

## دراسة التركيب الذري لرمل كثبان منطقة ورقلة باستخدام مطيافيات

### AAN و EDX و MEB و XRF

محمد العيد مشري و إسماعيل شبيحي

مخبر فيزياء الإشعاع و البلازما و فيزياء السطوح (LRPPS)، كلية العلوم و التكنولوجيا و علوم المادة،

جامعة قاصدي مرياح ورقلة، ورقلة 30000 (الجزائر)

## Etude de la composition atomique du sable des dunes de la région de Ouargla par spectroscopies XRF, MEB, EDX et ANN

Mohammed Laid MECHRI\* et Smail CHIHI

Laboratoire de Rayonnement et Plasmas et Physique des Surfaces (LRPPS),

Faculté des Sciences et de la Technologie et Sciences de la Matière,

Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla 30000, Algérie

\*E-mail: [mechrimedlaid@yahoo.com](mailto:mechrimedlaid@yahoo.com)

**مختصر:** في هذا العمل عرفنا أغلب العناصر المكونة لرمل كثبان منطقة ورقلة، ببعض تراكيزها، و ذلك باستخدام التقنيات الطيفية التالية: التحليل بفلورة الأشعة السينية XRF، و المجهر الإلكتروني الماسح MEB و EDX، و التحليل بواسطة التنشيط النيوتروني AAN. لقد تمكنا من خلال هذا العمل من التعرف على كيفية استخدام هذه التقنيات مع الحصول على نتائج موثوقة، و من خلال ذلك استخلصنا أن العناصر الرئيسة للرمل هي الكالسيوم Ca و البوتاسيوم K و المنغنيز Mn و السيلسيوم Si و الأكسجين O، كما أنه يحوي بعض العناصر مثل الصوديوم Na و الكبريت S و الرصاص Pb و الألمنيوم Al، و بعض العناصر الثقيلة مثل اليورانيوم U و الثوريوم Th و غيرها.

**كلمات دلالية:** رمل كثبان، تحليل طيفي، تركيب ذري، XRF، MEB، EDX، AAN

**RÉSUMÉ:** Dans ce travail, nous avons identifié les concentrations des composants du sable d'une dune de la région de Ouargla. Nous avons utilisé pour atteindre cet objectif, l'analyse par la fluorescence des rayons X (XRF), le microscope électronique à balayage (MEB) et (EDX) et l'analyse par activation neutronique (AAN). Nous avons réussi, par le biais de la maîtrise de ces techniques, à avoir des résultats fiables. Nous avons également conclu que les éléments essentiels composants le sable sont le Calcium Ca, l'Oxygène O, le Silicium Si, Manganèse Mn, le Potassium K, l'Aluminium Al, le Plomb Pb, le Soufre S, le Sodium Na et d'autres éléments lourds comme le Thorium Th et l'Uranium U.

**MOTS-CLÉS :** sable des dunes, analyse spectrale, composition atomique, XRF, MEB, EDX, AAN

### 1. مقدمة:

يعد الرمل من أكثر المواد الطبيعية تواجدا على اليابسة، فهو من أقدم مواد التشييد التي عرفها الإنسان، و هو أحد المواد التي جمعت علوم الهندسة و البيئة و الجيولوجيا والكيمياء و الفيزياء و غيرها و ذلك لأهميتها و تزايد استخدامها و تنوعها. الرمال تختلف عن غيرها، كونها مادة ثابتة تملك خواص طبيعية متنوعة، و هي تحتاج إلى دراسات معملية و أخرى نظرية. من أجل ذلك أردنا من خلال هذا البحث المساهمة في تشخيص رمال كثبان منطقة ورقلة بمعرفة أبرز مكوناتها، خاصة الكوارتز، و الذي له دور كبير في العديد من الصناعات الحديثة، و هو يمثل أكثر من 70% من تركيب الرمال<sup>(1)</sup>.

يستخدم الكوارتز بشكل واسع في الصناعات الزجاجية، خاصة المخبرية؛ إذ يتحمل درجات حرارة عالية تفوق  $1600^{\circ}\text{C}$ ، كما أن له فحوة طاقة كبيرة جدا تفوق 8 eV، مما يعطيه خصائص عزل كهربائي جيد، كما أن له شفافية كبيرة جدا في المجال الطيفي الممتد من فوق البنفسجي إلى المرئي ثم إلى ما تحت الأحمر، مما يرشحه للاستعمال في القياسات الطيفية، وكذا في الاستخدامات الكهربائية، كما يمكن أن يستخلص منه السيليسيوم النقي للأبحاث الإلكترونية و النانومترية و تطبيقاتها في أشباه الموصلات، كما تصنع منه الخلايا الشمسية الكهروضوئية.

