

**Fiche de soumission : Bourse de stage Master 2 recherche**  
**Fondation des Sciences du Patrimoine**  
**AAP 2023-bis (jeudi 9 novembre 2023 / 12h)**  
[sciences.patrimoine.aap@gmail.com](mailto:sciences.patrimoine.aap@gmail.com)

Porteur (établissement / laboratoire)	LRMH	Cadre réservé à la FSP	
Intitulé du stage	Impact des biocides à base d'ammoniums quaternaires sur la pierre calcaire.		
Dates de réalisation du stage	Six (6) mois à partir de janvier 2024	Personne(s) (nom et statut) encadrant le stagiaire	Jérémy HÉNIN (ingénieur d'études) Chloé Bernard (ingénieure d'études, imagerie scientifique Institut national du patrimoine) Faïsl BOUSTA (ingénieur de recherche)
Partenariat interne (et éventuellement externe) à la FSP	Institut national du patrimoine (INP)		
Universités auxquelles le candidat pourra être rattaché	CY Cergy Paris Université - université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - université Paris Saclay - université de Bordeaux III - université Paris-Est Créteil - université de Poitiers		
Résumé du projet de stage	<p>Des inquiétudes surgissent sur les chantiers de nettoyage de sculptures et de monuments historiques quant à l'utilisation de plus en plus massive, répétée ou à de fortes concentrations de biocides à base d'ammoniums quaternaires pour traiter un large spectre de microorganismes qui contaminent les pierres des monuments historiques. Dans certains cas, il semble que les produits deviennent de moins en moins efficaces, ce qui justifie un traitement plus fréquent ou a dosage supérieur, au-delà des prescriptions données par les fournisseurs. Une des inquiétudes porte sur le risque de contamination accrue du support en ions chlorures des ammoniums quaternaires : autrement dit, l'application d'un tel biocide sur un support contaminé par un sel soluble est-elle compatible avec la conservation de la pierre ?</p> <p>Ce projet propose d'amorcer l'étude de la prolifération des sels dans les pierres après application des ammoniums quaternaires.</p> <p>Le travail portera sur une série d'éprouvettes d'une même pierre calcaire et sur un biocide parmi les plus utilisés aujourd'hui au niveau national. Une partie des éprouvettes devra être contaminée par un modèle connu de souche alguaire. L'âge et l'épaisseur du biofilm seront standardisés. Le traitement par le biocide sera mis-en-œuvre, en respectant le mode d'application des restaurateurs, sur un lot d'éprouvettes de pierre avec biofilm et sur un autre lot sans biofilm ; parmi ces éprouvettes, certaines seront contaminées par au moins un sel soluble ou du gypse pour voir si le traitement n'aggrave pas le potentiel délétère de ce contenu salin. D'autres éprouvettes recevront un traitement biocide dont la concentration est bien supérieure aux prescriptions données par les fournisseurs du produit.</p> <p>L'évaluation des traitements se fera au moyen de diverses techniques complémentaires : la chromatographie ionique, pour évaluer la quantité d'ions présente dans le matériau, et notamment les ions chlorures et ammoniums ; la colorimétrie, pour évaluer le changement de couleur qui pourrait être imputable au traitement ; le test à l'éponge (sponge-test) pour évaluer le changement possible de la capacité d'absorption d'eau du matériau. Des essais exploratoires utilisant des techniques d'imagerie sous rayonnement UV seront mis en œuvre pour tenter de visualiser la présence de sels ou la modification de la pierre selon la profondeur.</p>		
Intérêt scientifique du stage pour l'étudiant (formation à la recherche par la recherche)	Formation par la recherche, dans un but de déterminer et d'appliquer un protocole scientifique rigoureux utilisant plusieurs techniques. La pluridisciplinarité du projet - chimie, imagerie, biologie - est un atout certain et ce projet formateur s'inscrit dans une démarche plus respectueuse de l'environnement, critère aujourd'hui indispensable dans le contexte de la transition écologique. Enfin, cette recherche appliquée répond à une problématique de terrain,		

	remontée par les praticiens de la conservation-restauration.	
Si le stage s'insère dans un projet de recherche plus large, préciser les missions confiées à l'étudiant (joindre en annexe une présentation du projet de recherche dans sa globalité)	Ce projet permettra d'apporter certaines réponses quand à l'impact des traitements biocides à base d'ammoniums quaternaires sur la conservation de la pierre monumentale. En fonction des résultats, le sujet peut aboutir à une demande de financement ou de cofinancement de thèse.	
Profil du candidat	Niveau master 2 (école d'Ingénieurs ou université), formation en sciences des matériaux, avec des compétences en chimie et pétrophysique, avec un intérêt particulier dans le domaine du patrimoine culturel.	
Valeur ajoutée pour les axes de recherche de la FSP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pluridisciplinarité du projet : chimie, physique, biologie ;</li> <li>- inscription dans une démarche plus respectueuse de l'environnement, dans le souci d'accompagner la transition écologique ;</li> <li>- recherche appliquée à une problématique de terrain.</li> </ul>	
Lien préalable éventuel avec les activités de la FSP ou de l'EquipEx+ ESPADON	Future demande pour financement ou cofinancement de thèse FSP.	
Valorisation potentielle du stage	Des présentations du travail effectué pourraient avoir lieu lors de conférences et/ou séminaires et des publications potentielles des résultats seraient à envisager.	
Engagements (Mail d'accord ou signature)	Encadrant(s) <a href="mailto:jeremy.henin@culture.gouv.fr">jeremy.henin@culture.gouv.fr</a> <a href="mailto:chloe.bernard@inp.fr">chloe.bernard@inp.fr</a> <a href="mailto:faisl.bousta@culture.gouv.fr">faisl.bousta@culture.gouv.fr</a>	Responsable de la structure d'accueil R/6 Thierry ZIMMER Adjoint à la Directrice Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques