



MOOC BIODIVERSITÉ

Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC UVED « Biodiversité ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

Les origines du vivant

Marie-Christine MAUREL

Professeur – Sorbonne Université

Alexandre Oparine est le premier à avoir tenté dans les années 1920 de préciser le contexte de formation de la vie sur notre planète Terre et il a proposé que des synthèses prébiotiques, c'est-à-dire des synthèses se produisant avant la vie, avant la formation de la vie, des synthèses prébiotiques, des biomonomères du vivant, des briques élémentaires : acides aminés, bases azotées des acides nucléiques, les sucres se soient formés à partir des constituants contenus dans l'atmosphère de la Terre primitive.

Le généticien Haldane a également contribué quelques années après à la mise en place de ce scénario et les molécules formées dans l'atmosphère de la Terre primitive se seraient déposées dans les océans pour former un océan primitif ou une soupe prébiotique dans laquelle tous ces éléments, ces composés, se seraient réunis pour former les premières formes cellulaires des protocellules qu'Oparine a nommées coacervats.

Aujourd'hui, en laboratoire, on peut reproduire la synthèse de coacervats par la condensation thermique à haute température d'acides aminés que l'on trouve dans les protéines ou bien par la formation, la condensation de lipides, de molécules grasses, d'acides gras donc, des lipides que l'on appelle des liposomes comme vous le voyez représenté sur ces images. Et pour vous montrer combien ces travaux pionniers sont encore modernes, aujourd'hui, en laboratoire vous avez ici la formation de la fusion et la fission de bactéries, de forme L, c'est à dire des bactéries qui sont dépourvues de parois, des bacilles, des *Bacillus subtilis* dépourvues de parois et un chercheur, Herrington, a montré que ces bactéries étaient capables de se scinder, de fusionner exactement comme le font des coacervats *in vitro*. De plus, ces bactéries de forme L sont capables de

bourgeonner pour former des gouttelettes, des progénitures sous forme de gouttelettes exactement comme le font les coacervats comme cela est représenté sur la dernière image.

Alors, Stanley Miller en 1953 a relevé le défi et possédant tous les éléments de compréhension de l'atmosphère primitive, il a voulu reconstituer cette atmosphère en laboratoire. Et dans le laboratoire d'Harold Urey, qui obtenu le prix Nobel pour la découverte du deutérium, un isotope de l'hydrogène, et bien Stanley Miller a conçu cet appareillage dans le ballon supérieur, il a placé du méthane, CH₄, de l'ammoniac NH₃, de l'hydrogène, H₂, de l'eau, H₂O qu'il a soumis à la décharge électrique et au bout de quelques temps il voit apparaître cinq acides aminés en tous points identiques aux acides aminés que l'on trouve dans nos cellules vivantes.

Quelques années après, cette énorme révolution conceptuelle et expérimentale, et bien Joan Oro a obtenu dans les mêmes conditions prébiotiques (c'est-à-dire sans enzymes), à partir de la condensation d'acide cyanhydrique, HCN, soumis aux bombardements de certains photons, il a obtenu l'adénine qui est une des briques élémentaires des acides nucléiques ADN et ARN, Et qui plus est, on a retrouvé dans les météorites un très très grand nombre de bases azotées, des acides nucléiques comme vous le voyez dans cette météorite de Murchison qui s'est formée en même temps que le système solaire il y a 4,5 milliards d'années et bien on a trouvé un très très grand nombre de bases azotées. Vous pouvez consulter une publication récente, de 2011, qui vous montrera le détail de toutes ces découvertes.

Un deuxième scénario qui n'est pas du tout incompatible avec celui de la soupe prébiotique mais qui s'appuie davantage sur le rôle des surfaces minérales aux origines de la vie est proposé aujourd'hui par Gunther Wächtershäuser qui a été précédé par d'autres grands noms, Desmond Bernal, Cairns-Smith, et bien ce scénario fait appel au rôle des argiles et des sulfures de fer par exemple pour participer à la formation des molécules biochimiques clés. Et ceci donc, le rôle des surfaces minérales se servant de substances minérales environnantes, gazeuses par exemple est nommé le scénario de la chimioautotrophie, l'idée que les premiers organismes étaient chemoautotrophes. Évidemment ce scénario est appuyé par l'existence sur les petits cônes volcaniques que l'on trouve en profondeur dans les sources chaudes sous-marines à 3000 mètres de profondeur sous les océans, ces petits cônes volcaniques sont tapissés de pyrite c'est-à-dire de sulfure de fer ayant réagi avec de l'hydrogène sulfureux.

