

DES BACTÉRIES QUI NE PERDENT PAS LE NORD

LE 28 FÉVRIER 2011 BENJAMIN

Certaines bactéries aquatiques ont inventé et utilisé la boussole quelques millions d'années avant les Chinois. Comment biologiquement ces bactéries fonctionnent-elles et à quoi ça leur sert ?

Mon histoire commence au milieu des années 70 avec un jeune étudiant en thèse, Richard Blakemore, qui étudiait des populations de bactéries que l'on trouve dans les boues et sédiments au fond des océans, des lacs ou des marais. Ayant placé un échantillon sous le microscope, Blakemore observa que certaines bactéries, motiles (se déplaçant grâce à leur flagelle), se déplaçaient toutes dans la même direction. Ceci n'a en soi rien d'inhabituel ; dans une goutte de liquide montée entre lame et lamelle, il existe souvent des flux causés par l'évaporation, la capillarité... De même, le chimiotactisme (ndlr : mouvement orienté vers ou à l'opposé d'une substance chimique), courant chez les bactéries, leur permet de s'orienter en fonction d'un gradient de concentration.

La grande inspiration de Blakemore, peut-être intrigué par la constance du mouvement, fut de répéter l'observation en différents endroits ou en changeant l'orientation du microscope, *et les bactéries continuaient de nager dans la même direction, non par rapport à la lame, mais par rapport au laboratoire!* Ayant écarté l'hypothèse d'une orientation par la lumière, Blakemore suspecta puis démontra à l'aide d'un aimant que le mouvement de ces bactéries était orienté par les champs magnétiques, même faibles¹. Cette découverte était complètement inattendue, ainsi que l'écrit Blakemore lui-même² : *I wish to emphasize that this was a completely unexpected finding.* Voilà un bel exemple de **sérendipité!**

Si une illustration plus moderne du phénomène vous intéresse, la vidéo ci-dessous montre une suspension de ces bactéries « magnétotactiques » (MTB en anglais) dont le mouvement est influencé par l'application d'un champ magnétique (la direction est donnée par la boussole en haut à gauche de l'écran).

Il existe donc des bactéries « magnétotactiques » dotées de la faculté de sentir les champs magnétiques, et au premier chef le champ magnétique terrestre. *Comment est-ce possible?*

Les vrais inventeurs de la boussole

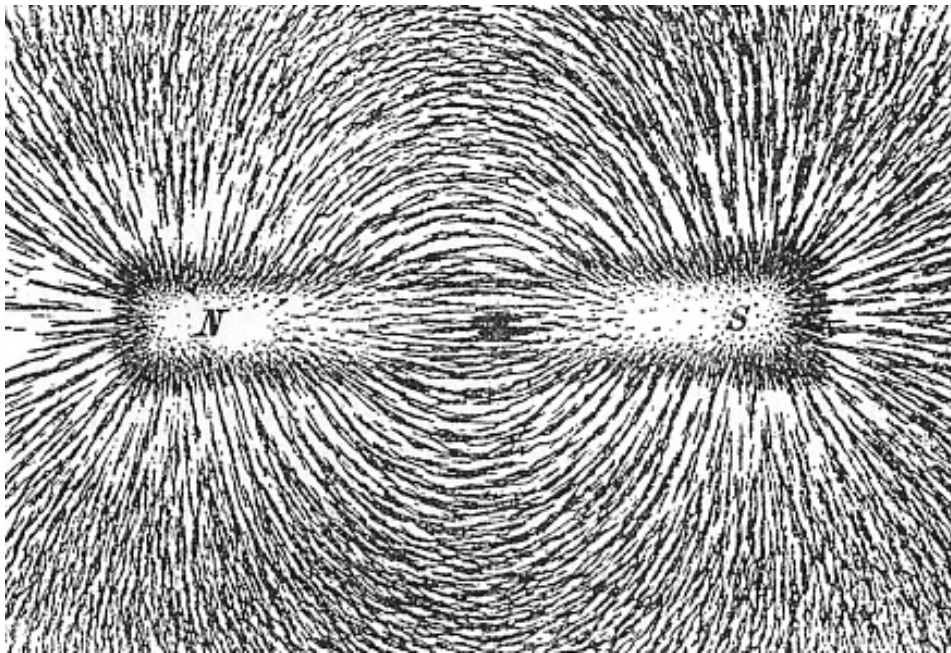
Il faut noter que ces bactéries sont souvent rétives aux techniques de culture traditionnelles (un peu comme les pandas qui ont du mal à se reproduire en captivité, mais en plus petit),

ce qui ne facilite pas leur étude d'un point de vue moléculaire. En revanche, leur intéressante propriété magnétotactique permet d'enrichir facilement des échantillons, par exemple en les attirant vers le fond d'un tube au moyen d'un aimant, puis en retirant le surnageant. Les préparations obtenues, relativement denses en bactéries, se prêtent bien à l'observation microscopique.

