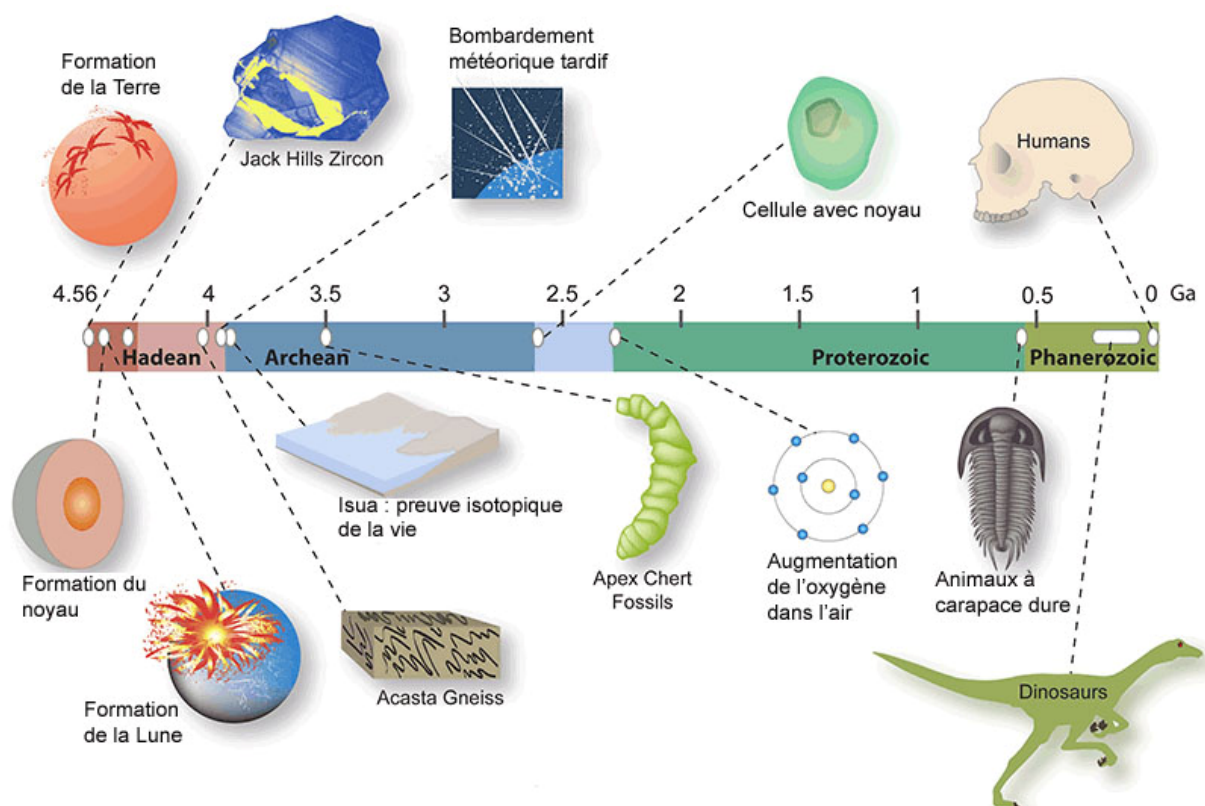


NAISSANCE DE LA VIE

L'autre jour, chers (ères) collègues, mon cher Ego m'a demandé comment la vie s'est développée sur notre planète Terre? Est-ce que la vie est venue du Cosmos? Il a fallu que je me renseigne. Pas facile! vraiment!

Apparemment, le développement de la vie, sur notre planète Terre, reste encore très mystérieux. En revanche, les toutes premières étapes de son apparition dans le Cosmos sont mieux connues: de la formation des futures «briques du vivant» dans le lointain nuage moléculaire jusqu'à leur arrivée aux abords d'une oasis céleste.



Difficile d'imaginer un milieu plus hostile. Entre les étoiles, sur des centaines de milliards de kilomètres, il règne un froid terrible (-250°C) et un vide quasi total.

Dans les nuages moléculaires, ces cocons de gaz qui peuplent le milieu interstellaire, il y a 100 milliards de milliard de fois moins d'atomes au centimètre cube que dans l'atmosphère terrestre. Dépourvues de tout bouclier magnétique, ces nuées diffuses sont constamment bombardées par des rayons cosmiques énergétiques émis par telle supernova ou lointain cœur de galaxie. A côté de cet enfer glacé, l'espace entourant la Terre fait figure d'oasis douillette.

