



Espace

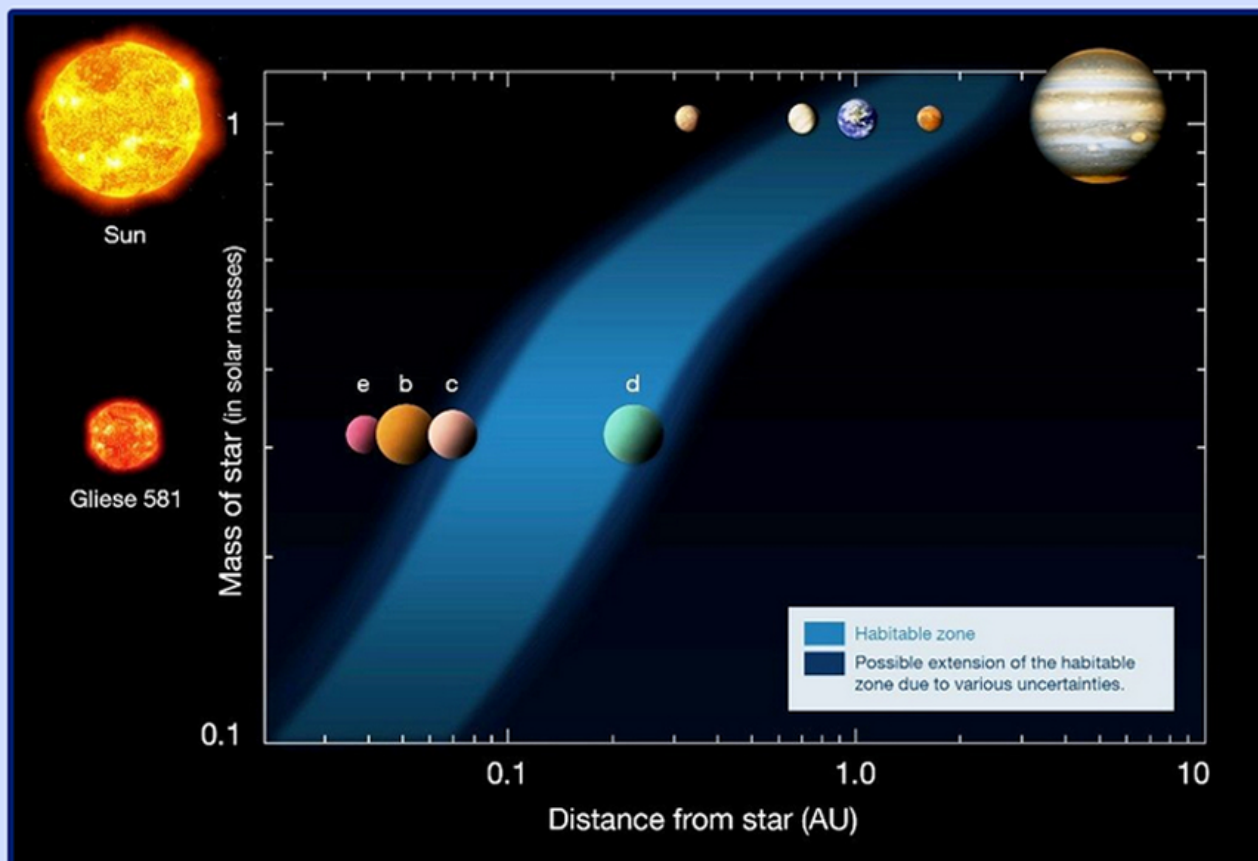
Actualités > Astronomie

Mots-clés | Astronomie, Kepler, corot, exobiologie, océan, planète, naine rouge, Galaxie, voie lactée

Des superterres par milliards : une interview de Xavier Delfosse

Récemment, une équipe internationale d'astronomes présentait une estimation du nombre de superterres habitables dans la Voie lactée. Selon eux, il y en aurait des milliards autour des naines rouges de notre Galaxie. Futura-Sciences revient sur cette découverte avec une interview en deux parties de l'un des membres de cette équipe, l'astrophysicien Xavier Delfosse, de l'institut de Planétologie et d'astrophysique de Grenoble.

