مجلة الرواق للدراسات الاجتماعية والإنسانية | ISSN: 2437 - 0363 EISSN2602-6767 | المجلد 08/ العدد: 01 (2022)، ص 1396- 1413

التطبيقات التكنولوجية المستخدمة في تحليل المقتنيات المعدنية:دراسة تجريبية

Technological applications used in the analysis of metalic objects: an experimental study

فايزة براهيمي[1*]

[1] جامعة تلمسان - الجزائر-khawlaaoun@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2022/01/22 تاريخ القبول: 2022/04/03 تاريخ النشر: 2022/06/01

ملخص:

تعد عملية التحليل للمواد الأثرية و التاريخية أحد الإجراءات الأساسية في التعرف على طبيعة الأثر وطريقة تصنيعه الفنية والتكنولوجية فضلا عن تقييم حالته و تشخيص الأضرار و الملوثات الملتصقة بالأثر نتيجة العوامل البيئية المختلفة . يحتاج التراث الأثري إلى نظام وخطوات دقيقة من الدراسات والمقترحات المشابهة لتلك المنهجية المستخدمة في حقل الطب من حيث إجراء أعمال التشخيص والعلاج والمتابعة المدعمة بالبحوث والمعلومات، وتحديد مسببات التلف. تهدف هذه الدراسة البحثية إلى إبراز أهمية الفحوصات المخبرية في كشف الأضرار ومحاولة تقييم مختلف النشاطات البحث في مجال التكنولوجيا ودورها في لحفاظ على ا لتراث الأثري.

كلمات مفتاحية:التحليل.، التلف.، المعدن.،الملوثات.، الميكروسكوب الالكتروني الماسح.

Abstract:

The process of analyzing archaeological and historical materials is one of the basic procedures in identifying the nature of the antiquity and its technical and technological method of manufacture, as well as evaluating its condition, and diagnosing the damage and pollutants attached to the impact as a result of various environmental factors. The archaeological heritage needs a system and precise steps of studies and proposals similar to the methodology used in the field of medicine. This research study aims to highlight the importance of laboratory tests in detecting damage and trying to evaluate the various research activities in the field of technology and its role in preserving archaeological heritage.

Keywords*; .Analysis;damage ;metal; pollutants ; scanning electron microscope***.**

*المؤلف المرسل

1.مقدمة:

تؤدي التكنولوجيا الحديثة من فحوص وتشخيص وترميم دورا بارزا في الحفاظ على التراث الأثري و التي لا يمكن إنكار فوائدها في تسجيل و معالجة و تحليل وعرض المعطيات اللازمة بحسب حالة الأثر ونوعه وأهمية المعلومات المطلوبة . يتعرض التراث الأثري إلى كل أنواع التلف الناجمة عن الإهمال وما يترتب علية من زيادة في حجم تأثير عوامل التلف المختلفة وإحكام قبضتها على المقتنيات والمنشات العمرانية،لذا سعت المعاهد الأكاديمية المتخصصة إلى توظيف والاستعانة بالعلوم والتقنيات الحديثة القائم على الدراسات النظرية و التطبيقات العملية، ومنه فان نجاح أي مشروع ترميم أو صيانة **يعتمد على التعاون بين التخصصات العلمية و هو ما يعرف** système **multidisciplinaire والذي سيفتح أفاق جديدة في حفظ التراث الأثري من الضياع.**

غالبا ما يواجه مرمي الآثار و المحافظون أعقد المشاكل مثل تلوث الهواء و الغبار والغازات التي تؤثر على حالة الأثر، لذا تخضع العديد من المواد إلى التحليل الدقيق وهي أول خطوة تواجه المتخصصين عند البدء في إعداد خطة الصيانة، و هو ما أكد عليه مؤتمر نيروبي وميثاق فينسيا في المادة 10 بضرورة استخدام العلوم التقنية المتقدمة بغرض صيانة وترميم الآثار.

تعد طرق الترميم و الصيانة متعددة و متغيرة بتعدد وتغير المواد الأولية و الأدوات والأجهزة و قد تتطور هذه المواد عام بعد عام تبعا لتكنولوجيا الحديثة و ما تقدمه الهيئات العلمية من بحوث جادة في مجال الحفظ والترميم . تتنوع طرق الفحص مثل الفحص بالنظر، اللمس، التصوير والتكبير، استخدام أشعة مختلفة (سينية، تحت حمرا ...)، قياسات الرطوبة، محتوى الأملاح، فحوص ميكانيكية (متانة، كثافة، ناقلية...)، مجهرية (تحديد بنية الأثر...) كيميائية (البنية الدقيقة للأثر)، وكذا استخدام تقنية النانو التي أثبتت كفأتها في مجال التنظيف و في تقوية المواد ،وعموما

فان أهمية التحاليل والفحوص تمكن من الحصول على دراسة شاملة عن الأثر من حيث التركيب الكيمائي والفيزيائي والكشف عن مظاهر التلف والمشاكل الموجودة به ، و ذلك بغية اقتراح حلول ناجعة وفعالة من أجل القضاء على التلف أو إيقافه من دون المساس بالمادة الأصلية أو التسبب في مشكلة إضافية ، كما تساعد في الاختيار الأمثل لمواد الترميم لغرض الحفاظ على أصالته وتقديمه للأجيال القادمة في أحسن صورة وحتى يكونوا فكرة واضحة عن حضارتهم السابقة. ومن هنا تنبثق الإشكالية ماهو دور وفعالية العلوم الحديثة في صيانة و حفظ التراث الأثري؟ و ماهي النتائج المتوصل إليها من خلال هذه التطبيقات؟.

