دراسة تحليلية كمية للعينات الزجاجية المستخرجة من حفرية الموقع الأثري الجزر الثلاثة بمدينة شرشال (الجزائر)

Quantitative analytical study of the glass samples extracted from the excavation of the archeological site the three islands in the city of cherchel- Algeria-

1– رزيق فائزة*، معهد الآثار جامعة الجزائر 02 أبو القاسم سعد الله (الجزائر)
rezzigfaiza02@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2022/04/27 تاريخ القبول: 2022/05/17 تاريخ النشر: 2022/06/15

ملخص: من خلال دراستنا هاته سنحاول التعرف على مادة الزجاج و تركيبته الكيميائية والمواد الخام المستخدمة في صناعته، والأكاسيد المستعملة في تلوينه، ثم نتطرق إلى مختلف الطرق والأدوات المستخدمة في إجراء التحليل الكمي بواسطة فلورة الأشعة السينية لبعض العينات من المجموعات الزجاجية المستخرجة من حفرية الموقع الروماني - الجزر الثلاثة بشرشال – بمدينة الجزائر، والتي ستسمح لنا بالتعرف على نسب العناصر الكيميائية المتواجدة فيها ومدى تطابقها مع النسب المستعملة في صناعة الزجاج قديما، والعناصر الدخيلة التي أدت إلى تلفها.

كلمات مفتاحية: الزجاج الأثري، التركيب الكيميائي، موقع الجزر الثلاثة،الحفرية .

Abstract: Through this study we will try to identify the glass material, its chemical structure, the raw materials used in its manufacture, and the oxides used for coloring. We will then discuss the various methods and tools used to carry out the quantitative analysis by x- ray diffraction of some samples from the glass collections extracted from the roman site – three islands- in the city of charchal in algeria, which will allow us to know the ratios of the chemical elements present in them and their compatibility with the ratios used in the manufacture of glass and the extraneous elements that led to damage.

Keywords: archaeological glass, chemical composition, location of the three islands,fossil.

*- المؤلف المرسل

مقدمة

يعتبر اكتشاف مادة الزجاج جدثا هاما في تاريخ الإنسانية وأثرا في تطور الحضارات عبر العصور، ونحن نعلم أن صناعة الزجاج تتطلب الانصهار عند درجة حرارة فيما بين 1400 و1500 درجة سلسيوز، لخليط من مواد متزججة ممثلة في السليكا ورمزها الكيميائي SiO_2 وأكاسيد قلوية وأكثرها استخداما هي أكسيد الصوديوم Na_2O، أكسيد البوتاسيوم K_2O، أكسيد الليثيوم Li_2O، ومواد قلوية طينية كأكاسيد الكالسيوم Ca0 أو المغنيزيوم MgO، مع عناصر إضافية للحصول على لون معين، وتستخدم كلها بنسب معينة حسب الغرض وطبيعة المادة الخام المتوفرة. وتعتبر القطع الزجاجية التي تم العثور عليها من خلال التنقيبات الأثرية بالموقع الأثري الروماني الجزر الثلاثة بمدينة شرشال في الجزائر أحد أهم الدلائل الأثرية على تواجد وتطور هاته الصناعة في تلك الفترة. كما أن بقاء القطع الزجاجية دفينة تحت الأرض يعرضها إلى التلف ومن ثمة وجب الحفاظ على هاته المعثورات عن طريق صيانتها وترميمها. و قبل إجراء أي تدخل يجب معرفة طبيعة التركيبة الكيميائية لهاته المادة الأثرية وأسباب تلفها، ومن ثمة اختيار المواد اللازمة والملائمة لطبيعة المادة الأصلية، وتعتبر طريقة تفلور الأشعة السينية (X – Ray Fluorescence) أحد أهم الطرق المستخدمة في تحليل الزجاج لمعرفة تركيبته الكيميائية ونسبها، وعوامل تلف المادة الزجاجية فما طبيعة التركيبة الكيميائية للعينات الزجاجية المستخرجة من حفرية الجزر الثلاثة بشرشال؟ و ما هي عوامل تلفها؟ فقد تكون تركيبة الزجاج مطابقة لمعايير صناعة الزجاج وتحتوي على العناصر الأساسية والممثلة في : SiO_2 ، Na_2O، K_2O،Ca0 .....وغيرها. وقد تعرضت لعوامل تلف من خلال النسب الإضافية التي تكون مرتفعة ودخيلة عن المادة. فالهدف من هذه الدراسة هو معرفة طبيعة ومكونات زجاج موقع الجزر الثلاثة، والتأثيرات التي طرأت عليه أثناء تواجده في موقع الدفن. وذلك بإتباع المنهج التحليلي في دراستنا.

1. تعريف الزجاج:

1.1. لغة:

(الزج) بالضم طرف المرفق، والحديدة في أسفل الرمح، والزجاج: عامله، والزجاجي: بائعه.[1] وكلمة الزجاج لفظا بضم الزاي أو كسره أو فتحه على القناديل.[1] والزاء والجيم أصل يدل على رقة في

[1]- الطاهر احمد الزاوي، **ترتيب قاموس المحيط على طريقة المصباح المنير وأساس البلاغة**، ج02، ط3، دار الفكر، (د.ت)، ص435.

شيء، من ذلك زج الرمح والسهم، وجمعه زجاج بكسر الزاء.[2]وقد وردت في القران الكريم في قوله تعالى{ قيل لها ادخلي الصرح فلما رأته حسبته لجة وكشفت عن ساقيها قال إنه صرح ممرد من قوارير قالت رب إني ظلمت نفسي وأسلمت مع سليمان لله رب العالمين}.[3]والقوارير هي جسم شفاف صلب سهل الكسر، يصنع من الرمل والزجاجة تعني القطعة من الزجاج أو الإناء أو القدح أو القنديل.[4]

وأيضا في قوله تعالى{ الله نور السماوات والأرض مثل نوره كمشكاة فيها مصباح المصباح في زجاجة الزجاجة كأنها كوكب دري يوقد من شجرة مباركة زيتونة لا شرقية ولا غربية يكاد زيتها يضيء ولو لم تمسسه نار نور على نور يهدي الله لنوره من يشاء ويضرب الله الأمثال للناس والله بكل شيء عليم}[5]

وكلمة الزجاج باللغة الفرنسية "le verre" وهي مشتقة من اللغة اللاتينية " vitrum"والتي تعني مادة صلبة شفافة موحدة الخواص.[6]

2.1 اصطلاحا:

الزجاج هو مادة صلبة شفافة[7] يتركب أساسا من السليكا وأكسيد الصوديوم (أو البوتاسيوم)، وللزجاج الأثري مجموعة من الخواص أهمها قابليته للكسر والتفاعل الكيميائي مع البيئة المحيطة به[8]. صلابة الزجاج من 06 إلى 07 مقياس موس.[9]

---

[1]- ناهض عبد الرزاق دفتر قيسي، **الفنون الزخرفية العربية والإسلامية**، دار المناهج، بغداد، ص 59.

[2]- أبي الحسين احمد بن فارس بن زكريا، **معجم مقاييس اللغة**، تح: عبد السلام محمد هارون، ج3، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، (د.ت)، ص07.

[3]- سورة النمل:الآية 44.

[4]- علي احمد الطايش، **الفنون الزخرفة الإسلامية المبكرة (في العصرين الأموي والعباسي)**، كلية الآثار، جامعة القاهرة،د.ت، ص 45.

[5]- سورة النور: الآية 35.

[6]- Azzedine ayadi: technologie du verre, paris, 2004, p 11.

[7]- ناهض عبد الرزاق دفتر قيسي، المرجع السابق، ص57.

[8]- ثروت محمد حجازي، **الأسس العلمية لعلاج وصيانة المكتشفات الأثرية في مواقع الحفائر**، وزارة الثقافة ، المجلس الأعلى للآثار، 2005، ص 26.

[9] -Philipe b Romblet :guide « techniques de conservation de la pierre », association medistone, 2010, p 08.

و صناعة الزجاج تتطلب الانصهار عند درجة حرارة فيما بين 1400 و1500درجة سلسيوز.[1]. ومادة الزجاج لا تتميز ذراتها بترتيب داخلي محدد.[2]

2. تركيب الزجاج:

صناعة الزجاج تتطلب الانصهار عند درجة حرارة فيما بين 1400 و 1500 درجة سلسيوز، لخليط من المواد المتزججة والأكاسيد القلوية والقلوية الطينية Alcalino – Tereux. أما إذا رغبنا في الحصول على زجاج من نوع خاص فانه يمكن لنا إضافة مواد مساعدة مختلفة adjuvants لهذه المجموعة، هذا الخليط تتم تطريته بالتدريج تحت تأثير الحرارة عن طريق تكوين عجينة لزجة نتوصل لتشكيلها فيما بين 650 و1000 درجة سلسيوز:

1.2 . المواد المتزججة:

المواد المتزججة الأكثر استعمالا هي السليكا ورمزها الكيميائي هو SiO_2 (ثاني أكسيد السليكون). وهي أساس صناعة الزجاج كما تعد أساس التركيب الشبكي له، واهم مصادر الحصول عليها حبيبات الكوارتز المجروشة النقية أو حبيبات الفلنت المجروشة أيضا[3]. أو رمال المحجر[4]، ويحصل على السليكا من الفلنت (ويتركب من السليكا) بتسخينه لدرجة حرارة عالية جدا ثم تبريده بصورة مفاجئة بوضعه في الماء فيؤدي التبريد المفاجئ إلى تفتت الطبق الخارجية وتساقطها، وبتكرار العملية و صحق الفتات يتم الحصول على السليكا في صورة مناسبة للتصنيع .

ولو أمكن صنع الزجاج من السليكا بمفردها فستكون له خصائص فائقة في معظم الأغراض العملية، وفي الواقع فان بعض الأدوات المعملية الزجاجية تصنع من السليكا النقية، لكن صعوبة الصهر والتشكيل لمثل هذه المشغولات يجعلهم مرتفعي الثمن، ولم يكن استخدام السليكا الخالصة لصناعة الزجاج متاحا في العصور القديمة نظرا لما يتطلبه ذلك من درجات حرارة مرتفعة ومعالجات

---

[1] - ماري ك باريكو، **الحفظ في علم الآثار**، الطرق والأساليب العلمية لحفظ وترميم المقتنيات الأثرية، تر: محمد احمد الشاعر، (د.ت)، ص148.

[2] - إبراهيم محمد عبد الله، **ترميم تحف الفخار والزجاج والقشاني**، ط1، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الإسكندرية، 2012، ص 112.

[3] - ماري ك باريكو، المرجع السابق، ص 148.

[4] -Gerard pajean: une petite encyclopédie du verre, l'élaboration du verre, vol 13, n05, octobre 2007, p14

خاصة[1]. أما بالنسبة للزجاج ذو الجودة المنخفضة فإننا نستعمل أيضا السليكس (حجر الصوان) Silex والفلسبار (فلدسبار) Feldspath والحجر البركاني Laves والخلقيدونية (حجر شفاف.....الخ)، يوجد أيضا مواد متزججة أخرى كانهدريد البور Anhydride borique (B_2O_3) أو انهدريد الفسفور Anhydride phosphorique (P_2O_3).[2]

وتوجد السليكا في الطبيعة على عدة صور منها:

أ . **الصورة المتبلورة:** وهي عبارة عن معدن الكوارتز الذي يختلف في طبيعته ومظهره حسب ظروف تكوينه فمنها الكوارتز الصخري الذي توجد بلوراته بصورة واضحة والكوارتز البنفسجي والذي يتميز بوجود شوائب المنجنيز وكذلك الكوارتز الحديدي و الذي يتميز بوجود شوائب الحديد ويعزى إليه اللون الأحمر والبني.[3] وللكوارتز بريق فلزي زجاجي. ويتواجد في الطبيعة على هيئة قشور أو ألياف رقيقة وصغيرة جدا، له أشكال سداسية ومعينية كما يتواجد عادة على هيئة متماسكة أو هشة[4].

ب . **الصورة المفككة:** ممثلة في الرمال حيث تكون حبيبات الرمال مفككة وغير متماسكة ويتراوح قطرها من 2 مم إلى 16/1 مم ومن هذه الصورة الرمال والتي تستخدم في صناعة الزجاج، وتحتوي الرمال على شوائب عديدة، أهمها في صناعة الزجاج كربونات الكالسيوم $CaCo_3$ اللازم لصناعة الزجاج، وأكاسيد الحديد، وهي تكسب الرمال لونها المميز كما تؤثر في لون الزجاج الناتج كما سيلي شرحه فيما بعد. ومن أنواع الرمال حسب ألوانها والشوائب الموجودة بها ما يلي:

. الرمال البيضاء:ويدل لونها على خلوها إلى حد كبير من الشوائب، وأهمها أكاسيد الحديد، وتوجد الرمال البيضاء في الصحراء الغربية وفي غرب الإسكندرية والساحل الشمالي، ولم يستخدم هذا النوع من الرمال في صناعة الزجاج قديما بكثرة نظرا لصعوبة الحصول عليه.

. الرمال الصفراء: ويرجع لونها الأصفر إلى وجود معدن الليمونيت limonite – أكسيد الحديدوز المائي(FeO (OH) -، وينتج عن وجوده تلون الزجاج باللون الأخضر المائل للاصفرار، وقد استخدمت هذه الرمال خاصة في صناعة الزجاج الإسلامي.

---

[1]-إبراهيم محمد عبد الله، مرجع سابق، ص 117

[2]- ماري ك باردیکو، المرجع السابق، ص 148.

[3]- إبراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص 117.

[4]-J. Wyaret, Le silicium dans la nature, chimie minérale tome 2, Masson- France, 1968, p18.