Le 07/05/2012 à 08:39 - Par Laurent Sacco, Futura-Sciences



Une comparaison du Système solaire avec celui de Gliese 581. En abscisse, on a porté les distances (*Distance from star*) en unités astronomiques (UA) et en ordonnée, les masses des deux étoiles (*Mass of star*). En bleu clair est indiquée la zone d'habitabilité minimum et en bleu foncé celle d'habitabilité maximale compte tenu de diverses incertitudes. © Franck Selsis-CNRS-ESO

C'est à l'observatoire de Haute-Provence (OHP), en 1995, que Michel Mayor et Didier Queloz ont fait une découverte qui a stupéfié les astronomes et astrophysiciens. En utilisant le spectromètre [Élodie](#), les deux chercheurs venaient rien de moins que de détecter la première [exoplanète](#) [en orbite](#) [autour d'une étoile](#) [de type solaire](#), encore sur la [séquence principale](#). Mais ce qui a vraiment surpris la communauté scientifique, c'est le fait que 51 Pegasi b soit une [géante gazeuse](#) [en orbite rapprochée](#) autour de son étoile [hôte](#), 20 fois plus proche de son étoile que la Terre [ne l'est du Soleil](#).

Depuis cette date, on a découvert plus de 750 [exoplanètes](#). Si certaines sont des [Jupiter](#) [chaudes](#), un grand nombre d'autres types de planètes ont été mis à jour. Parmi celles-ci, des [superterres](#) [sont découvertes](#) depuis plus de cinq ans, des planètes de moins de 10 fois la masse de la Terre (Jupiter a une masse de 300 fois celle de la Terre). On a même détecté des [superterres](#) qui sembleraient bien être des candidates au titre de [planète océan](#) [mais qui seraient si étranges](#) que [l'émergence](#) [de la vie y semble difficile](#).

Il faut savoir que la contribution des océans de la Terre à sa masse est inférieure à un millième. Dans le cas de certaines exoplanètes candidates au titre de planète océan, ce chiffre pourrait dépasser 10 %. Alors que dans notre monde la glace flotte sur l'eau, il pourrait ne pas en être de même sur une telle exoplanète proche de son étoile. La glace y existerait sous une phase différente, très chaude, et sous des pressions colossales au-dessus de la partie rocheuse de la planète. Au-dessus de cette couche de glace, l'eau liquide laisserait d'abord la place à de l'eau dans un état [supercritique](#) et finalement à une [atmosphère](#) [d'hydrogène](#) en raison de la dissociation par [photolyse](#) [d'une avant-dernière](#) enveloppe de vapeur d'eau à très haute température.

Mais existe-t-il dans la Voie lactée des [exoterres](#) [potentiellement habitables](#) où la vie pourrait apparaître ? Il semble que nous puissions désormais répondre par oui à cette question ! C'est grâce aux travaux patiemment menés par une équipe de chercheurs durant six ans avec le spectrographe Harps (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher) équipant le [téléscope](#) [de 3,60 mètres](#) à l'Observatoire de La Silla de l'ESO [au Chili](#).

Parmi les membres de cette équipe, on trouve Michel Mayor et Didier Queloz mais aussi Xavier Delfosse. Chercheur à l'institut de Planétologie et d'astrophysique [de Grenoble \(Ipag\)](#), c'est l'un des [codécouvreurs](#) des systèmes planétaires de Gliese 581 et Gliese 667 C, deux [naines rouges](#) [de type M](#) hébergeant des superterres dans leurs zones habitables. Il travaille également sur [Spirou](#), un [spectropolarimètre](#) fonctionnant dans le proche [infrarouge](#) [qui sera installé](#) dans quelques années sur le [Télescope Canada-France-Hawaï \(TCFH\)](#). Ses principaux objectifs scientifiques sont la détection des planètes rocheuses (entre 1 et 10 masses terrestres) autour des étoiles de très faible masse, notamment celles se trouvant dans la [zone d'habitabilité](#) [de ces étoiles](#), des naines rouges de type M.