2.مراحل التسجيل والتشخيص و التحليل:

إن المنهج الوقائي لصيانة القطع الأثرية يقترح منهج تدخلي يضم مراحل أساسية وضرورية لتفادي التلف فمرحلة التحليل و الاختبار هي المرحلة الأولية و الضرورية قبل القيام بأي تدخل على القطع سواء في رد الاعتبار لها أو في الصيانة الوقائية ويمكن تلخيص هده الأعمال التطبيقية في مراحل متميزة من مراحل الصيانة و الترميم فيمايلي:

- في كل أعمال الترميم والصيانة يجب أولا القيام بعملية التسجيل والتشخيص والتوثيق الدقيق والتفصيلي وعمل تقارير موضحة بالرسومات والصور الفوتوغرافية قبل و بعد التدخلات.
- الوصف التسجيلي من كسور أو تلف أو أجزاء ناقصة أو رواسب أو بقع وأماكنها وهل حالته جيدة أم سيئة وهل تعرض لعمليات ترميمية من قبل .
- . وثاني عملية هي الفحوص والتحليلات والتوثيق قبل وضع خطة الصيانة المناسبة للأثر.

- تقييم الأضرار التي تعرضت لها القطع أ و الأضرار التي تهددها مستقبلا في محيطها الجديد من خلال تحديد خصوصياتها الفيزيوكيميائية والميكانيكية. (ابراهيم، صفحة 84).
- . تطبيق المعالجة المناسبة،حيث تعد عملية التنظيف أهم مراحل العلاج والصيانة التي يستخدم فيها المرمم التقنيات المختلفة على حسب طبيعة الملوثات و تتم عملية التنظيف الميكانيكي لإزالة المواد الصلبة الملتصقة بالأثر أو باستخدام مواد التنظيف ر الكيميائي التدعيم والترميم .Thomas(S, 2000, pp) (40-50.
- .تحديد المناهج والوسائل الوقائية الملائمة التي تضمن صيانتها على المدى البعيد .

2.تقنيات الفحص المخبري :

يمكن تصنيف وسائل التحليل من خلال عمليتين أساسيتين هما :

- **بأخذ عينة من القطعة**: وهي طريقة من التحليل تعتمد بنزع جزء من العيينات ويستعان به للكشف عن طبقات التآكل.

- **أو بدون اخذ عينة** : هذه الطريقة تعتمد على التحليل المباشر على العيينات ،فهي طريقة جيدة في دراسة مجمل القطع الأثرية دون التأثير على خصوصيتها.

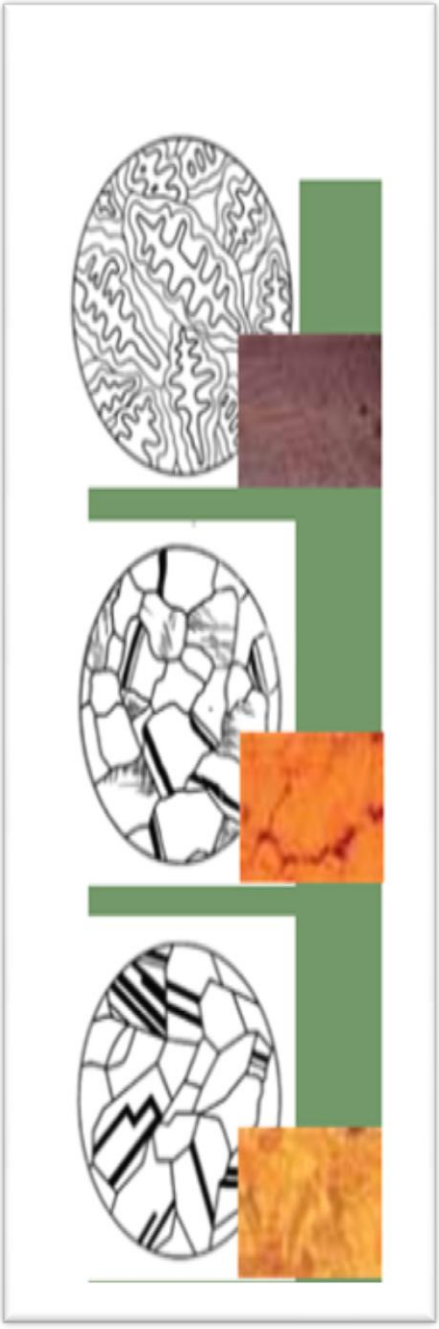
✓ أو يكون حسب نوع التحليل ويكون إما :

- **إما نوعي**: الكشف عن نوع العناصر أو المركبات التي تحتويها العينة .

- **أو كمي**:وهو يكشف عن كمية العناصر و الأصناف الكيمائية التي تحتويها العينة ،وتعرف بالنسبة المئوية % أو جزء من المليون(ppm) .Whiffen(D-H), 1971, p) (11.

3.الوصف المجهري للمعادن:

مجرد أن تصبح العينة جاهزة ، فإن المجهر البصري يجعل من الممكن ملاحظة اختلاف طرق التعدين métallurgie و العلاجات المختلفة التي يخضع لها المعدن أثناء تصنيعه أو استخدامه و يمكن تمييز ثلاثة حالات :



- **حالةالخام المصبوب في القالب L'état brut de coulée:**في حالة التبريد تبدأ السبائك بتصلب حينها يصبح المعدن يشبه الشجرة Arborescenteكما هو موضح في الشكل ويتم تحديد هذه الحالة تحت المجهر بتشكل بلورات تشبه شجرة الصنوبر وتسمى بالتغصناتdendritiques »

- **الحالة المشوهةL'état déformé**

عندما يخضع الجسم المعدني للمعالجة الميكانيكية على سبيل المثال المطرقة ، تختلف البنية المجهرية للمعدن عن الخام المصبوب و يتم تحديد هذه الحالة لتشوه تحت المجهر فهي تمثل "التشوهات في ترتيب طبقات الذرة les macles mécaniques اوهي بلورات ذات اتجاهات مختلفة ذات خطوط دقيقة.(https://www.researchgate.net, 2012)

- **الحالة الصلبةL'état recuit**

عندما يخضع الجسم المعدني للمعالجة الحرارية عند ملامسته لمصدر حراري ، يعاد بلورة المعدن

فتتكون مجموعة من الحبيبات يفصل بينها ما يسمى " بوصلة الحبيبات (VEGA(E), 2004)joint de grains.