. الرمال الحمراء: ويرجع لونها الأحمر إلى وجود خام الهيماتيت)أكسيد الحديديك Fe2 O3، وكان هذا الرمل يستخدم في العصر الإسلامي في صناعة أواني العمل اليومي وليس لصناعة المنتجات الفنية ذات القيمة الجمالية.[1]

2 2 . الأكاسيد القلوية:

هي كل عناصر الصف الأول من جدول مندليف، وهي تمتلك إلكترون واحد على مدارها الخارجي مما يمنحها تفاعلية عالية، وهي موجودة في الزجاج في صور ة أكسيدية رمزها R_2O، الأكثر استخداما هي Li_2O، Na_2O، K_2O .....وغيرها.

. الليثيوم(Li): يجلب عادة عن طريق كربونات الليثيوم ($Li_2O\ Co_3$) أو الميكا- الليبيدوليت Lipidolite ($Li\ O_2.Al_2O_3$).

. الصوديوم(Na): يمكن أن ندخله على شكل أكسيد (Na_2O) أو كربونات (Na_2Co_3) أو كبريتات (Na_2So_4) أو نترات (Na_2No_3).

. البوتاسيو م (K) يأتي من ملحين رئيسين ملح البارود Salpêtre أو نترات البوتاسيوم ($K\ No_3$) وكربونات البوتاسيوم (K_2Co_3)[2]، ويعمل أكسيد البوتاسيوم على تخفيض اللزوجة.[3]

على مر تاريخ الزجاج اتفق بالنسبة للزجاج القادم من الإنتاج "العتيق" (إنتاج بلاد الرافدين "مابين النهرين"، مصري، روماني، بيزنطي، إسلامي). على اعتبار كونه زجاج مكون أساسا من الصوديوم (صودي)VERRE SODIQUE (الجدول رقم 03). وكان عنصر الصوديوم قادما من النطرون Natron، وهو خام مأخوذ من أعماق البحيرات المالحة[4].

(كانت تجلب هذه المادة من واد يعرف بسهل النطرون عن طريق القوافل اتجاه أماكن بعيدة مثل قليليا GALILé، أسيرية الشرقيةASSYRIE ORIENTAL.[5]

كانت تجارة النطرون على نطاق كامل الشرق الأوسط وحتى ما عداها، حيث شاركت فيها جميع الأمم التي تعيش حول الحوض الأبيض المتوسط، والإمبراطوريات الإغريقية والرومانية وحتى المحيط

---

[1] - إبراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص 118.

[2] -ماري ك باريكو، المرجع السابق، ص 149.

[3] -Azzedine ayadi . op cite. p 21.

[4] - إبراهيم محمد عبد الله، مرجع سابق، ص 122.

[5] - Jean Hartwing: de la découverte du verre légendes, réalités et faisabilité, 2007, p06.

الهادي حيث كانت تملأ سفن تجارية بالمواد الأولية لمورانو وبلاد الغرب[1](الخريطة رقم 01)، ثم تم استبدال هذا النطرون لاحقا بالبوتاسيوم(الجدول رقم 03)، القادم من رماد نباتات يسهل الحصول عليها كشجر البلوط، شجر التفاح.....الخ، غير أن الواقع يبدو أكثر تعقيدا فتلك النوعيات من مسهلات الانصهار قد تم استخدامها بشكل متزامن على مر العصور الوسطى.[2]

تؤدي إضافة الأكاسيد القلوية في صناعة الزجاج إلى تقليل درجة الحرارة اللازمة لانصهار السليكا، التي تبلغ درجة انصهارها 1700 درجة مئوية، وهي درجة حرارة قد يصعب الوصول إليها في العصور القديمة.[3]

تسمى العناصر القلوية بمساعدات الانصهار Fondant، وهي على الرغم من كونها غير قابلة للانصهار إلا أنها تتحد مع السليكا لخفض درجة انصهارها إلى 1050 درجة سلسيوز. ويسمح وجودها بزيادة مدى نطاق تشغيل الكتلة الزجاجية عندما تنتقل من الحالة السائلة إلى الصلبة، والتي يحاول الزجاج تشكيلها عند حوالي 700 سلسيوز. ولكنها لسوء الحظ تقلل من المقاومة الكيميائية للزجاج لتسيير قابليته للذوبان في الماء.[4]

2 .3 .الأكاسيد القلوية الطينية:

الأكاسيد القلوية الطينية Alcalino-Tereux هي عناصر الصف الثاني للجدول الدوري للعناصر، وتمتلك الكترونات على مدارها الخارجي. تكون هذه العناصر موجودة في الزجاج في صورة أكسيد معادلته على شكل Ro ويكون أكسيد الكالسيوم Ca0 أو المغنيزيوم MgO من أكثر الأكاسيد استخداما بشكل دارج.[5] ومن مصادر الكالسيوم خام الدولوميت Dolomiteوهو الاسم الشائع لخام طبيعي يحتوي على كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم بنسبة متفاوتة حسب مكان التواجد وظروف التكوين للخام، وهذا الخام مصدر لأكسيد الكالسيوم واكسيد المغنيزيوم.[6] كما يستمد الكالسيوم من الجير الحي أو المطفئ $Ca(Oh)_2$.[7]

---

[1] - ipid, p08.

[2] - ماري ك باريكو، مرجع سابق، ص149.

[3] - إبراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص 114.

[4] - ماري ك باريكو، المرجع السابق، ص 151.

[5] - نفسه، ص152.

[6] - ابراهيم محمد عبد الله، مرجع سابق، ص 121-122.

[7] - ماري ك باريكو، مرجع سابق، ص151.

أما عن دور أكسيد المغنيزيوم فهو تحسين الخواص الطبيعية والكيميائية للزجاج[1]. وله دور أيضا في عمليات السحب والتشكيل خاصة في الزجاج المصطح والمنقوش.[2]

و يستخلص المغنيزيوم عادة من جير الكالدولوميت ($Ca\ Co_3\ Mg\ Co_3$) أو الكارناليت Carnallite ($Kcl.Mgcl.6H_2O$).وهي تؤثر على بعض الخصائص الفيزيائية التي تحدد هشاشة الزجاج:

- ترفع من صلابته (من 100 إلى 270 على مقياس اورباح Auerbach.
- تجعل الزجاج اقل لدونة وبالتالي أكثر صعوبة في التشغيل.
- تقلل من قابليته للذوبان في الماء.
- تمنح من مظهر براق للمادة.
- ترفع من المقاومة الميكانيكية (مقاومة الشد) للزجاج، ومع هذا تبقى تلك المقاومة ضعيفة جدا (من 04 إلى 10 كجم/م^2).

