

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة -

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم : الفيزياء



مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات نيل شهادة ماستر أكاديمي

الميدان : علوم المادة

الفرع : فيزياء

اختصاص : فيزياء المواد

من إعداد الطالبة : بالطيب وسام

بعنوان :

المساهمة في دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات من رمل الكثبان و الطين لمنطقة "المتقدمة" بالحجيرة

تاريخ المناقشة : 2022/06/13

امام لجنة المناقشة المكونة من السادة :

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر أ	بن طويلة عمر
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ التعليم العالي	محمدي لزهري
مشرفا و مقررا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر أ	عاشوري عبد الرحيم
مساعد مشرف	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ مؤقت	بن شعاعة سايحية

السنة الجامعية: 2021-2022

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة -
كلية الرياضيات و علوم المادة
قسم : الفيزياء



مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات نيل شهادة ماستر أكاديمي

الميدان : علوم المادة

الفرع : فيزياء

اختصاص: فيزياء المواد

من إعداد الطالبة : بالطيب وسام

بعنوان :

المساهمة في دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات من رمل الكثبان و الطين لمنطقة "المتقدمة" بالحجيرة

لجنة المناقشة مكونة من السادة :

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر أ	بن طويلة عمر
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ التعليم العالي	محمدي لزهر
مشرفا و مقررا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر أ	عاشوري عبد الرحيم
مساعد مشرف	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ مؤقت	بن شعاعة سايحية

إهداء

الحمد لله الذي أعاننا بالعلم وزيننا بالحلم و أكرمنا بالتقوى وأجملنا بالعافية

أنتقدم بإهداء عملي المتواضع إلى :

الذرع الواقي والكنز الباقي، إلى من جعل العلم منبع اشتياقي، لك أبي الغالي أقدم وسام

الاستحقاق _ أطال الله عمرك _

رمز العطاء وصدق الإيباء، إلى ذروة العطف والوفاء، لك أجمل حواء، أمي الغالية أطال الله
عمرك .

إلى من هم انطلاقة الماضي وعون الحاضر ، سند المستقبل الذين لا عيش بدونهم ولا متعة إلا برفقتهم
إخوتي وأخواتي الأعزاء كل باسمه

أحلام، محمد، عزالدين، مصطفى، نوال، فريدة، رامية، سوريا، عائشة، إيناس، عادل

إلى رمز الصداقة وحسن العلاقة إلى منبع الحنان الثاني، التي كانت لي الأم الثانية، والأخت إلى
غاليتي حنان حدوش.

إلى جميع الأصدقاء

و كل من عرفته من قريب أو بعيد

وفي الأخير يا رب ..

لا تدعني أصاب بالغرور إذا نجحت و أصاب باليأس إذا فشلت بل
ذكرني دائما أن الفشل هو التجربة الذي تسبق النجاح أمين يا رب

العالمين

شكر و عرفان

بعد أن من الله علينا بانجاز هذا العمل، فإننا نتوجه إليه سبحانه وتعالى أولاً و آخراً بجميع ألوان الحمد والشكر على فضله وكرمه الذي غمرنا به فوقنا إلى ما نحن فيه راجين منه دوام نعمه وكرمه ، وانطلاقاً من قوله صلى الله عليه وسلم : "من لا يشكر الناس لا يشكر الله " ، فإننا نتقدم بالشكر والتقدير والعرفان إلى الأستاذ "عاشوري عبد الرحيم" لإشرافه على هذه المذكرة، الذي أخرجنا برحابة صدره وسمو أخلاقه، كما نخص بالذكر مساعدة المشرف الأستاذة "بن شعاعة سايحية" على الجهد الكبير الذي بذلته في مساعدتها لنا، وعلى نصائحها القيمة التي مهدت لنا الطريق لإتمام هذه الدراسة، فلها منا فائق التقدير والاحترام كما نتوجه في هذا المقام بالشكر الخاص للأستاذ "بن طويلة عمر" على قبوله ترؤس لجنة المناقشة و إلى الأستاذ محمدي لزهري على توليه مناقشة مذكرتنا كما نتمنى أن يفيدونا بأرائهم القيمة ولكي لا ننسى فضل أساتذتنا الأكارم بقسم علوم المادة الذين قاموا بتدريسنا طيلة مشوارنا الجامعي، فنتوجه إليهم جميعاً بالشكر و التقدير وفي الختام نشكر كل من ساعدنا وساهم في هذا العمل سواء من قريب أو بعيد حتى و لو بكلمة طيبة أو ابتسامة عطرة



الملخص

الهدف الرئيسي لهذا العمل هو المساهمة في الدراسة الفيزيائية والكيميائية لرمال الكثبان و الطين لمنطقة "المتقدمة" بمدينة الحجيرة التابعة لولاية تقرت الواقعة في الجنوب الشرقي الجزائري. أين أُعتمدت التحاليل الفيزيائية التالية: _مطيافية تشتت الطاقة للأشعة السينية EDX، _حيود الأشعة السينية XRD، _مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR، _بالإضافة الى دراسة مورفولوجيا الحبيبات باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح SEM، تم إختيار برنامج X'pert HighScore لمعالجة بيانات الأشعة السينية. أظهرت النتائج أن رمل الكثبان للمنطقة المدروسة، يمتاز بحبيبات ملساء ذات تكور منخفض و أشكال غير منتظمة، و يتكون أساسا من مركبات بلورية هي الكوارتز- α بتركيز 84.33% و أكسيد الألومنيوم بتركيز 6.32%، بالإضافة إلى مركبات أخرى بنسب ضئيلة تمثلت في أكسيد المغنيزيوم بنسبة 5.53% ، و أكسيد الكالسيوم بنسبة 3.81%. أما بالنسبة لعينة الطين لنفس المنطقة فقد أظهرت النتائج حبيبات ذات بريق مُعتم، ذات ملمس خشن وتكور منخفض، فهي تتكون أساسا من الكوارتز ذي الطور ألفا (α) بتركيز 51.49%، أكسيد الألومنيوم بتركيز 15.95%، أكسيد الكالسيوم 14.43%، الهيماتيت 9.50%، أكسيد المغنيزيوم 4.84% ، اما أكسيد البوتاسيم فكان بنسبة 3.78%.

الكلمات المفتاحية: X'pert HighScore , FTIR, SEM, XRD, EDX.

Abstract

The main objective of this work is to contribute the physical and chemical study of the dunes and mud sands of Al-hujaira region_willaya of Touggourt_ in the southeast of Algeria. The following physical analyses were adopted ; X-ray energy dispersive spectroscopy (EDX), X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared absorption spectroscopy (FTIR), and grain morphology study using SEM scanning electron microscopy. The X'pert HighScore program was chosen to process X-ray data. It was found that the dunes of studies area are characterized by smooth granules with low and well-rounded regularity, and it consists mainly of crystalline compounds, which are quartz- α at concentration of 84.33%, and aluminum oxide at concentration of 6.32%, in addition to other compounds in small proportions represented in magnesium oxide with a percentage of 5.53% , and calcium oxide by 3.81%. As for the clay sample for the same region, it showed opaque luster grains, with a coarse texture and low balling . It consists mainly of quartz, phase alpha(α), with a concentration of 51.49% , aluminum oxide at a concentration of 15.95% , Calcium oxide 14.43%, hematite 9.50% , magnesium oxide 4.84%, and potassium oxide was 3.78%.

Key words : FTIR, SEM, XRD, EDX, X'pert HighScore .

فهرس المحتويات

رقم الصفحة	قائمة المحتويات
I	إهداء.....
II	الشكر والعرهان.....
III	ملخص الدراسة.....
IV	فهرس المحتويات.....
VII	قائمة الجداول.....
VIII	قائمة الأشكال.....
ب	مقدمة عامة.....

الفصل الأول: عموميات حول الرمال

2	1.I. الرمل.....
2	1.1.I. تعريف الرمال.....
2	2.1.I. المكونات الأساسية للرمل.....
2	3.1.I. الخصائص الفيزيائية للرمل.....
4	4.1.I. توزع الرمال في العالم.....
4	5.1.I. توزع الرمال في الجزائر.....
5	6.1.I. استخدامات الرمل.....
6	2.I. الكثبان الرملية.....
6	1.2.I. تعريف الكثبان الرملية.....
6	2.2.I. منشأ الكثبان الرملية.....
6	3.2.I. أشكال الكثبان الرملية.....
7	4.2.I. مكونات رمل الكثبان.....
8	5.2.I. الخصائص الطبيعية لرمل الكثبان.....
9	6.2.I. الخصائص الكيميائية للرمل.....
10	3.I. الطين.....
10	1.3.I. تعريف الطين.....

10	.....2.3.I مكونات الطين
11	.....3.3.I الخصائص الفيزيائية للطين
11	.....4.3.I الخصائص الميكانيكية للطين
12	.....5.3.I الخصائص الكيميائية للطين
13	.....6.3.I استخدامات الطين

الفصل الثاني : التقنيات و الأجهزة المستعملة في التحليل

15	.....1.II التعرف بمنطقة الدراسة
16	.....2.II جمع العينات
16	.....3.II تحضير العينات
18	.....4.II التقنيات المستعملة في التحليل
18	.....1.4.II مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية EDX
18	.....أ. مبدأ عمل تقنية تشتت الطاقة بالأشعة السينية EDX
19	.....ب. آلية عمل كاشف EDX
20	.....2.4.II مطيافية انعراج الأشعة السينية XRD
20	.....أ. تعريف الأشعة السينية
20	.....ب. مبدأ حيود الأشعة السينية
21	.....ج. مسار الأشعة السينية داخل جهاز الحيود
22	.....3.4.II مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR
22	.....أ. أساسيات تقنية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه
23	.....ب. مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه
25	.....ج. تحضير العينات
25	.....4.4.II المجهر الإلكتروني الماسح SEM
25	.....أ. تعريف الجهاز
26	.....ب. مبدأ عمل المجهر الإلكتروني الماسح
27	.....ج. كيفية عمل المجهر الإلكتروني الماسح

الفصل الثالث : تحليل ومناقشة النتائج

29	.....1.III نتائج مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية EDX
29	.....1.1.III تسجيل طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة EDX للعينات

30	.....III.2.1. تحليل طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة EDX للعينات.....
31	.....III.2. نتائج انعراج الأشعة السينية EDX.....
31	.....III.1.2. تسجيل طيف الإنعراج للأشعة السينية للعينات.....
33	.....III.2.2. تحليل طيف الإنعراج للأشعة السينية للعينات.....
36	.....III.3. نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR.....
36	.....III.1.3. تسجيل الطيف بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء.....
37	.....III.2.3. تحليل طيف عينة الرمل.....
38	.....III.3.3. تحليل طيف عينة الطين.....
40	.....III.4. تحليل نتائج المجهر الإلكتروني الماسح SEM.....
43	.....الخلاصة.....
45	.....قائمة المراجع.....

فهرس الجداول

الصفحة	رقم الجدول
3	1.I تصنيف حبيبات الرمل وفقا لأقطارها.....
10	2.I التحاليل الكيميائية باستخدام تقنية فلورة الأشعة السينية لرمل الكثبان مختلفة في العالم.
	1.III القيم المتحصل عليها لعينة الرمل الكثبان بواسطة مطياف تشتت الطاقة للأشعة
30	السينية EDX لمنطقة المتقدمة.....
	2.III القيم المتحصل عليها لعينة الطين بواسطة مطياف تشتت الطاقة للأشعة السينية
31	EDX لمنطقة المتقدمة.....
33	3.III المعطيات الناتجة باستخدام برنامج X'Pert HighScore لعينة رمل الكثبان.....
33	4.III زوايا الحيود و المعادن الموافقة لها مع معاملات ميلر لعينة رمل الكثبان.....
35	5.III المعطيات الناتجة باستخدام برنامج X'Pert HighScore لعينة الطين.....
35	6.III زوايا الحيود و المعادن الموافقة لها مع معاملات ميلر لعينة الطين لمنطقة المتقدمة. .
37	7.III العصابات الأساسية لإمتصاص الأشعة تحت الحمراء والإهتزازات المميزة لها.....
39	8.III العصابات الأساسية لإمتصاص الأشعة تحت الحمراء لعينة الطين والإهتزازات المميزة لها.....

فهرس الأشكال

الصفحة	الشكل
3	1.I الأشكال العيانية لحبيبات الرمل.....
4	2.I خريطة توزع الرمال في العالم.....
5	3.I خريطة توزع الرمال في الجزائر.....
7	4.I أنواع الكثبان الرملية.....
8	5.I تصنيف حبيبات الرمل وفقا لأبعادها.....
9	6.I التصنيف الحبيبي.....
15	1.II خريطة مدينة الحجيرة في ولاية ورقلة.....
16	2.II صورة بالقمر الصناعي لموقع أخذ العينات.....
16	3.II عينات الرمل قبل و بعد السحق اليدوي بواسطة مدقة هاون.....
17	4.II عينة الطين قبل وبعد السحق بواسطة الجهاز الخاص.....
18	5.II عينات الرمل و الطين محفوظة في علب بلاستيكية.....
18	6.II نموذج توضيحي لتكون الأشعة السينية المشتتة للطاقة.....
19	7.II طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة لإحدى العينات.....
21	8.II حيود الأشعة السينية على إحدى البلورات.....
21	9.II صورة لجهاز التحليل بالأشعة السينية XRD.....
22	10.II رسم تخطيطي لمسار الأشعة داخل جهاز حيود الأشعة السينية.....
23	11.II اهتزازات الإمتطاط (شد أو تمدد).....

23	.....إهتزازات التثني	12.II
24	.....مخطط لمطياف الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR)	13.II
24	.....مطياف FTIR المستعمل في الدراسة	14.II
25	.....صورة للمكبس و لواحقه	15.II
26	.....صورة المجهر الإلكتروني الماسح SEM	16.II
27	.....شكل توضيحي مبسط يبين الأقسام الرئيسية لجهاز SEM	17.II
29	.....طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة لعينة رمل الكثبان بمنطقة المتقدمة	1.III
30	.....طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة لعينة الطين بمنطقة المتقدمة	2.III
32	.....مخطط انعراج الأشعة السينية لعينة رمل الكثبان في منطقة المتقدمة	3.III
32	.....مخطط انعراج الأشعة السينية لعينة الطين في منطقة المتقدمة	4.III
36	.....طيف عينة رمل الكثبان بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه	5.III
37	.....طيف عينة الطين بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه	6.III
40	.....صورة سطحية لعينة رمل الكثبان بمنطقة المتقدمة تحت المجهر الإلكتروني الماسح	7.III
41	.....صورة سطحية لعينة الطين بمنطقة تحت المجهر الإلكتروني الماسح	8.III

مقدمة عامة

إن الرمل من أكثر المواد الطبيعية الموجودة في اليابسة، و هو ثروة طبيعية لا تقل قيمتها عن الثروات التي يمكن استخراجها من الأرض، وعلى الرغم من أن الرمال تغطي مساحات شاسعة من الوطن العربي فإن استغلال مخزوناتها من الثروات الطبيعية مزال ضعيفا، فهو أحد المواد التي تلم بغالبية العلوم الفيزيائية و الكيميائية و الهندسية. ومن أهم هذه الثروات المهمة رمل السيليكا الذي تصنع منه الدارات الإلكترونية المتكاملة و الألياف البصرية، ويستعمل في العديد من التطبيقات الطبية والعلمية الأخرى.

ومن الجلي أن مناطق الجنوب الشرقي تتميز بكم هائل من الرمال، فقد كان موضوعنا لمذكرة التخرج سبيلا للتعرف على بعض خصائص رمل الكثبان والطين لمنطقة "المتقدمة" بالحجيرة. وعليه فإننا نسعى من خلال موضوع مذكرتنا هذه إلى تشخيص رمل مدينة الحجيرة و بالضبط في منطقة "المتقدمة" ومعرفة خصائصه الفيزيائية والكيميائية، وكذا معرفة مدى امكانية استخدامه في المجالات الصناعية أو الإستخدامات المختلفة أو لإستخلاص السيليسيوم منه، وذلك من خلال طرق التحليل الطيفي المختلفة و قد ارتأينا أن نقوم ببعض منها:

- مطيافية انعراج الأشعة السينية XRD ،مطيافية الأشعة الحمراء بتحويل فورييه FTIR، والتصوير السطحي بالمجهر الإلكتروني الماسح SEM المزود بمطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية EDX. لما لها من أهمية بالغة في تحليل المركبات و الكشف عن خواصها، وقد تمكن الفيزيائيون من وضع أدلة تحتوي على عدد هائل من أطياف المواد المختلفة .

ومن أهم ما دفعنا لإختيار دراسة خصائص الرمل لمنطقة الحجيرة دوافع عديدة نلخصها فيما يلي:

_ استخدامات الرمل العديدة، و اتساع مجالاتها يوم بعد يوم، لغناه بمادة الكوارتز التي تعد مادة مهمة في الصناعة وكذلك عند استخلاص السيليسيوم النقي منه، كما يمكن استخدامه في مجالات الأبحاث النانوية.

_ كون مدينة الحجيرة منطقة زراعية و خصوصا منطقة "المتقدمة" التي عُنيت بالدراسة، رأينا أن معرفة الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لعينات منها يمكن أن تكون لها استخدامات أخرى كالبناء و الري و التنقية...

_دراسة خصائص الطين الموجود في المنطقة، ومعرفة مكوناته ومجالات استخداماته على المدى البعيد.

حيث قسمنا مذكرة التخرج التي بعنوان " المساهمة في دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات من رمل الكثبان والطين لمدينة الحجيرة " إلى ثلاثة فصول و خلاصة.

_ الفصل الأول بعنوان "عموميات حول رمل الكثبان" سيتم فيه التطرق الى مفاهيم عامة حول رمل الكثبان والطين، والخصائص الفيزيائية و الكيميائية و كذا استخدامات كل منها.