3.مبادئ التحليل المخبري وأهدافه:

قد تكشف التحليلات التي يقوم بها المرمم عن معلومات ستضاف إلى التوثيق الأثري بفضل النتائج المتحصل عليها و الإجابة عن جميع أنواع الأسئلة المطروحة التي كانت دراستها وحتى التعرف عليها صعبة أو مستحيلة بسبب حالتها التي كانت عليها حين استخراجها من موقعها الأثري ومنه يمكن تحديد هذه الأهداف في النقاط التالية:

-التشخيص الدقيق للأضرار والعلل اللاحقة باللقى الأثرية. من تلف كيميائي وفيزيائي ، بيولوجي ،ميكانيكي و تبين حجمها، و مراحل تطورها قصد اقتلاع الضرر من جذوره و ليس علاج سطحه فحسب.

-ضبط التركيبة المجهرية لخام اللقى الأثرية أي الغوص والنفاذ إلى عمق الخلية بالنسبة لمواد الخام العضوي، ونظيرتها النواة ،أو الجزيء بالنسبة للمواد غير العضوية.

- تحديد علاقة اللقى بالمحيط(وسط الحفظ ، و التخزين،، أوالد فن)و ضرورة تحديد قنوات التفاعل بينهما ، و حجم التأثير، و التأثر الحاصل بينهما.

-ضبط نوع وأسلوب العلاج المناسب للأضرار والعلل المشخصة.(مروان، 2007، الصفحات 62-63)

--معرفة مظاهر التآكل (عام، ممركز أو سطحي).

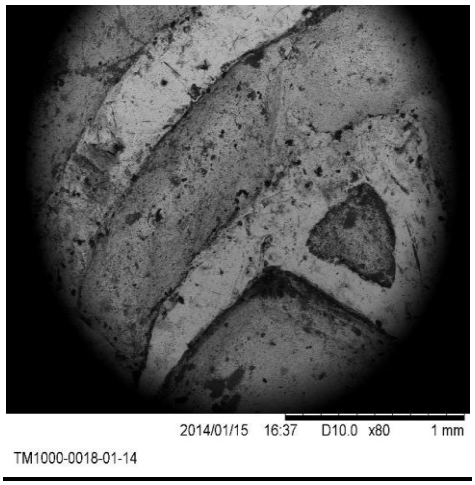
-تمييز نواتج التآكل السطحية خاصة الكلوريرات.

4.التركيب الكيمائي:

لتحديد تكوين السبائك المعدنية ، يتم استخدام المجهر إلكتروني الماسح.MEB يتم الحصول على الصورة نقطة تلو الأخرى ، ما بين 6 إلى 10 نانومتر،و هذا الفحص المجهري يسمح بتكبير أعلى والحصول على التركيب الكيميائي للعينة ، إذا ما اقترنت بنظام تحليل الأشعة السينية.(https://www.researchgate.net, 2012)

5.التطبيق العلمي على بعض النقود المحفوظة في متحف تلمسان:

إن المواد الأثرية أي كانت طبيعتها لديها العديد من الدلائل المفيدة لدراستها وعلى وجه الخصوص تحديد التركيب الكيمائي للمواد ومصدرها ' وطرق التصنيع و التغييرات والتعديلات التي تعرضت لها التحفة عبر الزمن ، تستخدم لهذا الغرض من الدراسات طرق ووسائل تحليلية متطورة على نحو متزايد الذي يعتمد بالدرجة الأولى على أساليب غير مدمرة non destructive تحفظ للأثر طابعه التاريخي و الأثري. وللوصول إلى مصداقية النتائج تم أخذ ثلاث عينات من النقود من متحف تلمسان تعود لعصور مختلفة ،قطعتين من الفترة الرومانية ، وقطعة نقدية من الفترة الموحدية ،حيث تم فحصها و تحليلها والوقوف على مكوناتها و الحالة التي وصلت إليها بواسطة المجهر الالكتروني الماسح microscope électronique balayage(MEB)المزودة بوحدة تشتيت الطاقة EDX هذه التقنية تسمح بإرسال إشعاع متسارع un faisceau accélérer من(1الى15.0)(KV) من الالكترونات على القطعة ،هذا الإشعاع يسمح بإبراز صور في غاية من الدقة ، ومن فوائدها الكشف عن العناصر والسبائك المعدنية(lakhdar, 2007, p. 126) وتحديد المواقع غير المتجانسة (Faerber(J), 2004) ،مع تحديد طرق التصنيع للمادة، والعمل على الكشف الداخلي للعينات لتمكن في الأخير من تشخيص حالة المادة وطبيعة التآكل إن كان نشطا أو خامدا (الصورة1).

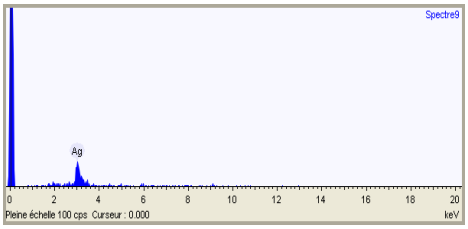


Détails de spectre

Projet : Archéologie

Nom du spectre : Spectre9 : Argent 1 mm

Temps d'acquisition	10.0
Temps de mise en forme	4
Tension d'accélération (kV)	15.0

