

Synthèse et dégradation des acides aminés dans les météorites

Parmi les nombreuses questions ouvertes dans la recherche sur les origines de la vie, l'une des plus intrigantes porte sur la formation et la décomposition des acides aminés, briques élémentaires des protéines, dans les météorites, et la compréhension de leur homochiralité observée sur Terre.

Un nouveau pas vient d'être franchi par des chercheurs de l'équipe PHYSIX de l'IMPMC qui ont étudié, en collaboration avec le NASA Goddard Center, des pistes possibles d'émergence de la chiralité dans les acides aminés. En effet, il y a une contradiction apparente entre la présence exclusive en biologie d'isomères de chiralité « gauche », avec l'observation, dans la plupart des échantillons météoriques, de mélanges « racémiques », où les chiralités « gauche » et « droite » sont le plus souvent observées avec une fréquence proche.

Les réactions de désamination et décarboxylation de la glycine et de l'isovaline sont d'une importance capitale dans ce domaine, notamment pour interpréter l'origine de la chiralité des acides aminés à partir de l'observation de leurs produits d'altération aqueuse. La glycine est le seul résidu achiral observé dans les protéines et elle est abondamment présente dans les météorites et les comètes. L'isovaline est, au contraire, un acide aminé chiral, qui possède un excès énantiomérique observé parmi les plus élevés dans les météorites carbonées.

Afin d'étudier les deux voies de décomposition de ces acides aminés, les auteurs ont effectué des simulations de dynamique moléculaire *ab initio*, en combinaison avec des méthodes avancées permettant de décrire le paysage d'énergie libre. Dans ce cadre, ils ont mis en évidence les détails microscopiques de la dégradation chimique des deux acides aminés, et leur évolution vers des molécules plus simples. De plus, ils ont reconstitué la thermodynamique associée à chaque étape élémentaire de ces réactions.

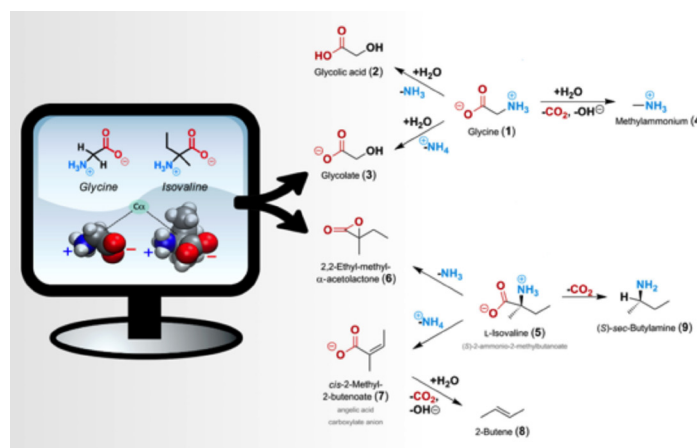


Figure 1
Les réactions chimiques de désamination/décarboxylation d'acides aminés, simulées à l'ordinateur.

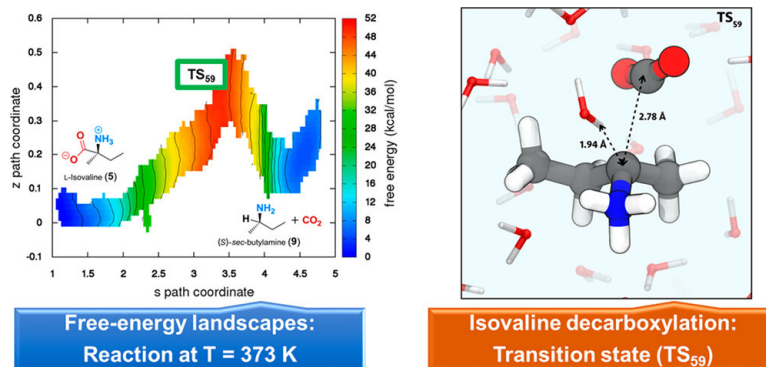


Figure 2

Paysage d'énergie libre de la décarboxylation de l'isovaline, avec identification de son état de transition.

Ces calculs montrent que, pour la glycine, la désamination et la décarboxylation ont des barrières d'énergie similaires, ce qui suggère que les deux processus peuvent se produire simultanément. Pour les deux acides aminés, on trouve que la désamination ne conduit pas à l'acide carboxylique associé, ce qui conduit à penser que ces deux classes de molécules prébiotiques, les acides aminés et les acides carboxyliques, se forment, dans les météorites, par des chemins chimiques différents. Cette observation a des implications importantes quant à l'origine de la chiralité : si l'acide aminé se forme à partir d'un précurseur de type « amine », cette synthèse maintient la chiralité de ce dernier.

En conclusion, cette étude théorique essaye, pour la première fois, de répondre, par des calculs et simulations *ab initio*, à des questions spécifiques venant des observations expérimentales à partir d'échantillons météoritiques, et met en évidence comment ces méthodes peuvent aider à résoudre des problèmes fondamentaux dans la recherche des origines de la vie.

Référence

"Hydrothermal Decomposition of Amino Acids and Origins of Prebiotic Meteoritic Organic Compounds"

F. Pietrucci ; JC Aponte ; R Starr ; A Perez-Villa ; JE Elsila ; JP Dworkin ; AM Saitta
ACS EARTH AND SPACE CHEMISTRY

DOI: 10.1021/acsearthspacechem.8b00025

Contacts

fabio.pietrucci@upmc.fr
andrea.perez_villa@sorbonne-universite.fr
marco.saitta@sorbonne-universite.fr