

Grenoble - Isère

Mosaïque de la Mairie de Grenoble

Étude préalable de la mosaïque de Charles Gianferrari

Mars 2023



Maîtrise d'ouvrage

Mairie de Grenoble

Direction des affaires culturelles

Service Musée Stendhal - Patrimoine culturel

Elsa BELLE

CRMH DRAC Auvergne Rhône-Alpes, site de Lyon

6 quai Saint-Vincent

69 283 Lyon CEDEX 01

Lili DEVENAS

Conservatrice des Monuments historiques

Métropole de Lyon

lili.davenas@culture.gouv.fr

Professionnels de la Conservation-
Restauration

Julie Thiaudiere

conservation-restauration de mosaïque

06 29 52 94 20

thiaudierej@gmail.com

4, Allée Nicolas Carnot - 93340 Le Raincy

Davide Orsi - In Situ Conservation

conservation-restauration peintures murales
et mosaïques

07 67 39 54 95

davideorsi@insituconservation.art

80 chemin des Perrets -

73470 Novalaise

www.insituconservation.art

Les informations contenues dans le présent document
sont protégées par l'article L 111-1 du Code de la Pro-
priété intellectuelle (loi n° 2006-961 du 1er août 2006).

Sommaire

Introduction	3
1. Mission de diagnostic demandée: Rappel des objectifs de l'étude	4
1.2 Mise en œuvre et intervenants	6
1.3 Documentation	6
2. Contexte historique et technique de réalisation de l'œuvre	8
2.1 Réalisation de l'œuvre	9
2.2 Historique des traitements	9
3. Constat d'état et diagnostic	10
3.1 Altérations de structure	11
3.2 Altérations de surface	12
3.3 Observations de la structure portante (architecture)	16
3.4 Interventions passées	17
3.5 Diagnostic	18
4 Intervention in situ	23
5 Préconisation d'entretien	26
6 intervention conservatoire : Préconisation et chiffrage	26
Annexe 1	29
Annexe 2	30
Annexe 3	32
Annexe 4	33
Annexe 5	45
Annexe 6	46
Annexe 7	47

Introduction

En décembre 2022, la commune de Grenoble a demandé une consultation pour la réalisation d'une étude sanitaire préalable à la restauration de la mosaïque du patio de la mairie de Grenoble effectuée par Charles Gianferrari. Ce projet entre dans le cadre d'une rénovation globale de l'édifice qui est prévu pour le/l'année 2026 et ayant pour but d'améliorer le bilan énergétique de l'Hôtel de Ville, inscrit désormais Monument Historique.

L'équipe qui a effectué l'étude a été composée de Julie THIAUDIERE, restauratrice de mosaïque et céramique, et Davide ORSI de l'entreprise In Situ Conservation, restaurateur de mosaïque, statue, et peintures murales.

Nous remercions les services de la mairie et tout particulièrement Elsa Belle, Charlotte Lejeune et Guy Coll pour la disponibilité qui nous été adressée.



Photographie de l'équipe effectuée avec le drone.

1 Mission de diagnostic demandée: Rappel des objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude est d'établir le diagnostic des altérations et des dégradations de l'œuvre, ainsi que des préconisations d'intervention conservatoire. Au fil des échanges avec Elsa Belle, nous avons pu cerner précisément le contexte de la demande et nous avons pris connaissance de l'historique de l'œuvre, depuis sa création jusqu'à nos jours. Afin de répondre au mieux à la demande, consistant en une étude préalable à une intervention de restauration, il nous est paru utile de définir les futures interventions en quatre phases qui seraient les suivantes :

- Phase 1 : étude préalable pour diagnostiquer les causes des altérations ;
- Phase 2 : intervention conservatoire, afin de redonner une lisibilité à l'œuvre avant le commencement des travaux de rénovation du bâtiment ;
- Phase 3 : intervention de protection temporaire, afin de mettre en sécurité la mosaïque durant les travaux;
- Phase 4 : intervention de restauration fondamentale après la fin des travaux de rénovation du bâtiment, pour traiter l'ensemble des altérations qui affectent la bonne conservation de l'œuvre dans le temps.



Vue du Patio de la Mairie

1.2 Mise en œuvre et intervenants

L'étude s'est déroulée sur trois journées consécutives in situ, les 28 Février, 1er et 2 Mars 2023.

Sur place, notre méthodologie a consisté en :

- Une prise d'ortho-photographies afin d'obtenir des photographies zénithales de la mosaïque ;
- Prises de mesures à l'aide d'un mètre laser ;
- Prises de vues numériques détaillées ;
- Relevés numériques ;
- Sondages sonores de toute la surface afin de tester l'adhérence de la mosaïque à son support ;
- Dialogue avec nos interlocuteurs ;
- Prélèvements pour analyses scientifiques.

Les outils et appareils utilisés ont été :

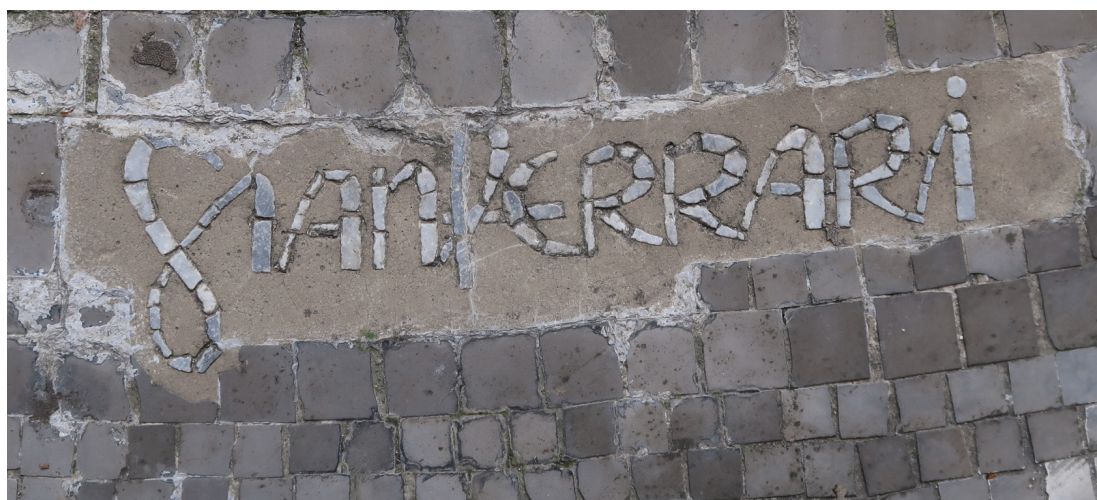
- Appareil photo ;
- Drone ;
- Mètre laser ;
- Tablette numérique et ordinateur pour le relevé des altérations ;
- Petit outil en bois pour réalisés les sondages sonores en surface ;
- Petit outillage pour les prélèvements à envoyer pour analyses.

Au total :

- 6 jours homme ont été consacrés à l'étude in situ ;
- 4 jours homme ont été consacrés à la rédaction du rapport de l'étude.

1.3 Documentation

Pour la réalisation de cette étude, nous avons eu accès aux rapports d'interventions de restauration précédentes. Nous avons également eu quelques informations sur la mise en œuvre de la mosaïque. Toute fois, l'architecte du bâtiment de l'Hôtel de Ville étant de Haute-Savoie, une grande partie des archives se trouvent hors de Grenoble et n'ont pas encore été consultées à ce jour.



Signature de l'artiste, sur le panneau A5



Ortho-Photographie effectuée avec une Drone Dji Mini-2

2 CONTEXTE HISTORIQUE ET TECHNIQUE DE RÉALISATION DE L'ŒUVRE

L'œuvre a été effectuée par l'artiste Charles Gianferrari, entre 1965 et 1967, dans le cadre de la construction du bâtiment de l'Hôtel de Ville qui a été conçu par l'architecte Maurice Novarina. Le bâtiment a été inauguré en 1967. Charles Gianferrari (1921-2010) est un mosaïste qui a réalisé des œuvres pour diverses villes de France. Le chantier de réalisation de la mosaïque et du bâtiment de l'Hôtel de Ville entre dans le cadre de l'accueil des Jeux Olympiques par la ville de Grenoble en 1968. La mosaïque est en interaction avec une fontaine en bronze et en granit, réalisée par Étienne Hajdu, en 1968, et située au centre du patio. La mosaïque est en effet légèrement inclinée de manière à ce que l'eau à sa surface s'écoule vers le centre pour être récupérée par la fontaine.

En 1999 et 2000 l'atelier de restauration de mosaïque de Saint-Romain-en-Gal réalise une étude et une intervention conservatoire qui vise à nettoyer la surface de la mosaïque, retirer les végétaux et consolider les lacunes.

En 2014, une intervention de conservation est menée par le restaurateur Frédéric Barbet qui a la même visée que l'intervention précédente.

En 2019 un incendie dans l'Hôtel de Ville affecte la moitié de la surface de la mosaïque qui perd en grande partie sa lisibilité, puisque recouverte d'une couche noire.

En 2023 le bâtiment de l'Hôtel de Ville est inscrit au titre de Monument Historique.

En 2026, un projet de rénovation du bâtiment prévoit d'inclure la restauration fondamentale de la mosaïque.



L'artiste et un mosaïste pendant la mise en œuvre de la mosaïque.

2.1 Réalisation de l'œuvre

L'œuvre est constituée de 24 panneaux de 3,5 mètres de côté environ, l'ensemble mesure 17,50 x 17,50 m. Des tesselles en pierre (marbre, calcaire, schiste, calcaire semi-marbré), sont posées sur un support en béton et insérées dans un mortier de ciment gris non chargé. La mosaïque a certainement été posée selon la méthode directe qui consiste en une pose des tesselles directement dans un mortier, sans travail au préalable à l'envers, le travail se réalise alors par "journées" qui sont constituées par des zones de mortier de pose encore frais. Il est fort probable qu'un jointage final par la face ait été effectué avec le même mortier de pose fait de ciment gris non chargé.

D'après nos échanges avec les interlocuteurs, le tessellatum (lit de tesselles) est posé sur une dalle de béton, qui est séparée d'une autre dalle de béton sous elle par un joint fait de goudron. Ce principe d'étanchéité est une caractéristique des constructions des années 60.

2.2 Historique des traitements

La mosaïque a fait l'objet de plusieurs interventions de restauration et d'entretien. Les deux campagnes de restauration dont nous avons été informé et dont nous avons pu consulter les rapport d'interventions ont été menées en 1999 et 2000 par l'atelier de restauration de mosaïque de Saint-Romain-en-Gal et en 2014, par le restaurateur de mosaïque Frédéric Barbet.

Nous avons noté que ces interventions visaient à traiter les mêmes altérations affectant l'œuvre, à savoir :

- Un encrassement général de surface et des joints;
- Un développement de la végétation ;
- Des pertes d'adhérence localisées du tessellatum au support ;
- Des lacunes et fissures.

Le rapport produit suite à l'intervention réalisée en 2014 a permis de mettre en évidence une évolution de certaines altérations dans le temps par rapport à l'état de la mosaïque en 1999. Toutefois, les deux interventions étaient à visée conservatoire, c'est-à-dire qu'elles avaient pour but de ralentir, voire de stopper le phénomène de dégradation de la mosaïque ; elles se distinguent ainsi d'une intervention de restauration fondamentale traitant la source des phénomènes d'altération. En outre, les tesselles désolidarisées du support ont été recueillies au fil du temps par le service technique de l'Hôtel de Ville.

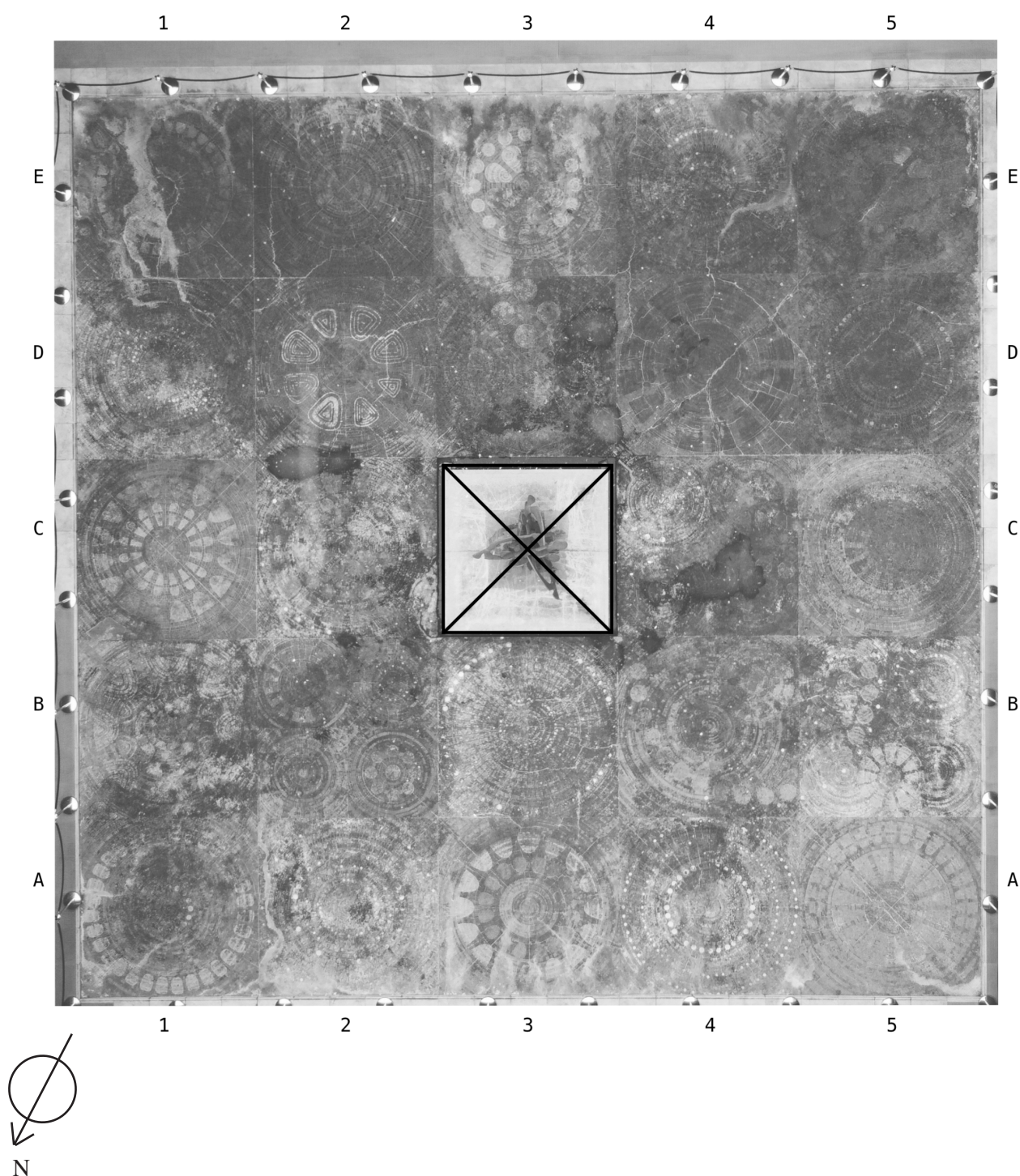


Une photographie historique du patio.