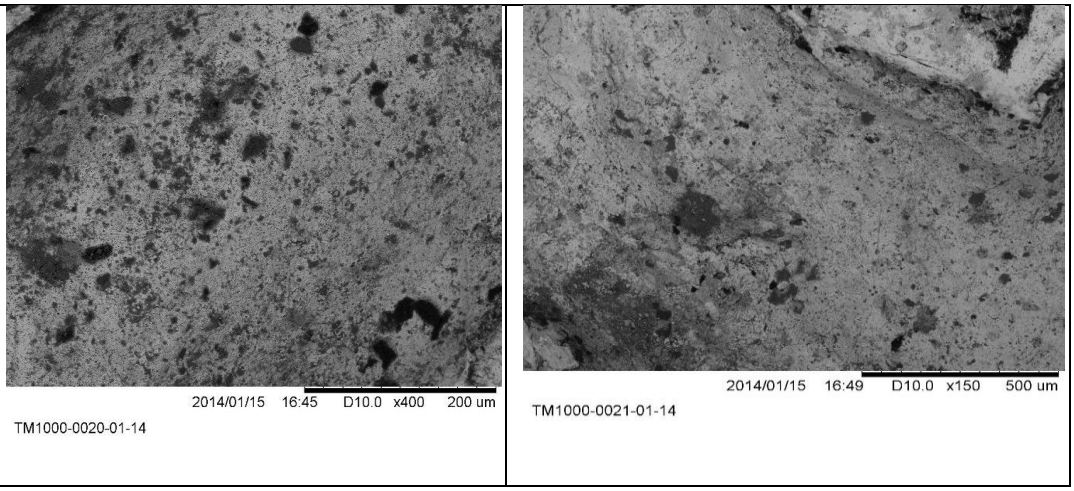


الصورة 1:المجهر الالكتروني الماسح نقلا Geuboub lahdar salim

1-5النتائج والمناقشة

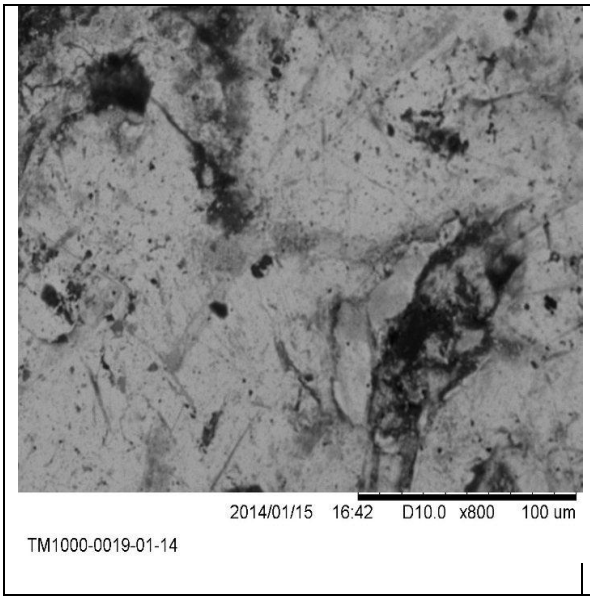
القطعة النقدية الفضية الأولى (الفترة الموحدية)مخبر

أثبتت التحاليل التي أجريت على القطعة النقدية على نتائج هامة من بينها التركيبة الكيمائية للمادة فهي مكونة من الفضة الخالصة بدون احتوائها على سبائك أخرى و التي قدرت ب 100%. أما بالنسبة للبقع السوداء التي وجدت على سطح العينة وكذا الشقوق والانكسارات يمكن تفسيرها وإرجاعها إلى طرق التصنيع القديمة في اختلاف درجات الحرارة عند عملية الصب (تبريد المعدن في البوتقة خلال عملية ملأ القوالب) في درجة حرارة 962درجة،وعليه تصبح بعض المناطق غير متجانسة عن بقية المراكز الأخرى (organique catalyse, 2017).



أما البقع السوداء التي تظهر في الصورة يمكن تفسيرها هي الأخرى على إنها عبارة عن أوساخ (ملوثات) ، ولتقرب أكثر من طبيعة هذه الأوساخ تم تكبيرها من 500 إلى 200 وانتهاء ب100 ميكرون ،تم الكشف على أن عناصر السطح تصبح غير متجانسة أو تصبح النتوءات أكثر وضوحا، كما وضحت نتيجة الفحص أيضا على وجود مادة الكلور الذي قدر بنسبة 14.5% فكمية الكلور هي نتيجة التفاعلات الذي حدثت بين الفضة و ايونات الكلوريد التي مصدرها مياه البحر على سبيل المثال ، ولكن على الأرجح إن التفاعلات ربما تعود إلى وسط الدفن نتيجة الرطوبة النسبية العالية تحولت هذه الأخيرة إلى ناقل أساسي للأملاح المعدنية الموجودة في التربة ، ونتيجة الاحتكاك المستمر بين الطرفين أدى حتما إلى التصاق الأملاح بالأثر ، غير إن هذه التفاعلات قد تسبب درجات مختلفة من الأكسدة والسواد الناجم بفعل الإضاءة. (organique catalyse, 2017)

القطعة النقدية الثانية (الفترة الرومانية)