Selon Xavier Delfosse et ses collègues, il devrait y avoir des milliards de planètes de type superterre habitable autour des naines rouges dans la Voie lactée [. Futura-Sciences lui a demandé](#) quelques précisions sur l'état actuel de la chasse aux exoplanètes habitables et dans quelles directions elle va évoluer dans un futur proche.

Futura-Sciences : Quels sont les critères requis pour que l'on puisse qualifier une exoplanète de superterre ?

Xavier Delfosse : Seule la masse compte, car on ne fait pas référence aux conditions régnant à sa surface ni à sa distance par rapport à son étoile. On s'accorde sur une borne supérieure de 10 fois la masse de la Terre, au-delà il doit s'agir d'une planète géante avec une atmosphère gazeuse trop importante. Comme masse minimum, on avance deux fois celle de la Terre mais on trouve parfois des chiffres plus élevés. Maintenant, si on veut chercher plus spécifiquement une planète rocheuse avec de l'eau liquide capable d'abriter une vie abondante longtemps, il faut bien sûr qu'elle soit dans la zone d'habitabilité pendant une longue période et qu'elle soit suffisamment massive pour retenir une atmosphère et l'eau existant à sa surface (ce qui n'a pas été le cas pour Mars).

Comment peut-on détecter ces superterres, ou même une exoterre, analogue à notre planète ?

Xavier Delfosse : La méthode des vitesses radiales est la plus indiquée pour être sûr d'avoir découvert une exoplanète mais elle n'est facile à mettre en œuvre que pour des planètes massives et proches de leur étoile. C'est d'ailleurs pour cela que les premières exoplanètes découvertes ont été des Jupiter chaudes. En outre, cette méthode ne donne qu'une borne inférieure pour la masse de l'exoplanète découverte, car on ignore sous quel angle le plan de son orbite est vu. Cependant, depuis quelques années nous avons atteint la précision pour détecter des superterres avec des périodes orbitales de moins de 100 jours autour de leur étoile. Avec Harps notamment, nous pouvons mesurer des variations de vitesses d'étoiles à 3 km/h près.

La méthode du transit commence également à permettre la détection des superterres, avec les satellites Corot et Kepler notamment. De plus elle fournit une estimation du rayon de l'exoplanète. Mais des transits sont rares. Il faut observer un grand nombre d'étoiles et obtenir au moins trois transits pour commencer à être certain d'avoir fait une découverte avec cette méthode, ce qui peut vouloir dire attendre plus d'une année. Le plus souvent, on a donc démontré l'existence d'une exoplanète avec la méthode des vitesses radiales. Si la détection de la planète se fait à la fois par transit et en vitesse radiale, c'est le jackpot ! Cela réduit fortement l'incertitude sur la masse de l'exoplanète. Connaissant alors sa masse et son rayon, on peut déterminer une densité et savoir si l'on est en présence d'une planète essentiellement rocheuse ou s'il s'agit d'une planète océan.

