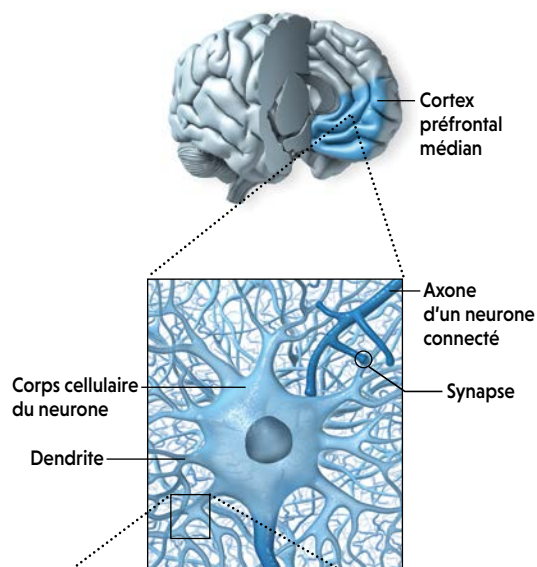


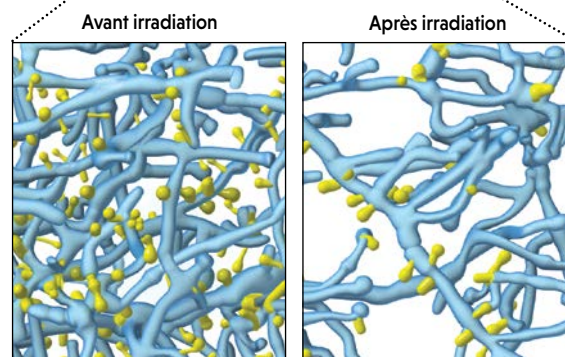
L'IMPACT DES RAYONS COSMIQUES SUR LE CERVEAU

Pour tenter d'évaluer les dommages causés par les rayons cosmiques au cerveau des astronautes, les chercheurs ont exposé des souris à un flux de particules chargées reproduisant au mieux celui qui se propage dans l'espace. Ils ont étudié à la fois la baisse des performances cognitives des rongeurs et les dommages physiques dans leur cerveau.

Le rayonnement simulant celui régnant dans l'espace endommage une région du cerveau des souris nommée cortex préfrontal médian, qui est associée à la mémoire. Dans cette région, le nombre et la taille de certaines excroissances des neurones ont diminué à la suite de l'irradiation.



Les dendrites reçoivent des signaux chimiques émis par d'autres neurones. Six semaines après l'exposition à une dose de rayonnement de 0,3 gray, les souris présentaient une réduction de 20 % à 40 % du nombre de leurs épines dendritiques (*en jaune*), petites excroissances de la branche principale de la dendrite qui jouent un rôle dans l'apprentissage et la mémorisation.



seraient soumis en conditions réelles. Dans l'espace, l'exposition des astronautes aux rayons cosmiques s'étale sur plusieurs mois ou plusieurs années. Parce que nous ne disposons que d'un accès limité à l'accélérateur, nous devons administrer la même dose en quelques minutes seulement.

Une question cruciale se pose donc: si la dose est administrée à un rythme plus lent, les cellules auraient-elles le temps de se réparer et de guérir? Il est peu probable que la différence de rythme d'exposition ait un effet marqué, parce que la dose totale est faible. En outre, les particules cosmiques les plus préoccupantes sont celles à TLE élevé, qui produisent des dommages cellulaires très localisés et dont il est difficile de se remettre, quelle que soit la rapidité d'administration. De plus, la plupart des régions du cerveau sont incapables de générer de nouveaux neurones facilement, ce qui entrave

encore davantage une éventuelle guérison. Et bien que nos découvertes concernent des rongeurs, et non les humains, nous n'avons aucune raison de penser qu'un neurone humain présenterait une réaction au rayonnement cosmique différente de celle des neurones de souris.

Pour envoyer des humains aux quatre coins du Système solaire, la liste des obstacles vient donc de s'allonger. Les astronautes auront besoin de fusées plus puissantes que celles disponibles aujourd'hui, et une fois arrivés à destination ils auront besoin d'habitats et de moyens pour exploiter les ressources sur place afin de produire de l'eau et des ergols. Nous devons maintenant, en plus, prendre en compte la nécessité de protéger les colons spatiaux des rayons cosmiques, et ce dernier point pourrait être l'obstacle le plus difficile à surmonter.

