافئ الرملي.....
12.....	4.1.4.I. معامل النعومة.....
13.....	2.4.I. الخصائص الكيميائية للرمل.....
14.....	5.I. الكوارتز.....
14.....	1.5.I. تعريف الكوارتز.....
14.....	2.5.I. الخصائص الفيزيائية للكوارتز.....

16.....	3.5.I. الخصائص البلورية للكوارتز.
18.....	4.5.I. مجالات استخدام الكوارتز.
19.....	1.6.I. تعريف وردة الرمال.
20.....	2.6.I. كيفية تشكل وردة الرمال.

الفصل الثاني: التقنيات و الأجهزة المستخدمة في التحليل

21.....	مقدمة الفصل الثاني.
21.....	1.II. جمع العينات.
22.....	2.II. التصنيف الحبيبي بالغرلة الميكانيكية.
22.....	1.2.II. مبدأ التصنيف الحبيبي.
23.....	2.2.II. الجهاز المستعمل في التصنيف الحبيبي.
23.....	3.2.II. تحضير العينات المصنفة.
24.....	4.2.II. تحضير العينات للدراسة.
25.....	3.II. مطيافية انعراج الأشعة السينية (XRD).
26.....	1.3.II. مبدأ حيود الأشعة السينية.
26.....	2.3.II. توليد الأشعة السينية.
27.....	3.3.II. قانون براغ.
29.....	4.3.II. مسار الأشعة داخل جهاز حيود الأشعة السينية.
30.....	5.3.II. الجهاز المستعمل في حيود الأشعة السينية.
31.....	6.3.II. تحضير العينات لإجراء التحليل بواسطة حيود الأشعة السينية.
31.....	7.3.II. برنامج X'Pert HighScore.
31.....	4.II. مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR).
32.....	1.4.II. مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء.
34.....	2.4.II. أنواع الاهتزازات.
34.....	3.4.II. مسار الأشعة داخل جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء.
35.....	4.4.II. الجهاز المستعمل للقياس بواسطة الأشعة تحت الحمراء تحت الحمراء.
36.....	5.4.II. تحضير العينة لإجراء القياس بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء.

الفصل الثالث: تحليل ومناقشة نتائج القياسات التجريبية

37.....	مقدمة الفصل الثالث.....
37.....	1.III. قياس التصنيف الحبيبي.....
38	2.III. مناقشة نتائج التحليل بواسطة انعراج الأشعة السينية(XRD).....
38.....	1.2.III. التركيب الجزئي لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت ذو التصنيف الحبيبي 2mm.....
41.....	2.2.III. التركيب الجزئي لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت ذو التصنيف الحبيبي 1mm.....
43.....	3.2.III. التركيب الجزئي لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت ذو التصنيف الحبيبي 0.5mm.....
45.....	4.2.III. التركيب الجزئي لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت ذو التصنيف الحبيبي 0.025mm.....
47	3.III. مناقشة نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR)
48.....	1.3.III. تحليل نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة أصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 2mm.....
52.....	2.3.III. تحليل نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة أصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 1mm.....
55.....	3.3.III. تحليل نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة أصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 0.5mm.....
58.0.025 mm	4.3.III. تحليل نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة أصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي.....

الصفحة	الشكل
04	الشكل (1-I): مراحل تكون الكتيب .
06	الشكل (2-I): تصنيف حبيبات الرمل وفقا لأبعادها .
09	الشكل (3-I): مجموعة المناخل المستخدمة في تحديد البعد الحبي للرمل .
10	الشكل (4-I): أشكال التصنيف الحبيبي .
11	الشكل (5-I): الأشكال العيانية لحبات الرمل
11	الشكل (6-I): النسيج السطحي لحبات الرمل الكوارتزيتية باستخدام جهاز المجهر الإلكتروني
16	الشكل (7-I): البنية البلورية لجزء SiO_4
16	الشكل (8-I): البنية البلورية للكوارتز وصوره له
17	الشكل (9-I): التحولات الطورية للكوارتز
19	الشكل (10-I): رمال و وردة الرمال في منطقة تقرت
20	الشكل (11-I): كيفية تشكل وردة الرمال
21	الشكل (1-II): صورة لموقع مدينة الدراسة
21	الشكل (2-II): صورة فوتوغرافية لرمل تنمو فيه وردة الرمال
22	الشكل (3-II): تمرير عينة من الرمل عبر مجموعة غرابيل قياسية
23	الشكل (4-II): الهزاز الميكانيكي و الغرابيل القياسية المستعملة في التصنيف الحبيبي
23	الشكل (5-II): حبيبات الرمل المصنفة
24	الشكل (6-II): جهاز طحن الرمل
24	الشكل (7-II): العينات بعد عملية الطحن
25	الشكل (8-II): الفرن الكهربائي المستعمل في الدراسة
25	الشكل (9-II): حفظ العينات في علب بلاستيكية
26	الشكل (10-II): رسم تخطيطي لمستويات الشبكة
27	الشكل (11-II): مخطط توضيحي لأنبوبة توليد الأشعة السينية
28	الشكل (12-II): مخطط انعراج الأشعة السينية في البلورات
30	الشكل (13-II): مسار الأشعة داخل جهاز حيود الأشعة السينية
30	الشكل (14-II): جهاز انعراج الأشعة السينية المستعمل في الدراسة (أ) من الخارج (ب) من الداخل
31	الشكل (15-II): صورة فوتوغرافية لحامل العينات في جهاز انعراج الأشعة السينية
32	الشكل (16-II): امتصاص الأشعة تحت الحمراء
33	الشكل (17-II): حركة إزاحة النابض
34	الشكل (18-II): أنواع الاهتزازات
35	الشكل (19-II): مسار الأشعة تحت الحمراء

- 35 الشكل (II-20): جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء المستعمل في الدراسة
- 36 الشكل (II-21): الأدوات المستخدمة في تحضير العينات
- الشكل (III-1): مخططات انعراج الأشعة السينية لرمل خشن (2mm) على العينة الأصلية والعينات المسخنة من رمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت
- 38 الشكل (III-2): مخططات انعراج الأشعة السينية لرمل متوسط (1mm) على العينة الأصلية والعينات المسخنة من رمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت
- 41 الشكل (III-3): مخططات انعراج الأشعة السينية لرمل أقل من المتوسط (0.5mm) على العينة الأصلية والعينات المسخنة من رمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت
- 43 الشكل (III-4): مخططات انعراج الأشعة السينية لرمل ناعم (0.025mm) على العينة الأصلية والعينات المسخنة من رمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت
- 45 الشكل (III-5): مخططات مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لرمل خشن (2mm) لعينة أصلية و العينات المسخنة لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت .
- 48 الشكل (III-6): مخططات مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لرمل متوسط (1mm) لعينة أصلية و العينات المسخنة لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت .
- 52 الشكل (III-7): مخططات مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لرمل متوسط (0.5mm) لعينة أصلية و العينات المسخنة لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت .
- 55 الشكل (III-8): مخططات مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لرمل ناعم (0.025 mm) لعينة أصلية و العينات المسخنة لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت
- 58 الشكل (III-9): مخطط توضيحي لنتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لجميع الأصناف الحبيبية لرمل تنمو فيه وردة الرمال بتقرت قبل وبعد التسخين في درجات حرارة مختلفة (500° C 300° C 100° C)
- 61

الصفحة	الجدول
02	الجدول (1-I): التركيب النسبي للرمل
02	الجدول (2-I): تركيب الرمل حسب النسب الوزنية
03	الجدول (3-I): حرارة الانصهار والكثافة لبعض المواد الداخلة في تركيب الرمل
05	الجدول (4-I): التصنيف وفقا لأقطار الحبيبات
06	الجدول (5-I): التقاسيم الخاصة بمجاميع الحبيبات
07	الجدول (6-I): مجموعات التربة الرملية حسب قياس حبيباتها
08	الجدول (7-I): التصنيفات المعتمدة حسب قياس الحبيبات
13	الجدول (8-I): التحاليل الكيميائية لرمال الكثبان لمناطق مختلفة من العالم
15	الجدول (9-I): خصائص الكوارتز الفيزيائية
17	الجدول (10-I): الخصائص البلورية للكوارتز
18	الجدول (11-I): مجالات استخدام الكوارتز
37	الجدول (1-III): نتائج تصنيف عينة رمل من مدينة تقرت
40	الجدول (2-III): تحليل نتائج انعراج الأشعة السينية للعينة الأصلية والعينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 2mm
42	الجدول (3-III): تحليل نتائج انعراج الأشعة السينية للعينة الأصلية والعينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 1mm
44	الجدول (4-III): تحليل نتائج انعراج الأشعة السينية للعينة الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 0.5mm
46	الجدول (5-III): تحليل نتائج انعراج الأشعة السينية للعينة الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 0.025mm
49	الجدول (6-III): تحليل نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 2mm.
53	الجدول (7-III): تحليل نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي (1mm)
56	الجدول (8-III): تحليل نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي (0.5mm).
59	الجدول (9-III): تحليل نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي (0.025mm).

مقدمة

عامّة

مقدمة عامة

تعد الصحراء احدى تضاريس الطبيعة المتواجدة في كوكب الأرض، على الرغم من قساوة ظروفها من ناحية الطقس وقلة الأمطار فيها وقلة الغطاء النباتي أو انعدامه، إلا أن لها خصوصية كبيرة ومميزة لا تتوفر في غيرها من التضاريس الأخرى.

تنتشر في الصحراء المترامية الأطراف رمالها التي تغطي أكثر من 40% من مساحتها، وهي أحد أهم العناصر الموجودة في البيئة، فهذه الرمال تكاد تكون العنصر الثاني من حيث الأهمية بعد الماء، لذلك فقد تنوعت استخداماته في البناء و الزراعة و التنقية، وفي مجالات البيئة و غيرها

للدراستات الفيزيائية المعقدة ركز الباحثون في بحوثهم على رمال السليكا التي تعتبر صخور رملية تحتوي على نسبة عالية من الكوارتز (SiO_2) مع نسب ضئيلة من الشوائب و أكاسيد المعادن الأخرى وهي تغطي مساحات شاسعة من الكرة الأرضية، كما لها أهمية كبيرة في صناعة الزجاج، حيث تمثل رمال السليكا 60% من العجينة الزجاجية المستخدمة في صناعة الأنواع المختلفة من المنتجات الزجاجية النهائية.

ويوجد الرمل في الطبيعة على شكل كتبان رملية وهي عبارة عن تجمعات لرواسب ذات أحجام مختلفة ناتجة عن تراكم حبات الرمل، وغالبا ما يكون مصدرها من الصخور الرسوبية المفتتة أو من صخور نارية و متحولة نتيجة لعوامل التعرية و التجوية (weathering) بالاضافة إلى عاملي الأمطار والرياح. تتميز هذه الكتبان في بعض المناطق بوجود و تشكل نوع من الصخور متنوعة الشكل والحجم و اللون تدعى وردة الرمال، ولما تميزت منطقة تقرت بمادة الرمل و وردة الرمال ارتيننا أن نتناول في موضوعنا هذا على دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة سيدي سليمان

المتواجدة في مدينة تقرت لها الإحداثيات الجغرافية $lat 33.188431^\circ, long 6.147574^\circ$

لذا فاننا نسعى في هذه الدراسة الى تحديد المركبات الداخلة في تكوين رمال تنمو فيها وردة الرمال بمنطقة تقرت والتصنيفات الحبيبية المعتمدة في درجات حرارة عادية و بعد معالجات حرارية في درجات حرارة مختلفة (°C) (100، 300، 500) وذلك باستخدام بعض الطرق الطيفية، المتمثلة في تقنية انعراج الأشعة السينية (XRD) و مطيافية الامتصاص ما تحت الأحمر بتحويل فورييه (FTIR)، حيث قسمت هذه المذكرة الى ثلاثة فصول وخاتمة.

في الفصل الأول "عموميات حول الرمال و الكوارتز" سنتناول فيه دراسة نظرية للرمل و التصنيفات الحبيبية المعتمدة و التطرق الى مادة الكوارتز الذي يعتبر المادة الأساسية الداخلة في تركيب الرمل.

الفصل الثاني "الطرق التجريبية المستعملة" سنتطرق فيه الى التصنيف الحبيبي للرمل بالغريلة الميكانيكية (particle size distribution by dry sieving)، وذلك لتصنيفه إلى أصناف مختلفة، بعدها سنرى مدى تأثير المعالجة الحرارية على عنصر الرمل من خلال الطرق الطيفية المستعملة في هذه الدراسة: حيود الأشعة السينية (XRD) ومطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR).

أما الفصل الثالث "تحليل ومناقشة نتائج القياسات التجريبية" والذي يمثل الجزء العملي من هذه الدراسة، وعليه سنقوم بعرض نتائج القياسات الطيفية المستخدمة وتحليلها ومحاولة الربط بينها. وفي الأخير سنختم هذه المذكرة بملخص عامة، يتم فيها سرد النتائج المتحصل عليها وكيفية استغلالها، مع تقديم بعض التوصيات المستقبلية التي قد تساهم في مواصلة البحث حول هذا الموضوع.

الفصل الأول

عموميات حول الرمل

و وردة الرمال

مقدمة

ربما نكون جميعًا قد تحسنا مسبقًا من تلك المادة الحبيبية المفككة التي تدعى الرمال، وتفترش الشواطئ ومجاري الأنهار والصحاري في شتى أرجاء الكوكب، و هذا ما يدفعنا للتساؤل مما تتكون الرمال وكيف تنشأ؟؟.

كما يعتبر الحجر الرملي الذي هو نوع من أنواع الصخور، يتكون أساسا من الرمال حيث تعمل ظروف الضغط والحرارة على تماسكها إضافة إلى وجود أملاح معدنية تساعد على تكوّنهما. للحصول على وصف متكامل للحجر الرملي ينبغي استخدام كل المعلومات الجيولوجية، المعدنية، الفيزيائية و الكيميائية والتي تعد القاعدة الأساسية العامة في كل الاستنتاجات اللاحقة حول أصل هذه الرمال وأهميتها.

1.1. تعريف الرمل:

الرمل (sand) عبارة عن مادة خشنة إلى حد ما، تتشكل من تفتت الصخور الرملية الطبيعية، تتوزع بأبعاد متدرجة بين (2 mm - 0.063 mm) وتعرف من حيث الحجم على أنها المادة ذات الحبيبات الأصغر من الحصى (Gravel) والأكبر من الغرين أو الطمي (silt) [24] .

1.2. المكونات الأساسية للرمل و الحجر الرملي:

تتكون الرمال غالبا و بشكل رئيسي من الكوارتز (SiO_2) و كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) والجبس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)، و نسبة معتبرة من أكسيد الحديد الثلاثي (Fe_2O_3) ونسبة أكبر من أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3)، وكميات قليلة من الشوائب و المعادن الثقيلة. [03]

كما يتكون الحجر الرملي من معادن أولية مثل معادن السيليكات (silica) و الفلدسبار (feldspar) و المايكا (Mica)، بالإضافة إلى مركبات و معادن ثانوية أخرى ناتجة عن عمليات التجوية الكيميائية (weathering Chemical) مثل الأكاسيد الحرة وخاصة أكسيد الحديد الثلاثي (Fe_2O_3) وأكسيد الألمنيوم (Al_2O_3)، و من المعادن الشائعة في التركيب المعدني للرمل الكوارتز الذي يساهم في بناء الهيكل العام للتربة الرملية .

ونظرا لأن عملية التجوية تزداد فاعليتها بزيادة السطح النوعي للحبيبات، نجد أن المعادن الثانوية ترتفع نسبتها أكثر في الجزء الناعم من التربة فمثلا نجد أن معظم معادن الطين عبارة عن معادن ثانوية حيث تتواجد في مكونات التربة الأقل من 0.002mm بينما تتركز المعادن الأولية مثل الفلدسبار (feldspar) والكوارتز (Quartz) أو أكسيد السيليكون و البايروكسينات (pyroxens) و الأمفيبولات (Amphiboles) و المايكا (Mica) في الجزء الخشن من مكونات التربة كالرمل والغرين.

و تكون المعادن المتواجدة في الرمل بنسب مختلفة وتتنوع كما في الجدول التالي [4]:

الجدول (1-I): التركيب النسبي للرمل [4]

العنصر	النسبة الوزنية	النسبة الذرية
الأكسجين O	40.59	55.48
الألمنيوم Al	8.91	7.60
السيلكون Si	41.70	32.46

وتتكون السليكات بصفة عامة وحسب التحاليل المختلفة من مواد مختلفة في النسب الوزنية كما هو مبين في الجدول رقم (2-I) وعلاقة بعض المواد الداخلة في تركيب الرمل مع درجة حرارة الانصهار و الكثافة جدول رقم (3-I).

الجدول (2-I): تركيب الرمل حسب النسب الوزنية [4]

الأكسدة	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MaCO ₃	مواد اخرى
النسبة %	98	6.4	1.4	0.08	0.86	5.0

الجدول (I-3): حرارة الانصهار والكثافة لبعض المواد الداخلة في تركيب الرمل [4]

التركيب	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	CaOCrO ₃
درجة الإصهار(°C)	2070	1710	2600	2600	2160
الكثافة(gr/cm)	3.97	2.2	3.32	4.24	3.23

3.1. ميكانيكا تشكل الرمال:

1.3.1. كيفية تشكل الرمل و الحجر الرملي:

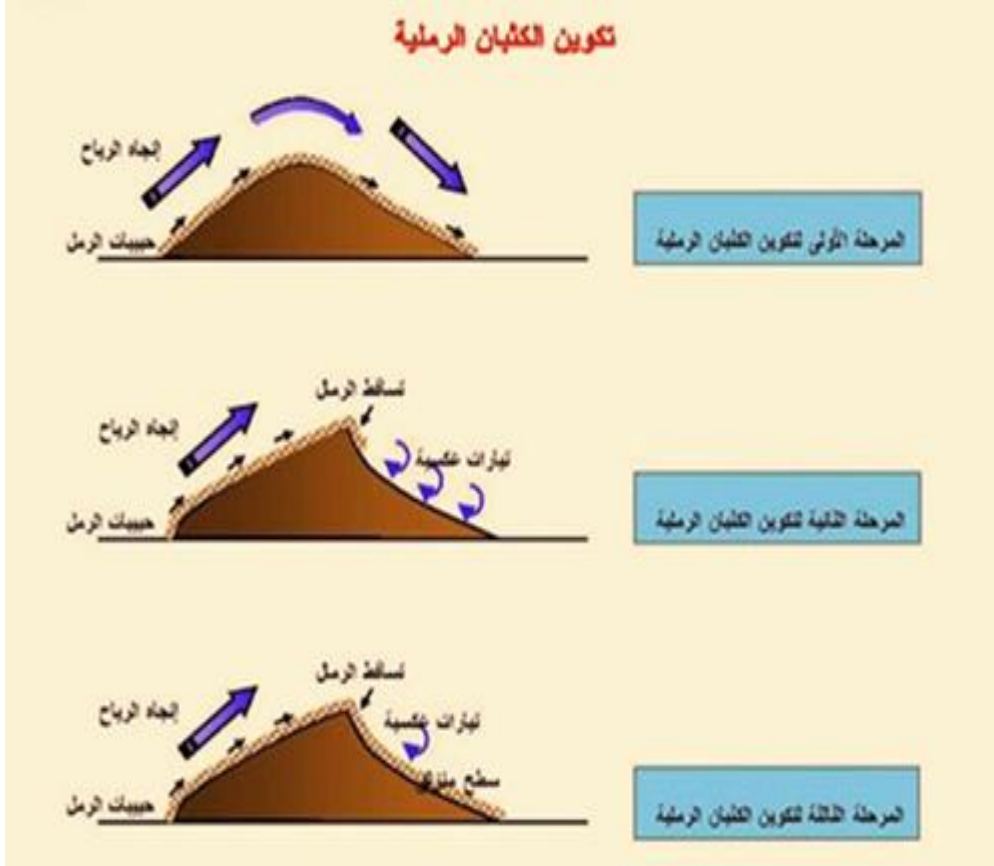
يتكون الرمل نتيجة لعوامل التعرية، وهي تفاعل الصخور خاصة منها الصحراوية مع درجات الحرارة القصوى وهبوب الرياح المتواصلة، مما يؤدي إلى تفكيك الصخور وتفتيتها إلى حبيبات رملية مختلفة الحجم و الشكل. بينما الحجر الرملي فيتشكل عندما يدفن الرمل المترسب من المياه كما في الأنهار و البحيرات أو البحار، أو من الهواء كما في الصحراء ومناطق الكثبان الرملية ويرص تحت طبقات متعاقبة فوقه من الرسوبيات ، فعند عملية الدفن يتماسك الرمل ويترابط بترسب معادن رابطة من كربونات الكالسيوم و أكاسيد الحديد أو السيليكات من المياه الجوفية التي تمر في المسامات بين الحبيبات [5].