Une autre photographie historique de la mosaïque: noter la vivacité des couleurs

3. CONSTAT D'ÉTAT ET DIAGNOSTIC

Le relevé des altérations fait l'objet de deux cartographies de la mosaïque sur lesquelles sont localisées et légendées par un code couleur les altérations observées, selon leur type. La première cartographie fait état des altérations de structure (Annexe 2), tandis que la seconde cartographie fait état des altérations de surface (Annexe 3). Il nous a semblé pertinent de créer deux relevés distincts, afin d'offrir une meilleure lisibilité du relevé des altérations. Sur les cartographies, la mosaïque est orientée de manière à ce que la partie inférieure se situe au niveau de l'entrée principale du patio : de ce fait, sur la droite se trouve le hall d'accueil et sur la gauche se trouve le hall avec l'escalier d'honneur. En outre, un système de numérotation des carreaux a été instauré afin de pouvoir les identifier individuellement (Annexe 1).



3.1 Altérations de structure

L'œuvre présente des fissures, des lacunes, des soulèvements, et des pertes d'adhérence localisées



Fissure de 310 cm de long impliquant une perte de tesselles, elle devient alors une lacune, elle est située sur les panneaux A4 et B4.

Soulèvements localisés



Soulèvements localisés

Fissure de 100 cm de impliquant une perte de tesselles, elle devient alors une lacune, elle est située sur les panneaux C4.



3.2 Altérations de surface

L'œuvre présente des attaques biologiques sur l'ensemble de sa surface (végétaux, algues et mousses), une érosion à la surface de certaines tesselles, une altération en feuillets (caractéristique du schiste qui se délite en surface sous forme de lamelles) de certaines tesselles et des petites taches localisées.



Végétation dans les joints

Algues vertes en surface



Altération dans la masse des tesselles : érosion de surface et altération de type lamellaire



Altération des tesselles dans la masse : vue générale et détail

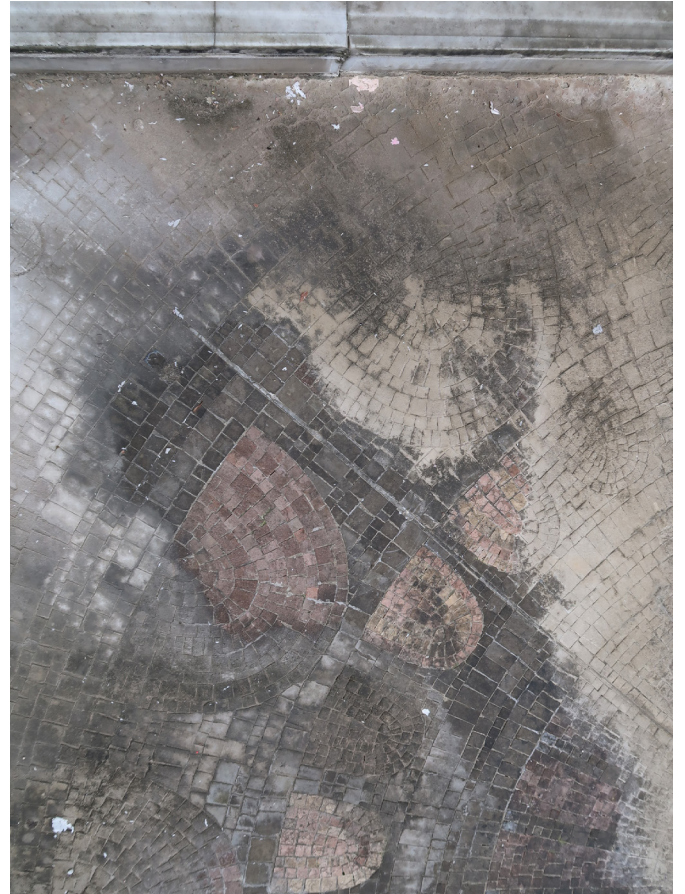
Taches localisées



La mosaïque présente également différents dépôts, tels que :



Des dépôts blancs sur les bords: ils sont peu adhérents, présentent une dureté moyenne et se retirent facilement en grattant au scalpel, ces dépôts sont qualifiés de "lait blanc" dans le rapport d'intervention rédigé par l'atelier de restauration de Saint-Romain-en-Gal en 2000 ;



Des dépôts noirs peu adhérents sur toute la moitié basse de la mosaïque : ils se retirent aisément en couplant une action mécanique et une légère action chimique (éponge et eau) ;



Des dépôts rougeâtres ou rosâtres ou beiges, localisés systématiquement sur les bords de la mosaïque : ils sont de consistance dure, type concrétions, et ne se retirent pas grâce à une action mécanique seule ;



Des dépôts blancs localisés sur les joints : ces concrétions blanches sont d'une dureté moyenne et se retirent facilement par une action mécanique avec le scalpel.



Dépôts anthropiques de type : chewing-gum, confettis, morceaux de papiers, mégots de cigarettes.



3.3 Observations de la structure portante (architecture)

Nos observations ont également porté sur la partie du bâtiment située sous la mosaïque, c'est-à-dire correspondant au sous-sol de l'Hôtel de Ville.

En différents endroits, sous la mosaïque, nous avons remarqué des traces de fuites d'eau, caractérisées par un dépôt marron.



Traces de fuites d'eau sur un mur et au sol, sous la mosaïque. Cette dernière image témoigne d'une inondation ayant eu lieu par le passé.



La visite du sous-sol a été opérée en compagnie de notre interlocuteur Monsieur Guy Coll, qui nous a, par la même occasion, informés au sujet d'observations effectuées par lui-même sur la mosaïque depuis 2000.

D'une part, l'inondation qui a eu lieu au sous-sol serait due à de fortes pluies ayant entraîné une accumulation d'eau sur la mosaïque mal évacuée au niveau de la fontaine. En effet, lorsque le sous-sol s'est rempli d'eau, il semble qu'il ait existé un lien direct avec un écoulement de l'eau en surface de la mosaïque.

D'autre part, Monsieur Guy Coll a été témoin de phénomènes de soulèvements de la mosaïque, principalement durant la saison froide.



Traces de fuites d'eau sur un mur et au sol, salle des machines

3.4 Interventions passées

La lecture des rapports d'interventions de restauration passées couplée à nos observations faites in situ ont mené à identifier des interventions de restauration précédentes telles que :

Des lacunes ont été comblées au moyen d'un mortier de chaux et de sable teinté aux pigments ;



Les lacunes situées autour de la fontaine ont été stabilisées par la mise en place de solins en bordures, constitués d'un mélange de chaux et de sable, certains solins se sont d'ailleurs désolidarisés, ils ne maintiennent donc plus les tesselles en bordure ;



Des rejointages localisés ont été effectués avec un mortier de chaux grise mélangée à une résine acrylique, ou bien avec un mortier fait de chaux, de ciment et de sable teinté aux pigments ;



Des refixages de tesselles mobiles et une consolidation localisée des zones présentant un soulèvement ont été réalisés par injection d'un mortier de chaux hydraulique (PLM-SM®).

3.5 Diagnostic

La mosaïque présente un problème d'adhérence du tessellatum à son support en de nombreux endroits et qui est probablement dû à plusieurs facteurs couplés, tels que :

La technique de pose à l'origine ;

La remontée de sels cristallisent en surface ;

Le développement d'un tapis d'humus entre le lit de tesselles et le support ;

Les conditions climatiques.

Nous avons observé dans les lacunes que les joints de pose d'origine sont peu marqués ; en conséquence, le mortier de pose n'est pas "remonté" suffisamment entre les tesselles pour former des joints solides et un jointage par l'avant a certainement été effectué pour terminer la pose, comme le montrent les photos de l'installation de la mosaïque (photo page 8). Il est possible que le mortier ayant été posé par l'avant n'ait pas consolidé tout à fait et partout les joints, entraînant une fragilité du tessellatum.

Observation dans une lacune du mortier de pose (gris clair) en fine couche ; les joints, dont les empreintes sont encore visibles, sont d'ailleurs peu marqués



Le rapport d'intervention rédigé par l'atelier de restauration de Saint-Romain-en-Gal, en 2000 mentionne des "joints en relief" qui ont été identifiés comme des dépôts résultant de la remontée de sels par les joints. Selon ce rapport, les joints présentant ces remontées cristallines correspondent avec des fissures dans la dalle de béton sous-jacente.

L'aspect de ces concrétions nous fait penser à des sels qui cristallisent en surface : les sels sont entraînés par les mouvements d'eau, celle-ci remonte à la surface par capillarité chargée en sels, puis elle s'évapore, donc sa concentration en sels augmente, alors ces derniers se solidifient et donnent des concrétions solides, dures et blanches en surface.

D'ailleurs, les analyses des prélèvements réalisés sur ces concrétions permettent d'identifier les éléments en présence qui sont les suivants : carbonate de calcium (CaCO_3) en majorité, silicium, d'aluminium, de fer, magnésium, sodium en faible quantité et potassium en traces (Annexe 4).

Il est fort probable que les sels qui cristallisent en surface proviennent de la dalle de béton, qui est le support de la mosaïque. En effet, les bétons qui étaient utilisés pour les constructions dans les années 60 sont particulièrement chargés en sels et soulèvent désormais souvent ce genre de problématique. Par exemple, le ciment de portland est majoritairement composé de chaux, silice, alumine et fer, éléments que l'on retrouve dans la composition des concrétions prélevées en surface pour analyses. Pour appuyer cette hypothèse, nous citons le rapport d'analyses (p. 4) : "Les concrétions salines de l'échantillon S2023-07 sont probablement des efflorescences de sels présents dans les bétons utilisés dans les années 60-70".

La carbonatation du ciment est un phénomène de vieillissement naturel du matériau. Elle résulte de la réaction entre le CO_2 de l'air avec la portlandite (de la chaux qui constitue le béton) ; l'un des produits de cette réaction est le carbo-

nate de calcium (CaCO_3), que l'on retrouve dans les concrétions en surface de la mosaïque.

Ci-dessous, l'équation de la réaction de carbonatation :



En outre, les conditions climatiques de l'environnement où est conservé le béton ont une influence sur ce phénomène, notamment lorsque l'humidité relative est autour de 60-70% on peut considérer que les conditions sont favorables à la carbonatation.

Nous pouvons émettre en hypothèse que les concrétions blanches dans les joints sont issues de la cristallisation des sels contenus dans le béton qui, transportés par l'eau et une fois remontés à la surface, durcissent.

En revanche, nous ne sommes pas en mesure de corréler une cartographie des joints présentant ces dépôts avec un réseau de fissures dans la dalle de béton, puisque nous n'avons pas accès visuellement à cette dalle. Elle s'est toutefois sûrement fissurée sous l'action de la poussée des sels s'évacuant avec l'eau.

Les sels, en remontant à la surface et en se durcissant, poussent le tessellatum, qui perd donc en adhérence, et créent des fissures en sortant. Ils ouvrent les joints d'une certaine manière, afin de sortir à la surface.

Nous avons noté la présence d'eau localisée au niveau de certains joints bien qu'il n'avait pas plu dans la journée ou la veille ; de fait, l'ensemble de la surface la mosaïque était sec.

Nous avons constaté la présence d'eau localisée au niveau de certains joints, alors qu'il n'avait pas plu dans la journée ni la veille ; en effet, toute la surface de la mosaïque était sèche.

Il est possible que ces petites flaques soient liées à la remontée capillaire de l'eau. L'eau se charge en sels au contact du béton sous-jacent et remonte à la surface par les joints.

Les fissures concrétionnées à la surface de la mosaïque forment un véritable réseau, avec un schéma de dégradation de la mosaïque.

Localisation de taches d'eau au niveau des joints présentant des concrétions cristallines et détail



En effet, les sels, en remontant, font perdre sa cohérence à la dalle de béton sous le tessellatum, provoquant ainsi au fil du temps un détachement du support, dû à la fois à l'action mécanique du sel remontant, et à la perte de matière saline dans le béton, et donc de sa solidité. Par la suite, la ligne unique commence à se ramifier, élargissant le décollement sous les tesselles, jusqu'à former une grande zone décollée dont tous les interstices sont affectés par cette remontée de sels. La remontée des sels provoque ensuite l'érosion des tesselles, en raison de la nature basique de ces sels, due au béton armé lui-même, qui a un pH de 12,5 - 13.

Une fois cette phase de remontée capillaire et de solubilisation terminée, les sels solubles seront emportés par l'action des intempéries, laissant une zone où les tesselles sont maintenant érodées et sans joints. Ici, la zone, désormais détachée du substrat et dépourvue des joints, deviendra une bonne base d'accumulation de poussières et de terre emportées par le vent, un excellent terreau pour les organismes et les plantes plus ou moins avancées, ce que nous avons pu observer, puisqu'un tapis d'humus s'est formé entre les tesselles situées en bordures des lacunes, et nous pouvons imaginer que la végétation s'est développée de manière généralisée sous les tesselles, puisqu'elle émerge à certains endroits sous forme de mousses ou de petites plantes à travers les jointures.

