

Croissance de nano-magnétites intracellulaires

Aude Isambert^a, Nicolas Menguy^{b,*}, Éric Larquet^b, François Guyot^b, Jean-Pierre Valet^a

^a Paléomagnétisme, IGP et Université Paris 7, CNRS-INSU; Tour 14, 2 place Jussieu, 75005 Paris, France

^b IMPMC, Universités Paris 6 et 7, CNRS, IGP; 140 rue de Lourmel, 75015 Paris, France

Résumé – Une population de bactéries magnétotactiques a été prélevée dans la Seine (France) et étudiée par microscopie électronique en transmission. 17 morphotypes différents ont été recensés sur la base de critères morphologiques dont le nombre et l'organisation des magnétosomes intracellulaires. Par ailleurs, deux modes principaux de croissance des magnétites ont été mis en évidence à partir de la distribution des tailles et rapport de forme. Il apparaît en outre que ces magnétites intracellulaires ne satisfont pas tous les critères de biogénicité habituellement utilisés pour distinguer les biomagnétites.

1. Introduction

Les bactéries magnétotactiques, découvertes par Blakemore [1] synthétisent des magnétosomes, constitués de cristaux de magnétite (Fe_3O_4) ou de greigite (Fe_3S_4) nanométriques à l'intérieur de vésicules membranaires intracellulaires. Les magnétosomes sont généralement assemblés sous forme d'une ou plusieurs chaînes, a priori fixées à l'intérieur des cellules et alignées parallèlement à l'axe de motilité de la bactérie (figure 1.a). Ces chaînes de particules magnétiques, comparables à l'aiguille aimantée d'une boussole, permettent à la cellule de s'orienter dans le champ magnétique terrestre. Cette faculté associée à un aéro-tactisme (la bactérie se dirige dans la direction du gradient de concentration en oxygène) permet à ces bactéries microaérophiles de se positionner de manière efficace dans la colonne d'eau à la zone de transition oxygène – anoxique (OATZ) afin de trouver les conditions optimales en $[\text{O}_2]$ pour leur métabolisme (figure 1.b) [2].

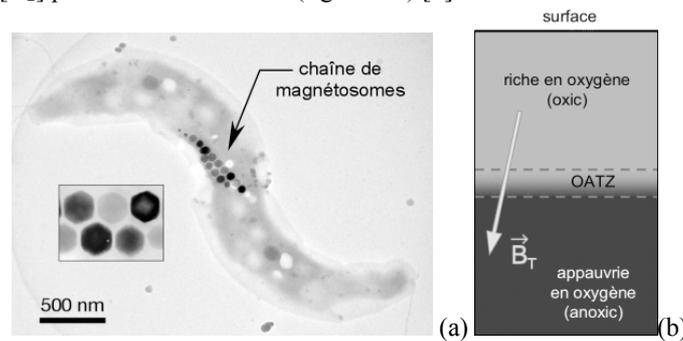


Figure 1 – (a) Image MET d'une bactérie magnétotactique prélevée dans la Seine. Une image agrandie des magnétosomes est représentée en insert (b) Description simplifiée d'une colonne d'eau.

2. Modes de croissance des magnétites intracellulaires

Une analyse systématique des caractéristiques morphologiques des magnétosomes a permis de mettre en évidence des particularités de certaines espèces quant au mode de croissance des magnétites [3]. Les magnétites visibles sur la figure 2.a présentent une croissance homomorphique : le rapport longueur / largeur reste constant.

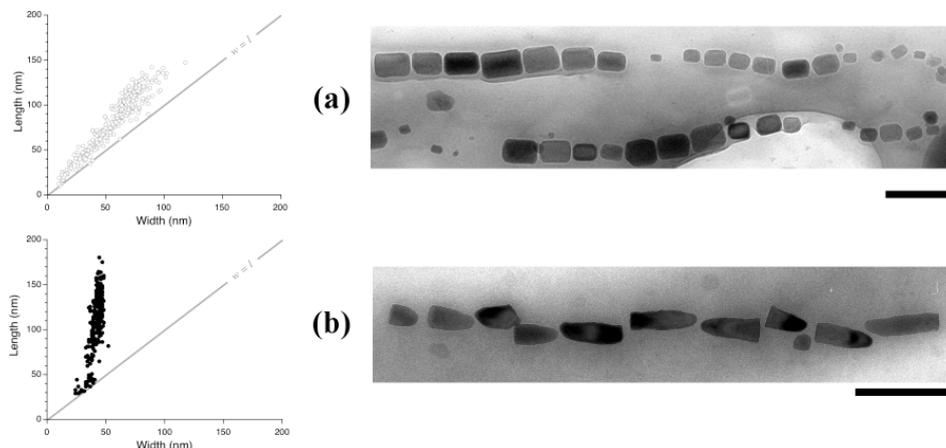


Figure 2 – Comparaison des rapports de forme des magnétosomes pour deux souches de bactéries magnétotactiques prélevées dans la Seine (scale bar = 200 nm)

* Auteur à contacter : Nicolas.Menguy@impmc.jussieu.fr – Tel : 01 44 27 50 59

Au contraire, dans le cas de la particule représentée sur la figure 2.b, un tout autre comportement est observé. Dans les premiers stades de la croissance, les magnétites présentent une morphologie isotrope ($w \approx l$). À partir de 45 nm, un brutal changement est observé : la largeur des magnétites n'augmente plus alors qu'une distribution quasi continue de longueur est observée jusqu'à environ 170 nm.