2.3.1. ميكانيكية تكون الكثبان الرملية:

إن عملية تكون الكثبان الرملية تبدأ عندما يكون هناك تغير في طبوغرافية سطح الأرض، أو تكون خالية من الغطاء النباتي محدودًا من حيث النوع و الكمية، ومن ثم يؤدي إلى نوع معين من الترسيب. ويمر تكوّن الكتيب الرملي بالمراحل التالية.

1. عندما تضعف قوة الرياح، تتساقط حملتها من الرمال متجمعة فوق بعضها وتتراكم عادة على الجانب المواجه لاتجاه الرياح، وقد يتبقى بعضها في أعالي الكتيب، ويتدحرج بعضها الآخر على الجانب المظاهر للرياح.
2. تنحدر الرمال من أعالي الكتيب بفعل الجاذبية الأرضية تحت أقدام الجانب المظاهر لاتجاه الرياح، وتكوّن انحدارًا شديدًا بفعل التيارات العكسية، إذا ما قورن بدرجة انحدار السطح المواجه لاتجاه الرياح.

3. يظهر الاختلاف واضحًا بين كل من الانحدار البسيط المواجه للرياح و الانحدار الشديد المظاهر لها، إذ تتجمع الرمال، وتنحدر تدريجياً بفعل الجاذبية على الجانب الآخر، الذي يتميز بتأثره بفعل الدوامات الهوائية، (التيارات العكسية)، التي تسهم بدورها في ارتكاز بعض حبيبات الرمال فوق قمة الكتيب، وتحول دون هبوطها تحت أقدام الانحدار المظاهر لاتجاه الرياح. الشكل رقم(1-I)



الشكل (1-I): مراحل تكوين الكتيب [19]

4.1. خصائص الرمال:

1.4.1. الخصائص الفيزيائية للرمل:

تتصف حبيبات الرمال بخصائص فيزيائية تنتج عن ظروف تكوّنها، وتختلف باختلاف طبيعة الصخور التي نشأت منها وعوامل التجوية الفيزيائية أو الكيميائية و إنتقال الرمال وترسبها، كما يمكن وصف حبيبات الرمل بحسب مظهرها الخارجي وفقاً لما يلي:

1. خصائصه الحبيبية:

تتميز الرمال بمجموعة من الخصائص الحبيبية ومن بينها:

أ. قياس حبات الرمل:

يختلف حجم حبات الرمل من حبة الى أخرى، حيث يطلق على الحبيبات التي يزيد قطرها عن 2mm حصى، أما الحبيبات التي

يقل قطرها عن 0.002mm فتدعى بالطين، بينما تتراوح أقطار حبيبات الغرين ما بين 0.06mm – 0.002mm، أما

أقطار حبيبات الرمل فتتراوح ما بين 2 mm – 0.063 mm [6.1] جدول رقم (4-I).

الجدول (4-I): يوضح التصنيف وفقا لأقطار الحبيبات

التصنيف	البعد
حصى (gravel)	2mm < gravel
رمل (sand)	0.063mm < sand < 2 mm
طمي (silt)	0.002mm < cilt < 0.063
طين (clay)	Clay < 0.002mm

يصنف الرمل بشكل عام وفق أقطار حبيباته إلى: [1]

- ✓ الرمل الخشن جدًا يتراوح نصف قطر حباته ما بين (1 - 2 mm).
- ✓ الرمل الخشن يتراوح نصف قطر حباته ما بين (1/2 - 1 mm).
- ✓ الرمل المتوسط يتراوح نصف قطر حباته ما بين (1/4 - 1/2 mm).
- ✓ الرمل الناعم يتراوح نصف قطر حباته ما بين (1/8 - 1/4mm).
- ✓ الرمل الناعم جدًا يتراوح نصف قطر حباته ما بين (1/16 - 1/8mm).

وتستند توزيع هذه الأبعاد على مقياس (Krumbein)



الشكل (I-2): تصنيف حبيبات الرمل وفقاً لأبعادها [19]

يوضح الجدول التالي اقسام حبيبات التربة تبعاً لأصنافها حسب نظم التصنيفات العالمية المختلفة، حيث تدعى حبيبات التربة ذات

حجم متقارب والذي يقع بين حد أدنى وحد أعلى بالمجموعة الحجمية.

الجدول (I-5): التقاسيم الخاصة بمجاميع الحبيبات الأولية [38.22]

التصنيف الدولي الجمعية الدولية لعلوم التربة (International Society of Soil Science)		التصنيف الأمريكي وزارة الزراعة الأمريكية (US Department of Agriculture)		مجاميع الحبيبات الأولية
قطر الحبيبات (mm)	الصف	قطر الحبيبات (mm)	الصف	
0.2 – 2	رمل خشن	1 – 2	رمل خشن جداً	الرمل (sand)
		0.5 – 1	رمل خشن	
		0.25 – 0.5	رمل متوسط	
0.02 – 0.2	رمل ناعم	0.1 – 0.25	رمل ناعم	
		0.063 – 0.1	رمل ناعم جداً	
		0.02 – 0.063	طمي خشن	
0.002 – 0.02	طمي	0.002 – 0.02	طمي ناعم	الطمي (silt)
أقل من 0.002	طين	أقل من 0.002	طين	الطين (clay)

إن عملية إيجاد النسب المئوية لجميع الحبيبات الأولية في عينة التربة لا بد من اجراء تحليل ميكانيكي للتربة. وهذا يعني معرفة النسبة

المئوية لتصنيف الرمل ويتم ذلك بعد حساب التدرج الحبيبي للتربة حيث تكون نسبة وزن الحبيبات المصنفة للرمل كالتالي:

الجدول (I-6): مجموعات التربة الرملية حسب قياس حبيباتها [6]

رقم المجموعة	وصف التربة	النسبة المئوية للحبيبات من وزن التربة الأصلي (%)
1-	رمل حصوي (Gravelly sand)	وزن الحبيبات الأكبر من 2 ملمتر اكثر من 25 بالمئة
2-	رمل خشن (Coarse-) (grained sand)	وزن الحبيبات الأكبر من 0.5 ملمتر اكثر من 50 بالمئة
3-	رمل متوسط الخشونة (Medium- grained sand)	وزن الحبيبات الأكبر من 0.25 ملمتر اكثر من 50 بالمئة
4-	رمل ناعم (Fine- grained sand)	وزن الحبيبات الأكبر من 0.1 ملمتر اكثر او يساوي 75 بالمئة
5-	رمل ناعم جداً (Dusty sand)	وزن الحبيبات الأكبر من 0.1 ملمتر اقل من 75 بالمئة

ونظراً لتعدد تصنيف قياس حبيبات التربة أدى إلى تقسيمها إلى مجموعات، بين الجدول (I-8) بعض التصنيفات المعتمدة وكيفية

تقسيم الرمل إلى مجموعات حسب أبعاد حبيباته.

الجدول (7-I):التصنيفات المعتمدة حسب قياس الحبيبات [6]

نظام معهد ماساشوستس للتكنولوجيا (M.I.T soil classification system)		نظام المكتب الأمريكي لتصنيف التربة (U.S bureau soil classification system)		تصنيف وزارة الزراعة الأمريكية (US department of agriculture)		مجاميع الحبيبات الأولية
أقطار الحبيبات (mm)	التصنيف	أقطار الحبيبات (mm)	التصنيف	أقطار الحبيبات (mm)	التصنيف	
		1.00 - 2.00	حصى ناعم	2.0 - 3.4	حصى ناعم	حصى
0.6 - 2	رمل خشن	0.500 - 1.00	رمل خشن	1 - 2	رمل خشن جدا	رمل
				0.5 - 1	رمل خشن	
0.2 - 0.6	رمل متوسط	0.250 - 0.500	رمل	0.250 - 0.5	رمل متوسط	
0.06- 0.2	رمل ناعم	0.200 - 0.250	رمل ناعم	0.100 -0.250	رمل ناعم	
		0.05 - 0.100	رمل ناعم جدا	0.063 -0.100	رمل ناعم جدا	
0.002-0.06	طمي	0.005 - 0.05	طمي	0.063 >	طمي /طين	طمي
0.002>	طين	0.005>	طين			طين

ب. التدرج الحبيبي:

الهدف من دراسة البعد الحبي للرمل هو معرفة النسب المتوية المكونة للخليط أو التربة أو الرمل، ويتم ذلك باستخدام مجموعة مناخل توضع فوق بعضها البعض، متدرجة الفتحات من 2 mm إلى ما دون ذلك.

الشكل التالي يوضح المناخل المستخدمة في تحديد البعد الحبي للرمل. [7.8]



الشكل (I-3): مجموعة المناخل المستخدمة في تحديد البعد الحبي للرمل

ينقسم الرمل من حيث التدرج إلى الأنواع التالية:

الرمل جيد التدرج : هو الرمل الذي يحتوي على النسب المناسبة من الأحجام المختلفة.

الرمل المتدرج : هو الرمل الذي يحتوي على معظم الأحجام بغض النظر عن نسبتها.

الرمل ناقص التدرج : هو الركام الذي لا يوجد فيه مقاس معين أو أكثر من الأحجام المختلفة.

ويكون حساب التدرج الحبيبي كالتالي:

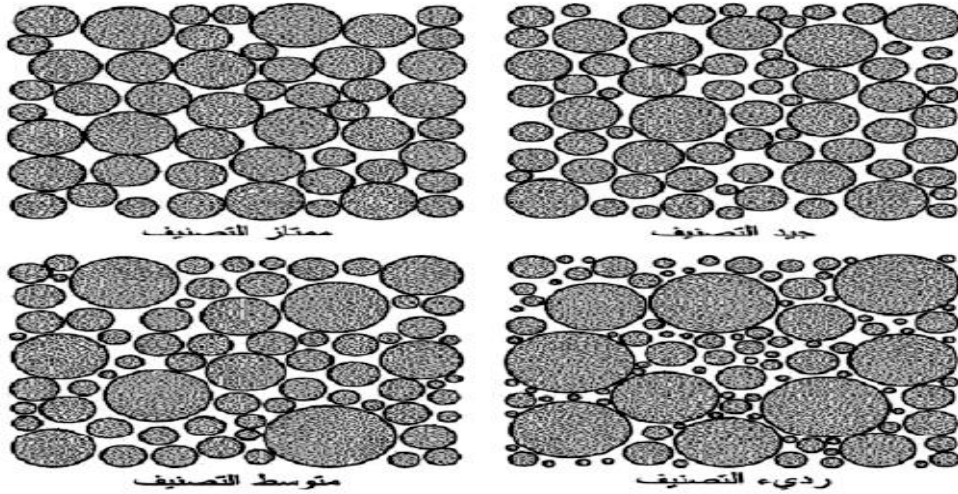
نسبة المار من المنخل الأول = (الوزن الكلي الجاف - الوزن المحجوز على المنخل الأول) / (الوزن الكلي الجاف) * 100%

ج.التصنيف الحبيبي:

يقصد به سيطرة مقياس حبيبي واحد عن بقية المقاييس، حيث تختلف التجمّعات الرملية في درجات تصنيف حبيباتها، إذ يمكن أن تكون جيدة أو متوسطة أو رديئة التصنيف، الشكل (I-3). إذ تحدد هذه الخاصية بتداخل عوامل النقل و الترسيب.

بصفة عامّة تكون الرمال المشكّلة في المناطق المضطربة جيدة التآكل و التكوّر و التصنيف الحبيبي، بينما تكون الرمال النهريّة أسوأ تصنيفاً، نتيجة السرعات المتفاوتة للتيارات المائية. بينما تكون الرمال المحمّولة بالسيول الجارفة ورمال سفوح الجبال أسوأ من ذلك.

أما الرمال البحرية العميقة فتبدي درجة تآكل ودرجة تكوّر عاليتين ودرجة تصنيف متوسطة [2].



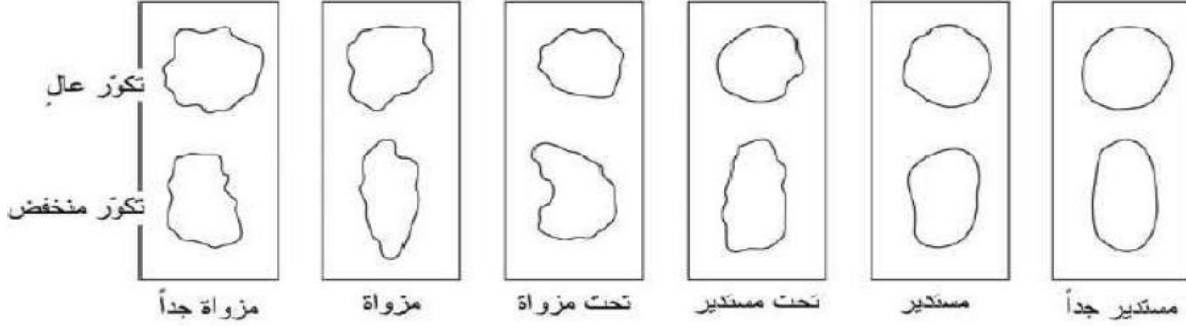
الشكل (I-4): يوضح أشكال التصنيف الحبيبي

د. أشكال الحبات:

تأخذ حبيبات الرمل أشكالاً مختلفة، تحدد بمعرفة درجة تكوّر الحبيبات وتدوّرها، حيث يعبر التكوّر عن درجة اقتراب الحبيبة من الشكل الكروي تبعاً للنسبة بين المحاور الثلاثة الرئيسية للحبيبة، فهناك الحبات الكروية و القرصية و الورقية و النصلية و القضيبية، أما التدور فيعبر عن درجة إنحناء أركان الحبة.

وباعتبار مقياس التدور المعتمد عالمياً تنقسم الحبات إلى: حبات مزواة جداً، تحت مزواة، تحت مستدير، مستدير، مستدير جداً،

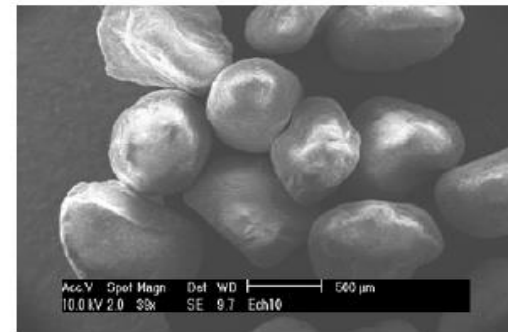
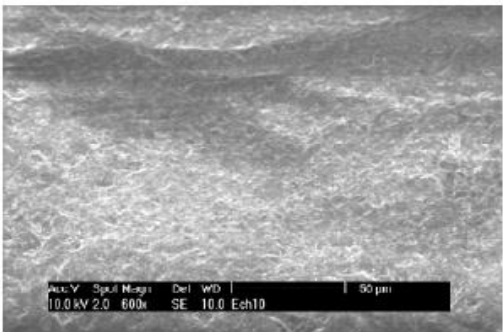
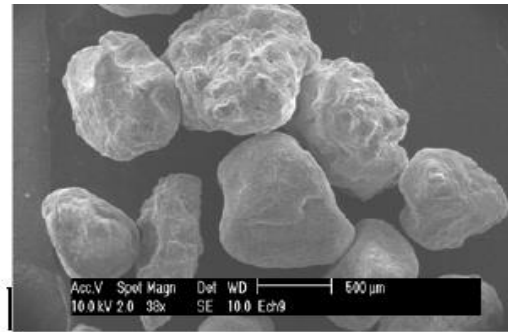
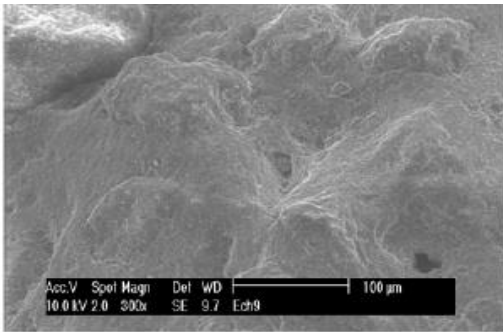
حسب الشكل التالي [19.9]:.



الشكل (I-5): الأشكال العيانية لحبات الرمل

تتميز حبات الرمل الكوارتزية بالشفافية ذات سطوح ملساء أو خشنة، تحمل علامات مختلفة من الخطوط و الخدوش، قد تكون هذه السطوح كامدة ذات بريق معتم أو لامع أو ذات بريق متألق الشكل (I-6)، حيث يمكن التعرف على أصل الحبات

باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح .



الشكل (I-6): النسيج السطحي لحبات الرمل الكوارتزية باستخدام جهاز المجهر الإلكتروني [2]

2. ألوان الحبات:

تكتسب الرمال ألوانها من عدة عوامل كهيكلها البلوري وألوان المواد الرابطة، وكذا اللون العام لحبيبات المعادن المكونة لها، وتتواجد تلك المعادن نتيجة لعمليات التعرية أو التآكل للمناطق الطبيعية المحيطة بها أو الانفجارات البركانية القريبة من الرمال. وألوان الرمل الأكثر شيوعاً هي البني والأحمر و الوردى التي تنتج عن وجود الحجر الجيري و أكسيد الحديد (الهيماتيت)، وتنتج الألوان الفاتحة مثل الأبيض و الرمادي عن غياب المواد الرابطة أو أنها مترابطة بمادة الكالسايت أو الكوارتز، واللون الأسمر المصفر الناتج عن خليط من الكوارتز الصافي مع الفلدسبار الحاوي على العنبر الداكن الموجود في الرمل، إضافة إلى المنغنيز الذي يسبب اللون البنفسجي واللون الأخضر الناتج عن وجود الغلوكونايت. [11.8]

3. المكافئ الرملي:

يعد المكافئ الرملي وسيلة لمعرفة كميات المواد الناعمة (الطين أو الطمي) في الرمل أو الحصى بطريقة سريعة في المخبر حيث يحسب المكافئ الرملي كالتالي:

$$\text{المكافئ الرملي} = \text{قراءة الرمل} / \text{قراءة الطين} * 100\% [19].$$

4. معامل النعومة:

تدل قيمة معامل النعومة MF للرمل على الخشونة أو النعومة النسبية التي تتمتع بها حبيباته، فهي تعطي فكرة عن المقاس الوسطي للأقطار من أصغرها إلى أكبرها إذ أنه يعرف كذلك على أنه مجموع النسب المئوية التراكمية المحجوزة على كل منخل من مناخل الحصويات القياسية للرمل (0.15، 0.3، 0.6، 1.18، 2.36، 4.75، 9.5 mm) مقسوماً على 100، ويعبر معامل النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الحصويات ولا يدل أبداً على مدى تدرج الحصويات من عدمه، حيث يتراوح معامل

النعومة للرمل ما بين (1.5 – 3.375 %). [1]

وتصنف المعايير الأوروبية الرمل حسب معامل النعومة إلى:

- (1.5 < MF < 2) رمل ناعم جداً.
- (2 < MF < 2.6) رمل ناعم.
- (2.6 < MF < 2.8) رمل متوسط.
- (3.2 < MF) رمل خشن

2.4.1. الخصائص الكيميائية للرمل:

يوصف الرمل على أنه مجموعة تجمعات لحبيبات الرمل السائب على سطح الأرض و الصخور المتفتتة، تتكون هذه الرمال من خليط من المعادن، تعرف هذه المعادن على أنها مركبات تكونت في الطبيعة .

لمعرفة هذه المكونات الكيميائية وكذلك النسب الوزنية لمختلف العناصر الداخلة في تركيب رمل الكثبان. وجب قيام تحاليل كيميائية لعينات رمال الكثبان لمناطق مختلفة من العالم وذلك باستخدام تقنية الفلورة بالأشعة السينية. الجدول (8-I) يبين نتائج التحليل الكيميائي لبعض المناطق.