Le fait que la mosaïque soit également soumise à des conditions climatiques extérieures et à des variations de température au fil des saisons et au quotidien, ag-

Observation du cycle de formation des fissures et des remontées de sels:

1. Première formation:
2. Ramification
3. Formation du réseau
4. Les sels désormais solubilisés en surface laissent une zone dégradée
5. L'humus et les plantes prennent la place entre les tesselles



grave probablement le problème des efflorescences. En particulier, les cycles de gel-dégel de l'eau pendant la saison froide peuvent accentuer la perte d'adhérence du tessellatum à son support, comme décrite ci-dessus, et un soulèvement localisé et momentané de ce dernier. L'eau qui n'est pas suffisamment évacuée de la surface de la mosaïque s'infiltre sous les tesselles à travers les fissures et les joints. Si elle stagne entre les tesselles et leur support en béton imperméable et que la température descend en dessous de zéro degré, elle gèle et augmente donc de volume. L'augmentation de volume soulève les tesselles, créant des protubérances visibles à la surface. Lorsque la température ambiante remonte, l'eau dégèle, redevient liquide et perd du volume, la tesselle peut ou non revenir à son niveau d'origine, bien qu'elle soit maintenant détachée du support et qu'avec le temps, des lacunes se forment.

Les dépôts noirs sont probablement des dépôts de suie liés à l'incendie ayant eu lieu en 2019.



Sondage sonore de la mosaïque

Les dépôts blancs sur les bords et qui ressemblent à des coulées s'engageant vers le centre de la mosaïque, ainsi que les dépôts durs rougeâtres, rosâtres ou beiges, localisés principalement sur les bords peuvent être en lien avec la bordure piétonne en marbre située en périphérie de l'œuvre. Par ailleurs, ces derniers dépôts ressemblent à de la corrosion, ce qui signifie que la surface des tesselles est attaquée. Les eaux de pluie acides ruisselant sur cette bordure, ou bien son nettoyage, ou encore une éventuelle application de sel en hiver, pour éviter de glisser dessus, peuvent altérer le marbre dont la surface se désintègre petit à petit. L'eau transporte les dépôts du marbre altéré, les éventuels produits (acides) de nettoyage, les éléments acides liés à la pollution et qui constituent l'eau de pluie, ou encore le sel. Cette eau ruisselle sur la mosaïque et stagne probablement sur les bordures avant d'être évacuée vers le centre. Nous avons obtenu les informations suivantes au sujet de l'entretien de cette bordure en marbre : elle serait nettoyée à la machine mécanique uniquement à l'eau et ne serait pas salée en hiver puisqu'une bande anti-dérapante a été déposée en surface. Toutefois, il n'est pas à exclure que la machine servant à nettoyer cette zone ne contienne pas des restes de produits nettoyants qui seraient utilisés pour le nettoyage d'autres zones de l'Hôtel de Ville, ou bien que cette bordure piétonne ait été salée les hivers précédents la pose de la bande anti-dérapante. Sans pouvoir identifier précisément le facteur altérant la mosaïque sur ses bords, il est fort probable que les dépôts aient un lien avec la bordure en marbre. En outre, les différentes couleurs des dépôts seraient liées à la présence d'algues vertes observées en surface des tesselles. En effet, les teintes rosâtre et rougeâtre sont possiblement obtenues par le relâchement d'ions oxalates par les algues.

Il existe aussi probablement un lien entre les infiltrations d'eau dans le support de la mosaïque et cette bordure en marbre. En effet, nous avons d'une part observé qu'en certains endroits la surface du marbre sous le tapis anti-dérapant était très humide. De plus, nous avons observé des fissures ou bien des joints altérés, laissant donc probablement passer l'eau sous les plaques de marbre.



État du marbre sous la bande anti-dérapante

Par ailleurs, en confrontant le plan du sous-sol et celui de la mosaïque, nous avons pu émettre en hypothèse une corrélation entre les zones du sous-sol ayant subi de fortes infiltrations d'eau, voire même une inondation, et les zones de la périphérie qui présentent une altération particulière du marbre telle que fissures ou joints altérés. Nous avons relevé deux zones qui sont situées l'une devant l'entrée du hall d'accueil et l'autre devant l'entrée du hall à l'escalier d'honneur et qui présentent cette altération sous le tapis. Ces deux zones semblent concorder avec deux endroits du sous-sol où nous avons observé des traces de ruissellement d'eau sur les murs ou bien des taches sur le sol, attestant d'une inondation. Ces zones au sous-sol sont signalées sur le plan de celui-ci (annexes 5 et 6).

Nous avons par ailleurs prélevé les dépôts sur le mur afin de caractériser les eaux de ruissellement. D'après les résultats d'analyses, cette eau est principalement chargée en matière organique, plus précisément elle serait constituée principalement de sulfate de lignine, deux hypothèses sont alors probables (annexe 4 p. 7). Ces sulfates de lignine sont présents dans le bois et l'humus, ce qui pourrait confirmer l'hypothèse que l'eau de ruissellement trouvée dans le sous-sol provient de la mosaïque. En effet, elle passerait tout le lit de tesselles et serait donc en contact avec le tapis d'humus situé sous les tesselles, elle se chargerait donc en sulfates de lignine puis ruissellerait dans le support en béton. Par ailleurs, la lignine est aussi utilisée comme stabilisateur ou émulsifiant de ciments. Pour confirmer ou non la seconde hypothèse, il serait donc intéressant de caractériser la matière constituant le béton jouant le rôle de support de la mosaïque pour comprendre s'il contient de la lignine.

Enfin, nous pouvons également émettre en hypothèse que la perte d'adhérence des tesselles à leur support dans les parties comblées par réinsertion de tesselles est en lien avec le type de mortier qui a été utilisé. En effet, deux lacunes ont été comblées par la réinsertion de tesselles dans un mortier ou coulis de PLM-SM®. Les constituants constituant ce produit du commerce sont en partie inconnus, nous savons toutefois qu'il est composé de chaux hydraulique. Ces deux lacunes

présentent un gonflement en surface et certaines tesselles se sont de nouveau détachées du support. Cette perte d'adhérence soulève la question de la compatibilité entre le PLM-SM® et le ciment qui constitue le support, notamment en milieu humide



Lacune réintégrée dont les tesselles se détachent, échantillon du mortier de pose blanc

4 INTERVENTIONS IN SITU

Notre étude in situ a été accompagnée de prélèvements de matière pour effectuer des analyses physico-chimiques sur les coulures d'eau de couleur marron dans les sous-sols et sur les concrétions localisées dans les joints. Les rapports d'analyses complets se trouvent en annexe 4.

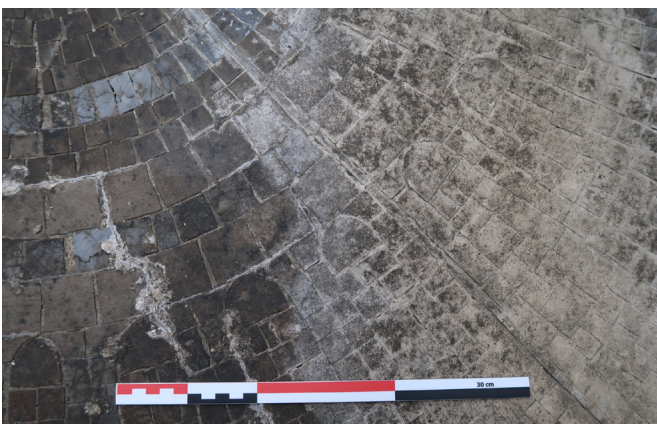
Des tests de nettoyage ont été réalisés sur des fenêtres de dimensions maximales de 15x15 cm.

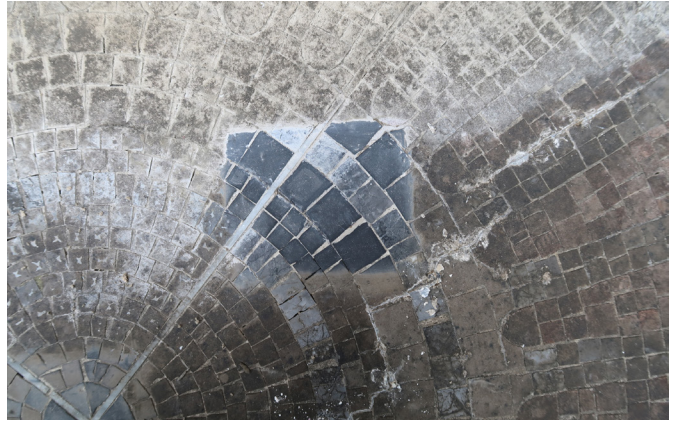
Dans la Zone 1, une première action a été effectuée en appliquant au pinceau un agent désinfectant dilué dans l'eau (Biotin®, fiche technique en annexe 7) sur une zone présentant des dépôts rougeâtres et des algues vertes en surface. Après 5 heures de pose, le produit a été retiré au coton. Après rinçage de la zone à l'eau, une compresse de carbonate d'ammonium en solution saturée a été appliquée durant 30 minutes qui s'est colorée en rouge-orange, couleur caractéristique des ions oxalates relâchés par les algues vertes. Elle a permis de ramollir les concrétions qui ont été retirées mécaniquement.





Dans la Zone 2, le même type de compresse a été appliqué durant 30 minutes sur une zone présentant des dépôts noirs, des concrétions blanches dans les joints et en surface. Une solution de carbonate d'ammonium saturée a été appliquée sous forme de compresses durant 1 heure, sur une autre zone présentant des dépôts noirs, des concrétions blanches dans les joints et en surface. Le dépôt noir a été enlevé presque immédiatement au premier passage des compresses de rinçage ; par contre le dépôt blanc, est très tenace. Ce dépôt peut être ramolli par l'application d'une compresse de carbonate d'ammonium durant un temps global de 1h30 suivi d'un rinçage et d'une action mécanique successive.





Cette méthode de nettoyage des concrétions blanches n'est pas totalement satisfaisante, notamment sur la zone 1, des recherches seront nécessaires ultérieurement pour déterminer le protocole adapté (elles pourront avoir lieu durant la phase 2).

Une zone présentant uniquement des dépôts noirs a été nettoyée à l'éponge mélamine® en frottant et un rinçage au coton à base de carbonate d'ammonium a ensuite été effectué. Cette méthode de nettoyage pourrait être utilisée comme première méthode de nettoyage pour la phase 2, car elle permet de restaurer les carreaux avant les interventions plus intensives de la phase 4.



5 PRÉCONISATIONS D'ENTRETIEN

En l'attente d'un traitement conservatoire de la mosaïque nous préconisons des conseils d'entretien tels que :

- Interdiction de circuler sur la mosaïque ;
- Balayage régulier de sa surface (entre 2 et 4 fois par mois) en prenant soin de ne pas jeter les tesselles qui se sont détachées du support, pour cela une attention particulière doit être portée aux alentours des fissures et lacunes : le retrait des dépôts anthropiques évitera de boucher les trous d'évacuation de l'eau au niveau de la fontaine ;
- Revoir le mode d'entretien de la bordure piétonne périphérique en marbre en pratiquant un nettoyage à sec, de manière à ne plus alimenter le phénomène de corrosion des tesselles localisées sur les bords de la mosaïque, et en proscrivant le dépôt de sable ou de sel sur sa surface ; si notre hypothèse de l'existence d'un lien entre l'entretien de la bordure piétonne et les dépôts de types lait blanc et concrétions sur les bords de la mosaïque s'avère concluante, il est nécessaire d'éliminer ces facteurs d'altérations pour stopper le phénomène de dégradation ;
- Sur le long terme, lorsque la mosaïque sera restaurée entièrement, il sera nécessaire de l'entretenir avec un retrait mécanique des végétaux se développant en surface.

6 INTERVENTION CONSERVATOIRE : CONCLUSIONS, PRÉCONISATIONS ET CHIFFRAGE

La mosaïque est dans un état de conservation précaire. Les décollements quasi généralisés, les fissures, les efflorescences de béton, les attaques biologiques et les lacunes l'ont fortement déstabilisée, et la couche de dépôt qui la rend illisible ne fait qu'aggraver la vision d'ensemble. Les travaux de restauration sont non seulement nécessaires, mais avec les travaux qui devront avoir lieu pour la réhabilitation du bâtiment, en 2026, ils deviennent obligatoires, en raison de la structure en béton armé du bâtiment et des vibrations qui en résulteront, qui feront sauter le tessellatum et donc l'ensemble du tapis, faisant perdre à l'œuvre sa cohérence de manière irréversible. Par conséquent, comme nous l'avons mentionné dans le premier chapitre, la division des travaux de restauration en deux phases distinctes, entre la phase 2 et la phase 4, rendra l'œuvre plus stable et lui permettra finalement de briller comme la splendeur d'antan. Deux précisions doivent être apportées à ce sujet :

Note 1 : Dans la phase 2, le carottage de la terrasse en mosaïque sera absolument nécessaire, car il n'est pas encore possible de comprendre la nature de la structure du support de la mosaïque, ni comment cette structure est soutenue entre les piliers du sous-sol. La connaissance du support est utile en particulier pour comprendre comment l'eau se déplace lorsqu'elle s'infiltre entre les interstices et les fissures de la structure.

Note 2 : Parmi les nombreux problèmes de ce travail, un restera cependant sans réponse, c'est la libération de sels solubles par la structure en béton armé : en

effet, le ciment a cette particularité de libérer beaucoup de sels, qui entrent cependant en conflit avec la structure de l'opus tessellatum. Ainsi, ce problème pourrait rester sans solution et donc causer des problèmes même au cours des années qui suivent la restauration. La restauration est néanmoins recommandée, car une aggravation de la situation pourrait entraîner le détachement et la perte totale du tapis de mosaïque.