_في الفصل الثاني الذي عنون بـ "التقنيات و الأجهزة المستخدمة في التحليل"، سنتطرق فيه للتعريف بالمنطقة المدروسة، و كذا كيفية تحضير العينات، ثم التعرف على الطرق التحريبية المذكورة آنفاً، و الأجهزة المستعملة و مبدأ عمل كل منها، حيث ستسمح هذه التقنيات بتشخيص المادة المدروسة كماً وكيفاً.

_أما في الفصل الثالث بعنوان "تحليل ومناقشة النتائج" سنتناول فيه عرضاً للنتائج المتحصل عليها تجريبياً و كذا المنحنيات الطيفية (الأطياف)، ومقارنة نتائجها بتلك النتائج الواردة في المراجع والدراسات السابقة.

نختم عملنا ب**خلاصة**، نوجز فيها النتائج التي تحصلنا عليها مع عرض لتطلعاتنا المستقبلية لمواصلة البحث في هذا المجال.

الفصل الأول

عموميات حول الرمال

تمهيد

الرمل هو مادة حبيبية تغطي الشواطئ و أحواض الأنهار والصحاري في العالم، نتيجة تفتت الصخور و المعادن و بعض المواد العضوية الجافة، بسبب عوامل التجوية كالرياح و الأمطار و دورات التجمد في المناطق الباردة. و رغم وجود الكم الهائل من الرمال على سطح الكرة الأرضية، قد يظن البعض أنه من أكثر الموارد وفرة، لكن يواجه العالم نقصا من الرمال لأنه مورد غير متجدد حاله حال مورد البترول.

1.1.I. الرمل**1.1.I.1. تعريف الرمل**

الرمل هو مادة حبيبية طبيعية تتكون من جزيئات الصخور المفتتة الناعمة وفتات المعادن، وتعرف من حيث الحجم على أنها المادة ذات الحبيبات الأصغر من الحصى والأكبر من الغرين (الطمي). فابعادها من وجهة النظر الجيولوجية تتراوح بين 0.063 mm و 2 mm [1].

2.1.I. المكونات الأساسية للرمل

يتألف الرمل أساسا من مواد و معادن تختلف نسبتها بتغير الموقع، مما يجعلها تأخذ ألوانا مختلفة كالأبيض والأسود والأخضر وحتى الوردى. ويعد ثنائي أكسيد السيليكون _الكوارتز_ (SiO_2) المكون الأكثر شيوعا للرمل بالإضافة الى كربونات الكالسيوم (CaCO_3) والجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ، و كميات قليلة من الشوائب ، ونسبة معتبرة من أكسيد الحديد الثلاثي (Fe_2O_3) ونسبة أكبر من أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3). [2].

3.1.I. الخصائص الفيزيائية للرمل

تختلف الرمال الموجودة في العالم باختلاف مصادر تكونها بفعل عوامل التعرية الناجمة عن عمليات التجوية الفيزيائية أو الكيميائية ، أو بفعل النقل الريحي أو المائي .

• الحجم

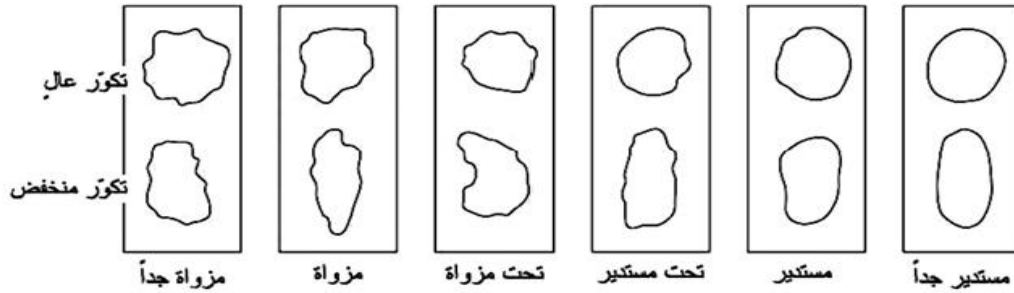
يبدأ تصنيف الرمل جيولوجيا من الحبيبات ذات الأقطار المحصورة بين 0.063mm و 2mm، أما تلك التي تنحصر أقطارها بين 2mm و 64mm فتدعى حصى (Gravel)، و بالنسبة للحبيبات المحصورة أقطارها بين 0.002 mm و 0.063mm تدعى طمي (Silt) [2].
تصنف الرمال وفقا لأقطارها إلى أربعة مجموعات كما بالجدول (1. I).

الجدول I. 1: تصنيف حبيبات الرمل وفقاً لأقطارها [2].

التصنيف	الأبعاد
حصى (gravel)	2mm < gravel
رمل (sand)	0.063mm < sand < 2.0mm
طمي (silt)	0.002mm < silt < 0.063mm
طين (clay)	Clay < 0.002mm

• الشكل

تختلف أشكال حبات الرمل حسب درجة تكورها وتدورها ، فنلاحظ أن سطوح حبيبات الرمل إما ملساء أو خشنة، ويكون لها بريقاً معتماً أو شفافاً الشكل (1.I). [3]



الشكل I.1: الأشكال العيانية لحبيبات الرمل.

• اللون

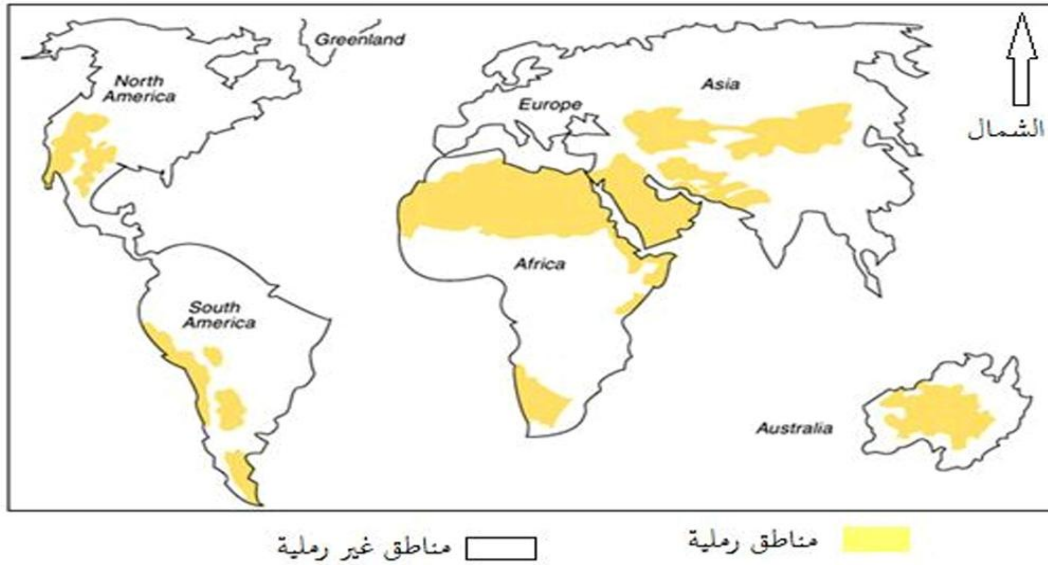
تعرف أصناف الرمال من ألوانها ، فاللون يدل على المكونات الأساسية لها، و أكثر الألوان شيوعاً البني، الأحمر و الوردي وهي ناتجة من وجود الحجر الجيري و أكسيد الحديد (الهيماتيت hematite)، وعند غياب هذه المواد تنتج ألواناً فاتحة مثل الأبيض و الرمادي، أو تكون مرتبطة بمادة الكالسيت أو الكوارتز [4].

يوجد الرمل بألوان حمراء صدئية إذا كان يحتوي على الحديد، ونادراً ما تكون نتيجة وجود فلز المغنيتيت أو المواد العضوية، أما بالنسبة للون الأصفر أو الذهبي أو الأسمر المصفر فهو ناتج عن خليط من الكوارتز الصافي مع الفلدسبار الموجود في الرمل [5].

4.1.I. توزيع الرمال في العالم

يحتل الرمل على سطح الكرة الأرضية ما يقارب مساحة الخمسة ملايين كيلومترا مربعا، ومعظمها في المناطق الصحراوية وعلى طول شريط السواحل [8].

تختلف نسب تركز الرمال في المناطق الصحراوية من قارة إلى أخرى، حيث تنصدر قارة أستراليا النسبة الأكبر بمقدار 49% من إجمالي مساحتها، وتقابلها قارة أوروبا بالنسبة الأقل بمقدار 1% فقط من مساحتها، وتتفاوت المساحات التي تشغلها الصحاري في بقية أقطار العالم، الشكل (2.I).



الشكل 2.I: خريطة توزيع الرمال في العالم [7].

5.1.I. توزيع الرمال في الجزائر

تعتبر الصحراء الجزائرية جزءا كبيرا من الصحراء الكبرى الإفريقية، فتمثل نسبتها ما يقارب 80% من مساحة الجزائر الإجمالية التي تبلغ حوالي 2.4 Km² [8]. ورغم شساعة مساحة الرمال فيها إلا أن الدراسات التي تجرى عليها محدودة جداً، حيث أن هذه الرمال تحتوي على ثروات طبيعية مختلفة تقتضي النهوض بها من خلال إجراء دراسات جيولوجية تفصيلية للاستفادة منها.

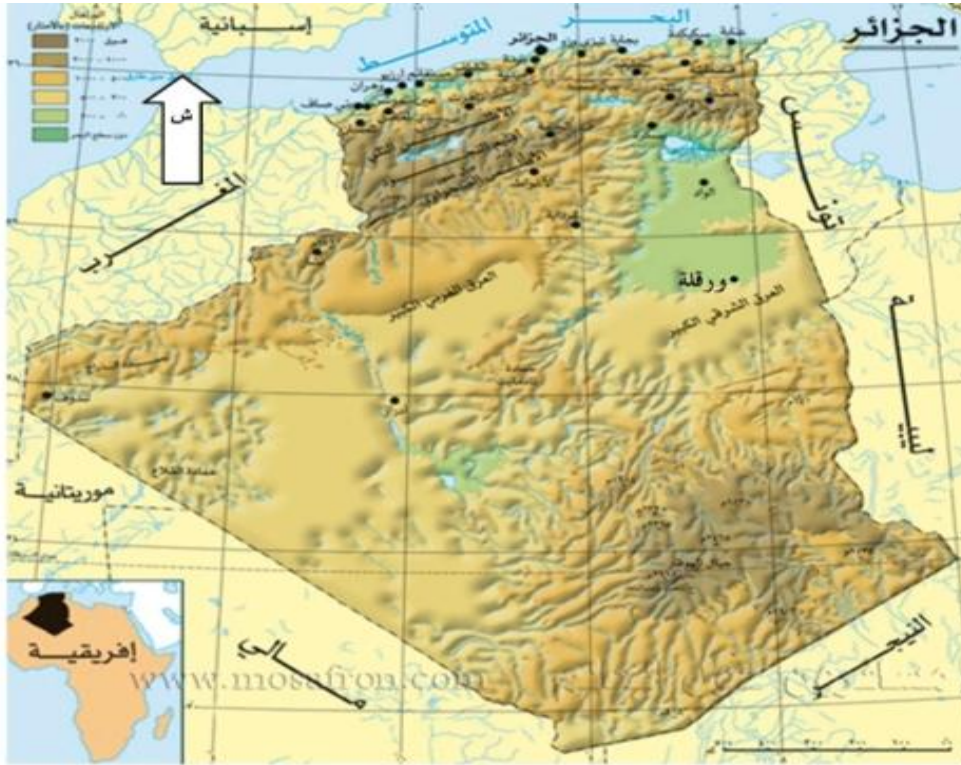
فضلا عن هذه المساحة الشاسعة فهي تضم أقاليم جغرافية و مناخية متباينة و شديدة التنوع والتداخل، ففيها تنتشر كافة الأشكال التضاريسية من جبال وسهول و صحاري و واحات و سواحل و وديان. ومع هذا كله تعتبر المناطق الصحراوية الأوسع انتشارا بين كل هذه المظاهر التضاريسية، ففيها توجد تجمعات رئيسية للرمال و أشهرها:

• العرق الشرقي الكبير

هو عرق كبير أو حقل كثبان رملية في الصحراء الكبرى تقع معظمها في الجنوب الشرقي للجزائر والشمال الشرقي لأراضي الصحراء الكبرى المنخفضة . تبلغ مساحته حوالي 190000 Km^2 و هو عبارة عن رباعي أضلاع 500 Km في 300 Km ، ويتكون أساسا من كثبان رملية يبلغ إرتفاع أعلاها 250 m [9] الشكل (3.I).

• العرق الغربي الكبير

هو ثاني أكبر عرق في الجزائر بعد العرق الشرقي الكبير، يقع في الجنوب الغربي للجزائر ويتربع على مساحة 80000 Km^2 ويتكون من كثبان رملية يصل ارتفاعها الى 300 m [10,9] الشكل (3.I).



الشكل 3.I: خريطة توزع الرمال في الجزائر [11].

6.1.I. استخدامات الرمل

الرمل هو المادة الأساسية في صناعة الزجاج و الخرسانة و الطوب و القرميد و الجص و رقائق الكمبيوتر، ويدخل أيضا في بناء البيوت و الطرقات والجسور والسدود وصولا الى بعض مستحضرات التجميل، فهو المورد الطبيعي الأكثر استعمالا على الإطلاق. ولذا قد لا يكون من المبالغة القول أن الرمل هو المادة الأساس في بناء الحضارة الحديثة [12] .

I. 2. الكثبان الرملية

I. 2.1. تعريف الكثبان الرملية

الكثبان الرملية جمع كثيب، وهو عبارة عن تجمع من الرمل السائب على سطح الأرض في شكل كومة ذات قمة . تكون الكثبان الرملية إما متجانسة أة غير متجانسة، وذات ألوان مختلفة فتأخذ اللون الأصفر الفاتح لوجود الكوارتز، أو أحمر بنيا لوجود أكاسيد الحديد، وقد تكون لها ألوان أخرى [13].

I. 2.2. منشأ الكثبان الرملية

تنشأ حبيبات الرمل نتيجة للحث و التعرية التي تتعرض لها الصخور عند تفاعلها مع العوامل الطبيعية كالحرارة و الرياح و الرطوبة، مما يؤدي الى تفكك الصخور و تفتتها الى حبيبات مختلفة الأحجام و الأشكال.

تختلف أنواع الرمال باختلاف مصادرها التي تنشأ منها، و أماكن ترسبها، فهي إما أن تكون ذات منشأ صحراوي أو ذات منشأ ساحلي، تتكون الرمال ذات المنشأ الصحراوي من حبيبات صغيرة الحجم، سهلة النقل و الحركة بفعل الرياح [14].

I. 3.2. أشكال الكثبان الرملية

تتطور الكثبان الرملية إلى جميع الأشكال و الأحجام بسبب العوامل البيئية و خاصة سرعة الرياح وإتجاهها، ولقد قام العلماء بتجميعها في فئات وتقسيمها بحسب الصفات المميزة بكل فئة منها، ومن خلال استخدام التصوير الفوتوغرافي بالأقمار الصناعية و الجوية لصحاري العالم حددت هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية USGS خمسة أنواع من الكثبان الرملية، الشكل (I.4) [15].

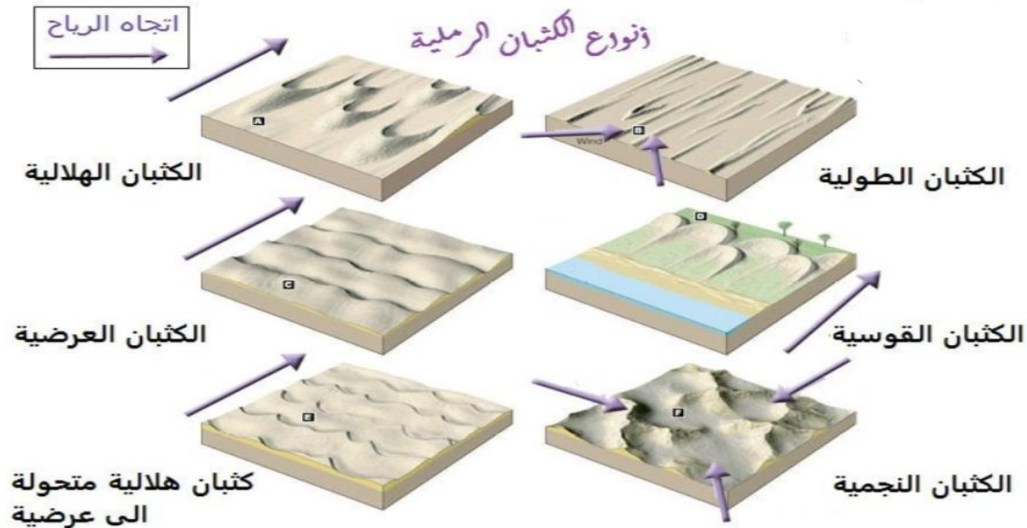
_ الكثبان الهلالية (crescent dunes)

_ الكثبان القوسية (parabolic dunes)

_ الكثبان العرضية (cross dunes)

_ الكثبان الطولية (longitudinal dunes)

_ الكثبان النجمية (star dunes)



الشكل 4.1: أنواع الكثبان الرملية.

4.2. I. مكونات رمل الكثبان

تتكون كثبان الرمل أساسا من حبيبات الرمل بنسبة 59% والنسب القليلة المتبقية تمثل حبيبات الطمي و بعض البقايا العضوية الأخرى .

ويتراوح قطر حبيبات الرمل بين 0.0625 mm و 2mm وهي تحتوي على نفس المكونات الكيميائية للصخور التي نشأت منها. حيث يمثل عنصر الكوارتز (SiO_2) المكون الغالب والرئيس لها، ونسبة معتبرة من أكسيد الحديد (Fe_2O_3) وكربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، و كذلك نسبة من أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) . بالإضافة الى القليل من الشوائب و المعادن الثقيلة.

