

COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Paris-Saclay, le 23 février 2024

Le télescope James Webb assiste en direct à la destruction d'un océan terrestre tous les mois

Une équipe internationale impliquant pour la partie française des scientifiques¹ de l'Université Paris-Saclay, de l'université Toulouse III - Paul Sabatier, du laboratoire commun INCLASS (IAS/ACRI-ST), de l'Observatoire de Paris-PSL, de l'Université Grenoble Alpes, du CNRS et du CNES, vient de mettre en évidence la destruction et la reformation d'une grande quantité d'eau dans un disque protoplanétaire situé au cœur de la nébuleuse d'Orion. Cette découverte a été rendue possible par une approche pluridisciplinaire originale combinant des observations du télescope spatial JWST et des calculs de physique quantique. Cette étude, effectuée dans le cadre du programme *Early Release Science (ERS) PDRs4All*² et dirigée par une jeune chercheuse, Marion Zannese, doctorante à l'Université Paris-Saclay, vient d'être publiée dans la revue *Nature Astronomy*.

L'eau est essentielle à la vie telle que nous la connaissons. Sur Terre, la majorité de l'eau de nos océans aurait été formée bien avant la naissance du Système solaire, dans des régions froides de l'espace interstellaire (-250 °C). Cependant, une fraction de cette eau pourrait avoir été détruite et formée à nouveau à plus haute température (100-500 °C) lorsque le Système solaire n'était encore qu'un disque de gaz et de poussières orbitant autour de notre jeune soleil.

Pour comprendre ce mystérieux cycle de disparition puis réapparition de l'eau, les astronomes ont tourné le télescope James Webb (JWST) vers "d203-506", un disque protoplanétaire situé dans la Nébuleuse d'Orion, une pouponnière de systèmes planétaires. Le rayonnement ultraviolet intense produit par des étoiles massives entraîne la destruction et la reformation de l'eau dans d203-506, ce qui en fait un véritable laboratoire interstellaire.

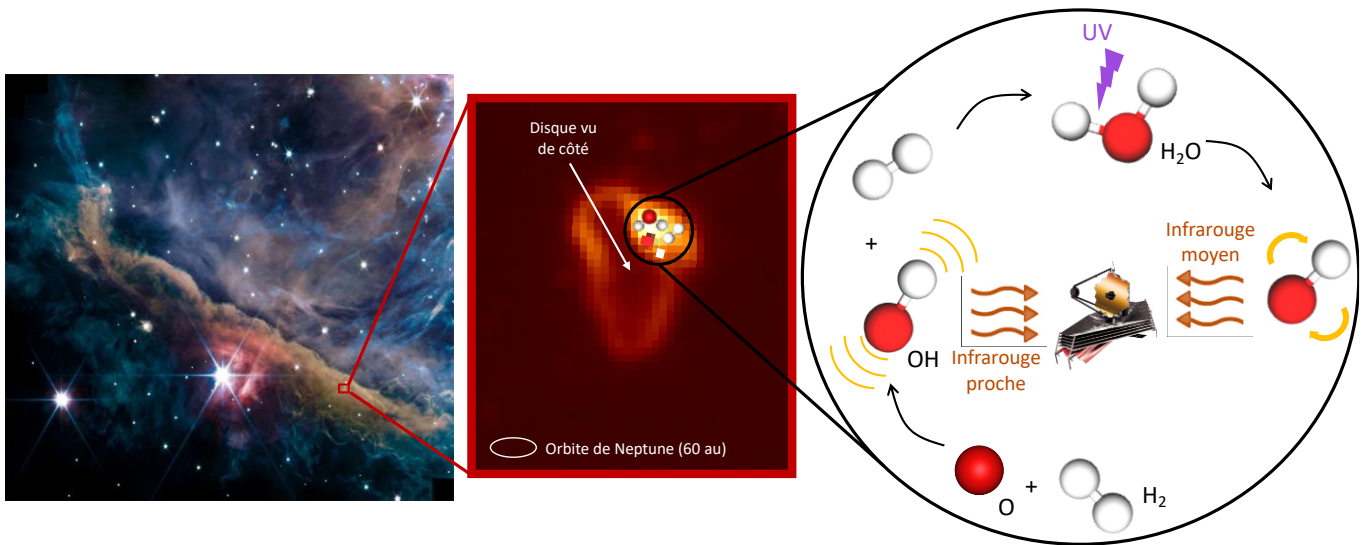
Mais comment mettre en évidence la formation et la destruction de molécules situées à plus de mille années lumières de la Terre ? C'est une collaboration avec des experts en dynamique quantique³, participant à la partie modélisation, qui a permis de relever le défi. Lors de la destruction de l'eau (H₂O) par l'ultraviolet, une molécule d'hydroxyle (OH) est libérée avec un mouvement de rotation vertigineux, suivi de l'émission de photons dans l'infrarouge moyen qui voyagent jusqu'au JWST. Au total on estime que l'équivalent d'un océan terrestre est ainsi détruit tous les mois dans le jeune système d203-506.

