

# MICROBE

## Mars et le rapport isotopique de l'eau: budget et évolution

**DURÉE**

15/12/2019 – 15/03/2024

**BUDGET**

390 201 €

**DESCRIPTION DU PROJET**

Nous savons qu'aujourd'hui, Mars est extrêmement aride et inhospitalière. Cependant, plusieurs indices importants indiquent qu'après sa formation, la planète rouge était beaucoup plus humide et de grandes régions étaient couvertes d'eau liquide, ce qui aurait permis à Mars d'être très probablement incluse dans la zone habitable il y a des milliards d'années. Depuis lors, la majeure partie de l'eau initiale se serait très probablement échappée vers l'espace.

Plusieurs missions martiennes en cours fournissent des informations précieuses à cet égard. D'une part, le TGO de l'ESA et l'astromobile Curiosity de la NASA observent, respectivement, la répartition des isotopologues principaux de l'eau (H<sub>2</sub>O et HDO) dans l'atmosphère et in situ. D'autre part, l'orbiteur MAVEN de la NASA se concentre sur la haute atmosphère et sur l'échappement vers l'espace d'espèces chimiques dérivées. Cependant, ces observations ne suffisent pas pour avoir une description globale et le recours à des modèles de l'atmosphère est crucial pour combler le manque d'informations dans la distribution de l'eau dans l'atmosphère et son évolution dans le temps. Pourtant, les dernières modélisations de la composition isotopique de l'eau datent d'il y a près de 15 ans. Il est donc urgent de développer un modèle allant du sous-sol à l'exobase et incluant tous les processus en jeu pour mieux comprendre l'évolution actuelle de l'eau, condition préalable à l'estimation de la perte totale vers l'espace, et de la quantité initiale d'eau sur Mars.

L'étude de la composition isotopique actuelle de l'eau permet en effet d'estimer la part disparue au cours de l'histoire de Mars. Les deux isotopes sont impliqués dans des processus physico-chimiques entraînant un fractionnement isotopique. De plus, les sous-produits photochimiques des deux isotopes peuvent atteindre la haute atmosphère et s'en échapper. Cependant, comme le deutérium (D) est deux fois plus lourd que l'isotope plus commun (H), ce dernier processus entraîne un fractionnement isotopique supplémentaire et, au final, à un enrichissement net en deutérium sur Mars.

Dans ce projet, nous allons développer un modèle unidimensionnel sophistiqué, dans le but de mieux comprendre l'évolution des deux isotopes de l'eau, du régolithe jusqu'aux confins de l'atmosphère. Pour ce faire, tous les processus impliqués dans l'évolution de l'eau et de sa composition isotopique sur Mars seront progressivement inclus. Une première étape consistera à intégrer dans ce modèle les routines actuellement utilisées par le modèle de circulation générale (GCM) GEM-Mars, développé à l'IASB. Nous pourrions ainsi affiner et tester la description des mécanismes contrôlant le cycle diurne, ainsi que le transport des isotopologues de l'eau dans la basse atmosphère. Un modèle unidimensionnel récemment développé, décrivant les échanges des isotopes de l'eau entre le régolithe et l'atmosphère, sera couplé à notre modèle atmosphérique.

S'étendant à la haute atmosphère, la photochimie impliquant des espèces neutres et ioniques sera développée en se référant à la littérature existante. La quantité d'eau qui peut se diffuser dans la haute atmosphère est essentielle pour limiter les taux d'échappement de l'hydrogène et du deutérium. On observe que les taux d'échappement sont très variables, c'est pourquoi nous élaborerons de nombreux scénarios dans la basse atmosphère pour forcer l'eau à pénétrer dans la haute atmosphère. De cette façon, nous examinerons les importants réservoirs et processus qui limitent la présence d'eau dans la haute atmosphère de Mars. Enfin, un modèle exosphérique sera utilisé pour étudier les processus d'échappement, qui affectent fortement le fractionnement de l'hydrogène et du deutérium. Toutes les améliorations pertinentes seront ensuite fournies au GCM.

Le développement du modèle sera effectué en contact étroit avec les équipes des missions vers Mars, mentionnées ci-dessus, dans le but de contraindre le modèle par des observations et de mieux comprendre les processus à l'œuvre et l'évolution des isotopologues de l'eau sur Mars.



# MICROBE

Le projet apportera un soutien précieux aux nombreuses missions martiennes. De plus, il contribuera à la compréhension du sort de l'eau et de l'habitabilité de Mars dans le passé. À cet égard, il s'inscrit dans le cadre général de la recherche des conditions requises pour l'émergence de la vie. En outre, les améliorations apportées au modèle unidimensionnel seront ensuite intégrées dans le GCM GEM-Mars. Ce projet renforcera ainsi l'expertise théorique du département d'aéronomie planétaire de l'IASB et consolidera l'équipe en tant que partenaire international important dans ce domaine de recherche.

Nos travaux seront présentés régulièrement lors de conférences scientifiques européennes et internationales, ainsi que dans une série d'articles de recherche. Nous sommes continuellement impliqués dans les missions spatiales actuelles d'observation de l'atmosphère de Mars et nous interagissons avec leurs équipes scientifiques et opérationnelles.

## COORDONNEES

### Coordinateur

#### **Justin Erwin**

Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB)  
Département Aéronomie Planétaire

[justin.erwin@aeronomie.be](mailto:justin.erwin@aeronomie.be)

## LIENS

<https://microbe.aeronomie.be>