تنقسم الرمال الى خمس فئات على أساس الأبعاد كالتالي:

1/16 - 1/8 mm	_ الرمل الناعم جدا
1/8 - 1/4 mm	_ الرمل الناعم
1/4 - 1/2 mm	_ الرمل المتوسط
1/2 - 1 mm	_ الرمل الخشن
1 - 2 mm	_ الرمل الخشن جدا

ويعتمد هذا التوزيع في الأبعاد على مقياس (Krummbien) [16].



الشكل 5.I: تصنيف حبيبات الرمل وفقا لأبعادها.

I. 5.2. الخصائص الطبيعية لرمل الكثبان

تختلف حبيبات الرمال باختلاف ظروف تكونها وطبيعة الصخور التي نشأت منها، فهي تتميز عادة في مظهرها وأحجامها و ألوانها وفي تركيبها الكيميائي. حيث يمكن وصف حبيبات الرمل بحسب مظهرها العام وفقا لما يلي :

- أشكال الحبات

يعتمد تصنيف أشكال حبيبات الرمل تبعا لدرجة تكورها وتدورها ، ويعبر التكور عن درجة اقتراب الحبيبة من الشكل الكروي، فهناك الحبيبات القرصية والحبيبات الورقية ، النصلية، و القضيبية. أما التدور فيعني درجة انحناء أركان الحبيبة. وحسب مقياس التدور المعتمد عالميا تنقسم الحبيبات إلى : مزواة جدا- تحت مزواة - تحت مستديرة -مستديرة - مستديرة جدا، الشكل (1.I). [3]

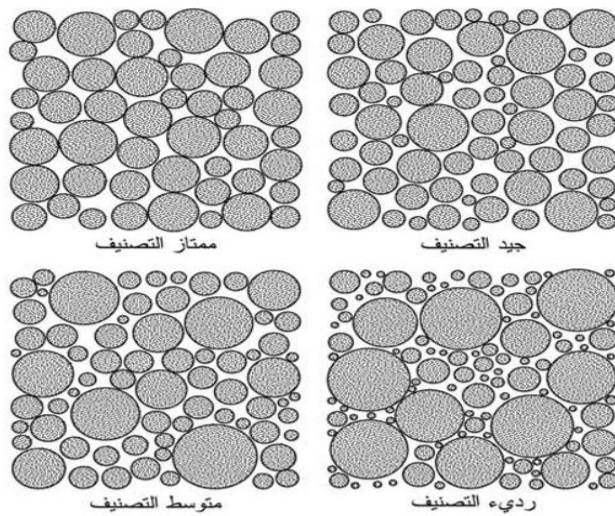
_ التدرج الحبيبي

التدرج الحبيبي هو فرز الحبيبات ذات المقاسات المتقاربة في العينة، و ايجاد نسبة كل منها الى الوزن الكلي للعينة، يحدد التدرج الحبيبي بطريقة النخل (الغريلة) و ذلك بتمرير عينة من الرمل عبر سلسلة من المناخل (الغرابيل) القياسية ذات المقاسات المتدرجة: فتوضع المناخل فوق بعضها البعض مركبة من الأكبر الى الأصغر، توضع العينة في المنخل الأكبر ثم تتخل بواسطة هزاز ميكانيكي أو يدويا لمدة زمنية كافية لفرز الحبيبات مختلفة الأحجام عن بعضها البعض بعد تمام النخل يوزن الجزء المتبقي في كل منخل، و تجرى الحسابات لتحديد نسبة الرمل المتبقي. [17]

التصنيف الحبيبي

يعنى به غالبية مقياس حبيبي عن مقياس آخر، حيث تظهر التجمعات الرملية درجات مختلفة من التصنيف الحبيبي، إذ يمكن أن تكون رديئة أو متوسطة أو جيدة التصنيف، تتحدد هذه الخاصية بتداخل عوامل النقل والترسيب. الشكل (6_I).

عادة ما تكون الرمال المتشكلة في المناطق المضطربة جيدة التآكل و التكور و التصنيف الحبيبي، بينما تكون الرمال النهرية أسوأ تصنيفاً، نتيجة السرعات المنفاوتة للتيارات المائية، أما الأسوء من ذلك فهي رمال السيول الجارفة، ثم رمال سفوح الجبال. أما الرمال البحرية العميقة فتبدي درجة تآكل و درجة تكور عاليتين و درجة تصنيف متوسطة. [18]



الشكل 6.I: التصنيف الحبيبي.

6.2. I الخصائص الكيميائية للرمل

سبق وعرفنا أن الرمال تكونت من تفتت الصخور نتيجة عوامل التجوية والترسيب، وأن هذه الصخور عادة ما تتكون من معدن او خليط من المعادن المكونة للقشرة الأرضية. تعرف المعادن على أنها مركبات نتجت من الطبيعة، وتتميز بترتيب كيميائي و ذري محدد. ويشكل السيليسيوم العنصر الرئيس الثاني بعد الأكسجين من حيث الأهمية في تشكيل التركيب الكيميائي لصخور القشرة الأرضية. يبين الجدول (2.I): التحاليل الكيميائية باستخدام تقنية الفلورة للأشعة السينية لرمل الكثبان من أماكن مختلفة في العالم. [19]

الجدول 2.I: التحاليل الكيميائية باستخدام تقنية فلورة الأشعة السينية لرمال كثبان مختلفة في العالم.

النسبة المئوية (%)					الاكاسيد
المنطقة	الصحراء الكبرى الافريقية بسكرة(الجزائر)	رمال صحراء تار (الهند)	شبه الجزيرة العربية	استراليا	صحراء (Vizcaino) شبه جزيرة كاليفورنيا المكسيك
SiO ₂	74.61	80.37	83.42	88.37	71.38
Al ₂ O ₃	1.35	5.53	5.12	6.46	14.24
Fe ₂ O ₃	0.86	2.10	0.64	3.09	1.92
CaO	17.3	4.60	4.06	0.15	4.74
Na ₂ o	/	1.20	/	0.11	3.52
MgO	0.29	0.97	2.4	0.22	0.94

تبين هذه النتائج أن رمال الكثبان تتكون أساسا من الكوارتز (SiO₂) ، حيث تفوق نسبته 70% في جميع المناطق، كما يحتوي على نسب معتبرة من أكسيد الألومنيوم (Al₂O₃) و أكسيد الكالسيوم (CaO)، ونسب أقل من أكسيد الحديد (Fe₂O₃).

I.3. الطين

I.1.3.1. تعريف الطين

الطين هو أصغر أحجام جسيمات التربة الثلاثة؛ الرمل و الطين والطيني، يبلغ قطر جزيئات الطين أقل من 0.002 mm، وتكون لزجة عند اختلاطها بالماء، ويمكن تشكيلها بسهولة.

جزيئات الطين الفردية غير مرئية بالعين المجردة و غالبا ما تتراكم في طبقات التربة السطحية [20]

I.2.3.1. مكونات الطين [21]

الطين مادة موجودة في جميع أنواع التربة، ويصف الجيولوجيون الطين بأنه جسيمات صغيرة جدا من التربة حجمها أقل من اربع ميكرومترات (4µm) في القطر.

يتألف الطين من جزيئات ناعمة جدا، وقد بينت طرق التحليل بالأشعة السينية تباين الصفات البلورية لكل نوع فلزي منها، وهي تشترك جميعا على المستوى الذري بطبقات متساوية من السيليكات و الألومنيوم، وأشهر فلزات الطين هي الكاولينيت و الإليت و المونتوريلونيت والكلوريت. و يعد الكاولين ذو اللون الأبيض من أجود أنواع الطين، و يستعمل في صناعة الخزف و البورسلين وفي صناعة الورق المصقول.

I. 3.3. الخصائص الفيزيائية**_ اللدونة**

يتصف الطين بقوامه العجيني اللدن عند تعرضه للماء و يتحول الى مادة قاسية عند تعرضه لحرارة عالية، و هذه الصفة تعطيه أهمية صناعية كبيرة، إذ أن خاصية اللدونة تسمح بتشكيله بالشكل المرغوب ، ثم يحرق بالنار للحصول على الأدوات الخزفية.

_ التماسك

يتصف الطين بمزية التماسك التي تساعد على الحفاظ على شكل العجينة الطينية، و يتقلص الطين في درجات حرارة عالية تختلف شدتها حسب نوعه، و يعد الطين الأقل تقلصا من أجود الأنواع، و ينصهر الطين في درجات حرارة منخفضة نسبيا تتراوح بين 1000°C و 1400°C . يتراوح السطح النوعي لطين الكاولين ما بين $(10_20\text{ m}^2/\text{g})$ و يمكن أن تصل الى $(840\text{ m}^2/\text{g})$ لطين المونتوريلونيت . [21]

I. 4.3. الخصائص الميكانيكية**_ النفاذية**

يتميز الطين بنفاذيته المنخفضة بسبب صغر مساماته، و تؤثر هذه الصفة مباشرة في سلوكيته إذا ما قدرت بالتربة الخشنة أو الرمل ذي النفاذية العالية، لذلك يلاحظ أن التوضعات الجيولوجية الغنية بالمواد الطينية هي تربة بطيئة الإنضغاط زمنيا، و يمكن أن يستمر انضغاطها لسنوات عدة، لكنها في الوقت نفسه، تتضغط في نهاية المطاف بنسب كبيرة مما يؤدي الى هبوطات عالية تقاس من على سطح الأرض. و مثال على ذلك هبوطات مدينة المكسيك المنشأة على توضع طيني رسوبي من أصل بحيري .

_ الكتلة الحجمية

يعرف الطين مثل غيره من المواد بأن قوامه مرتبط بكتلته الحجمية و نسبة رطوبته، فكلما زادت الكتلة الحجمية وانخفضت الرطوبة، ارتفعت قيمة مقاومة التربة و أصبح الطين أكثر صلابة. ودلت الأبحاث أيضا على امتلاك الطين لمزية فريدة أقرب ما يمكن تشبيهها بالذاكرة للاجهادات التي تعرض عليها. فمثلا اذا تعرض طين منضغط طبيعيا لضغط عال مفتعل، ثم أزيل هذا الضغط الى قيمة منخفضة تساوي الضغط الطبيعي السابق، و جرت مقارنة عينتين من التربة مسبقة الإنضغاط و التربة المنضغطة طبيعيا، يلاحظ أن الخصائص الميكانيكية للتربة مسبقة الإنضغاط قد تغيرت تماما، فهي ذات مقاومة أعلى، و تظهر صلابة واضحة و تتمدد عند تعرضها لضغوط خارجية ،على خلاف التربة المنضغطة طبيعيا التي تظهر تقلصا واضحا عند تشوهها. وإذا تعرضت التربة مسبقة الإنضغاط

الى حمولة أعلى من الضغط الذي تعرضت اليه مسبقا، فانها تعود الى سلوكية تماثل تماما المنضغطة طبيعيا .

_ البنية الهيكلية

يتميز الطين مثل غيره من المواد بأن قوامه شديد الإرتباط ببنيته الهيكلية، فاذا ما أجري قياس مقاومة التربة الطينية على سطح مواز لسطح الترسيب لتوضع جيولوجي معين، يلاحظ أن مقاومة التربة أقل من تلك المقرونة بسطح متعامد مع سطح الترسيب، و تتشكل البنية الهيكلية في بيئة ذات طبيعة كيميائية معينة فإذا تغيرت هذه البيئة تأثرت التربة الطينية مباشرة و مثال ذلك التربة الطينية الحساسة في الدول الأسكندنافية و شرقي كندا، وهي ترسبات جيولوجية قديمة توضع في بيئة مائية عذبة قبل أن تتغمر لاحقا بمياه البحر، الأمر الذي أثر في استقرار بنيتها الهيكلية . لذلك ما إن تتعرض لأي اضطراب أو اهتزاز، تفقد قوامها كليا و تتحول الى سائل طيني، ومنه تتغير بنيتها الحساسة.

I .5.3. الخصائص الكيميائية

_ البنية الذرية

يتصف الطين ببنيته الذرية غير المتوازنة كهربائيا، فهو من حيث طريقة تشكله المعدني يتميز سطح جزيئاته الصفائحية بشحنات سالبة مرتبطة بشوارد أملاح الأرض الموجبة التي تشمل ذرات الصوديوم و البوتاسيوم، و الكالسيوم و المغيسيوم.

_ التبادل الشاردي

يوصف الطين بقدرته على الدخول في عمليات تبادل شاردي بين شوارد أملاح الأرض و شوارد موجبة أخرى، ومن دون التأثير بالبنية السيليكاتية الأساسية. و تكون طريقة الإرتباط إما على شكل روابط فيزيائية ضعيفة أو روابط كيميائية قوية أو ما يسمى (الامصاص Adsorption). ولا تتخلى الجزيئات الطينية عن الشوارد المرتبطة بسهولة، و يتعلق ذلك بقوة الإرتباط الشاردي للذرة المعنية و المتعلقة برقم تكافؤ الذرة و قطرها، فمثلا يمكن لذرة الرصاص أن تحل محل أربع ذرات من الصوديوم، ولكن نظرا لحجمها الكبير، تتطلب طاقة عالية لازاحتها. لذا فان ازالة التلوث من الترب الطينية من أصعب المشكلات البيئية و أكثرها كلفة. وكلما ازداد السطح النوعي للطين، ازدادت الشحنات السالبة، و ازداد عدد الشوارد الموجبة أو الملوثات المرتبطة بها.

_ طبيعة الماء الممتص

تتعلق خصائص الطين الكيميائية بطبيعة الماء المحيط به الذي يحتوي على الشوارد الموجبة المرتبطة بالطين. فعند ارتفاع قيمة معدل حموضة الماء بحيث يصبح أكثر قلوية، تترسب عندئذ الشوارد

المرتبطة على شكل أملاح، ثم تعاود التشرذم في حال انخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني. أما الجزيئات العضوية، فيكون ارتباطها ضعيفا نسبيا، وهي غير متشردة ولا تتأثر بطبيعة الماء المحيط بالطين .

ان وجود الماء في التربة من أهم العوامل المؤثرة في انتقال الملوثات و تفاعلها و التربة الطينية، وقد ظهر مؤخرا علم الجيبيئية الذي يعنى بأمور تفاعل المواد الملوثة العضوية و اللاعضوية و التربة و طرائق انتقالها و معالجتها .

I .6.3. استخدامات الطين [21]

• استخدامات تاريخية ومعاصرة

يستخرج الطين من توضعته على شكل كتل كبيرة تطحن ثم تجرى عليها عمليات تنقية لإزالة المواد الخشنة و الشوائب الأخرى . ويعد الطين من أقدم المواد الفلزية التي استعملها الإنسان في صناعة أدواته، و يعود تاريخ تصنيع الأجر الناري الى ما يزيد على 5000 عام وهو يعد ثاني صناعة بعد الزراعة. ويعد الصينيون من أقدم الشعوب التي استخدمت الطين في صناعة الأواني المنزلية الفخارية و الخزفية، يعجن الطين مع نسب معينة من الفلدسبار و الكوارتز ليعطي الشكل المطلوب قبل تجفيفه.

تستخدم صناعة فخار السيراميك الطين غير القابل للتمدد في صناعة قوالب الطوب و الفخار و الخزف و بلاط الأسمنت ومنتجات اخرى كثيرة على سبيل المثال، صناع الفخار و الخزف؛ يصبون الطين الرطب في أي شكل يريدونه ثم يضعونه في أفران حارة تسمى كيلنز (تنور) و تزيل الحرارة الماء من الطين و يصبح حينئذ جامدا بصورة مستديمة ولا يمكن تليينه باضافة الماء.

• الإستخدامات الزراعية

يلعب الطين في التربة دورا حيويا في الزراعة، على سبيل المثال؛ يمتص الطين النشادر (الأمونيا) وغازات أخرى يتطلبها نمو النبات. كما يساعد التربة أيضا على الإحتفاظ بالمخصبات التي يعطيها السماد و بدونه لا يمكن للتربة أن تحتفظ بخصوبتها عاما تلو عام، و على أية حال كمية الطين الزائدة تجعل الأرض جامدة و ثقيلة و تمنع حركة الهواء و الماء خلال التربة.

هناك نوعان عامان من الطين ، كلاهما يتفاعل بطريقة مختلفة حين يمتزج بالماء ، الطين القابل للتمدد ينتفخ و يزداد حين يضاف اليه الماء . كما يمكنه امتصاص كمية كبيرة من الماء لدرجة أنه يتحول الى سائل. أما الطين غير القابل للتمدد فيصبح ليينا طريا، ولكنه لا يتحول الى سائل حين يمتزج بالماء؛ تستخدم صناعة النفط النوع القابل للتمدد عاملا كيميائيا في عملية تكرير البترول .

• الطين كمادة للبناء

يدخل الطين في عديد من الصناعات، مثل صناعات مواد البناء، و المواد العازلة للكهرباء و أدوات التدفئة و التسخين الكهربائية اضافة الى أفران الحرارة العالية و الصهر. و يستخدم في صناعة الورق والمطاط و تنقية الزيوت و المواد المذيلة لبقع الزيت ، كما يستخدم طين البنتونيت مع الماء في حفر الآبار لتثبيت التربة من الإنهيار.

الفصل الثاني

التقنيات و الأجهزة المستخدمة في التحليل

تمهيد

سنحاول في هذا الفصل إجراء دراسة تطبيقية على رمال الكثبان والطين لمدينة الحجيرة، وذلك بأخذ عينات منه، و إجراء قياسات طيفية عليها، كما سنتعرف في هذا الفصل على منطقة الدراسة، وكيفية تحضير العينات، ومجمل الأعمال التطبيقية التي أجريت عليها.