Après ces considérations, nous proposons dans cette partie de développer une proposition de traitement correspondant à la phase 2, c'est-à-dire à l'intervention conservatoire dont les objectifs seraient les suivants :

- Redonner une lisibilité à la mosaïque, grâce à un nettoyage de surface, afin qu'elle retrouve notamment ses couleurs d'origine : de cette manière elle inviterait à une plus grande sensibilité de la part du public et à un entretien plus soigneux et régulier ;
- Conserver les informations en recueillant et en identifiant les tesselles qui ne sont plus adhérentes au support ;
- Consolider la mosaïque en l'attente de son traitement de restauration fondamentale afin de la préserver dans l'état actuel et de ralentir le plus possible le phénomène de décollement du tessellatum au support ;
- Éventuellement, prévenir les attaques biologiques d'ici sa restauration fondamentale par l'application d'un traitement préventif ;
- Compléter les analyses pour mieux comprendre le phénomène de remontée de sels en surface et la stratigraphie sous-jacente à la mosaïque ;

Concernant le nettoyage, nous recommanderions la pratique de nouveaux tests de nettoyage afin de déterminer les produits adaptés au retrait des différents dépôts. En effet, les premiers tests effectués lors de l'étude ont montré que les algues vertes en surface, les végétaux en surface et sous le tessellatum, les dépôts noir (probablement de suie), les dépôts beige, rouge et rose de type concrétions, et les dépôts blancs sous forme de coulées, ne sont pas sensibles aux mêmes agents nettoyants. Il sera donc important d'établir un protocole adapté à chacun des dépôts.

En outre, il est nécessaire de déterminer le degré de nettoyage demandé lors de cette intervention conservatoire. D'une part, si les facteurs d'altération ne sont pas éliminés, les dégradations continueront, certains dépôts se retrouveront de nouveau sur la surface et seront de nouveau à traiter lors de la restauration fondamentale. Nous pensons par exemple aux dépôts hypothétiquement liés à l'entretien de la bordure piétonne en périphérie, ou bien aux concrétions salines situées dans les joints et provenant probablement du support en béton. D'autre part, d'une certaine manière, la couche de salissure en surface peut aussi créer une couche de protection de la mosaïque.

De fait, tant que les conditions de conservation de la mosaïque ne sont pas modifiées de sorte à éliminer certains facteurs d'altération, ou à ralentir les dégradations liées à d'autres facteurs, il n'est pas utile de recommander un nettoyage total. En d'autres termes, il est nécessaire de considérer la mosaïque dans le patio dont elle fait partie et de prendre en compte les éléments suivants :

- L'inclinaison de la pente de la mosaïque qui permet d'évacuer l'eau de sa surface vers la fontaine ;
- La fontaine réceptionnant et permettant d'évacuer l'eau ayant ruisselé sur la mosaïque ;

- L'étanchéité du lit de tesselles ;
- Le support de la mosaïque, probablement fait de deux dalles de béton séparées d'un joint de goudron ;
- L'interaction entre la bordure piétonne en marbre et la mosaïque ;
- L'exposition de la mosaïque aux intempéries, puisque qu'elle est conservée à ciel ouvert.

Nous préconisons donc un carottage de la mosaïque afin de comprendre la stratigraphie de son support. En outre, il serait intéressant de caractériser la matière constituant le béton jouant le rôle de support de la mosaïque pour comprendre s'il contient de la lignine.

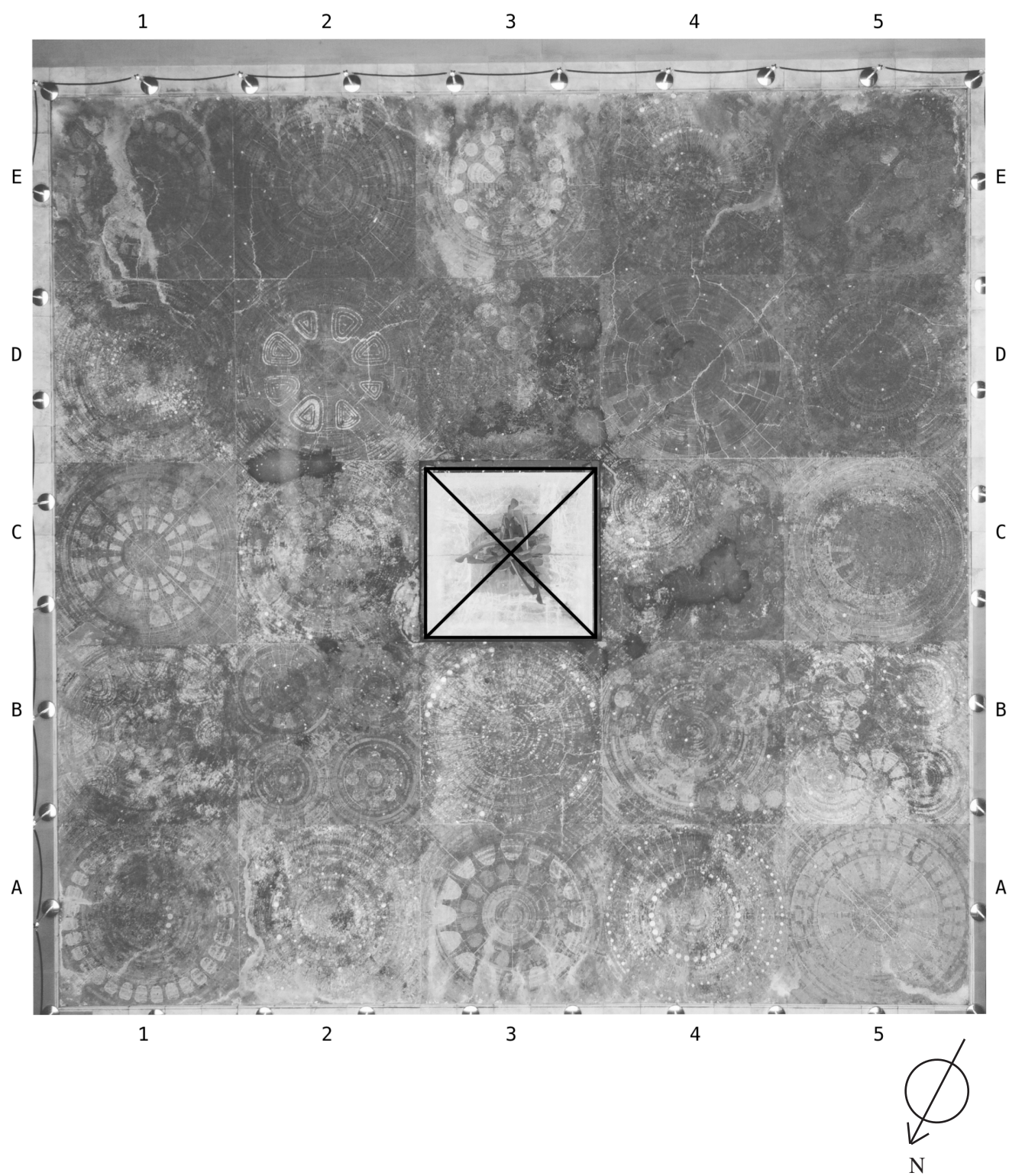
Un recueil des tesselles non adhérentes au support en relevant l'emplacement où elles ont été prélevées, pour pouvoir les remettre en place dans un second temps.

Un nettoyage des végétaux par application d'un traitement biocide qui permettra de retirer les végétaux en surface et sous le tapis de tesselles. Un retrait des dépôts noirs afin de retrouver les couleurs de la mosaïque. Ce nettoyage devrait redonner une lisibilité à l'œuvre. Nous ne conseillons pas de traiter les concrétions salines dans les joints, ni les dépôts de type concrétions sur les bords, en revanche nous préconisons d'effectuer des tests de nettoyage pour déterminer le protocole de traitement de ces derniers.

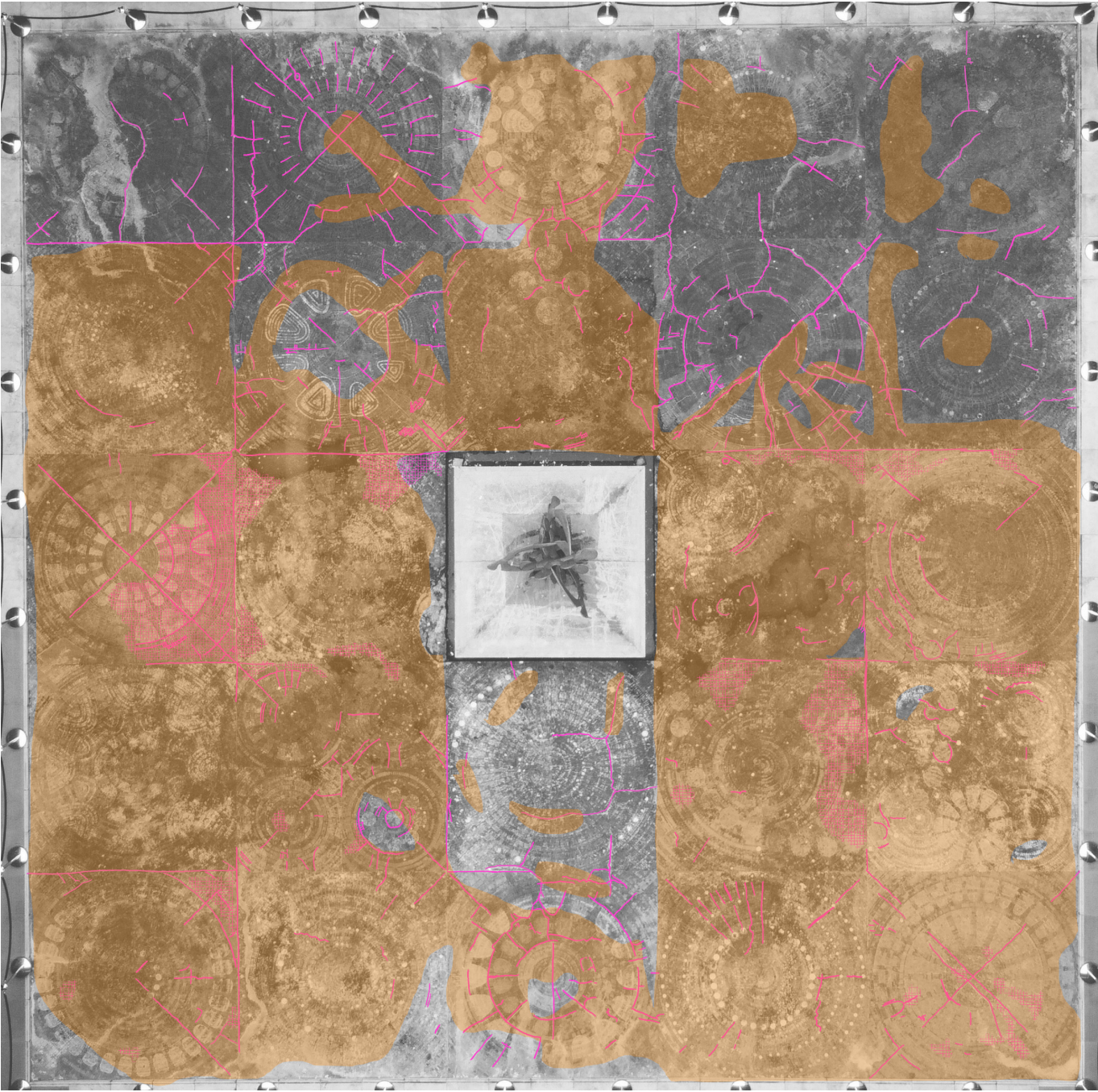
Une consolidation temporaire des lacunes grâce à la pose de solins sur les bordures. Une consolidation par injection et rejointage des zones présentant une perte d'adhérence et des zones dont le retrait des végétaux aura laissé des vides entre les tesselles et le support et au niveau des joints.

L'application d'un traitement préventif pour prévenir le développement de nouveaux végétaux.

Annexe 1 : numérotation des carreaux



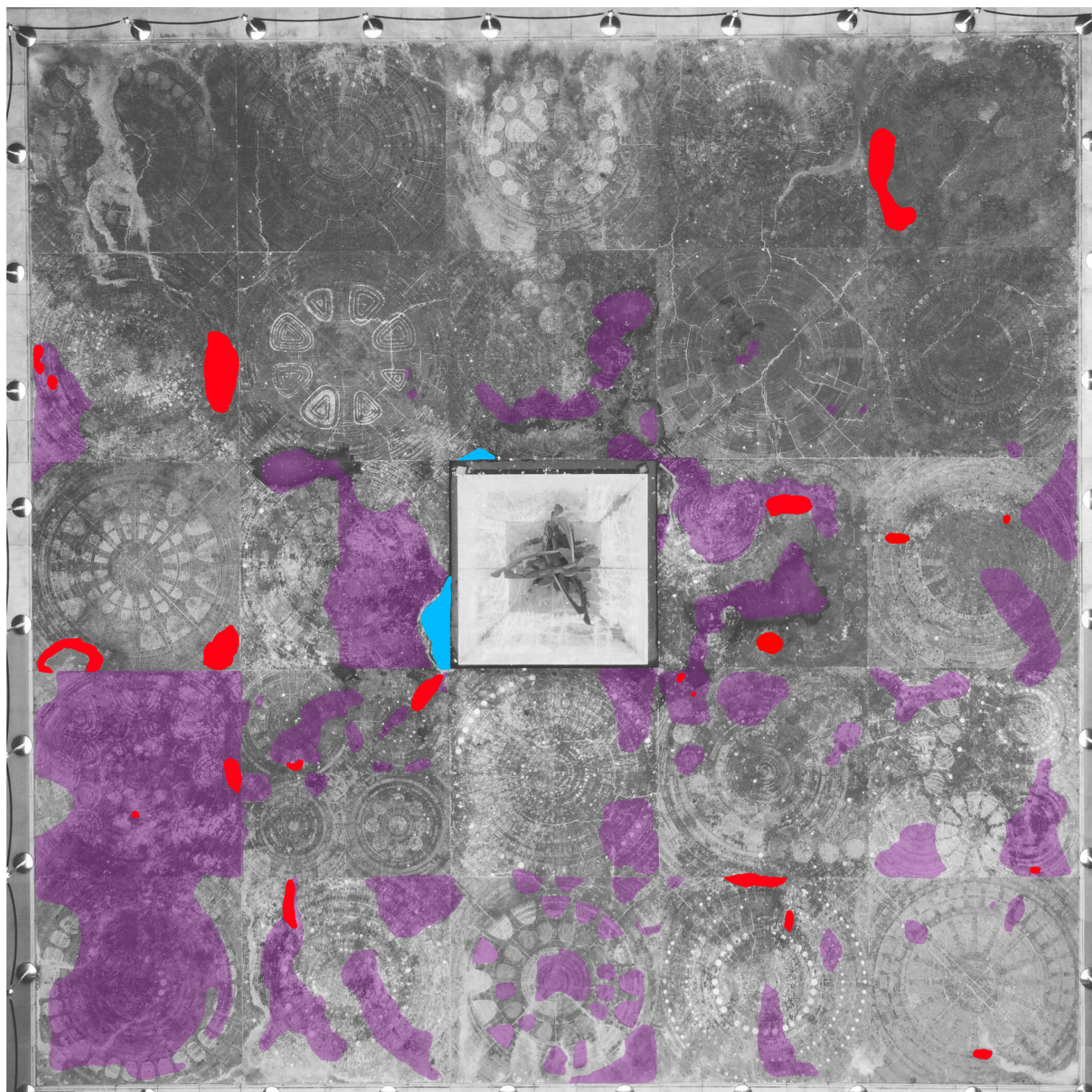
Annexe 2 : cartographie altérations de surface