الجدول (8-I): التحاليل الكيميائية لرمال الكثبان لمناطق مختلفة من العالم

النسب الوزنية(%)			الأكسيد
شبه الجزيرة العربية[25]	ليبيا[4]	الصحراء الكبرى الإفريقية[25] (بسكرة)	المنطقة
83.42	86.04	74.61	SiO ₂
5.12	6.63	1.35	Al ₂ O ₃
0.64	1.35	0.86	Fe ₂ O ₃
4.06	0.81	17.3	CaO
2.4	0.08	0.29	MgO
/	0.86	/	CaCO ₃

تبين النتائج أن الرمال تتكون بنسبة كبيرة من الكوارتز (SiO₂) ونسبة معتبرة من أكسيد الألمنيوم (Al₂O₃) وأكسيد الكالسيوم (CaO) ونسبة أقل من أكسيد الحديد الثلاثي (FeO₃) و أكسيد المغنيزيوم (MgO).

5.1 الكوارتز:**1.5.I تعريف الكوارتز:**

الكوارتز أو ما يسمى المرو^[20] يتركب كيميائيًا من جزيء من السيلكون وجزيئين من الأكسجين لذلك يعتبر ثاني أكسيد السيلكون، وهو من أكثر المعادن وفرة في التواجد على سطح الأرض حيث يشكل 12 % من تركيبة الطبقة السطحية للأرض إذ يتشكل حجر الكوارتز في جميع درجات الحرارة بتواجده بكثرة في الصخور النارية و المتحولة والصخور الرسوبية [13.12].

2.5.I الخصائص الفيزيائية للكوارتز:

يتميز الكوارتز بدرجة انصهار عالية جدًا وهذا راجع إلى الرابطة التساهمية القوية الموجودة بين السيلكون و الأكسجين والتي لا يمكن كسرها إلا عند درجة حرارة عالية في حدود 1700°C ، كما يتميز بدرجة قساوة عالية تبلغ 7^[23] وفقا لسلم الفلزات ويمتاز بهريق زجاجي في حالته النقية ويكون بألوان متعددة كالوردي و الأسود والبني والشفاف و..... وذلك نتيجة اختلاف التركيب الشبكي واختلاف نوعية الشوائب ونسبها .

ويمكن تلخيص أهم خصائص الكوارتز في الجدول التالي:

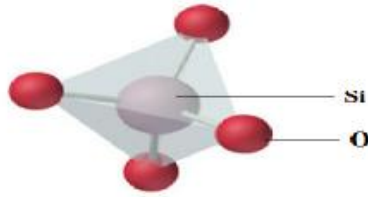
الجدول(9-I): خصائص الكوارتز الفيزيائية [15.14]

الخاصية	الوحدة	القيمة
الصيغة الكيميائية	/	SiO ₂
الكتلة المولية	g/mol	60.085
الحجم المولي	cm ³	22.688
درجة حرارة الانصهار	°C	1710
درجة حرارة الغليان	°C	2230
الكثافة	g/cm ³	2.65
الصلادة	/	7
قربنة الإنكسار	/	1.544 - 1.553
الموصلية الحرارية	W/cmK	0.01
الانتشارية الحرارية	m ² /s	0.009
معامل المرونة	GPa	54
مقاومة الضغط	MPa	1200
النسبة الوزنية لـ Si	%	46.75
النسبة الوزنية لـ O	%	53.25
البنية البلورية	/	مكعب

3.5.1. الخصائص البلورية للكوارتز:

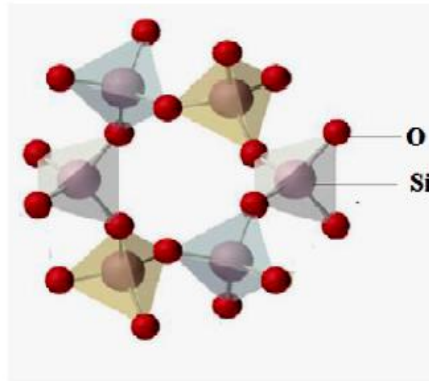
يعتبر الكوارتز أحد الأشكال المتبلورة للسليكا، وهو يتشكل اعتيادياً بالطور البلوري α ، وهو الطور المستقر للكوارتز عند الضغط العادي ودرجات الحرارة الأقل من 573°C ، أما عند درجات الحرارة المرتفعة فإن الطور المستقر له هو الطور β .

بنية الكوارتز مشكلة من أربعة أوجه كما هو مبين في الشكل (6-I) كل رباعي الوجوه SiO_4 يحتوي على ذرة واحدة من Si في المركز و أربع ذرات أكسجين في الزوايا. [13]



الشكل (7-I): البنية البلورية لجزيء SiO_4 [13]

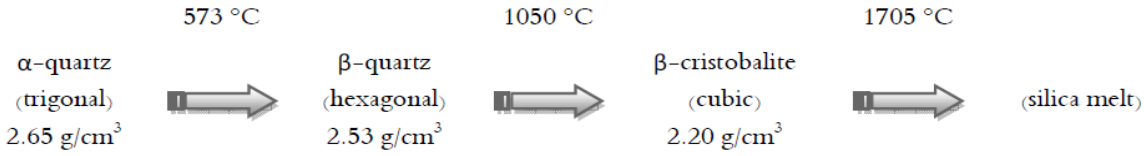
تتكون الوحدة البنوية للخلية المتبلورة من ثلاث مجموعات SiO_2 ، كل منها في خلية بنوية واحدة مع ثلاث من السيلكون للخلية المجاورة، فيتشكل سداسي أضلاع غير منتظم، كما هو موضح في الشكل (7-I)



الشكل (8-I): البنية البلورية للكوارتز وصورة له [24]

ليس لروابط الكوارتز الطول نفسه، فكل ذرة سيليسيوم محاطة بأربع ذرات أكسجين، اثنتان منها تقع على مسافة 1.603Å من ذرة السيليسيوم، و الاثنتان الأخريان تقعان على مسافة 1.163Å منها.

ينتشر الكوارتز في جميع أرجاء العالم وهو أحد أهم مكونات الصخور، يشكل حوالي 70 % من تركيب الرمل، كما يوجد كترسبات نقية. عندما يتعرض لدرجات حرارة مرتفعة في الشروط العادية دون إضافة أيّة مادة له، تحدث له عدة تحولات طورية وهي موضحة بالشكل (8-I)



الشكل (9-I): التحولات الطورية للكوارتز [16.2]

نلخص مجموع الخصائص البلورية للكوارتز في الجدول التالي:

الجدول (10-I): الخصائص البلورية للكوارتز [17.18]

SiO ₂	الصيغة الكيميائية (formula)
Trigonal	نظام التبلور (Crystal system)
32	المجموعة النقطية (point group)
P3 ₁ 21 or P3 ₂ 21	المجموعة الفضائية (pace group)
a=b= 4.1937 c= 5.4047(Å) α=β = 90°, γ = 120°	وحدات الخلية (unit celle param ètres)
113.00(Å ³)	حجم الخلية (unit celle volume)
3	Z(No. of formula units per cell)

4.5.1. مجالات استخدام الكوارتز:

للكوارتز استخدامات عديدة نلخص البعض منها في الجدول التالي:

الجدول (I-11): مجالات استخدام الكوارتز [23.21.4]

1- استخدام السيليكا في صناعة الزجاج	7- الاستخدام في صناعة استخلاص السيلكون
2- استخدام السيليكا في صناعة المصفيات	8- الاستخدام في صناعة المحولات
3- الاستخدام في عملية القطع و الكشط	9- في صناعة مواد البناء و الخرسانة
4- الاستخدام في صناعة الإطارات للسيارات	10- الاستعمال كمادة عازلة ومالئة
5- يستعمل في صناعة الألياف البصرية	11- الاستعمال في المواد الحيوية والتقنية النانوية
6- الاستخدام في محولات الطاقة الشمسية	12- الاستعمال في الصناعات الالكترونية

مقدمة

تشكلت وردة الرمال عبر ملايين السنين في الصحاري و المناطق التي توجد فيها الكثبان الرملية، التي تتكون طبيعيا من الرمال بفعل مرور المحاليل المحللة بأكاسيد المعادن. فما هي وردة الرمال؟ وكيف تتشكل هذه الوردة في الصحراء؟

1.6.1. تعريف وردة الرمال (la rose de sable):

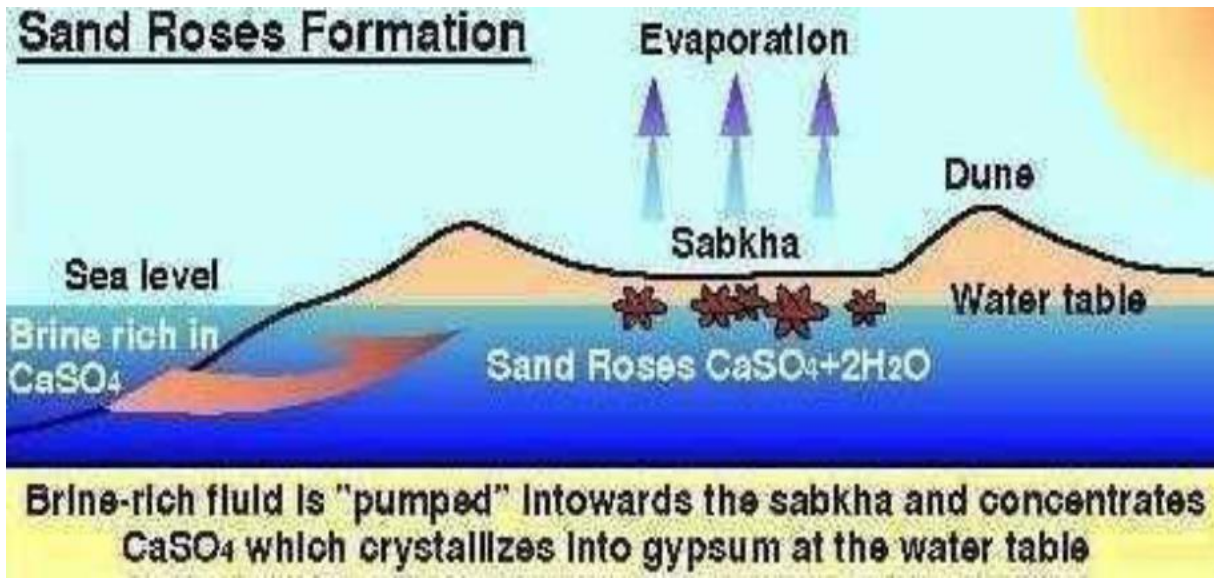
يطلق عليها ايضا زهرة الصحراء وهي صخر رسوبي ذات تراكيب بلورية الهيمية (Crystal)، متكون من معدن الجبس بنسبة 65% و رمل الكوارتز بنسبة 10 % و نسب قليلة من المتبخرات الأخرى مثل الملح و الدولوميت، حيث تكون على شكل بلورات متداخلة صلبة غير نفوذه سمكها يصل إلى أكثر من 10 سم. في مراجع أخرى تتكون من معدن الجبس المشبع بالماء ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)، لها قساوة من الدرجة 2/، وتكون بأحجام مختلفة، تمتاز باللون البني وهو اللون الغالب. إذا كانت نقية يمكن تصنيفها من المتبخرات إذن هي عبارة عن مجموعة من معادن صخور المتبخرات المترسبة في سبخة الصحراء تحت الأرض [19].



الشكل (9-I): رمال و وردة الرمال في منطقة تقرت

2.6.1. كيفية تشكل وردة الرمل:

تتشكل وردة الرمال في المستوى العلوي للمياه الجوفية عبر سلسلة من التفاعلات بين المعادن المتواجدة في المياه و المتمثلة في كبريتات الكالسيوم (CaSO_4) ، والذي توفره مياه البحر المشبعة بهذا المركب وبالتالي فعند تسرب مياه البحر إلى الأعماق تحت السبخات القريبة سوف يتبلور هذا المركب في المسامات مكونا بلورات من معدن الجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ومع مرور الوقت وتبخر المياه في السبخات وعودة الجفاف إليها فإن بلورات الجبس في الأعماق تبدأ في التمدد في الفراغات المسامية من الرمل الخشن وتلتقط الفتات الرملية مكونة وردة الرمال [19] الشكل (10-I).



الشكل (11-I): كيفية تشكل وردة الرمال [19]

الفصل الثاني

التقنيات والأجهزة المستخدمة في

التحليل

مقدمة

سنتناول في هذا الفصل الخطوات المتبعة لتحضير العينات، بداية بتحديد منطقة الدراسة (تقرت)، وكذا الأجهزة التي استعملناها. كما سنتطرق إلى مجموعة القياسات التي أجريناها على العينات، و المتمثلة في التصنيف الحي بالغريلة الميكانيكية، مطيافية الامتصاص بواسطة الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه، وحيود الأشعة السينية، مركزين في ذلك على مبدأ عملها ومختلف أشكال استخدامها وبخاصة بعضها.

1.11. جمع العينات:

أجرينا دراستنا على رمل منطقة سيدي سليمان بالولاية المنتدبة تقرت المتواجدة بالجنوب الشرقي للجزائر، والعينات المدروسة أخذت بالضبط من مكان ذو احداثيات جغرافية 33.188431° lat 6.147574° long و الموضحة في الشكل (1-II)، وهو الرمل الذي تنمو فيه وردة الرمال، حيث تتسم رمال هذه المنطقة باللون البني كما في الشكل (2-II).



الشكل (1-II): صورة لموقع الدراسة



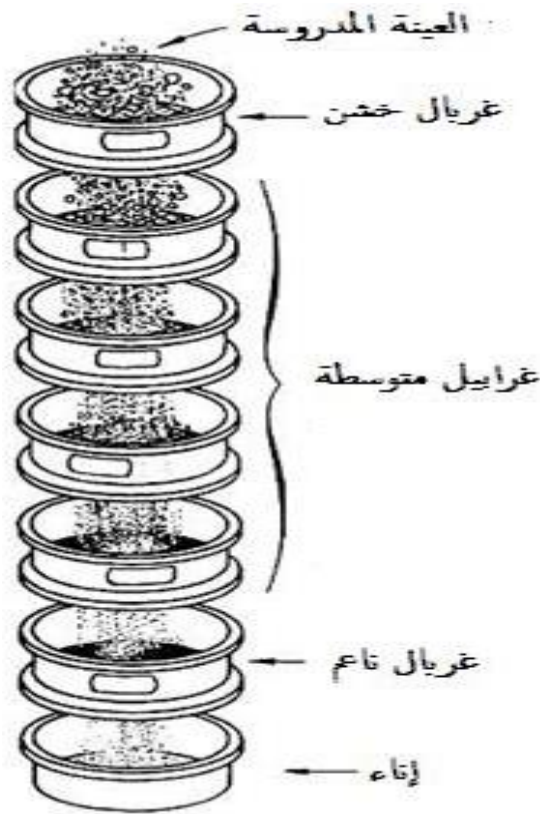
الشكل (2-II): صورة فوتوغرافية لرمل تنمو فيه وردة الرمال

2.11. التصنيف الحبيبي بالغربة الميكانيكية:

يعتبر التصنيف الحبيبي بالغربة الميكانيكية (article size distribution by dry sieving) من أهم الطرق المستخدمة في فرز حبات الرمل وتصنيفها، حيث يعد جهاز الهزاز الميكانيكي (mechanical shaker) الوسيلة المناسبة لتصنيف هذه الحبات.

1.2.11. مبدأ التصنيف الحبيبي:

يعتمد التصنيف الحبيبي على الغربة الميكانيكية أين يتم ذلك بتمرير عينة من الرمل المدروس عبر مجموعة غرابيل مختلفة في مقاسات فتحاتها، حيث توضع الغرابيل فوق بعضها البعض مرتبة من الأكبر إلى الأصغر من حيث قطر الفتحة. توضع العينة في أعلى غربال ثم تجري عملية الغربة بواسطة هزاز ميكانيكي (mechanical shaker) أو بواسطة اليد لمدة عشر دقائق فما فوق بحيث تكون المدة كافية لفصل الحبيبات ذات الأحجام المختلفة عن بعضها البعض. الشكل (II-3) يوضح ذلك.



الشكل (II-3): تمرير عينة من الرمل عبر مجموعة غرابيل قياسية

2.2.11. الجهاز المستعمل في التصنيف الحبيبي:

استخدمنا في عملية التصنيف الحبيبي لعينات الرمل هزازًا ميكانيكيًا، أين يوضح الشكل (II-4) الجهاز المستخدم ومجموعة الغرايل القياسية المستعملة في العمل المخبري الأولي.



الشكل (II-4): الهزاز الميكانيكي و الغرايل القياسية المستعملة في التصنيف الحبيبي

3.2.11. تحضير العينات المصنفة:

قمنا بوضع عينة من الرمل عبر مجموعة المناخل القياسية ذات القياسات التالية 2، 1، 0.5، 0.025 mm بعد ترتيب الغرايل فوق بعضها حيث وضعنا الغرايل ذات الفتحات الصغرى في الأسفل ثم الأكبر فالأكبر، بعد ذلك قمنا بعملية الغرلة باستعمال الهزاز الميكانيكي بداية من الغرال الأعلى (أكبر قياس) إلى ما دون ذلك لمدة 10 دقائق تقريبًا، حجم حبيبات الرمل المتحصل عليها موضحة في الشكل التالي:



(0.025mm)

(0.5mm)

(1mm)

(2mm)

الشكل (II-5): حبيبات الرمل المصنفة

4.2.11. تحضير العينات للدراسة:

سحقت العينات المتحصلة عليها من عملية الغربلة وذلك عبر جهاز الرحي (الطحن) وهو من نوع Retsch bb 50 شدته 1.1mm- وسرعته 950 دورة في الدقيقة، وهو موضح في الشكل (II-6) حيث قمنا بطحن العينات كل نوع على حدى لمدة 3 دقائق حتى أصبح الرمل ناعما جداً كما في الشكل (II-7).



الشكل (II-6): جهاز طحن الرمل



الشكل (II-7): العينات بعد عملية الطحن

ثم عرضت العينات على درجات حرارة مختلفة 100°C ، 300 ، 500 لمدة نصف ساعة متواصلة في فرن كهربائي من نوع High therm Getmany VMK 39 ذو درجة حرارة تحمل تقارب 1200°C الشكل (II-8) وذلك تحت الضغط الجوي العادي ثم تركت العينات لتبرد بصفة طبيعية لاجراء بعدها مختلف القياسات الطيفية والكهربائية اللازمة.



الشكل (II-8): الفرن الكهربائي المستعمل في الدراسة

و تفاديا للتأثيرات الجانبية الناجمة عن رطوبة الجو حفظت العينات في علب بلاستيكية محكمة الإغلاق الشكل (II-9).



الشكل (II-9): حفظ العينات في علب بلاستيكية

3.11. مطيافية انعراج الأشعة السينية (XRD):

تعد هذه الأشعة جزءاً من الأشعة الكهرومغناطيسية، حيث اكتشفت من قبل العالم الفيزيائي الألماني فيلهيلم كونراد رونتجن^[27]

(Roentgen) حيث تقع هذه الأشعة بين أشعة جاما و الأشعة فوق البنفسجية من الطيف الكهرومغناطيسي.

تنطلق الأشعة السينية في الفراغ بسرعة تقترب كثيراً من ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية (2.99792458×10^8 m/s).

