



Mairie de Senez-Le Poil
Le Village
04330 Senez
Tel. 04 92 34 21 04
Courriel : mairie@senez.fr

MARCHE PUBLIC DE PRESTATION INTELLECTUELLE
PROCEDURE SANS PUBLICITE NI MISE EN CONCURRENCE
Article L2122-1 et R2122-2 3° du Code de la Commande Publique

Essais expérimentaux pour la définition du protocole de restauration sur la Cathédrale Notre Dame de l'Assomption

Cahier des Charges

Remise des offres : Lundi 6 mai à 12h

1. OBJET DU MARCHÉ – DISPOSITIONS GENERALES

1.1 Objet du marché

Le chantier expérimental préalable aux travaux de restauration générale de l'ancienne cathédrale Notre Dame de l'Assomption doit déterminer à l'issue d'essais et tests in situ (zone choisie par l'architecte et la DRAC, pied de la façade Sud, à droite de la tour clocher (cf. localisation ci-dessous), le protocole de conservation-restauration le plus adapté à la pierre de construction en présence, extérieure comme intérieure, qui sera à extrapoler sur l'ensemble des élévations de la cathédrale, parties unies, moulurées ou sculptées.



1.2 Contexte :

L'APS a permis de dresser, grâce aux différentes études techniques de laboratoire (LERM-SETEC), de bureau structure (BMI), un bilan sanitaire complet identifiant et caractérisant les pathologies de la pierre, ainsi qu'une analyse des caractéristiques pétrophysique des grès utilisés. Il en ressort les conclusions suivantes :

- Présence de sulfates (SO_4^{2-}) supérieure aux valeurs seuils admises sur les 15 premiers millimètres, mis en évidence sur les 2 types de grès de Senez en présence (0.6% dans la brèche verte et 0.9% dans la brèche beige/rougeâtre)
- Présence d'un taux d'argiles gonflantes (smectite) important (pourcentage de la section argileuse de 6%) mis en évidence dans un des grès de Senez (brèche verte) ; la nature des argiles en présence dans la brèche beige/rougeâtre (illite, kaolinite) ne rentre pas en compte dans son processus de dégradation.
- Au niveau des 2 types de grès de Senez, mise en évidence de coefficients de capillarité faibles, ainsi qu'une faible capacité d'absorption d'eau, une densité moyenne de 2 500 kg/M3 et une bonne résistance à la compression

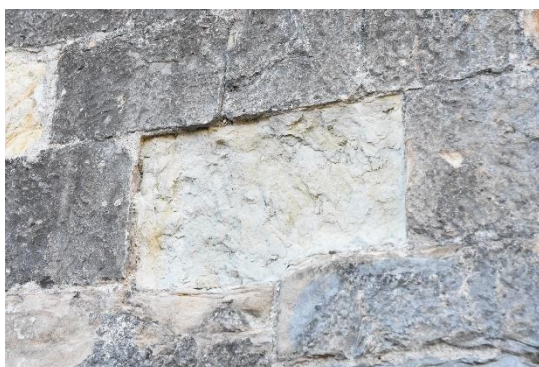
Au regard de ces données techniques, **les points particuliers** qui seront à approfondir lors de cette phase expérimentale seront :

- Les dispositions pour traiter la pierre de la présence en excès de sels (sulfates)
- Les dispositions pour enrayer les dégradations actives du grès au moyen d'une consolidation durable
- La fourniture de deux échantillons de la pierre de substitution (grès de Gris-blanc de Lohr et le Gris-rouge de Lohr) proposée par le laboratoire du LERM-Setec (cf. rapport dossier APS joint) afin, dans un premier temps, de permettre une comparaison visuelle chromatique et d'aspect (granulométrie visible) avec les grès originaux en place (façades).

La tranche expérimentale doit permettre de tester et valider la faisabilité de ces interventions et de sélectionner le produit et la méthode la plus efficace.

1.3 **BILAN SANITAIRE DES MACONNERIES EXTERIEURES (extrait)**

Desquamation de la pierre



Les desquamations sont des altérations cycliques caractérisées par le détachement de couches de matériau.

Cette dégradation est présente à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment et concerne principalement le grès de Senez. « Les murs de l'édifice sont essentiellement constitués de moellons assisés de grès calcaireux brun-roussâtre à zonations grisâtres, à grain fin. Ils présentent des desquamations en plaques plus ou moins marquées, indiquant qu'ils renferment des argiles¹ ». La présence d'argiles gonflantes, lorsque la pierre est saturée en eau, peut engendrer un gonflement lié à la présence d'humidité, induisant des variations dimensionnelles importantes. La composition de la pierre est donc propice à ce type de dégradation.

¹ D. DESSANDIER, Panorama des pierres de monuments historiques des Alpes-de-Haute-Provence (04), BRGM, 2015

Cette pathologie est la plus diffusée et favorise largement et accélère le développement de dégradations associées, notamment le détachement de l'enduit et l'écaillage des peintures à l'intérieur de l'édifice ou la pulvérulence

Localisation :

Murs extérieurs et intérieurs, voûtes.