كل الأبحاث الوطنية التي صادفناها حول الرمل تعالجه من حيث استخداماته في مجالات البناء و الري و الفلاحة و التنقية<sup>(2)</sup>، و لا تنطرق إلى دراسة الخصائص المجهريّة و الجهرية له كخليط طبيعي مكون من عدة مركبات. نسعى من خلال هذا العمل إلى معرفة التركيب العنصري الذري الدقيق الذي تتكون منه رمال كثبان منطقة ورقلة، و ذلك باستخدام بعض التقنيات الطيفية، و هي بالضبط: تقنية التحليل بفلورة الأشعة السينية XRF، و تقنية التحليل و التصوير بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح EDX و MEB، و تقنية التحليل بواسطة التنشيط النيوتروني AAN.

## 2. الخصائص العامة لرمل الكثبان:

الكثبان جمع كتيب، و هو عبارة عن تجمع من الرمل السائب على سطح الأرض في شكل كومة ذات قمة. تنشأ الكثبان الرملية عن عوامل التعرية، و هي تفاعل الصخور الصحراوية مع درجات الحرارة القصوى و هبوب الرياح المتواصلة<sup>(3)</sup>، مما يؤدي إلى تفكيك الصخور و تفتيتها إلى حبيبات مختلفة الحجم و الشكل. تتكون القشرة الأرضية من حوالي 92 عنصرا تدخل في كثير من المركبات الكيميائية و المعادن، إلا أن عددا قليلا من هذه العناصر هو الذي يمثل الجزء الأكبر من القشرة الأرضية. أهم هذه العناصر مبينة بالجدول (1).

جدول (1): العناصر التي تمثل الجزء الأكبر من القشرة الأرضية<sup>(4)</sup>

العنصر	الرمز	النسبة الكتلية (%)
الأكسجين	O	46,6
السيليسيوم	Si	27,7
الألمنيوم	Al	8,1
الحديد	Fe	5
الكالسيوم	Ca	3,6
الصوديوم	Na	2,8
البوتاسيوم	K	2,6
المغنيزيوم	Mg	2,1

الرمال من حيث القوام نوعان: الرمال؛ و هي صخور مفككة غير مترابطة، تتألف من حبات فتاتية لا تجمع بينها مادة لاصقة، و الأحجار الرملية؛ و هي صخور مترابطة، تتألف من حبات فتاتية تجمعها مادة لاصقة. تتصف الرمال بمجموعة من الخصائص الحبيبية، تختلف باختلاف طبيعة صخور المصدر، و عوامل التجوية الفيزيائية أو الكيميائية، و النقل الريحي أو المائي، و الترسيب القاري أو البحري. بحسب التصنيف العالمية المعمول بها، تتفاوت أقطار حبات الرمل بين 0.063 mm و 2 mm، و تقسم الرمال و الأحجار الرملية تبعاً لأبعادها، إلى أربع مجموعات حبيبية، الجدول (2).

جدول (2): تقسيم الرمال تبعا لأبعادها<sup>(5)</sup>

أقطار الحبيبات	التصنيف	
2 mm < gravel	gravel	ركام
0,063 mm < sand < 2,0 mm	sand	رمل
0,002 mm < slit < 0,063 mm	slit	طمي
clay < 0.002 mm	clay	طين

يتحدد البعد الحبيبي للرمل المفكك باستخدام مجموعة غرايل يوضع بعضها فوق بعض، متدرجة الفتحات من 2 mm و ما دون ذلك.

تميز حبيبات الرمل الكوارتزيتية بسطح ملساء أو خشنة تحمل علامات مختلفة من الخطوط و الحدوش و الحفر و التضاريس، و قد تكون هذه السطح كامدة ذات بريق معتم أو لامعة ذات بريق متألق، و تعكس الدراسة المفصلة للنسيج السطحي للحبات باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح أصل هذه الحبات و تاريخها.

تتصف الرمال و الأحجار الرملية بألوان مختلفة تبعا للمواد التي تحتوي عليها، و هي كما يلي: في الحالات الغالبة تكون بألوان فاتحة بيضاء شفافة، و غير شفافة، و تكون بنية أو حمراء صدفية عندما تحتوي على الحديد، و نادراً ما تكون قاتمة نتيجة وجود فلز المغنيتيت  $Fe_2O_3$  أو المواد العضوية.

كيميائياً الرمل عبارة عن تجمعات تشمل خليطاً من المعادن و الصخور المتكسرة، و التي حدثت لها عمليات تجوية، بالإضافة إلى المواد العضوية.

تدرس كيمياء الرمل الخواص الكيميائية للمكونات المعدنية و العضوية، و مدى تأثير الرمال بهذه الخواص.