Alors, évidemment, nous ne sommes pas qu'un sac, je ne parle que de molécules mais nous ne sommes pas un sac de molécules. Nous sommes constitués de cellules. Et sur cette image vous pouvez voir donc un compartiment qui représente une cellule à l'intérieur de laquelle s'exprime des macromolécules ADN, acide désoxyribonucléique qui va se répliquer pour former d'autres molécules d'ADN et puis qui est transcrite également en acide ribonucléique, un proche parent de l'ADN, une simple petite molécule d'oxygène est supprimée dans l'ADN, entre l'ADN et l'ARN et il manque un hydroxyle OH, donc vous voyez que ces molécules sont extrêmement apparentées et puis la molécule d'ARN sera traduite en protéines au sein du ribosome qui est un énorme complexe ribonucléoprotéique.

On s'est demandé pendant très longtemps comment des molécules aussi différentes que les acides nucléiques et les protéines étaient apparues sur la Terre primitive au même moment, en même temps, au même endroit. Et bien ce dilemme est en partie résolu grâce à la découverte dans les années 1980 d'une molécule d'ARN particulière qui possède à la fois des propriétés informationnelles, qui porte donc une information génétique tout comme les acides nucléiques et puis qui possède également des propriétés catalytiques exactement comme le font les protéines. Donc un ARN qui est à la fois informationnel et à la fois catalyseur est appelé un ribozyme, vous en avez une image représentée sur cette diapositive et cette découverte des ribozymes a été la porte ouverte si je peux dire à d'énormes travaux, à de considérables travaux, à de considérables découvertes autour des ARN qui ont donné lieu à des prix Nobel. Certaines dates de prix Nobel attribués à l'ARN et aux chercheurs qui ont évidemment réalisé les travaux sur cette molécule sont portés sur cette diapositive.

Alors cette découverte des ribozymes a permis à une hypothèse de devenir un véritable paradigme, le paradigme du monde de l'ARN qui aurait précédé le monde actuel basé sur l'ADN, l'ARN et les protéines. Et à partir de travaux au sein même de ce paradigme, un très très grand nombre de questions surgissent. Serait-il possible qu'il y ait un continuum depuis les origines entre un monde ARN, des viroïdes, des virus et enfin des lignées cellulaires ?

Alors, il faut dire aujourd'hui que la frontière entre les cellules et les virus s'estompe. On connaît aujourd'hui un très très grand nombre de virus géants. On a découvert récemment 2013 ce que l'on appelle des pandoravirus. On a découvert également que le parasitisme qui était l'apanage des virus est en fait une propriété qui est également partagée par certaines bactéries. Certaines bactéries sont également des parasites obligatoires. Donc les bactéries ayant toutes les lettres de noblesse du vivant, on ne voit pas pourquoi cette démarcation serait efficiente en ce qui concerne les virus. Les virus sont des parasites obligatoires et donc ils ont droit eux aussi à cette caractéristique comme les bactéries d'être vivants.

Et puis surtout on a découvert que des virus s'expriment, ont un métabolisme indépendamment de toute infection dans une cellule hôte. Ici l'image qui vous est représentée est celle de virus d'archées, les virus ATV qui sont capables de synthétiser, de fabriquer des appendices de 800 acides animés indépendamment de toute infection dans une cellule hôte, c'est-à-dire en dehors de toute cellule. Donc les virus sont doués également d'activité métabolique.

Et puis on connaît aujourd'hui des viroïdes qui sont des ARN nus, sans enveloppe, sans capsid, contrairement aux virus et ces viroïdes sont des particules que l'on nomme subvirales et certains proposent que ces ARN nus qui se promènent absolument partout dans la nature soient des vestiges d'une évolution pré-cellulaire qui aurait précédé donc l'univers cellulaire que nous connaissons aujourd'hui.

Il faut ajouter à ce panorama que l'on ne connaît aujourd'hui que 1 % des espèces actuelles vivant sur notre planète, les autres ne sont pas connues, certaines sont répertoriées mais donc d'autres ne sont pas cultivables entre guillemets, on ne peut pas les élever en quelque sorte et donc on ne sait

pas, on ne peut pas savoir, connaître quel est leur métabolisme, de quoi elles sont faites etc. donc on ne les connaît pas. Et de plus, 1 % d'espèces que nous connaissons aujourd'hui représentent 1/1000 des organismes qui ont existé depuis les origines, c'est-à-dire depuis 3,5 milliards d'années.

Alors ce que nous venons de voir, c'est que tout procède selon un gradualisme, du protovivant, du prébiotique, du protovivant au vivant. On peut vivre, nous l'avons vu, avec les viroïdes, avec les virus, avec les bactéries, de différentes manières et nous avons vu que même à l'échelle moléculaire la biodiversité existe donc la biodiversité existe à toutes les échelles et la biodiversité, nous pouvons le dire, tire son origine des origines mêmes de la vie.