

Irradiation de surfaces cométaires, application à l'origine de la matière organique des micrométéorites Ultra-Carbonées

Les micrométéorites sont des particules extraterrestres submillimétriques qui représentent la majeure source de matière interplanétaire accrétée par la Terre chaque année. L'analyse des micrométéorites permet d'étudier la diversité des petits corps du système solaire (astéroïdes et comètes). Cette thèse porte sur l'étude de micrométéorites provenant de la collection Concordia, constituée depuis 20 ans grâce à un programme réalisé auprès de la station de Dôme C (Antarctique). La première partie du travail présenté porte sur une étude quantitative sur le flux de matière interplanétaire arrivant sur Terre. L'étude basée sur plus de 2000 micrométéorites de la collection Concordia montre que le flux de micrométéorites est de $\sim 10 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{an}$, qui correspond à un flux global annuel de 5200 ± 1500 tonnes sur l'ensemble de notre planète. Les résultats obtenus permettent de mieux contraindre les distributions en masse des particules dans le domaine en taille inférieure à $300 \mu\text{m}$ et leur comparaison avec les prévisions théoriques indiquent que la majorité des particules ont très probablement une origine cométaire.

La seconde partie du travail présenté porte sur l'étude d'un type rare de micrométéorites, riches en matière organique : les micrométéorites antarctiques ultra-carbonées (UCAMM - Ultra-Carbonaceous Antarctic MicroMeteorites). L'analyse isotopique des UCAMMs par spectrométrie de masse des ions secondaires à résolution nanométrique (NanoSIMS) révèle des hétérogénéités isotopiques en H, N et C de la matière organique des UCAMMs à l'échelle de plusieurs microns.

La troisième partie présente des expériences d'irradiations de glaces par des ions lourds, menées à l'aide du dispositif IGLIAS durant trois sessions expérimentales auprès du Grand Accélérateur National d'Ions Lourds (GANIL). Ces expériences ont permis de simuler l'interaction du rayonnement cosmique Galactique sur des mélanges de glaces azotées et carbonées à basse température (10K). Un résidu organique solide est obtenu après sublimation des espèces volatiles à la fin de l'irradiation du film de glace. Les résultats obtenus montrent qu'il est possible de transmettre au résidu organique produit des hétérogénéités isotopiques présentes dans des couches initialement adjacentes de glaces irradiées. L'analyse par imagerie ionique NanoSIMS des résidus organiques montre la formation d'hétérogénéités isotopiques dans le résidu organique, qui sont comparables à celles observées dans les UCAMMs. Ces hétérogénéités isotopiques dépendent de la nature chimique du mélange de glaces irradiées.

L'ensemble des résultats obtenus sur les UCAMMs et les expériences d'irradiation menées à GANIL sont mis en perspective et comparés aux données sur d'autres matériaux interplanétaires d'origine astéroïdale et cométaire. Les travaux menés confirment que ces particules interplanétaires exceptionnelles proviennent très probablement de la surface de corps glacés, riches en azote, ayant évolués dans les zones externes du système solaire. Ils confirment que les signatures isotopiques en éléments légers (H, N et C) des UCAMMs peuvent, en partie, être héritées de réservoirs parents gazeux présents dans le disque protoplanétaire. Je présenterai enfin de futures études possibles sur les UCAMMs permettant de mieux contraindre la composition de la surface des corps glacés présents à de grandes distances héliocentriques.