

Mardi 13 février 2024

Les phyllosilicates : une source inattendue d'eau pour les planètes du système TRAPPIST-1

Une équipe internationale de scientifiques issus de l'Institut Origines d'Aix-Marseille Université, du Laboratoire d'astrophysique de Marseille (CNRS/Aix-Marseille Université) et de l'Université de Cornell a récemment proposé un scénario de formation original des planétésimaux autour de l'étoile TRAPPIST-1, même en l'absence initiale de glace d'eau dans le disque protoplanétaire¹. Ces résultats ont été publiés le 09 février 2024 dans *Astronomy & Astrophysics Letters*.

Les processus de formation des planètes dans le système exoplanétaire TRAPPIST-1 suscitent encore de nombreux débats. Ces planètes orbitent à une proximité remarquable de leur étoile, dix fois plus proche que Mercure ne l'est du Soleil. Tel qu'observé dans d'autres systèmes stellaires en formation, l'hypothèse privilégiée reste celle selon laquelle ces planètes ont émergé au sein d'un disque protoplanétaire composé de gaz, de poussières et de grains de glace.

Dans une étude antérieure, une équipe d'Aix-Marseille Université avaient déjà démontré que les planètes TRAPPIST-1 d, e, f, g et h étaient extraordinairement riches en eau². Celle-ci représente environ 10% de leur masse totale. Pour comparaison, sur Terre, l'eau ne constitue que 0,025% de la masse. Cela suggère que les planétésimaux à l'origine de ces planètes étaient exceptionnellement riches en eau. Cependant, des observations de jeunes naines rouges laissent supposer que ces étoiles, bien que moins massives que le Soleil, émettent des radiations ultraviolettes intenses susceptibles de détruire les molécules d'eau par photolyse. En conjonction avec les puissants vents stellaires émis par les étoiles en formation, il est plausible que l'environnement de formation des planètes de TRAPPIST-1 ait été dépourvu de glace d'eau.

Plus récemment, un travail interdisciplinaire inédit rapprochant les sciences de la terre et l'astrophysique, mené par chercheurs du Laboratoire d'astrophysique de Marseille et de l'Institut Origines, a permis de démontrer la possibilité de former des planétésimaux riches en eau à partir de minéraux hydratés, même dans un environnement initialement dépourvu de glace. Cette étude met en lumière les phyllosilicates, une classe de minéraux hydratés renfermant jusqu'à 10% d'eau en masse. Ces minéraux libèrent de la vapeur d'eau dans le disque protoplanétaire lorsqu'ils sont soumis à une température comprise entre 130 °C et 330 °C.

La vapeur d'eau ainsi produite diffuse vers l'extérieur du disque, où la température est plus basse, et condense en glace sur les grains de phyllosilicate. Grâce à ce mécanisme, les chercheurs ont démontré la possibilité de générer des grains présentant une proportion en eau atteignant 25% en masse sur une période de 50 000 ans. Cette augmentation significative de la quantité d'eau sur les grains ouvre la voie à la formation de planétésimaux très riches en eau au cours de cette période. La formation rapide de grains riches en eau contribue à la création des planètes TRAPPIST-1 d, e, f, g et h, qui émergent à partir de planétésimaux formés à la ligne de glace de l'eau, une zone dans le disque protoplanétaire où la vapeur d'eau se condense en glace.

Ce nouveau mécanisme était vraisemblablement associé à d'autres processus déjà identifiés, tels que l'apport de glace provenant des régions les plus externes du disque protoplanétaire de TRAPPIST-1. Les observations futures du système TRAPPIST-1 par le James Webb Space

Telescope (JWST) au cours des prochaines années permettront de mettre à l'épreuve cette théorie et de confirmer, ou non, la présence d'eau sur ces planètes.