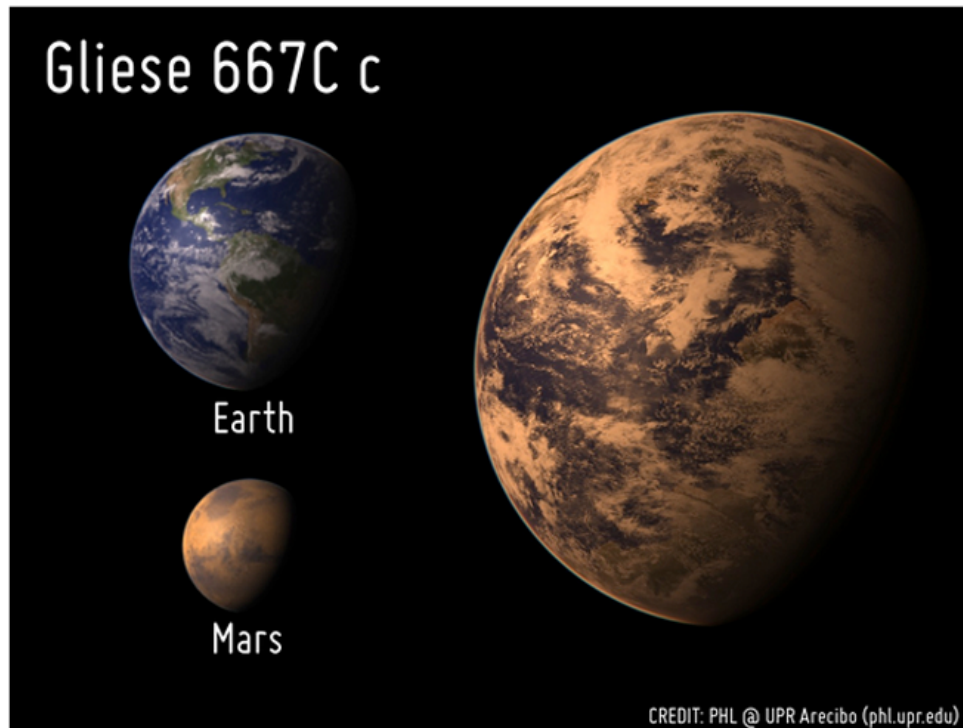
Toutefois, les progrès dans la méthode des transits sont tels qu'ils sont en train de rejoindre la fiabilité des vitesses radiales pour la capacité à démontrer que l'on a effectivement découvert une exoplanète et pas simplement observé une modification transitoire de la luminosité propre d'une étoile.

Futura-Sciences : Avec vos collègues, vous avez découvert deux superterres dans la zone d'habitabilité autour d'une naine rouge, Gliese 667C c orbitant autour d'une étoile faisant partie d'un système triple, et Gliese 581d. Cela est-il vraiment suffisant pour affirmer qu'il existe des milliards de superterres de ce genre dans la Voie lactée ?

Xavier Delfosse : Cela peut paraître surprenant mais c'est pourtant vrai. D'abord, il faut savoir que la majorité des étoiles de la Galaxie sont des naines rouges dont la masse est inférieure à celle du Soleil. On estime qu'elles sont environ 160 milliards sur les 200 milliards d'étoiles dans la Voie lactée. Nos observations avec Harps ne nous assuraient la précision nécessaire pour détecter des exoplanètes telles que Gl581 d et Gl667 Cc qu'autour de 5 naines rouges. Il faut par exemple se rendre compte que pour détecter Gl667 Cc nous avons cumulé 60 à 70 heures d'observations (plus

que l'équivalent d'une semaine du télescope [de 3,6 m de l'ESO](#), qui est très demandé). Clairement nous ne pouvons consacrer autant de temps de télescope que pour un très petit nombre d'étoiles.

Détecter ces deux planètes dans ces conditions ne peut que vouloir dire qu'elles sont très nombreuses, même si les incertitudes sont encore grandes. Nous déterminons statistiquement qu'environ 41 % de ces étoiles possèdent une superterre dans la zone d'habitabilité. Cela représente des dizaines de milliards d'exoplanètes de ce type dans la Voie lactée et même en tenant compte des incertitudes de mesures, qui nous donnent un intervalle de 28 % à 95 %, le nombre exact de ces superterres est énorme.