وإذا أضيفت بشكل زائد عن الحد فانها تعمل في المقابل على عدم حدوث التزجج Dévitrification للزجاج [3]

2 . 4. العناصر الوسطية:

وهي عناصر امفوتيرية (حامضية قلوية Amphotères . رمزها الكيميائي على شكل R_2O_3.[4] ومن أكثرها شيوعا: الألومينا (Al_2O_3) Alumine. أكسيد البور(B_2O_3) Bore. أكسيد الحديد Fe_2O_3. إذا أخذنا الالومينا كمثال فإنها:

- تدخل في صورة ميكا أو فلسبار نقي جدا، أو في صورة ألومينا متميئة وتكون ناتجة من البوكسيت $Al_2O_3;2H_2O$.
- تعتبر مادة حرارية على قدر عالي، فتنصهر عند حوالي 2050 درجة سلسيوز.
- تميل إلى تلوين الزجاج المحتوي على سيسكي أكسيد الحديد Sesquioxyde De Fer
- تسمح لنا بتجنب تبلور الكتلة الزجاجية أثناء تبريدها.

---

[1] -Azzedine ayadi . op cit. p 21

[2] -إبراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص 121-122.

[3] - ماري ك باردیکو، المرجع السابق، ص151. انظر أيضا: Azzedine ayadi . op cite. p 21

[4]- Guillande Pilet, verre et céramique, article de l'institut des technique de l'ingénieur de Lyon, 2eme année , mâtereaux, p 94.

- إذا أضيفت بكميات ضئيلة فإنها تزيد من مقاومة الزجاج، أما إذا أضيفت بكميات اكبر فإنها تقلل منها.

تكون وظيفة العناصر الأمفوتيرية (حامضية قلوية) غير واضحة تماما وتختلف على حسب كون تلك العناصر موجودة بالنقص أو بالزيادة.[1]

2 . 5 . العناصر الإضافية:

هي العناصر التي تدخل باعتبارها ملونات Colorant أو مزيلات ألوانdécolorant أو مصححات Correctif للزجاج. وهي غالبا ما تضاف على شكل أكاسيد أو كبريتات أو أملاح معدنية أو مسحوق معادن، ونسبتها تكون ضعيفة جدا (10000/1) بحيث لا تحدث تغيير محسوس في خصائص الزجاج. لا يكون التأثير الناتج عنها مرتبطا فقط بطبيعة وكمية الأكاسيد المستخدمة بل أيضا بتركيب الزجاج والوسط داخل الفرن.[2]

أ. الملونات:

عند خلط الخامات الأساسية للزجاج وصهرها من المفترض الحصول على مصهور زجاجي شفاف عديم اللون، ولكن الزجاج القديم كان دائما يتلون بدرجة لونية تميل إلى الاخضرار أو الاصفرار نتيجة لاحتواء الرمال على أكاسيد الحديد، ولإنتاج زجاج ملون (عن عمد) كان الصانع يضيف أكاسيد معدنية معينة للحصول على ألوان محددة

_الأزرق الزهري (الممثل في اللازورد) عن طريق إضافة نسبة من أكسيد النحاس مع توفير جو مؤكسد بفرن الصهر،[3] وأكسيد الكوبالت للحصول على اللون الأزرق الداكن[4].

_ الأزرق السماوي المخضر (الممثل في الفيروز) بإضافة نسبة من أكسيد النحاس تحت ظروف مؤكسدة أيضا.

_ الأحمر القاتم (الممثل في العتيق الأحمر واليشب والمرجان) بإضافة نسبة من أكسيد النحاس مع توفير جو مختزل بفرن الصهر بعد إضافة نسبة من أكسيد القصدير.[1]

---

[1] ماري ك باريكو، المرجع السابق، ص152. انظر أيضا: Azzedine ayadi . op cit. p 62

[2] نفسه، ص 152.

[3] إبراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص 122.

[4]- Slitine florence , « le verre antique une série de prouesses », **revue de la société des Amis du musée national de céramique**, p17.

_ الأصفر المعتم (الممثل في الزبرجد الأصفر والكهرمان)، كان يضيف إلى خلطة الزجاج نسبة من أكسيدي الرصاص والأنتيمون $Pb_2Sb_2O_7$[2]. أو إضافة ثنائي أكسيد الحديد.[3]

_ الأبيض المعتم (الممثل في الألوان من العقيق الأبيض) كان الصانع يضيف إلى خلطة الزجاج نسبة من أكسيدي الكالسيوم والأنتيمون $Ca_2Sb_2O_7$ أو نسبة من الزنك أو كربونات الكالسيوم.[4]

_ الأرجواني والبنفسجي: عن طريق إضافة أكسيد المنجنيز[5].

وللحصول على زجاج شفاف يمكن إضافة كمية صغيرة من الكالسيوم أو المغنيزيو[6].

وتكون مجموعة ملونات الزجاج غنية ومتعددة وهي تؤثر تبعا لثلاثة طرق رئيسية:

-"**التلوين المباشر" Coloration Direct أو "التلويم من الطراز الأيوني**" وفيها تكون الملونات الداخلة (حديد أو كوبالت مثلا) على شكل ايونات موجبة. هذا النوع يندمج بسهولة في العجائن ويذوب تماما. تخلق هذه الظاهرة كتلة زجاجية ملونة متجانسة ومستقرة على الوجه الأكمل.

-"**التلوين غير المباشر" Coloration indirect أو التلوين عن طريق الجزيئات الخشنة:** وفيها يظهر اللون عن طريق تجمع الذرات المعدنية على شكل جسيمات غروانية في الكتلة الزجاجية. ولكي يظهر هذا اللون فانه يستلزم غالبا إجراء معالجة حرارية (وهذا هو الحال بالنسبة للنحاس والذهب والكروم والفضة والسيلنيوم ومسحوق الكبريت). إذا لم يتم مراقبة منحنى التبريد بشكل صارم بحيث يتهاوى بشكل سريع جدا فان تجمع الجسيمات الغروانية لا يكون ممكنا وبذلك يبقى الزجاج بدون لون.

---

[1] - إبراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص 124.

[2] - إبراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص 124.

[3] - Sain gobin: mâtereaux de construction (verre fibre de verre), paris, p12.

[4] - إبراهيم محمد عبد الله،المرجع السابق، ص 124.

[5] - محمد عبد العزيز مرزوق، **الفنون الزخرفية الإسلامية في المغرب والأندلس**، دار الثقافة، بيروت، د ت، ص208.

[6] -Institut du monde arabe, a la manière de l'artisan et de l'artiste carnet propose de découvrir les techniques de fabrication des objets en céramique, en verre et en métal à partir de collection du musée de l'institut du monde arabe, févier 2012, p19. انظر أيضا: صباح اسطفيان كجه جي، **الصناعة في تاريخ وادي الرافدين**، 2002، ص 102

-التلوين الظاهري COLORATION SUPERFICIELLE:وهي عمليات تلوين قابلة للتغيير بشكل أسهل من تلك التي سبق ذكرها.[1]

ب . مزيلات الألوان:

يحتوي الزجاج دائما عند تصنيعه وبالذات بواسطة الزجاجيون القدامى على القليل من الحديد في صورة اكاسيد حديدوز oxydes ferreux (F_2^{2+}) FeO واكاسيد حديديك oxydes ferriques (Fe^{3+}) Fe_2O_3 واللذان ينتج عنهما تلوين اخضر أو ازرق على حسب وسط التسوية لكي نحصل على زجاج عديم اللون فهناك طرق مختلفة يمكن العمل بها:

. **إتباع طريقة معالجة فيزيائية:** نستعمل ألوان مكملة حتى تعادل اللون الدخيل

. **إتباع طرقة معالجة كيميائية:** نقوم بإدخال مؤكسدات في التركيبة مثل ثاني أكسيد المنجنيز $Mn\ O_2$ الذي يطلق عليه اسم صابون الزجاج Savon du verrier[2] .