تنقسم المعادن في الرمل إلى نوعين: معادن أولية، و هي ناتجة من التحطم الفيزيائي لصخور الأصل؛ أي أنها موروثه عن الصخر الأصلي، يوجد العديد منها، و من أكثرها انتشاراً في الرمال الكوارتز  $SiO_2$ ، و الفلسبار  $AlSi_3O_8$ ؛ و معادن ثانوية، و هي ناتجة من التجوية الكيميائية للمعادن الأولية، و هي مهمة لكثير من التفاعلات الكيميائية السائدة في الرمال، و من أكثرها انتشاراً السليكات و الكالسيت  $CaCO_3$  و الدولوميت  $CaMg(CO_3)_2$  و الجبس  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  و أكاسيد الحديد  $FeO$ ،  $Fe_2O_3$  و الألمنيوم  $Al_2O_3$ .

أما المكونات العضوية فتشمل جميع الكائنات الحية التي تعيش في الرمل و بقاياها، و عندما تسقط المواد العضوية أو تضاف في الرمل تحصل لها العديد من التغيرات نتيجة لقيام الكائنات الحية الدقيقة بتحويلها إلى مواد بسيطة التركيب أو مواد أخرى معقدة. على الرغم من قلة نسبة المادة العضوية، إلا أن لها دوراً كبيراً و مهماً في خواص الرمل الفيزيائية و الكيميائية.

### 3. التقنيات التجريبية المستخدمة:

لقد استخدمنا خلال دراستنا هذه بعض التقنيات الطيفية، نفضلها فيما يلي:

#### 3.1. فلورة الأشعة السينية (XRF):

أشعة الفلورة هي إحدى ظواهر التألق، و تحصل في مواد معينة عند تعرضها للضوء أو للأشعة السينية أو للحسيمات المشعة الصادرة عن مصادر مختلفة. تمتص الذرات و الجزيئات طاقة الأشعة الواردة، فإذا كانت طاقة هذه الأشعة كافية فإن الذرات تثار إلى سوياات طاقة عالية أو تتأين. بما أن الذرات و الجزيئات المثارة غير مستقرة فإنها تعود إلى حالتها الأساسية، محررةً جزءاً من هذه الطاقة على

هيئة إشعاع. بالاعتماد على هذا الإشعاع المميز المنبعث تتم معرفة مكونات هذه المواد، وكذا حساب تراكيزها من خلال شدة هذا الإشعاع المميز.

### 3.2. المجهر الإلكتروني الماسح (EDX et MEB):

تعتمد نظرية عمل المجهر الإلكتروني الماسح على استخدام حزمة إلكترونية عالية الطاقة تصطدم بسطح العينة عمودياً، و من ثم يتم الكشف عن جميع الإشارات المنعكسة الصادرة من العينة باستخدام كواشف مختلفة. يتميز هذا المجهر بقدرته التكبيرية، و التي تصل إلى أكثر من نصف مليون مرة، و عليه فقد وجد هذا المجهر طريقه إلى جميع التطبيقات العلمية و في شتى مجالات العلوم، فبواسطة المجاهر الإلكترونية الماسحة الحديثة يمكن دراسة أسطح العينات و تركيباتها الدقيقة، و كذلك معرفة مكوناتها و المراحل التي مرت بها قبل التشكل، و كذا أصلها و تاريخها، و كذلك دراسة أحجام الجسيمات و الجزيئات و الميكروبات، و الكثير من التطبيقات الأخرى<sup>(6)</sup>.

### 3.3. تقنية التحليل بالتنشيط النتروني<sup>(7)</sup>:

يتلخص مبدأ عمل تقنية التحليل بواسطة التنشيط النتروني في جعل العينة المراد تحليلها نشطة إشعاعياً، و ذلك بتعرضها إلى تيارات نترونية، ثم التعرف على العناصر المشعة المتكونة من المركبات أو الشوائب الموجودة في العينة. يجري تحديد العناصر الموجودة في العينة تحديداً كفيماً من خلال تحديد أشعة غاما المميزة المنبعثة عن العينة المدروسة، كما يجري حساب تراكيز العناصر الموجودة في العينة كميًا من خلال قياس شدة النشاط الإشعاعي الذي يتناسب مع كمية العنصر المشع<sup>(8)</sup>.

