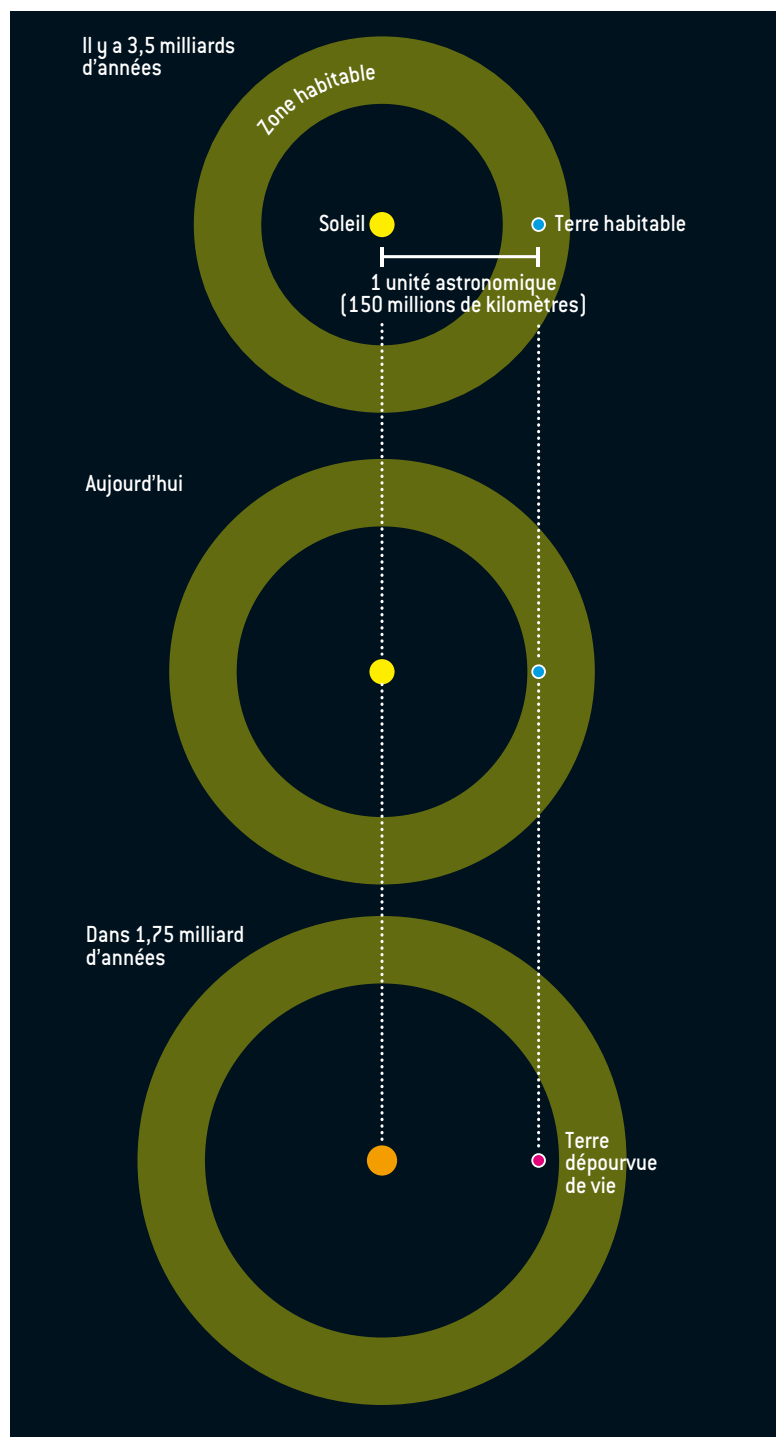


LA ZONE HABITABLE DU SOLEIL SE DÉPLACE

À l'échelle humaine, la zone habitable autour du Soleil semble statique. Pourtant, en vieillissant, l'étoile chauffe de plus en plus et la zone habitable s'en éloigne. Les planètes habitables d'hier se retrouvent en dehors de ses limites. Aujourd'hui, la Terre se situe près du bord interne de la zone habitable du Soleil. Elle deviendra trop chaude pour abriter de l'eau liquide dans 1,75 milliard d'années. Les étoiles naines de type K brillent moins intensément mais plus longtemps que le Soleil, et leur zone habitable se déplace peu durant des dizaines de milliards d'années, ce qui augmente les chances que la vie apparaisse sur leurs planètes.