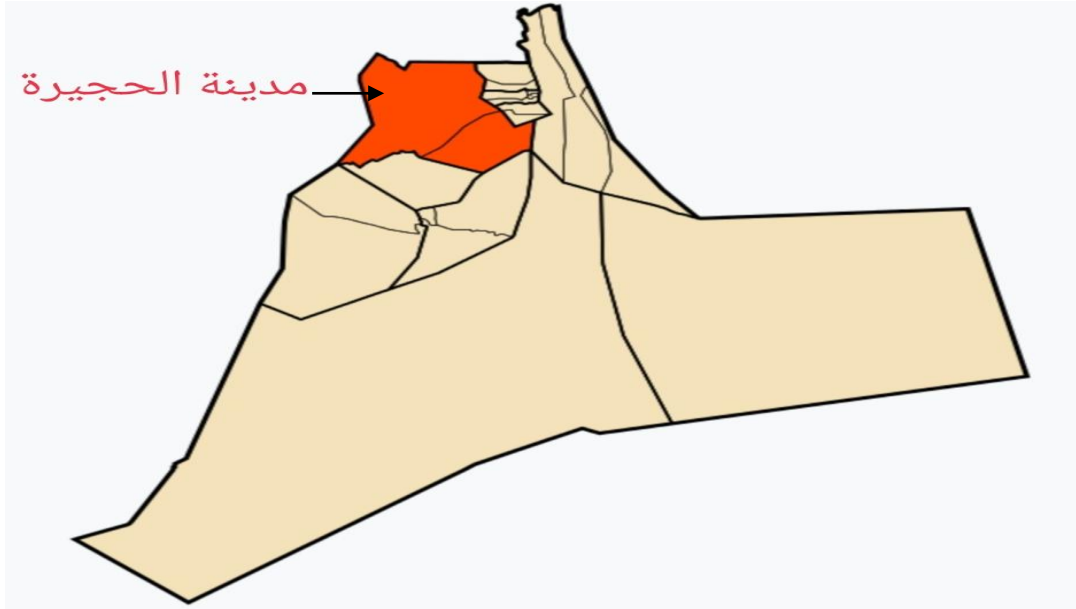
1_II. التعريف بمنطقة الدراسة

• مدينة الحجيرة

مدينة الحجيرة هي إحدى دوائر ولاية ورقلة، تتموقع وسط وادي ميزاب و وادي ريغ ثم شرقا إلى وادي سوف، فهي تقع جنوب جبال أولاد نائل و الزيبان و شمال ملتقى الحمادة الصخرية بالعرق الشرقي والشط الشرقي أيضا [22].

جغرافيا: يحدها شمالا بلدة عمر و تماسين و شرقا بلدية المنقر ودائرة الطيبات، وجنوبا بلديتي انقوسة و حاسي بن عبدالله، وغربا بلدية العالية. حيث تتربع على مساحة تقدر ب 2429 Km^2 . الشكل (1.II) يوضح صورة لخريطة الحجيرة.

أما التسمية فأغلب الأقاويل تشير إلى أن شكل المدينة القديمة يشبه للناظر شكل الحجرة. ثم مع تصغير اللفظ فتحول إلى الحجيرة، ومنهم من يقول أن المدينة القديمة تقع على ربوة عالية، وتبادر الى الأذهان أن من أطلق عليها هذه التسمية أشتق من أنها حجرة صغيرة أي حجيرة. [22]



الشكل 1_II: خريطة مدينة الحجيرة في ولاية ورقلة.

2.II. جمع العينات

• الرمل

أخذت عينات الرمل من مدينة الحجيرة و بالضبط من كثبان منطقة "المتقدمة" الواقعة على بعد 3Km من وسط المدينة، ذات الإحداثيات الجغرافية "32°35'15" شمالا و"5°33'04" شرقا ، وبعدها الكثيب واحدا من آلاف الكثبان التابعة للعرق الشرقي الكبير.

تم جمع العينات من أسفل وأعلى الكثيب وعلى أعماق مختلفة، ثم دمجت العينات مع بعضها البعض للحصول على عينة متكاملة تمثل الكثيب كليا.

• الطين

أخذت عينات الطين من الموقع نفسه من منطقة "المتقدمة"، حيث أن ما يميز هذه المنطقة وجود كثبان رملية يحيط بها مساحات شاسعة من التربة الطينية، تم تقليب التربة الطينية وأخذ كميات معتبرة منها قصد الدراسة. وفيما يلي عرض صورة بالقمر الصناعي لمنطقة جلب العينات، الشكل (2. II).



الشكل 2.II: صورة بالقمر الصناعي لموقع أخذ العينات.

3. II. تحضير العينات

• عينات الرمل

سحقت عينات الرمل يدويا باستعمال مدقة الهاون ، لمدة لا تقل عن 15 دقيقة حتى الحصول على ملمس ناعم ومظهر فاتح مقارنة بالرمل الطبيعي قبل السحق ؛ تحفظ العينات في علب بلاستيكية محكمة الإغلاق. الشكل (3.II) يوضح العينات قبل السحق وبعده.



الشكل 3. II: عينات الرمل قبل و بعد السحق اليدوي بواسطة مدقة هاون.

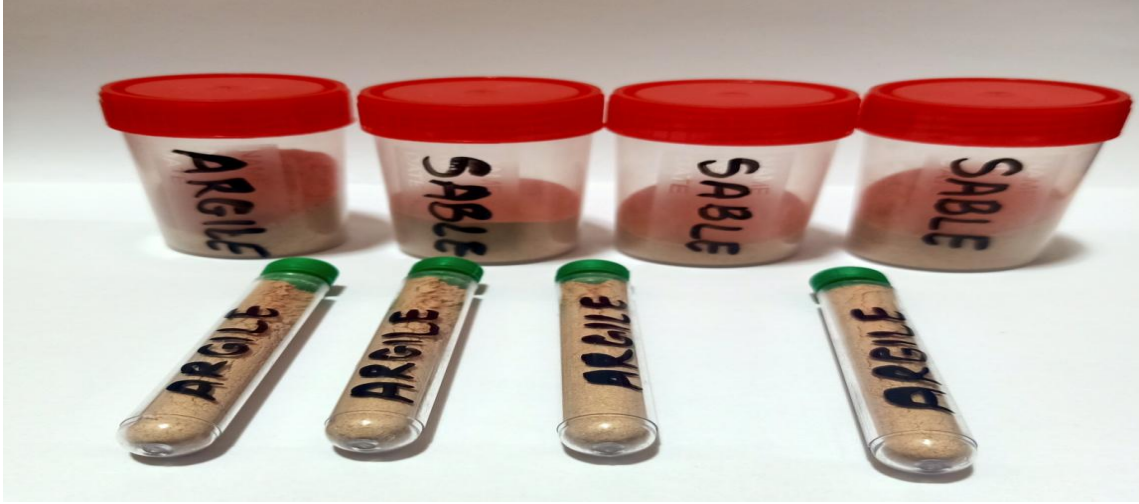
• عينات الطين

سحقت عينات الطين بواسطة جهاز السحق الموجود في مخبر L.R.P.P.S (مخبر الإشعاع والبلازما وفيزياء السطوح) بورقلة. حيث يحتوي هذا الجهاز بداخله على كريات صغيرة من العقيق (agate)، وهو صنف غير متبلور من أحجار السيليكا. تتصادم هذه الكريات فيما بينها عند الإهتزازات التي يحدثها الجهاز، فتتداخل هذه الكريات مع المادة المراد طحنها فتتم عملية السحق. تم سحق العينة في درجة نعومة 0.2mm وسرعة تقدر ب 600 دورة في الدقيقة في درجة الحرارة الإعتيادية. الشكل (4.II) يوضح جهاز السحق و عينة الطين قبل وبعد السحق.



الشكل 4.II: عينة الطين قبل وبعد السحق بواسطة الجهاز الخاص.

_ توضع العينات في علب بلاستيكية محكمة الإغلاق بعد عملية التجفيف في درجة حرارة 65 C° لمدة 24 ساعة. وذلك من أجل تفادي التأثيرات الجانبية الناجمة من الرطوبة وغيرها. الشكل (5.II).

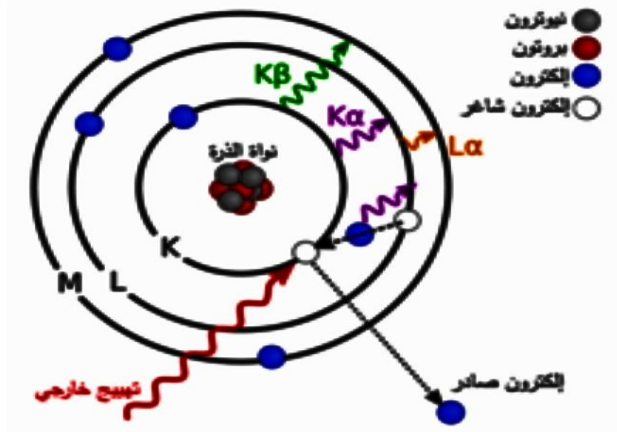


الشكل II.5: عينات الرمل و الطين محفوظة في علب بلاستيكية.

II.4. التقنيات المستعملة للتحليل

II.1.4. مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية (EDX)

هي تقنية تحليلية تستخدم من أجل تحليل العناصر لمعرفة الخصائص الكيميائية للعينات، وهي أحد أنواع مطيافية الأشعة السينية [23]. الشكل (II.6) يوضح نموذجاً لتكون الأشعة السينية المشتتة للطاقة.



الشكل II.6: نموذج توضيحي لتكون الأشعة السينية المشتتة للطاقة.

أ. مبدأ عمل تقنية تشتت الطاقة بالأشعة السينية (EDX)

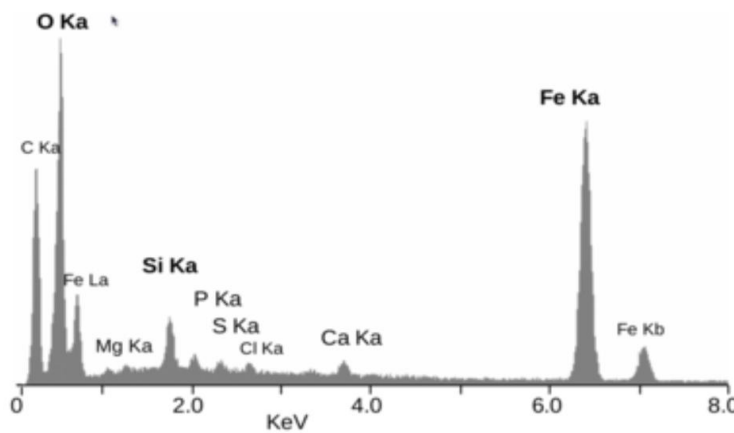
يعتمد مبدأ هذه التقنية على كون الأشعة السينية التي تنتج عن التأثير المتبادل بين جسيمات مشحونة مثل حزمة من الإلكترونات مع المادة، مميزة للعناصر الموافقة في العينة، بذلك يمكن معرفة التركيب. بتعبير آخر، بما أن لكل عنصر بنيته الذرية المميزة، فإن له مجموعة قمم مميزة في طيف الأشعة السينية [24].

للحصول على الأشعة السينية المميزة للمادة ينبغي إثارة الذرات في البداية. يحدث ذلك بقذف المادة بحزمة من الإلكترونات كما في المجهر الإلكتروني الماسح أو بحزمة من الأشعة السينية كما في فلورة الأشعة السينية. نتيجة لذلك يصدر إلكترون من المدارات الذرية الداخلية، وتحدث عملية إثارة و حالة عدم استقرار نتيجة حدوث شغور إلكتروني، والتي تُملأ من مدارات ذرية أعلى. عندما تنتقل الإلكترونات من المدارات الذرية الأعلى إلى الأدنى، فإنها تصدر بذلك أشعة سينية لها طاقة موافقة لفرق الطاقة بين المدارات الذرية. هذا الفرق في الطاقة هو مميز لكل عنصر كيميائي.

لكل عنصر هناك انتقالات مسموحة بين المدارات الذرية، وذلك حسب المدار الذري الإلكتروني الذي سبب الشغور، ولإلكترون الذي سد ذلك الشغور. هذه الإنتقالات توصف بأنها انتقالات كمومية يرمز لها بالرمز K_{α} و K_{β} و L_{α} و هكذا...

ب. آلية عمل الكاشف

يقوم الكاشف بقياس طاقة فوتونات الأشعة السينية الناتجة. عندما يمتص الكاشف الفوتون ضمن المنطقة الحساسة، ينتج عن ذلك عدد مناسب من الإلكترونات، تحدث عملية تضخيم لها بحيث نحصل على معيار كمي يستخدم مؤشرا ليعطي قيمة تظهر كقيمة الطاقة وذلك على محور الفواصل في الطيف الناتج. تتراوح قيمة دقة الكاشف بين 120_140 إلكترون فولط [25].
تصنع مادة الكاشف من عدة أنواع من أشباه الموصلات، مثل السيليكون أو الجرمانيوم [25].
الشكل (7.ii) يوضح نموذجا لطيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة لإحدى العينات.



الشكل 7.ii: طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة لإحدى العينات.

II .2.4. مطيافية إنعراج الأشعة السينية XRD

أ_تعريف الأشعة السينية

الأشعة السينية هي عبارة أشعة كهرومغناطيسية وهي جزء من طيف الأشعة الكهرومغناطيسية (والذي يحتوي على الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء وموجات الراديو)، اكتشفت عام 1895 من قبل العالم وليام رونتجن. تتراوح أطوالها الموجية بين 0.01 و 100 أنغستروم (Å) ، حيث تستعمل في دراسة البنية الدقيقة للمادة ومعرفة التركيب البلوري [26].

ب_مبدأ حيود الأشعة السينية

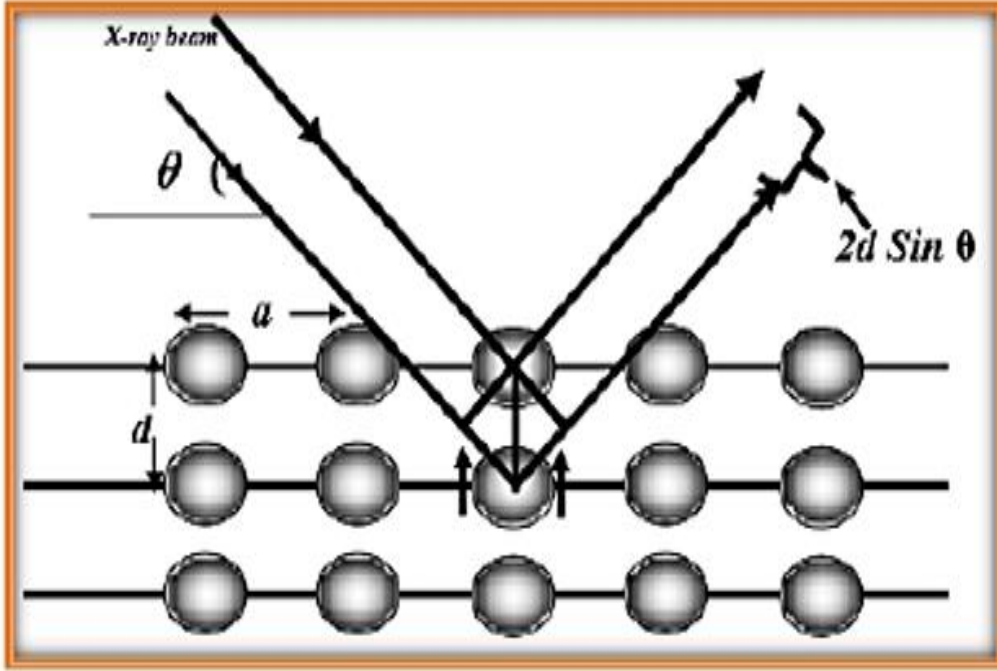
يختص قانون براغ في الفيزياء بحيود الأشعة السينية عند تخللها البلورات ، حيث ينتشر الشعاع الساقط على البلورة في أشكال منتظمة بعد خروجه من البلورة ، وتعطي تلك التشكيلات البناء البلوري للمادة.

توصل العالم براغ إلى صياغة الشروط التي يحدث عندها حيود الأشعة السينية على البلورات؛ عندما تسقط أشعة X على بلورة تختل حزمة أشعة البلورة ، تنكسر و تنتشر على شكل منتظم عند خروجها من البلورة وتسمى تلك الظاهرة بحيود الأشعة السينية أو حيود براغ ، ويحدث هذا الحيود للأشعة عندما تكون طول موجة الأشعة مقاربة للمسافة بين الذرات في المادة:

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

تربط هذه العلاقة بين :

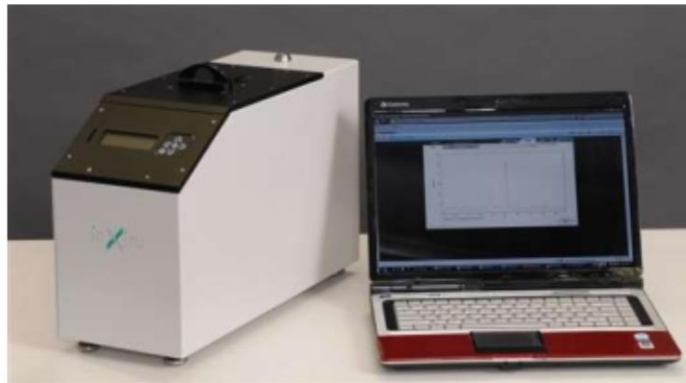
- المسافة d بين الذرات.
- طول موجة الأشعة λ .
- الزاوية θ بين الشعاع الساقط ومستوى الطبقة البلورية.
- n عدد صحيح يحدد درجة الحيود .
- وينطبق هذا القانون على حيود النيوترونات و حيود الإلكترونات. الشكل (9.II) يبين الطريقة التي استنتج بها براغ قانونه:



الشكل II_8: حيود الأشعة السينية على احدى البلورات.