Pourtant, c'est là, entre les étoiles, que sont façonnées les « briques élémentaires » de la vie. Des molécules organiques complexes telles que :

- **Acides aminés**, constituants des protéines.
- **ADN**, support du patrimoine génétique. Cette longue molécule est le « Livre de recettes » pour fabriquer toutes les protéines nécessaires à un organisme.
- **ARN**, molécule proche chimiquement de l'ADN, intervenant notamment dans la fabrication des protéines. On suppose aujourd'hui que, dans l'histoire du vivant, l'ARN aurait existé avant l'ADN.
- **Molécules organiques**, composées de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, elles jouent un rôle important dans les réactions chimiques liées au vivant.

Au départ, les astronomes ont eu du mal à y croire. Une chimie, si complexe, dans ces immensités inhospitalières ! Mais il a bien fallu se rendre à l'évidence, quand les premières grosses molécules ont été détectées en laboratoire, puis directement dans le milieu interstellaire. *« nous savons aujourd'hui que ces molécules complexes pullulent dans l'Univers, révèle Marylène Bertrand, du centre de biophysique moléculaire du CNRS. Et, pour peu qu'elles tombent sur une planète où toutes les conditions sont réunies, elles peuvent contribuer à l'émergence de la vie »*

C'est exactement ce qui s'est passé pour la Terre. Comment ces molécules fabriquées au cœur des nuages interstellaires ont-elles atterri sur la Terre ?

Réponse, chers (ères) collègues, en quatre épisodes.

ÉPISODE 1

Nous sommes dans le futur berceau du Soleil. Un vaste nuage moléculaire de plusieurs dizaines d'années-lumière (AL= $9,461 \times 10^{12}$ km.), mais contenant à peine quelques centaines de molécules par centimètre cube, de l'hydrogène et de l'hélium, principalement. Mais aussi de l'eau, de l'ammoniac, du méthanol, etc. Ainsi qu'un ingrédient clé de la recette qui se prépare : des grains microscopiques constitués de glace, de silicates et de carbone. L'alchimie qui va se mettre en branle, les astronomes l'ont reconstituée en laboratoire.

Voici ce qu'ils ont observé. Les grains mille fois plus gros que les molécules et un peu plus froids, font office d'entremetteurs : ils attirent

toute la « foule » alentour et facilitent ainsi les rencontres entre les molécules qui vont s'associer en substances plus complexes.

Lorsqu'au sein de ce nuage des étoiles massives vont se former, irradiant et chauffant le gaz alentour, la chimie sera plus sophistiquée encore. « Jusqu'à récemment, nous pensions que seuls les ultraviolets, rayonnements assez destructeurs, jouaient ici un rôle en cassant les liaisons moléculaires pour permettre les recombinaisons, indique Vassilissa Vinogradoff, du laboratoire PIIIM, Laboratoire de physique des interactions ionique et moléculaires, à Marseille, où ces conditions primordiales ont été reproduites.

L'espace en laboratoire

Donc, à Marseille, les chercheurs du laboratoire PIIIM reconstituent pour leurs expériences les conditions du milieu interstellaire. « Pour cela, nous injectons différents types de gaz dans une chambre froide à très basse pression, décrit Vassilissa Vinogradoff. Nous augmentons les densités et la dose des rayonnements énergétiques afin que les réactions soient accélérées et qu'ainsi, une demi-journée représente 10 000 années de chimie cosmique. Mais nos expériences menées depuis 2010 montrent qu'en fait, les ultraviolets pénètrent très peu la couche de glace entourant chaque grain. Les infrarouges, en revanche, entraînent un chauffage global qui facilite le processus, sans destruction fatale ».

À mesure que les glaces seront chauffées, la plupart des molécules fabriquées vont s'évaporer dans l'espace. Toutefois, certaines vont se cramponner au grain sur lequel elles sont nées.

