

MASTER DE CHIMIE DE PARIS CENTRE - M2S2
Proposition de stage 2024-2025
Internship Proposal 2024-2025

Parcours / Specialty(ies) :

- Chimie Analytique, Physique et Théorique / *Analytical, Physical and Theoretical Chemistry* :
 Chimie Moléculaire / *Molecular Chemistry* :
 Chimie et Sciences Du Vivant / *Chemistry and Life Sciences* :
 Matériaux / *Materials*:
 Ingénierie Chimique / *Chemical Engineering*:

Laboratoire d'accueil / Host Institution

Intitulés / *Name* : Laboratoire de Réactivité de Surface

Adresse / *Address* : Tour 43-33 3^{ème} étage, Sorbonne Université, 4, place Jussieu, 75005 Paris

Directeur / *Director (legal representative)* : Vincent Vivier

Tél / *Tel* : 01 44 27 55 33

E-mail : vincent.vivier@sorbonne-universite.fr

Equipe d'accueil / Hosting Team :

Adresse / *Address* : Laboratoire de Réactivité de Surface

Site Web / *Web site* : <https://lrs.sorbonne-universite.fr/>

Responsable du stage (encadrants) / *Direct Supervisor* : Virginie Herledan (LRS) et Cédric Féral Martin (Solvay)

Fonction / *Position* : Maitre de Conférence SU (VH) & Ingénieur de Recherche Solvay (CFM)

Tél / *Tel* : 01 44 27 94 96

E-mail : virginie.herledan@sorbonne-universite.fr

Période de stage / *Internship period* * : 6 mois à partir de mi-janvier 2025

Gratification / *Salary* : [grille de rémunération Solvay](#)

Titre / Title :

Lien entre propriétés de surface et toxicité dans les silices commerciales

1. Projet / Project

La silice ou dioxyde de silicium, est un minéral naturel retrouvé sous différentes formes cristallines telles que le quartz. La silice cristalline, et plus particulièrement le quartz, est classée comme cancérogène (groupe 1) pour l'Homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) [1]. La limite d'exposition professionnelle des poussières alvéolaires a été fixée à 0,1 mg/m³ par la directive européenne 2004/37/2398. En effet, l'exposition des mineurs et des ouvriers du bâtiment à ces particules (0,5-10 µm) via les poudres de béton a fait l'objet de nombreuses études et a été associée à un risque accru de développer des maladies pulmonaires telles que la silicose, la bronchite chronique, la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), l'emphysème, la tuberculose pulmonaire et même le cancer du poumon [2].

Une autre grande famille de silice existe, les silices amorphes de synthèse (SAS). Leur production est estimée à plus de 3 Mt par an, dont 180 000 tonnes en France en 2019 [3], les positionnant parmi les

* à partir de mi- janvier 2025, min 5 mois, max 6 mois

quatre substances à l'état nanoparticulaire les plus mises sur le marché en France selon le dispositif R-Nano [4]. Sous forme de nanomatériaux (NM), elles présentent une multitude d'applications industrielles telles que l'alimentation humaine et animale, les pneumatiques, les produits pharmaceutiques et cosmétiques.

Les SAS-NM peuvent être synthétisées par deux procédés industriels, le premier nécessitant une étape à haute température permettant d'obtenir les silices dites pyrogénées, tandis que l'autre approche implique un processus à basse température en milieu aqueux permettant d'obtenir des silices dites de précipitation. Ces deux méthodes de synthèse conduisent à des SAS-NM qui sont notamment utilisées comme additifs alimentaires (E551).

Face à l'utilisation grande échelle des SAS-NM, il est impératif de développer des méthodes pertinentes d'évaluation de leur réactivité. Pour ces raisons le groupe Solvay-Silica, qui est l'un des principaux producteurs de silices de précipitation dans le monde, a entrepris un travail approfondi autour de ses produits afin d'évaluer leur éventuelle toxicité. Un travail est, à ce jour, réalisé dans UMR 996 INSERM de l'université Paris Saclay sous la forme d'une thèse de doctorat afin de mieux comprendre les mécanismes à l'origine de la toxicité des SAS-NM. Ce travail permettra, à terme, de concevoir des nanomatériaux moins immunotoxiques dans le contexte d'une approche de « safety-by-design ». Concernant les silices de précipitation Solvay, le principal critère à prendre en compte pour comprendre leur réactivité ou inertie avec un milieu extérieur est la surface développée par ces matériaux.

De ce fait, pour mieux appréhender les mécanismes observés au cours du travail de thèse en cours, Solvay a entrepris, avec le LRS (Sorbonne Université) et sous la forme d'un stage de M2, une caractérisation fine de l'état de surface des silices de précipitation Solvay-Silica.

Dans le cadre de ce stage, de nombreuses méthodes analytiques pourront être mises en œuvre, telles que les **spectroscopies** : (i) IR et/ou Raman pour quantifier les groupes de surface et mettre en évidence leur réactivité, (ii) RPE qui peut permettre de mettre en évidence les espèces actives de l'oxygène (ROS), les espèces radicalaires pouvant être à l'origine de la réactivité des silices dans certains milieux, (iii) RMN du solide pour permettre de caractériser l'environnement autour de l'atome de silicium et de son évolution en milieu biologique [5]. L'objectif est d'avoir une définition la plus propre possible de l'état de surface des silices étudiées. Ces analyses pourront, en fonction des possibilités et de l'avancée des résultats, être réalisées *in-situ*.

Ce travail sera réalisé en étroite collaboration avec le travail de thèse initié à l'INSERM et pourra, le cas échéant, valider/invalider des hypothèses de réactivité.

Pour cela, nous recherchons un/une candidat(e) motivé(e) ayant de très bonnes connaissances théorique et analytique et ayant une très grande autonomie.

Bibliographie

[1] <https://www.inrs.fr/risques/silice-cristalline/ce-qu-il-faut-retenir.html>

[2] H. Barnes, N. S. L. Goh, T. L. Leong, R. Hoy, *Respirology* 2019, 24, 1165–1175.

[3] <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20153>

[4] Déclaration des substances à l'état nanoparticulaire mises sur le marché en France (<https://www.r-nano.fr>)

[5] J. G. Croissant, K. S. Butler, J. I. Zink, C. J. Brinker, *Nat Rev Mater* 2020, 5, 886–909.