

Des bactéries sont-elles capables d'utiliser de l'arsenic à la place du phosphore ?

Publié le 17.12.10 | Par [Gilles Camus](#)

Cette brève présente différents résultats scientifiques relatifs à la capacité de certaines bactéries à utiliser de l'arsenic à la place du phosphore.

1. Introduction

Les six éléments de base de toutes les molécules du vivant sont : le carbone, l'hydrogène, l'azote, l'oxygène, le phosphore et le soufre. Bien d'autres éléments sont aussi trouvés, comme le zinc ou le magnésium, mais en quantités beaucoup plus faibles.

Une équipe de chercheurs emmenés par Felisa Wolfe-Simon, de l'Institut d'astrobiologie de la NASA, a trouvé dans un lac de Californie, des bactéries pouvant intégrer de manière réversible de l'arsenic à la place du phosphore dans différentes molécules, et en particulier dans leur ADN.

Cette découverte, qui pourrait sembler anecdotique, ouvre en réalité des perspectives conceptuelles importantes et pourrait avoir des conséquences pratiques, en particulier dans les méthodes utilisées pour la recherche de vie extraterrestre.

2. La découverte des bactéries pouvant utiliser de l'arsenic à la place du phosphore

Si on regarde le tableau périodique des éléments, ou tableau de Mendeleïev, on s'aperçoit que l'arsenic et le phosphore sont situés sur la même colonne, la XV, l'un au-dessus de l'autre (voir le tableau ci-dessous, qui présente un extrait du tableau périodique des éléments contenant le phosphore (P) et l'arsenic (As)). C'est la façon la plus simple de visualiser les similitudes dans les propriétés physico-chimiques de ces deux éléments.

Extrait du tableau périodique des éléments

XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
					He
B	C	N	O	F	Ne
Al	Si	P	S	Cl	Ar
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
In	Sn	Sb	Te	I	Xe

Plus précisément, ils ont un rayon atomique et une électronégativité relativement proches. Cette similitude de propriétés physico-chimiques se retrouve entre les formes classiques de phosphate (PO_4^{3-}) et d'arséniate (AsO_4^{3-}). Ceci explique que l'arséniate soit un poison : il peut parfois être incorporé en lieu et place du phosphate, mais son instabilité supérieure entraîne des dysfonctionnements métaboliques insupportables.

Cependant, l'idée des auteurs a été de rechercher des organismes plus tolérants vis-à-vis de l'instabilité de l'arséniate, tolérance qui pourrait leur permettre de vivre en ayant incorporé de l'arséniate en lieu et place de phosphate. Pour cela, ils sont allés chercher les organismes-candidats dans un lac situé à l'est de la Californie, le lac Mono (Figure 1). L'eau de ce lac est assez inhospitalière : alcaline, elle contient de grandes quantités de sel et d'arsenic (200 μM).

Les auteurs ont utilisé des sédiments de ce lac pour inoculer en condition aérobie un milieu de culture artificiel ayant pour particularité de contenir de l'arséniate (entre 100 μM et 5 mM) mais aucune source de phosphate. Ils ont ainsi identifié une souche bactérienne nommée GFAJ-1 capable de vivre et de croître dans de telles conditions. Si la croissance était supérieure en présence de phosphate en plus d'arséniate, elle était abolie en absence de ces deux composés.

L'analyse de la composition chimique totale de ces bactéries a sans surprise fait apparaître une très faible proportion de phosphore et une proportion élevée d'arsenic (comparé à des bactéries cultivées en présence de phosphate et sans arséniate).

Un isotope radioactif de l'arsenic a ensuite été utilisé pour étudier plus finement la localisation de cet élément dans les cellules. Celui-ci a été retrouvé dans des protéines, des petits métabolites (NADH, ATP, acétyl-CoA...), des lipides, ainsi que dans des acides nucléiques.



Figure 1 - Lac Mono

Ce lac alcalin, hypersalin et riche en arsenic est situé à l'est de l'État de Californie, aux États-Unis.

