



# La vie existe-t-elle ailleurs ?

**Tous les mois dans *Le Figaro*, des membres de l'Académie des sciences répondent aux grandes questions de l'actualité scientifique.**

Depuis la première découverte d'une planète orbitant autour d'une étoile semblable à notre Soleil (51 Pégase) par Michel Mayor et Didier Queloz, en 1995 à l'Observatoire de Haute-Provence, la recherche de « nouveaux mondes » a explosé en Europe et aux États-Unis. Le catalogue de ces planètes extrasolaires, régulièrement mis à jour dans l'encyclopédie en ligne de Jean Schneider à l'Observatoire de Paris\*, en dénombre aujourd'hui 851 au sein de 670 systèmes planétaires. Plusieurs exo-

planètes peuvent en effet orbiter autour d'une étoile (ou de plusieurs), comme c'est le cas dans notre système solaire.

Comment toutes ces planètes ont-elles été découvertes ? La majeure partie d'entre elles étant invisibles pour nos télescopes actuels, leur présence n'est détectée qu'indirectement. Ce peut être soit par la mesure des petites perturbations périodiques de la vitesse de l'étoile induites par la planète qui orbite autour d'elle (méthode utilisée au sol par des spectrographes très précis comme Harps de l'ESO au Chili), soit par une infime variation de l'éclat de l'étoile lorsqu'une planète passe devant elle (méthode des transits). Ce qui nécessite une photométrie de grande précision atteinte dans l'espace par les satellites français et américain, CoRoT (Cnes) et Kepler (Nasa). Ces deux méthodes ont respectivement permis les deux tiers et le tiers des découvertes réalisées à ce jour. Seul un tout petit nombre de planètes (1 à 2 %) ont été repérées par la technique dite des lentilles gravitationnelles ou par imagerie directe, comme autour de la célèbre étoile bêta-Pictoris.

Les méthodes des vitesses ou des transits, qui favori-



**Françoise Combes**

ASTROPHYSICIENNE,  
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

sent la découverte de planètes massives et proches de leur étoile, ont décelé des planètes autour d'une étoile sur cinq environ. De son côté, la méthode des lentilles gravitationnelles détecte plutôt des planètes éloignées de leur étoile. L'extrapolation de toutes ces découvertes suggère qu'il y a plus de planètes que d'étoiles dans notre Galaxie, la Voie lactée. Leur nombre pourrait donc dépasser les 200 milliards !

Combien d'entre elles sont habitables et habitées ? C'est la grande question. La majeure partie des exoplanètes recen-

sées depuis dix-sept ans, sont des géantes gazeuses de type Jupiter (300 fois la masse de la Terre), plus faciles à détecter du fait de leur taille, mais totalement inhospitalières. Pour trouver des traces de vie, les astronomes recherchent activement des planètes rocheuses, beaucoup plus petites et donc bien moins commodes à mettre en évidence.

## Zone « habitable »

Jusqu'à présent 60 « super-terres », autrement dit des planètes dont la masse est jusqu'à dix fois supérieure à celle de notre bonne vieille Terre, ont été identifiées. Mais la distance qui les sépare de leur étoile est très variable. Or, pour qu'une planète soit propice à l'émergence de la vie, il faut qu'elle puisse abriter de l'eau liquide, donc que sa température de surface soit comprise entre 0 et 100 °C. Cette contrainte, délimite une zone « habitable », qui pour une étoile de la brillance du Soleil, correspond à la distance Terre-Soleil à plus ou moins 15 %.

Mais les planètes découvertes jusqu'à présent sont très différentes de celles de notre Système solaire : leur orbite, souvent très excentrique, n'est pas toujours

circulaire. Du coup, la distance à leur étoile (et leur température) varie beaucoup. Un certain nombre d'exoplanètes ont même été détectées autour d'une étoile double, comme la célèbre Tatooïne, dont le nom fait référence à l'épopée cinématographique *Star Wars*. Or, les étoiles doubles sont très nombreuses dans la Galaxie.

Une récente étude statistique des planètes actuellement connues a révélé que les super-terres situées en zone habitable sont très fréquentes (40 %) autour des étoiles naines rouges, qui représentent 80 % des étoiles de la Voie lactée. Les super-terres potentiellement habitables se compteraient donc par dizaines de milliards dans la Galaxie. Il y en aurait une certaine dans le voisinage du Soleil, à moins de 30 années-lumière de nous !

