

**T. Pino :** Il y a beaucoup de cycles à 5 avec N dans la structure proposée de la matière organique insoluble. Pourquoi ?

Cela est probablement hérité de la stabilité des pyrroles par rapport aux autres fonctions azotées. Il faut noter que l'on a identifié la présence de la fonction nitrile, qui doit être minoritaire par rapport aux pyrroles.

**J.C. Guillemin :** Comment sont emprisonnés les gaz rares ? Est-ce que tous partent à la même température ?

On ne sait pas exactement comment sont piégés les gaz rares. Certains, comme ceux associés aux nanodiamants, sont probablement adsorbés sur des surfaces. Pour d'autres, comme la composante P1, associée à la phase Q, le débat fait rage. Certains ont proposé un piégeage « mécanique » dans des vides au sein de la MOI, d'autres ont suggéré que les fullerènes pouvaient emprisonner un atome de gaz.

Les gaz rares de la phase Q se relâchent en effet tous à la même température (vers 1000°C). Cette propriété remarquable a conduit à l'hypothèse que la macromolécule insoluble pouvait être la phase Q.

**A. Monod :** Pourquoi est-on obligé de pyrolyser la matière organique pour l'analyser ? Ne peut-on pas directement l'extraire avec un solvant organique ?

Tout dépend de quelle fraction on parle. La matière organique dans les météorites se divise en une fraction soluble, et une fraction insoluble dans les solvants organiques et l'eau. Pour la première, on n'a pas besoin de la dégrader thermiquement ou chimiquement pour en faire l'analyse au niveau moléculaire. Par contre, pour la matière organique insoluble, on doit d'abord dissoudre les minéraux pour l'extraire. Ensuite, si on veut pouvoir l'étudier en chromatographie par exemple, on doit en casser la structure moléculaire pour obtenir des fragments analysables. On utilise donc la pyrolyse ou l'oxydation chimique.

**T. Pino :** La présence de diradicaux, impliquant la présence de plans aromatiques de 7 à 10 cycles, serait-elle visible en HRTEM ?

Oui, en théorie, mais en pratique cela est très difficile car l'abondance des diradicaloïdes est très faible. Ils représentent de 25 à 40 % de radicaux dans la macromolécule insoluble, et cette dernière ne contient qu'environ  $2 \text{ à } 7 \times 10^{18}$  radicaux par g de matière. Par comparaison, on peut estimer qu'elle contient  $3,5 \times 10^{22}$  atomes de C par g. Il y aurait donc environ 1 atome de C pour 10 000 qui serait un radical. La probabilité pour observer un noyau riche en radicaux en HRTEM est donc très faible.

**E. Dartois :** Dans les ponts entre aromatiques sondés par l'oxydation au tétroxyde de ruthénium, quelle est la longueur moyenne des chaînes et leur degré de ramification ?

Nous avons estimé que les ponts entre les unités aromatiques contiennent de 2 à 7 atomes de carbone, avec une abondance qui décroît très vite à partir de 3 atomes de carbone. On a pu identifier que les chaînes étaient souvent ramifiées, avec des groupements méthyl ou éthyl. De plus les ponts présentent parfois des points triples : ils connectent 3 unités entre elles. Il n'est pas impossible qu'il y ait des connections entre 4 unités aromatiques, ou plus dans certains cas.

**V. Vuitton :** Quelle est la quantité d'acides aminés détectée dans les météorites ? Par quelle(s) technique(s) ?

Dans Murchison, l'abondance des acides aminés est estimée à 60 ppm. Cette abondance est variable d'une classe de météorite à l'autre. Dans les météorites les plus altérées (altération hydrothermale avant la chute sur Terre), comme les CI, on ne trouve que 5

ppm d'acides aminés, et dans certaines CR qui sont moins altérées que Murchison, on en a détecté jusqu'à 250 ppm.

Les acides aminés sont extraits à l'eau, au reflux pendant 24h. Les extraits sont classiquement hydrolysés avec de l'HCl à 6M. Après purification sur des résines échangeuses d'ion, les solutions sont soit analysées par HPLC, soit dérivatisées et analysées en GC-MS (solution la plus souvent utilisée pour l'analyse isotopique).