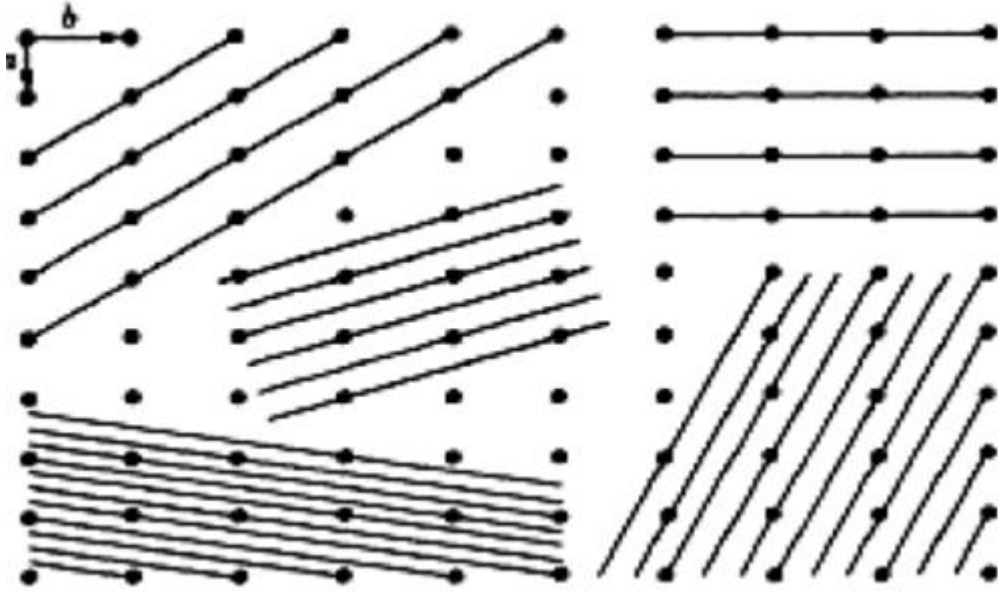
ويتراوح طول موجتها الأكثر استخداماً ما بين 0.01 \AA و 100 \AA ، كما يستخدم حيود الأشعة السينية كأداة لفحص

التركيب الدقيق للمواد، كما لها استخدامات واسعة في العديد من المجالات منها الفيزيائية والطبية والصناعية وغيرها [32].

1.3.11. مبدأ حيود الأشعة السينية:

تتكون البلورات من طبقات ذرية، أو شوارد مرتبة بشكل منتظم، وموزعة على مستويات متوازية وهذا ما يعرف بالمستويات البلورية، وهي مستويات افتراضية تمر بالذرات في خلية الوحدة عبر شبكة بلورية ثلاثية الأبعاد، لذلك يوجد العديد من هذه المستويات للشبكة الواحدة، تختلف في عدد الذرات التي تمر بها والمسافة بين الذرات المتتالية وكذا المسافة العمودية بين كل

مستويين متوازيين، وهو ما يسمى بالمسافة الفاصلة بين الطبقات الذرية كما يتضح من الشكل (10-II) . [26،27]



الشكل (10-II): رسم تخطيطي يوضح مستويات الشبكة

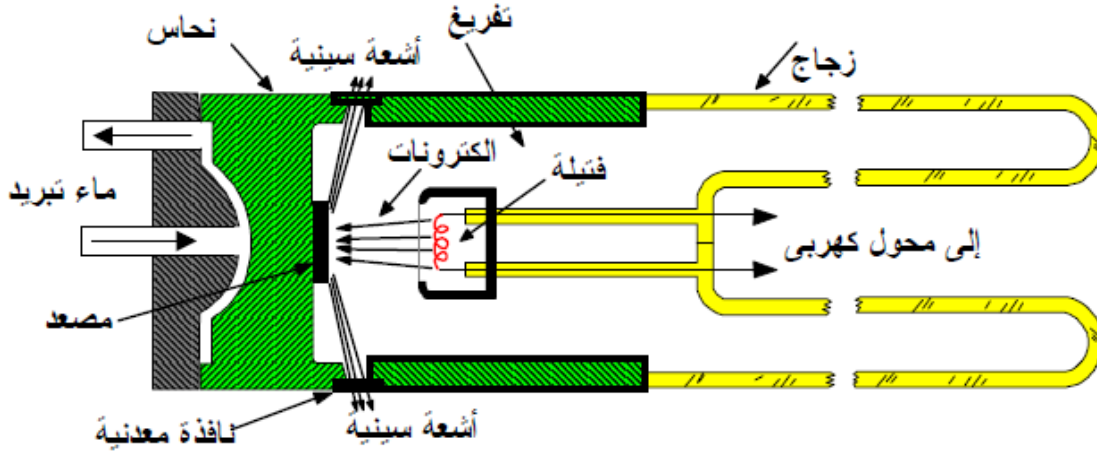
تستخدم الأشعة السينية لدراسة التراكيب البلورية للمادة ودراسة الترتيب الذري في الشبكة البلورية، وهذا نظرا لطول موجات هذه الأشعة الذي يقترب كثيراً من المسافات الفاصلة بين الذرات في هذه التراكيب [29].

11.3.2. توليد الأشعة السينية:

يمكن توليد الأشعة السينية بواسطة جهاز عبارة عن أنبوبة مفرغة من الهواء تحتوي على مصعد (هدف) ومهبط، كما هو مبين بالشكل (10-II)، عند تسخين المهبط بواسطة فتيلة تنبعث منه إلكترونات يتم تعجيلها (تسريعها) نحو المصعد بواسطة فرق جهد عالي مطبق بين المصعد و المهبط، فتصطدم الإلكترونات المعجلة بالمصعد وتولد أشعة سينية تنبعث منه لتخرج من فتحة جانبية (نافذة) عبارة عن غشاء رقيق من معدن . حيث أن معظم طاقة الإلكترونات المعجلة تفقد عند الاصطدام بالمصعد على شكل طاقة حرارية (99 % طاقة حرارية و 1 % لتوليد أشعة) . يتم تبريد المصعد بواسطة دارة تبريد (مائية) للتخلص من

الحرارة المتولدة الزائدة . يكون فرق الجهد بين المهبط والمصعد كبيرا ويتراوح بين 1 و 50 كيلو فولت (وأحيانا أكثر من ذلك.

[32.31.30]



الشكل (II-11): مخطط توضيحي لأنبوبة توليد الأشعة السينية

3.3.ii. قانون براغ:

تعتبر الأعمال التجريبية التي قام بها براغ حول انعراج الأشعة السينية أساسية في دراسة الحالة الصلبة، حيث تمكن العالم براغ من تحديد البنية البلورية لبعض الجزيئات وذلك اعتماداً على فرضية أن الذرات في الجزيئة تتوزع بشكل منتظم ضمن الشبكة البلورية على شكل مستويات متوازية، يفصل بينها مسافة ثابتة تدعى بالبعد الشبكي البلوري، ولاحظ أن عندما تسقط حزمة الأشعة السينية ذات طول موجة معين λ على إحدى الذرات في أي مستوى من المستويات البلورية فإنها تعاني من ظاهرة الانعراج (التشتت)، وذلك اعتماداً على نظرية تداخل الأمواج، حيث توصل براغ إلى وضع معادلة سميت باسمه (Bragg's law).

[31]

$$2 d \sin \theta = n \lambda$$

λ : الطول الموجي للأشعة

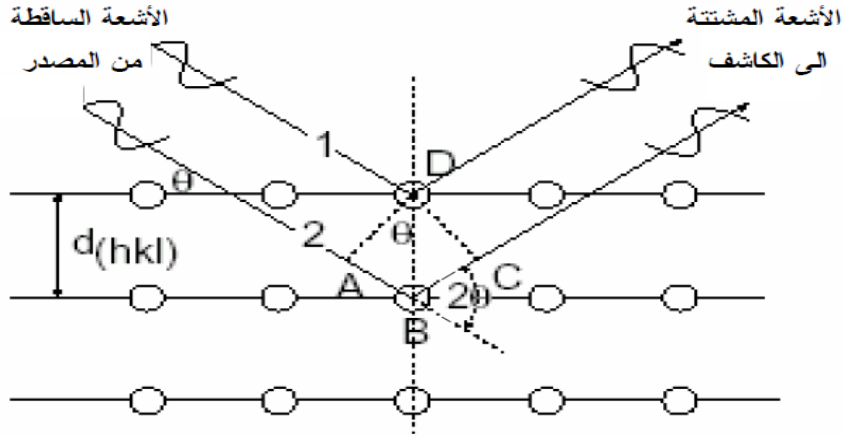
d : المسافة بين المستويات البلورية

n : رتبة الانعراج

θ : زاوية سقوط الأشعة (الانعراج)

يحدث حيود الأشعة السينية ذات الطول الموجي λ فقط عند زاوية خاصة θ تعين من خلالها المسافة

البيئية (d-spacing) بين المستويات البلورية.



الشكل (12-II): مخطط انعراج الأشعة السينية في البلورات [28]

كما افترض براغ انه يمكن تمثيل الذرات التي تكون مراكز التشتت الفعلية بمجموعة من المستويات المتوازية تعمل كل منها كمرآة (تعكس الأشعة السينية)، ترتبط المسافة الفاصلة بين هذه المستويات في النظام المكعي d_{hkl} مع ثابت الشبكة a بالعلاقة التالية:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}$$

تداخل الأشعة المشتتة مكونة نماذج يمكن منها استخراج المعلومات بالنسبة للتداخل البناء للأشعة السينية المشتتة (والتي تظهر على شكل قمة للتشتت)، يجب أن تكون الأشعة مشتتة بواسطة مستويات متعاقبة وفي طور واحد (مرة أخرى ، يجب أن تشترك في صدر الموجة) بعد تركها سطح البلورة، بمعنى يجب أن تكون الأشعة الساقطة والمشتتة في الطور نفسه . كما في الشكل (12-II)، يوجد فرق المسار بين الشعاعين 1 و 2، $AB+BC$ عبارة عن مضاعف صحيح للطول الموجي للأشعة الساقطة. يمكن التعبير عن هذا الشرط بالعلاقة الآتية:

$$AB+BC = n \lambda$$

$$\sin\theta = \frac{AB}{d_{hkl}} \text{ و } AB = BC$$

$$n \lambda = 2d_{hkl}\sin\theta \quad \text{بالتعويض في المعادلة السابقة نحصل على:}$$

تعرف العلاقة بقانون براغ وتصف الوضع الزاوي للشعاع بدلالة λ و d_{hkl} .

في معظم الحالات تكون الرتبة الأولى للانعراج ($n=1$) وبالتالي يمكن كتابة قانون براغ على الصورة الآتية :

$$\lambda = 2d_{hkl} \sin\theta$$

4.3.ii. مسار الأشعة داخل جهاز حيود الأشعة السينية:

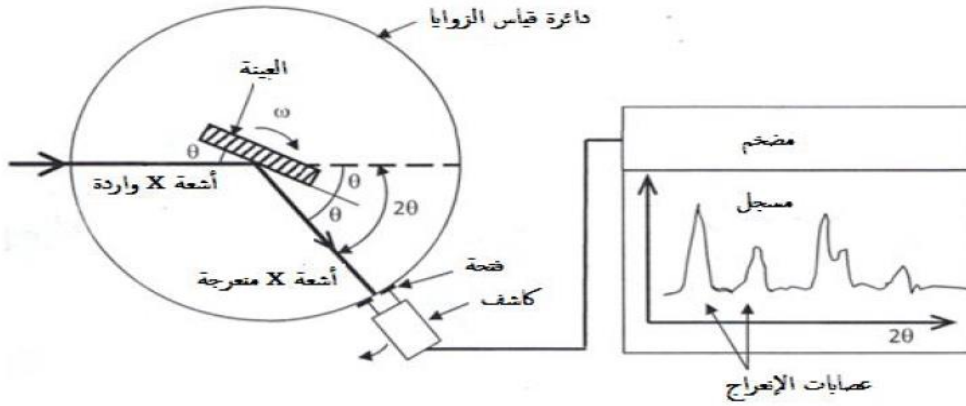
تعتبر طريقة مطياف الحيود طريقة حديثة ومتطورة حيث يتم تسجيل طيف الحدود بواسطة عدادات الكترونية وجهاز راسم بدلا من ألواح التصوير، تبنى فكرة عمل هذه الطريقة على مبدأ استخدام طول موجي λ و ثابت وتغيير زاوية سقوط الأشعة θ ، وعلى ذلك يكون المطلوب في هذه الطريقة هو إمكانية توفر أشعة سينية أحادية اللون ذات طول موجي معلوم. يمكن الحصول على أشعة سينية أحادية اللون بطريقة ملائمة باستخدام بلورة تعمل كمرشح، يتم الحصول على فعل الترشيح بوضع البلورة في مسار الأشعة السينية البيضاء (التي تحتوي على العديد من الأطوال الموجية) المنبعثة من أنبوبة التوليد بزاوية سقوط معينة تسمح بتحقيق قانون براغ عند أكبر شدة إشعاع ($K\alpha$) منبعثة من البلورة.. يستخدم شرط طول موجي ثابت وزاوية متغيرة في أكثر من تقنية منها دوران العينة باستخدام مطياف الحيود وطريقة المسحوق .

يبين الشكل (13-II) الترتيب العملي لطريقة مطياف الحيود، حيث توضع العينة (على شكل بلورة أو مسحوق معبأ) في مركز منضدة دوارة ويجب مراعاة أن تكون المسافة بين الموحد والعينة وبين الكاشف والعينة متساويتان.

يتم تعريض العينة لشعاع أحادي اللون من الأشعة السينية المنعكسة من الموحد. يتم تدوير العينة بسرعة ثابتة حول محورها بينما يدور الكاشف حول مركز العينة بسرعة مضاعفة وذلك للمحافظة على نفس شروط الضبط وتركيز الأشعة الساقطة على الكاشف.

يقوم جهاز الراسم برسم طيف التشتت (شدة الأشعة-زاوية براغ). فتمثل كل قمة تشتت انعكاس برافى وتمثل المساحة تحت كل

قمة شدة التشتت المتكاملة. [30]



الشكل (II-13): مسار الأشعة داخل جهاز حيود الأشعة السينية [38]

II.3.5. الجاهز المستعمل في انعراج الأشعة السينية (XRD):

استخدم في هذه الدراسة جهاز حيود الأشعة السينية (XRD) من نوع SEIFERT الموجود في مخبر الإشعاع والبلازما وفيزياء السطوح (LRPPS) بجامعة قاصدي مرياح ورقلة، يعمل هذا الجهاز بطول موجي $\lambda_{CuK\alpha} = 1.54 \text{ \AA}$ ، تحت توتر مقداره 40 kv وشدة تيار 30 mA وبسرعة 0.09 درجة لكل ثانية وهو موضح في الشكل (II-14).



(ب)

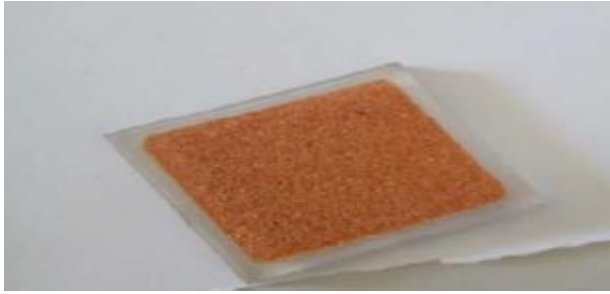


(أ)

الشكل (II-14): جهاز انعراج الأشعة السينية المستعمل في الدراسة (أ) من الخارج (ب) من الداخل

6.3.ii. تحضير العينات لإجراء التحليل بواسطة XRD:

لإجراء التحليل الطيفي بواسطة XRD وتحديد التركيب البلوري لعينات الرمل المدروسة سحقنا العينات جيدا بواسطة جهاز الطحن لبضع دقائق، للحصول على جسيمات صغيرة وذلك لضمان نتائج جيدة، أين وضع المسحوق على حامل العينة ثم ضغط يدويا بواسطة صفيحة معدنية للحصول على سطح مستوي، وتعتبر هذه العملية مهمة لتسجيل مخطط حيود الأشعة السينية دون حدوث انزياح في مخطط الانعراج . الشكل (II-15) يبين الأداة المستعملة في عملية القياس بواسطة (XRD) .



الشكل (II-15): صورة فوتوغرافية لحامل العينات في جهاز انعراج الأشعة السينية

7.3.ii. برنامج X'Pert HighScore:

توجد العديد من البرامج التي تعالج نتائج حيود الأشعة السينية بطريقة آلية ومن بينها Match، X'pert Highscore وغيرها. يعتبر برنامج X'pert Highscore أحد البرامج الحاسوبية التي تعالج بما بيانات حيود الأشعة السينية، وذلك باستخدام قواعد بيانات تحوي معلومات عديدة عن مختلف التراكيب البلورية، حيث بإمكان برنامج X'pert Highscore المطابقة بين المعلومات المقدمة له من مخطط حيود الأشعة السينية للعينة المدروسة وقواعد البيانات التي عنده معطيا بذلك التراكيب البلورية الأكثر تطابق وكذا التراكيز الموافقة لذلك.

4.II. مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR):

تعتبر مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه من أبسط التحاليل الطيفية المتبعة في المخبر، وتساعد في التعرف على المجموع الوظيفية أو الفعالة (function groups) في المركبات الكيميائية و لا تتطلب هذه التقنية كميات كبيرة من العينات لتحضير النماذج المعدة للقياس، كما أن إعداد العينات مناسب للحالات الصلبة و السائلة والغازية.

1.4.11. مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء :

يؤدي امتصاص الأشعة المرئية وفوق البنفسجية إلى حركة الكترونية أي انتقال الكتروني، بينما يؤدي امتصاص الأشعة تحت الحمراء إلى حركة اهتزازية للذرات المكونة للجزيء.

ينشأ عن الحركة الاهتزازية للذرات بالنسبة لبعضها البعض تغير دوري في:

1- طول الروابط الكيميائية 2- الزوايا بين هذه الروابط

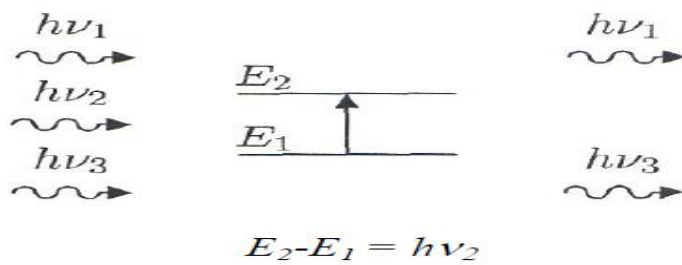
تتوقف طاقة الأشعة الممتصة لأي من الحركات الاهتزازية في الجزيء على:

1- نوع الذرات 2- طبيعة الروابط الكيميائية المتضمنة من الحركة الاهتزازية

قد تنتج كل حركة اهتزازية من حركة ذرتين أو مجموعة من ذرات، ويتوقف طول الموجة الذي يحدث عنده هذا الامتصاص على كتلة الذرة وقوة الروابط المكونة للجزيء و الشكل الهندسي للذرات في الجزيء.

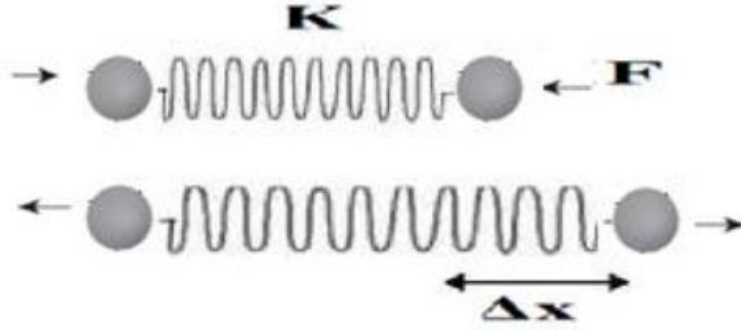
إن منشأ الامتصاص في IR يحدث عندما تمتص جزيئة طاقة من رتبة الطاقة الحرارية ($h\nu$) حيث يحدث اهتزاز للجزيء فيصبح في حالة مثارة، إذ أن المادة تحتوي على مجموعة كثيرة من الجزيئات ، ولكي يحدث الاستقرار يجب أن تنزل الجزيئة الى مستوى طاقي أدنى يبعثها طاقة على شكل اشعاع. حيث يكون هذا الاخير مميز للرابطة الجزيئية. [34]

إن الذرة في جزيئة ما يمكن أن تهتز أو تدور بالنسبة للذرات الأخرى، وهذا الاهتزاز أو الدوران له طاقته المميزة، حيث تكون فروق الطاقة أقل مقارنة مع الانتقال الالكتروني، كما توجد عدة مستويات طاقة للاهتزاز و الدوران فوق كل مستوى الكتروني.



شكل (II-16): امتصاص الأشعة تحت الحمراء [38]

إن اهتزاز الجزيئة يكون تحت تأثير الروابط من ناحية التمدد والتقلص والذي يشبه إلى سلوك نابض [19] كما هو مبين في الشكل (II-17).