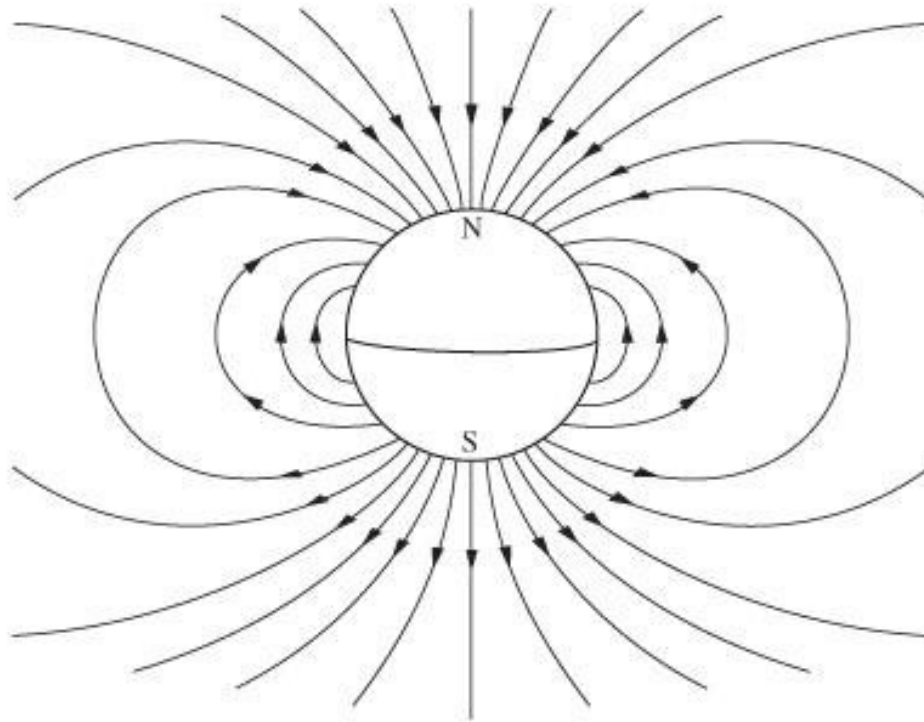
Après en avoir isolé suffisamment, Blakemore observa ainsi que ses bactéries magnétotactiques renfermaient des particules de fer entourées d'une membrane, alignées les unes à la suite des autres ; ces organites furent bientôt baptisés « magnétosomes », car ils sont effectivement à l'origine des propriétés magnétotactiques des bactéries. Par un mécanisme soigneusement régulé, les MTB prélèvent dans leur milieu des ions fer Fe^{3+} (soit une forme très oxydée du fer), qu'elles réduisent pour former de la magnétite Fe_3O_4 ou dans certains cas de la gréigite Fe_3S_4 (le soufre jouant un rôle analogue à celui de l'oxygène). Ces minéraux se comportent comme des aimants, et donc les magnétosomes comme l'aiguille d'une boussole, orientant la bactérie le long des lignes de champ magnétique. Le flagelle placé à un pôle lui confère sa mobilité et fait le reste.

Les bactéries ont donc une propriété étonnante, celle d'avoir inventé et utilisé la boussole quelques millions d'années avant les Chinois.

Comme dirait un physicien, les bactéries magnétotactiques se déplacent le long des lignes de champ magnétique, que l'on peut matérialiser au moyen d'un aimant et de limaille de fer :



Or, pour une bactérie le champ magnétique le plus significatif est le champ terrestre, équivalent à celui généré par un dipôle orienté Nord-Sud (surprise!) qui se situerait au centre de la Terre. Les lignes de champ se dessinent donc ainsi autour du globe :



Partir vers les pôles pour aller en profondeur

Et c'est là que réside l'astuce, que vous avez peut-être déjà devinée en voyant le barreau aimanté et la limaille de fer : lorsque l'on est dans l'hémisphère Nord, suivre une ligne de champ vers le Nord ce n'est pas seulement aller vers le Nord, c'est aussi... **descendre** ! L'intérêt des MTB serait-il de changer d'altitude plutôt que d'aller vers un des pôles ?