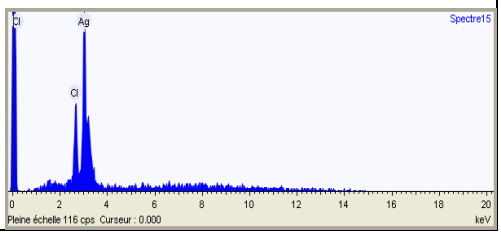
Détails de spectre

Projet : Archéologie

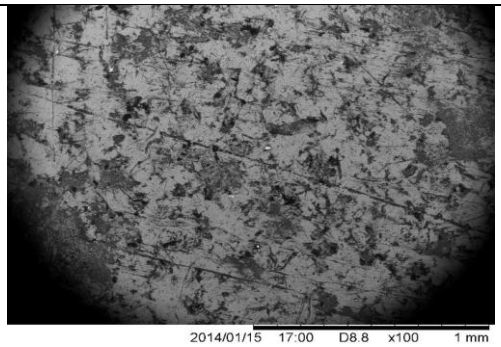
Nom du spectre : Spectre15 Ag 500 µm

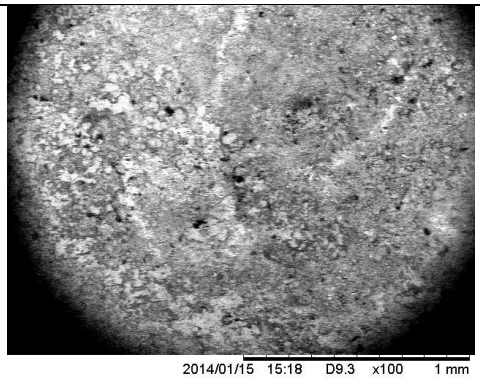
Conditions d'acquisition

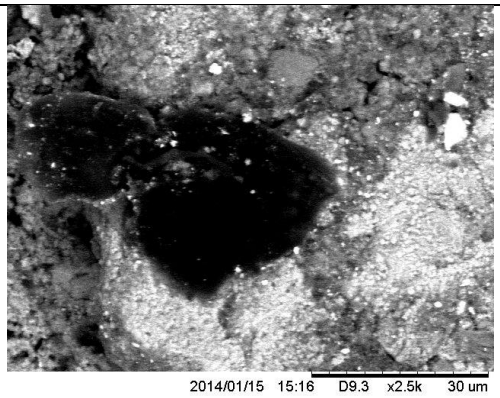
Temps d'acquisition	10.0
Temps de mise en forme	4
Tension d'accélération (kV)	15.0

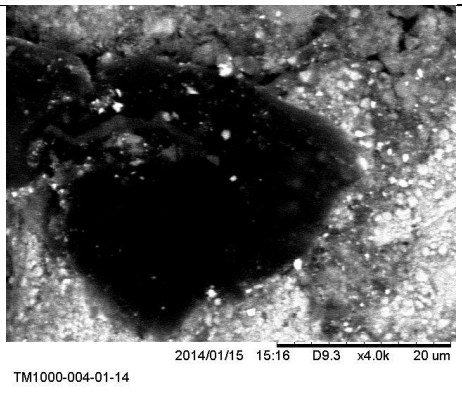


تمثل التحاليل التي أجريت على هذه القطعة على أنها مشكلة من النحاس فقط بنسبة 93.1% كما تشكلت على سطحها بقع سوداء و بيضاء كما هو موضح، وهي عبارة عن رسوبيات dépôt أو بعض المواد الكيمائية التي اندمجت عبر الزمن مع القطعة والتي يمكن تفسيرها هي الأخرى إلى وسط الدفن و هو ما تفرضه العناصر الكميائية المتواجدة في التربة التي تكون على الحالة المنحلة و في ملامسة السطح المعدني ، وكذا طرق التصنيع التي اكتسبتها القطعة أثناء و بعد عملية التصنيع و التي سوف تؤثر مباشرة على طبيعة المعدن في الوسط . أو يمكن إلى الملوثات الغازية أو السائلة التي يمكن أن تتشكل على سطح المادة.

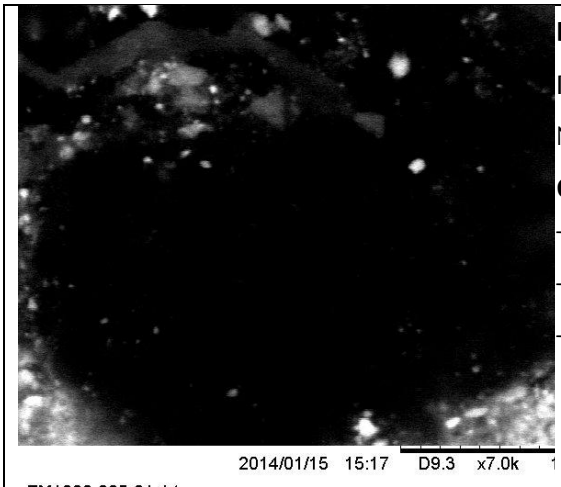








أما البقع السوداء فقد عمد إلى تكبيرها وتقريبها إلى عدة مستويات لمعرفة مكوناتها ،فبينت التحاليل الأولى بالإضافة إلى تواجد النحاس إلى كمية من السلسيوم قدرت ب 6.9% أما تحول لونها إلى اللون الأسود فهو بفعل الزمن.(organique catalyse, 2017)