فالصانع القديم كان يضيف خام المنجنيز للحصول على اللون البنفسجي القاتم إلا انه على العكس من ذلك لم يكن يحصل على اللون المطلوب، وبدلا من ذلك كان الزجاج الناتج عديم اللون تقريبا كنتيجة لدور ثاني أكسيد المنجنيز (الثنائي)وبتكرار هذه الملاحظة استطاع الصانع أن يلم بالظروف المعاكسة التي لا تمنه من الحصول على اللون الذي يرغبه، واستطاع أن يتجنب هذه الظروف للوصول إلى اللون البنفسجي، وعندما ظهرت الحاجة لإنتاج زجاج عديم اللون كان الوقت قد حان لاستغلال هذا الجانب المعاكس لأكاسيد المنجنيز كعامل مزيل للون décolorants، قد بدا منذ القرن الأول قبل الميلاد وحتى القرن الأول بعد الميلاد، ثم توقف استخدامه حيث بدأ استخدام أكسيد الأنتيمون الذي استخدم على نطاق واسع في القرنين الثاني والثالث الميلاديين، ثم استخدم أكسيد الانتيمون واكسيد المنجنيز معا في القرن الرابع الميلادي، وبعده توقف تماما استخدام أكسيد الأنتيمون لهذا الغرض واستمر استخدام أكسيد المنجنيز حتى وقتنا الحاضر في إنتاج الزجاج عديم اللون.[3]

ج . المعتمات:

تزيل المعتمات شفافية الزجاج بحيث لا يعود الضوء يمر من الجدار الزجاجي، المعتمات المعروفة بشكل واسع هي عامة من الاكاسيد مثل: الانتيمون $Sb_2\ O_3$ المستخدم أساسا في العصور القديمة بالاشتراك مع الرصاص أو الكالسيوم

---

[1] -ماري ك باريكو، المرجع السابق، ص153.

[2] -نفسه،ص 154.

[3] - إبراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص130-131.

- أكسيد القصدير $Sn\ O_3$ المستخدم في العصور الوسطى.
- أكسيد الزنك.
- رماد العظام.[1]

03. الأعمال التطبيقية والأدوات والأجهزة المستعملة لإجراء التحاليل للعينات الزجاجية:

بالنسبة للطريقة التجريبية المستخدمة في تحليل بعض العينات الزجاجية المستخرجة من حفرية جزر الثلاث بشرشال والمودعة على مستوى مخبر علم الآثار والتراث وعلوم القياس بجامعة الجزائر -02- أبو القاسم سعد الله، تمثلت في التحليل بطريقة فلورة الأشعة السينية (X – Ray Flourescene) وهي وسيلة فعالة في مجال ترميم الآثار وحمايتها،[2] فهي تساعد في معرفة العناصر المكونة للمواد[3] ونواتج التلف وتواجد الأملاح بالعينة من عدمه[4]. ولقد أجريت هذه التحاليل مستوى وحدة البحث ابحاث المواد الناشئة Unité De Recherche Matériaux Emergents (URME) بجامعة فرحات عباس بسطيف، وفقا للخطوات التالية:

أولا/ اختيار العينات: كان اختيارنا للعينات على أساس لون العينة وذلك من اجل التعرف على الفارق في المواد الأولية المستخدمة في التصنيع والتأكد من الأكاسيد المضافة، كما أجرينا التحاليل على عينة وقشرة تلفا من اجل معرفة عوامل التلف التي أصابت القطع أثناء تواجدها في بيئة الدفن.

---

[1]- ماري ك باريكو، المرجع السابق، ص 154.

[2]- كرستي هانسن، ليندا لودينج، "أدوات فنان، من خلال استخدام تقنية الفلورة بالأشعة السينية (XRF) يستطيع خبراء ترميم القطع الفنية ان يروا ما وراء الجمال الخارجي"، **مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية**، العدد 48، مارس 2007، ص43.

[3]- James barton et claude guillement, **le verre science et technologie**, chimie matériaux, 2005, p26

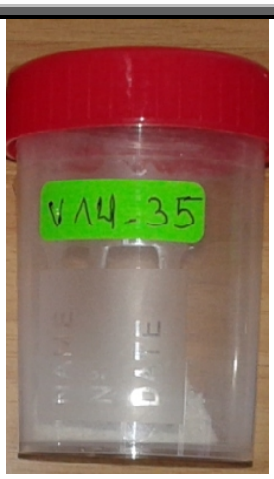
[4]أحمد إبراهيم عطية، عبد الحميد الكفافي، المرجع السابق، ص102.

ثانيا/ تحضير العينات لإجراء التحاليل:

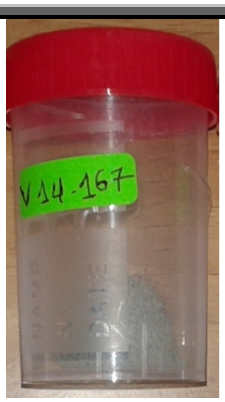
أ. قمنا بتحضير مساحيق من العينات المدروسة بواسطة سحق يدوي لبضع دقائق باستعمال الهاون **(الصورة رقم01)** وذلك من اجل الحصول على مسحوق متجانس وذو حجم حبيبي صغير.

ثالثا/وضع المساحيق في علب بلاستيكية محكمة الغلق مرفوقة ببطاقات (تحوي معلومات بيانية عن كل عينة) لتفادي اختلاطها أو ضياعها.