Les astro-chimistes ont été surpris de découvrir à quelle espèce ces coriaces appartiennent. « Plus de la moitié (en masse) sont des molécules de HMT : hexaméthylènetétramine », révèle Vassilissa Vinogradoff, une espèce que les chercheurs considèrent comme un possible précurseur des acides aminés. Cette HMT, est pour l'heure détectée uniquement en laboratoire. Est-elle la molécule universelle qui a ensemencé la Terre et, peut-être, d'autres planètes ? C'est une piste sérieuse que la sonde Rosetta doit vérifier.

Test de fertilité avec Rosetta

Comment être sûr que la molécule de HMT et les autres molécules complexes se forment bel et bien dans l'espace ? Après tout, il se peut que les expériences de laboratoires ne soient pas totalement fidèles à la chimie qui se trame entre les étoiles...

« La sonde européenne Rosetta cherchera la HMT, précurseur des molécules biologiques sur la comète Churyumov-Geraimenko, une relique de la formation du Système solaire. Si elle ne la détecte pas, c'est que quelque chose cloche dans nos expériences et nous devons les revoir », explique Hervé Cottin, astro-chimiste au Lisa (Université de Paris XII).

Mais, avant de tomber, intactes, sur la Terre primitive, ces molécules complexes, HMT ou autres, ont bravé d'épiques tempêtes !

ÉPISODE 2

Le Soleil vient de naître. Le nuage froid et placide dans lequel évoluaient nos molécules s'est changé en un tourbillon ardent et lumineux. Le gaz et les grains que la jeune étoile n'a pas absorbés tourbillonnent autour d'elle, formant un disque proto-planétaire. A partir de ce gaz et de ces poussières, huit planètes, leurs satellites ainsi que des planètes naines vont se former en quelques millions d'années.

Dans la mêlée, que va-t-il advenir des molécules complexes ? Toutes celles qui seront incorporées à ces corps suffisamment massif pour se différencier (c'est-à-dire se structurer en un noyau, un manteau et une croûte) seront anéanties dans leur océan de magma !

Et pour les autres, celles qui demeurent sur les astéroïdes et les comètes, résidus de la formation du Système solaire ? Tout va dépendre de leur distance du Soleil. Jusqu'à 5 unités astronomiques (l'orbite actuelle de Jupiter), leur fragile assemblage ne résistera pas à la chaleur environnante, ni aux ultraviolets. Mais au-delà de la « *limite des glaces* », là où il fait suffisamment froid pour que l'eau se solidifie, elles seront mieux protégées. Mais pour combien de temps ?

EPISODE 3

Cent millions d'années après la naissance du Soleil, le calme est revenu. Les huit planètes occupent leur position actuelle, tandis que les milliards de milliards de comètes sont regroupées aux confins du Système solaire, dans deux réservoirs distincts : la *ceinture de Kuiper* qui s'étend au-delà de Neptune et, bien plus loin, le *nuage d'Oort*. Avant qu'une fraction d'entre elles ne vienne bombarder la Terre, il va se passer plusieurs centaines de millions d'années. Les molécules qu'elles portent survivront-elles à un si long séjour dans l'espace ?

« *Les ultraviolets solaires n'entament que la couche très superficielle de la glace. Un micron, à peine !* répond Hervé Cottin. Par contre les rayons cosmiques, eux, pénètrent jusqu'à 20 mètres d'épaisseur de glace ». Une broutille, au regard des kilomètres de rocher et de glaces qui s'empilent et s'entremêlent dans les comètes. Donc, rien à craindre pour nos briques de la vie.

Mais que deviennent-elles quand, suite à une perturbation gravitationnelle, des comètes sont déviées de leur sempiternelle course et foncent vers le Soleil – comme cela s'est produit, il y a 3,8 milliards d'années, lors du « *grand bombardement tardif* » ? À mesure que ces astres glacés s'approchent du Soleil, ils vont libérer un immense panache de glace et de poussières. Et avec lui, des millions de molécules organiques.

La question de leur survie intéresse les scientifiques. Car si des myriades de comètes ont ainsi été propulsées sur la « jeune » Terre, ces poussières,

fruit de leur dégazage, ont été plus nombreuses à impacter. « La preuve : aujourd'hui, notre planète Terre, reçoit chaque année 10 tonnes de météorites – provenant des comètes et des astéroïdes – contre 20 000 tonnes de micro- météorites, issues notamment de de poussières cométaires. Elles ont donc vraisemblablement joué un très grand rôle dans l'apport de matériau organique sur la Terre primitive », mentionne Hervé Cottin.

