



Idées débats, tribunes

François Forget

PLANÉTOLOGUE, MEMBRE
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Explorer le Système solaire pour mieux comprendre notre planète

La nouvelle série de notre partenariat avec l'Académie des sciences présente un éclairage sur l'actualité de la recherche scientifique à travers l'expérience personnelle d'académiciens nouvellement élus, dans toutes les disciplines.

■ François Forget, planétologue, directeur de recherche au CNRS, Institut Pierre-Simon-Laplace, expose les enjeux que recouvre sa discipline, la planétologie, qui est une extension des sciences de la Terre aux autres planètes, lunes et petits corps du Système solaire. Pour mieux comprendre ces autres mondes, il adapte sur d'autres environnements les modèles numériques qui simulent le climat de la Terre. Parfois, cela permet de détecter des points faibles dans leur conception et de les corriger pour affiner toujours plus la prédiction climatique terrestre.

Pendant des milliers d'années, les planètes du Système solaire sont restées d'énigmatiques points lumineux errant parmi les étoiles. L'invention des télescopes et plus tard l'envoi de sondes automatiques ont permis de révéler que ces points étaient d'autres mondes, aussi complexes que notre planète, étonnamment divers, et toujours magnifiques. Soixante-dix mondes de plus de 500 km de diamètre ont été répertoriés. Les plus petits ne sont pas les moins intéressants. Encelade, une des lunes de Saturne de

L'objectif est avant tout de fondamentalement mieux connaître l'Univers, comme lorsque nous étudions les galaxies ou les autres étoiles. À mes yeux de chercheur, cette quête de la connaissance pure est une motivation suffisante. Cependant, l'étude des autres planètes offre un intérêt spécifique. Elle permet de mieux comprendre notre Terre, de mieux connaître et sauvegarder notre environnement et d'enquêter sur notre origine. Étudier comment les lois physiques et chimiques universelles contrôlent l'évolution des autres mondes dans

Cette démarche s'applique à la géologie, à la géochimie et peut-être plus encore aux sciences de l'atmosphère et du climat. Celles-ci constituent ma spécialité et sont l'objet d'enjeux sociétaux dans le contexte du dérèglement climatique induit par l'activité humaine. Si sa réalité est en effet démontrée, son ampleur et ses effets locaux restent l'objet de recherches intenses car ils dépendent de phénomènes complexes comme la formation des nuages et des précipitations, difficiles à appréhender et à modéliser sur ordinateur.

Encelade, une lune de Saturne, est propice à la recherche de la vie car elle possède un océan d'eau liquide.

seulement 504 km de diamètre, est considérée comme un des lieux les plus propices à la recherche de la vie car elle possède un océan d'eau liquide sous sa surface de glace. L'exploration spatiale est coûteuse et difficile. Elle est jalonnée d'échecs retentissants qui ont marqué ceux qui y ont participé. Aucune erreur, ni aucune approximation n'est tolérée. Pour cela et pour la créativité qu'elles exigent, les sondes spatiales font partie des chefs-d'œuvre de notre temps. Comment justifier un tel effort ?

un esprit de « planétologie comparée » avec la Terre s'apparente à ce qui est pratiqué en biologie et en médecine, où l'étude des autres animaux a permis de replacer le corps humain dans un cadre plus général. Dans cette métaphore, Mars (une petite Terre déserte et glacée) s'apparente à un cousin chimpanzé, tandis que Vénus ou Jupiter, de par leurs différences, sont analogues à un ornithorynque ou un calmar géant riches d'enseignements sur la diversité que les lois de la nature peuvent offrir.

POUR PRÉVOIR LE CLIMAT

Étudier le système Terre en le comparant aux autres mondes permet de placer les attributs de notre planète dans un contexte plus large. Par exemple, les concepts théoriques initialement forgés pour expliquer les vents alizés sous les tropiques ou les dépressions en Europe peuvent être éprouvés et généralisés. En pratique, c'est en appliquant les modèles numériques que nous avons développés pour simuler le climat de la Terre à d'autres environnements que nous testons cette compréhension en profondeur. Notre équipe a ainsi adapté les simulateurs numériques utilisés pour prévoir les changements climatiques sur Terre aux neuf autres mondes du Système solaire entou-



Le rôle du chlore dans le « trou de la couche d'ozone » a été compris sur la base de travaux pour Vénus.