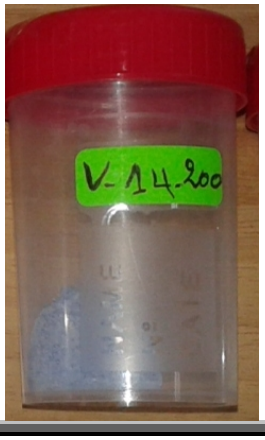
الصورة رقم 01:جهاز الهاون



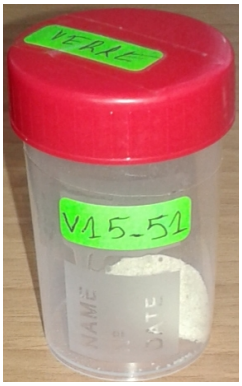
العينة V14-35بعد عملية الطحن



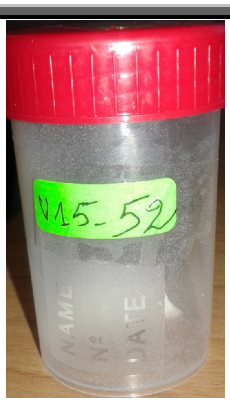
العينة167-V14بعد عملية الطحن



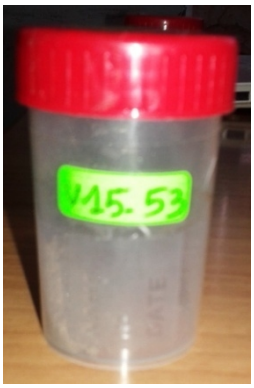
العينة200-V14بعد عملية الطحن



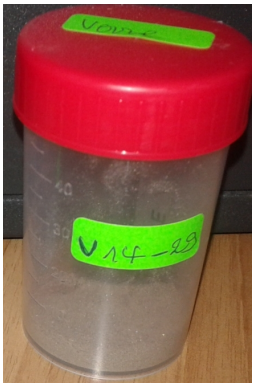
العينة V15-51بعد عملية الطحن



العينةV15-52بعد عملية الطحن



العينة V15-53 بعد عملية الطحن



العينةV14-29بعد عملية الطحن

رابعا: قمنا باستعمال مكبس مصنوع من الفولاذ من أجل كبس و صنع عينات اسطوانية الشكل بواسطة جهاز ضغط هيدروستاتيكي، ثم وضعه في جهاز فلورة الأشعة السينية.

4. تحليل النتائج:

تم إجراء التحاليل على العينات(V14-35، V14-167، V14-200، V14-29،V15-51، V15-52، V15، V15-53) بواسطة جهاز فلورة الأشعة السينية وذلك من أجل معرفة نسب كل من: SiO_2، NaO_2، CaO_2 وكذا الشوائب المتواجدة بالمادة الأولية.

. **ولقد أعطى التحليل الكمي للعينة V14-35** النتائج المبينة في الجدول رقم 01 أدناه، والنتيجة التي يمكن أن نستنتجها هو أن العينة V14-35 تحتوي على كمية زائدة من أكسيد السيليسيومSiO_2بنسبة تقدر بـ 67.1 % والمتحصل عليها من الرمال والذي تعتبر السليكا فيه المادة الأساسية الداخلة في تكوين الزجاج، كما تحتوي العينة على أكسيد الصوديومNaO_2 بنسبة تقدر بـ 18.4 % المتحصل عليه من خام النطرون أو النباتات البحرية، وأكسيد الكالسيوم بنسبة تقدر بـ07.33 % والمتحصل عليه من خام الدولوميت Dolomite أو الحجر الجيري، إضافة إلى نسبة 2.28% من أكسيد الألمنيوم وهي نسبة ضئيلة اعتمدها الصانع من أجل زيادة مقاومة الزجاج، كما أنها تسمح بتجنب تبلور الكتلة الزجاجية أثناء تبريدها. أما العناصر المتبقية هي ذات نسب ضعيفة جدا من الشوائب وأكاسيد المعادن الأخرى المتواجدة في الرمال (رمال السليكا التي تحتوي على نسبة عالية من السليكاSiO_2).

الجدول رقم 01: التركيب الكيميائي للعينةV14-35

المكون	النتيجة	الوحدة %	الشدة
Na_2O	18.4	وزنا %	17.3606
MgO	0.833	وزنا %	0.7862
Al_2O_3	2.28	وزنا %	2.1555
SiO_2	67.1	وزنا %	93.3581
P_2O_5	0.0789	وزنا %	0.0745
So_3	0.308	وزنا %	0.2909
Cl	0.979	وزنا %	0.9243
K_2O	0.557	وزنا %	0.5263
CaO	7.33	وزنا %	6.9257
MnO	1.27	وزنا %	1.1949
Fe_2O_3	0.817	وزنا %	0.7713
SrO	0.0677	وزنا %	0.0640

. أما بالنسبة للعينة V14-167فقد أعطى التحليل الكمي للعينة النتائج المبينة في الجدول رقم 02 أدناه، والنتيجة التي يمكن أن نستنتجها هو أن العينة V14-167 تحتوي على كمية كبيرة من أكسيد السيليسيومSiO_2بنسبة تقدر بـ 59.1 % والمتحصل عليها من الرمال ، كما تحتوي العينة على

أكسيد الصوديومNaO_2 بنسبة تقدر بـ 17.3 % المتحصل عليه من النطرون، وأكسيد الكالسيوم بنسبة تقدر بـ06.85 % والمتحصل عليه من خام الدولوميت Dolomite أو الحجر الجيري، إضافة إلى نسبة عالية جدا من أكسيد الحديد تقدر بـ 8.82% ونحن نعلم انه في حالة وجود نسبة عالية من أكاسيد الحديد في الزجاج مع وجود مواد تسهل امتزاجها في المصهور، وعند التبريد وفي جو مختزل يترسب الحديد في الوسط الزجاجي في صورة من أكسيد الحديد المغناطيسي الأسود المعروف باسم الماجنتايتMagnétiteوينتج عن ذلك الزجاج الأسود المعتم وهو ما يفسر لنا لون العينة V14-167 التي أجرينا عليها التحليل، كما أضيفت نسبة تقدر بـ 1.91% من أكسيد المنجنيز كعامل ملون، ونسبة تقدر بـ 03.08% من أكسيد الألمنيوم اعتمدها الصانع من اجل زيادة مقاومة الزجاج و تجنب تبلور الكتلة الزجاجية أثناء تبريدها. والعناصر المتبقية عبارة عن شوائب.

الجدول رقم 02: التركيب الكيميائي للعينة V14-167

المكون	النتيجة	الوحدة %	الشدة
Na_2O	17.3	وزنا %	16.5271
MgO	1.05	وزنا %	0.9969
Al_2O_3	3.08	وزنا %	2.9354
SiO_2	59.1	وزنا %	56.3413
P_2O_5	0.0798	وزنا %	0.0761
So_3	0.338	وزنا %	0.3226
Cl	0.827	وزنا %	0.7886
K_2O	0.487	وزنا %	0.4643
CaO	6.85	وزنا %	6.5295
MnO	1.91	وزنا %	1.8228
Fe_2O_3	8.82	وزنا %	8.4051
As2O3	0.0167	وزنا %	0.0159
SrO	0.0706	وزنا %	0.0672
ZrO2	0.0222	وزنا %	0.0211

أما بالنسبة للعينة V14-200 فقد أعطى التحليل الكمي للعينة النتائج المبينة في الجدول رقم 03، والنتيجة التي يمكن أن نستنتجها هو أن العينة V14-200 تحتوي على كمية كبيرة من أكسيد

السيلسيومSiO_2بنسبة تقدر بـ 64.9 % والمتحصل عليها من الرمال ، كما تحتوي العينة على أكسيد الصوديومNaO_2 بنسبة تقدر بـ 19.0 % المتحصل عليه من النطرون، وأكسيد الكالسيوم CaO بنسبة تقدر بـ7.64% والمتحصل عليه من خام الدولوميت Dolomite أو الحجر الجيري. ونسبة تقدر بـ 02.80% من أكسيد الألمنيومAl_2O_3اعتمدها الصانع من أجل زيادة مقاومة الزجاج و تجنب تبلور الكتلة الزجاجية أثناء تبريدها. كما نلاحظ وجود أكسيد الكوبالت Co2O3 بنسبة 1.78% الذي غالبا ما يستخدم في تلوين الزجاج باللون الأزرق الكوبالتي، حيث يتأثر هذا الخير بتركيب الزجاج ونسبة ونوعية المواد القلوية فكلما زادت نسبة العناصر القلوية زاد اللون الأزرق عمقا وقتامة وهو ما يفسر لنا لون العينة. أما العناصر المتبقية هي عبارة عن شوائب.