الشكل (II-17): يمثل حركة إزاحة النابض

و الذي يخضع بدوره إلى لقانون بوك Hook's كما هو مبين في العلاقة التالية:

$$F = K\Delta r$$

حيث F قوة الإرجاع و K ثابت القوة في حالة التركيب الجزيئي.

لا تستطيع هذه الأشعة الانتشار بعيدا نظرا لسهولة امتصاصها في صورة حرارية ، حيث تؤدي هذه الأشعة إلى إثارة وتحريك ذرات المادة نتيجة للحركة الاهتزازية أو الانتقالية التي تكتسبها هذه الذرات بفعل الموجات، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجسم الذي تسقط عليه.

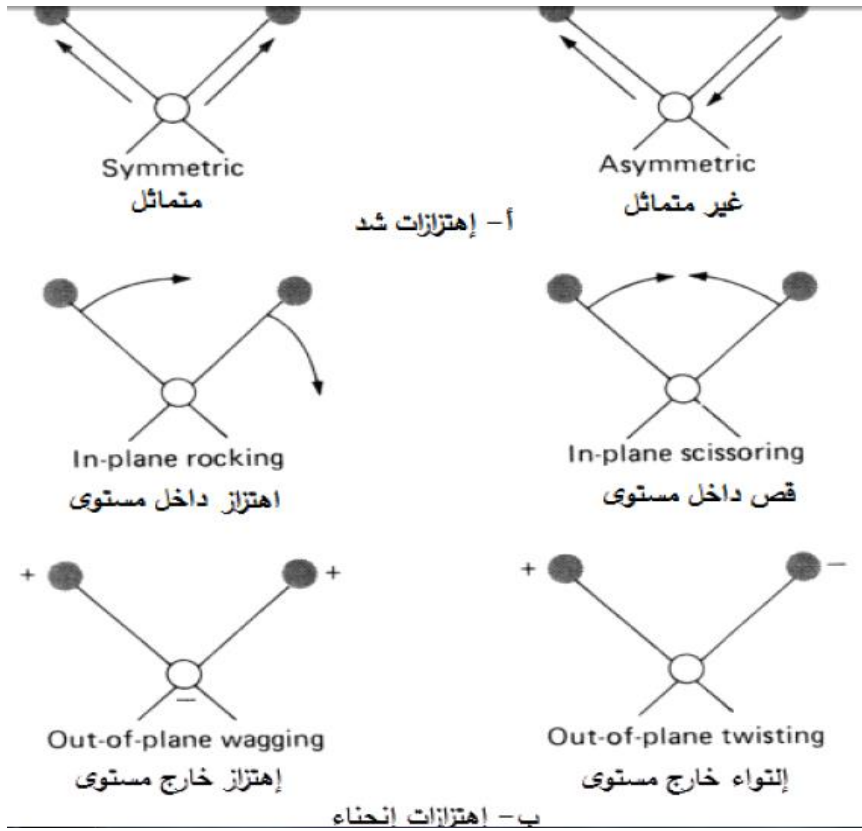
2.4.ii. أنواع الاهتزازات:

ونذكر بعض أنواع الاهتزازات الممكنة [37.36]:

اهتزاز تمدد: وهو التغير في المسافة بين الذرات على طول محور الرابطة (متمائل وغير متمائل).

اهتزاز انحناء: وهو التغير في زوايا الروابط بالنسبة لمحور الرابطة (اهتزاز، مقص، تأرجح، التواء) وهو موضح كما في

الشكل (II-18).



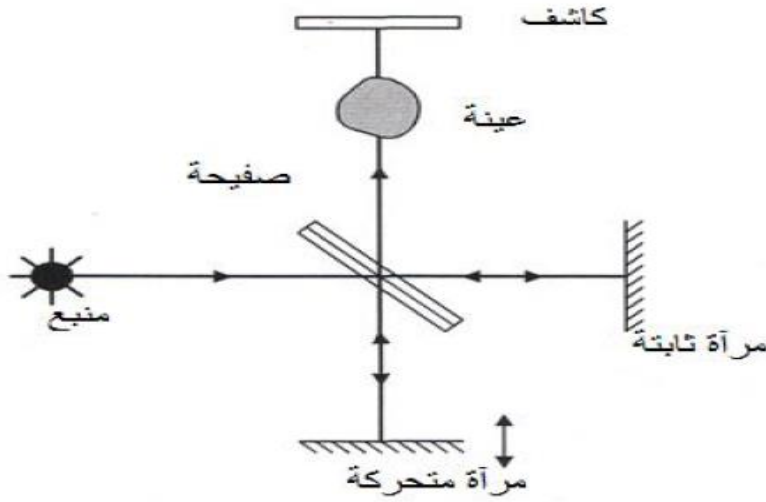
الشكل (II-18): أنواع الاهتزازات

3.4.11. مسار الأشعة داخل جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

ينقسم الشعاع الساقط الى حزمتين بواسطة موشور (beam splitter)، الحزمة الاولى لها طول موجة ثابت (fixed wavelength) وتوجه الى المرآة الثانية ، اما الحزمة الثانية لها طول موجة متغير (variable wavelength) وتوجه الى المرآة المتحركة (movable mirror).

يتجمع الشعاعان بعد ذلك في نفس المسار لتعبر العينة المدروسة ثم تسقط فيما بعد هذه الأشعة على الكاشف ليحولها بدوره إلى إشارة كهربائية (بعدما كانت طوئية)، وبعملية تحويل رياضية تسمى تحويل فورييه تحول الإشارة الملتقطة إلى طيف الأشعة تحت

الحمراء. [35]



الشكل(II-19): مسار الأشعة تحت الحمراء

4.4.11. الجهاز المستعمل للقياس بواسطة الأشعة تحت الحمراء:

للحصول على أطيف خاصة بالعينات المدروسة استخدمنا في هذا العمل مطياف بتحويل فورييه من نوع (SHIMADZU FTIR-8300) الموجود بمخبر ترقية وتثمين الموارد الصحراوية (V.P.R.S) بجامعة ورقلة.

في مجال محصور ($400-4000\text{cm}^{-1}$) بطول موجي $120 \rightarrow 10 = 2\theta = \lambda_{K\alpha}$ وشدة تيار $I = 30 \text{ mA}$ وفرق كمون $v = 40 \text{ kv}$ كما هو مبين في الشكل (II-20).



الشكل (II-20): جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء المستعمل في الدراسة

5.4.ii. تحضير العينة لإجراء القياس بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

لتحضير العينة من أجل دراستها بمطياف FTIR سحقت العينات المعدة للقياس داخل هون إلى أن أصبحت ناعمة، ثم خلط 2mg من العينة المراد قياس طيفها مع 198 mg من بروميد البوتاسيوم (KBr) الجاف، والاستمرار في الطحن لمدة خمس دقائق بشكل دائري، وذلك بهدف الحصول على توزيع متجانس لكلا العنصرين. ثم نقلنا المزيج إلى أداة الكبس ووزعناها على الحامل المخصص بشكل متساوي، ووضعناه في المكبس (piston)، ضغطنا المزيج بعدها بواسطة المكبس تحت ضغط شديد ليكوّن قرصا قطره 10mm وسمكه 0.5mm. يبين الشكل (II-21) الأدوات المستخدمة في تحضير عينات التحليل بمطيافية الأشعة تحت الحمراء.



الشكل (II-21): الأدوات المستخدمة في تحضير العينات لعرضها على جهاز FTIR

الفصل الثالث

تحليل ومناقشة النتائج

مقدمة

بعد التصنيف الحبيبي لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة سيدي سليمان بمدينة تقرت وتعرضه للمعالجة الحرارية، وعرض التقنيات الطيفية المستعملة في الدراسة، سنتطرق في هذا الفصل إلى كيفية تطور تركيب الرمل بعد التسخين في درجات حرارة مختلفة وذلك من خلال معرفة التفاعلات الكيميائية والتحويلات الطورية التي حدثت لمكوناته، مستخدمين في ذلك تقنية انعراج الأشعة السينية (XRD) و مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR).

1.111.التصنيف الحبيبي:

لقد صنفنا رملنا وفقا للمعايير المتبعة في الجدول (1-III)، وقمنا بالمعالجة الحرارية لجميع العينات في درجات حرارة مختلفة (500°C، 300°C، 100°C).

الجدول (1-III): نتائج تصنيف عينة رمل من مدينة تقرت

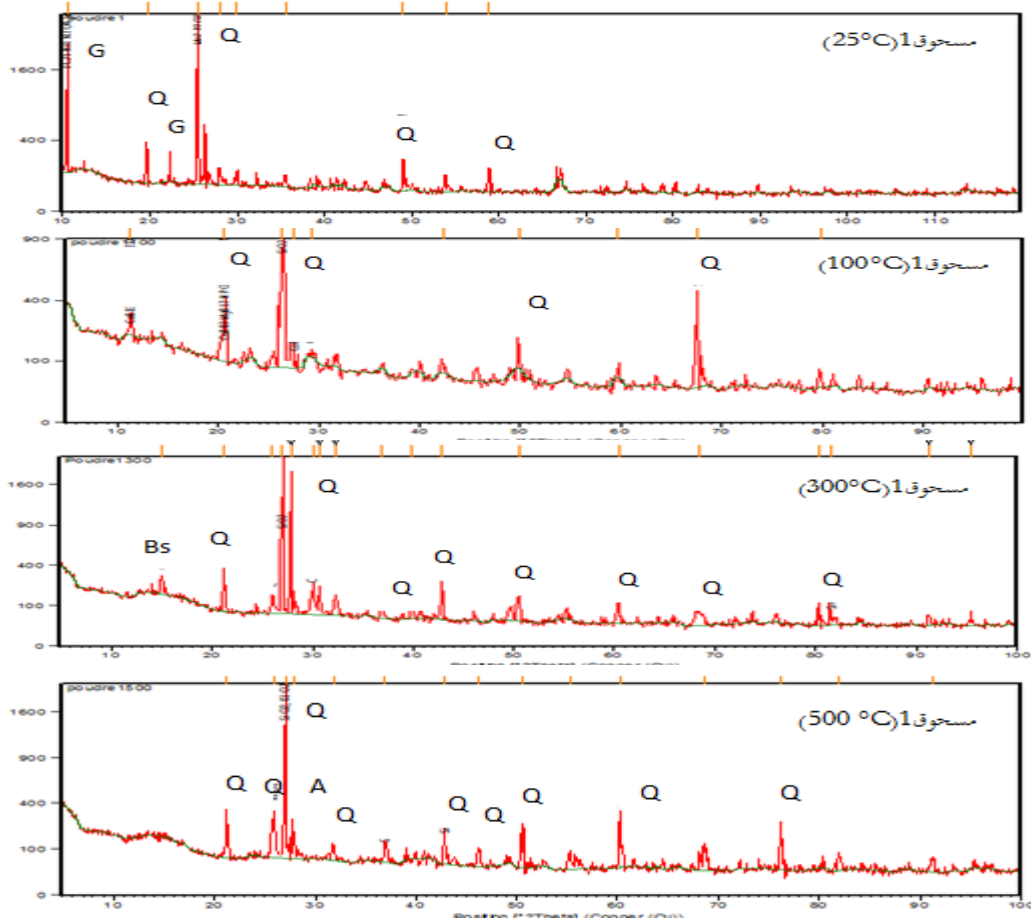
تصنيف الرمل (sand type)	فتحة الغربال (mm) (sieve size)
رمل خشن	2
رمل متوسط	1
رمل أقل من المتوسط	0.5
رمل ناعم	0.025

2.III. مناقشة نتائج انعراج الأشعة السينية XRD:

سمح لنا جهاز انعراج الأشعة السينية من نوع SEIFERT المتواجد في مخبر الاشعاع والبلازما وفيزياء السطوح بجامعة ورقلة بتسجيل مخططات الانعراج على العينات المدروسة من رمل تنمو فيه وردة الرمال. وباستخدام برنامج X'pert Highscore تحصلنا على المخططات التالية:

1.2.III. التركيب الجزيئي لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت ذو التصنيف الحبيبي

:2mm



الشكل (1-III): مخططات انعراج الأشعة السينية لرمل خشن (2mm) على العينة الأصلية والعينات المسخنة من رمل تنمو

فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت

Q: Quartz(SiO_2)

G: gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

A: anhydrite (CaSO_4)

B: Bassanite ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)

بينت معالجة هذه المخططات باستخدام برنامج X' pert Highscore أن الرمل الذي تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة سيدي سليمان ذو التصنيف الحبيبي (2mm) في حالته الطبيعية يحتوي على الكوارتز (SiO₂) وهو الذي ميّز من خلال انعراج البارز و الشديد عند قمم الانعراج عند الزوايا 2θ: 27.16°، 50.434°، 67.65°، 78.806° و انعراجه الأخرى الظاهرة عند 26.25°، 26.43°، 58.76° و الجبس عند قمم الانعراج 10.39° و 23.083° وهي توافق البعد البيني 8.500 Å و 3.850 Å على الترتيب. عند تسخين العينة الأصلية لدرجات حرارة مختلفة تم ظهور عناصر جديدة يمكن تلخيصها في الجدول التالي، الإشارة (■) تشير الى وجود المركب في العينة المدروسة:

الجدول (III-2): تحليل نتائج انعراج الأشعة السينية للعينة الأصلية والعينات المسخنة ذات التصنيف الجبسي 2mm.

العينات المسخنة			العينة الأصلية	المعدن	المسافة البينية d(A°)	معاملات ملر Hkl	زوايا الحيود (°) 2θ
500	300	100					
			■	جبس ^[39] (CaSO ₄ ·2H ₂ O)	8.500	5 0 0	10.399
		■			7.788	0 2 0	13.235
	■			Bassanite ^[40] (CaSO ₄ ·1/2H ₂ O)	5.925	0 0 1	14.940
■	■	■	■	كوارتز ^[41] (SiO ₂)	4.298	1 2 2	20.647
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	4.215	1 0 0	21.057
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	4.201	1 0 0	21.131
			■	جبس ^[39]	3.850	1 3 0	23.083
■				Anhydrite ^[42] (CaSO ₄)	3.450	1 1 0	25.798
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	3.369	0 1 1	26.431
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	3.309	2 0 -2	26.915
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	3.305	1 0 1	26.953
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.8080	0 3 3	50.434
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.785	0 0 3	51.128
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.57		58.765
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.383	2 0 3	67.653
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.213	4 2 1	78.806

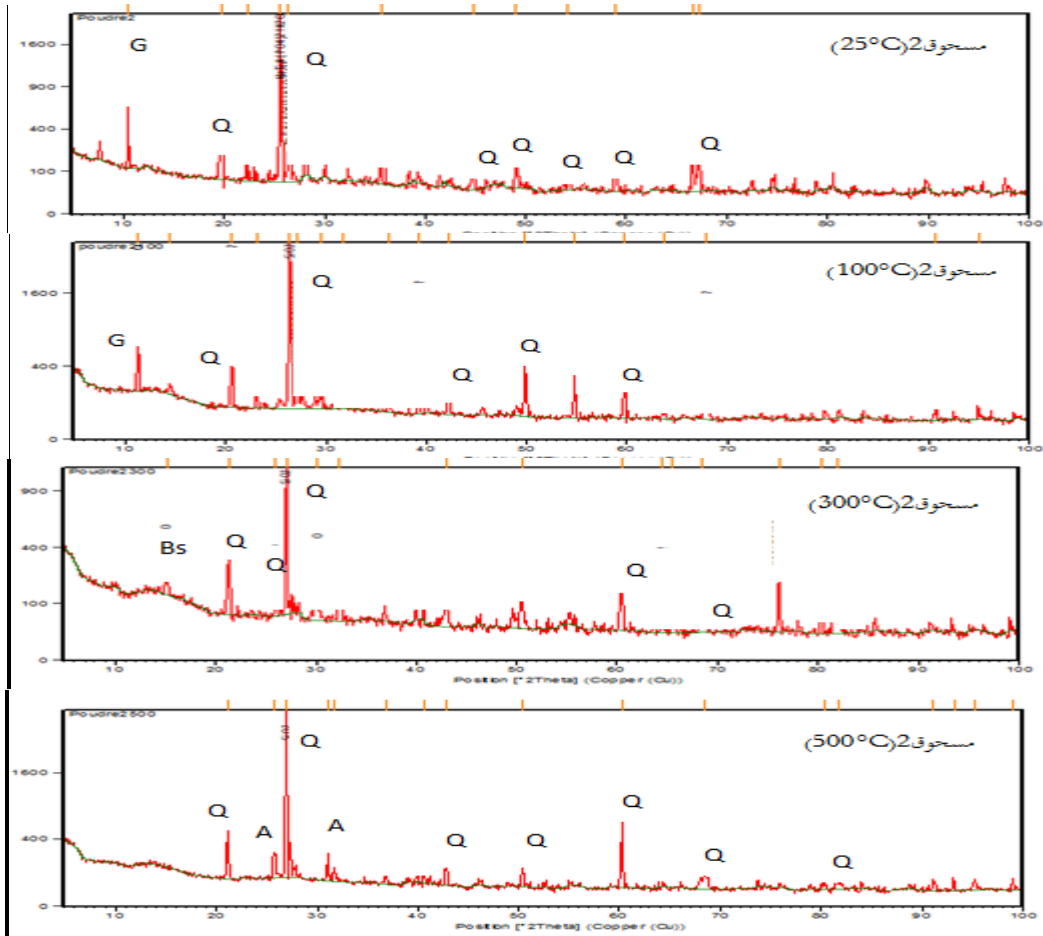
تبين من خلال الجدول أن لتسخين الرمل تأثيراً واضحاً على التراكيب البلورية الموجودة بالرمل، فعند تسخين العينة الأصلية في

درجة حرارة 100°C نلاحظ اختفاء الجبس كلياً.

وعند ارتفاع درجة الحرارة الى 300°C ظهور طور بلوري جديد يعود الى الـ Bassanite دَل على ذلك قمة الإنعراج عند 14.940° والتي توافق البعد البيني 5.925 \AA ، وكما نلاحظ عند التسخين الى 500°C ظهور قمة إنعراج جديدة عند 25.798° والتي توافق البعد البيني 3.450 \AA وهي تعود الى الـ Anhydrite.