¹ En France, ces recherches ont impliqué des scientifiques de : l'Institut d'Astrophysique Spatiale (IAS – CNRS/Univ. Paris-Saclay), l'Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay (ISMO – CNRS/Univ. Paris-Saclay), l'Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP/OMP – CNES/CNRS/UT3), INCLASS Common Laboratory (IAS/ACRI-ST), LERMA (Observatoire de Paris- PSL/CNRS, Sorbonne Universités), Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (IPAG - Université Grenoble Alpes/CNRS), l'Institut de Radioastronomie Millimétrique (IRAM - UGA/CNRS/IRD/METEO-FRANCE/INRAE).

² PDRs4All (<https://pdrs4all.org/>) est l'un des treize programmes préliminaires exploratoires, dit *Early release science* sélectionnés par la NASA pour démontrer les capacités du JWST rassemblant un consortium international.

³ Notamment des scientifiques de : l'Institut de physique fondamentale (CSIS) et le département de chimie physique de l'Université Complutense de Madrid (UCM) (Espagne), le Département de chimie physique de l'Université de Salamanque (Espagne), l'Observatoire de l'Université de Leiden (Pays-Bas), l'Institut de Chimie (Gorlaeus Laboratories) de l'Université de Leiden (Pays-Bas).

Mais l'histoire ne s'arrête pas là. Par un mécanisme similaire d'émission de photons dans l'infrarouge proche, JWST nous révèle que l'hydroxyle est produit en abondance à partir de l'oxygène atomique par la réaction $O+H_2$. Or celui-ci est justement un intermédiaire clé dans la formation de l'eau puisqu'il réagit ensuite avec H_2 pour former l'eau par la réaction $OH+H_2$. Le cycle de destruction / formation est bouclé. Une partie de l'eau constituant nos océans pourrait être passée par un tel cycle.



À gauche et au centre : le jeune disque d203-506 enfoui dans la Nébuleuse d'Orion vu par le JWST ©PDRs4All
 À droite : Animation/Schéma illustrant comment la formation et destruction de l'eau a pu être révélée par les observations JWST. © M. Zannese

Référence

OH as a probe of the warm water cycle in planet-forming disks

Marion Zannese, Benoît Tabone, Emilie Habart, Javier R. Goicoechea, Alexandre Zanchet, Ewine F. van Dishoeck, Marc C. van Hemert, John H. Black, Alexander G. G. M. Tielens, A. Veselinova, P. G. Jambrina, M. Menendez, E. Verdasco, F. J. Aoiz, L. Gonzalez-Sanchez, Boris Trahin, Emmanuel Dartois, Olivier Berné, Els Peeters, Jinhua He, Ameek Sidhu, Ryan Chown, Ilane Schroetter, Dries Van De Putte, Amélie Canin, Felipe Alarcón, Alain Abergel, Edwin A. Bergin, Jeronimo Bernard-Salas, Christiaan Boersma, Emeric Bron, Jan Cami, Daniel Dicken, Meriem Elyajouri, Asunción Fuente, Karl D. Gordon, Lina Issa, Christine Joblin, Olga Kannavou, Baria Khan, Ozan Lacinbala, David Languignon, Romane Le Gal, Alexandros Maragkoudakis, Raphael Meshaka, Yoko Okada, Takashi Onaka, Sofia Pasquini, Marc W. Pound, Massimo Robberto, Markus Röllig, Bethany Scheffer, Thiébaud Schirmer, Sílvia Vicente, Mark G. Wolfire

Nature Astronomy le 23 février 2024

<https://arxiv.org/abs/2312.14056>

Contacts scientifiques :

Marion Zannese - Institut d'Astrophysique Spatiale (IAS – CNRS/Univ. Paris-Saclay)

06 43 40 13 48 - marion.zannese@universite-paris-saclay.fr

Benoît Tabone - Institut d'Astrophysique Spatial (IAS – CNRS/Univ. Paris-Saclay))

06 73 39 85 66 - benoit.tabone@universite-paris-saclay.fr

Emilie Habart - Institut d'Astrophysique Spatiale (IAS – CNRS/Univ. Paris-Saclay)

06 75 11 41 08 - emilie.habart@universite-paris-saclay.fr

Contacts Presse :

Gaëlle Degrez - 06 21 25 77 45

gaelle.degrez@universite-paris-saclay.fr

Stéphanie Lorette 06 10 59 85 47

stephanie@influence-factory.fr