- | | |
|---|-------------------|
|  | Remontée des sels |
|  | entre les joints |
|  | Perte d'adhérence |



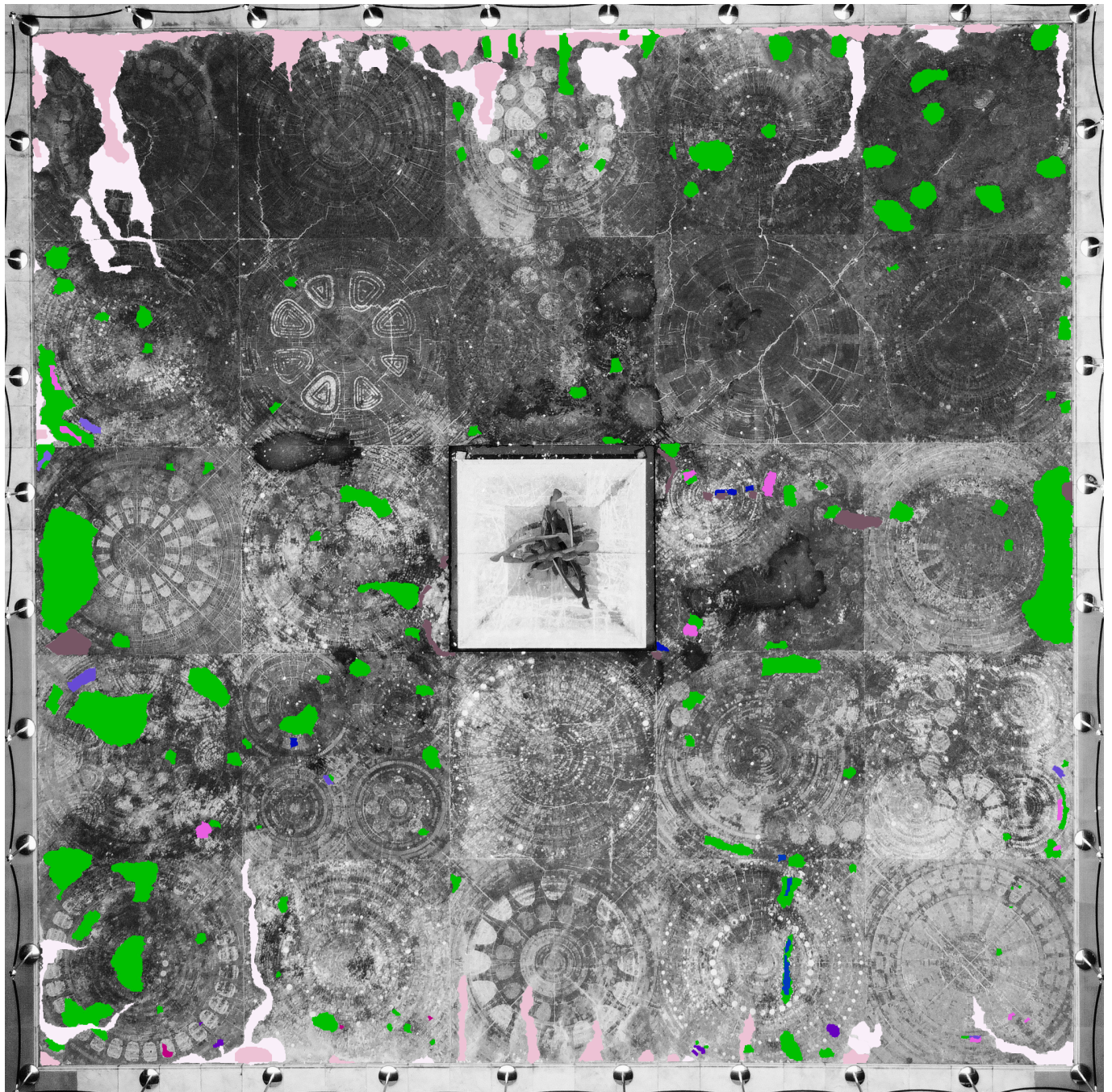
Annexe 2 : cartographie altérations de surface



 Perte des joints
 Soulèvement
 Manque



Annexe 3 : cartographie fait état des altérations de structure



- Attaques biologiques
- Lacune
- dépôts blancs
- concrétions rosâtre/rougeâtre/beige
- érosion de surface des tesselles
- écaillage de surface des tesselles
- comblement des lacunes au moyen d'un mortier de ciment gris ou par réinsertion de tesselles à l'identique



Annexe 4 : rapport d'analyse



Groupement
d'Intérêt
Public



MINISTÈRE
DE LA CULTURE
*Liberté
Égalité
Fraternité*



ARC-Nucléart

CEA – Centre de Grenoble
17 avenue des Martyrs
38054 Grenoble Cedex 9

Tél. : 33 - (0)4 38 78 35 52
nucleart@cea.fr - www.arc-nucleart.fr

Rapport d'analyses de polychromie n° 2023-066

Devis n° 2023-504

CARACTÉRISATION DE PRELEVEMENT PROVENANT DE LA MOSAÏQUE DE L'HÔTEL DE VILLE DE GRENOBLE (ISERE)

Frédéric FABRE

	Nom	Date	Signature
Auteur	F. Fabre	26/3/23	
Approbateur	K. Froment	26/3/23	

ANALYSES PRATIQUES

- Microscopie à balayage électronique couplée à l'analyse élémentaire à rayon X
- Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)
- Microscopie optique

Avec le soutien de :



N° SIRET : 183.830.033.00019 APE 9003A
Identification TVA : FR 06 183 830 033



1. PROTOCOLE ANALYTIQUE

Les échantillons sont d'abord observés et photographiés au microscope numérique (Keyence, VHX-7000).

Une analyse élémentaire au microscope électronique couplé à un détecteur des rayons X par dispersion d'énergie (mini SEM SNE-4500M, MEB-EDS @ 15kv, sonde EDS Oxford de type Si-Li) est effectuée pour déterminer les éléments chimiques présents dans la polychromie. Les images MEB sont obtenues avec un détecteur d'électrons rétrodiffusés (BSE), c'est-à-dire que le niveau de gris de l'image est d'autant plus accentué que l'atome est léger ; on visualisera ainsi les atomes lourds en blanc (plomb, or, argent, mercure, etc.) et les atomes légers en gris foncé (calcium, aluminium, silicium, etc.). Les composés organiques seront de couleur noire.

Quand cela est possible, une analyse au spectromètre infrarouge à transformée de Fourier (IRTF, Thermo Fischer Nicolet iS 20 couplé à un microscope Continuum) peut être faite en complément, notamment pour la caractérisation des substances organiques (liants, vernis, etc.) et de certains pigments.

Si la quantité est suffisante, une analyse par diffraction X (DRX) sur poudre est ensuite effectuée pour déterminer les phases présentes dans chaque prélèvement. L'appareil utilisé est un Brucker D8-Advance (Anode Cu-K α longueur d'onde $\lambda = 0.15406$ nm).

2. DESCRIPTION DES PRÉLÈVEMENTS

Le repérage des prélèvements sur l'œuvre est fait en annexe n° 1.

Nom	Objet	Localisation
S2023-07	Concrétion saline	Surface mosaïque
S2023-08	Dépôt marron	Mur du sous-sol

3. BUT DE L'ÉTUDE

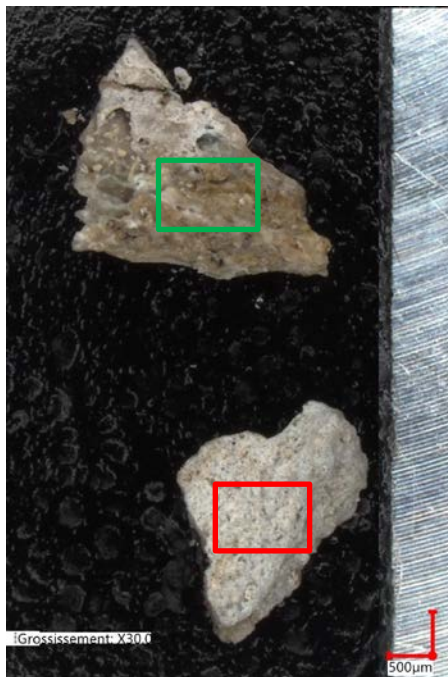
Analyser les concrétions salines (échantillon S2023-07) prélevées sur la surface de la mosaïque du patio de l'Hôtel de Ville de Grenoble et les dépôts (échantillon S2023-08) prélevés sur un mur du sous-sol de l'Hôtel de Ville. Ce dernier échantillon contient des dépôts de couleur marron qui présentent certainement des traces d'un badigeon, on cherchera à déterminer s'il y a également des traces de rouille et/ou de goudron.

4. ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

Échantillon n° S2023-07, Concrétion saline, Surface mosaïque

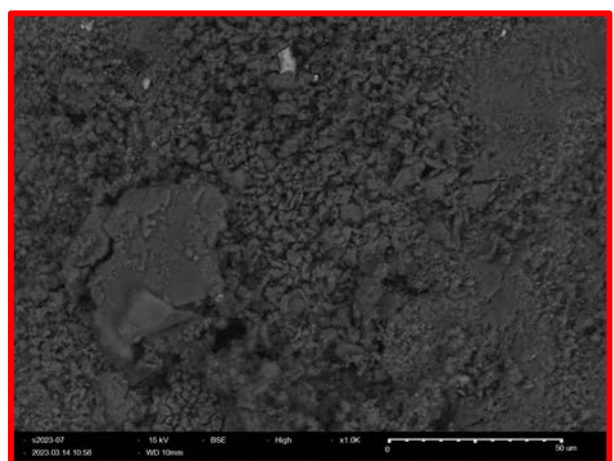
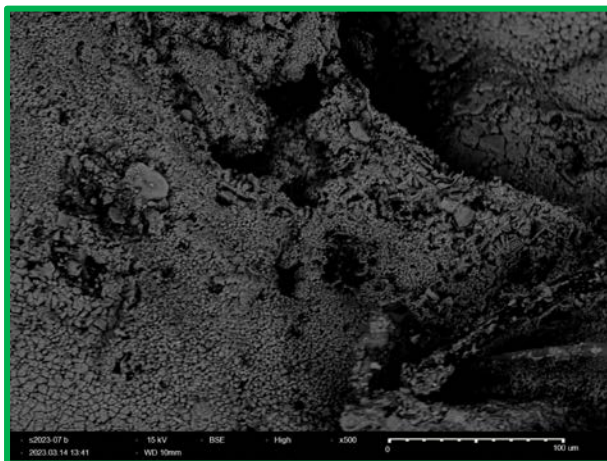


Vue optique, échantillon n° S2023-07

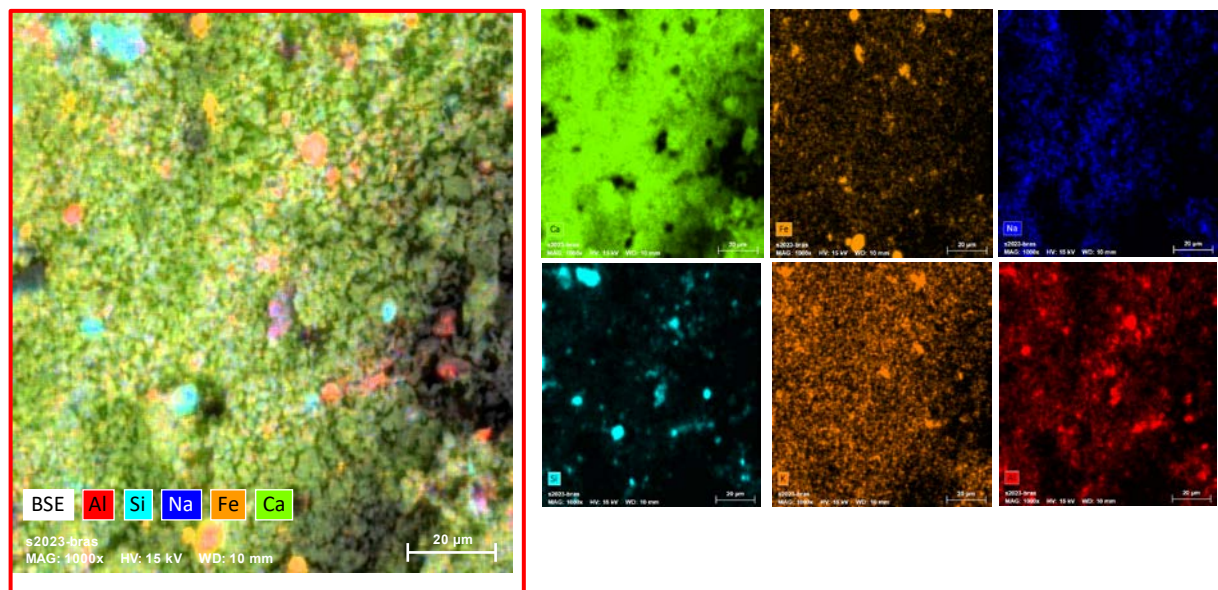


À l'observation, les différents fragments du prélèvement sont homogènes. Ils présentent une face de couleur blanche et d'aspect régulier (probablement le côté visible des efflorescences) qu'on notera **S2023-07a** pour la suite, et une face moins régulière, de couleur grisée, qu'on notera **S2023-07b**.

