Propriétés magnétiques et structurales de nanoparticules de magnetite biogénique: effet de l'arrangement des particules sur les diagrammes de FORC

Claire Carvallo*¹, Anaïs Fondet , Raphaël Le Fèvre , Dario Taverna , Yohan Guyodo , Imène Chebbi , Vincent Dupuis , France Lagroix , Malika Khelfallah , Jean Michel Guigner , François Guyot , Edouard Alphanbéry , and Amélie Juhin

¹Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie – Museum National d'Histoire Naturelle, Sorbonne Université : UM120, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7590 – 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France

Résumé

Les diagrammes de FORC (First-Order Reversal Curve), dont l'utilisation est de plus en plus répandue dans le domaine du magnétisme des roches, peuvent être encore difficiles à interpréter en termes de corrélation avec l'arrangement des particules magnétiques présentes dans un échantillon naturel. Nous présentons ici une étude des propriétés magnétiques et structurales de nano-particules d'oxyde de fer synthétisées par des bactéries magnétotactiques, qui peuvent être utilisées en hyperthermie magnétique pour le traitement du cancer. Ces propriétés varient au fur et à mesure des étapes successives de la production de ces nanoparticules, en partant de bactéries magnétotactiques en culture jusqu'aux magnétosomes recouverts d'agents de revêtement, ce qui permet de diminuer leur toxicité et les rendre biocompatibles. A chaque étape, nous avons réalisé des mesures de courbes d'hystérèse et de diagrammes de FORC à basse température couplées à des observations en (cryo-)microscopie électronique en transmission. De plus, l'anisotropie des interactions magnétiques a pu être explorée en mesurant les diagrammes de FORC après refroidissement en champ parallèle ou perpendiculaire au champ de la mesure (FC/FC90), ou sans champ (ZFC). Les magnétosomes à l'intérieur des bactéries magnétotactiques forment des chaînes et leurs diagrammes de FORC sont typiques de particules monodomains stables alignées. Les magnétosomes extraits forment des amas de particules de maghémite mais des chaînes subsistent encore, alors que les magnétosomes purifiés ne forment que des amas. Enfin, les magnétosomes recouverts de 1,2-dioleoyl-sn-glycero-3-phosphocholine (DOPC) sont toujours organisés en amas mais avec moins d'interactions magnétiques que les magnétosomes purifiés, alors que les magnétosomes recouverts d'acide citrique ont tendance à former des chaînes. Ces observations sont bien reflétées dans les caractéristiques observées sur les diagrammes de FORC, principalement sur l'étalement ou non du pic de la distribution de FORC. Nous avons également caractérisé ces différences d'arrangement en chaînes ou en amas en comparant les diagrammes de FORC mesurés pour chaque échantillon en FC/FC90/ZFC.

*Intervenant

Mots-Clés: Diagramme de FORC diagram, Magnétosomes, Bactéries magnétotactique, Microscopie Electronique en Transmission