rés d'une atmosphère, de Mars aux planètes géantes, en passant par Vénus, Titan (une lune de Saturne), Triton (une lune de Neptune) et Pluton. Dans la plupart des cas, les modèles se sont révélés capables de prédire les détails du comportement des autres mondes, ce qui rassure sur leur capacité à prévoir le climat sur une Terre qui n'existe pas encore. L'exercice révèle aussi des points faibles dans la conception des modèles que nous essayons de corriger. En particulier, certains effets subtils sur Terre se révèlent majeurs sur d'autres mondes, ce qui permet de mieux les appréhender. Ainsi, les ascendances d'air chaud générées par la convection sont dix fois plus intenses sur Mars que dans les déserts terrestres. Sur Vénus, la circulation atmosphérique est contrôlée par un équilibre de forces

difficile à résoudre, auquel l'atmosphère terrestre est moins sensible. Certains modèles numériques se sont révélés incapables de bien prévoir la circulation vénusienne, ce qui a trahi certains défauts, non négligeables, sur Terre. Pour ces raisons, le nouveau code de résolution des équations de la dynamique atmosphérique que nous développons dans notre institut est testé sur les autres planètes avant d'être complètement validé pour la prédiction climatique terrestre. Étudier les autres planètes est une source d'inspiration pour les géophysiciens. C'est sur la base de travaux effectués pour Vénus que Mario Molina et Steward Rowland ont réalisé que le chlore libéré par les chlorofluorocarbones industriels générerait un « trou dans la couche d'ozone » sur Terre (ce qui

leur a valu le prix Nobel de chimie en 1995). C'est à la suite de l'observation de la planète Mars totalement obscurcie par une tempête globale de poussière en 1971 que Richard Turco, Carl Sagan et leurs collègues ont mis en évidence les conséquences dramatiques d'une guerre nucléaire sur le climat terrestre, qui deviendrait impropre à notre survie (« l'Hiver nucléaire »). Les exemples sont multiples.

UNE MINE DE DONNÉES INTROUVABLES SUR TERRE

Plus généralement, les autres mondes du Système solaire permettent d'obtenir des données qui ne sont tout simplement pas disponibles ici. Par exemple, l'activité géologique intense et l'érosion ont effacé sur Terre la plupart des indices observationnels qui nous permettraient de comprendre l'histoire ancienne du Système solaire. C'est en explorant la Lune, moins active et mieux préservée, que nous avons réalisé que l'ensemble des planètes a connu un bombardement massif d'astéroïdes il y a environ quatre milliards d'années.

Dans ce contexte, les débuts de la vie sur Terre sont très difficiles à étudier. Par quel processus a-t-elle pu apparaître ? Est-elle le produit de processus fondamentaux et reproductibles ? Nul ne le sait. L'écart de complexité entre les composés chimiques du non-vivant et les plus simples formes de vie connues reste incommensurable. On ne trouve pas d'information sur cette « transition » dans les archives géologiques de la Terre. On peut imaginer que des indices sur la chimie organique intermédiaire (dite chimie « prébiotique »), voire une nouvelle forme de vie seront découverts dans les océans d'Encelade, les nappes aquifères sous la surface de Mars, voire dans les lacs de méthane sur Titan.

La planétologie n'en est qu'à ses balbutiements. Elle va bientôt s'étendre aux exoplanètes que nous commençons à étudier autour des autres étoiles. L'exploration va se poursuivre et il ne fait aucun doute qu'elle sera riche d'enseignements sur notre futur sur Terre et la compréhension de nos origines. ★

POUR EN SAVOIR PLUS

LE SITE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES :
WWW.ACADEMIE-SCIENCES.FR

AUTOUR DES PLANÈTES DU SYSTÈME SOLAIRE

Conférence-débat à l'Académie des sciences, 29 mars 2016 : academie-sciences.fr/fr/Colloques-conferences-et-debats/autour-planetes-systeme-solaire.html

L'EXPLORATION DU SYSTÈME SOLAIRE À LA NASA ET À L'ESA

(en anglais) solarsystem.nasa.gov/planets/
sci.esa.int/solar-system/

L'EXPLORATION SPATIALE, POUR QUE L'HOMME CONNAISSE SON UNIVERS

Tribune de Jean-Loup Puget, de l'Académie des sciences, l'« HD » n° 547 du 9 février 2017, bit.ly/2ECekHL

« CLIMATS, EAU, VIE : LA TERRE, UNE EXCEPTION DANS L'UNIVERS »

Une exposition téléchargeable pour les lycées, collèges et médiathèques : exoplanetes.ipsl.jussieu.fr/