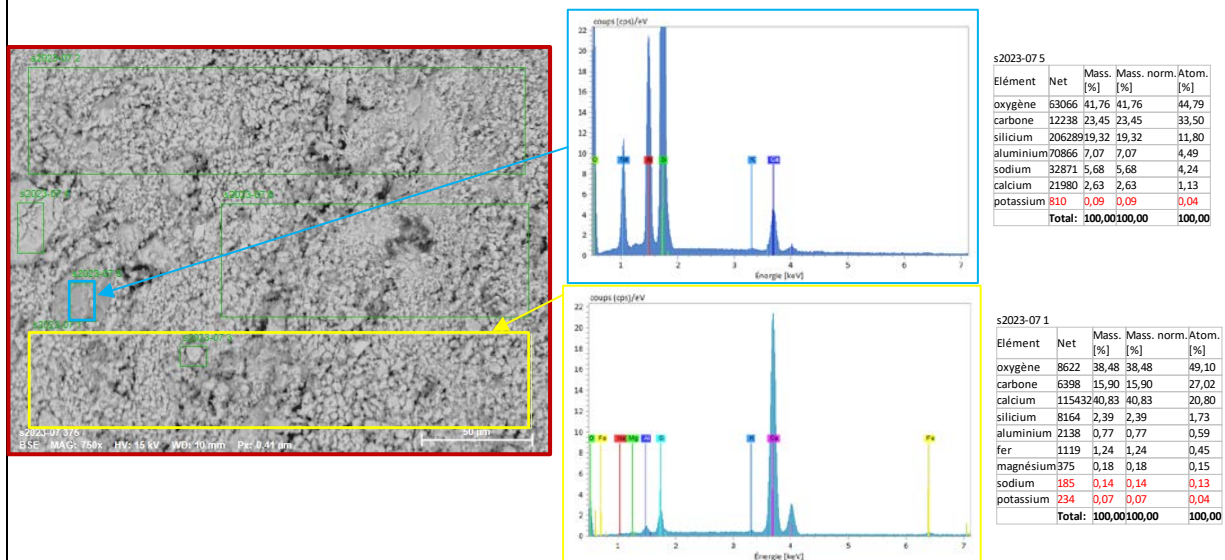
Échantillons préparés sur scotch carbone avant analyse MEB, vue optique, échantillon n° S2023-07a et b



Échantillons sur scotch carbone, vue MEB-EDS en mode BSE, échantillon n° S2023-07a et b



Cartographies de répartition par éléments chimiques, MEB-EDS mode BSE, échantillon n° S2023-07a



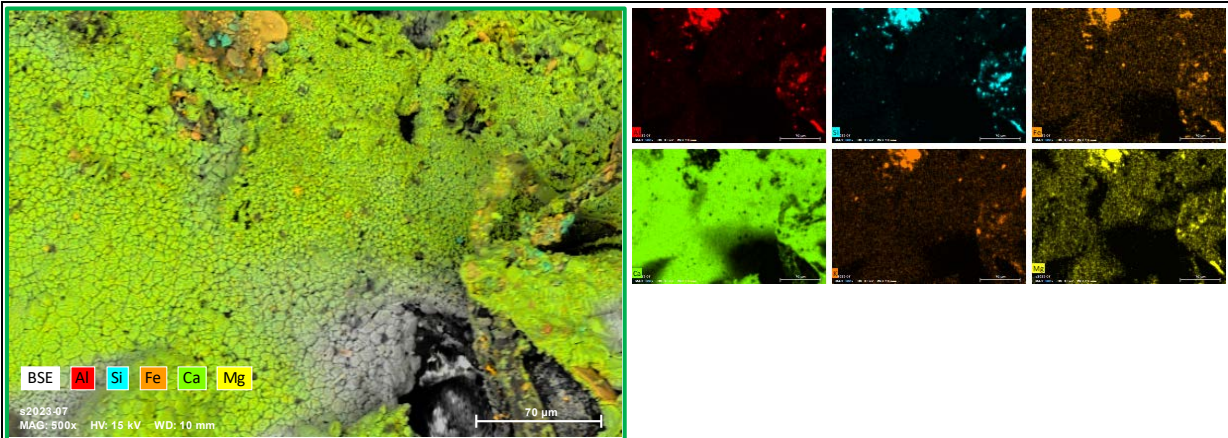
Analyses élémentaires par zone, MEB-EDS, échantillon n° S2023-07a

La face blanche des échantillons est très majoritairement composée de calcium. L'analyse DRX (voir annexe 3), ainsi que l'analyse IRTF (voir annexe 2) permettent de préciser que ce calcium est sous forme de carbonate de calcium (calcite CaCO_3).

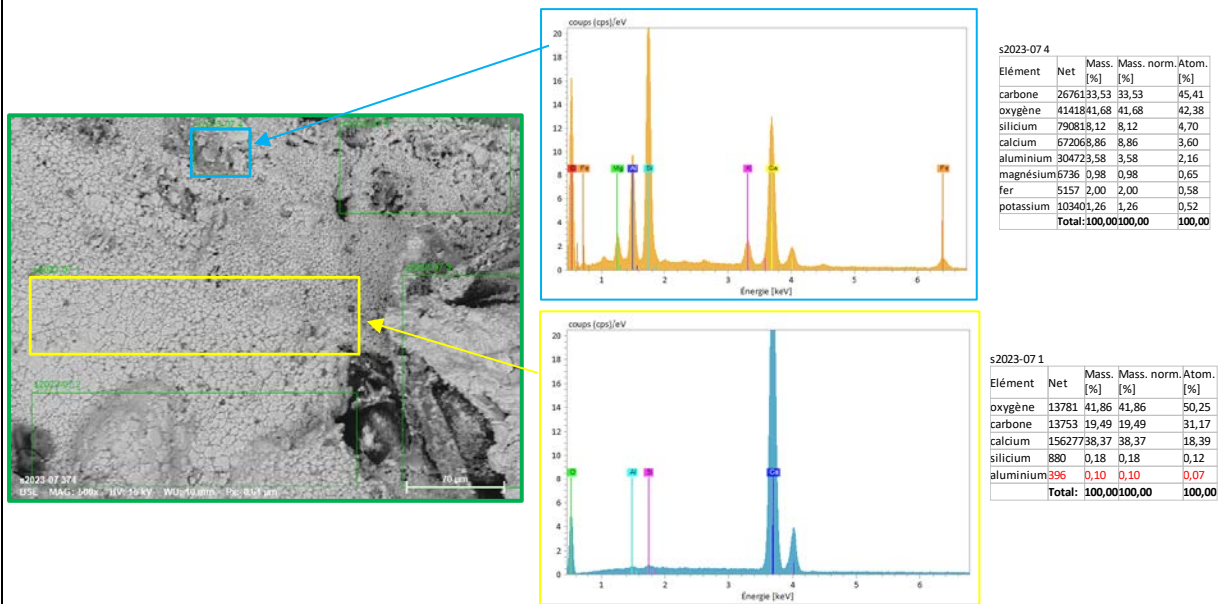
On peut noter la présence de silicium, d'aluminium, de fer, de magnésium, de sodium et de traces de potassium.

Certaines zones (ci-dessus flèche en bleu clair) sont riches en silicium, aluminium et sodium.

Les concrétions salines de l'échantillon S2023-07 sont probablement des efflorescences de sels présents dans les bétons utilisés dans les années 60-70.



Cartographies de répartition par éléments chimiques, MEB-EDS, échantillon n° S2023-07b

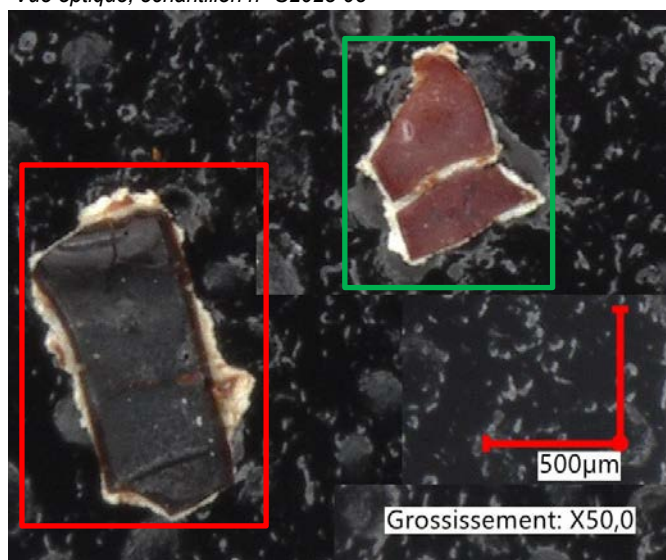


Analyses élémentaires par zone, MEB-EDS, échantillon n° S2023-07b

La face grisée et moins régulière des échantillons est également très majoritairement composée de calcium (sous forme de carbonate). On peut noter la présence de silicium et d’aluminium. Certaines zones (flèche en bleu clair) sont riches en silicium et en aluminium, avec présence de fer, de magnésium et de potassium.

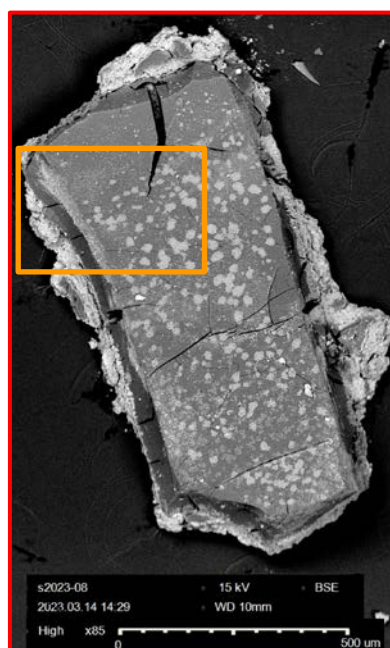
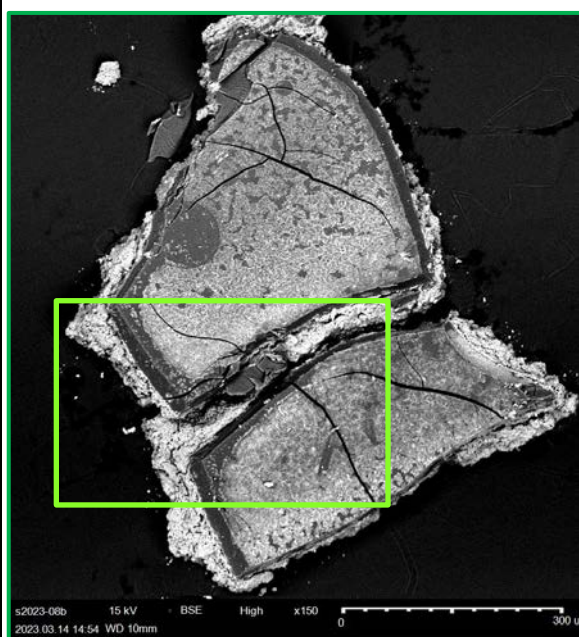
Échantillon n° S2023-08, Dépôt marron, Mur du sous-sol

Vue optique, échantillon n° S2023-08

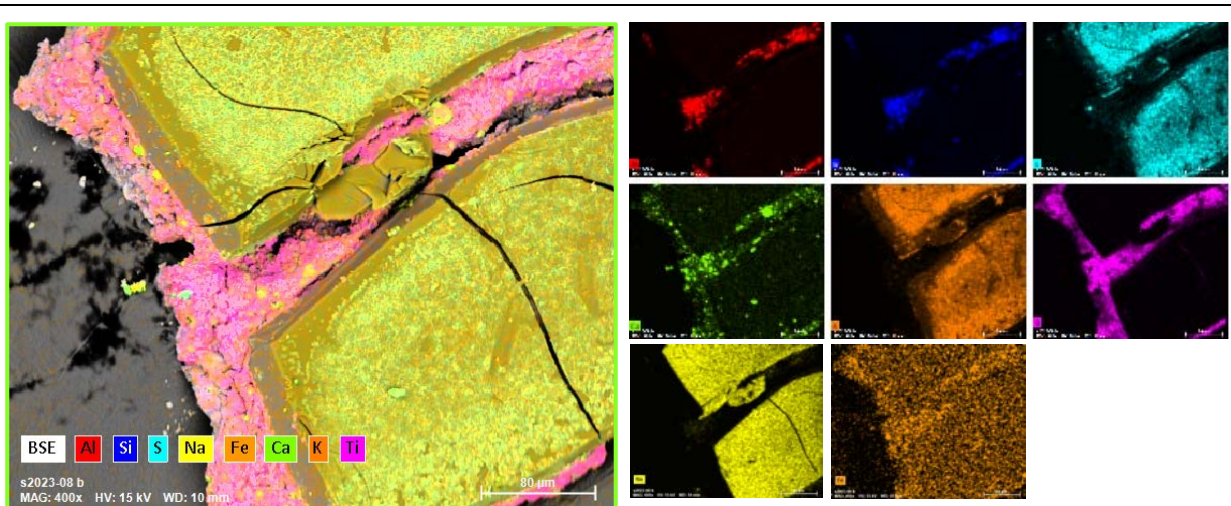


À l'observation, les différents fragments du prélèvement sont assez homogènes. On observe des fragments présentant une face marron clair qui semble assez organique, et une face blanche minérale. Un fragment de ce type sera étudié et noté **S2023-08a** pour la suite. Un type de fragment similaire mais avec une face d'aspect organique plus foncée, presque noire, sera étudié et noté **S2023-08b**. Enfin des fragments blancs et jaunes, d'aspect minéral sont observés mais n'ont pas été étudiés.