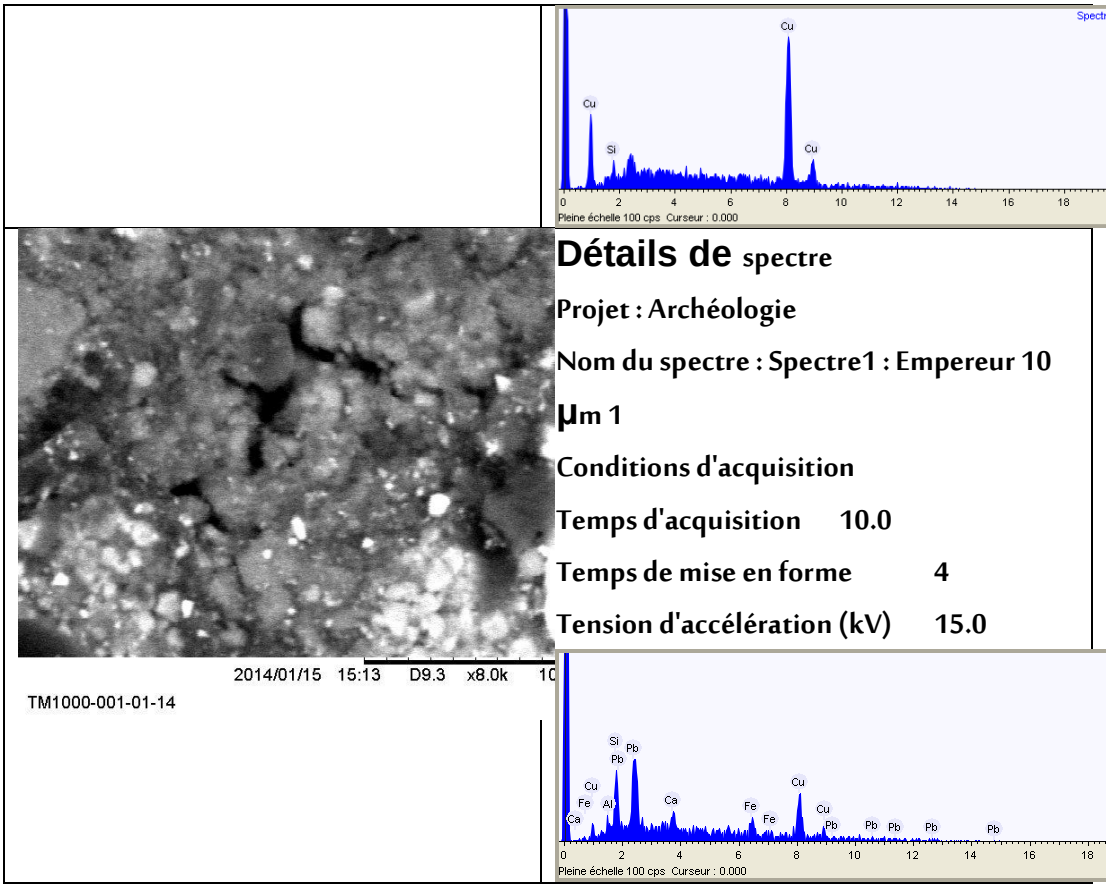
Détails de spectre

Projet : Archéologie

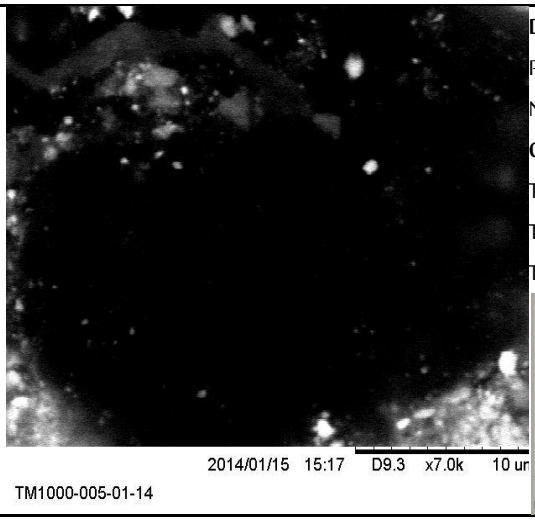
Nom du spectre : Spectre19 Empereur

Conditions d'acquisition

Temps d'acquisition	10.0
Temps de mise en forme	4
Tension d'accélération (kV)	15.0



أما المستوى الثاني من التكبير على نحو(10ميكرون 2) أثبت النتائج على تواجد مكونات أخرى كالسيلسيوم ، و الكالسيوم،و النحاس ، و الرصاص ، بنسب مختلفة كماهو موضح ، أما المستوى الثالث من التكبير على نحو (10ميكرون 3)تبين على أن مختلف البقع ما هي إلا ملوثات والتي تمثل مواضع ضعف بالنسبةللمعدن،فيما تختلف التركيبات من مكان إلى أخر.



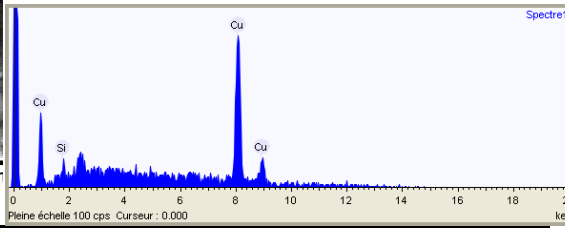
Détails de spectre

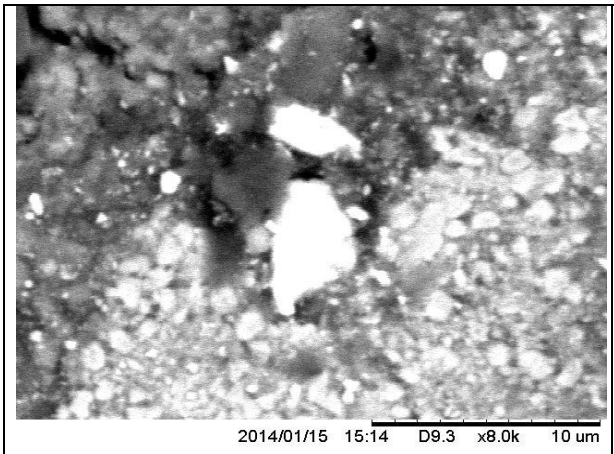
Projet : Archéologie

Nom du spectre : Spectre19 Empereur

Conditions d'acquisition

Temps d'acquisition	10.0
Temps de mise en forme	4
Tension d'accélération (kV)	15.0





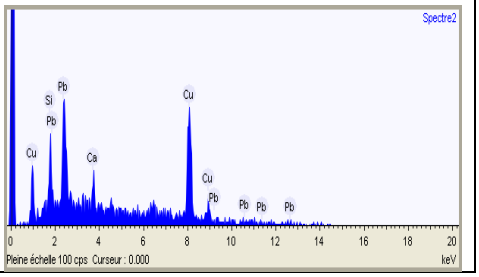
Détails de spectre

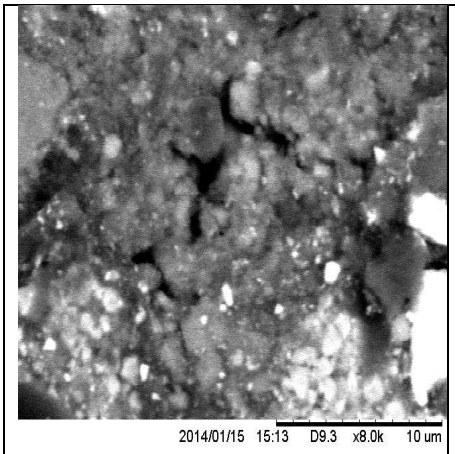
Projet : Archéologie

Nom du spectre : Spectre2 : Empreur 10 µm 2

Conditions d'acquisition

Temps d'acquisition	10.0
Temps de mise en forme	4
Tension d'accélération (kV)	15.0