Les caractéristiques du système exoplanétaire TRAPPIST-1 présentent des similitudes frappantes avec celles des lunes galiléennes, que ce soit en termes de compacité de leurs orbites, de leur configuration en résonance de Laplace, ou encore en ce qui concerne leur composition. L'étude de l'origine des lunes galiléennes de Jupiter permet d'approfondir notre compréhension de la genèse des planètes dans le système TRAPPIST-1. Simultanément, les caractéristiques du système TRAPPIST-1, analogue aux lunes de Jupiter, offrent des perspectives précieuses pour éclairer les processus à l'œuvre dans notre propre système solaire. Une étude antérieure menée par cette équipe avait révélé des similitudes, suggérant que les lunes galiléennes pourraient se former selon un mécanisme comparable à celui proposé aujourd'hui pour le système TRAPPIST-1.

Référence : Schneeberger, A., Mousis, O., Deleuil, M. & Lunine, J. I. Formation of the Trappist-1 system in a dry protoplanetary disk. A&A (2024). <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202348309>

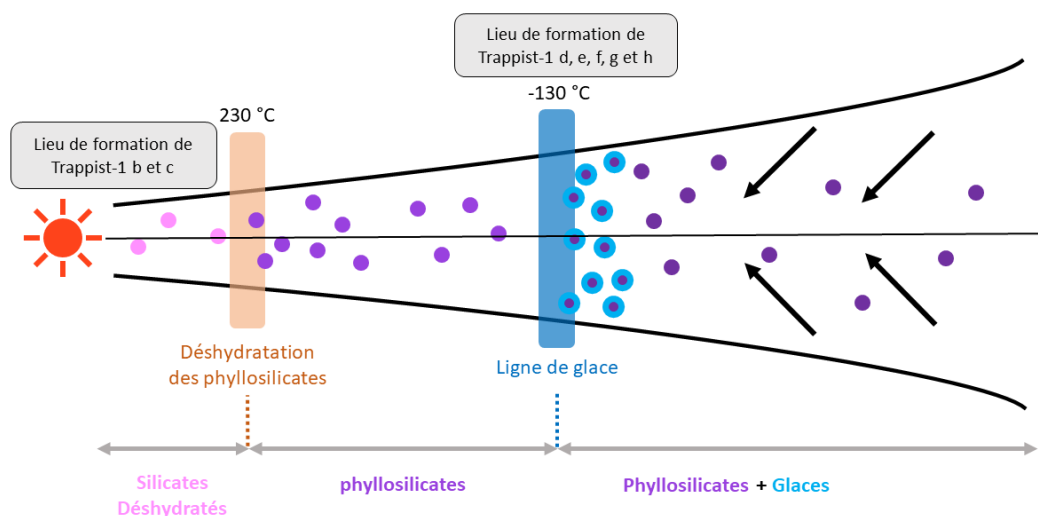


Figure 1 : Illustration du mécanisme proposé : les grains de phyllosilicates dérivent vers l'intérieur du système. Une fois arrivés dans une région suffisamment chaude, ces grains libèrent leur eau sous forme de vapeur. Cette vapeur diffuse ensuite vers les régions plus froides où elle condense sur les grains, formant ainsi une couche de glace.

CONTACTS CHERCHEUR :

Antoine Schneeberger – Doctorant AMU
antoine.schneeberger@lam.fr
+33 7 82 00 67 96

Olivier Mousis – Enseignant-chercheur AMU
olivier.mousis@lam.fr
+33 6 60 85 33 92

Magali Deleuil – Professeur des universités AMU
magali.deleuil@lam.fr
+33 6 19 64 44 41

CONTACTS PRESSE :

Direction de la communication d'Aix-Marseille Université
Fanny Trifilieff – Chargée de communication scientifique
fanny.trifilieff@univ-amu.fr
+33 4 91 39 65 05

Bureau de presse du CNRS
presse@cnrs.fr
+33 1 44 96 51 51

Références additionnelles :

1. Acuña, L. *et al.* [Characterisation of the hydrospheres of TRAPPIST-1 planets](#). *A&A* **647**, A53 (2021).
2. Mosis, O. *et al.* [Early Stages of Galilean Moon Formation in a Water-depleted Environment](#). *ApJL* **944**, L37 (2023).