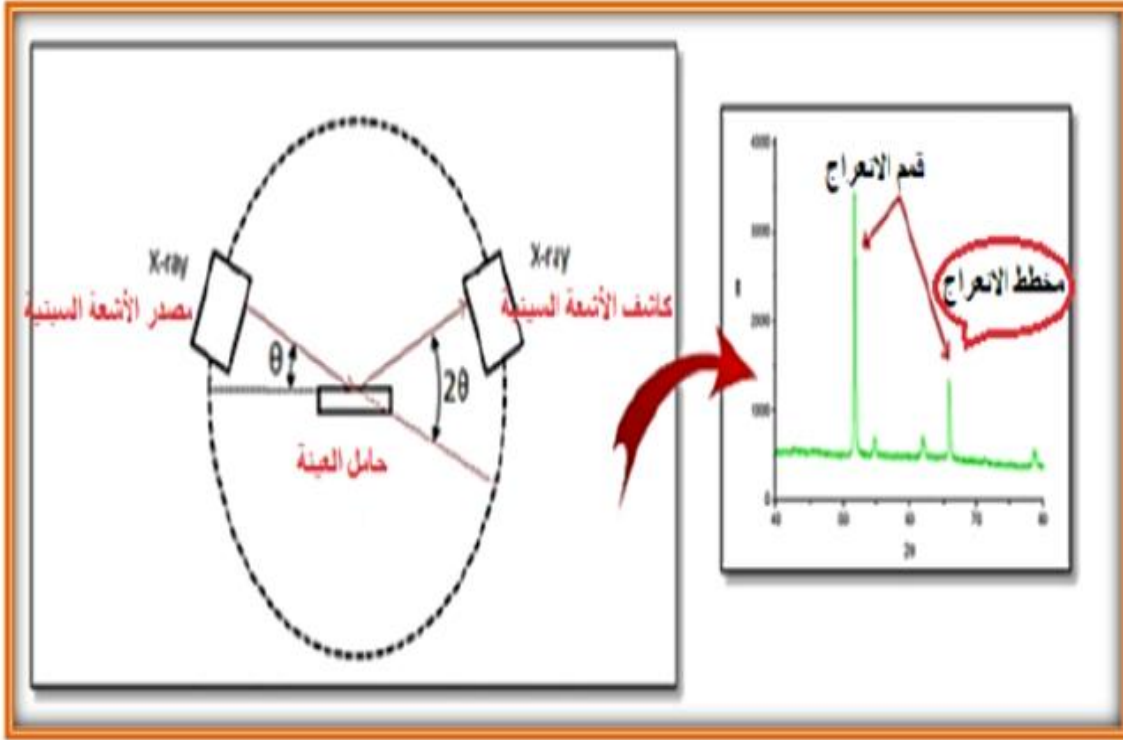
ج_ مسار الأشعة السينية داخل جهاز حيود الأشعة السينية

تعتمد طريقة العمل على مبدأ استخدام طول موجي λ ثابت و زاوية سقوط θ متغيرة. تحت شرط توفر أشعة سينية أحادية اللون وطول موجي معلوم، ناتجة من استخدام بلورة تعمل كمرشح، توضع 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 اشعاع $K\alpha$ منبعثة من البلورة [27]. يستخدم شرط براغ طول موجي ثابت و زاوية متغيرة في أكثر من تقنية منها دوران العينة باستخدام مطياف الحيود وطريقة المسحوق. الشكل (9.II): صورة لجهاز التحليل بالأشعة السينية الموجود بمركز البحث العلمي بورقلة.



الشكل II_9: صورة لجهاز التحليل بالأشعة السينية XRD.

توضع العينة في شكل مسحوق في حامل يجعلها بشكل قرص دائري سميك، ثم تغطي بصفحة زجاجية . الشكل (10.II) يوضح رسماً تخطيطياً لمسار الأشعة داخل جهاز حيود الأشعة السينية.



الشكل 10.II: رسم تخطيطي لمسار الأشعة داخل جهاز حيود الأشعة السينية [28] .

3.4.II. مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR

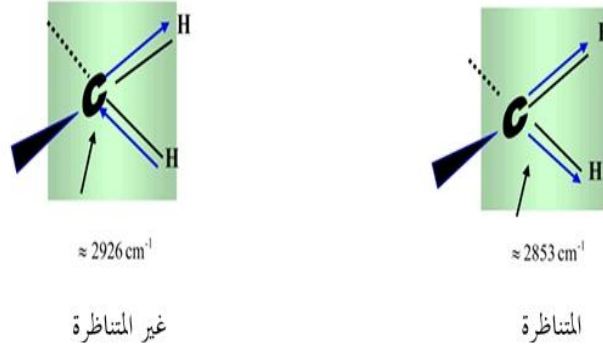
هي تقنية تستخدم للحصول على طيف بالأشعة تحت الحمراء لإمتصاص أو انبعاث مادة صلبة أو سائلة أو غازية. يقوم مطياف فورييه في نفس الوقت بجمع البيانات عالية الدقة الطيفية على مدى طيفي واسع . هذا يوفر ميزة كبيرة على مقياس تشتت الطيف، والذي يقيس الشدة على مدى ضيق من أطوال الموجات في وقت واحد [29] .

أ. أساسيات تقنية FTIR

عندما تمتص جزيئات المادة الأشعة تحت الحمراء، تحدث إثارة لذراتها وتكون في صورة إهتزاز ، فيحدث انتقال اهتزازي للذرات بالنسبة لبعضها البعض في الجزيء، مما يؤدي إلى تغير دوري في الروابط الكيميائية، أو تغير في الزوايا بين هذه الروابط . قد تنتج الحركة الإهتزازية من حركة ذرتين أو أكثر، يتوقف طول الموجة الذي يحدث عنده هذا الإمتصاص على كتلة الذرة وقوة الروابط المكونة للجزيء و الشكل الهندسي لذراته. لذا يمكن القول أن طاقة الأشعة الممتصة المسببة لأي من الإنتقالات الإهتزازية في الجزيء تعتمد على نوع الذرات والروابط الكيميائية المشتملة في الحركات الإهتزازية .

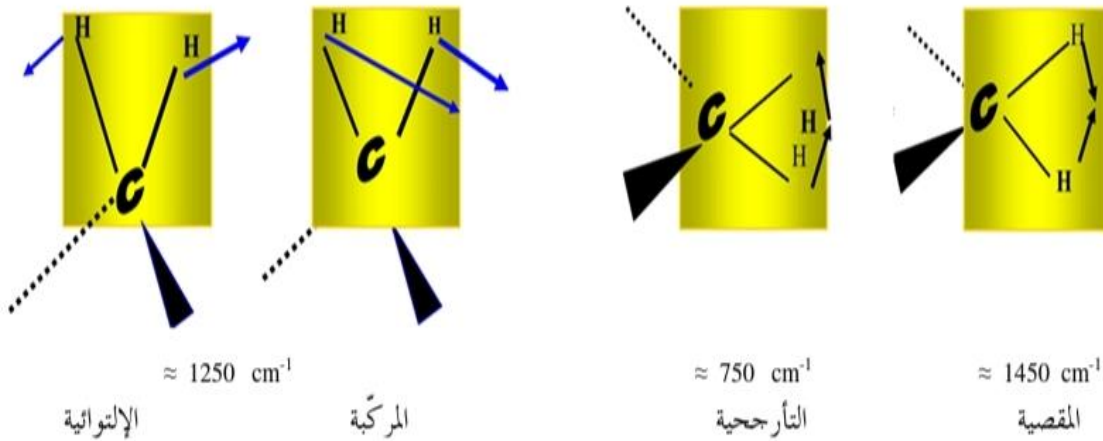
يمكن تقسيم الحركات الإهتزازية [30] التي تحدث في الجزيئات إلى:

_ اهتزاز امتطاط (تمدد أو شد): تشمل التغير الدوري للمسافة بين الذرات على طول محور الرابطة، وهي نوعان؛ متناظرة وغير متناظرة. الشكل (11.II).



الشكل 11.II: اهتزازات الإمتطاط (شد أو تمدد)

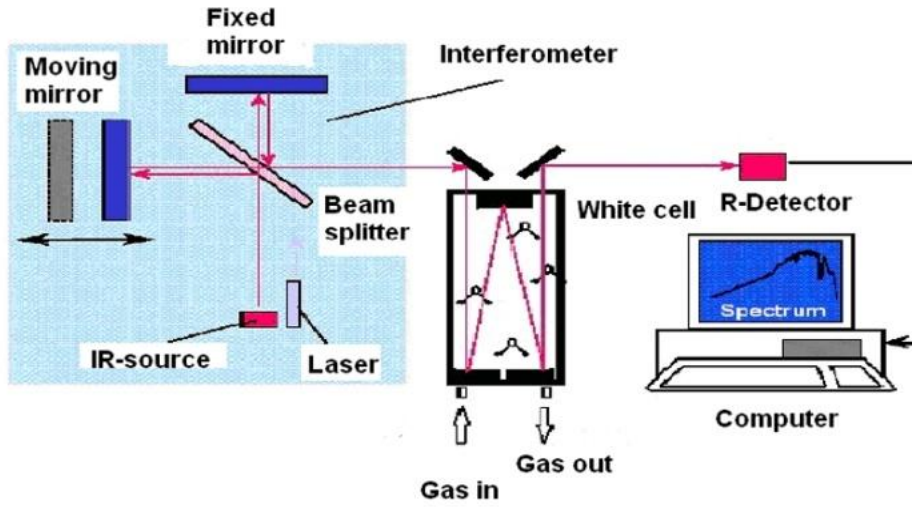
_ إهتزازات الثني: تشمل التغير الدوري للزاوية بين رابطتين، مما يؤدي إلى حركة الذرات في مستوى الرابطتين أو خارج مستوى الرابطتين، وهي على أربعة أنواع، الشكل (12.II).



الشكل 12.II: إهتزازات الثني.

ب. مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR

يرسل مصدر الإشعاع في مطياف FTIR حزمة تحتوي كل الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء المتوسطة (4000 cm^{-1} - 400) إلى صفيحة فاصلة فتقسمها حزمتين. الحزمة الأولى توجه إلى مرآة ثابتة، أما الحزمة الثانية فتوجه إلى مرآة متحركة، الشكل (13.II).



الشكل 13.ii: مخطط لمطياف الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) [31].

توجه الحزمتان نحو العينة المدروسة باستخدام مرآيا، ثم يقاس التغير الحاصل في شدة الإشارة بسبب حدوث امتصاصات جزيئية (إهتزازية) والتي تمثل أهداب التداخل المتحصل عليها من خلال فرق مسير حزمة الإشعاع . يتحسس الإشعاع كاشفٌ يعمل على تحويلها إلى صيغة رقمية، ثم تعالج بتحويل فورييه لتعطي في النهاية طيف الإمتصاص. الشكل (14.ii) يمثل مطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء FTIR المستخدم في الدراسة، الموجود بمخبر تثمين وترقية الموارد الصحراوية (V.P.R.S) بجامعة قاصدي مرياح ورقلة.



الشكل 14.ii: مطياف FTIR المستعمل في الدراسة.

ج. تحضير العينات

- يؤخذ مقدار 0,001g من العينة الصلبة.
 - يؤخذ مقدار 0,1g من بروميد البوتاسيوم KBr.
 - يخلط الوزنين في المطحن ، و الإستمرار في الطحن لمدة 10 دقائق في القاع بشكل دائري، وذلك للحصول على خليط متجانس لكلا العنصرين .
 - ينقل الخليط إلى أداة المكبس و يوزع على سطح الإناء المخصص بشكل متساو.
- الشكل (15.II) يوضح المكبس و لواحقه.



الشكل II. 15: صورة للمكبس و لواحقه

- يضغط المزيج بواسطة المكبس تحت ضغط شديد ليكون قرصا قطره 10 mm، و بسمك 0.5 mm.

يخفض الضغط ببطء حتى الوصول الى الضغط الجوي، ثم يغلق الجهاز و ويسحب القرص برفق باستخدام ملعقة صغيرة، وفي الأخير نتحصل على قرص ابيض .

II.4.4. المجهر الإلكتروني الماسح SEM

أ. تعريف الجهاز

هو نوع من المجاهر الإلكترونية التي تنتج صورة للعينة ثلاثية الأبعاد عن طريق مسح ذلك مع شعاع مركز من الإلكترونات . تتفاعل الإلكترونات مع ذرات العينة ، وتنتج إشارات مختلفة تحتوي على معلومات حول تضاريس السطح وتكوينه [32]. الشكل (16.II) يوضح صورة للمجهر الإلكتروني الماسح SEM، المستعمل في الدراسة الموجود بالأرضية التقنية للتحاليل الفيزيائية و الكيميائية (CRAPC) بولاية ورقلة.



الشكل II.16: صورة المجهر الإلكتروني الماسح SEM.

ب. مبدأ عمل جهاز المجهر الإلكتروني الماسح

يعمل هذا المجهر عن طريق إحداث تيار من الإلكترونات ذات طاقة عالية (من 0.5 الى 40 Kev) وتوجيهها لتتصادم بالعينة التي يتم دراستها، هذا التيار ناتج عن فرق جهد مصطنع و يوجه بعدسات إلكترونية.

حيث يتميز المجهر الإلكتروني الماسح بقوة تكبير عالية جدا تصل إلى أكثر من نصف المليون مرة، ويرجع السبب في ذلك إلى استخدام إشعاع إلكتروني و هو عبارة عن حزمة من الإلكترونات عالية الطاقة ذات طول موجي قصير جدا في حدود 0.0068 nm لذلك نجد قوة التمييز لهذا المجهر تصل إلى أقل من 0.5 nm .

وقدرة التمييز يقصد بها قدرة المجهر على التمييز " التفريق " بين جسمين دقيقين متقاربين بحيث يظهران منفصلين وهذا يعتمد على الطول الموجي المستخدم .

_الإلكترونات الثانوية Secondary Electrons

هي المصدر الرئيسي للمعلومات و الصور الناجمة عن سطح العينة، وقد تكون أهم ما يميز الجهاز، وهي مصدر الصور المكبرة الدقيقة و الواضحة لسطوح العينات حيث تخترق سطوح العينات فقط و لا تدخل إلى أعماق من ذلك داخل العينة. تتكون الإلكترونات الثانوية من إلكترونات ذات طاقة منخفضة (أقل من 0.5 Kev) حيث عند اصطدامها بسطح العينة تفقد معظم طاقتها الحركية .

_الإلكترونات المرتدة Back Scattered Electrons

هي الإلكترونات التي تدخل إلى أعماق العينة (تخترق سطحها)، تكون ذات طاقة عالية حتى بعد اصطدامها بالعينة، وتقدم معلومات عما يوجد بقلب المادة حيث كلما كانت الذرات أثقل (رقمها الذري أكبر) كانت صورتها أوضح. .

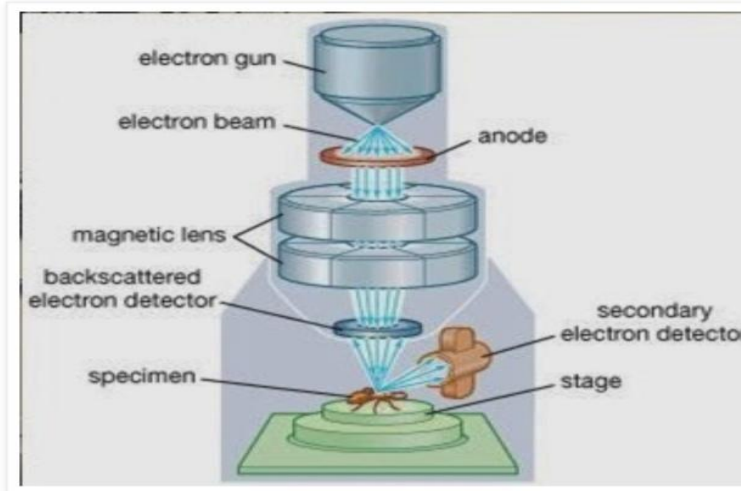
ج. كيفية عمل الجهاز

فيما يلي شرح مبسط لكيفية عمل هذا المجهر:

أولاً : يتم إنتاج الإلكترونات عن طريق الإنبعاث الحراري وذلك بواسطة فتيلة تسخين (Filament) تصنع عادة من التنجستين، و يطبق عليها جهد تسريع تتفاوت قيمته ما بين 0.1 V و 30V. **ثانياً :** تمر حزمة الإلكترونات خلال عمود المجهر Microscope column المفرغ ويتم تركيز هذه الحزمة بواسطة مجموعة من العدسات الكهرومغناطيسية *eleromagnitic lenses* على طول هذا العمود.

ثالثاً : تعمل فتحات التحكم Apertures الموجودة على طول عمود المجهر على التحكم في عرض حزمة الإلكترونات المتشعبة و المنحرفة عن مسار الحزمة .

رابعاً : تصطدم حزمة الإلكترونات بسطح العينة والتي تكون داخل حيز مغلق ومفرغ تماما يسمى غرفة المجهر الإلكتروني الماسح SEM chamber حيث تتفاعل مع سطح العينة، وينتج عدد من الإنبعاثات "الإشارات"، حيث أن كل إشارة من هذه الإشارات ناتجة من مستوى معين بالنسبة للعينة و تشكل نسبة معينة من التفاعل بين الحزمة الإلكترونية الساقطة و سطح العينة وتسمى هذه العملية باسم حجم التفاعل Interaction volume الذي يبين الحيز ثلاثي الأبعاد لمدى التفاعل بين الحزمة الإلكترونية وحجم كل إشارة من الإنبعاثات، كما يوضحه الشكل (17.II).



الشكل 17.II: شكل توضيحي مبسط يبين الأقسام الرئيسية لجهاز SEM.