Causes :

- L'exposition à l'eau par infiltration, remontée capillaire, pluie et ruissellement etc...
- La constitution pétrographique du grès de Senez, propice à ce type de dégradation.

Désagrégation / pulvérulence de la pierre



Elle se manifeste avec un détachement de grains individuels ou d'agréats de grains. Les particules de la pierre ne sont plus liées.

La plupart des pierres qui subissent ce type de dégradation se situent à l'extérieur, au pied du portail principal et à l'intérieur, aux pieds des colonnes du transept. Il s'agit d'un grès calcaire plus argileux beige-verdâtre parfois laminé d'ocre, à grain fin.

En effet, nous retrouvons souvent ce type de dégradation sur des pierres déjà affectées d'une desquamation. La pulvérulence se manifeste, dans la plus part de cas, comme une aggravation ou un avancement de la desquamation, les pierres étant fragilisées par la perte des couches supérieures. Elle se manifeste avec un détachement de grains individuels ou d'agréats de grains. Les particules de la pierre ne sont plus liées.

Localisation :

Encadrements et parties sculptées du portail, et éléments disséminés dans la maçonnerie, éléments du clocher, absidioles.

Causes :

- La constitution pétrographique du grès de Senez, propice à ce type de dégradation.
- L'exposition à l'eau par remontée capillaire, pluie et ruissellement, condensation etc..

2. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

2.1 Traitement de la desquamation

Pour ce traitement, il sera choisi quelques pierres desquamées représentatives (grès vert et grès jaunâtre) dans la zone de test.

- Mise en place de solin au mortier de chaux sable fin.
- Injection de microcoulis de type PLM I, Primal Ledan TA2, Coulinex St Astier.
- Traitement Antihydro (tester son application et estimer sa consommation et sa profondeur de pénétration) à appliquer avant le solin et l'injection de microcoulis
- D'autres produits proposés par le prestataire.

2.2 Tests de dessalement

Les tests de dessalement sont à faire sur les pierres sur lesquelles les teneurs en sels solubles ont déjà été mesurées lors de l'étude préalable.

La formulation de la compresse de dessalement devra prendre en compte les caractéristiques pétrophysiques des grès. Il est préconisé de s'orienter vers des compresses minérales, contenant le moins possible de composant organique (cellulose), dont les proportions seront à ajuster en fonction des différents tests.

Les propriétés de la compresse, composée d'argile (kaolin, attapulgite, ...), de cellulose et de sable fin, devront répondre aux contraintes suivantes :

- Bonne adhérence
- Bonne dégradabilité
- pH compatible
- Granulométrie adaptée à celle du support, pour optimisation de l'advection. Cela implique de connaître la distribution des tailles des pores de la compresse imbibée d'eau afin d'avoir une compresse adaptée. Au préalable, des essais de porométrie mercure devront être faits sur un échantillon de grès vert et un échantillon de grès jaunâtre.

Réalisation du suivi d'efficacité du dessalement :

- Suivi du dessalement par mesure de la conductivité des compresses après chaque application pour déterminer le nombre optimal d'applications à réaliser.
- Mesures du taux de sulfates après la dernière application (à faire réaliser par le laboratoire d'analyses des matériaux), sur la base des valeurs connues mises en évidence dans le rapport du LERM-SETEC : il est donc conseillé de réaliser les tests de dessalement sur les mêmes pierres/moellons choisies lors de l'étude technique préalable.

2.3 Tests de consolidation du grès

Pour ces tests, il sera choisi quelques pierres desquamées représentatives (grès vert et grès jaunâtre) dans la zone de test.

Les grès de Senez étant des grès calcaireux, les consolidants employés peuvent être à base de silice (Nano Estel à base de nanoparticules de silice, Estel 1000 à base de silicate d'éthyle) ou de calcite (biocalcis à base de calcite d'origine biologique).

Traitement Antihygro : il faudrait l'appliquer avant le consolidant sur toutes les pierres altérées notamment le faciès brèche verte très argileux. Il peut même être testé en préventif dans les zones à ragréer après purge de la surface friable.

Le produit consolidant choisi devra répondre aux contraintes suivantes :

- Bonne compatibilité avec la nature du grès
- Bonne compatibilité avec la présence éventuelle de sels solubles à venir (selon évolution future du bâti)
- Assurance du maintien de formulation du produit retenu, dans la mesure où son utilisation sera élargie au reste du monument
- Suivi technique non destructif de l'efficacité de l'action consolidante sur chacune des zones testées du grès

2.4 Ragréage

Les essais de ragréages seront réalisés sur des pierres très creusées par la desquamation, différentes de celles traitées pour cette pathologie.

Un mortier prêt à l'emploi pourra être utilisé, comme l'Artopierre, l'Altar ECP, le MRP Step (Saint Astier), ou bien un mortier chantier sable et chaux NHL, etc.

