



Ecole Doctorale n° 109.

ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



Institut de physique du globe de Paris; UMR7154

Equipe de Paléomagnétisme,
4, Place Jussieu, 75252 PARIS Cedex05

Directeur de thèse : Jean-Pierre Valet et co-directeur : Aude Iseibert

Contact : valet@ipgp.jussieu.fr

Signatures magnétiques des cristaux de magnétite biogénique, marqueurs de paléoenvironnements.

Magnetic signature of biogenic crystals of magnetite – Paleoenvironmental tracers.

Description du projet :

Les bactéries magnétotactiques synthétisent des magnétosomes constitués de cristaux de magnétite ou de greigite entourés d'une membrane biologique. Assemblés sous forme de chaînes, alignés parallèlement à l'axe de mobilité des cellules, ils se comportent comme l'aiguille d'une boussole et permettent aux cellules de s'orienter dans le champ magnétique terrestre à la recherche de conditions favorables à leur développement.

Les magnétosomes fossiles contribueraient donc significativement aux propriétés magnétiques des sédiments et des sols, leur organisation sous forme de chaînes pouvant d'ailleurs être considérée comme un biomarqueur potentiel de traces de vie au sein d'environnements terrestres et extraterrestres. La taille, la morphologie, les caractéristiques cristallographiques, chimiques et magnétiques de ces cristaux représentent en effet des marqueurs de leur origine biologique. A l'heure actuelle, nous ne connaissons toujours pas le rôle joué par les bactéries dans l'aimantation des sédiments. D'ailleurs, aucun critère fiable de caractérisation magnétique des cristaux n'a encore pu être proposé à défaut d'une connaissance exhaustive de leur variabilité naturelle. Nous ignorons également les mécanismes qui gouvernent la formation des cristaux ainsi que leur nombre mais également le nombre de chaînes qui peuvent être multiples au sein d'une cellule. Outre les conditions environnementales qui dépendent principalement des changements climatiques, l'autre paramètre important concerne l'effet du champ magnétique sur les processus de nucléation et de croissance des cristaux de magnétites sur des générations successives de bactéries.

Les réponses à ces questions nécessitent deux approches complémentaires. En premier lieu, il faut étudier la proportion et la nature des cristaux de magnétite biogénique dans les sédiments naturels (marins et lacustres) qui ont enregistré des variations climatiques notables mais également des variations de l'intensité du champ. En second lieu, il faut développer des expériences de cultures de bactéries magnétotactiques sous champ magnétique contrôlé, pour des intensités élevées et faibles mais aussi en champ nul.

Objectifs :

Cette thèse a donc les objectifs suivants :

- Déterminer le rôle joué par les bactéries magnétotactiques dans l'aimantation des sédiments. Ceci peut être réalisé au moyen de mesures magnétiques faisant intervenir les propriétés des cristaux de

biomagnétites en relation avec leur morphologie et leur organisation. Ces mesures pourront être effectuées à la fois sur bactéries extraites de milieux naturels - présentant une grande diversité de morphologies cristallines - et sur diverses souches cultivées in vitro pour comparaison et référence.

- Déterminer les effets potentiels du champ magnétique et des conditions environnementales sur les processus de nucléation et de croissance des cristaux de magnétites biogéniques.

- en étudiant la proportion et les caractéristiques des cristaux d'origine biogénique en fonction de l'intensité du champ magnétique dans des séquences sédimentaires.

- en cultivant des bactéries magnétotactiques sous champ magnétique contrôlé. Ces expériences sont à envisager sur différentes souches de bactéries cultivables in vitro. Parallèlement, des prélèvements de bactéries naturelles sont envisageables.

Moyens mis en œuvre :

La caractérisation magnétique des cristaux de biomagnétite sera abordée à partir des techniques suivantes :

- La microscopie magnétique à haute résolution permettra de mesurer les aimantations très faibles des cristaux de magnétite mais aussi de cartographier leur répartition dans des lames minces en ce qui concerne les sédiments. Elle permettra également de mesurer l'aimantation à différents stades de croissance des cristaux.

- Le magnétomètre à SQUID MPMS (magnetic property measurement system). Cet appareil très sensible permet la mesure de nombreux paramètres, tels que la variation de l'aimantation des échantillons en fonction de la température liée à la minéralogie magnétique et les cycles d'hystérésis qui renseignent sur la granulométrie.

- La microscopie électronique en transmission (MET) et l'holographie électronique, adaptées à l'étude des magnétites intracellulaires et des chaînes qu'elles forment ainsi qu'à leurs propriétés magnétiques.

Le dichroïsme magnétique circulaire des rayons X (XMCD) sur source synchrotron. Cette technique, adaptée à l'étude de souches magnétotactiques pures, permettrait d'obtenir des informations relatives à la cristallographie des cristaux de magnétite comme l'état de valence du fer et le rapport Fe²⁺/Fe³⁺ au sein des cristaux étudiés.

Connaissances et compétences requises :

Le candidat devra être titulaire d'un Master II (Recherche) dans le domaine des Sciences de La Terre, Sciences Physiques du solide ou encore Physique des matériaux. Des connaissances dans les domaines de la microbiologie et phylogénie seront grandement appréciées.

Thème scientifique prioritaire : SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS, ECOLOGIE, ENVIRONNEMENT, BIORESSOURCES / Sciences de la Terre et de l'univers / Marqueurs de paléo-environnements.