## 4. نتائج القياسات المختلفة:

### 4.1. تحضير العينات:

سنجري دراستنا على عينات من رمل الكتبان لمنطقة ورقلة، المتواجدة في الجهة الجنوبية الغربية للمدينة، و بالضبط من منطقة محيرزة. لقد صنفنا العينات إلى:

- أ) العينة العامة: و هي عينة مأخوذة من رمل الكتبان الطبيعية كما هي دون إجراء أية معالجات فيزيائية أو كيميائية لها.  
 ب) العينات المفروزة: و هي عينات لرمل الكتبان نفسه، فرزت وفق الحجم أو اللون:  
 ب.1) الفرز وفق الحجم: تم بواسطة غراييل مختلفة الأقطار. الجدول (3) يوضح ذلك:

جدول (3): تقسيم العينات وفق أحجامها باستخدام الغربلة

رقم العينة	نوع العينة	أقطار حبيبات العينة (mm)
1	العينة العامة	الرمل كما هو
2	رمل	$D < 0.063$
3		$0.063 < D < 0.08$
4		$0.08 < D < 0.16$
5		$0.16 < D < 0.315$
6		$0.315 < D < 0.5$
7		$0.5 < D < 0.63$
8		$0.63 < D < 1.25$

ب.2) الفرز وفق اللون: لقد اكتفينا هنا بفرز العينة رقم 8 ذات الأقطار  $0.63 < D < 1.25$ ، و هذا للتباين الواضح في حبيباتها، ثم فصلت هذه الأخيرة وفق الألوان المرئية البادية عليها بواسطة ملقط يدوي إلى أربعة ألوان رئيسية هي: البنية أو الحمراء و البيضاء الشفافة و البيضاء الشائقة و السوداء أو الرمادية.

#### 2.4. نتائج تقنية (XRF):

تتطلب هذه التقنية مصادر لأشعة سينية أو أشعة غاما أولية تتفاعل مع المادة المدروسة لإحداث ظاهرة التفلور. تعد بعض المواد مثل مادة الحديد Fe و الكاديوم Cd مصادر لأشعة سينية، أما مادة الأمريسيوم Am فهي مصدر لأشعة غاما. تعدُّ المصادر المستخدمة في هذه التقنية يرجع إلى أن لكل مصدر مجال كشف خاصا به. فيما يلي نتائج التحليل الكمي و النوعي للعينة العامة:

جدول (4): نتائج تحليل العينة العامة

المصدر الأول	العناصر	Al	Si	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti
Fe	التركيز بـ mg/kg	41.58	397.06	84.32	7.92	(*)	5.22	119.16	(*)	0.02

المصدر الثاني	العناصر	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce
Am	التركيز بـ mg/kg	(*)	(*)	(*)	3.89	10.94	2.56	22.42

المصدر الثالث	العناصر	Cu	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Zn
Cd	التركيز بـ mg/kg	12.35	139.86	661.26	1.53	2.92	13.08	(*)

Ga	Ge	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Mo	Pb	Th	U
7.76	(*)	9.05	6.52	(*)	(*)	(*)	1.22	43.76	(*)	(*)

الإشارة (\*) تشير إلى وجود العنصر في العينة، إلا أننا لم نستطع حساب تركيزه بسبب نقص المعطيات.

أما نتائج التحليل النوعي للعينات الملونة فهي مجدولة فيما يلي:

جدول(5): نتائج تحليل العينات الملونة (تشير العلامة X إلى وجود العنصر في العينة، والخطانة الرمادية تشير إلى كُؤن التركيز ضئيلا جدا)

		المصدر الأول Fe												
العنصر العينة	العناصر	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Mo	Ba
	البنية	—	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
الشفافة	x	x	—	x	x	x	x	x	x	x	x	x	—	x
البيضاء	x	—	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	—	—
الأسوداء	x	x	x	—	x	x	x	x	x	x	x	—	x	x

		المصدر الثاني Am						
العينة \ العناصر	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	
	البنيّة	x	x	—	x	x	x	x
الشفافة	x	x	x	—	x	x	x	
البيضاء	x	x	x	x	x	x	x	
السوداء	x	x	x	x	x	x	x	

		المصدر الثالث Cd												
العينة \ العناصر	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	
	البنيّة	x	x	—	—	—	x	x	x	—	x	x	x	x
الشفافة	—	x	x	—	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
البيضاء	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
السوداء	—	x	x	—	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

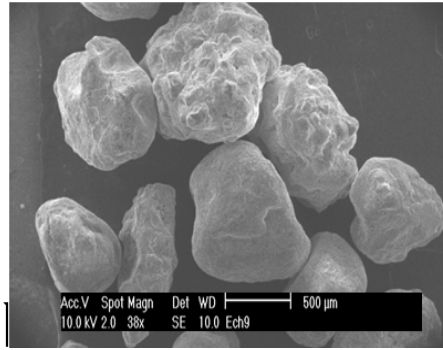
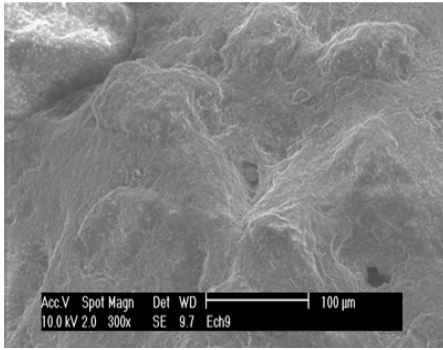
  

