

les insectes et autres animaux terrestres atteignaient des tailles gigantesques. La Terre de l'ère carbonifère abritait probablement plus de biomasse que la planète d'aujourd'hui. On peut donc considérer la Terre actuelle comme moins hospitalière qu'à certaines époques passées.

De plus, nous savons que la Terre est amenée à devenir beaucoup moins accueillante. Dans environ cinq milliards d'années, le Soleil aura épuisé la majeure partie de son combustible, l'hydrogène, et l'hélium de son cœur commencera alors à fusionner. Cette réaction libérant une puissance plus importante que la fusion de l'hydrogène, l'étoile gonflera pour devenir une « géante rouge ». L'astre grossira tant qu'il engloutira peut-être la Terre. Mais la vie sur Terre aura disparu longtemps avant. Alors que le Soleil puisera dans ses dernières réserves d'hydrogène, la température de son cœur augmentera progressivement, et la luminosité totale du Soleil s'accroîtra lentement, d'environ dix pour cent tous les milliards d'années. Un tel changement signifie que la zone habitable du Système solaire n'est pas statique, mais dynamique : elle s'éloignera de plus en plus de l'étoile au fil du temps, et la Terre en sortira.

Des calculs récents suggèrent que la Terre d'aujourd'hui ne se trouve pas au milieu de la zone habitable, mais plutôt sur son bord interne : elle est déjà à la limite de la surchauffe (voir l'encadré page 30). Par conséquent, d'ici environ 500 millions d'années, le rayonnement solaire sera assez fort pour imposer un climat très chaud qui menacera la survie des organismes complexes de la surface terrestre. Dans 1,75 milliard d'années, la température sera si élevée que les océans s'évaporeront, et toute forme simple de vie subsistant encore à la surface disparaîtra.

Ainsi, l'habitabilité de la Terre diminue depuis longtemps et la biosphère se rapproche de sa fin. Tout bien considéré, il est raisonnable de dire que la Terre n'est plus que marginalement habitable.

En 2012, je travaillais sur l'habitabilité de lunes massives en orbite autour de planètes gazeuses géantes. Je me suis alors demandé si d'autres astres pouvaient être encore plus adaptés à la vie que la Terre. Dans le Système solaire, la plus grosse lune est Ganymède, satellite de Jupiter dont la masse est seulement 2,5 % de celle de la Terre. C'est insuffisant pour retenir une atmosphère comparable à celle de la Terre,

mais j'ai compris qu'il existe des scénarios plausibles pour la formation de lunes d'une masse approchant celle de la Terre dans d'autres systèmes planétaires. Ces lunes de taille terrestre seraient en orbite autour de planètes géantes situées dans la zone habitable de leur étoile. Elles pourraient alors avoir une atmosphère épaisse.

Des exolunes chauffées par les forces de marée

Pourquoi ces « exolunes » massives seraient-elles plus habitables que la Terre, ou superhabitable ? Contrairement à la vie terrestre, qui a pour principale source d'énergie le rayonnement solaire, la biosphère d'une exolune superhabitable pourrait non seulement tirer son énergie de son étoile, mais aussi de la lumière réfléchie et du rayonnement infrarouge émis par sa planète géante voisine. Il faut y ajouter l'influence gravitationnelle de la planète. Quand une lune tourne autour d'une planète géante, les forces de marée déforment périodiquement sa croûte, d'où une friction qui chauffe la lune de l'intérieur. Ce chauffage par les marées est probablement à l'origine des océans dont on soupçonne l'existence sous la surface gelée d'Europe (lune de Jupiter) et d'Encelade (lune de Saturne).

Cette diversité de sources énergétiques serait toutefois à double tranchant pour une exolune massive. Il suffirait d'un léger déséquilibre des sources d'énergie complémentaires pour faire basculer tout un monde dans un état inhabitable.

Aucune exolune, habitable ou non, n'a encore été détectée avec certitude, mais certaines pourraient se cacher dans les données en cours d'analyse du télescope spatial *Kepler*. Pour l'instant, l'existence et la possible habitabilité de ces objets restent du domaine de la spéculation.

En revanche, des planètes superhabitable se trouvent peut-être déjà dans notre catalogue d'exoplanètes confirmées ou en cours de confirmation. Les premières exoplanètes découvertes au milieu des années 1990 étaient toutes des géantes gazeuses, de masse comparable à celle de Jupiter, et dont l'orbite était bien trop proche de l'étoile pour abriter une quelconque forme de vie. Mais les astronomes ayant peu à peu amélioré les techniques de détection d'exoplanètes, ils ont découvert des planètes de plus en plus petites et sur des orbites plus clémentes car plus

L'AUTEUR



René HELLER est chercheur postdoctorant à l'Institut Origins de l'Université McMaster

dans l'Ontario (Canada), et membre du Programme canadien de formation à l'astrobiologie.

BIBLIOGRAPHIE

R. Heller et J. Armstrong, *Superhabitable worlds*, *Astrobiology*, vol. 14(1), pp. 50-66, 2014.

A. J. Rushby et al., *Habitable zone lifetimes of exoplanets around main sequence stars*, *Astrobiology*, vol. 13(9), pp. 833-849, 2013.

R. Heller et R. Barnes, *Exomoon habitability constrained by illumination and tidal heating*, *Astrobiology*, vol. 13(1), pp. 18-46, 2013.

D. Spiegel et al., *Habitable climates : the influence of obliquity*, *Astrophysical Journal*, vol. 691(1), pp. 596-610, 2009.