2.5 Evaluation de l'efficacité

Pour chaque type d'essai, le prestataire fournira une évaluation de l'efficacité de l'intervention par des essais simples de terrain ou des analyses de microprélèvements (comme t préconisé pour le dessalement) avec e suivi de la conductivité.

La méthode n'est pas imposée : au prestataire de proposer comment il va évaluer chaque intervention.

Il peut, par exemple, sonner au doigt les desquamations refixées en 2.1, faire des tests de peeling sur les grès consolidés, indiquer la consommation et évaluer la profondeur de pénétration en 2.3 et faire des tests à la pipette de Karsten pour évaluer la capillarité et la porosité des mortiers par rapport à la pierre en 2.4

3. DISPOSITIONS PARTICULIERES

3.1 Contraintes météorologiques

Etant donné le planning serré, il est important de prendre en compte les contraintes suivantes :

- Des délais de prise des consolidants proposées lors des tests
- Des T°C de mise en œuvre des produits (consolidants) et techniques (dessalement)

- Des contraintes environnementales hygrométriques et T°C ambiante
- Des délais de rendus de résultats d'analyses

3.2 Moyens humain et technique

Il est demandé pour cette mission, l'intervention d'un bureau d'étude en restauration qui associe de restaurateurs spécialisés dans le domaine de la pierre, possédant une expérience notable sur des sujets similaires en matière de chantier expérimental et/ou de recherche sur le traitement des pierres, sur du Patrimoine protégé au titre des Monuments historiques, et des scientifiques du patrimoine pour les analyses pour les essais de techniques et produits.

Le candidat devra proposer des outils techniques en adéquation avec le sujet.

Par ailleurs, il est à noter que l'attributaire du marché pourra s'il le souhaite candidater à l'appel d'offres de restauration du bâtiment par la suite.

3.3 Budget alloué

Le candidat devra rédiger un protocole des essais et analyses en laboratoires à prévoir pour un montant maximum de **33 000 euros** HT.

3.4 Livrable final : le protocole

Le document final devra présenter la synthèse des interventions réalisées lors du chantier expérimental, avec illustration et description des modes opératoires choisis pour chacun des tests.

Sera présentée la technique la plus adaptée présentant la meilleure compatibilité et innocuité avec le support, et les meilleurs résultats structurels, ou rendus optiques

Il sera établi un protocole d'intervention détaillé pour les phases de dessalement et de consolidation du grès, comprenant :

- La méthodologie
- Les produits retenus (joindre FT et FDS),
- Les résultats

4. CALENDRIER

Le planning prévisionnel de réalisation des travaux sera élaboré par la Maitrise d'œuvre. Les travaux devront impérativement débuter au printemps. La mission se déroulera de mai à juillet 2024.

Démarrage de la mission : à partir du 20 mai.

Fin des travaux : Juillet 2024 avec remise des livrables provisoires

Fin de la mission : Septembre 2024 avec la remise de l'ensemble des livrables

5. CONTENU DE L'OFFRE

Les candidats sont invités à présenter leur offre répondant à ce cahier des charges en détaillant :

- La méthodologie envisagée
- Le nombre et type d'essais à réaliser
- Cv des personnes en charge du dossier
- Références similaires
- Le prix de l'offre avec sa décomposition

6. VISITE SUR SITE

Une visite sur site est obligatoire. La visite portant sur l'extérieure, les candidats peuvent se rendre sur le chantier de manière libre. Ils devront se rendre à la mairie afin de récupérer leur attestation de visite.

Contact de la mairie :

Adresse e-mail : mairie@senez.fr

Téléphone : 04 92 34 21 04

Horaires de la mairie :

Du Lundi au Mardi : de 09h00 à 12h00 de 13h30 à 16h00

Du Jeudi au Vendredi : de 11h15 à 12h00 de 13h30 à 16h00

7. CONDITIONS D'ATTRIBUTION

La production des documents et informations cités ci-dessous ne sera exigée que du candidat auquel il est envisagé d'attribuer le marché. Toutefois, afin de faciliter les opérations d'attribution et de notification, le candidat est invité à remettre ces pièces dès la remise de l'offre s'il le souhaite.

Le ou les candidats devront produire les certificats et attestations des articles R. 2143-6 à R. 2143-10 du Code de la Commande publique : un extrait Kbis (ou autre selon le statut du candidat) datant de moins de 3 mois ; les attestations fiscales en rapport avec l'exercice concerné ; les attestations sociales en rapport avec le statut du candidat (URSSAF, RSI, congés payés etc.) datant de moins de 6 mois ; la liste nominative des salariés étrangers employés et soumis à l'autorisation de travail mentionnée aux articles L5221-2, 3 et 11 du Code du travail, ou une attestation sur l'honneur de non emploi de salariés étrangers, et le certificat délivré par l'AGEIPH attestant la régularité de l'employeur au regard de l'obligation d'emploi des personnes handicapées des articles L5212-2 à L5212-5 du Code du travail ; copie du ou des jugements prononcés si le candidat est en redressement judiciaire.