

éloignées de leur étoile. La plupart des planètes identifiées ces dernières années sont ce que l'on nomme des super-Terres, des planètes jusqu'à dix fois plus massives que la nôtre et de rayon compris *grosso modo* entre celui de la Terre (6 371 kilomètres) et celui de Neptune (24 622 kilomètres). Ces planètes sont très répandues autour d'autres étoiles, mais nous n'avons rien de tel dans le Système solaire.

Les plus grosses super-Terres sont probablement dotées d'atmosphères épaisses, ce qui en fait plutôt des « mini-Neptunes » que des versions agrandies de la Terre. Mais certaines parmi les plus petites, peut-être jusqu'à deux fois plus massives que la Terre, auraient des compositions riches en fer et en roches, voisines de celle de la Terre. L'eau liquide pourrait abonder à leur surface si elles sont en orbite dans la zone habitable de leur étoile.

Nous savons aujourd'hui qu'un certain nombre de super-Terres potentiellement rocheuses tournent autour d'étoiles « naines de type M » ou « naines de type K », astres plus petits et moins brillants que le Soleil, mais dont la longévité est bien supérieure. En partie en raison de la durée de vie de leurs étoiles, ces grosses planètes sont actuellement les meilleures candidates au titre de monde superhabitable, comme je l'ai montré dans de récents travaux avec John Armstrong, physicien à l'Université d'État de Weber, dans l'Utah.

La longévité de l'étoile, un avantage

Notre idée s'est construite autour de la grande longévité comme critère essentiel de la superhabilité. Une biosphère planétaire a en effet peu de chances de survivre à la mort de son étoile. Le Soleil, âgé de 4,6 milliards d'années, se trouve à peu près à la moitié de son espérance de vie de 10 milliards d'années. S'il avait été un peu plus petit, il aurait été une étoile naine de type K, à la durée de vie bien supérieure. Ces étoiles naines ont moins de combustible nucléaire que les étoiles plus massives, mais les réactions se déroulant en leur cœur ont un meilleur rendement : l'hydrogène est consommé plus lentement, ce qui accroît la longévité de l'astre. Nous avons catalogué de nombreuses naines de type K qui sont des milliards d'années plus âgées que le Soleil et qui brilleront encore des milliards d'années après la mort de ce dernier. Une

telle longévité augmente les chances que la vie apparaisse et toute biosphère disposerait ainsi de beaucoup plus de temps pour évoluer et se diversifier.

La lumière d'une naine de type K apparaîtrait plus rouge que celle du Soleil, car elle serait davantage décalée vers l'infrarouge. La photosynthèse resterait possible à la surface de la planète malgré cette plage spectrale décalée, mais la végétation serait probablement plus sombre que sur Terre, afin d'absorber le maximum de rayonnement stellaire.

Le cas des naines de type M n'est pas aussi favorable, alors qu'elles sont encore plus petites et économes que les naines de type K. Elles peuvent briller durant des centaines de milliards d'années, mais elles brillent si faiblement que leur zone habitable est très proche de l'étoile. Cela expose les planètes qui s'y trouvent à de puissantes éruptions stellaires et à d'autres effets indésirables. Avec une plus grande longévité que le Soleil et une zone habitable sans risque, les naines de type K offrent le compromis idéal pour la superhabilité.

Certaines de ces étoiles à longue durée de vie pourraient abriter des super-Terres rocheuses depuis plusieurs milliards d'années. Une biosphère pourrait avoir vu le jour dans ces systèmes planétaires bien avant la naissance du Soleil, prospérant et évoluant pendant des milliards d'années avant que la première biomolécule n'émerge de la soupe primordiale de la jeune Terre.

Je suis fasciné par la possibilité que l'activité de la biosphère modifie son environnement, renforçant peut-être au passage l'habitabilité de la planète, comme cela a été le cas sur Terre. Par exemple, il y a environ 2,4 milliards d'années, notre planète a connu la « Grande Oxydation », une période où d'importantes quantités d'oxygène ont commencé à s'accumuler dans l'atmosphère, probablement en raison du métabolisme des algues océaniques. Cela a conduit à l'apparition d'organismes plus gourmands en énergie, de plus grande taille, plus durables et plus actifs, et a constitué une étape cruciale vers l'émergence progressive de la vie hors des océans et la colonisation des continents.

Si les biosphères extraterrestres modifient aussi leur environnement, peut-être leurs planètes deviennent-elles plus habitables en vieillissant ?

Des planètes superhabiles
se trouvent peut-être déjà dans notre catalogue d'exoplanètes.