Encore faut-il être sûr que les molécules qu'elles transportent, beaucoup moins protégées qu'au sein des comètes, peuvent résister à des milliers d'années de voyage interplanétaire. Pour en avoir le cœur net, les chercheurs ont mis en place deux expériences sur la station spatiale internationale, **Expose E** et **Expose R**.

À l'extérieur du laboratoire européen Columbus, ils ont martyrisé toutes sortes de molécules.: Acides aminés, diacides aminés, protéines et autres grosses molécules ont été exposées aux rigueurs de l'espace (microgravité, ultraviolets, rayons cosmiques...) Ceci entre 2008 et 2012.

Résultat : on n'enregistre aucune différence entre les molécules exposées et celles restées sur la Terre comme témoins. Les acides aminés, par contre, sont rapidement détruits quand ils sont exposés nus. Mais, associés à des petits grains, par exemple les poussières éjectées par les comètes, ils se révèlent tout aussi résistants que les autres.

Qu'important, alors, les rayons ravageurs et les secousses, qu'important les millénaires écoulés, nos molécules complexes, formées jadis dans le vide et le froid, sont toujours là et prêtes à débouler sur notre bien aimée petite planète bleue nommée Terre.

EPISODE 4

C'était il y a 3,8 milliards d'années peut-être 4 milliards, qui sait ! On ne va pas chipoter, chers (ères) collègues. La vie a émergé. Comment ? C'est l'une des plus grandes énigmes de la science actuelle. Ce qui est certain, aujourd'hui, c'est que la majeure partie du « matériau organique » qui a conduit au vivant est venu de l'espace.

Il faut dire que les molécules détectées par les astro-chimistes ont tout pour plaire. En plus d'être ultra-résistantes, certaines sont solubles dans l'eau. C'est le cas, par exemple, de la fameuse molécule de HMT. Dans un milieu aqueux, des molécules souples peuvent se structurer. Elles se regroupent, se lient, ce qui leur permet de se protéger du milieu ambiant, de s'assembler à nouveau et ainsi de suite jusqu'à former des molécules géantes, comme l'ADN.

Mais, jusqu'à présent, les chercheurs ne sont pas parvenus à retracer les étapes qui mènent du *matériau organique* à l'ADN. Elles sont si nombreuses et si complexes... ! Et si un système « *vivant minimaliste* », beaucoup plus simple que celui utilisant l'ADN, s'était d'abord mis en place ? Hum ? Cette idée est défendue par de nombreux biologistes.

D'après eux, les molécules appelées «*acides peptidiques nucléiques*» ou APN, auraient cumulé les fonctions à la fois informatives de l'ADN et catalytiques des protéines.

Or, cet ancêtre de l'ADN a, lui aussi probablement une ascendance interstellaire. C'est ce qu'a montré en 2012 une équipe de l'IAS et de l'Université de Nice, dont fait partie Louis d'Hendecourt : «*Nous avons d'abord simulé un mélange analogue à celui des glaces interstellaires et l'avons irradié avec du rayonnement ultraviolet, détaille le chercheur de l'Institut d'astrophysique spatiale, Ensuite, nous avons plongé cette matière dans une solution aqueuse et acide (supposée proche des étendues d'eau de la Terre primitive, NDLR). Nous avons détecté la molécule N-(2-aminoéthyl)-glycine. C'est l'un des composants essentiel de l'APN*».

La chimie qui s'élabore entre les étoiles est si puissante qu'elle a procuré à la Terre, non seulement de la matière organique complexe, mais également, peut-être, les molécules constitutives d'une toute première étape du vivant.

En arrosant également les milliards de planètes qui peuplent la galaxie, elle a éventuellement fait surgir, ici ou là, de multiples formes de vie...

Mais ça, chers (ères) collègues, c'est une autre longue histoire...

- Dis donc, Renzo, c'est compliqué ton histoire !
- Mais c'est de ta faute, mon cher Ego. Et puis, comme tu le sais, dans l'AMICALINFO de Firmenich, on ne peut pas écrire n'importe quoi. ! Ce n'est pas si facile. Noblesse oblige. Toutefois, j'espère avoir intéressé les collègues qui sont plus portés, que les autres, sur les molécules !

Amitiés et affectueuses salutations CARDINI Renzo