On commence à le subodorer si l'on observe que dans l'hémisphère Nord les MTB « cherchent » le Nord (leur objectif final n'est donc pas de suivre une ligne de champ), et surtout en considérant leur métabolisme. En effet, les MTB sont pour la plupart des organismes anaérobies ou microaérophiles, c'est-à-dire qu'elles ont besoin au maximum d'un peu d'oxygène pour vivre. Au passage, c'est un mode de vie qui cadre bien avec la capacité à minéraliser du fer dissous, car en général corrélé avec un environnement réducteur. Or, ces bactéries aquatiques ne trouvent ces conditions qu'en s'enfonçant dans le sédiment du fond de l'eau, et pour cela, il leur suffit de suivre leur boussole ! Cette hypothèse a été rapidement corroborée par la découverte de bactéries cherchant le Sud dans l'hémisphère Sud³, donc cherchant elles aussi à descendre.

Des bactéries magnétotactiques à deux sens

Il faut tout de même introduire une nuance importante. En effet, j'ai un peu simplifié les choses : il existe des MTB « à deux sens » qui ne se contentent pas d'aller vers le Nord ou le Sud, mais qui changent brusquement de direction. Il semble donc que le magnétotactisme soit couplé à l'aérotactisme (réponse à la variation de la concentration d'oxygène), ou à d'autres **tactismes** qui intéressent la bactérie. Ainsi, l'exploration de l'espace par les bactéries est restreinte à une dimension (car les bactéries restent le long des lignes de champ magnétique), et le second tactisme intervient pour stimuler ou ralentir le mouvement selon les conditions locales, en général la concentration en oxygène. La « polarité » des ces MTB versatiles est donc donnée par la direction qu'elles prennent lorsque la concentration en oxygène est trop élevée pour leur métabolisme.

Des mystères troublant demeurent néanmoins. En particulier, je me demande comment font les MTB qui se divisent pour savoir de quel côté de la boussole elles doivent assembler leur flagelle. J'ai deux hypothèses simples qui évitent de faire appel à une régulation magnétique de l'assemblage des protéines : (1) le flagelle est assemblé en fonction d'informations héritées de la division, comme « nouveau pôle » et « pas de flagelle dans la cellule », donc au bon endroit mais indépendamment des magnétosomes, ou (2) le flagelle est assemblé indifféremment au Nord ou au Sud de la bactérie, ce qui amène 50% de la population à se suicider après un fol envol vers la surface dans un feu d'artifice d'oxygène. Ne resterait alors que la population « bien orientée » !

Plus troublant encore, des chercheurs ont récemment identifié une bactérie habitant un lac salé de l'hémisphère Nord et nageant frénétiquement vers le Sud alors qu'elle était soumise à des concentrations d'oxygène élevées⁴. C'est l'inverse de ce que l'on pouvait attendre,

compte tenu de l'ensemble des observations précédentes et de la jolie théorie exposée ci-dessus, au point que l'article a été publié dans *Science*... Apparemment, cette anomalie serait liée à l'habitat très spécifique, un lac salé dont les eaux sont très stratifiées pendant une partie de l'année, ce qui change les gradients d'oxygène, de potentiel d'oxydo-réduction... ce qui amène les auteurs à conclure que de nouveaux modèles doivent être construits pour expliquer le comportement de ces étranges bactéries, et en particulier qu'il conviendrait désormais de les étudier dans des conditions plus naturelles que celles couramment utilisées au laboratoire⁵.

Article initialement publié en 2 parties (**1** et **2**) sur le **Bacterioblog**

Photo Flickr CC : **daynoir**

1. Blakemore, R. P. Magnetotactic bacteria. *Science* 190 377-379 (1975) [[↔](#)]
2. Blakemore, R. P. Magnetotactic bacteria. *Annual Reviews in Microbiology* 36 217-238 (1982) [[↔](#)]
3. Blakemore, R. P., Frankel, R. B., & Kalmijn, A. J. (1980). South-seeking magnetotactic bacteria in the Southern Hemisphere. *Nature*, 286(5771) [[↔](#)]
4. Simmons, S. L., Bazylinski, D. a. & Edwards, K. J. (2006). South-seeking magnetotactic bacteria in the Northern Hemisphere. *Science*, 311(5759) [[↔](#)]
5. comme l'avait remarqué un lecteur attentif en regardant la vidéo jointe à la première partie de ce billet, il existe peut-être dans une population de MTB des individus contestataires qui recherchent la direction opposée... [[↔](#)]

BENJAMIN

le 28 février 2011 - 16:45 • SIGNALER UN ABUS - PERMALINK



Pour couper court aux remarques que ne manqueront pas de formuler les esprits acérés qui lisent ce lignes : les bactéries magnétotactiques auraient été découvertes indépendamment par d'autres (Bellini, Massart), mais c'est bien la publication de Blakemore qui a initié la recherche dans ce domaine.

VOUS AIMEZ



0

VOUS N'AIMEZ PAS



0

LUI RÉPONDRE