2.2.III. التركيب الجزيئي لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت ذو التصنيف الحبيبي

:1mm



الشكل (III-2): مخططات انعراج الأشعة السينية لرمل متوسط (1mm) على العينة الأصلية والعينات المسخنة من رمل تنمو

فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت

تلخص النتائج في الجدول التالي:

الجدول (III-3): تحليل نتائج انعراج الأشعة السينية للعينة الأصلية والعينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 1mm

العينات المسخنة (°C)			العينة الأصلية	المعدن	المسافة البينية d(A°)	معاملات hkl	زوايا الحيود 2θ(°)
500	300	100					
			■	جبس ^[39]	8.430	-	10.486
	■			Bassanite ^[40]	5.920	1 0 0	14.953
■	■	■		كوارتز ^[41]	4.178	1 3 1	21.246
■				Anhydrite ^[42]	3.458	2 2 2	25.740
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	3.303	0 1 1	26.968
■				Anhydrite ^[42]	2.959	1 1 1	30.179
		■		كوارتز ^[41]	2.143	2 0 0	42.116
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	2.013	1 0 2	44.997
■			■	Anhydrite ^[42]	1.842	1 1 2	49.440
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.809	0 0 3	50.390
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.791	0 0 3	50.924
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.696	2 0 2	54.025
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.521	1 2 -1	60.832
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.404	2 1 2	66.548

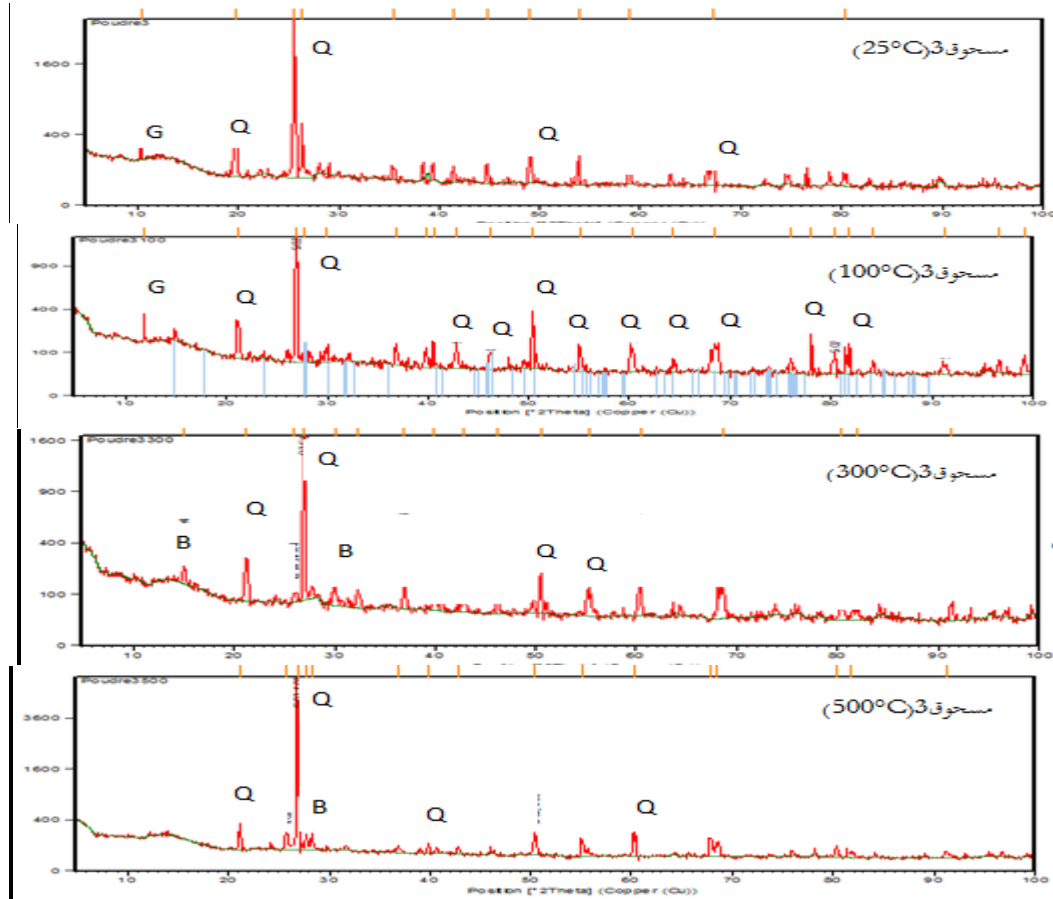
تظهر مخططات انعراج الأشعة السينية أن جميع العينات ذات التصنيف الحبيبي 1mm (العينة الأصلية والعينات المسخنة) تتكون أساساً من الكوارتز (SiO₂) وهو الذي ميّز من خلال الانعراج البارز عند الزوايا 21.246°, 26.968°, 42.116°, 49.440°, 50.390°, 54.025°, 66.548°. إضافة إلى وجود الجبس في العينة الأصلية التي تدل عليها قمة الانعراج 10.486°، الموافقة للبعد البيني 8.43 Å. عند التسخين بدرجة حرارة 100°C نلاحظ تماثل في جميع الانعراجات للعينة الأصلية وتغير طفيف يعود في انخفاض شدة انعراج الكوارتز عند الزاوية 66.548°.

يبدأ تأثير التسخين على تركيب الرمل عند التسخين بدرجة حرارة 300°C وذلك بظهور طور بلوري جديد يعود إلى ال Bassanite ناتج عن الفقد المستمر للماء من الجبس وهو ما يفسره ظهور قمم انعراج جديدة تابعة لل Bassanite ذلك قمة الانعراج عند 14.953° الموافقة للبعد البيني 5.920 \AA .

إن تسخين العينة الأصلية عند 500°C يؤدي إلى ظهور طور بلوري جديد يعود إلى Anhydrite بينت ذلك قمم الانعراج عند 30.179°C , 25.740°C .

3.2.III. التركيب الجزيئي لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت ذو التصنيف الحبيبي

:0.5mm



الشكل (III-3): مخططات انعراج الأشعة السينية لرمل أقل من المتوسط (0.5mm) على العينة الأصلية والعينات المسخنة من

رمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت

تلخيص النتائج في الجدول التالي:

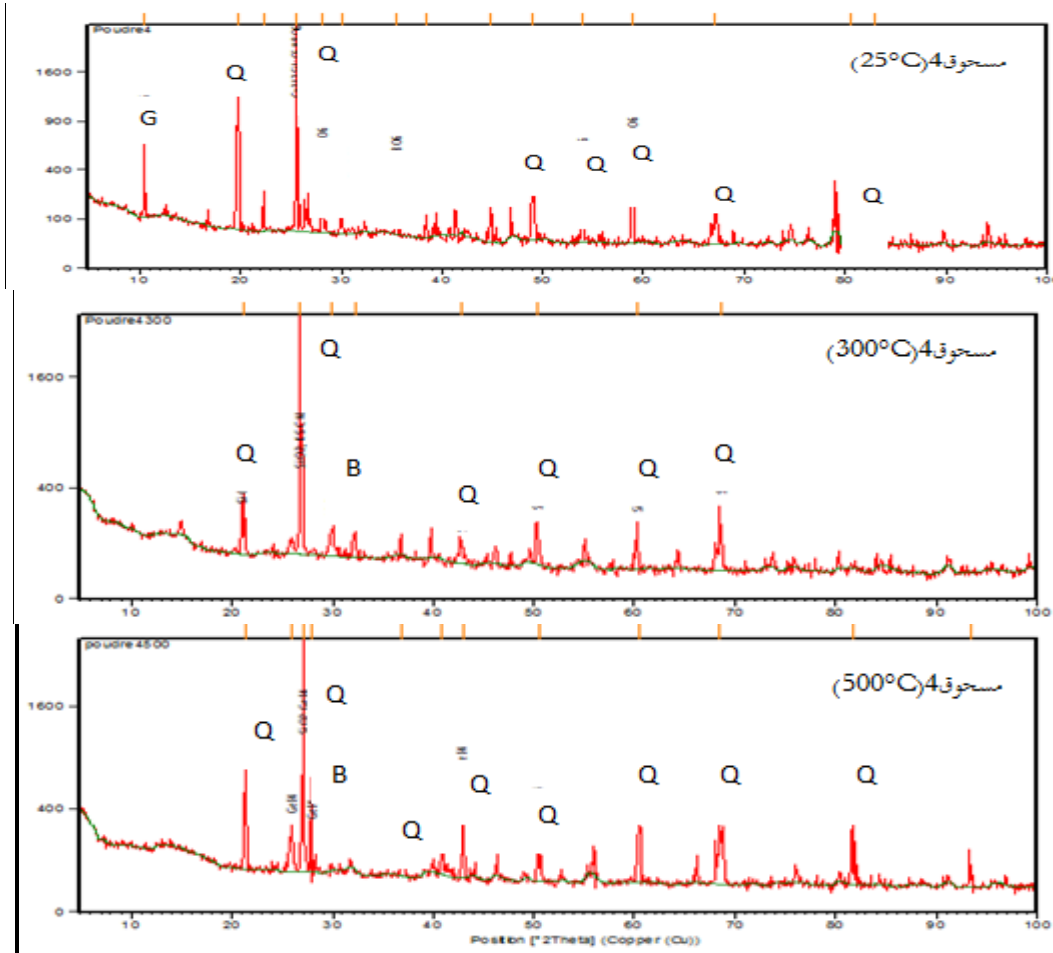
الجدول(III-4): تحليل نتائج انعراج الأشعة السينية للعينات الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 0.5mm

العينات المسخنة (°C)			العينات الأصلية	المعدن	المسافة البينية d(A°)	معاملات Miller hkl	زوايا الحيود 2θ(°)
500	300	100					
			■	الجبس ^[39]			10.84
	■			Bassanite ^[40]	5.934	1 1 0	14.915
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	4.327	1 0 0	20.509
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	4.196	2 0 0	21.154
■	■	■	■	كوارتز ^[40]	3.330	1 1 2	26.750
■	■			Bassanite ^[40]	2.990	4 0 0	29.79
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.795	-2 2 1	50.821
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.769	-3 2 2	51.627
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.569	2 1 0	58.776
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.566	2 1 1	58.907
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.391	2 0 3	67.204
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.374	0 2 3	68.173
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.361	1 1 4	68.896

لقد تبين أيضا أن العينات الأصلية ذو التصنيف الحبيبي 0.5mm تتكون من الكوارتز، دل عليها الانعراج عند 20.509° الذي يشير الى وجود الجبس، وعند التسخين بدرجة حرارة 300°C نلاحظ ظهور طور بلوري جديد ضعيف الشدة عند الانعراج 10.84° الذي يشير الى وجود الجبس، وعند التسخين بدرجة حرارة 300°C نلاحظ ظهور طور بلوري جديد ضعيف الشدة عند الانعراج 21.154°، 26.750°، 50.821°، 58.776°، 67.204°، 68.892° و 68.892° الذي يشير الى وجود الجبس. عند ارتفاع درجة الحرارة الى 500°C نلاحظ عدم ظهور الانعراج التابع ل Bassanite عند 14.915° و وجوده عند الانعراج 29.79°.

4.2.III. التركيب الجزيئي لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت ذو التصنيف الحبيبي

:0.025mm



الشكل (III-4): مخططات انعراج الأشعة السينية لرمل ناعم (0.025mm) على العينة الأصلية والعينات المسخنة من رمل

تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت

النتائج في الجدول التالي:

الجدول (III-5): تحليل نتائج انعراج الأشعة السينية للعينة الأصلية و العينات المسخنة ذت التصنيف الحبيبي 0.025mm

العينات المسخنة (°C)			العينة الأصلية	المعدن	المسافة d(A°) البينية	معاملات ملر hkl	زوايا الحيود 2θ(°)
500	300	100					
			■	جبس ^[39]	8.434	0 0 2	10.480
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	4.188	1 0 0	21.197
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	3.516	0 1 0	25.310
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	3.323	0 1 1	26.807
■	■			^[41] Bassanite	3.297	0 2 3	29.79
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	2.094	2 0 1	43.166
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	2.006	1 0 3	45.152
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.791	0 0 3	50.924
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.780	1 1 4	51.270
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.510	6 5 1	61.344
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.363	0 3 1	68.816
■	■	■	■	كوارتز ^[41]	1.350	0 3 1	69.541

بين الجدول أن جميع العينات تتكون من الكوارتز أثبتت ذلك الانعراجات شديدة الزوايا عند 25.315°، 21.197°

و الجبس في 25.310°، 68.816 °، 69.541°، 61.344°، 50.924°، 45.152 °، 26.807، 43.166°

العينة الأصلية عند قمة الانعراج 10.480°. تسخين العينة عند 300°C أدى الى ظهور مركب جديد يعود

الى bassanite عند قمة الانعراج 29.79° الناتج عن الفقد المستمر للماء من الجبس، كما نلاحظ ارتفاع في شدة انعراجه

عند الزيادة في درجة الحرارة الى 500°C.

3.III. مناقشة نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR):

يعطي طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء معلومات عن نوعية وكمية الروابط الكيميائية المتواجدة بالمادة، ومن أجل تحليل كفي (qualitative analysis) للأصناف الحبيبية المدروسة، يكفي تحديد الأطوار الموجية الممتصة الموافقة للمجموعات الكيميائية الموجودة فيها، ثم تحليلها وتعيين المعادن والمجموعة الوظيفية الموافقة لكل امتصاص، بالاستعانة بمراجع درست مواد مشابهة.

تظهر الأشكال (5-III)(6-III)(7-III)(8-III) أطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينات المدروسة من رمل تنمو فيه وردة الرمال ذات التصنفيات الحبيبية في درجة حرارته الطبيعية وبعد المعالجة الحرارية [100°C, 300°C, 500°C]، تحصلنا عليها باستخدام مطياف أشعة تحت الحمراء Spectrometer FTIR، مزود بتحويل فوريريه من نوع FTIR-8300 SHIMADZU موجود بمخبر ترقية وتأمين الموارد الصحراوية (V.P.R.S) بجامعة ورقلة، واستعملنا مادة بروميد البوتاسيوم KBr كمادة حاملة.

تؤكد نتائج التحليل بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء وذلك بمقارنة قمم الامتصاص في جميع أطياف FTIR للأصناف الحبيبية للزمل المدروس لعينة أصلية والعينات المسخنة أن أغلب الروابط الموجودة في عيناتنا تعود الى الكوارتز و الجبس المشبع بالماء، إضافة الى وجود روابط اخرى تعود الى مركبات أخرى كأكاسيد بعض المعادن، و بعض الشوائب العضوية، سنتطرق الى المركبين الغالبين، الكوارتز و الجبس المشبع بالماء.

الكوارتز: صيغته الكيميائية SiO_2 وهو شكل من أشكال معدن السيليكات، يعتبر الكوارتز المعدن الرئيسي في تركيب رمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت في الحالة الطبيعية، دل على ذلك أشرطة الامتصاص للكوارتز في المجالات التالية:

1615-1620 ، 1080-1085 ، 795-800 ، 775-780 ، 695-700 ، 512-520 ، 455-460
1870-1875.

من خلال أطياف عيناتنا تظهر الامتصاصات التابعة للكوارتز عند: 462 cm^{-1} ، 459 cm^{-1} ، 439.7 cm^{-1} ، 779.2 cm^{-1} ، 675 cm^{-1} ، 470.6 cm^{-1} ، والمجال الممتد من 1000 cm^{-1} الى 1200 .

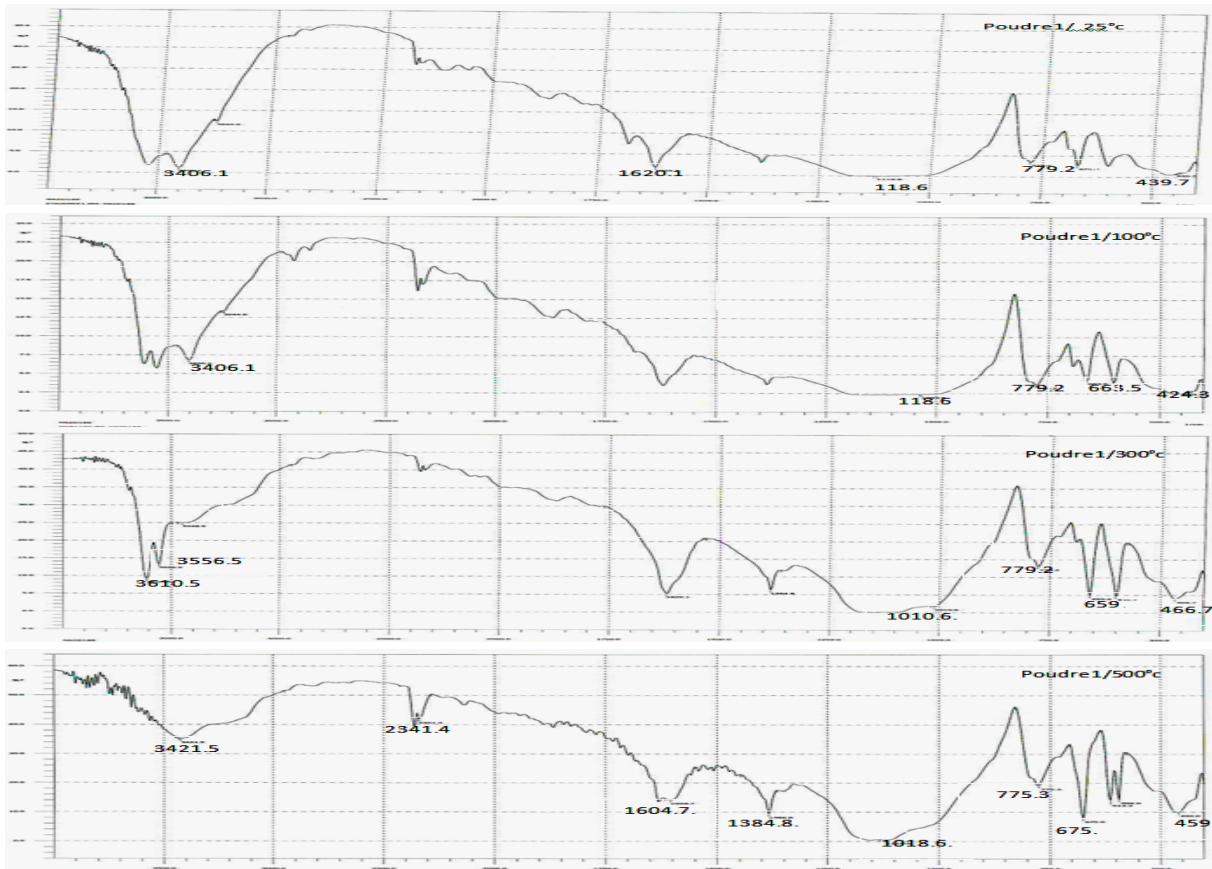
كما تبين أطياف FTIR أن الكوارتز موجود في جميع الأصناف الحبيبية لرمال تقرت في الحالة الطبيعية.

الجبس المشيع بالماء: صيغته الكيميائية $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، ومن خلال أطياف FTIR للأصناف الحبيبية للعينات المدروسة لوحظ الامتصاص عند الأشرطة 1620.1 cm^{-1} ، 3244 cm^{-1} ، 3406.1 cm^{-1} ، 3540 cm^{-1} ، 601 cm^{-1} ، 114.8 cm^{-1} ، 671.2 cm^{-1} .

أظهرت أطياف FTIR للأصناف الحبيبية لرمال تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت حزم امتصاص قوية الشدة عند التردد 1384.8 cm^{-1} وهذا يعود لوجود الكالسيت [44].

1.3. III. تحليل نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة أصلية و العينات المسخنة ذات

التصنيف الحبيبي 2mm:



الشكل (III-5): مخططات مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لرمال خشن (2mm) لعينة أصلية و العينات المسخنة لرمال تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت

لقد أظهرت تقنية FTIR أن للرمال في حالته الطبيعية ذو التصنيف الحبيبي (2mm) يحتوي على مركبات أخرى بتركيز ضعيفة جدا وهذا ما يشير إليه أشرطة الامتصاص عند 3700 cm^{-1} الذي يعود الى الـ $\text{Kaolinite}^{[45]}$. بالإضافة الى وجود بعض المواد العضوية التي ذل عليها أشرطة الامتصاص $1604. \text{ cm}^{-1}$ و 1387 cm^{-1}

كما نلاحظ اختلاف في شدات امتصاصات هذه المواد من عينة لأخرى يرجع ذلك إلى الاختلاف في تركيبها. الجدول (III-6) يوضح أهم هذه الاختلافات.

تشير الاشارة (*) الى وجود المركب في العينة المدروسة.

الجدول (III-6): تحليل نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعيثة الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي

2mm

مجموعة الوظيفية	العينات المسخنة			العيثة الأصلية	المعدن	العدد الموجي (cm ⁻¹)
	500	300	100			
	*	**	*		[43]Bassanite	3610
Elongation de O-H	*	**	*		جيس [46] ماء ممتص	3560
	*	*	**	**		3540
	*	*		**		3448
Elongation de O-H			**	***		3406
			*	*		3244
	*	*				3210
	**	*	*	*	كوارتز	2340
	*		*	**		1690
Déformation de O-H	*	***	***	***	جيس	1620
Déformation de O-H	***	***	**	**	كالسيت	1384
Elongation assymetrique O-Si-O	**	**	***	***	كوارتز	1200-1000

Deformation de Si-O	**	**	**	**	كوارتز	779
	***				Hematite ^[45]	675
Déformation de balancement de SO ₄ ⁻²			*	**	جبس	671
		**	**		جبس	663
	***				Anhydrit ^[45]	613
Deformation de SO ₄ ⁻²		***	**	**	جبس	601
	***				Anhydrit	594
Si-O-Si bending		**			Feldspar ^[47]	466
Déformations de Si-O-Si	**	**	***	***	كوارتز	459

quartz (SiO₂) gypsum (CaSO₄ 2H₂O) bassanite (CaSO₄ ½H₂O) hematite (Fe₂O₃)

Anhydrit (CaSO₄)

بينت تقنية FTIR أن للتسخين تأثيرا واضحا على تركيب رمل تنمو فيه ورده الرمال بمنطقة تقرت، حيث تميزت العينة الأصلية ذات التصنيف الحبيبي لرمل خشن (2mm)على نسبة كبيرة من الكوارتز وذلك ناتج عن وجوده بالمجموعة الوضيفية Si-O تمتد هذه المجموعة عند قمم الامتصاص 459 cm⁻¹، 775 cm⁻¹، 779 cm⁻¹، والمجال الممتد cm⁻¹ 1200 -1000¹ الذي يشير شريط الامتصاص إلى وجود الكوارتز في شكل متبلور وينسب إلى اهتزاز تمدد لا متناظر لرابطة Si-O.

