

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

Monsieur Antoine LE GOHALEN

Candidat au Doctorat de Chimie analytique,
de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Soutiendra publiquement sa thèse intitulée :

*Localisation et spéciation du mercure chez la bactérie modèle *Pseudodesulfovibrio hydrargyri* BerOc1*

Dirigée par Madame MARIE-PIERRE ISAURE et Madame MARIA SOLEDAD GONI URRIZA

le 17 décembre 2025 à 14h00

Lieu : IPREM Université de Pau et des Pays de l'Adour Hélioparc 2 avenue Pierre Angot 64053 PAU

Salle : Amphithéâtre IPREM

Composition du jury :

Mme Marie-Pierre ISAURE, Professeur des universités	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Directrice de thèse
Mme Maria Soledad GONI-URRIZA, Professeur des universités	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Co-directrice de thèse
M. Karim BENZERARA, Directeur de recherche CNRS	Sorbonne Université	Rapporteur
M. Jean-François GAILLARD, Professeur	Northwestern University	Rapporteur
Mme Mathilde MONPERRUS, Maître de conférences HDR	Université de Pau et des Pays de l'Adour	Examinateuse
M. Clément LEVARD, Directeur de recherche CNRS	Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement (CEREGES)	Examinateur

Mots-clés : Mercure, microorganismes, spéciation du mercure, imagerie élémentaire, méthylation, Absorption des rayons X

Résumé :

Le mercure (Hg) est un polluant global préoccupant, en raison de sa méthylation en methylmercure (MeHg), un composé hautement toxique qui est bioaccumulé le long de la chaîne trophique. Cette méthylation est principalement médiaée par des microorganismes, mais les mécanismes cellulaires et les facteurs environnementaux sont encore mal compris. Parmi ces microorganismes, les bactéries sulfato-réductrices jouent un rôle clé dans les sédiments anoxiques. Cette thèse vise à améliorer notre compréhension des transformations et de l'accumulation du Hg au niveau cellulaire chez la bactérie modèle *Pseudodesulfovibrio hydrargyri* souche BerOc1. Plus précisément, trois aspects ont été étudiés : i) l'accumulation de mercure à l'échelle d'une cellule individuelle, ii) les transformations des nanoparticules de métacinnabre (β -HgSNPs) induites par les cellules, et iii) le rôle de deux gènes potentiellement impliqués dans un système d'efflux des métaux. La nano-fluorescence des rayons X sur rayonnement synchrotron (nano-XRF) et la microscopie électronique en transmission couplée à la spectroscopie à dispersion d'énergie des rayons X (TEM-EDS) pour localiser le Hg, ainsi que la spectroscopie d'absorption des rayons X à haute résolution (HR-XANES) et le XANES à l'échelle nanométrique (nano-XANES) pour en déterminer la spéciation ont été mises en œuvre. Également, la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse à plasma inductif (GC-ICP-MS) a été utilisée pour déterminer les taux de méthylation du Hg. Globalement, les cellules *P. hydrargyri* BerOc1 accumulent plus de Hg lorsque les concentrations externes ajoutées augmentent. Cependant, à l'échelle d'une cellule individuelle, l'accumulation s'est avérée hétérogène. Certaines cellules hyperaccumulent le Hg, en particulier pour des expositions élevées au Hg. Le couplage de la nano-XRF avec la microscopie optique à fluorescence a montré que ces cellules hyperaccumulatrices étaient inactives, suggérant que les cellules actives régulent l'accumulation de Hg. Cette accumulation régulée peut dépendre de plusieurs facteurs : une réduction de l'absorption du Hg, une spéciation limitant la biodisponibilité, ou une augmentation de l'export. L'étude d'un mutant déléte des gènes 468-467, impliqués dans un système d'efflux, a mis en évidence leur rôle dans la régulation de l'accumulation intracellulaire du Hg chez *P. hydrargyri* BerOc1. La suppression de ces gènes a modifié l'accumulation intracellulaire de Hg et réduit le taux de méthylation. Nos résultats ont montré que le Hg inorganique était exporté par le système d'efflux, alors que le MeHg était exporté hors de la cellule par un mécanisme indépendant du système d'efflux. L'accumulation régulée pourrait également résulter d'une spéciation de Hg moins biodisponible pour la méthylation. En effet, nous avons identifié que le Hg était principalement présent sous forme d'agrégats extracellulaires de nanoparticules de HgS (~5 nm), correspondant au β -HgS. Ces nanoparticules, qui sont présentes dans les environnements naturels et les cultures microbiennes, ont longtemps été considérées comme peu biodisponibles pour la méthylation. L'exposition de *P. hydrargyri* BerOc1 à du Hg dissous (HgCl₂) ou à des nanoparticules de β -HgS a montré un potentiel de méthylation réduit pour les nanoparticules de β -HgS. Ces nanoparticules n'ont pas été détectées à l'intérieur des cellules, ce qui suggère une dissolution partielle avant l'absorption et la méthylation du Hg. La spéciation HR-XANES a révélé une différence entre le Hg extracellulaire (sous forme de β -HgS) et le Hg intracellulaire, qui était présent sous la forme d'un mélange d'espèces de Hg tétragonales et digonales pour les deux types d'exposition, confirmant la transformation/dissolution des nanoparticules de β -HgS induite par les cellules. Dans l'ensemble, ce travail a permis d'améliorer la compréhension des transformations et de l'accumulation du Hg dans les microorganismes qui méthylent le Hg.