OFFRE DE STAGE — MASTER 2 RECHERCHE

Étude des mécanismes physico-chimiques de dissolution des additions minérales en milieu alcalin : approche cinétique et structurale

Laboratoire	**Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel (IMN, UMR 6502 CNRS – Nantes Université)**
Encadrement scientifique	Dimitri Deneele – Michaël Paris
Collaboration	Saint-Gobain Recherche, Aubervilliers
Niveau	Master 2 – Chimie, physico-chimie ou sciences des matériaux
Durée envisagée	5 à 6 mois (à confirmer)
Lieu principal	IMN, région nantaise ; déplacements possibles à Aubervilliers

Contexte et problématique scientifique

La réduction de l'empreinte carbone des matériaux cimentaires favorise le recours à des additions minérales telles que les laitiers de haut-fourneau, les argiles calcinées et les poudres de verre. Leur contribution aux réactions cimentaires dépend notamment de leur capacité à libérer, en milieu alcalin, des espèces chimiques susceptibles de participer à la formation de produits hydratés. Ce contexte applicatif soulève une question de recherche fondamentale : quels processus physico-chimiques gouvernent la dissolution de solides silicatés et aluminosilicatés de compositions et d'organisations structurales contrastées ?

La dissolution peut être non congruente et s'accompagner d'une modification de la surface, d'une réorganisation du réseau solide ou de la précipitation de phases secondaires. Distinguer ces phénomènes, identifier les étapes cinétiquement déterminantes et relier les transformations observées à la structure initiale des matériaux constituent des verrous scientifiques importants. Le stage privilégiera ainsi la compréhension des mécanismes, sans objectif d'optimisation de formulation ou de performance cimentaire.

Objectif du stage

L'objectif est d'identifier et de comparer les mécanismes de dissolution en milieu fortement alcalin de plusieurs familles d'additions minérales, en couplant la mesure des cinétiques de libération des espèces en solution et la caractérisation de l'évolution structurale, chimique et morphologique des solides. Il s'agira notamment de déterminer dans quelle mesure la composition et l'organisation structurale initiales, puis les transformations des interfaces solide–solution, contrôlent la progression de la réaction.

Programme de recherche

1. Matériaux de référence et état initial. Sélection d'un jeu restreint de matériaux représentatifs : poudre de verre, argile calcinée et laitier granulé de haut-fourneau. Description de leur composition, de leurs phases et de leur organisation structurale avant réaction.

2. Expériences de dissolution contrôlées. Mise en œuvre d'essais de dissolution en solutions alcalines, notamment NaOH, avec maîtrise de la température, de la concentration, du rapport solide/liquide et des temps de contact. Prélèvements temporels et dosage des espèces libérées (notamment Si, Al, Ca et Mg, selon les matériaux) pour établir

les cinétiques. Les conditions seront choisies pour limiter autant que possible les précipitations secondaires et en vérifier l'éventuelle occurrence. Une suivi de la chimie de la solution sera effectué par ICP-OES.

3. Évolution des solides au cours de la réaction. Caractérisation d'échantillons prélevés à différents temps : RMN du solide (^{29}Si et ^{27}Al), diffraction des rayons X, microscopie électronique à balayage couplée à l'analyse EDS, spectroscopies infrarouge et Raman. Ces approches permettront de documenter les modifications des environnements locaux, des phases, des liaisons chimiques et de la morphologie.

4. Interprétation mécanistique. Confrontation des résultats sur les solutions et les solides afin de discuter la congruence de la dissolution, les éventuelles couches altérées, les régimes cinétiques et le rôle des phases secondaires. Recherche de relations entre organisation initiale, transformations interfaciales et réactivité observée.

Organisation et collaboration scientifique

Le stage sera réalisé à l'Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel, en collaboration avec Saint-Gobain Recherche, situé à Aubervilliers. Dans le cadre des échanges scientifiques et des travaux expérimentaux, l'étudiant(e) pourra être amené(e) à effectuer des déplacements dans les locaux de Saint-Gobain Recherche, selon les besoins du projet et les modalités convenues entre les partenaires.

Résultats attendus et prolongement scientifique

Les résultats attendus sont la mise au point d'un protocole expérimental reproductible, un premier ensemble de données cinétiques comparatives et une interprétation structurale des transformations associées à la dissolution. Ce travail contribuera à établir des hypothèses mécanistiques vérifiables et à préciser les limites d'une description commune à différentes familles de matériaux.

Le stage s'inscrit en amont d'un projet de thèse CIFRE consacré à l'étude approfondie de la dissolution des laitiers de haut-fourneau en milieu basique. Les connaissances et outils expérimentaux développés constitueront un socle pour cette recherche doctorale, sans préjuger de la généralisation des mécanismes d'un matériau à l'autre.

Profil recherché

Étudiant(e) en Master 2 de chimie, physico-chimie ou sciences des matériaux, intéressé(e) par la réactivité des solides, les interfaces solide–solution et les techniques de caractérisation. Rigueur expérimentale, curiosité scientifique et aptitude à confronter des données issues de méthodes complémentaires sont attendues.

Mots-clés : dissolution alcaline, cinétique, aluminosilicates, matériaux vitreux, structure–réactivité, RMN du solide, DRX, MEB-EDS, IR, Raman.

Contacts :

Dimitri Deneele – dimitri.deneele@cnrs-imn.fr – 02 40 37 63 12

Michaël Paris – michael.paris@cnrs-imn.fr – 02 40 37 39 01