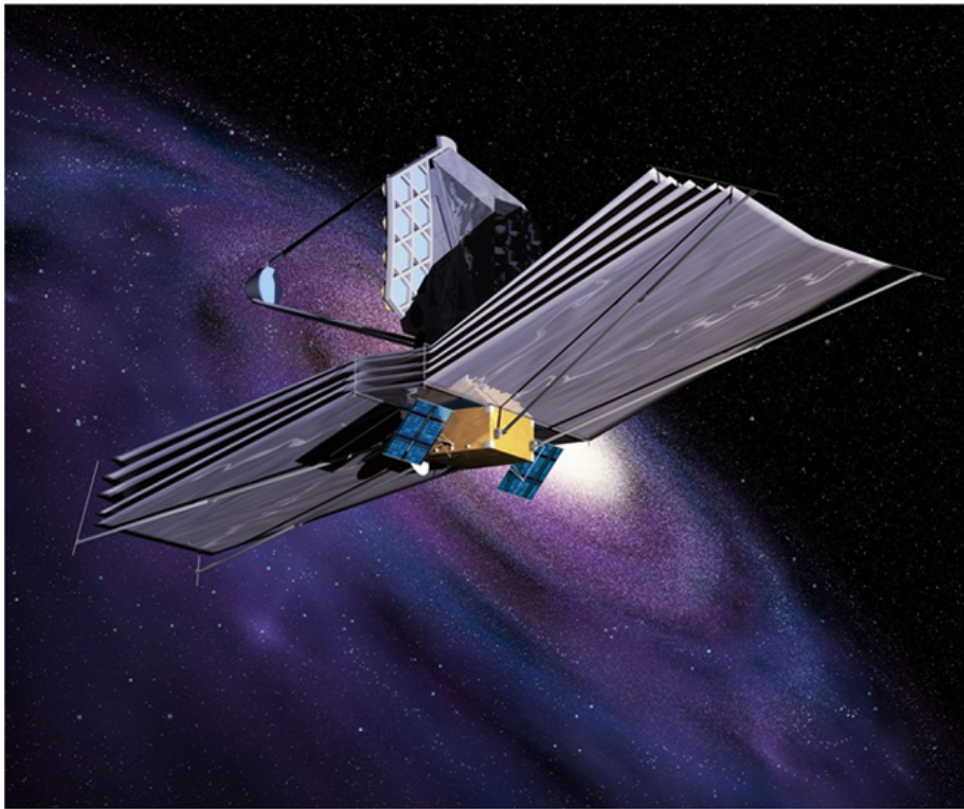
Une comparaison des tailles de la Terre, Mars et Gliese 667C c. L'aspect probable de l'exoplanète a été simulé à l'ordinateur. Son atmosphère apparaît rouge du fait qu'elle est en orbite autour d'une naine rouge. © Planetary Habitability Laboratory @ UPR Arecibo

Mais qui dit planète rocheuse dans une zone d'habitabilité ne veut pas forcément dire planète habitable. Les naines rouges sont de plus instables et sujettes à des éruptions importantes pendant une partie de leur existence. Elles ne semblent donc pas être favorables à l'apparition de la vie.

Xavier Delfosse : La composition de l'atmosphère d'une superterre est en effet un facteur d'une grande importance pour déterminer son habitabilité. C'est pourquoi sa connaissance est obligatoire. D'autres exemples de superterres dans cette zone devraient être découverts dans les années à venir. Mais ce seront les cas avec transit qui seront les plus attentivement étudiés car c'est de cette façon que l'on peut avoir des renseignements sur la composition chimique de l'atmosphère d'une exoplanète. Cette dernière n'absorbe pas la lumière de la même façon, à diverses couleurs, en fonction de sa nature.

Il est exact que les naines rouges de type M sont sujettes à de fortes éruptions génératrices, entre autres, de flots de rayons X ou ultraviolets. Mais c'est surtout pendant le premier milliard d'années de leur existence que l'activité de ces astres peut menacer l'habitabilité d'une superterre, en risquant de faire perdre l'eau de l'atmosphère de la planète. Mais cela va dépendre de la masse et de la magnétosphère de l'exoplanète, c'est-à-dire de son champ magnétique.

Des simulations complexes ont été menées par des équipes à travers le monde, elles semblent indiquer que pour des superterres assez massives et entourées d'un bouclier magnétique, les éruptions de leur étoile ne génèrent pas forcément une érosion de leur atmosphère qui conduirait à sa disparition ainsi que celles de l'eau de ses océans. Le Soleil lui-même a connu une jeune phase agitée similaire mais seulement pendant les 100 premiers millions d'années de son existence. Cela n'a pas empêché la **vie d'apparaître sur Terre**. Pour les planètes autour des naines rouges, seules les mesures que l'on pourra faire de leur atmosphère dans le futur nous donneront des indications réelles de la façon dont elles survivent, ou non, à cette phase très active.