La première solution possible serait de construire des boucliers qui arrêteraient les ➤

➤ rayons cosmiques avant qu'ils ne puissent faire des dégâts dans l'organisme. Ces blindages seraient placés soit sur le vaisseau et les habitats, soit dans les combinaisons spatiales et les vêtements. Pour le moment, la seule méthode que les scientifiques connaissent pour protéger des rayons cosmiques est d'utiliser des matériaux denses, tels que le plomb. Ils sont efficaces, mais l'idée n'est pas envisageable : envoyer de grandes quantités de plomb dans l'espace, du fait de son poids, coûterait excessivement cher. Des efforts sont en cours pour concevoir des matériaux de blindage innovants, légers et efficaces.

Une autre idée est de limiter le blindage à certaines zones stratégiques de la coque où les astronautes pourraient se réfugier en cas d'éruption solaire par exemple. Les ingénieurs cherchent aussi à concevoir des casques et des combinaisons spatiales qui maximiseraient la protection contre les rayons cosmiques pendant les sorties dans l'espace ou même les heures de sommeil. Mais il faudrait trouver un matériau plus protecteur que tous ceux existant aujourd'hui.

Plutôt que d'utiliser des blindages lourds, une idée à l'étude est de créer un champ magnétique qui engloberait le vaisseau spatial. Mais ce champ devra être très intense (de l'ordre de 20 teslas) et on ignore les effets à long terme d'un tel champ sur l'organisme.

Une autre stratégie repose sur des médicaments et aliments que les astronautes absorberaient régulièrement ou après une exposition aiguë aux rayons cosmiques. Des compléments à base d'antioxydants, par exemple, pourraient neutraliser les radicaux libres et limiter leur action dans l'organisme. Les chercheurs ont aussi fait des progrès dans la conception de substances chimiques pouvant consolider les circuits neuronaux et les aider à maintenir leur fonction quand des dommages se sont produits.

Mais toutes ces approches n'en sont qu'aux premiers stades de développement, et aucune n'a le potentiel d'offrir une protection parfaite. Le mieux que nous puissions espérer est de réduire, et non pas éliminer, les dommages. Nous devons également continuer à explorer les effets du rayonnement cosmique sur le cerveau, ainsi que sur le corps entier, afin d'élucider plus complètement les risques sur la santé à court et à long terme.

NOTRE AVENIR DANS L'ESPACE ?

Quand on pense aux effets d'un rayonnement ionisant, le premier risque qui vient à l'esprit est celui du développement de cancer. Ce danger est mieux connu que celui que nous avons étudié sur la réduction des performances cognitives et les dommages produits sur le cerveau. Cependant, ce risque pourrait être d'une certaine façon moins critique pour une mission

spatiale car la plupart des cancers radiogéniques mettent du temps à se développer. En revanche, nous avons montré que même de petites quantités de rayonnement cosmique entraînent rapidement chez la souris des dommages neuronaux et des déficiences cognitives. Et tout laisse à penser que les rayons cosmiques pourraient avoir le même effet sur les humains.

La persistance de ces altérations induites par le rayonnement est une autre source d'in-



Les performances cognitives des souris avaient chuté d'environ 90 %



quiétude. Les chercheurs n'ont aucun élément permettant de penser qu'une fois endommagées par l'exposition aux rayons cosmiques, la complexité dendritique et la densité d'épines pourraient se rétablir. Et même s'il est prématuré de qualifier ces dégâts de permanents, nous n'avons pas d'indications selon lesquelles les neurones peuvent guérir après ce type d'atteintes. Par conséquent, jusqu'à ce que les chercheurs trouvent des interventions spécifiques capables de promouvoir et accélérer la guérison de ces tissus cérébraux irradiés, nos meilleures options semblent être limitées à protéger nos circuits neuronaux existants.

L'exposition au rayonnement cosmique pourrait bien représenter l'un des plus grands obstacles pour un voyage vers Mars, et encore davantage pour les missions plus longues destinées à explorer des planètes les plus distantes. Bien que certains puissent trouver discutable l'interprétation de ces résultats, il paraît difficile d'éluder ces données et leurs implications potentielles sur l'exploration spatiale. Cela signifie-t-il que nous sommes à jamais liés à la Terre ? Pas forcément. Ces résultats représentent peut-être simplement un obstacle supplémentaire que les chercheurs doivent affronter et surmonter tandis que nous nous préparons à nous embarquer dans ce qui pourrait être le défi le plus redoutable de l'humanité, mais aussi peut-être, qui sait, sa plus grande réussite... ■

BIBLIOGRAPHIE

V. K. Parihar et al., **What happens to your brain on the way to Mars**, *Science Advances*, vol. 1(4), e1400256, 2015.

F. A. Cucinotta et al., **Space radiation risks to the central nervous system**, *Life Sciences in Space Research*, vol. 2, pp. 54-69, 2014.

N. Pattyn et P.-F. Migeotte, **Vivre dans l'espace**, *Pour la Science*, n° 422, décembre 2012.