العينة \ العناصر	Ge	As	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ba	Pb	Th	U
	البنيّة	x	—	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x
الشفافة	x	x	x	x	x	x	x	—	x	x	x	x	x
البيضاء	x	—	x	x	x	x	x	x	—	—	x	x	x
السوداء	x	—	x	x	x	x	x	x	x	—	x	x	x

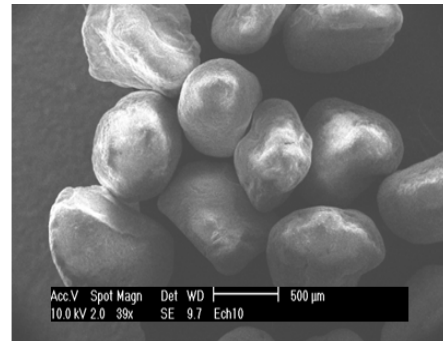
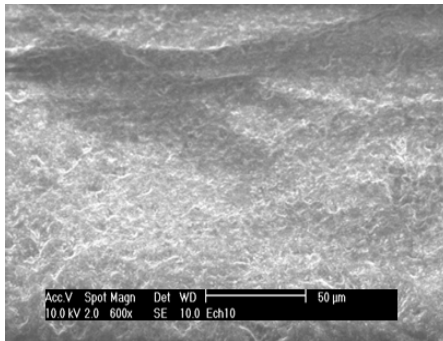
#### 3.4. نتائج تقنية المجهر الإلكتروني الماسح EDX و MEB:

يظهر التصوير بالمجهر الإلكتروني الماسح صورة لعينات من الرمل ذات ألوان مختلفة و كذا لأسطح بعض حبيباتها، كما يعطي

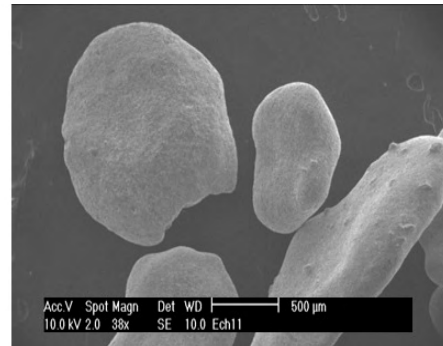
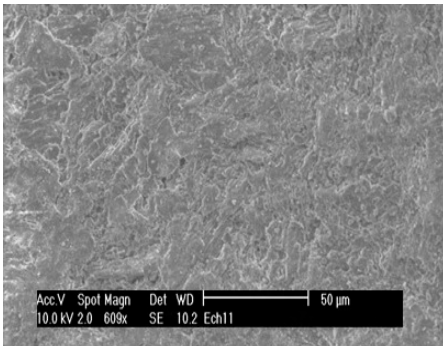
التحليل بتقنية EDX أهم مكونات هذه العينات و نسبها.



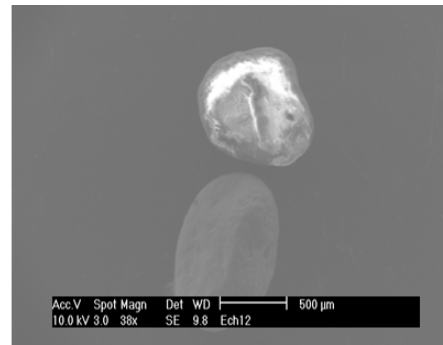
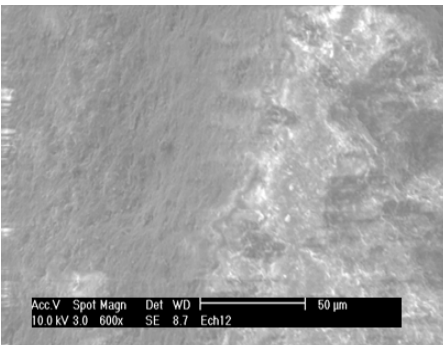
العينة البنية