Auteur(s)/Autrice(s) : Pxhere Licence : [CC0](#)
Source : [Pxhere](#)

3. Implications

La souche GFAJ-1 identifiée dans cette étude appartient à la famille des Halomonadacées, des bactéries connues pour

être capables de vivre en présence de fortes concentrations en sel et capables également de tolérer la présence d'arsenic, accumulant cet élément dans une structure similaire à une vacuole. Mais cette souche ne se contente pas de tolérer l'arsenic, elle est capable de l'utiliser pour remplacer le phosphore si celui-ci vient à manquer. Il est important de souligner qu'il ne s'agit pas d'une souche nécessitant obligatoirement la présence d'arsenic.

Cette découverte prouve que la vie est possible dans des environnements qui étaient jusqu'à présent jugés incompatibles avec celle-ci. Cela devrait modifier la manière d'aborder la recherche de vie extraterrestre en élargissant le champ des possibles. La meilleure preuve en est que les résultats de ces travaux ont été présentés dans le cadre d'une annonce d'exobiologie.

4. Mise à jour du 9 juillet 2012 : deux nouvelles études infirment les conclusions de ce travail

Ces résultats inattendus ont particulièrement attiré l'attention de la communauté scientifique, comme en témoignent les nombreux commentaires qui ont suivi la publication. Certaines équipes ont cherché à confirmer ces résultats. Deux groupes viennent de publier indépendamment leurs propres résultats, et ceux-ci infirment les conclusions de la première étude.

Pour ces deux travaux (« *Absence of Detectable Arsenate in DNA from Arsenate-Grown GFAJ-1 Cells* » et « *GFAJ-1 Is an Arsenate-Resistant, Phosphate-Dependent Organism* », voir références ci-dessous) on ne retrouve pas d'arsenic dans l'ADN des cellules de la lignée GFAJ-1 cultivées en présence d'arsenic. Les conclusions de ces deux études mettent en avant la résistance de cette souche à l'arsenic, sa capacité à se multiplier en présence de quantité très faible de phosphate, mais elles montrent également une incapacité à survivre en absence totale de phosphore, et l'absence d'arsenic dans les molécules synthétisées par ces cellules.

Devant une telle situation, on peut bien entendu se poser la question de savoir si l'un des deux résultats est le fruit d'une erreur, ou si la situation est plus complexe et correspond à des facteurs non encore identifiés. Nul doute que dans l'avenir des travaux complémentaires chercheront à trancher entre ces deux conclusions a priori opposées, et chercheront à expliquer l'origine des différences entre les résultats obtenus par ces équipes.

Après l'annonce très médiatisée en septembre 2011 de la découverte de neutrinos voyageant plus vite que la vitesse de la lumière, suivie par la mise en évidence d'un biais expérimental rendant ces résultats et conclusions caducs, cette controverse sur le métabolisme des bactéries GFAJ-1 est le témoignage de la vitalité de la méthode scientifique, y compris dans sa communication, où même une erreur peut être la source de nouvelles recherches permettant d'augmenter notre connaissance.

5. Références

Ce document est tiré de l'article qui présente cette découverte et dont voici les références :

- *A bacterium that can grow by using arsenic instead of phosphorus*. Wolfe-Simon F. et coll. (2010) Scienceexpress.org (texte intégral).
- *Absence of Detectable Arsenate in DNA from Arsenate-Grown GFAJ-1 Cells*. Marshall Louis Reaves, Sunita Sinha, Joshua D. Rabinowitz, Leonid Kruglyak, et Rosemary J. Redfield. (2012) Science.
- *GFAJ-1 Is an Arsenate-Resistant, Phosphate-Dependent Organism*. Tobias J. Erb, Patrick Kiefer, Bodo Hattendorf, Detlef Günther, et Julia A. Vorholt. (2012) Science.

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S) ET MISE EN LIGNE

Gilles Camus

Professeur agrégé de SVT. Il a été le responsable éditorial du site Planet-Vie de 2004 à 2016.

LICENCE DU TEXTE DE L'ARTICLE