خامساً: يتم تجميع كل الإشارات بواسطة الكاشف الخاص بها، حيث يتم بعد ذلك تحليل هذه الإشارات و معالجتها ومن ثم يتم إظهارها كصور بالنسبة للإشارتين SE و BSE أو كطيف تحليلي للأشعة السينية

الفصل الثالث

تحليل ومناقشة النتائج

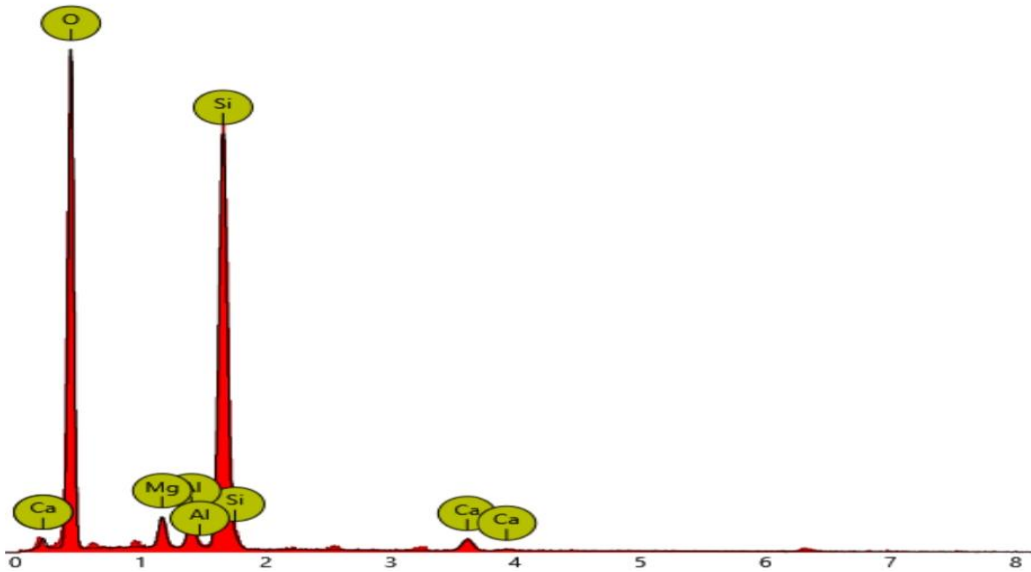
سبق وذكرنا في الفصل الأول أننا سنهتم بدراسة عينات من رمل الكثبان وكذا عينات من الطين لمنطقة "المتقدمة" بالحجيرة، حيث سنتطرق في هذا الفصل الى تحليل النتائج المتحصل من خلال استخدام التقنيات المذكورة آنفاً، والمتمثلة في حيود الأشعة السينية و مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه، ونتائج التصوير السطحي بالمجهر الإلكتروني الماسح المزود بمطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية.

_ تحليل ومناقشة نتائج دراسة عينات رمل الكثبان و الطين للمنطقة المدروسة

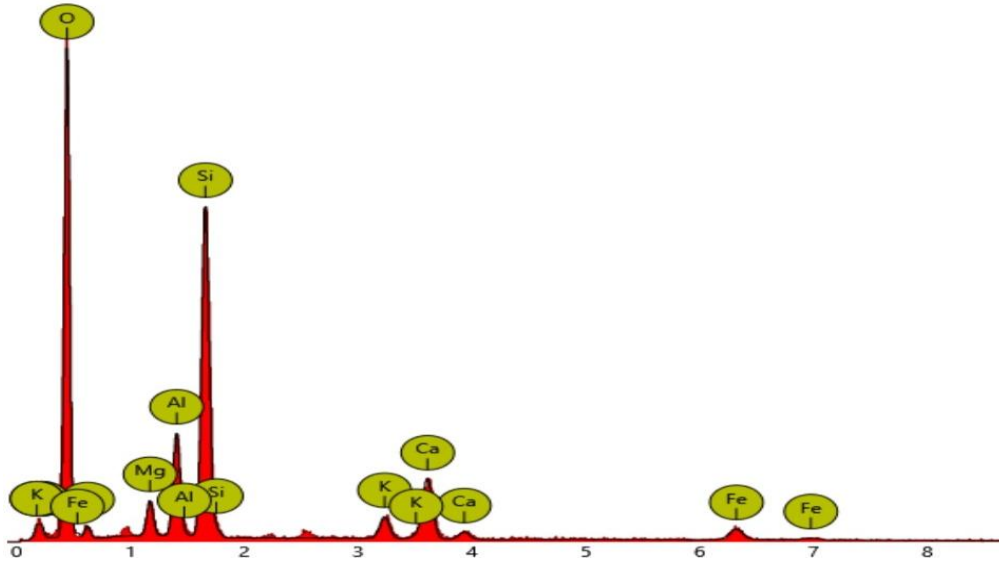
1.III. نتائج مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية EDX

1.1.III. تسجيل الطيف

من خلال استخدام المجهر الإلكتروني الماسح SEM المزود بكاشف تشتت الطاقة بالأشعة السينية EDX تحصلنا على الشكل (1.III) الذي يمثل طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة لعينة رمل الكثبان لمنطقة المتقدمة، والشكل (2.III) يمثل طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة لعينة الطين لنفس المنطقة.



الشكل(1.III): طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة لعينة رمل الكثبان بمنطقة المتقدمة.



الشكل (2.III): طيف الأشعة السينية المشتتة للطاقة لعينة الطين بمنطقة المتقدمة.

2.1.III تحليل الطيف

لخصت نتائج التحليل بمطيافية تشتت الطاقة للأشعة السينية EDX في الجدول (1.III) لعينة رمل الكثبان والجدول (2.III) لعينة الطين للمنطقة المدروسة:

الجدول (1.III): القيم المتحصل عليها لعينة رمل الكثبان بواسطة مطياف تشتت الطاقة للأشعة السينية EDX لمنطقة المتقدمة.

رمز العنصر	التركيز الذري	التركيز الكتلي	الصيغة الكيميائية للأكاسيد	نسبة التراكيز (%)
O	74.70	62.64		
Si	20.49	30.16	SiO ₂	84.33
Al	1.81	2.56	Al ₂ O ₃	6.32
Mg	2.00	2.55	MgO	5.53
Ca	0.99	2.09	CaO	3.81

من خلال النتائج المدرجة في الجدول يتضح أن عينة رمل الكثبان المدروسة تحتوي على نسبة معتبرة من الكوارتز (SiO₂) قدرت بـ 84.33% و نسب ضئيلة لكل من أكسيد الألمنيوم (Al₂O₃) بنسبة 6.32% و أكسيد المغنيزيوم (MgO) بنسبة 5.53% و أكسيد الكالسيوم (CaO) بنسبة 3.81%.

الجدول (2.III): القيم المتحصل عليها لعينة الطين بواسطة مطياف تشتت الطاقة للأشعة السينية EDX لمنطقة المتقدمة.

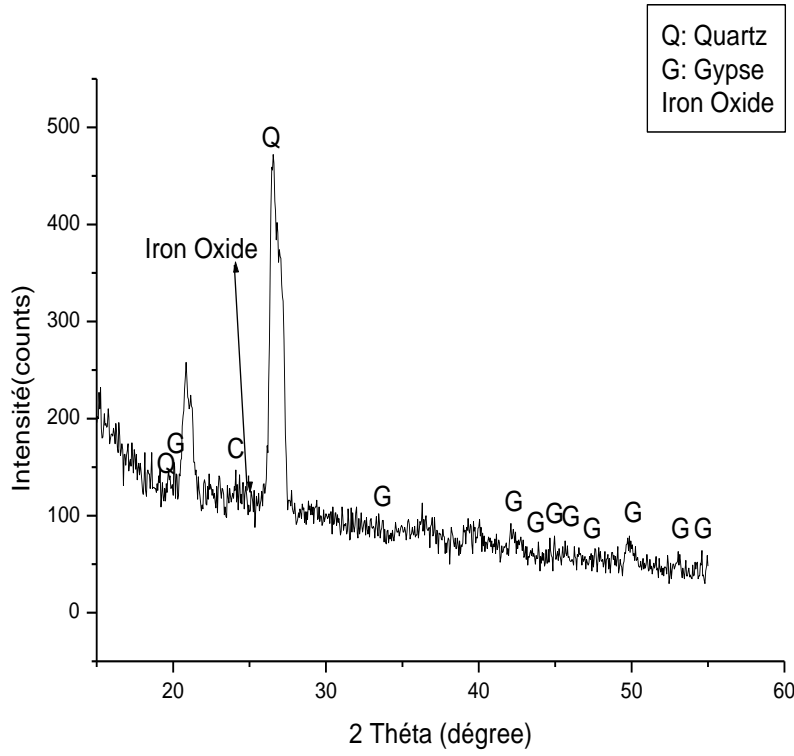
رمز العنصر	التركيز الذري	التركيز الكتلي.	الصيغة الكيميائية للأكاسيد	نسبة التراكيز
O	71.57	55.89		
Si	13.95	19.12	SiO ₂	51.49
Ca	4.19	8.19	CaO	14.43
Al	5.10	6.71	Al ₂ O ₃	15.96
Fe	1.94	5.28	Fe ₂ O ₃	9.50
K	1.31	2.49	K ₂ O	3.78
Mg	1.96	2.32	MgO	4.84

من خلال النتائج المدرجة في الجدول الخاص بقيم عينة الطين يلاحظ أن الكوارتز (SiO₂) يحتل النسبة الأكبر مقارنة بالمركبات الكيميائية الأخرى حيث تقدر بـ 51.49%، ونسب معتبرة من أكسيد الكالسيوم (CaO) و أكسيد الألومنيوم (Al₂O₃) بنسبة 14.43% و 15.96% على التوالي. ونسب ضئيلة لكل من الهيماتيت (Fe₂O₃) بنسبة 9.50% وأكسيد المغنيزيوم (MgO) بنسبة 4.84% يليها أكسيد البوتاسيوم (K₂O) بنسبة 3.78% .

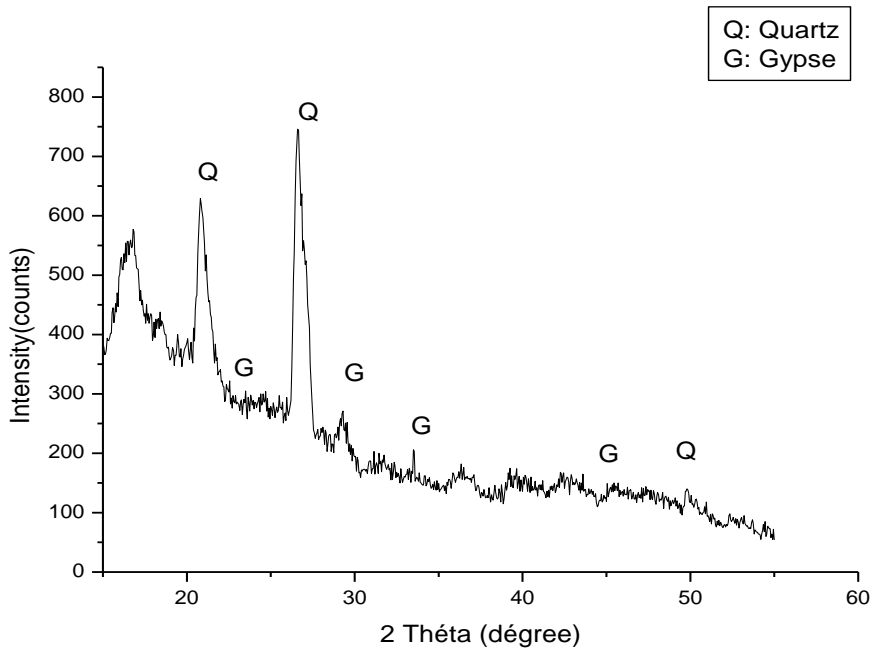
2.III. نتائج انعراج الأشعة السينية XRD

1.2.III. تسجيل الطيف

سمح لنا جهاز انعراج الأشعة السينية الموجود بمركز البحث العلمي الموجود بولاية ورقلة، بتسجيل مخططات الإنعراج للعينات المدروسة. عولجت هذه المخططات بواسطة برنامج X'Pert HighScore فأعطت معلومات على التراكيب البلورية الموجودة بالعينات المدروسة. يمثل الشكل (3. III) و الشكل (4. III) مخططات الإنعراج للأشعة السينية المسجلة على عينة رمل الكتبان و الطين في منطقة المتقدمة.



الشكل (III. 3): مخطط انعراج الأشعة السينية لعينة رمل الكثبان في منطقة المتقدمة.



الشكل (III. 4): مخطط انعراج الأشعة السينية لعينة الطين في منطقة المتقدمة.

2.2.III. تحليل الطيف

• تحليل طيف عينة رمل الكثبان

يتم التشخيص من خلال التحليل الكيفي لمخططات XRD لعينة رمل الكثبان لمدينة الحجرية، وذلك بمقارنة مخطط العينة مع قاعدة المعلومات العالمية (ICSD) ، والذي يوضح التفاصيل التركيبية للمادة؛ الجدول (3.III) يوضح المعلومات المسجلة باستخدام برنامج X'Pert HighScore لعينة الرمل .

الجدول (3.III): المعطيات الناتجة باستخدام برنامج X'Pert HighScore لعينة رمل الكثبان.

الصيغة الكيميائية	المركب	رمز المرجع
Si ₂ O ₂	الكوارتز	00-046-1045
CaSO ₄ (H ₂ O) ₂	الجبس	01-074-1904
CaCO ₃	الكالسيت	01-086-2343
Al ₂ O ₃	أكسيد الألمنيوم	01-074-0323
Fe ₂ O ₃	أكسيد الحديد	01-085-0987

_ من خلال القيم المدرجة في الجدول (3.III) و مخطط الإنعراج للأشعة السينية لعينة رمل الكثبان، يمكن تلخيص المركبات الجزيئية المكونة باستعمال بطاقة المعلومات (ICSD FILE) وبرنامج X'Pert HighScore لرمل الكثبان للمنطقة المدروسة في الجدول (4.III) الذي يوضح زوايا الحيود $2\theta^\circ$ والمعادن الموافقة لها مع معاملات ميلر.

الجدول (4.III): زوايا الحيود و المعادن الموافقة لها مع معاملات ميلر لعينة رمل الكثبان.

معاملات ميلر (h k l)	التركيب الجزيئي للمعدن	زوايا الحيود $2\theta^\circ$ للعينة
(100)	كوارتز	20,83
(012)	كالسيت	23,04
(040)	هيماتيت	24,17
(101)	كوارتز	26,45
(022)	جبس	33,59

36,36	كوارتز	(110)
39,22	كوارتز	(102)
42,08	جبس	($\bar{2}$ 42)
43,54	جبس	(112)
44,68	جبس	($\bar{2}$ 13)
46,56	جبس	(211)
47,60	جبس	(062)
49,74	جبس	(231)
53,05	جبس	(202)

يمكننا تسجيل الملاحظات التالية من خلال ما ورد في الجدولين الأخيرين، حيث يمكن القول أن عينة رمل الكثبان المدروسة يمكن أن تحتوي على مايلي:

• الكوارتز بنسبة 25%

بالتمعن في مخطط XRD لعينة رمل الكثبان يتجلى لنا وجود الكوارتز، الشكل (III.3)، التي توضحها قيم الزوايا $2\theta^\circ$ لكل من: $20,83^\circ$ ، $26,45^\circ$ ، $36,36^\circ$ ، $39,22^\circ$ التي توافق معاملات ميلر (100) ، (101) ، (110) ، (102) على التوالي .
تشير القيم عند الزوايا $2\theta^\circ$ لكل من : $20,83^\circ$ ، $26,45^\circ$ ، $36,36^\circ$ إلى وجود الكوارتز ذي الطور α .

• الكالسيت بنسبة 4%

يوضح المخطط وجود قمة وحيدة لمركب الكالسيت عند الزاوية $2\theta^\circ$ ل $23,04^\circ$ الموافقة لمعامل ميلر (012).

• الجبس بنسبة 48%

قيم الحيود للزوايا $2\theta^\circ$ لكل من: $33,59^\circ$ ، $42,08^\circ$ ، $43,54^\circ$ ، $44,68^\circ$ ، $46,56^\circ$ ، $47,60^\circ$ ، $49,74^\circ$ ، $53,05^\circ$ الموافقة لقراءن ميلر (022) ، (022) ، (112) ، ($\bar{2}$ 13) ، (211) ، (062) ، (231) ، (202) على التوالي، توضح وجود الجبس.

• مركبات أخرى

قمة حيود الزاوية $2\theta^\circ$ لأكسيد الحديد (الهيماتيت) هي $24,17^\circ$ التي توافق معامل ميلر (040) .

• تحليل طيف عينة الطين

يوضح الجدول (5.III) المعلومات المسجلة بشأن عينة الطين باستخدام برنامج X'Pert HighScore .

الجدول (5.III): المعطيات الناتجة باستخدام برنامج X'Pert HighScore لعينة الطين.

الصيغة الكيميائية	المركب	رمز المرجع
SiO ₂	الكوارتز	00-046-1045
CaSO ₄ .2(H ₂ O)	الجبس	00-036-0432

_ سنقارن القيم المدرجة في الجدول (5.III) و مخطط الإنعراج للأشعة السينية لعينة الطين ، لمعرفة المركبات الجزيئية المكونة لها باستعمال بطاقات المعلومات (ICSD FILE) و باستخدام برنامج X,Pert HighScore للعينة المدروسة ونلخصها في الجدول (6.III) الذي يوضح زوايا الحيود $2\theta^\circ$ والمعادن الموافقة لها مع معاملات ميلر.

الجدول (6.III): زوايا الحيود و المعادن الموافقة لها مع معاملات ميلر لعينة الطين لمنطقة المتقدمة.

معاملات ميلر (h k l)	التركيب الجزيئي للمعدن	زوايا الحيود $2\theta^\circ$ للعينة
(020)	جبس	11,23
(100)	كوارتز	21,21
(040)	جبس	23,87
(101)	كوارتز	26,79
($\bar{1}41$)	جبس	29,42
(022)	جبس	33,79
(042)	كوارتز	39,81
(170)	جبس	45,03

_ اعتمادا على المعلومات المدرجة في الجدول (6.III) يتضح جليا أن عينة الطين تحتوي على مركبين بلوريين هما الكوارتز (SiO₂) بنسبة 28% و الجبس (CaSO₄ .2(H₂O)) بنسبة 72% حيث:

• الكوارتز (SiO_2)

يؤكد وجوده قمم الحيود للزوايا $2\theta^\circ$ لكل من $21,21^\circ$ ، $26,79^\circ$ ، $39,81^\circ$ التي توافق معاملات ميلر (100)، (101)، (042) على التوالي.