الجدول رقم 03: التركيب الكيميائي للعينةV14-200

المكون	النتيجة	الوحدة %	الشدة
Na_2O	19.0	وزنا %	17.5077
MgO	0.548	وزنا %	0.5037
Al_2O_3	2.80	وزنا %	2.5771
SiO_2	64.9	وزنا %	59.6693
P_2O_5	0.246	وزنا %	0.2261
SO_3	0.433	وزنا %	0.3979
Cl	0.690	وزنا %	0.6344
K_2O	0.743	وزنا %	0.6829
CaO	7.64	وزنا %	7.0223
MnO	0.160	وزنا %	0.1471
Fe_2O_3	0.163	وزنا %	0.1500
Co2O3	1.78	وزنا %	1.6399
CuO	0.340	وزنا %	0.3131
ZnO	0.0175	وزنا %	0.0161
SrO	0.0631	وزنا %	0.0581
ZrO2	0.0146	وزنا %	0.0135
PbO	0.432	وزنا %	0.3969

أما بالنسبة للعينة V15-51 فلقد أعطى التحليل الكمي للعنية النتائج المبينة في الجدول رقم 04 أدناه، والنتيجة التي يمكن استنتاجها هو أن العينة تحتوي كمية عالية من أكسيد السيليسيومSiO_2بنسبة تقدر بـ 62.3% كما تحتوي على أكسيد الصوديوم Na_2O بنسبة تقدر بـ 18.9 %، وأكسيد الكالسيوم بنسبة تقدر بـ 6.36% إذ تعتبر كل هذه العناصر بمثابة المواد الخام الأساسية في صناعة الزجاج، بالإضافة إلى أكسيد الألمنيوم بنسبة تقدر بـ3.63 % وأكسيد المغنيزيوم بنسبة تقدر بـ 1.20% وذلك من اجل تحسين الخواص الطبيعية والكيميائية للزجاج وله دور أيضا في تسهيل عمليات التشكيل والسحب، كما نلاحظ تواجد أكسيد الحديد بنسبة تقدر بـ 2.05% والذي ينتج عنه زجاج يتلون بدرجة لونية تميل إلى الاصفرار أو الاخضرار. أما بالنسبة للعناصر المتبقية فهي عبارة عن شوائب.

الجدول رقم 04: التركيب الكيميائي للعينة V15-51

المكون	النتيجة	الوحدة %	الشدة
Na_2O	18.9	وزنا %	18.6616
MgO	1.20	وزنا %	1.1870
Al_2O_3	3.63	وزنا %	3.5861
SiO_2	62.3	وزنا %	61.5344
P_2O_5	0.108	وزنا %	0.1067
So_3	0.345	وزنا %	0.3405
Cl	0.732	وزنا %	0.7221
K_2O	0.579	وزنا %	0.5715
CaO	6.36	وزنا %	6.2792
TiO2	0.556	وزنا %	0.5491
MnO	3.02	وزنا %	2.9804
Fe2O3	2.05	وزنا %	2.0237
SrO	0.0707	وزنا %	0.0698
ZrO2	0.0590	وزنا %	0.0582
Ag2O	0.0387	وزنا %	0.0382

أما النسبة للعينة V14-29فلقد أعطى التحليل الكمي للعينة النتائج المبينة في الجدول رقم 05 أدناه، والنتيجة التي يمكن أن نستنتجها هو أن العينة تحتوي على كمية كبيرة من أكسيد السيلسيوم SiO_2بنسبة تقدر بـ 66%، كما تحتوي العينة على أكسيد الصوديومNaO_2 بنسبة تقدر بـ 4.96 %، وأكسيد الكالسيوم بنسبة تقدر بـ4.93% ، إضافة إلى نسبة عالية جدا من أكسيد الألمنيوم تقدر بـ 9.82%. بالإضافة إلى أكسيد المنجنيز بنسبة تقدر بـ 4.15 % كعامل ملون ونسبة 4.17 % من أكسيد الحديد المسؤول عن اللون الأخضر. والعناصر المتبقية والتي لا تتعدى 01% عبارة عن شوائب.

الجدول رقم 05: التركيب الكيميائي للعينةV14-29

المكون	النتيجة	الوحدة %	الشدة
Na_2O	4.93	وزنا %	4.7833
MgO	1.41	وزنا %	1.3705
Al_2O_3	9.82	وزنا %	9.5174
SiO_2	66.0	وزنا %	63.9458
P_2O_5	0.213	وزنا %	0.2061
So_3	0.278	وزنا %	0.2692
Cl	1.72	وزنا %	1.6632
K_2O	1.10	وزنا %	1.0670
CaO	4.96	وزنا %	4.8038
TiO2	0.798	وزنا %	0.7738
MnO	4.15	وزنا %	4.0197
Fe_2O_3	4.17	وزنا %	4.0417
SrO	0.0428	وزنا %	0.0414
ZrO2	0.0316	وزنا %	0.0307
SnO2	0.276	وزنا %	0.2678
PbO	0.139	وزنا %	0.1351

أما بالنسبة للعينة V15-52فقد أعطى التحليل الكمي للعينة النتائج المبينة في الجدول رقم 6 أدناه، والنتيجة التي يمكن أن نستنتجها هو أن العينةV15-52 تحتوي على كمية زائدة من أكسيد

السيلسيوم SiO_2بنسبة تقدر بـ 67.3%، وأكسيد الصوديومNaO_2 بنسبة تقدر بـ 19.5%، وأكسيد الكالسيومCaO بنسبة تقدر بـ06.32%، وأكسيد الألمنيومAl_2O_3 بنسبة تقدر بـ 2.45% وهي نسبة ضئيلة اعتمدها الصانع مناجلز يادة مقاومة الزجاج وتجنب تبلور الكتلة الزجاجية أثناء تبريدها. كما نلاحظ تواجد عنصر المنجنيزMnO بنسبة تقدر بـ1.39 % والعناصر المتبقية والتي لا تتعدى 01% عبارة عن شوائب.