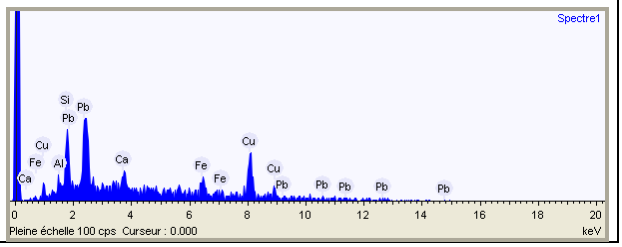
Détails de spectre

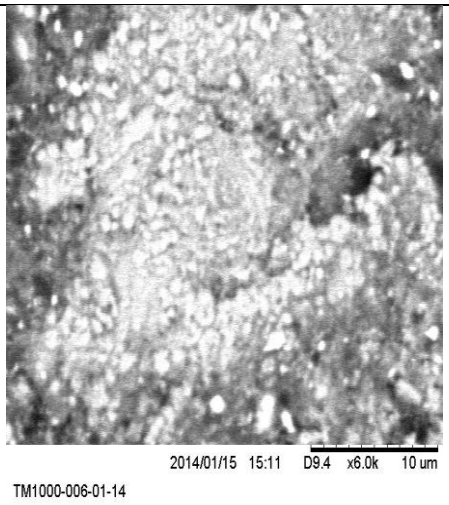
Projet : Archéologie

Nom du spectre : Spectre1 : Empereur 10 µm 1

Conditions d'acquisition

Temps d'acquisition	10.0
Temps de mise en forme	4
Tension d'accélération (kV)	15.0





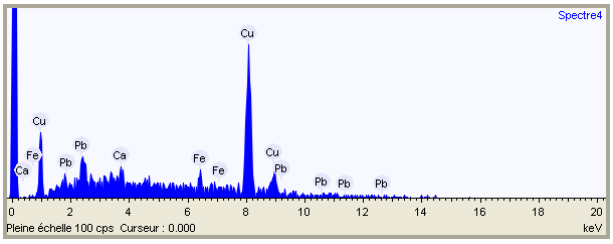
Détails de spectre

Projet : Archéologies

Nom du spectre : Spectre 4 : Empereur 10 um 3

Conditions d'acquisition

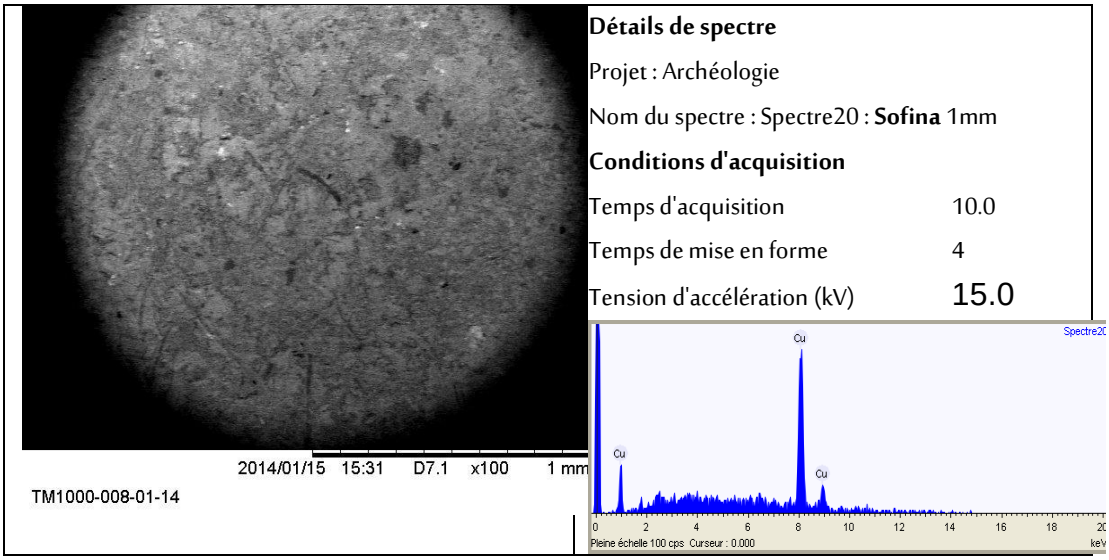
Temps d'acquisition	10.0
Temps de mise en forme	4
Tension d'accélération (kV)	15.0



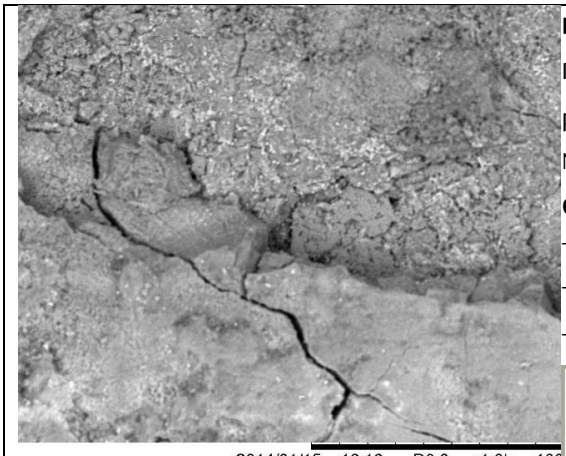
كما أظهرت تحاليل EDX على وجود العديد من العناصر الكيمائية الكالسيوم والحديد، والرصاص والسيلسيوم ، و الألمنيوم ،وعليه فوجود هذه العناصر المختلفة وفي مواقع مختلفة ما هي إلا ملوثات كما هو موضح.(organique catalyse, 2017)

كما يمكن تفسير وجود الكالسيوم ، و السليسيوم ،و كذا الألمنيوم من خلال اتصال القطعة النقدية بالرمل أو التراب في وسط الطمر ، أو يمكن تشخيصه إلى التفاعل بين المعدن و القوالب التي عادة ما تصنع من هذه المواد .