En l'absence d'une connaissance réelle du mécanisme d'émergence de la vie et surtout de sa probabilité d'apparition dans l'univers, ce nombre « astronomique » de planètes n'est cependant pas suffisant pour conclure, avec certitude, qu'il existe d'autres formes de vie que la nôtre ailleurs dans l'univers. ■

\* <http://exoplanet.eu>

**200 milliards**  
de planètes dans notre galaxie, la Voie lactée



PLANIFICATION/FONTON, DR

## Mars, un « livre ouvert » sur les premiers âges de la Terre

Née de collisions cosmiques il y a 4,6 milliards d'années (Ma), la Terre fourmille aujourd'hui de vie. Mais quand cette dernière est-elle apparue ? Astronomes, biologistes, géologues et scientifiques de tous horizons ont trouvé les preuves d'une vie très primitive il y a 2,7 Ma. Un plus petit nombre voudrait repousser cette limite à 3,5 Ma, mais avec beaucoup d'incertitudes. Pour ne rien arranger, notre planète mère ne nous aide guère : par le biais de l'érosion et des mouvements de sa croûte, elle semble s'évertuer à effacer sans cesse la mémoire de son passé.

Depuis deux décennies, cette quête des origines prend une forme plus physico-chimique que biologique : à quelle époque la Terre est-elle devenue non pas habitée mais habitable ? Une question nécessaire à la réalisation de la précédente, mais non suffisante.

Définir les paramètres de l'habitabilité d'une planète est complexe car cela suppose une définition de la vie. Il en existe mille si on se place du point de vue de la physiologie, de la génétique, de la biochimie, de la thermodynamique, etc. Pour simplifier, toute forme de vie sur Terre est basée sur la chimie du carbone, également appelée chimie organique.

Quant ce cadre, l'habitabilité requiert tout d'abord un réservoir d'éléments biogéniques : le carbone, bien sûr mais aussi l'hydrogène, l'oxygène et l'azote puis, au moins, le phosphore et le soufre. Tous ensemble, à partir de leurs symboles chimiques, appelons-les affectuellement les Chnops. Si ces Chnops ne sont pas là au moment de la formation de la planète, il faudra que des comètes ou des astéroïdes les lui



**Sylvestre Maurice**

ASTRONOME  
À L'OBSERVATOIRE  
MIDI-PYRÉNÉES ET  
PLANÉTOLOGUE À L'IRAP\*

apportent ultérieurement. Il faut ensuite un solvant, en l'occurrence l'eau liquide, capable de mettre en contact les Chnops et favoriser les réactions chimiques. Or, l'état liquide impose que la planète ait une atmosphère dense et des températures très contraintes (entre 0 et 100 °C). Il reste enfin à disposer d'une source d'énergie suffisante pour favoriser les réactions chimiques, et plus tard, entretenir les métabolismes. Enfin ajoutons une poignée de sel à cette recette : du temps et de la stabilité. Rien ne se crée instantanément. Des centaines de millions d'années sont nécessaires pour qu'émergent ces fameuses « briques » du vivant que sont les acides aminés et les protéines.

## De l'eau liquide sur Terre dès le début

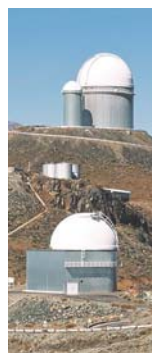
Des Chnops et de l'énergie, la Terre en avait à ses débuts. En analysant de minuscules cristaux de zircons vieux de 4,2 Ma, les scientifiques en ont déduit qu'il y avait de l'eau liquide sur Terre dès cette époque. La terre habitable ? Probablement oui. Habitée ? Probablement non, car il a encore fallu du temps pour que

cette chimie prébiotique se mette en place et se complexifie. Toujours est-il que cette époque, appelée hadaéen (« enfers » en grec) porte bien mal son nom !

À l'exemple de la Terre, qu'il s'agisse d'exoplanètes, des satellites de Jupiter, de Mars ou même de Vénus, le concept d'habitabilité est sur toutes les bouches. Mais c'est la planète rouge qui doit retenir notre attention. Née en même temps que la Terre, Mars est plus petite que cette dernière, laissant échapper la majorité de son atmosphère et de son énergie, il y a un peu plus de 3 Ma. Figée dans le temps, elle est un véritable livre ouvert sur cette période obscure que la Terre a oubliée. Mars fut-elle habitable elle aussi ? Et à quelle époque ?