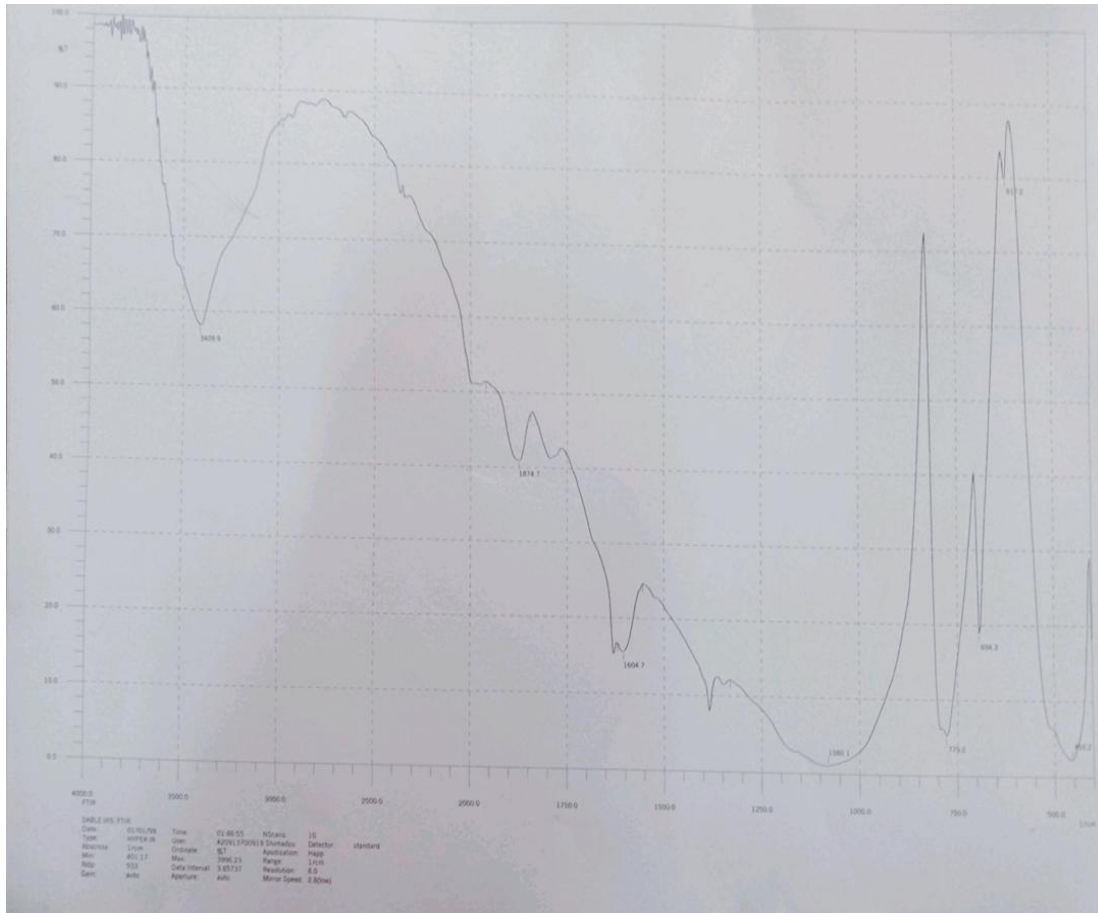
• الجبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$)

يثبت وجوده قمم حيود الإنعراج للزوايا $2\theta^\circ$ لكل من $33,59^\circ$ ، $42,08^\circ$ ، $43,54^\circ$ ، $44,68^\circ$ ، $46,56^\circ$ ، $47,60^\circ$ ، $49,74^\circ$ ، $53,05^\circ$ التي توافق معاملات ميلر التالية: (022)، (-242)، (112)، (-213)، (211)، (062)، (231)، (202) بالترتيب.

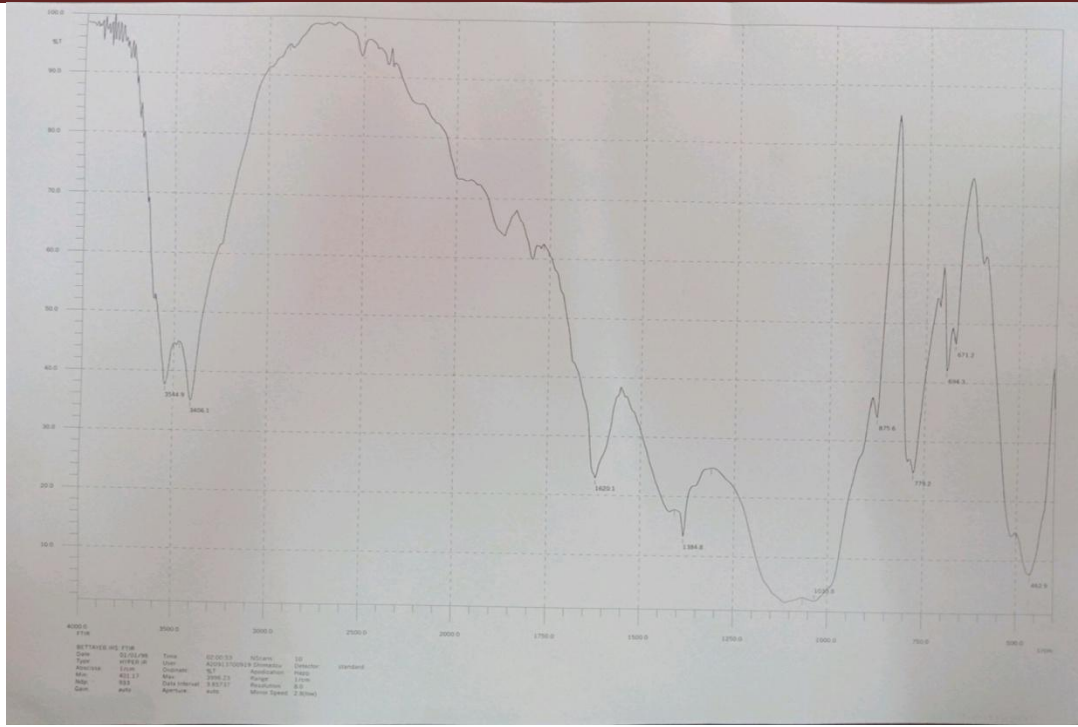
III. 3. نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR

III. 1.3. تسجيل الطيف

تم مسح الطيف في مجال الترددات من 400 cm^{-1} الى 4000 cm^{-1} ، يمثل الشكل (5.III) الطيف المحصل عليه من مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة رمل الكتبان، والشكل (6.III) طيف عينة الطين .



الشكل (5.III): طيف عينة رمل الكتبان بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه.



الشكل (6.III): طيف عينة الطين بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه.

2.3.III. تحليل طيف عينة رمل الكثبان

بالنظر للطيف المحصل عليه من مطيافية الإمتصاص للأشعة تحت الحمراء لعينة رمل الكثبان، يمكن تمييز العصابات الأساسية للإمتصاص الموضحة في الجدول (7.III).

الجدول (7.III): العصابات الأساسية للإمتصاص للأشعة تحت الحمراء والإهتزازات المميزة لها.

المركب	نوع الإهتزاز	التردد (cm ⁻¹)
الكوارتز	Si-O-Si (Asymmetrical bending)	455.2
الجبس	SO ₄ ²⁻ (Asymmetrical bending vibration)	617.2
الكوارتز	Si-O (Symmetrical bending vibration)	694.3
الكوارتز	Si-O (Symmetrical stertching vibration)	779.2
الجبس	SO ₄ ²⁻ (Asymmetrical stertching vibration)	1080.1
الجبس		1604.7
الماء	H-OH (stertching vibration)	1874.7
الماء	O-H (stertching vibration)	3409.9

من خلال الطيف المتحصل عليه والمعلومات المدرجة في الجدول (7.III): تبين أن يوجد عدة إهتزازات مختلفة تؤكد وجود مركبات مختلفة .

تم تحديد الروابط الوظيفية في الجدول مع محاولة تفسيرها بالإعتماد على ما ورد في المراجع بشأن الجزيئات المكونة للعينة المدروسة:

قسمنا الطيف المتحصل عليه إلى منطقتي طيف متباينتين قصد تفسيرهما:

• **منطقة الطيف 400_1750 cm⁻¹:**

_ نلاحظ أن الترددات 1604.7 cm⁻¹ و 1080cm⁻¹ تعود إلى إهتزاز الإمتطاط للرابطة SO₄²⁻، الذي يبين بوضوح وجود الجبس [33]، وكذلك عند التردد 617.2 cm⁻¹ الناتج عن الإهتزاز غير المتناظر للرابطة SO₄²⁻ مما يدل على وجود الجبس أيضا [33].

_ بالنسبة للشريط Si-O المتناظر الذي يوافق الترددين 694.3 cm⁻¹ و 779.2 cm⁻¹ يبين بوضوح وجود الكوارتز [28]، ثم نجد التردد 455.2 cm⁻¹ الذي يرجع إلى الإهتزاز اللامتناظر للرابطة Si-O-Si الذي يؤكد وجود الكوارتز أيضا [34].

_ الإهتزاز الملاحظ عند حوالي 800 cm⁻¹ يستعمل لتحديد مختلف أنواع السيليكات، لذا من المحتمل أن يكون الإمتصاص المزدوج عند التردد 977.2 cm⁻¹ دليلا على وجود السيليكات من الصنف ألفا (α-quartz) [35].

• **منطقة الطيف 1750_4000 cm⁻¹:**

أظهر الطيف حزمة إمتصاص قوية عند التردد 3409.9 cm⁻¹، تعود إلى اهتزاز الإمتطاط للرابطة OH لمجموعة الهيدروكسيل، و أخرى أقل شدة لوحظت عند التردد 1874 cm⁻¹، ناتجة عن إلتواء الإهتزاز للرابطة H-OH. دليل على وجود الماء [33] .

3.3.III. تحليل طيف عينة الطين

من خلال الطيف المتحصل بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء لعينة الطين لمنطقة الحجرية، تم تحديد الروابط الوظيفية للجزيئات المكونة للعينة المدروسة اعتمادا على ما جاء في المراجع:

الجدول (8.III): يوضح العصابات الأساسية لإمتصاص الأشعة تحت الحمراء والإهتزازات المميزة لها بالنسبة لعينة الطين.

الجدول (8.III):العصابات الأساسية لإمتصاص الأشعة تحت الحمراء لعينة الطين والإهتزازات المميزة لها.

المركب	نوع الإهتزاز	التردد (cm^{-1})
الكوارتز	Si-O-Si(Asymmetrical bending)	462.9
الهيمايتيت	M-O-M(Asymmetrical bending)	671.2
الكوارتز	Si-O(Symmetrical bending)	694.3
الكوارتز	Si-O (Symmetrical stertching bending)	779.2
الكالسيت	CO ₃ ⁻² (out of plane bending)	875.6
الكوارتز	Si-O-Si(stertching)	1033.8
الكالسيت	CO ₃ ⁻² (Asymmetrical stertching)	1384.8
الماء	H-OH (stertching)	1620.1
الماء	O-H (stertching vibration)	3406.1
الماء	O-H (stertching vibration)	3544.9

من خلال الطيف الخاص بعينة الطين والمعلومات المدرجة في الجدول (8.III) سجلنا مايلي:

يمكن تمييز منطقتين متباينتين من الطيف:

• منطقة التردد 400_1600 cm^{-1} :

نميز في هذه المنطقة التردد $464.9 cm^{-1}$ الناتج عن الإهتزاز اللامتناظر للرابطة Si-O-Si الذي يؤكد وجود الكوارتز [34] .

_ التردد $694.3 cm^{-1}$ و $779.6 cm^{-1}$ ناتج عن الإهتزاز المتناظر للرابطة Si-O الذي يبين وضوح وجود الكوارتز أيضا (التردد $977.6 cm^{-1}$ يوافق الصنف ألفا من السيليكا) [35] .

_ التردد $1033.8 cm^{-1}$ ناتج عن الرابطة Si-O-Si (اهتزاز الإمتطاط) يؤكد وجود الكوارتز [36].

_ الترددین 875.6 cm^{-1} و 1384.8 cm^{-1} ناتجین عن الرابطة CO_3^{-1} التي تدل على وجود مركب الكالسيت [37].

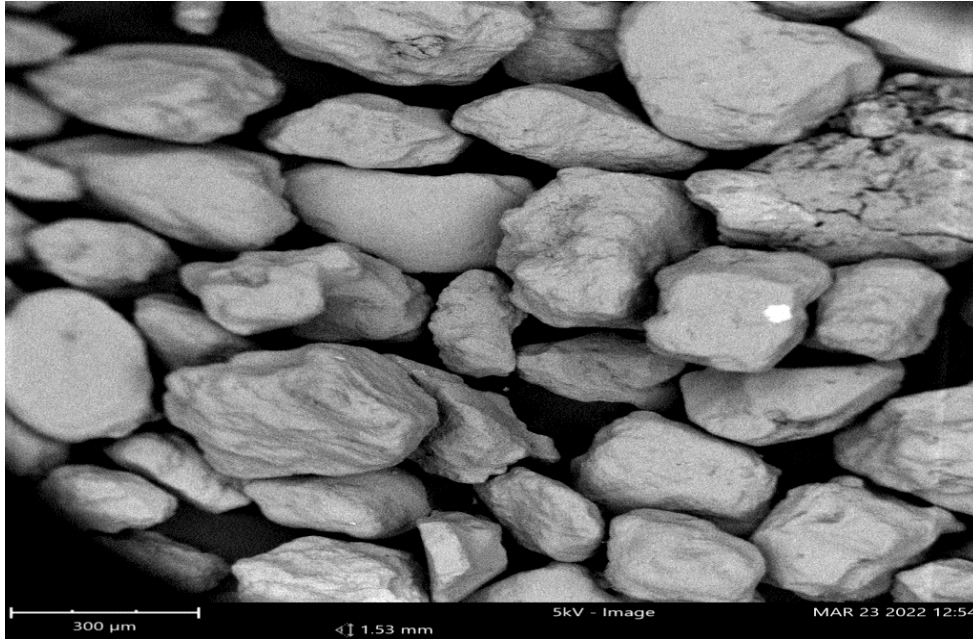
_ لوحظ إمتصاص عند التردد 671.2 cm^{-1} ، وهي تخص الإهتزاز M-O-M حيث يمكن ل M أن تأخذ العناصر Mg , Fe , Al ، والمرجح أن يكون عنصري Al و Fe وهو ما اقترحه كل من ألماس (ELMASS) و أوليفر (OLIVER) [38]. وهو ما أكدته أيضا نتائج مطيافية تشتت الطاقة للأشعة السينية EDX بأن الطين يحتوي على مركب الهيماتيت (Fe_2O_3) [39] ، وأكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) .

• منطقة التردد 1600 cm^{-1} - 4000 cm^{-1} :

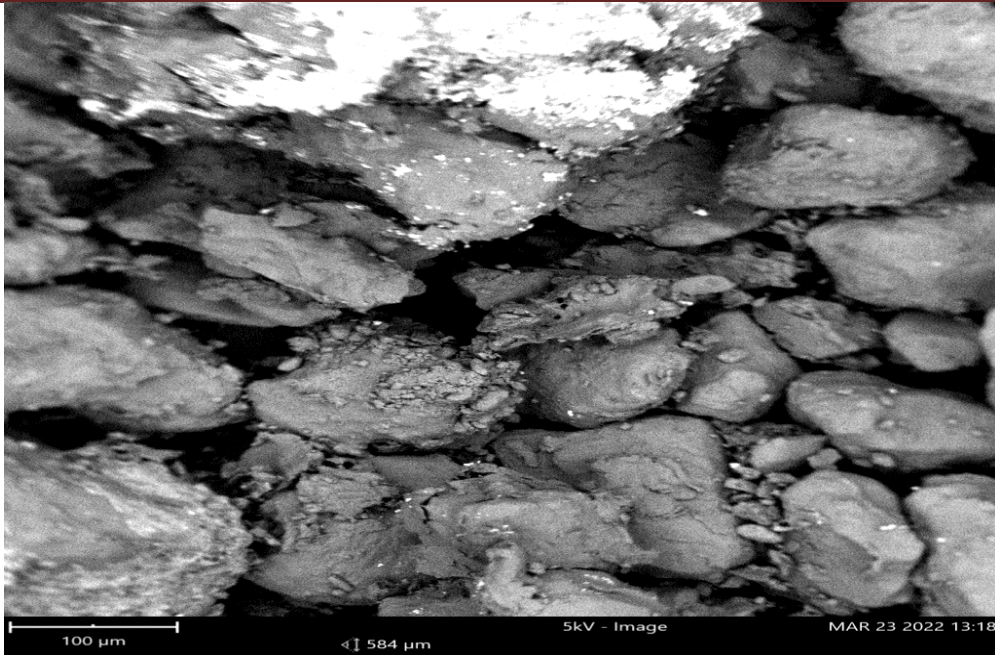
يظهر الطيف حزمتي امتصاص قويتين عند الترددین 3544.9 cm^{-1} و 3406.1 cm^{-1} الناتجتين عن الرابطة (OH) (اهتزاز الإمتطاط) لمجموعة الهيدروكسيل، والأقل شدة عند التردد 1620.1 cm^{-1} الناتجة عن إلتواء الإهتزاز للرابطة H-OH الذي يدل على وجود الماء [36].

III. 4. تحليل نتائج المجهر الإلكتروني الماسح SEM

تم استخدام المجهر الإلكتروني الماسح لدراسة الإختلافات في شكل السطح و قطر العينات، يوضح الشكل (7.III) الصورة المجهرية السطحية لعينة رمل الكثبان للمنطقة المدروسة، والشكل (8.III) الصورة المجهرية السطحية لعينة الطين.