Échantillons préparés sur scotch carbone avant analyse MEB, vue optique, échantillon n° S2023-08a et b



Échantillons sur scotch carbone, vue MEB-EDS en mode BSE, échantillon n° S2023-08a et b



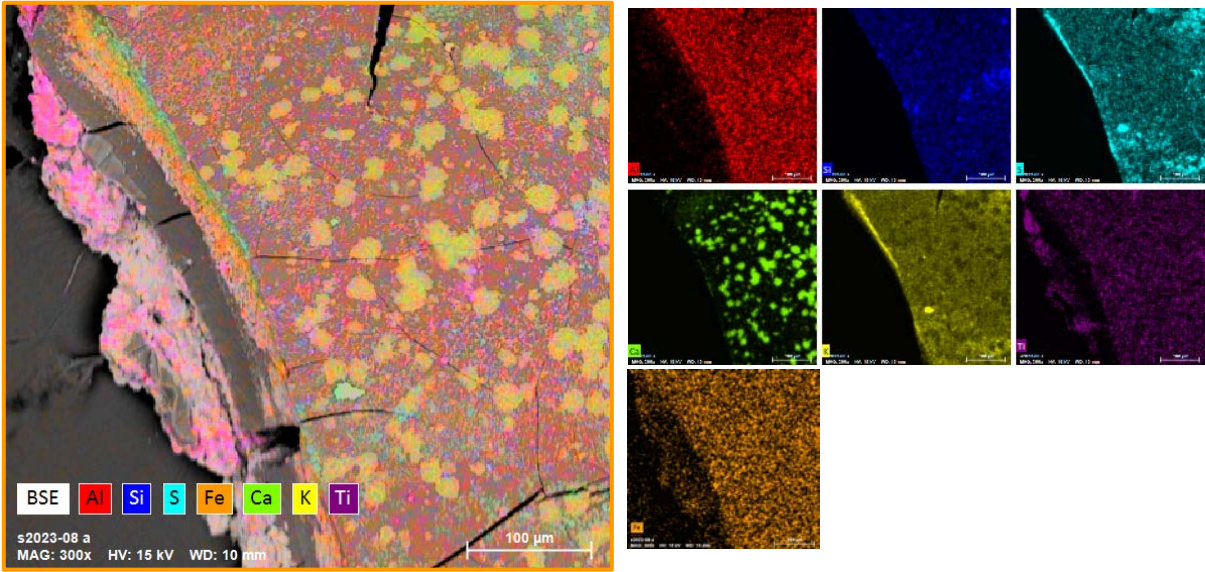
Cartographies de répartition par éléments chimiques, MEB-EDS, échantillon n° S2023-08a

L'échantillon semble composé de 3 couches : une partie minérale (partie blanche en vue optique) qui est très riche en titane (il pourrait s'agir d'un blanc de titane) et contient un peu de calcium, d'aluminium et de silicium. On observe ensuite une couche épaisse très majoritairement organique (la couche marron en vue optique et dont on cherche à déterminer la composition). Enfin, en surface de cette couche organique, on observe un très fin dépôt de minéraux, majoritairement du sodium, du soufre, du potassium et un peu de fer. On peut supposer que ce sont des sulfates de sodium, de potassium et peut-être de fer.

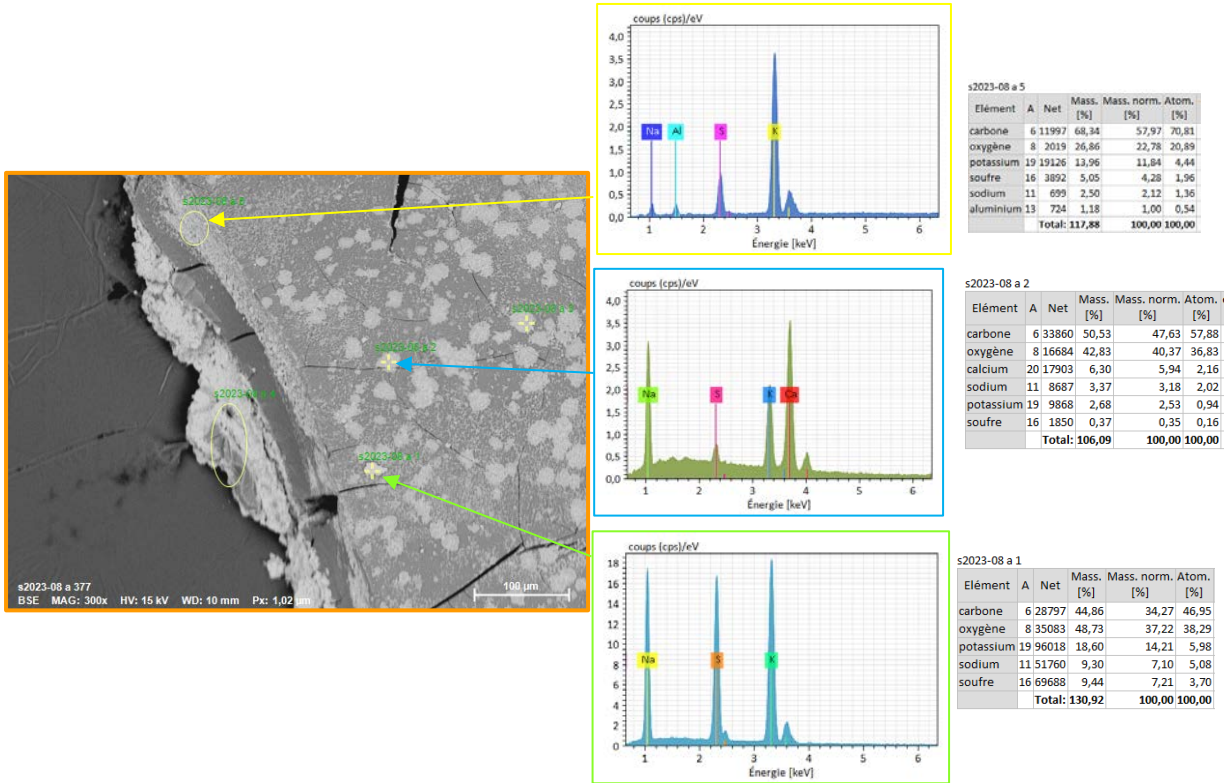
L'analyse au microscope IRTF (voir annexe 2) de la couche marron permet d'identifier la très forte présence de lignine sous forme de sulfate ou de sulfonate, par comparaison au spectre de référence.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette composition :

- La lignine est une biomolécule présente entre autres dans le bois et l'humus. La présence de matière végétale, en dessous et autour de la mosaïque, pourrait expliquer cette présence, en supposant des infiltrations de cette matière végétale jusqu'au sous-sol.
- La lignine peut être extraite du bois par des procédés chimiques (procédé Kraft par exemple) et utilisée comme stabilisateur ou émulsifiant de ciments, dans des bétons de lignine-bois avec un liant de laitier alcalin. Elle est également utilisée comme additif pour le bitume ou les adhésifs car elle constitue un excellent liant.



Cartographies de répartition par éléments chimiques, MEB-EDS, échantillon n° S2023-08b



Analyses élémentaires par zone, MEB-EDS, échantillon n° S2023-08b

L'échantillon semble également composé de 3 parties, : Les deux premières sont similaires à celles de l'échantillon précédent. À la surface de l'épaisse couche organique, on observe un très fin dépôt de minéraux un peu moins important, mais de même composition : majoritairement du sodium, du soufre, du potassium et un peu de fer. On peut supposer que ce sont des sulfates de sodium, de potassium et peut-être de fer. On observe également des petites zones riches en calcium.

