

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE EN COTUTELLE

Madame Nourhen OMRI

Candidate au Doctorat de Sciences de l'Univers,
de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour
En cotutelle avec l'Université de Tunis El Manar - UTM, Tunis (TUNISIE)

Soutiendra publiquement sa thèse intitulée :

*Analyses inorganiques, isotopiques et de spéciation solide avancées pour le suivi géochimique des éléments traces
et des terres rares : du bassin phosphatier de Gafsa à leur enregistrement dans les sédiments du Golfe de Gabès
(Tunisie)*

Dirigée par Monsieur OLIVIER DONARD et Radhia Souissi

le 23 avril 2025 à 15h00

Lieu : Institut des Sciences Analytiques et de Physico-Chimie pour l'Environnement et les Matériaux -IPREM
Technopôle Helioparc, 2 Av. du Président Pierre Angot, 64053 Pau Cedex 9
Salle : Amphithéâtre de l'IPREM

Composition du jury :

Mme Radhia SOUISSI, Professeur	Institut National de Recherche et d'Analyse Physico- Chimique - INRAP	Co-directrice de thèse
M. Roberto BOADA ROMERO, Maître de conférences HDR	Université Autonome de Barcelone	Rapporteur
M. Nouredine ZAABOUB, Professeur	Institut National des Sciences et Technologies de la Mer - INSTM	Rapporteur
Mme Corinne CASIOT-MAROUANI, Directeur de recherche CNRS	Université de Montpellier	Examinatrice
M. Walid OUESLATI, Professeur	Université Tunis El Manar	Examineur
Mme Gaëtane LESPES, Professeur des universités	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Examinatrice

Mots-clés : Analyses isotopiques, Analyses de spéciation, Terres rares, Phosphates, Sédiments marins, Géochimie

Résumé :

Le phosphate naturel est classé parmi les matières premières critiques par la Commission européenne, en raison de son importance économique et de ses risques associés en matière d'approvisionnement. La Tunisie, qui dispose de gisements phosphatés majeurs, en produit environ 4 millions de tonnes par an et participe ainsi de manière significative à l'économie nationale via la production d'acide phosphorique et d'engrais. Toutefois, cette activité industrielle génère des impacts environnementaux préoccupants, notamment à travers le rejet quotidien de près de 13 000 tonnes de phosphogypse dans le golfe de Gabès. Cette thèse s'inscrit dans une démarche pluridisciplinaire visant à étudier le devenir environnemental, la spéciation chimique et la traçabilité des éléments traces métalliques et des terres rares (ETR), depuis les phosphates bruts jusqu'aux sous-produits industriels et aux sédiments marins contaminés. Les objectifs principaux sont les suivants : 1) Quantifier l'évolution des concentrations en métaux et en ETR tout au long du processus de transformation industrielle et dans les milieux récepteurs ; 2) Identifier et quantifier les sources de contamination en métaux à l'aide d'analyses isotopiques du Pb ; 3) Étudier les transformations de spéciation des métaux et ETR au cours des traitements industriels et dans les sédiments. Trois méthodes de digestion ont été comparées pour la préparation des échantillons : la digestion par bloc chauffant, par micro-ondes et la fusion alcaline, cette dernière s'étant révélée la plus efficace pour dissoudre les matrices complexes étudiées. Les analyses multi-élémentaires réalisées par ICP-MS et ICP-AES ont mis en évidence un enrichissement significatif des couches superficielles des sédiments marins, avec des concentrations totales en ETR dépassant $3\,500\text{ mg.kg}^{-1}$, soit jusqu'à sept fois supérieures aux teneurs mesurées dans le phosphate brut. Les rapports isotopiques du plomb, analysés en combinaison avec des modèles de mélange bayésiens (MixSIAR) et des analyses statistiques multivariées (ACP, CHA), ont permis d'identifier le phosphogypse comme la principale source de pollution métallique d'origine anthropique à proximité des rejets (78,2 %), tandis que les eaux usées urbaines contribuent jusqu'à 33,3 % près du littoral. La contribution de la source géogénique reste dominante dans les sédiments éloignés, avec une part atteignant 89,7 %. Ces contributions sont modulées par les conditions hydrodynamiques locales, telles que les courants, les marées et la remise en suspension. La spéciation chimique a été étudiée au synchrotron ALBA via la spectroscopie XANES, ciblant le cadmium, le chrome, le yttrium et le cérium. Les résultats montrent que le traitement industriel modifie significativement la spéciation de ces éléments. Le cadmium est présent majoritairement sous forme de sphalérite, ce qui limite sa biodisponibilité immédiate, mais il peut être remobilisé dans les sédiments selon les conditions rédox. Le chrome, principalement présent sous forme de Cr(III) faiblement mobile, voit sa solubilité augmenter en milieu acide et sulfaté. Quant à l'yttrium et au cérium, ils passent de phases phosphatées stables vers des formes plus solubles, sulfatées ou oxydées, ce qui accroît leur mobilité environnementale. Ces résultats mettent en lumière la nécessité de renforcer la gestion des sous-produits miniers, de limiter les rejets de phosphogypse et de mettre en place des stratégies de surveillance fondées sur des outils analytiques avancés. Ils démontrent également que les sous-produits industriels et les sédiments contaminés représentent des réservoirs secondaires intéressants pour la récupération durable des terres rares, ouvrant ainsi la voie à des approches de valorisation alignées avec les principes de l'économie circulaire.