العينة البيضاء الشفافة



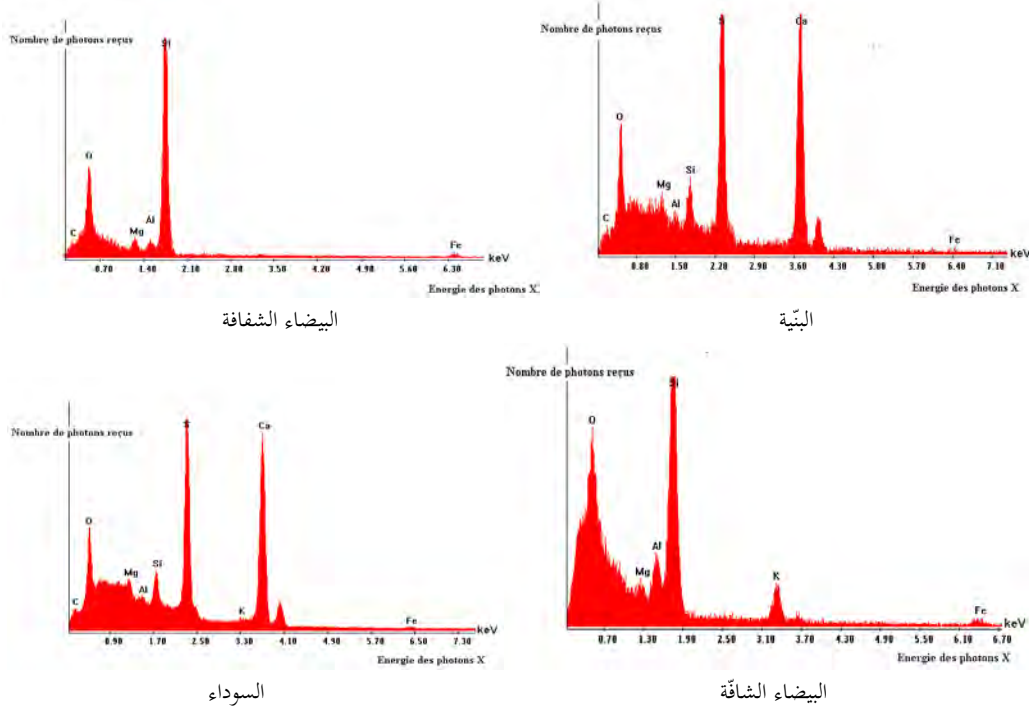
العينة البيضاء الشافة



العينة السوداء

الشكل 1: صور المجهر الإلكتروني الماسح لعينات من الرمل مختلفة الألوان و لسطوح إحدى حبيباتها

و فيما يلي نتائج التحليل النوعي لعينات من الرمل مختلفة الألوان.



الشكل 3: نتائج التحليل النوعي لعينات من الرمل مختلفة الألوان

أما التحليل الكمي فليُخص في الجداول التالية:

جداول (6): نتائج التحليل الكمي لعينات مختلفة الألوان

البيضاء الشفافة

العنصر الموجود	التركيز الكتلي %	التركيز الذري %
O	44.79	63.76
Mg	1.98	1.85
Al	0.91	0.77
Si	4.07	3.30
S	20.96	14.89
Ca	26.83	15.25
Fe	0.47	0.19
الإجمالي	%100.00	%100.00

البيّنة

العناصر الموجودة	التركيز الكتلي %	التركيز الذري %
O	43.64	57.86
Mg	3.05	2.66
Al	2.26	1.77
Si	48.79	36.85
Fe	2.26	0.86
الإجمالي	%100.00	%100.00

السوداء

العناصر الموجودة	التركيز الكتلي %	التركيز الذري %
O	40.59	55.48
Mg	2.35	2.12
Al	6.91	5.60
Si	41.70	32.46
K	6.19	3.46
Fe	2.26	0.88
الإجمالي	%100.00	%100.00

البيضاء الشاذة

العناصر الموجودة	التركيز الكتلي %	التركيز الذري %
O	43.79	62.83
Mg	1.82	1.72
Al	1.08	0.92
Si	4.07	3.33
S	21.51	15.40
K	0.22	0.13
Ca	27.04	15.49
Fe	0.48	0.20
الإجمالي	%100.00	%100.00



## 4.4. نتائج تقنية التحليل بواسطة التنشيط النيوتروني:

فيما يلي نتائج التحليل النوعي و الكمي لعينة من الرمل، هي العينة العامة، باستخدام تقنية التنشيط النووي.