Un examen attentif des morphologies des magnétites "bullet shaped" similaires à celles représentées sur la figure 2.b montre que leur croissance est dirigée. La figure 3 montre un exemple de chaîne de magnétites pour laquelle différents stades de croissance sont observables. Pour les premiers stades de la croissance, les magnétites ont une morphologie proche de celle du cuboctaèdre avec des faces $\{110\}$ développées (fig. 3.b et 3.c). Dans le stade suivant de la croissance, la magnétite est légèrement allongée, mais les faces $\{110\}$ sont encore visibles (fig. 3.d). Une seule face $\{110\}$ est visible pour la magnétite représentée figure 3.e, la nature exacte des autres faces n'est pas déductible de manière simple. La magnétite de la figure 3.f présente une largeur comparable à celle des magnétites dites "matures". L'étape suivante de la croissance de cette magnétite consiste en un allongement qui doit lui permettre d'atteindre une longueur égale à celles des autres magnétites "matures".

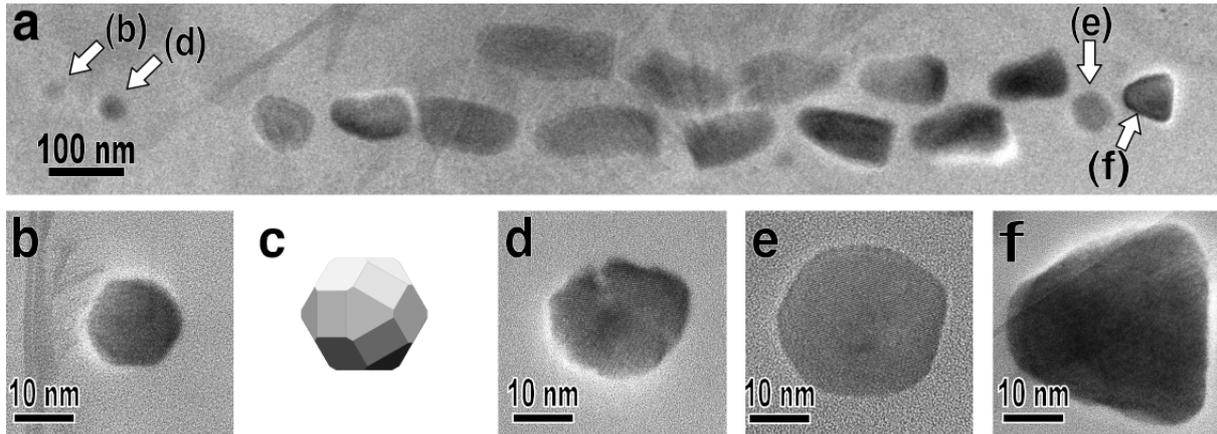


Figure 3 – Évolution de la morphologie des magnétites pour une chaîne de magnétosomes. (a) La chaîne complète présente des magnétites à des stades de croissance variable. Les cristaux repérés correspondent aux images (b), (d), (e) et (f).

Nous proposons un modèle similaire à celui proposé par Mann [4] pour expliquer cette séquence (figure 4): (1). une magnétite apparaît avec une morphologie ayant une symétrie cubique, (2). elle adhère à la paroi du magnétosome par une face $\{110\}$, (3). sa croissance commence, (4). sa base $\{110\}$ atteint une largeur définitive, (5). elle pousse en longueur, (6). elle atteint sa longueur définitive limitée par la taille de la membrane du magnétosome.

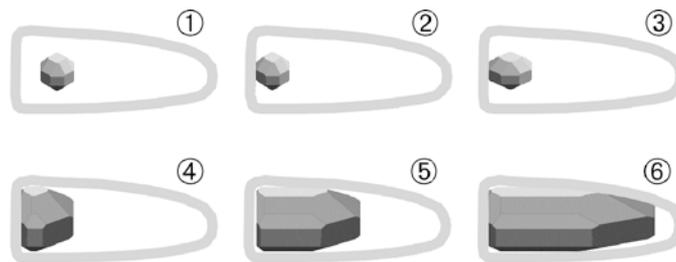


Figure 4 – Modèle de croissance des magnétites pour la souche RS H dans le magnétosome

3. Références

- [1] Blakemore, R.P. *Magnetotactic bacteria*. Science **190** (1975) 377–379
- [2] Bazylinski D.A. and Frankel R.B. *Magnetosome Formation In Prokaryotes* Nature Reviews / Microbiology **2** (2004) 217-230
- [3] Isambert A., Menguy N., Larquet E., Guyot F., Valet J.-P. *TEM study of magnetites in a freshwater population of magnetotactic bacteria* American Mineralogist **92** (2007) 621-630
- [4] Mann, S., Sparks, N.H.C., and Blakemore, R.P. *Structure, morphology and crystal growth of anisotropic magnetite crystals in magnetic bacteria*. Proc. of the Royal Society of London B (1987) **231**, 477-487