ANNEXE 1 – LOCALISATION DES PRELEVEMENTS



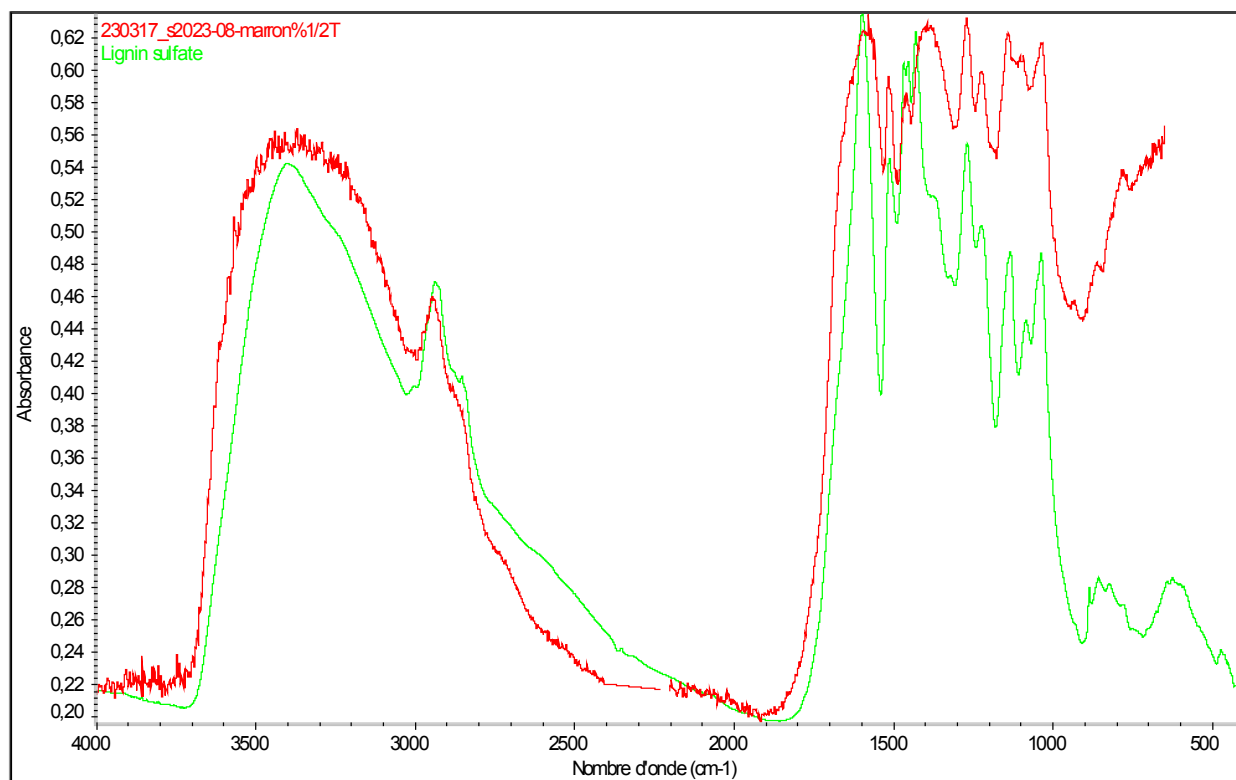
Vue de la mosaïque



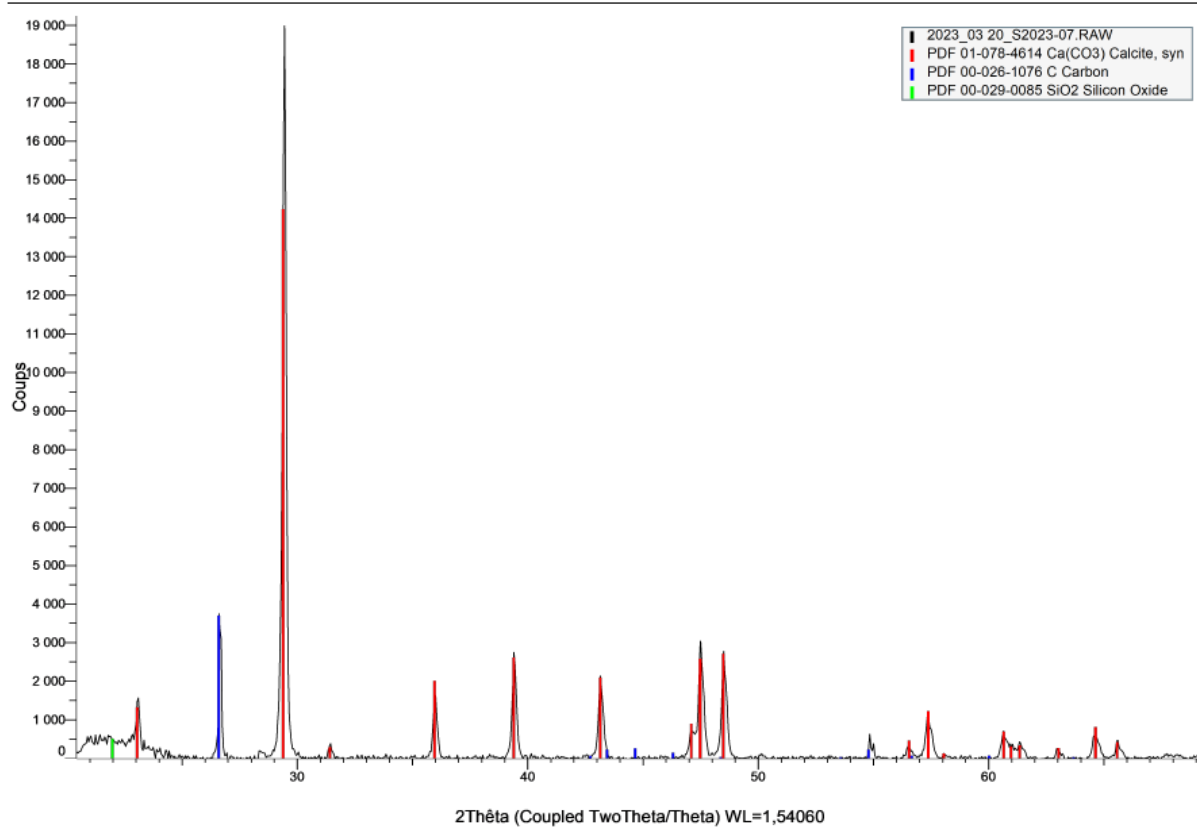
Efflorescences



Dépôt marron noir

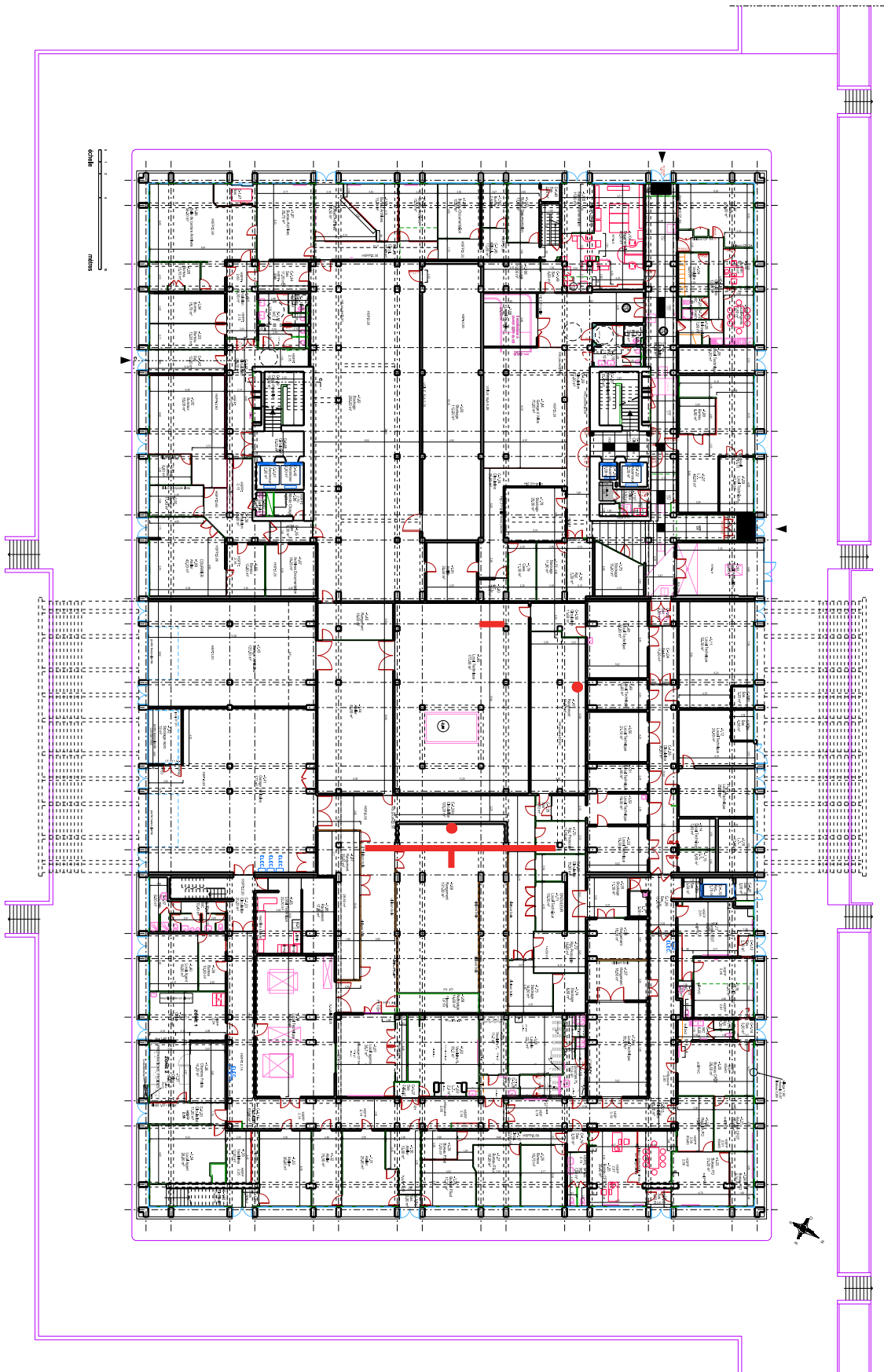
ANNEXE 2 – SPECTRES IRTF

Spectre n°1, S2023-08, couche marron

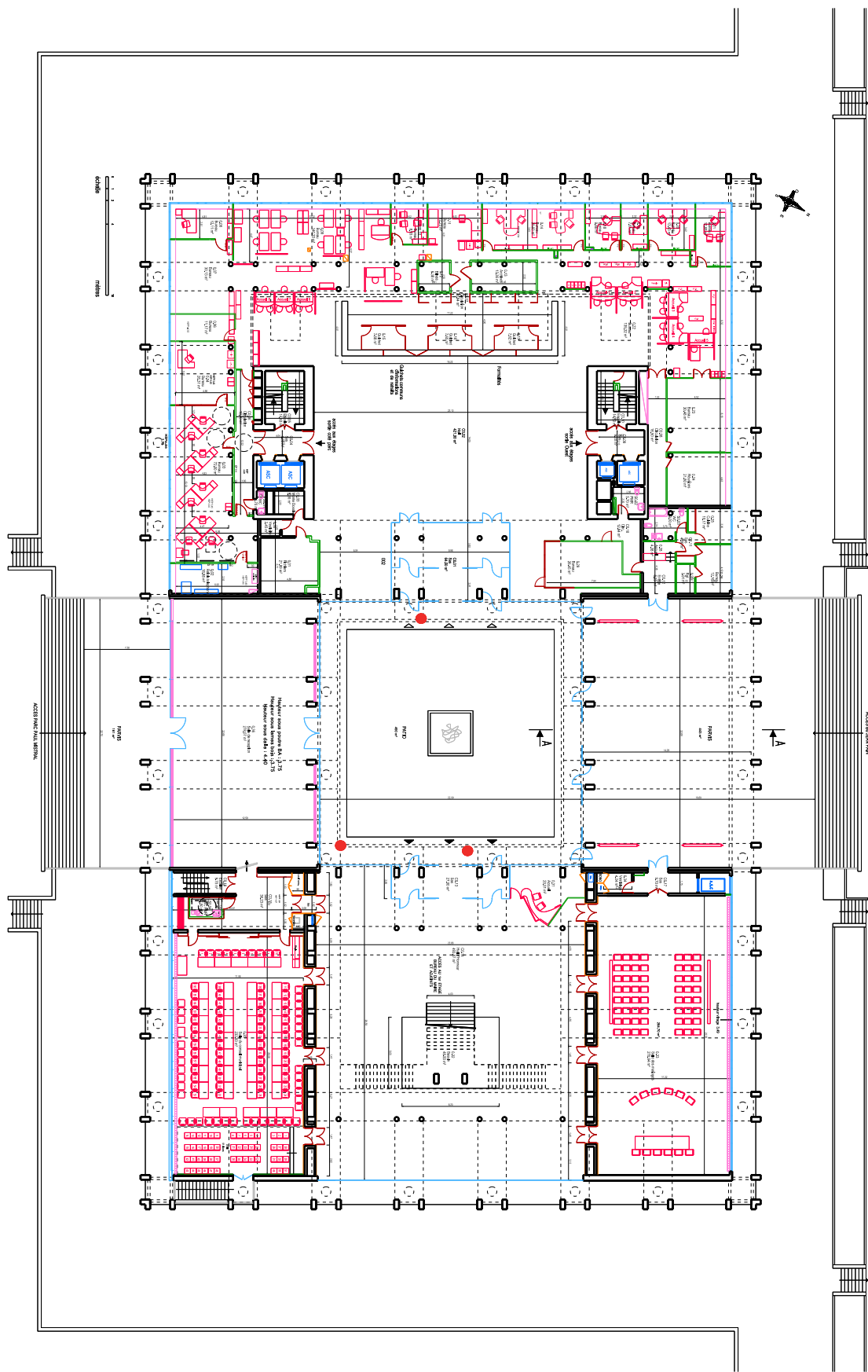
ANNEXE 2 – SPECTRE DIFFRACTION DRX

Spectre n°2, S2023-07, efflorescence

Annexe 5 : plan du sous-sol, localisation des zones présentant des traces de ruissellement de l'eau sur les murs ou d'inondation sur le sol



Annexe 6 : plan du patio, localisation des zones humides sous le tapis anti-dérapant, au niveau de la passerelle en marbre



Annexe 7 : fiche technique du Biotin®

**C.T.S. France**

26, passage Thiéré - 75011 Paris

Tél. : 01 43 55 60 44 / 65 63 - Fax : 01 43 55 66 87

S.A.R.L. au capital de 38 112,25 € - R.C.S. PARIS B 388 866 469 - Siret : 388 866 469 000 17 - Code TVA CEE : FR 13 388 866 469

Site et catalogue
www.ctseurope.comProduits et matériel de restauration
ventes.france@ctseurope.comet de conservation
conservation.france@ctseurope.com

BIOTIN T

AGENT DESINFECTANT CONCENTRE POUR MATERIAUX DE CONSTRUCTION

A DILUER DANS L'EAU

CARACTERISTIQUES GENERALES

BIOTIN T est un concentré liquide de substances actives à employer, une fois dilué, pour préserver de l'attaque microbiologique, et les traiter, des surfaces telles que pierre, mortiers et enduits, fresques, terres cuites, etc.

Pour diluer **BIOTIN T**, il faut toujours utiliser de l'eau déminéralisée, car la dureté des eaux du réseau peut en réduire l'efficacité.

COMPOSITION DE LA SUBSTANCE ACTIVE

BIOTIN T est constitué de **N-octyl-isothiazolinone** (OIT) et d'un **Sel d'Ammonium Quaternaire**. En raison de la présence de ce dernier principe actif, qui est un tensioactif cationique, il faut éviter de le mélanger avec des tensioactifs anioniques et des eaux trop dures.

DONNEES TECHNIQUES ET ANALYTIQUES

Aspect:	liquide de incolore à jaune pâle
Densité à 20°C:	0,94 g/ml.
Viscosité dynamique:	50 mPa.s
Point de solidification:	< -5°C
Point d'inflammabilité:	29°C DIN 53213
Stabilité:	- température: de -5°C à +80°C; - pH: de 5 à 9
Miscibilité:	miscible dans l'eau en toute proportion Miscible dans alcool, esters et hydrocarbures aromatiques.
Compatibilité:	limitée avec des tensioactifs anioniques et avec des produits qui en contiennent.

SPECTRE D'ACTIVITE et MODE D'APPLICATION

BIOTIN T présente un large spectre d'activité microbiologique.

Il est l'un des rares produits actifs sur les **lichens**, ainsi que sur bactéries, champignons et algues.

Il est recommandé de l'appliquer au pinceau ou en compresses, même s'il est possible de l'appliquer en pulvérisation.

Les principes actifs présentent un pH faiblement acide (pH 5) et perdent en efficacité à un pH supérieur à 9.

Par conséquent, on ne peut pas ajouter **BIOTIN T** à des mortiers à base de chaux ou de ciment, mais on peut l'appliquer sur les mortiers secs.

Il s'utilise généralement en solution aqueuse, même s'il peut se diluer en alcool, esters, hydrocarbures aromatiques. Il n'est pas miscible dans l'acétone, dans les hydrocarbures aliphatiques et chlorés.

Il est recommandé de commencer tout traitement en vaporisant une petite quantité de solution sur les surfaces infectées; ceci pour éviter que les spores vivantes ne se répandent alentour.

Il est nécessaire d'attendre 2 à 4 jours avant de pouvoir retirer complètement et mécaniquement les microorganismes.

Il faut éviter que la pluie puisse rincer le produit dans les premières 24 heures suivant le traitement.

Ensuite saturer à nouveau les surfaces avec la solution. Il est conseillé de n'effectuer aucun rinçage ensuite: les petites quantités résiduelles de produit ne comportent en effet aucune contre-indication, et même, elles participeront à une éventuelle protection par rapport au retour de microorganismes

DOSAGE

Le meilleur dosage de **BIOTIN T** dépend de nombreux facteurs tels que: la nature des surfaces, le processus d'application et le niveau d'infestation microbiologique.

L'expérience pratique a démontré que de très bons résultats ont été obtenus avec des solutions prêtes à

Annexe 7 : fiche technique du Biotin®

l'emploi avec un contenu de **BIOTIN T** entre 1 et 3%.

TOXICITE et MANIPULATION

BIOTIN T à l'état concentré a un DL₅₀ aigu (oral rat) de 248 mg/kg (se rapportant à l'OIT) et de 300 mg/Kg (se rapportant au **chlorure de didécildiméthylammonium**), et on doit par conséquent éviter tout contact avec le produit.

Grâce à sa faible tension de vapeur à température ambiante, le danger d'inhalation des vapeurs de **BIOTIN T** est extrêmement restreint.

En revanche il faut porter une attention particulière à la manipulation du produit concentré, en utilisant des dispositifs de protection individuelle appropriés, même au moment de l'application.

Si on applique **BIOTIN T en pulvérisation**, surtout dans des milieux fermés, il est recommandé de porter un masque de protection et de fournir une ventilation suffisante.

BIBLIOGRAPHIE

Tretiach M., Bertuzzi S., Salvadori O. "*In situ vitality monitoring of photosynthetic organisms by chlorophyll fluorescence techniques*" atti del convegno "In situ monitoring of monumental surfaces", Florence 27-29 Octobre 2008.

CONDITIONNEMENTS

BIOTIN T est disponible en conditionnement de 1 - 5 -20 kg.

Les indications et les données reportées dans le présent opuscule sont basées sur nos expériences actuelles, sur des tests de laboratoire et sur une application correcte.

Ces informations ne doivent en aucun cas se substituer aux tests préliminaires qu'il est indispensable d'effectuer pour s'assurer de l'adéquation du produit à chaque cas déterminé.

CTS Srl garantit la qualité constante du produit mais ne répond pas d'éventuels dégâts causés par un usage incorrect du produit. De plus, elle peut changer à tout moment les composants et les conditionnements sans obligation de communication aucune.