La plus ambitieuse des missions robotiques de la Nasa, « Mars Science Laboratory », s'est donnée comme objectif de répondre à ces questions. Son robot mobile Curiosity emporte à son bord dix instruments scientifiques consacrés exclusivement à l'étude de l'habitabilité passée de Mars. Deux d'entre eux (la caméra-laser ChemCam et les chromatographes du laboratoire SAM) ont été fabriqués par des chercheurs français sous l'égide du Cnes, l'agence spatiale française. Depuis le 6 août, Curiosity vagabonde au fond du cratère Gale, croisant une surprenante variété de roches basaltiques où de l'eau coulait jadis. Encore un peu de patience : il se dirige vers les terrains sédimentaires du mont Sharp qui ont peut-être conservé les traces de ces processus qui aboutirent à la naissance de la vie, vous l'aurez compris... sur Terre. ■

\* Institut de recherche en astrophysique et planétologie (CNRS - Université Toulouse-III)



## GLOSSAIRE

### Exoplanète

Planète orbitant autour d'une autre étoile que notre Soleil. Il y en aurait 200 milliards dans notre Voie lactée.

### Géante gazeuse

Planète massive mais peu dense composée de gaz à l'image de Jupiter ou de Saturne.

### « Super-Terre »

Planète rocheuse jusqu'à dix fois plus massive que la Terre. Certaines pourraient abriter la vie.

### Spectrographe Harps

Installé sur le télescope de La Silla, dans le nord du Chili (photo ci-dessus), cet instrument a permis de détecter un grand nombre d'exoplanètes.

## Habitabilité: la preuve par l'atmosphère



**Marc Ollivier**

ASTRONOME À L'INSTITUT  
D'ASTROPHYSIQUE DE PARIS\*

La question de la possible « habitabilité » des exoplanètes s'est posée dès leur découverte à partir du milieu des années 1990. Le critère principal est l'existence de grandes quantités d'eau liquide en surface. Mais plus de 95 % des planètes référencées n'ayant jamais été « vues » au sens strict du terme (voir ci-dessus). Il n'existe, à ce jour, aucune preuve formelle de cette présence d'eau et encore moins de vie.

Tout l'enjeu actuel de l'« exoplanétologie » observationnelle est d'essayer d'identifier des indicateurs de vie, ou « bio signatures », en analysant à distance, par spectroscopie, la composition chimique de l'atmosphère de ces planètes. Lorsque l'une d'entre elles passe ou « transite » devant son étoile, il est possible, en effet, de détecter dans le spectre lumineux de l'étoile des raies d'absorption caractéristiques des gaz qui entourent la planète.

Des observations récentes, réalisées au sol avec le Very Large Telescope (VLT) de l'ESO au Chili et les télescopes spatiaux Hubble et Spitzer, ont déjà permis d'identifier certains gaz dont de la vapeur d'eau, du méthane ou du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère de planètes

géantes comme HD209458b (baptisée Osiris) ou HD189733b.

La généralisation de la méthode à des planètes plus petites, au moyen d'instruments dédiés, devrait permettre, d'ici une dizaine d'années, d'étudier la composition chimique d'une grande variété de planètes. Plusieurs projets d'observatoires spatiaux dédiés sont en cours d'étude à l'Agence spatiale européenne (ESA), comme la mission EChO basée elle aussi sur le phénomène des transits et qui pourrait être opérationnelle dès 2022.

La mission Darwin, étudiée depuis près de quinze ans en Europe, devrait permettre d'obtenir une image des systèmes planétaires (étoiles et planètes vues comme des points), mais aussi le spectre et donc la composition chimique globale de toutes les planètes d'une taille comparable à celle de la Terre dans l'environnement proche du Soleil (jusqu'à environ 50 années-lumière). Pour cela, il faut s'affranchir de l'énorme contraste lumineux qui existe entre l'étoile (plusieurs millions à milliards de photons par seconde) et sa planète (quelques photons par seconde).

Des techniques sont actuellement développées au laboratoire pour atteindre cet objectif, soit avec un seul télescope, soit par l'intermédiaire d'un réseau de télescopes évoluant en formation dans l'espace, séparés entre eux de plusieurs centaines de mètres. Compte tenu de sa complexité et de son coût, Darwin ne figure plus parmi les priorités immédiates de l'ESA. Mais l'observation directe et à distance des exoplanètes semble inéluctable si l'on veut tenter d'apporter des preuves tangibles de l'existence ou non d'autres formes de vie en dehors de notre système solaire. ■

\* CNRS/Université Pierre et Marie Curie