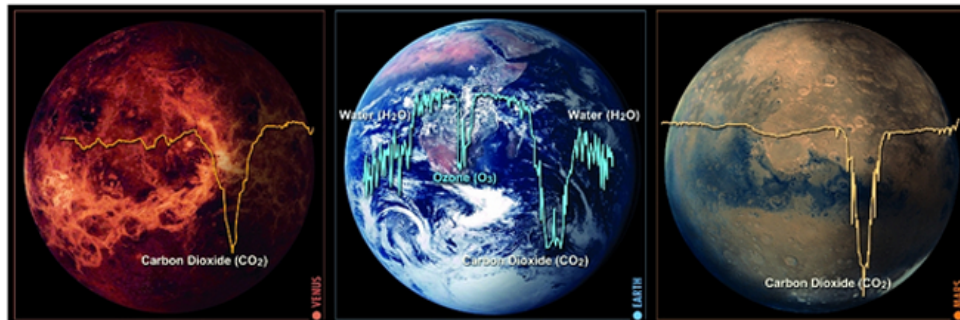
Une vue d'artiste du James Webb space telescope. Il devrait pouvoir étudier l'atmosphère des superterres habitables pour permettre d'y chercher des biosignatures, des traces de formes de vie et en tous cas de la présence d'eau liquide sur ces exoplanètes. © Esa

Quand sera-t-on en mesure de faire l'analyse des atmosphères de ces superterres pour y trouver des biosignatures ?



Xavier Delfosse : Avec beaucoup de chance, on pourrait avoir des surprises en utilisant le Hubble Space Telescope dans les années à venir, étant donné que l'on commence maintenant à savoir où chercher. Mais on devra très probablement attendre la mise en orbite **■** du James Webb Space Telescope (JWST) à l'horizon 2020. Pour le moment, si l'on sait que les exoplanètes sont légion dans la Voie lactée, que les superterres dans la zone d'habitabilité y sont très fréquentes (il pourrait y en avoir une centaine dans une sphère de 30 années-lumière de rayon autour du **Système solaire ■**), on ignore toujours quelle fraction d'entre elles possède effectivement de l'eau liquide à leur surface. Le JWST pourra faire des analyses des atmosphères de superterres dans la zone d'habitabilité et transitant devant leur étoile, il pourra notamment déterminer si l'eau est présente dans l'atmosphère.

Pour cela il nous faut trouver ces planètes transitant autour de leur étoile avant le lancement de JWST. Or seuls 2 à 3 % des superterres dans la zone d'habitabilité des naines rouges vont transiter, il nous faut alors établir un catalogue d'une centaine de ces planètes pour espérer en découvrir

quelques-unes en transit. On ne va pas tarder à disposer d'un instrument plus performant pour partir à la chasse aux superterres autour des naines avec *Spirou* qui devrait être installé au CFHT en 2015. De mon point de vue son grand objectif est de découvrir cette centaine de superterres dans la zone d'habitabilité de naines rouges, des observations seront ensuite faites avec d'autres instruments pour trouver parmi celles-ci celles qui transitent.



Une comparaison du spectre des atmosphères de Vénus, la Terre et Mars (de gauche à droite) dans l'infrarouge. La présence de grandes quantités de vapeur d'eau (H_2O) et d'ozone (O_3) sur Terre contraste avec les atmosphères de Vénus et Mars dominées par la raie d'absorption du CO_2 . © Esa Medialab

Des équipes continuent aussi à réfléchir sur une mission qui ressemblerait à celle un temps envisagée par l'Esa , baptisée Darwin . Cette mission permettrait une analyse des atmosphères de toutes les planètes, et pas seulement de celles transitant, cela agrandit énormément l'échantillon accessible. Le but est notamment de détecter des « biosignatures », c'est-à-dire des éléments de l'atmosphère produits par la vie (tout comme l'oxygène dans l'atmosphère terrestre est produite par la photosynthèse des plantes). Mais la technologie n'est pas encore prête.

Une chose est certaine, nous savons maintenant qu'il n'est plus nécessaire d'étudier un grand nombre d'étoiles de types variés pour trouver des superterres dans les zones d'habitabilité. Cela libère du temps d'observation, et ouvre des perspectives de constituer un grand échantillon de ces planètes que nous pourrions caractériser dans un futur proche.