L'étoile hôte et la zone habitable ne sont pas les seuls critères pour rendre superhabitable une planète. Cette dernière doit aussi être plus massive que la Terre. Cela préviendrait deux catastrophes susceptibles de s'abattre sur les planètes rocheuses qui prennent de l'âge. Lesquelles ?

Si la Terre était située dans la zone habitable d'une naine de type K, l'intérieur de la planète se serait refroidi bien avant la mort de l'étoile. Ce serait un obstacle à l'habitabilité. En effet, la chaleur interne d'une planète entretient les mouvements de convection dans le manteau, auxquels sont dues les éruptions volcaniques et la tectonique des plaques. Ces processus reconstituent et recyclent le contenu de l'atmosphère en gaz carbonique. Sans eux, la quantité de dioxyde de carbone atmosphérique diminuerait régulièrement. La pluie le ramènerait au sol où il se fixerait dans les roches. À terme, l'effet de serre global, dépendant du dioxyde de carbone, serait insuffisant pour maintenir la température atmosphérique. La planète se retrouverait probablement dans un état de « boule de neige » inhabitable, dans lequel toute l'eau de surface serait gelée.

Les effets pervers d'une masse inadaptée

Au-delà de la diminution de l'effet de serre, le refroidissement de l'intérieur d'une planète rocheuse vieillissante pourrait aussi faire disparaître le champ magnétique qui protège la planète des rayons cosmiques nocifs. Ce champ est engendré par la rotation de la partie liquide de son cœur de fer, que la convection et les turbulences transforment en dynamo. Le cœur reste liquide à cause de la chaleur résiduelle de la formation planétaire, ainsi que de la désintégration des isotopes radioactifs qui y sont naturellement présents.

Quand la chaleur interne d'une planète rocheuse s'est dissipée, le cœur se solidifie, l'effet dynamo prend fin et le bouclier magnétique disparaît. Le rayonnement cosmique et les éruptions stellaires érodent la haute atmosphère, et les particules cosmiques de haute énergie parviennent jusqu'à la surface. En conséquence, les planètes âgées perdraient une bonne partie de leur atmosphère – qui sert aussi de bouclier contre le rayonnement cosmique –, et les niveaux élevés de rayonnement qui s'ensuivraient seraient délétères.

Les super-Terres rocheuses vieillissent plus lentement que la Terre, car elles conservent plus longtemps leur chaleur interne grâce à leur masse supérieure.

Des planètes trois à cinq fois plus massives que la Terre sont peut-être trop grosses pour manifester une tectonique des plaques : la pression et la viscosité de leur manteau seraient si élevées qu'elles empêcheraient les mouvements de convection interne. En revanche, une planète rocheuse deux fois plus massive présenterait une tectonique des plaques assez active pour entretenir des cycles géologiques et un champ magnétique pendant plusieurs milliards d'années. Une telle planète aurait aussi un diamètre supérieur d'environ 25 % à celui de la Terre : ses éventuels organismes vivants disposeraient donc d'une surface habitable plus étendue d'environ 56 %.

À quoi ressemblerait une planète superhabitable ? La pesanteur y serait plus forte, et une super-Terre moyenne aurait donc probablement une atmosphère plus dense que la Terre. L'érosion des montagnes serait alors plus rapide. En d'autres termes, une telle planète aurait un air plus épais et un relief plus plat. Si elle comporte des océans, le paysage planétaire aplani signifierait que l'eau y forme de nombreuses mers peu profondes parsemées de chapelets d'îles, plutôt que des océans abyssaux avec quelques rares gros continents. La biodiversité dans les mers terrestres étant plus riche dans les eaux peu profondes qui bordent les côtes, un tel « monde d'archipels » serait très avantageux pour la vie. L'évolution, plus active dans des écosystèmes insulaires isolés, stimulerait la biodiversité.