الجدول رقم 06: التركيب الكيميائي للعينةV15-52

المكون	النتيجة	الوحدة %	الشدة
Na_2O	19.5	وزنا %	18.6643
MgO	0.610	وزنا %	0.5848
Al_2O_3	2.45	وزنا %	2.3507
SiO_2	67.3	وزنا %	64.5406
P_2O_5	0.0773	وزنا %	0.0741
So_3	0.429	وزنا %	0.4118
Cl	0.806	وزنا %	0.7727
K_2O	0.497	وزنا %	0.4769
CaO	6.32	وزنا %	6.0613
MnO	1.39	وزنا %	1.3374
Fe_2O_3	0.577	وزنا %	0.5530
SrO	0.0668	وزنا %	0.0640
ZrO2	0.0131	وزنا %	0.0125

أما بالنسبة للعينة V15-53 والتي هي بمثابة قشرة تلف العينة السابقة فلقد أعطت التحاليل التي أجريت عليها النتائج المبينة في الجدول رقم 7 أدناه، والنتيجة التي يمكننا استنتاجها هي أن قشرة التلف تتكون من 52.1 % من أكسيد السليسيوم و3.24 من أكسيد الصوديوم وهذا يدل على تآكل الزجاج في محيط الدفن، وتشكله مع مكونات القطعة الزجاجية، كما نجد نسبة عالة أيضا

من أكسيد الكالسيوم تقدر بـ 26.8 ونحن لاحظنا في العينة 52-15 سابقا أن نسبة أكسيد الكالسيوم في القطعة الزجاجية تقدر بـ 6.32 وهذا يدل على أن التربة ذات طبيعة كلسية.

الجدول رقم 7: التركيب الكيميائي للعينةV15-53

المكون	النتيجة	الوحدة	الشدة
Na_2O	3.24	وزنا %	3.2001
MgO	1.24	وزنا %	1.2240
Al_2O_3	8.19	وزنا %	8.0987
SiO_2	52.1	وزنا %	51.5357
P_2O_5	0.0718	وزنا %	0.0710
So_3	0.482	وزنا %	0.4763
Cl	0.838	وزنا %	0.8280
K_2O	0.819	وزنا %	0.8095
CaO	26.8	وزنا %	26.5104
MnO	3.71	وزنا %	3.6667
Fe_2O_3	2.32	وزنا %	2.2949
SrO	0.0478	وزنا %	0.0473
ZrO2	0.0172	وزنا %	0.0170
PbO	0.0659	وزنا %	0.0651

خاتمة:

تعتبر طريقة التحليل بواسطة تفلور الأشعة السينية (**X – Ray Fluorescence**) هي من بين أهم الطرق التي تسمح لنا بالتعرف على التركيبة الكيميائية للزجاج الأثري ومن خلالها نتعرف على المادة الدخيلة على الزجاج الأثري والتي تعتبر عاملا من عوامل تلفه. والنتيجة التي تحصلنا عليها من خلال التحليل بواسطة تفلور الأشعة السينية (**X–Ray Fluorescence**) لعينات من الزجاج المستخرج من الموقع الروماني الجزر الثلاثة بمدينة شرشال في الجزائر هي أن التركيبة الكيميائية لكل عينات الدراسة مكونة أساسا في عنصر السلس بنسب عالية تتراوح ما بين 59% إلى67%، وأكسيد الصوديوم مابين 17%الى19% وأكسيد الكالسيوم ما بين 6,36% إلى 7.64 % بالإضافة إلى بعض العناصر منها ما هو معتمد من أجل تحسين خواص الزجاج مثل أكسيد الألمنيوم وأكسيد المغنيزيوم، ومنها ماهو عبارة عن أكاسيد مسؤولة عن لون الزجاج. بالإضافة إلى بعض العناصر والتي تعتبر بمثابة شوائب نسبها ضئيلة جدا لا تتعدى 01 بالمائة. كما أن طبيعة تربة الموقع أدت إلى تلف القطع الزجاجية، ولهذا يجب محاولة إنقاذ ما هو متبق من الآثار الدفينة بالموقع من أجل الحفاظ عليها.

قائمة المصادر والمراجع:

أولا/ المصادر والمراجع بالعربية:

القرآن الكريم.

. المراجع:

1. كجه جي صباح اسطفيان: **الصناعة في تاريخ وادي الرافدين**، 2002.
2. الطايش علي احمد: **الفنون الزخرفة الإسلامية المبكرة (في العصرين الأموي والعباسي)**، كلية الآثار، جامعة القاهرة، (د.ت).
3. حجازي ثروت محمد: **الأسس العلمية لعلا ج وصيانة المكتشفات الأثرية في مواقع الحفائر**، وزارة الثقافة ، المجلس الأعلى للآثار، 2005.
4. عبد العزيز محمد مرزوق: **الفنون الزخرفية الإسلامية في المغرب والأندلس**، دار الثقافة، بيروت، (د.ت).
5. باريكو ماري.ك: **الحفظ في علم الآثار، الطرق والأساليب العلمية لحفظ وترميم المقتنيات الأثرية**، تر: محمد احمد الشاعر. 1990.
6. محمد عبد الله إبراهيم: **ترميم تحف الفخار والزجاج والقشاني**، ط1، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الإسكندرية، 2012.

7. ناهض عبد الرزاق دفتر قيسي: **الفنون الزخرفية العربية والإسلامية**، دار المناهج، بغداد، (د.ت).

. المقالات:

1. هانسن كرستي، لودينج ليندا: "أدوات فنان، من خلال استخدام تقنية الفلورة بالأشعة السينية (XRF) يستطيع خبراء ترميم القطع الفنية أن يروا ما وراء الجمال الخارجي"، **مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية**، العدد 48، مارس 2007.

.القواميس:

1. احمد بن فارس بن زكريا أبي الحسين، **معجم مقاييس اللغة**، تح: عبد السلام محمد هارون، ج3، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، (د.ت).

2. احمد الزاوي الطاهر، **ترتيب قاموس المحيط على طريقة المصباح المنير وأساس البلاغة**، ج02، ط3، دار الفكر، والنشر والتوزيع، (د.ت).

ثانيا/المصادر والمراجع بالأجنبية:

. المراجع:

1. Azzedine Ayadi , **technologie du verre**, paris, 2004.
2. Barton James et Guillemet Claude, **le verre science et technologie**, 2005.
3. Du Parquer Massin Jacqueline, **Histoire du verre au moyen âge**. Paris. 2005.
4. Romblet Philipe B, **guide « techniques de conservation de la pierre »**, association Maidstone, 2010.
5. Hartwing Jean, **de la découverte du verre**, Découverte Légendes, Réalités ET Faisabilité, 2007.
6. Institut du monde arabe, a la manière de l'artisan et de l'artiste carnet propose de découvrir les techniques de fabrication des objets en céramique, en verre et en métal à partir de collection du musée de l'institut du monde arabe, févier 2012.
7. Wyaret J, **Le silicium dans la nature**, chimie minérale, tome 2, Masson- France, 1968.
8. Gobin Sain, **mâtereaux de construction** (verre fibre de verre), paris.

- المقالات:

1. florence Slitine, le verre antique une série de prouesses », r**evue de la société des Amis du musée national de céramique**, n05, octobre 2007.
2. Pilet Guillande , verre et céramique, article de l'institut des technique de l'ingénieur de Lyon, 2eme année, mâtereaux.
3. Gerard pajean, une petite encyclopédie du verre, l'élaboration du verre, vol 13, n05, octobre 2007