الجدول (7): نتائج التحليل الكمي و النوعي للعناصر الموجودة في العينة العامة باستخدام تقنية AAN (ppm تعني غرام بالنسبة للطن)

العناصر	العينة العامة		العناصر	العينة العامة	
	$\rho$ (ppm)	$\Delta\rho$ (ppm)		$\rho$ (ppm)	$\Delta\rho$ (ppm)
<b>Ca</b>	3054	100	<b>Hf</b>	0.59	0.05
<b>K</b>	1300	148	<b>Sm</b>	0.53	0.02
<b>Fe</b>	867	24	<b>Co</b>	0.43	0.03
<b>Na</b>	155	7	<b>As</b>	0.41	0.02
<b>Ba</b>	44.8	2.8	<b>Cs</b>	0.30	0.02
<b>Zr</b>	18.6	1.9	<b>Sc</b>	0.27	0.01
<b>Ce</b>	5.2	0.7	<b>U</b>	0.20	0.01
<b>Cr</b>	4.4	0.2	<b>Yb</b>	0.20	0.01
<b>Rb</b>	4.3	0.4	<b>Mo</b>	0.12	0.01
<b>La</b>	3.7	0.1	<b>Eu</b>	0.104	0.009
<b>Nd</b>	3.6	0.3	<b>Ta</b>	0.08	0.02
<b>Zn</b>	2.7	0.2	<b>Tb</b>	0.067	0.006
<b>Th</b>	0.68	0.03	<b>Sb</b>	0.055	0.004
<b>Br</b>	0.62	0.09	<b>Lu</b>	0.031	0.003

## 4.5. خلاصة نتائج القياسات:

بعد عرض نتائج التحليل المتحصل عليها بالتقنيات المختلفة، يمكننا تلخيص مكونات رمل كتبان منطقة ورقلة كلها في جدول

واحد، الجدول (8)، كما يلي:

الجدول (8): العناصر الموجودة في رمل كتبان منطقة ورقلة مع بعض تراكيزها

العناصر		التركيز	العناصر		التركيز
الإسم	الرمز	mg/kg	الإسم	الرمز	mg/kg
<a href="#">الكالسيوم</a>	<b>Ca</b>	3054	<a href="#">الساميريوم</a>	<b>Sm</b>	0.53
<a href="#">البوتاسيوم</a>	<b>K</b>	1300	<a href="#">الكوبالت</a>	<b>Co</b>	0.43
<a href="#">الحديد</a>	<b>Fe</b>	867	<a href="#">زرنيخ</a>	<b>As</b>	0.41
<a href="#">المنغنيز</a>	<b>Mn</b>	661.26	<a href="#">سيزيوم</a>	<b>Cs</b>	0.30
<a href="#">السيليكون</a>	<b>Si</b>	397.06	<a href="#">السكانديوم</a>	<b>Sc</b>	0.27
<a href="#">الصوديوم</a>	<b>Na</b>	155	<a href="#">اليورانيوم</a>	<b>U</b>	0.20

<a href="#">الكبريت</a>	<b>S</b>	84.32	<a href="#">يتيربيوم</a>	<b>Yb</b>	0.20
<a href="#">باريوم</a>	<b>Ba</b>	44.8	<a href="#">الموليبدينوم</a>	<b>Mo</b>	0.12
<a href="#">الرصاص</a>	<b>Pb</b>	43.76	<a href="#">يوروبيوم</a>	<b>Eu</b>	0.104
<a href="#">الألمنيوم</a>	<b>Al</b>	41.58	<a href="#">التانتاليوم</a>	<b>Ta</b>	0.08
<a href="#">الزركونيوم</a>	<b>Zr</b>	18.6	<a href="#">تيربيوم</a>	<b>Tb</b>	0.067
<a href="#">النيكل</a>	<b>Ni</b>	13.08	<a href="#">الأنتيموني</a>	<b>Sb</b>	0.055
<a href="#">النحاس</a>	<b>Cu</b>	12.35	<a href="#">اللتيتيوم</a>	<b>Lu</b>	0.031
<a href="#">الكلور</a>	<b>Cl</b>	7.92	<a href="#">التيتانيوم</a>	<b>Ti</b>	0.02
<a href="#">الجالسيوم</a>	<b>Ga</b>	7.76	<a href="#">الأرغون</a>	<b>Ar</b>	-
<a href="#">سيريوم</a>	<b>Ce</b>	5.2	<a href="#">الكربون</a>	<b>C</b>	-
<a href="#">الكروم</a>	<b>Cr</b>	4.4	<a href="#">الجيرمانيوم</a>	<b>Ge</b>	-
<a href="#">الروبيديوم</a>	<b>Rb</b>	4.3	<a href="#">الإنديوم</a>	<b>In</b>	-
<a href="#">لانثانيوم</a>	<b>La</b>	3.7	<a href="#">الماجنيسيوم</a>	<b>Mg</b>	-
<a href="#">نيوديميوم</a>	<b>Nd</b>	3.6	<a href="#">الأكسجين</a>	<b>O</b>	-
<a href="#">الزنك</a>	<b>Zn</b>	2.7	<a href="#">الفوسفور</a>	<b>P</b>	-
<a href="#">النيوبيوم</a>	<b>Nb</b>	0.9	<a href="#">التيين</a>	<b>Sn</b>	-
<a href="#">الثوريوم</a>	<b>Th</b>	0.68	<a href="#">السترونيوم</a>	<b>Sr</b>	-
<a href="#">البروم</a>	<b>Br</b>	0.62	<a href="#">الفاناديوم</a>	<b>V</b>	-
<a href="#">الهافنيوم</a>	<b>Hf</b>	0.59	<a href="#">الإيتريوم</a>	<b>Y</b>	-