Privé de vastes continents, un monde d'archipels n'aurait-il pas une habitabilité globale plus faible ? Pas nécessairement. On remarque en effet que les régions centrales d'un continent sont souvent des déserts stériles, car trop éloignées de l'air océanique, humide et tempéré.

Sur Terre, certaines régions sont trop chaudes et d'autres trop froides pour qu'une vie abondante s'y développe. Une plus grande homogénéité climatique dépend en particulier de la direction de l'axe de rotation propre de la planète par rapport au plan de l'orbite de révolution. L'axe de rotation de la Terre, par exemple, a une inclinaison d'environ 23,4 degrés, ce qui est à l'origine des saisons et réduit un peu les écarts de température entre les régions équatoriales chaudes et les régions

polaires froides. La différence serait plus marquée si l'axe était perpendiculaire au plan orbital. Un monde d'archipels dont l'inclinaison de l'axe de rotation serait encore plus favorable que celle de la Terre pourrait avoir un équateur chaud sans être excessif, ainsi que des pôles relativement tempérés, sans glace. Et, grâce à la plus grande taille du globe et sa surface plus importante, les terres accueillantes pour la vie seraient plus nombreuses que s'il était composé de vastes continents.

Des mondes meilleurs... et plus nombreux !

Réunies, toutes ces réflexions sur l'habitabilité suggèrent que les planètes superhabitable sont un peu plus grosses que la Terre et qu'elles ont des étoiles hôtes un peu plus petites et moins brillantes que le Soleil. Si ce raisonnement est correct, sa conclusion est passionnante pour les astronomes, parce qu'il est beaucoup plus facile de détecter des super-Terres en orbite autour d'étoiles naines que des jumeaux du système Terre-Soleil. Jusqu'à présent, les statistiques sur les populations d'exoplanètes suggèrent que les super-Terres autour de petites étoiles sont bien plus répandues dans la Voie lactée que les analogues du système Terre-Soleil. Il semblerait donc que les astronomes aient beaucoup plus d'endroits où rechercher la vie qu'ils ne le pensaient.

Ainsi, la planète Kepler-186f serait superhabitable. Elle a un diamètre supérieur de 11 % à celui de la Terre et elle est probablement rocheuse, en orbite dans la zone habitable d'une étoile naine de type M. Elle serait âgée de plusieurs milliards d'années. Malheureusement, nous ne pouvons l'observer avec assez de détails pour étudier son habitabilité, car elle est distante d'environ 500 années-lumière.

Des candidats superhabitable plus proches de nous seront peut-être bientôt découverts grâce à divers projets, en particulier la mission *Plato* de l'Agence spatiale européenne, qui devrait être lancée d'ici 2024. Ces planètes seront aussi des cibles de choix pour le télescope spatial *James Webb*, un observatoire dont le lancement est prévu pour 2018.

Avec un peu de chance, nous serons bientôt capables de pointer du doigt une région du ciel où se cache une planète qui, contrairement à ce que pensait Leibniz, serait plus accueillante que la Terre. ■

Quelques chiffres

200 milliards d'étoiles
environ peuplent
la Voie lactée, notre galaxie.

3 à 4 fois
plus abondantes
que les étoiles de type
solaire, les naines de type K
ont une longévité comprise
entre 15 et 30 milliards
d'années.

1 013 exoplanètes
ont été découvertes par
le télescope spatial *Kepler*
jusqu'à présent.

4 175 candidates au titre
d'exoplanète figurent encore
dans les données de *Kepler*.

8 super-Terres de masse
comprise entre une et deux
fois celle de la Terre
et situées dans la zone
habitable de leur étoile
sont connues.