الشكل (7.III): صورة سطحية لعينة رمل الكثبان بمنطقة المتقدمة تحت المجهر الإلكتروني الماسح.



الشكل (8.III): صورة سطحية لعينة الطين بمنطقة المتقدمة تحت المجهر الإلكتروني الماسح.

من خلال ما أظهرته الصورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لعينة من الرمل، يمكن القول أنها حبيبات رملية تمتاز بتكور منخفض، حيث أنها تمتاز بأشكال غير منتظمة، فبعضها يتراوح بين ممدود وغير منتظم إلى مستدير و شبه مستدير، والبعض الآخر تمتاز بأنها حبيبات مزواة (مدببة).

بالنسبة لعينة الطين فهي تمتاز بتكورها المنخفض، وهي حبيبات خشنة تتراوح من مزواة جدا إلى مزواة، وبعض الحبيبات التي تميل الى المستدير، وهي ذات بريق معتم.

الخلاصة

الخلاصة

نوجز عملنا هذا بخلاصة، نحدد فيها الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لرمل الكثبان و الطين لمنطقة "المتقدمة" بمدينة الحجرية، اعتمادا على النتائج المحصل عليها من خلال الدراسات و التجارب التي اجريت عليها، لتحقيق الهدف المطلوب من هذا البحث؛ حيث كانت نتائج التحليل كالتالي:

_ أظهرت نتائج مطيافية تشتت الطاقة للأشعة السينية (EDX) أن عينة رمل الكثبان تتكون من : الكوارتز (SiO₂) بنسبة 84.33% ، أكسيد الألومنيوم (Al₂O₃) بنسبة 6.32%، أكسيد المغنيزيوم (MgO) بنسبة 5.53%، وأكسيد الكالسيوم (CaO) بنسبة 3.81%.

أما بالنسبة لعينة الطين فقد إحتوت على الكوارتز (SiO₂) بنسبة 51.49%، أكسيد الألومنيوم (Al₂O₃) 15.95%، أكسيد الكالسيوم (CaO) 14.43%، الهيماتيت (أكسيد الحديد Fe₂O₃) 9.50%، أكسيد المغنيزيوم (MgO) 4.84%، أما أكسيد البوتاسيوم (K₂O) فكان بنسبة 3.78%.

_ و بتحليل مخططات انعراج الأشعة السينية (XRD) لعينة الرمل، تبين أنها تحتوي على تراكيب بلورية تعود الى مركب الكوارتز بطوره ألفا (α-quartz) بنسبة 25%، و الجبس المشبع بالماء بنسبة 48%، بالإضافة إلى مركبات أخرى كالكالسييت (CaCO₃) و الهيماتيت (Fe₂O₃) بنسب ضئيلة. وهذا ما أكدته نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR). إلا أن النسب تختلف عن تلك المتحصل عليها بمطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية (EDX)، ونرجح سبب ذلك إلى عدم دقة الجهاز المستعمل، أو وجود شوائب في الجهاز أثناء التعامل مع العينات.

و بالنسبة لعينة الطين أوضحت نتائج (XRD) أنها تحتوي على مركبات بلورية وهي الكوارتز بطوره ألفا بنسبة 28% والجبس المشبع بالماء بنسبة 72%، حيث أكدت ذلك نتائج مطيافية (FTIR) أيضا، مع وجود مركبات أخرى بنسب ضئيلة كالهيماتيت و أكسيد الألومنيوم و الكالسييت.

_ وبالتدقيق في نتائج التصوير السطحي بالمجهر الإلكتروني الماسح SEM، لكل من العينتين المدروستين تبين أن:

الرمل: ذو حبيبات تمتاز بتكور منخفض، وأشكال غير منتظمة تتراوح بين ممدود وغير منتظم إلى مستدير وشبه مستدير، مع وجود بعض الحبيبات المزواة.

الطين: حبيباته تمتاز ببريق معتم مقارنة بحبيبات الرمل، و ذات تكور منخفض أيضا، و هي حبيبات خشنة مزواة جدا إلى مزواة قليلا، كما انها تميل إلى الشكل المستدير.

ومن خلال طرق التحليل المطبقة على عينات رمل الكثبان والطين لمنطقة الحجرية بإمكاننا القول أنه يمكن أن تكون بداية لدراسات عديدة _ في المستقبل _ و ذلك من خلال:

_ تطبيق دراسات أخرى للتمكن من معرفة جميع خصائص و مميزات العينات المدروسة، واستغلالها في مجالات متعددة.

الخلاصة

- _ استغلال الرمل كمصدر لبعض المواد المتعددة الإستخدام في المجال الإقتصادي كصناعة الزجاج، لما له من أهمية في مصانع الأدوية و الألياف الزجاجية و زجاج البصريات، وفلاتر المياه و الكريستال .
- _ استعمال الطين في مجال البناء و وتنقية المياه، كما يمكن استغلاله في صناعة الورق.

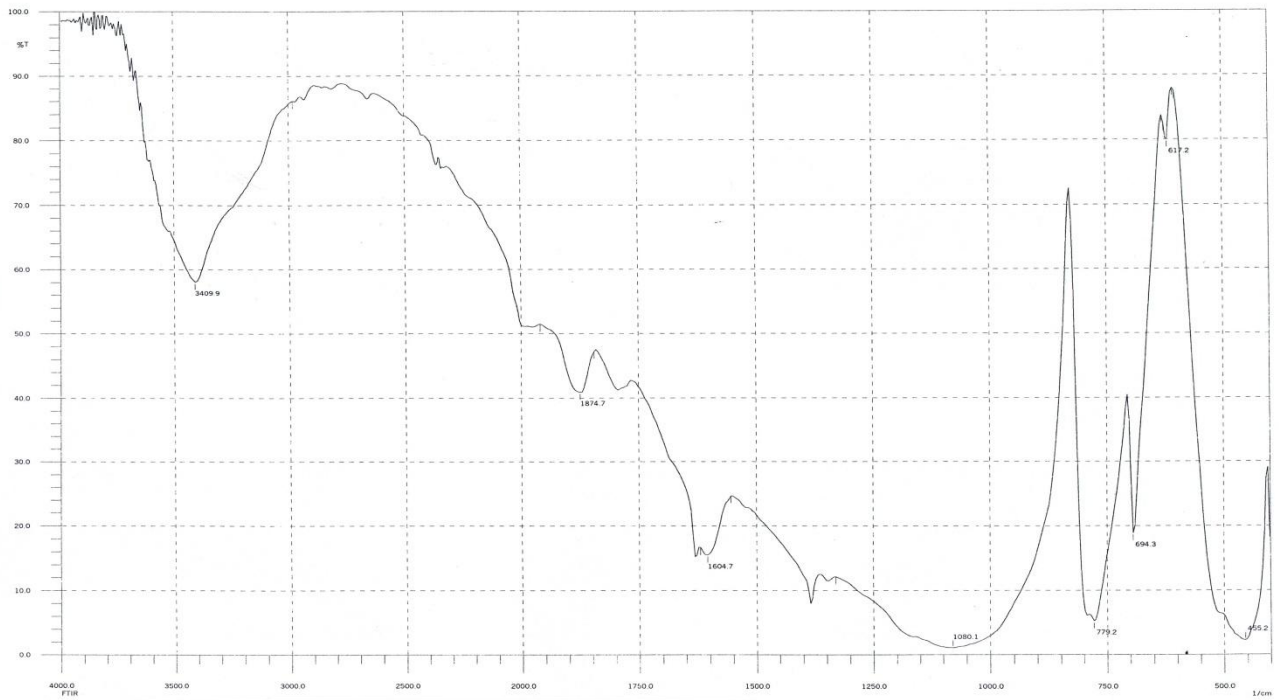
قائمة المراجع

- [1] Begelow C A,Cassel D K(2004) Physical proprieties of sand amended with inorganic matertials or sphangnum peat moss. USGA Turfgrass Environ Res Online 3(6) :1_14
- [2] Beddiaf S, Chihi S, Leghrieb Y (2015) The determination of some crystallographic parameters of quartz in the sand dunes of Ouargla, Algeria. J Afr Earth Sci 106:129–133
- [3] Mahaney W.C (2002) Atlas of Sand Grains Surface Textures and Applications, Oxford University Press
- [4] Petre M, Gligor J, Traje S and Blao B (2004) The dependence of quartz and opal color on trace element composition – aas, ftir and micro–raman spectroscopy study. Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia 23 (2):171–184
- [5] وية محادي، اسماعيل شيحي (2014) تحديد التركيب الجزيئي للأصناف اللونية الموجودة في رمل كثبان منطقة ورقلا باستخدام مطيافية امتصاص ماتحت الاحمر FTIR، حوليات العلوم والتكنولوجيا جامعة ورقلة 6 (2) 185_178.
- [6] Michael J. Kavulich J (2008) The Physics of Sand Dune Formation and Migration on Mars , worcester polytechnic institute in partial fulfillment of the requirements
- [7] kenneth pye, haim tsoar (2009) Aeolian Sand and Sand Dunes, Springer
- [8] Benna Y, Bedjou S, Gueltahe B, Braray A(2006) Valorisation des sables de dune ;Applications aux sables des regions de Ouargla E DZ Boussaada. National Center of Studies and Integrated Researchs (CNERIB)
- [9] Khakha Y, Chafou A,(2014) Contrubution a l’etude Meneralogique et geotechnique des sables de l’erg oriental de Ouargla
- [10] Selkh C (2012) Contribution a l’etude phytoecologique du porteur de l’erg occidental
- همزة وصل بين النل والصحراء, "القنطرة".. أيقونة واحات الزيبان ومقصد الزوار من كل مكان"، 2020.
- [11] .User manuel, (1995), D8– Xray Diffractométre, Germany
- [12] <https://www.alarabia.net^qafilah>
- [13] عباس بن عيفان الحارثي، مقرر المخارط الجيولوجية، قسم الجيولوجيا الهندسية والبيئة، كلية علوم الأرض، جامعة الملك عبد العزيز، المملكة العربية السعودية.
- [14] Belmedrek S,(2006) Granulometrie et mineraux lourds des sables dunaires et de plages de secteurs de Oued Zhou et de Beni Belaid (jijel ;Algerrie nord orientale)
- [15] "USGS Mission Areas ".United States Geological Servey . Retrieved July 30,2020.

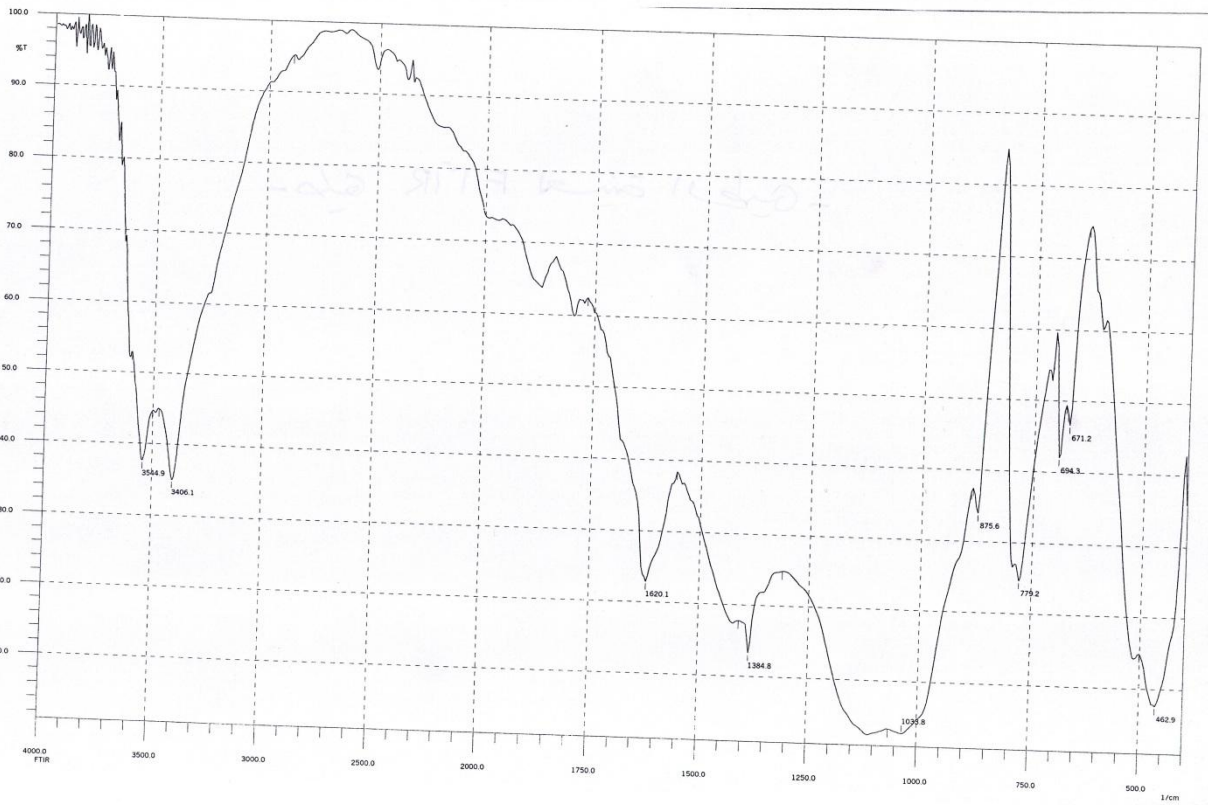
- [16] A. Bigelow, C. Bowman and D. K. Cassel, (2004), Physical Properties of Sand Amended with Inorganic Materials, USGA Turfgrass and Environmental Research Online, Vol 3, Num 6.
- [17] مذكرة ماستر أكاديمي بعنوان المساهمة في دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للرمال و وردة الرمال بمنطقة سيدي سليمان تقرت
- [18] اطروحة دكتوراه، مشري محمد العيد، دراسة أثر المعالجة الحرارية على تركيب رمل كثنان ورقلة، وعلى ناقلتيه الكهربائية، باستخدام الطرق الطيفية، جامعة ورقلة، 2016
- [19] مذكرة ماستر أكاديمي، قروط ز، منصور ش، المساهمة في دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لرمال ووردة الرمال منطقة الراشدي بالحجيرة. 2020. جامعة ورقلة، ص 7، 8
- [20] These de diplôme de docteur en pharmacie, H Francois, L'argile, Son Utilisation a l'Officine, 2016
- [21] بحث حول طيف الأشعة السينية- جامعة القادسية- كلية العلوم- قسم الكيمياء- الطالب نورس علاء جلال الدين - مؤيد اسماعيل- طاقة الأشعة السينية. 2008.
- [22] B.D. Cullity, "Elements of X-RAY Diffraction" second Edition, Addison Wesley, London (2010)
- [23] Joseph Goldstein (2003), Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis Springer
- [24] Joseph Goldstein (2003), Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis Springer
- [25] Gunter Gauglitz, Tuan Vo-Dinh, ed (2003). Germain, Handbook of Spectroscopy (1. Auflage) . Willey-VCH. pp.386-387 .
- [26] مذكرة دكتورا- بالضياف سميحة (2016) ، تحديد التركيب الجزيئي للأصناف الحبيبية المختلفة لرمال كثنان منطقة ورقلة وحساب تركيز الكوارتز فيها باستخدام التقنيات الطيفية ، جامعة ورقلة.
- [27] بحث حول طيف الأشعة السينية، جامعة القادسية، كلية العلوم، قسم الكيمياء، الطالب نورس علاء الدين جلال الدين اسماعيل، طاقة الأشعة السينية. 2008
- [28] B.D.Cullity, Elements of X-RAY Diffraction, second Edition, Addison Westly, London (2010)
- [29] Griffiths, P.; de Haseth, J. A. (18 May 2007). Fourier Transform Infrared Spectrometry (2nd ed.). Wiley-Blackwell. ISBN 978-0-471-19404-0
- [30] التحليل الطيفي الجزيئي ، المؤسسة العمومية العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الإدارة العامة للتصميم و تطوير المناهج، المملكة العربية السعودية، صفحة 47_48.
- [31] المطيافيات بين النظرية والتطبيق. أ.د أحمد خميس محمد سلامة، كلية العلوم بالزلفي. جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية 2004. ص 84-109

- [32] حازم فلاح سكيك، الميكروسكوبات الإلكترونية، اصدارات شبكة الفيزياء التعليمية، جامعة الأزهر غزة. 2013.
- [33] S. Benchaa, R. Gheriani, A. Achouri, H. Bougettaia, M. L. Mechri. Structural characterizations of dune sand and construction sand of Sidi Slimane and Zaouia El Abidia areas in the Touggort region in southeast Algeria. 2021, Arabian Journal of Geosciences
- [34] K. Nakaoto, (1986), Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds, Willey Interscience, New Y3.
- [35] J. Michael Hollas, (1974), Modern spectroscopy, Ed Willey
- [36] مذكرة ماستر اكايمي - سميحة بالضياف. - جامعة ورقلة 2012 _ مطيافية امتصاص الاشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه ص 26_28
- [37] Chromatic classification of Ouargla (Algeria) Dunes Sand : Determination of Main Composition and Color Causes , by Using XRD and FTIR. Naouia Mehdadi, Smail Chihi, Hamsa Bougettaia, Samiha Beddiaf, Mohamed Laid Mechri. 2016
- [38] Francis Rouessac, Annick Rouessac, (2004), ANALYSE CHIMIQUE Méthodes et techniques instrumentales modernes, Dunod, P
- [39] مذكرة دكتورا - بالضياف سميحة (2016) ، تحديد التركيب الجزيئي للأصناف الحبيبية المختلفة لرمال كئبان منطقة ورقلة وحساب تركيز الكوارتز فيها باستخدام التقنيات الطيفية ، جامعة ورقلة. ص 55

الملاحق



طيف FTIR لعينة رمل الكثبان



طيف FTIR لعينة الطين