## 5. خلاصة:

لقد استخدمنا ثلاث طرق لتحليل عينات من رمال الكشبان لمنطقة ورقلة، و عرفنا من خلال ذلك معظم مكونات هذا الرمل، و هي ما يقرب من خمسين عنصرا، إلا أن معظمها ذو تركيز ضئيل جدا، باستثناء بعض العناصر، و أهمها السيلسيوم Si و الكالسيوم Ca و البوتاسيوم K و الحديد Fe و المنغنيز Mn، فقد وُجدت بتراكيز عالية، و بتراكيز أقل منها الصوديوم Na و الكبريت S و الكروم Cr و الأكسجين O، و بتراكيز أضال الألمنيوم Al و الباريوم Ba و السيريوم Ce و المغنيزيوم Mg، و أخرى تكاد تكون معدومة.

لقد تمكنا أيضا من عزو ألوان حبيبات الرمل إلى بعض العناصر الموجودة فيها؛ فالحبيبات البنية اللون تحتوي على السيلسيوم Si بكميات كبيرة نوعا ما، و على الحديد Fe بكميات معتبرة. أما البيضاء الشفافة فهي تحوي أساسا الكالسيوم Ca و الكبريت S بكميات كبيرة، فإذا كانت غير شفافة فإن ذلك يدل على وجود البوتاسيوم K بتركيز قليل. إذا كانت الحبيبات رمادية أو سوداء فإنها تحتوي على السيلسيوم Si و الأكسجين O بكمية كبيرة، و على البوتاسيوم K بكمية معتبرة.

من خلال ما سبق يمكننا القول أن الرمال تعتبر مصادر طبيعية للعديد من المواد المهمة، و خاصة مادة السيلسيوم Si، و التي تكون بوفرة في حبيبات الرمل البنية و السوداء.

نشير أيضا إلى أن رمال الكثبان بمنطقة ورقلة تحوي بعض العناصر الثقيلة، و هي على الرغم من قِلَّتْها تُعتبر مهمة، بحيث تكون في معظم الأحيان مواد مشعة، و كمثال على ذلك البوتاسيوم K و الروبيدوم Rd و سلسلتا العناصر المشعة المتولدة من تحلل اليورانيوم U و الثوريوم Th و لانتنيوم La، و التي تم الكشف عنها خلال هذه الدراسة.

#### تشكرات:

يدخل هذا العمل ضمن نشاطات البحث التي يقوم مخبر فيزياء الإشعاع و البلازما و فيزياء السطوح (LRPPS)، بقسم علوم المادة بجامعة ورقلة.

نتقدم بالشكر الجزيل لمخبر استغلال و تسمين المصادر الطبيعية في المناطق الجافة (EVRNZA)، لما قدموه لنا من تسهيلات في استغلال بعض ما لديهم من تجهيزات مخبرية.

نتوجه أيضا بالامتنان إلى كل عمال مركزي البحث النووي بالجزائر (CRNA) و ببيرين (CRNB)، خاصة أولئك الذين عملنا معهم على إجراء القياسات، و ذلك على تمكينهم إيانا من استخدام ما لديهم من تجهيزات و أدوات قياس، و كذا على ما قدموه لنا من عون علمي و تقني.

#### المراجع

- [1] <http://www.geologyofmesopotamia.co> (consulté le 21 Mars 2012).
- [2] Youcef Touil, Samir Taha, Rachid Issaadi, Abdelatif Amrane; ‘‘Pilot plant for wastewater treatment involving septic pit and biological filtration on sand of dunes of the Algerian Sahara’’; Desalination and Water Treatment, **10**, pp 148- 152 (2009).
- [3] <http://www.kenanaonline.net> (consulté le 30 Mars 2012).
- [4] <https://docs.google.com> (consulté le 02 Mai 2012)
- [5] "خواص و اختبارات التربة"، المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، ص 27، المملكة العربية السعودية (2005)
- [6] <http://www.arabency.com> (consulté le 17 Mai 2012 ).
- [8] ف.س. يميليانوف ، "الموسوعة الموجزة في الطاقة الذرية"، دار النشر الخاصة بالموسوعة السوفيتية الكبرى، موسكو (1958)
- [7] Slamene Hocine ; ‘‘Rapport de synthèse pour confirmation, N° 4: CRNB, 03 Octobre 2009.