لوحظ شريط الامتصاص ضعيف الشدة عند 1384 cm⁻¹ وهي تشير إلى وجود الكالسيوم.

تشير أشربة الامتصاص عند 3556 cm⁻¹، 3448 cm⁻¹، 3406 cm⁻¹، 3244 cm⁻¹، 601 cm⁻¹

663¹، إلى وجود الماء وهي تنسب إلى اهتزاز التمدد لمجموعة الهيدروكسيل -OH

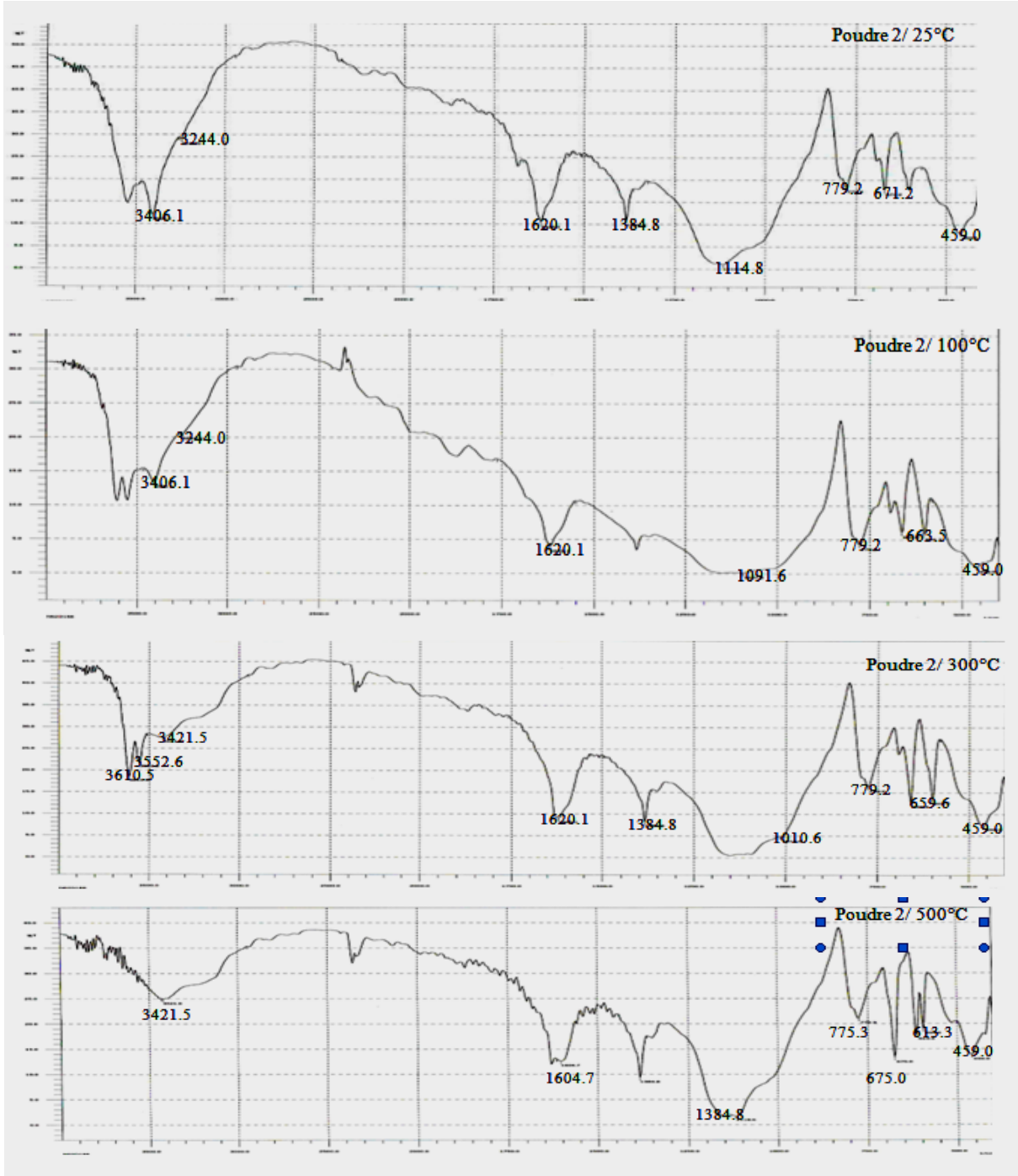
عند أول تسخين للعينة الأصلية بدرجة حرارة 100°C تفقد كمية معتبرة من الماء وهو ما يحوله الى طور الـ bassanite لوحظ هذا عند شريط الامتصاص ضعيف الشدة عند 3610 cm^{-1} .

تسخين العينة الطبيعية عند درجة حرارة 300°C يؤدي الى زيادة في شدة الـ Bassanite وظهور قمم امتصاص جديدة عند 466 cm^{-1} الذي ينسب الى الـ feldspar [74].

كما لوحظ أن عند تسخين العينة الأصلية إلى 500°C اختفاء قمم امتصاص الجبس و الفلدسبار وظهور قمم امتصاص عند 594 cm^{-1} و 613 cm^{-1} الذي يشير الى الـ Anhydrit وامتصاص ذو شدة عالية عند 675 cm^{-1} الذي يعود الى Hematite مع فقدان نسبي للكوارتز.

2.3.III. تحليل نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة أصلية و العينات المسخنة ذات

التصنيف الحبيبي 1mm:



الشكل (III-6): مخططات مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لرمال متوسط (1mm) لعينة أصلية و العينات المسخنة

لرمال تنمو فيه ورة الرمال بمنطقة تقرت

تلخص النتائج في الجدول التالي:

الجدول (III-7): تحليل نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينات الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف

الحبيبي (1mm)

المجموعة الوظيفية	العينات المسخنة			العينات الأصلية	المعدن	العدد الموجي cm ⁻¹
	500	300	100			
		***			Bassanite	3610
Elongation de O-H			**	*	ماء ممتص	3600
		**	**	*	ماء ممتص	3552
				*	ماء	3525
		*			ماء	3420
			*	**	جبس	3406
Elongation de Si-H	**	*	*	*	كوارتز	2340
Deformation	*	***	**	***	كوارتز	1620
	*			*		1604
Deformation de CO ₃ ⁻²	***	**	*	**	كالكسيت	1384
Elongation assymetrique de Si-O-Si	***	***	***	**	كوارتز/جبس	1200-1000
Deformation symetrique Si-O-Si	*	***	***	***	كوارتز	779
	**				كوارتز	775
	***	*			Hematite ¹	675
Deformation de SO ₄ ⁻²			***		جبس	663
	***				Anhydrit	613
Deformation de SO ₄ ⁻²		***	***	*	جبس	601
	***				Anhydrit	594
		*		**		549
Deformation Si-O-Si	**	**	**	***	كوارتز	459

تتميز العينة الأصلية ذات التصنيف الحبيبي لرميل متوسط (1mm) بإحتوائها على كمية كبيرة من الكوارتز الذي ذلّ عليه قمم الامتصاص عند 459 cm^{-1} ، 775 ، 779 و الذي ينسب الى اهتزاز انحناء متناظر

Si-O-Si وطيف الامتصاص عند 1114 cm^{-1} يعود الى اهتزاز تمدد لامتناظر Si-O. والجبس المشبع بالماء عند

قمم الامتصاص 3600 cm^{-1} ، 3552 cm^{-1} ، 3406 cm^{-1} وبروز شريط امتصاص عند 1384 cm^{-1} وهي تؤشر على وجود الكالسيت.

تسخين العينة الطبيعية عند 100°C يؤدي الى زيادة في شدة امتصاص الكوارتز الدالة على ذلك قمة الامتصاص عند

المجال $1200-1000\text{ cm}^{-1}$ وينسب الى اهتزاز تمدد لا متناظر Si-O وانخفاض في شدة اطيف امتصاص الماء.

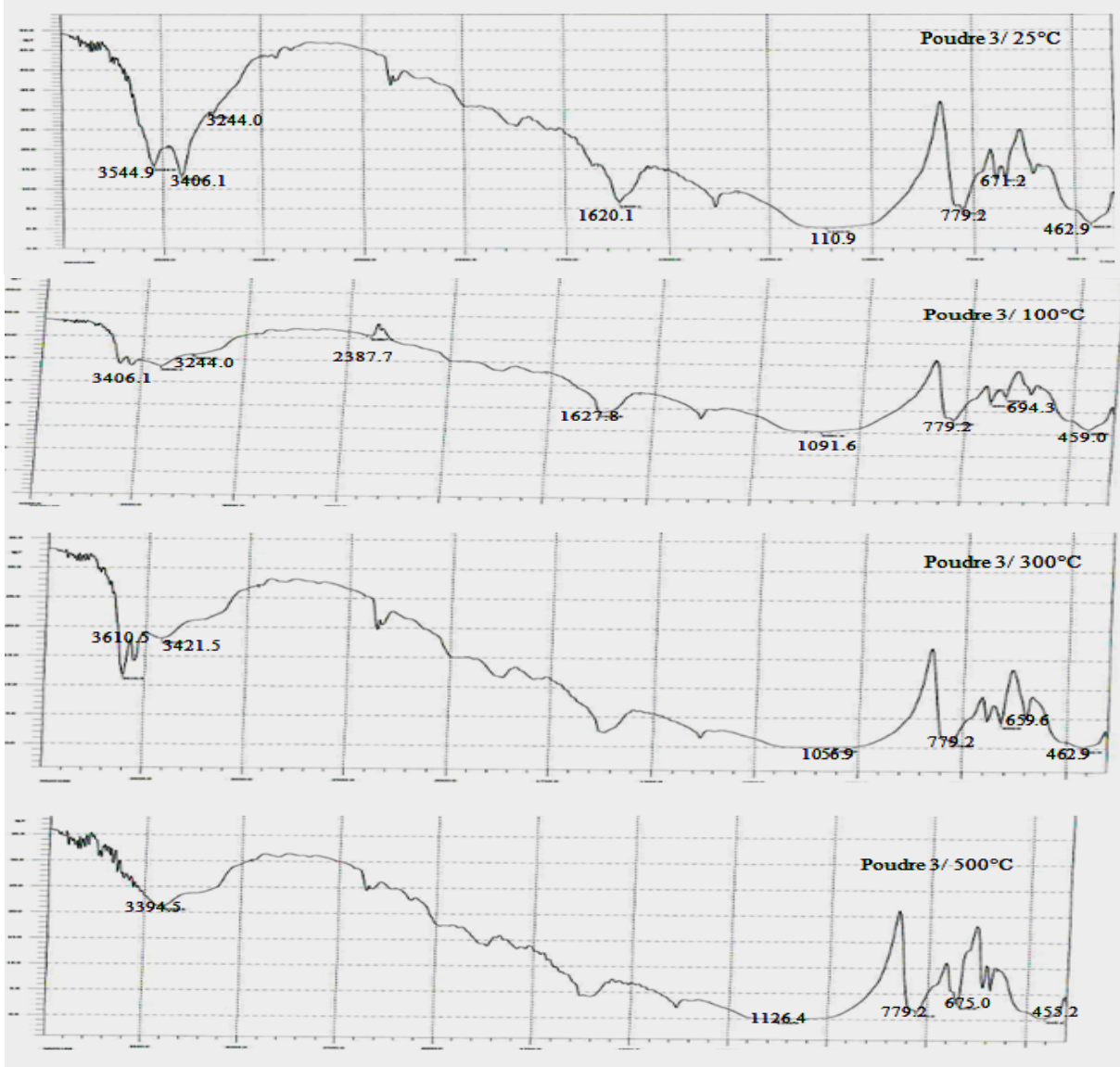
عند ارتفاع في درجة الحرارة الى 300°C ظهور قمم امتصاص جديدة عند 3610 cm^{-1} الذال على وجود

ال Bassanite وفقدان شبه كلي للجبس المشبع بالماء وزيادة في الكوارتز.

تسخين العينة الأصلية عند 500°C يؤدي الى فقدان كلي للجبس و هذا ما يحوله الى طور ال Anhydrite وذلك

عند قمم الامتصاص 613 cm^{-1} ، 594 cm^{-1} وزيادة في شدة الكالسيت عند طيف الامتصاص 1384 cm^{-1} .

3.3.III تحليل نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة أصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 0.5mm:



الشكل (III-7): مخططات مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لرمال متوسط (0.5mm) لعينة أصلية و العينات المسخنة

لرمال تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت

الجدول (8-III) يلخص أهم هذه النتائج.

الجدول (8-III): تحليل نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينات الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف

الحبيبي (0.5mm)

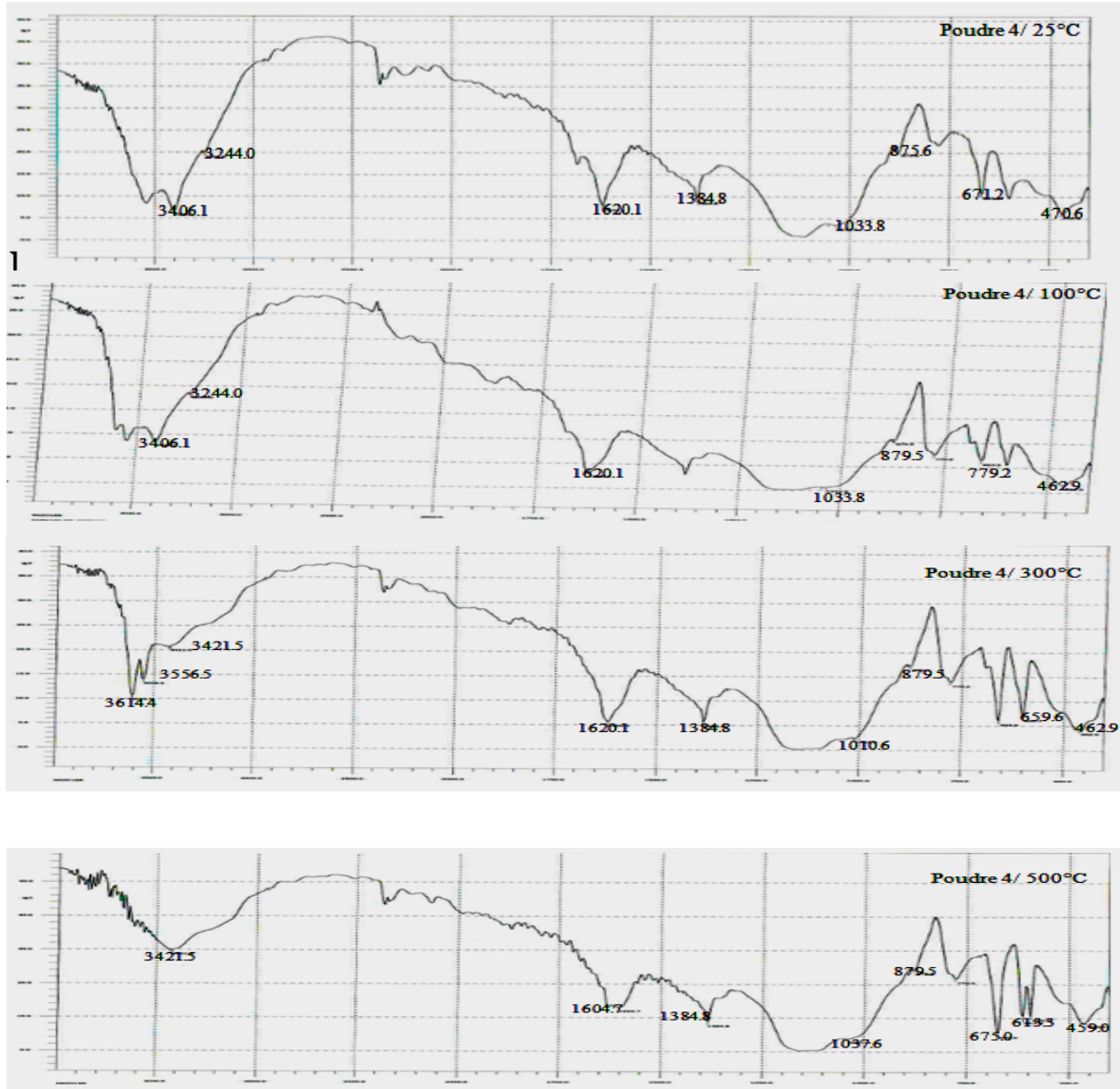
المجموعة الوظيفية	العينات المسخنة			العينات الأصلية	المعدن	العدد الموجي cm^{-1}
	500	300	100			
Deformation de Si-O	**	*	*	*	Kaolinite	3700
Elongation de O-H	*	**	*		Bassanite	3610
Elongation de O-H	*	**	*	**	ماء ممتص	3550
	*	*			ماء ممتص	3421
			*	**	ماء	3406
			*	*	ماء	3244
	**	**	**	*		2387
Elongation de Si-H	*			*	كوارتز	2340
	**	**	**	*		1627
	*	*		***	كوارتز/جيس	1620
	*	*	**	**		1387
Elongation assymetrique de Si-O-Si	***	***	**	***	كوارتز	1000-1200
Deformation de Si-H	***	***	***	***	كوارتز	779
	***	**	**		Hematite	675
Deformation de SO_4^{-2}		**		**	جيس	671
Deformation de Si-O-Si		**		**	كوارتز	462
	**		**		كوارتز	455

تشير أشرطة الامتصاص عند 2340 cm^{-1} ، 1620 cm^{-1} ، والمجال $1000-1200 \text{ cm}^{-1}$ إلى وجود الكوارتز في عينات رملنا ذو التصنيف الحبيبي 0.5mm ، تختلف شدات هذه الامتصاصات من عينة الى أخرى فقد كانت شديدة عند $1200 - 1000 \text{ cm}^{-1}$ يعود الى اهتزاز التممدد اللامتناضر للرابطة Si-O للكوارتز، وامتصاص ضعيف الشدة عند 462 cm^{-1} و 455 cm^{-1} للكوارتز وتعود إلى اهتزاز إنحناء للرابطة Si-O. و الجبس المشبع بالماء عند أشرطة الامتصاص 3600 cm^{-1} .

عند التسخين بدرجة حرارة 100°C يفقد الجبس كمية من المائة وهو ما يحوله لطور Hematite و bassanite وذلك عند قمتي الامتصاص 675 cm^{-1} و 3610 cm^{-1} على الترتيب.

تسخين العينة الأصلية بدرجة حرارة 300°C يفقد الجبس كليا وتزداد شدة ال Bassanite وهو ما يشير اليه عند قمة الامتصاص 3610 cm^{-1} ، عند ارتفاع درجة الحرارة الى 500°C نلاحظ زيادة في قمة الامتصاص 455 cm^{-1} التابعة للكوارتز و قمة الامتصاص 3700 cm^{-1} التابعة لـ kalonite وانخفاض في شدة ال bassanite وذلك عند قمة الامتصاص 3610 cm^{-1} واختفاء الجبس كليا وهذا ما يؤكد أشرطة الامتصاص عند 3406 cm^{-1} و 3244 cm^{-1} .

4.3.III. تحليل نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة أصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف الحبيبي 0.025 mm:



الشكل (III-8): مخططات مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لرمال ناعم (0.025 mm) لعينة أصلية و العينات المسخنة

لرمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة تقرت.

