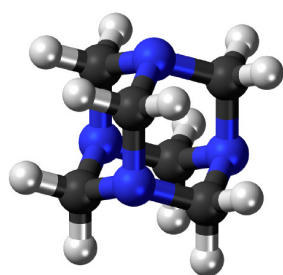


## L'hydrothermalisme est le moteur de la diversité des molécules organiques des chondrites carbonées

*Les chondrites carbonées sont les météorites les plus primitives et constituent des archives du système solaire. Elles renferment une très grande diversité de molécules organiques, dont des acides aminés ou des bases azotées, qui ont pu participer à l'émergence des premières formes de vie sur la Terre. L'origine de la matière organique de ces chondrites reste discutée : elle pourrait avoir été produite avant et/ou pendant la formation du système solaire. Pour discuter du potentiel lien génétique existant entre les molécules organiques contenues dans les chondrites et celles formées dans l'espace interstellaire, des chercheurs de l'équipe ROCKS de l'IMPMC ont soumis une molécule organique formée dans les glaces interstellaires à des conditions hydrothermales typiques de celles régnant au cœur des astéroïdes parents des chondrites carbonées. Il apparaît que l'hydrothermalisme est responsable de la production d'une formidable diversité de composés organiques.*

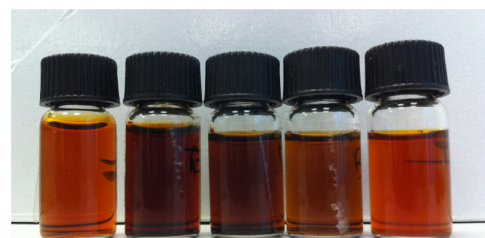
L'hexaméthylènetétramine (HMT,  $C_6H_{12}N_4$ ) a été exposée à des conditions hydrothermales typiques des astéroïdes carbonés :  $150^\circ C$ ,  $pH=10$  pendant 2 à 31 jours. Cette molécule organique est abondamment produite au cours d'expériences visant à simuler les processus chimiques ayant lieu dans le milieu interstellaire. Elle est considérée comme une molécule organique modèle en astrochimie mais n'a cependant jamais été détectée dans les échantillons cométaires et chondritiques.

Hexaméthylènetétramine (HMT)



→  
Hydrothermalisme

Produits organiques solubles

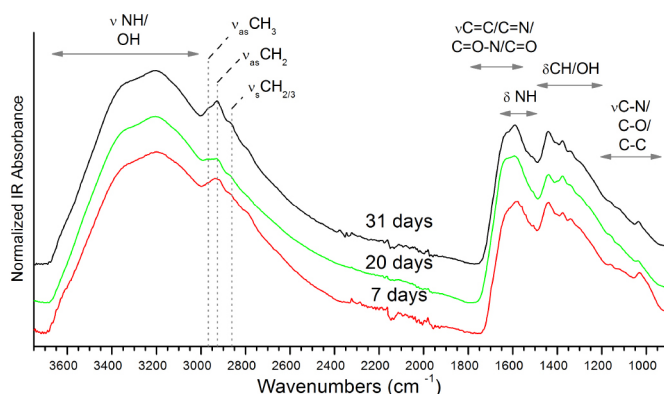


Solutions obtenues après différentes durées d'expérience

**Figure 1**

*En seulement quelques jours et sous l'effet de l'hydrothermalisme à  $150^\circ C$ , la molécule de HMT se décompose et évolue en une très grande diversité de composés organiques, comme le montrent les couleurs des solutions. Dans le modèle moléculaire de HMT, les atomes de carbone sont en noir, ceux d'azote en bleu et l'hydrogène est en blanc.*

En quelques jours, HMT se décompose et forme une grande diversité de composés solubles (figure 1) et une macromolécule insoluble très riche en azote. Si la macromolécule insoluble voit sa structure moléculaire rester stable au cours de l'expérience (figure 2), les produits solubles deviennent de plus en plus complexes au cours du temps. En fin d'expérience, plus de 150 composés sont formés dont certains contiennent des hétérocycles azotés. La synthèse de ces composés suit des réactions de type formose ou Maillard dans la phase aqueuse.



**Figure 2**  
Signature infrarouge de la macromolécule insoluble formée après 7, 20 et 31 jours d'expérience. La structure moléculaire de la macromolécule organique formée à partir de 7 jours n'évolue pas.

Cette étude montre que les molécules organiques d'origine interstellaire accrétées dans des astéroïdes ont été profondément modifiées pendant les premiers millions d'années du système solaire. Les réactions chimiques qui y ont eu lieu ont abouti à la formation d'une multitude de composés organiques dont certains, tels les acides aminés ou les bases azotées, peuvent avoir joué un rôle dans l'apparition du vivant.

Ce travail constitue une première étape dans la recherche expérimentale du lien entre les processus du milieu interstellaire et les molécules organiques détectées dans les petits corps du système solaire tels que les astéroïdes et les comètes. La prochaine étape sera d'étudier l'effet de l'hydrothermalisme sur la composition isotopique de ces molécules pour déterminer les sources des précurseurs de la matière organique contenue dans les chondrites carbonées.

#### Référence

"Evolution of interstellar organic compounds under asteroidal hydrothermal conditions"  
Vinogradoff, V., Bernard, S., Le Guillou, C., Remusat, L.  
*Icarus*, 305, 358-370 (2018)

#### Contacts

Laurent Remusat : laurent.remusat@mnhn.fr  
Sylvain Bernard : sylvain.bernard@mnhn.fr