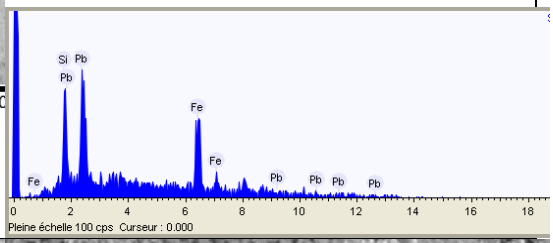
أما الحديد و الرصاص يمكن تواجدهما على القطعة بسبب ظروف التخزين للقطع في صناديق التي تتكون أساسا من هذه المواد .(organique catalyse, 2017)

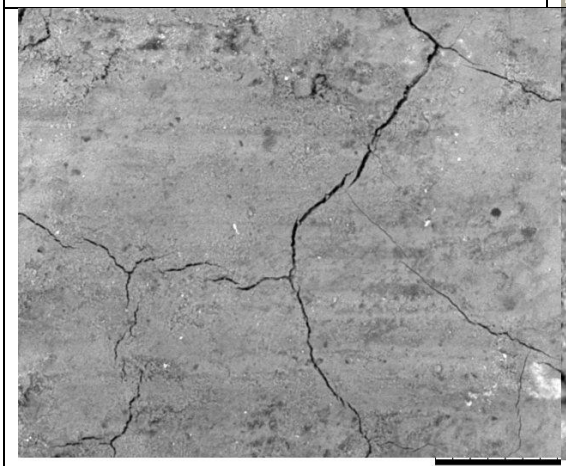


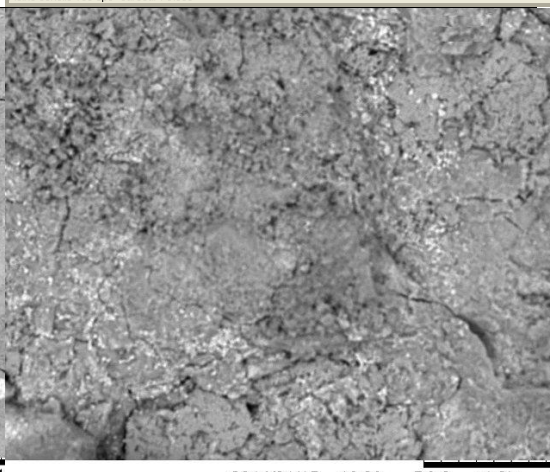
القطعة النقدية الثالثة النحاسية (الفترة الرومانية)



Détails de spectre	
Projet	Nouveau projet
Nom du spectre	Spectre6
Conditions d'acquisition	
Temps d'acquisition	10.0
Temps de mise en forme	4
Tension d'accélération (kV)	15.0







نفس الملاحظة بالنسبة لهذه القطعة على أنها مكونة من النحاس فقط ومثلت النسبة ب100%. ثم عمد إلى استعمل التكبير بالمجهر البصري في الجزء الذي به تشققات فأظهرت النتائج على وجود الحديد ، و الرصاص ، و السلسيوم ، ويمكن تفسيرها على أنها ترسبات تكونت عبر مرور الزمن.(organique catalyse, 2017)

6.خاتمة:

من النتائج السابقة يتضح أن استخدام تقنية الفحص بالوسائل العلمية الحديثة للكشف عن الضرر من الضروريات في العلاج والصيانة،فاستخدام الوسائل من تحاليل فيزيائية مخبرية تعد اليوم من الوسائل المهمة التي تسمح بمعرفة تركيبة البنية الذرية للمواد وطرق تصنيعها و التغييرات التي طرأت عليها بفعل الزمن والتي بالمقابل يمكن اتخاذ بشأنها طرق علاجية ناجعة تحفظ له طابعه الأثري ، وبدون التحاليل المخبرية التي أصبحت اليوم ضرورة ليستغنى عنها في الكشف عن المرض، فكيف يمكن معالجة مريض دون اللجوء إلى أدوات التحليل المخصصة لتقييم الضرر وهو أسلوب واعد ويمكن تطبيقه على المواد الأثرية في تنظيفها وترميمها وبالشكل الذي تعجز عنه الطرق التقليدية القديمة في تحقيق نتائج إيجابية مقارنة بالطرق الحديثة.

7. قائمة المراجع باللغة العربية

- ابراهيم عبد القادر حسن(2018). *،وسائل و اساليب ترميم صيانة الاثار و مقتنيات المتاحف*. مطابع جامعة الرياض.

- مروان ,م .ب .(2007) .الصيانة الوقائية للقى الأثرية الحديدية المستخرجة من الحفرية الأرضيةللقى الأثرية الحديدية لموقع تازا برج الأمير عبد القادر نموذجا .معهد الاثار تخصص صيانة و ترميم ,الجزائر.

قائمة المراجع بالفرنسية

- Faerber(J). (2004). ,Microscopie électronique à balayage Microanalyse X par sonde électronique.
- Faulding (R)) et Thomas(S) , (2000).ceramic tiles in historic building Examination recording and treatment journal of Architectural ,conservation.
- *https://www.researchgate.net*. (2012, octobret 16). Consulté le janvier 17, 2021, sur de la fouille au laboratoire l'archéologie une science a la rencontre du passé.
- Gueboub lakhdar(s). (2007). études d'lateration et moyen de restaurationdes verres archeologiques,. mimoires de magistere sscience et genie des materiaux departement geniede materiaux , universite de boumerdes.
- Thomas(S, F. (. (2000). *,ceramic tiles in historic building Examination recording and treatment journal of Architectural ,conservation* .
- VEGA(E). (2004). Altération des objets ferreux archéologiques du site de Glinet. , Thèse de doctorat Université de Technologie, Belfort-Montbéliard.
- Whiffen(D-H). (1971). *La spectroscopie, .* paris: ed. Flammarion Science