



Offre PASSION

POUR LA
SCIENCE

Le magazine mensuel
Pour la Science (12 n°s)



Le hors-série trimestriel
Dossier Pour la Science (4 n°s)

76€ seulement
1 AN - 16n°s

**VOS AVANTAGES
ABONNÉ**

- ✓ 26 % d'économie et plus par rapport au prix en kiosque
- ✓ L'envoi des magazines en avant-première
- ✓ La garantie de ne manquer aucun numéro

BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner, accompagné de votre règlement,
dans une enveloppe non affranchie à : Groupe Pour la Science
Service abonnements - Libre réponse 90 382- 75 281 Paris cedex 06

POUR LA
SCIENCE

OUI, je m'abonne à Pour la Science (12 n°s/an) + Dossier Pour la Science (4 n°s/an) :

☐ 1 an • 16 numéros • 76€ au lieu de 102,70€

26 % de réduction !

Tarif valable uniquement en France métropolitaine et d'outre-mer. Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter : Europe 16€ - autres pays 35€.

☐ 2 ans • 32 numéros • 143€ au lieu de 205,40€

+ de 30 % de réduction !

Tarif valable uniquement en France métropolitaine et d'outre-mer. Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter : Europe 34€ - autres pays 72€.



Le mensuel

Le trimestriel

J'indique mes coordonnées :

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

CP : _____ Ville : _____

Pays : _____ Tél. : _____

Pour le suivi client (facultatif)

Je choisis mon mode de règlement :

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Par carte bancaire

Numéro de carte _____

Date d'expiration _____

Clé _____

(les 3 chiffres au dos de votre CB)

Signature obligatoire

Mon e-mail pour recevoir la newsletter Pour la Science (à remplir en majuscule).

_____ @ _____

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher cette case ☐.

Des exoplanètes plus accueillantes que la Terre

Sur des planètes un peu plus grosses que la nôtre et en orbite autour d'étoiles plus petites que le Soleil, la vie trouverait des conditions plus favorables que sur Terre. De tels mondes existeraient par milliards.

René Heller

Habitions-nous le meilleur des mondes possibles ? Au XVII^e siècle, le philosophe allemand Leibniz pensait que la Terre offrait les conditions optimales pour la vie malgré ses défauts apparents. L'idée a été critiquée, en particulier par Voltaire dans son conte philosophique *Candide*, car il y voyait une construction non scientifique de la réalité pour satisfaire les désirs de Leibniz. La pensée du philosophe allemand trouve néanmoins un écho indirect chez les astronomes qui prennent la Terre comme étalon dans leurs études des planètes extrasolaires et dans la recherche d'autres mondes habitables.

Parce que nous ne connaissons qu'un monde habité (le nôtre), il est naturel d'utiliser la Terre comme référence pour chercher de la vie ailleurs, que ce soit sur Mars ou sur Europe, lune de Jupiter qui présenterait un océan d'eau liquide sous sa surface glacée. Mais aujourd'hui, la découverte de planètes potentiellement habitables en orbite autour d'étoiles autres que le Soleil (autrement dit, des

exoplanètes) remet en cause cette approche géocentrique.

Durant ces 20 dernières années, les astronomes ont découvert plus de 1800 exoplanètes et les statistiques suggèrent que la Galaxie en abrite au moins 100 milliards. Parmi les planètes découvertes à ce jour, la plupart sont très différentes de la Terre et exhibent une grande diversité de tailles, d'orbites, de compositions ou de nature de leurs étoiles hôtes (souvent plus petites et plus froides que le Soleil). En regardant de près les caractéristiques de ces exoplanètes, je pense (et je ne suis pas le seul) que la Terre pourrait ne pas être le *nec plus ultra* en termes d'habitabilité. Le fait que la vie y soit apparue ne suffit pas pour affirmer que les conditions y sont optimales. En fait, certaines exoplanètes très différentes de la Terre auraient de bien meilleures chances de développer et de conserver des biosphères stables. Ces « planètes superhabitable » seront les cibles les plus propices pour rechercher de la vie hors du Système solaire.



L'ESSENTIEL

- Les astrophysiciens recherchaient la vie sur des planètes similaires à la Terre autour d'étoiles semblables au Soleil.
- Il est plus facile de détecter de grosses « super-Terres » en orbite autour d'étoiles plus petites qui, en outre, sont plus fréquentes.
- Sur certaines de ces planètes, les conditions seraient plus favorables à la vie que sur Terre.
- Ces potentiels berceaux de la vie seraient rocheux et situés dans la zone habitable d'étoiles naines plus durables que le Soleil.

Bien sûr, la Terre a plusieurs caractéristiques qui, au premier abord, semblent idéales pour la vie. Elle tourne autour d'une étoile d'âge moyen plutôt tranquille, qui brille avec constance depuis des milliards d'années, ce qui a laissé le temps à la vie d'apparaître et d'évoluer. Elle a des océans d'eau liquide, berceaux de la vie, parce qu'elle est en orbite dans la « zone habitable », une mince région autour du Soleil où la lumière reçue de l'étoile n'est ni trop intense ni trop faible. Plus proche du Soleil, la Terre aurait été très chaude et l'eau n'aurait été présente qu'à l'état de vapeur ; si elle était plus éloignée, l'eau n'aurait été que de la glace.

La Terre a par ailleurs une taille propice à la vie : assez grosse pour retenir une atmosphère épaisse grâce à son champ gravitationnel, mais assez petite pour garantir que la gravité ne plaque pas sur la planète un manteau opaque et étouffant de gaz. La taille de la Terre et sa composition rocheuse favorisent aussi l'habitabilité par d'autres aspects, comme la présence d'une activité tectonique, qui régule le climat en participant au cycle du dioxyde de carbone, et celle d'un champ magnétique, qui protège la biosphère du rayonnement cosmique.

La Terre, un berceau médiocre pour la vie

Cependant, plus les chercheurs étudient l'habitabilité de la Terre, moins elle leur semble idéale. Les conditions sont très variables d'une région de la planète à l'autre et de vastes portions de la surface de la Terre sont presque dépourvues de vie : les déserts sont arides, l'océan du grand large est pauvre en nutriments et les régions polaires sont glaciales.

Par ailleurs, l'habitabilité de la Terre a varié dans le temps. Par exemple, durant l'essentiel de la période géologique du Carbonifère (il y a entre 360 et 300 millions d'années environ), l'atmosphère de la planète était plus chaude, plus humide et beaucoup plus riche en oxygène qu'aujourd'hui. Les crustacés, les poissons et les coraux bâtisseurs de récifs prospéraient dans les mers, de vastes forêts recouvraient les continents,

SUR UN MONDE SUPERHABITABLE en orbite autour d'une étoile naine, le paysage différerait de celui de la Terre. Le relief serait assez plat et les plantes seraient sombres, afin de mieux capter la lumière de l'astre.

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.