توضح النتائج في الجدول التالي:

الجدول(III-9): تحليل نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينات الأصلية و العينات المسخنة ذات التصنيف

الحبيبي(0.025mm)

المجموعة الوظيفية	العينات المسخنة			العينات الأصلية	المعدن	العدد الموجي cm ⁻¹
	500	300	100			
	*	***				3614
Elongation de O-H	*				Bassanite	3610
Elongation de O-H	*		*	**	جبس	3556
	*	**		*		3550
			**			3520
						3421
	*	*	**	**		3406
Elongation de Si-H	**	**	*	**	كوارتز	2340
	*	***	***	***	كوارتز/جبس	1620
Deformation de CO ₃ ⁻²	**	**	**	*	كالسيت	1384
Elongation assymetrique de Si-O-Si	**	**	***	***	كوارتز/جبس	1200-1000
Deformation de CO ₃ ⁻²	*	*	*	*	كالسيت	875
Deformation de Si-O	**	**	**	*	كوارتز	779
	***				Hematite	675
		***	***		جبس	663
	***		**		Anhydrite	613
Deformation de SO ₄ ⁻²		***		**	جبس	601
	***				Anhydrite	594
Deformation de Si-O-Si				**	كوارتز	470
		**	**			462

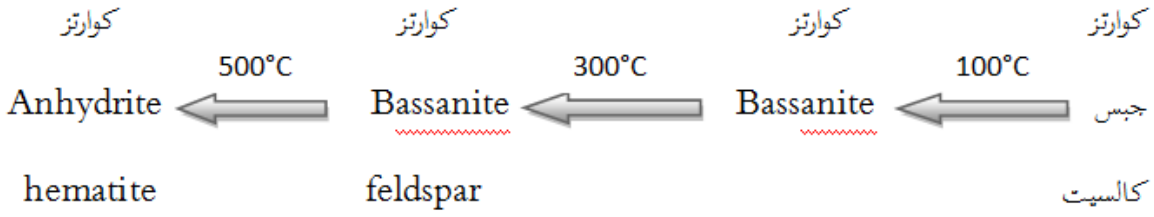
يبين الجدول أن العينة الأصلية تتكون من الجبس وذلك عند قمم الامتصاص 3556 cm^{-1} ، 3550 cm^{-1} و كمية كبيرة من الكوارتز وذلك عند أشربة الامتصاص شديدة الشدة عند 2640 cm^{-1} و 1620 cm^{-1} والمجال الممتد من $1000-1200 \text{ cm}^{-1}$ كما تشير أشربة امتصاص ضعيفة الشدة عند 875 cm^{-1} التي تعود الى الكالسيت.

عند التسخين بدرجة حرارة 100°C يفقد الجبس كمية معتبرة بينت ذلك قمة الامتصاص عند 3556 cm^{-1} مما يحوله الى طور الـ Anhydrite الذي يذل عليه شريط الامتصاص 613 cm^{-1} . وكمية معتبرة من الكوارتز عند التسخين بدرجة حرارة 300°C وزيادة في شدة قمة الامتصاص عند 1384 cm^{-1} التابعة للكالسيت وبقاء الجبس في حالته العادية.

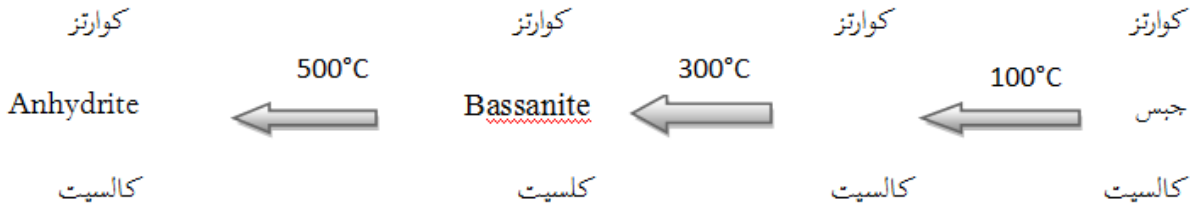
التسخين عند 500°C يؤدي الى فقدان كلي للجبس وذلك عند قمة 601 m^{-1} وهو ما يحوله لطور Anhydrite ذل على ذلك قمة الامتصاص شديدة الشدة عند 594 cm^{-1} ، و Hematite عند قمة الامتصاص 675 cm^{-1} وانخفاض في شدة الامتصاص عند 3550 cm^{-1} التابعة للكوارتز.

وتلخص جميع هذه النتائج ذات التصنيف الحبيبي من رمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة سيدي سليمان قبل و بعد تسخينه في درجات حرارة مختلفة (100°C ، 300°C ، 500°C) كالآتي:

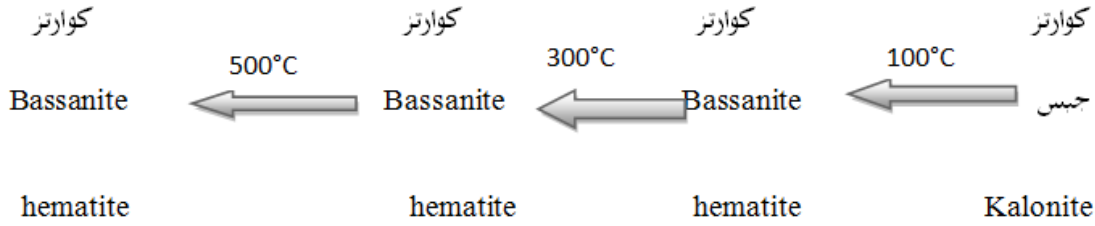
➤ مسحوق 1



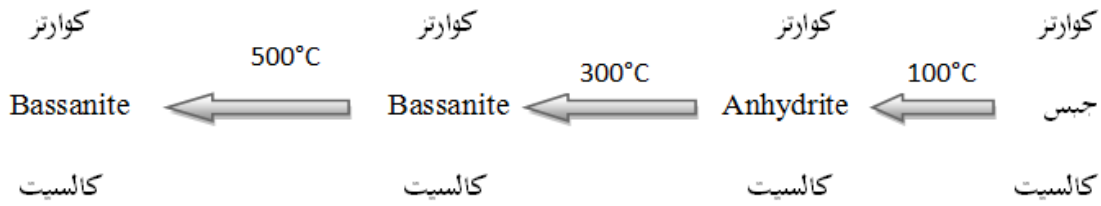
➤ مسحوق 2



➤ مسحوق 3



➤ مسحوق 4



الشكل (III-9): مخطط توضيحي لنتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء لجميع الأصناف الحبيبية لرمال تنمو فيه وردة الرمال بتقرت قبل وبعد التسخين في درجات حرارة مختلفة (500°C, 300°C, 100°C)

خلاصة عامة

في هذا العمل قمنا بدراسة تجريبية على رمل تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة سيدي سليمان المتواجدة بمدينة نقرت، وذلك لتحديد التركيب الجزيئي لأصناف مختلفة من الرمل المدروس في درجة حرارته العادية وبعد التسخين في درجات حرارة مختلفة (100°C ، 300°C ، 500°C)، ولتشخيص ذلك استعملنا بعض التقنيات التي تسمح بتحديد التراكيب البلورية والجزيئية والذرية، ومن بينها تقنية انعراج الأشعة السينية (XRD) و مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) وكانت النتائج كالتالي:

مكنت الدراسة باستخدام انعراج الأشعة السينية (XRD) من تحديد التراكيب البلورية الرئيسية للعينات المدروسة، حيث تبين أن الرمل الذي تنمو فيه وردة الرمال بمنطقة نقرت ذو التصنيف الحبيبي في حالته الطبيعية يتكون من الكوارتز (SiO_2) والجبس ($\text{CaO}_4\text{2H}_2\text{O}$).

ميّز الكوارتز و الجبس باستخدام انعراج الأشعة السينية من خلال الانعراجات الرئيسية لهما: بالنسبة للجبس عند الزاوية 2θ : 10.399° ، وبالنسبة للكوارتز عند الزوايا 21.057° ، 26.431° ، 50.434° ، 58.765° ، 78.806°

عند التسخين في عدة درجات حرارة مختلفة ظهور طورين بلوريين جديدين تعود إلى الـ *Basanite* و الـ *Anhydrite* الناتجة عن فقدان الماء المتواجد في الجبس واختفاء عنصر الجبس.

أما مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) أظهرت أن أغلب الروابط الموجودة في الرمل المدروس ذو التصنيف الحبيبي في حالته الطبيعية و بعد التسخين تعود إلى الكوارتز و الجبس المشبع بالماء، وهو ما يتوافق تماما مع النتائج المتحصل عليها باستخدام انعراج الأشعة السينية، بينت ذلك أشرطة الامتصاص الدالة على وجود الكوارتز عند Cm^{-1} 439.71 ، 459 ، 675 ، 779 ، و المجال $[1200-1000\text{cm}^{-1}]$ ، 2340 ، كما ميّز الجبس من خلال الامتصاصات 3210 ، 3406 ، 3448 ، 3560 cm^{-1} .

إضافة إلى ظهور الـ *Bassanite* الذي أثبت ذلك الامتصاص عند 3610 cm^{-1} و الـ *Anhydrite* عند الامتصاص 613 و 594 cm^{-1} ، وحزم شديدة الشدة عند الامتصاص 1384 cm^{-1} الدالة على الكالسيت (CaCO_3) وظهور حزم متوسطة الشدة عند 675 cm^{-1} التي تعود إلى الـ *hematite* و امتصاص ضعيف الشدة عند 406 cm^{-1} الذي يعود إلى *Kalonite* و *feldspar* عند الامتصاص 3700 cm^{-1} .

آفاق مستقبلية

بعد دراسة الموضوع الذي بين أيدينا و التعميق فيه واستنباط جل الخصائص الفيزيوكيميائية لرمل منطقة سيدي سليمان، يمكننا أن نؤكد إمكانية استمرار البحث في هذا الموضوع خاصة فيما يخص تطبيقات واستعمالات المواد المكونة للرمل تبعا للأصناف الحبيبية له.

قائمة المراجع

- [01] مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الهندسة المدنية. جامعة تشرين، قسم هندسة الموصلات و النقل من اعداد المهندسة ديمة أمين ابراهيم حول البحث عن تقنية جديدة لتنظيف الرمال في سوريا وتحسين أدائها في البيوتون
- [02] محمد العيد مشري(2016)، دراسة أثر المعالجة الحرارية على تركيب رمل كثنان منطقة ورقلة، وعلى ناقلية الكهربائية باستخدام الطرق الطيفية، أطروحة دكتوراء، كلية علوم المادة جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
- [03] Guettala S, Mezghiche B, Mellas M (2010) Adding finely crushed dune sand to cement on the evolution of hydration of pasta rmland cement. Asian Journal of Civil Engineering (building and housing) 11(2): 241-251
- [04] الخواص التطبيقية لثنائي أكسيد السيلكون من الرمل الى التقنيات المتقدمة.أ/نور الدين بشينة، قسم الفيزياء، كلية العلوم - جامعة الزاوية، المجلة الجامعة-العدد السابع عشر-المجلد الثاني-أغسطس 2015م.
- [05] د/محمد القاضي، الرمل الكوارتزي، (الجزء الأول) جامعة قطر 1999
- [06] الباب الثاني، مكونات وخصائص طرق تصنيف وتثبيت التربة
- [07] <https://womdar.co>
- [08] دراسة جيولوجية وهندسية لرمل الكرب في المملكة الاردنية الهاشمية، مهندس جمال ابو قبيع ومحمود عزام و الجيولوجي لطفي أبو سعد
- [09] K. Pye, Aeolian Sand and Sand Dunes 397 / © Springer 2009
- [10] كتاب التجارب العملية لمختبر الرمل.د/السيد محمد حسين أحمد، الجامعة التكنولوجية، قسم هندسة الانتاج والمعادن
- [11] <https://www.egyres.com>
- [12] محمادي نوية (2017)، تحديد تركيب الأصناف اللونية الرئيسية لرمل كثنان منطقة ورقلة، وتحديد سبب تلونها باستخدام الطرق الطيفية، أطروحة دكتوراء، كلية علوم المادة جامعة ورقلة
- [13] Anniche Froideval, (2004), Chimie de l'uranium (VI) à l'interface solution, miniraux (quartz et hydrrox de d'aluminium); expérience et caractérisation spectroscopiques thèse Docteur, Univ Louis Pasteur _Stras bourg I, P63-64 G. Anbalagana
- [14] Ning H. (2012); Composites andtheir properties: Manufacturing and Properties of Quartz (SiO₂) ParticulateReinforced Al-11.8% Si Matrix Composites; INTECH, DOI: 10.5772/48095

- [15] غويلبوجمة (2010)، تحضير ودراسة مساندل لأغشية انطلاقاً من مواد خزفية، مذكرة ماجستير في البنية المجهرية وميكانيكا المواد، جامعة باتنة.
- [16] http://www.quartzpage.de/gen_mod.html (version 01/2016)
- [17] Frondel C (1962) Dana's system of mineralogy (7th edition), v. III, silica minerals, 9-250.
- [18] Le Page Y, Donnay G (1976) Re⁻nement of the crystal structure of lowquartz. Acta Cryst., (32): 2456-2459
- [19] مذكرة ماستر أكاديمي، خشانة كريمة (2014)، مقارنة عينة رمل تنمو فيها وردة الرمال وعينة من الرمل لا تنمو فيها وردة الرمال. تخصص فيزياء الاشعاعات كاشف وبصريات الكترونية
- [20] تأثير استخدام الرمل السليكي على بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة. د/نحلة ناجي هلال ومجيد مطر الدليمي و اسيل حسام الدين عبد الله، جامعة الانبار- كلية الهندسة، مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 19/العدد 4/كانون الاول 2012 (62،48)
- [21] معطيات السليكا ومساعدات الصهر الطبيعية بالسودان في التشكيل الفني للزجاج، مجلة العلوم الانسانية. د/حيدر عبد القادر أبكر عبد الله و اخرون، جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا، كلية الاداب، جامعة النيلين
- [22] الخواص الفيزيائية للتربة د/مرتضى جليل المعموري
- [23] المعادن والصخور الصناعية (Industrial Mineral and Rocks)، د/طلال بن مصطفى قاضي- كلية علوم الارض - جامعة الملك عبد العزيز
- [24] كتاب علم المعادن، د/عماد محمد ابراهيم خليل، قسم الجيولوجيا- كلية العلوم جامعة الزقايق- جمهورية مصر العربية
- [25] Padmakumar G. P., Srinivas K., Uday K. V., Iyer K. R., Pathak P., Keshava S. M. and Singh D N (2012); Characterization of aeolian sands from Indian desert; Engineering Geology 139–140: 38-49
- [26] علم البلورات والأشعة السينية، د/نعيمه عبد القادر أحمد و محمد أمين سليمان، سلسلة الفكر العربي للعلوم الاساسية 27، القاهرة
- [27] كتاب الأشعة السينية الفوائد و المخاطر، د/صالح محمد متولي، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية KACST،

- [28] بنية المادة الكثيفة: البلورات د/اسكندر منيف 2013 دمشق، الهيئة الوطنية للأولبياد العلمي السوري
- [29] حسن حمدان ريكانو جمانة جبار حبيب، الأشعة الكهرومغناطيسية وتأثيرها على الانسان، جامعة القادسية، كلية التربية، قسم الفيزياء 2018
- [30] X-Rays Diffraction in crystal الباب الخامس، حيود الأشعة السينية في البلورات
- [31] الأشعة السينية the X-ray البحث الخامس، جامعة الاندلس الخاصة للعلوم الطبية، سوريا
- [32] الأشعة السينية X-rays المحاضرة السابعة، جامعة الأندلس، سوريا
- [33] كيمياء النانو/أ،م،د/ملى مجيد أحمد، المرحلة الرابعة. علوم الكيمياء - جامعة كربلاء 2016/2015
- [34] حرايز مناد و سحنونفوضيل، مبادئ في تقنيات التحليل الكيميائي و الفيزيائي. جامعة المسيلة. كلية العلوم. قسم الفيزياء (2014)
- [35] الباب الخامس مطياف الأشعة تحت الحمراء Infraredspectrophotometer
- [36] المحاضرة الرابعة-مطياف الأشعة تحت الحمراء Infredspectrophotometer ، د/غالية صباغ
- [37] الباب السادس - مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء -د/ويليام ويبر كوبلينتر
- [38] بضياف سميحة (2016)، تحديد التركيب الجزيئي للأصنفل الحبيبية المختلفة لرملة كثنان منطقة ورقلة وحساب تركيز الكوارتز فيها باستخدام التقنيات الطيفية، أطروحة دكتوراء، كلية علوم المادة جامعة ورقلة
- [39] P. Comodi, S. Nazzareni, P. F. Zanazzi, S. Speziale, High-pressure behavior of gypsum: A single-crystal X-ray study Locality: Valle di Caramanico, Abruzzo, Italy Note: P = 0.0001 GPa, American Mineralogist, Vol. 93, 2008, Page 1530-1537
- [40] A. López-Delgado, S.López-Andrés, I. Padilla, M.Alvarez, R. Galindo, A. J.Vázquez , Dehydration of Gypsum Rock by Solar Energy: Preliminary Study, Geomaterials, Vol.4, 2014, Page 82-91
- [41] Wei, Die Bindung im Quarz, Zeitschrift fuer Kristallographie, Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie (-144,1977) 92,1935, Page 355-362.

- [42] C. Bezou, A. Nonat, J. C. Mutin, A. N. Christensen, M. S. Lehmann, Of the crystal structure of gamma-CaSO₄, CaSO₄*0.5(H₂O), and CaSO₄*0.6(H₂O) by powder diffraction methods Locality: Maurienne, France, Journal of Solid State Chemistry, Vol. 117, 1995, Pages 165-176.
- [43] A. Estep, John J. Kovach, and Clarence Karr. Jr, Quantitative infrared multicomponent analysis of minerals occurring in coal. Am. Chem. Soc, Div. Fuel Chem , Prepr (United States), Vol.11, 1967, Page 171-184.
- [44] Reig F. B., Adelantado J. V. G. and Moreno M. C. M. (2002); FTIR quantitative analysis of calcium carbonate (calcite) and silica (quartz) mixtures using the constant ratio method. Application to geological samples; Talanta 58: 811-821
- [45] S. Gnanasaravanan, P. Rajkumar, Characterization of minerals in natural and manufactured sand in Cauvery River belt, Tamilnadu, India, Infrared Physics & Technology, Vol. 58, May 2013, Page 21–31.
- [46] V. leskeviciene, D. nizeviciciene, anhydrite binder calcined form phosphogypsum, Ceramics – Silikáty ,Vol 54, N°.2, 2010, Page 152-159
- [47] International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-7064 Index Copernicus Value (2013): 6.14 | Impact Factor (2015): 6.391

ملخص

إن الهدف الأساسي من هذا البحث هو المساهمة في دراسة فيزيوكيميائية لرمل تنمو فيه وردة الرمال في منطقة سيدي سليمان بتقوت، فعند حصولنا على الأصناف الحبيبية للرمل [رمل خشن(2mm)، متوسط (1mm)، أقل من المتوسط(0.5mm) ناعم(0.025mm)] وذلك بعد عملية الغريلة الميكانيكية قمنا بعدة عمليات للمعالجة الحرارية لعينات الأصناف الحبيبية في درجات حرارة مختلفة (100°C، 300°C، 500°C)، و باستعمال طرق التحليل الطيفي كتقنية انعراج الأشعة السينية (XRD) و تقنية مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) تبين لنا وجود واختفاء بعض العناصر المكونة لرمل المنطقة المدروسة (الكوارتز، الجبس، Basanite و hematite و) وذلك قبل وبعد المعالجة الحرارية المجرة.

الكلمات المفتاحية: الرمل، التصنيف الحبيبي، وردة الرمال، المعالجة الحرارية، انعراج الأشعة السينية، مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء، الكوارتز.

Abstract

The main objective of this research is to contribute to a physiochemical study of sand in which the sand rose is grown in the area of Sidi Sulaiman Toggourt, and when we obtain the fine sand varieties [rough sand (2 mm), average (1mm), below average (0.5 mm) mm]. After mechanical sifting, we performed several heat treatment processes for granular material samples at different temperatures (100 °C, 300 °C, 500 °C). Using spectral analysis techniques such as x-ray diffraction (XRD) and infrared spectroscopy (FTIR), we detect the presence and disappearance of some constituents of the studied area sand (quartz, gypsum, basanite, hematite, etc.) before and after the heat treatment.

Keywords: sand, granularity, Sand rose, heat treatment, x-ray diffraction, infrared absorption spectroscopy, quartz.