

Biologie amusante



Nouvelle série inédite

janvier 2001

L'ORIGINE DE LA VIE

On croyait par le passé que les êtres vivants se forment par génération spontanée. On peut lire ainsi dans un traité de botanique datant de 1609 : "*Il existe un arbre, peu commun en France, il est vrai, mais fréquemment observé en Écosse. Des feuilles tombent de cet arbre ; d'un côté elles touchent l'eau et se transforment en poissons, de l'autre côté elles touchent la terre et se transforment en oiseaux.*"

Francesco Redi (1626-1691) semble avoir été le premier à aborder expérimentalement le problème : il montra que les asticots qui donnent naissance aux mouches ne proviennent pas d'une génération spontanée mais d'œufs de mouche. Il fut suivi au dix-huitième siècle par John Needham (1713-1781) et [Lazzaro Spallanzani](#) (1729-1799). Au dix-neuvième siècle, la presse se fit l'écho de la querelle entre [Pasteur](#) et Pouchet et la question commença à intéresser le grand public. Pouchet prétendait démontrer l'existence de la génération spontanée. Pasteur contestait formellement ses résultats et démontra que la soi-disant génération spontanée était systématiquement causée par une contamination microbienne qui pouvait être évitée par une stérilisation.

[La naissance de la pensée évolutionniste](#) avec Lamarck (1744-1829) et Darwin (1809-1882) et la montée du rationalisme scientifique eurent raison de la philosophie vitaliste selon laquelle les substances organiques diffèrent des substances inorganiques par des qualités spéciales. Friedrich Wöhler (1800-1882) démontra en 1828 que les substances organiques sont des substances ordinaires lorsqu'il obtint de l'urée, réalisant pour la première fois la synthèse chimique d'une substance organique. Au cours du dix-neuvième siècle, toutes sortes d'autres substances organiques de plus en plus complexes, seront obtenues par synthèse. En 1897, en montrant qu'un extrait acellulaire de levure peut réaliser la [fermentation](#) du sucre en alcool, Eduard Büchner (1860-1917) prouvait qu'une activité métabolique peut se produire en l'absence de cellules. Il obtint le prix Nobel de chimie en 1907. Enfin, en 1926, une [enzyme](#) fut obtenue à l'état cristallisé pour la première fois par James Sumner (1887-1955) qui reçut le prix Nobel de chimie en 1946 conjointement avec J.H. Northrop et W.M. Stanley. D'autres chercheurs comme Charlton Bastian en Angleterre et Raphaël Dubois et Stéphane Leduc en France tentèrent sans succès d'obtenir une génération spontanée au laboratoire mais l'idée que l'apparition de la vie résulte d'une évolution chimique continua à progresser. Elle fut notamment soutenue par de grands biologistes tels Thomas Huxley (1825-1895), Ernst Haeckel (1834-1919) et Eduard Pflüger (1829-1910).

Au début du vingtième siècle, Herman von Helmholtz (1821-1894) et William Thomson (1824-1907), futur lord Kelvin, formulèrent une théorie de la panspermie. Elle fut popularisée par Svante Arrhenius (1859-1927) dans son ouvrage *L'Évolution des mondes* publié en 1906. Cette théorie considère la vie comme une caractéristique fondamentale de l'univers au même titre que la matière et l'énergie. La Terre aurait été « ensemencée » par une vie extraterrestre. En 1969, on trouva d'ailleurs dans une météorite tombée en Australie de nombreuses substances organiques, notamment des acides aminés. D'autres molécules organiques furent aussi identifiées dans l'espace par les astronomes. Les premières molécules organiques seraient-elles venues de l'espace ?

Cependant, la connaissance de plus en plus précise du fonctionnement cellulaire permit de montrer au début du vingtième siècle que la vie correspond à un nombre limité de réactions chimiques canalisées et ordonnées par des [enzymes](#). Dans les années 1920, les biochimistes Alexandre Oparine (1894-1980) et John Haldane (1892-1964) purent proposer indépendamment que des molécules organiques auraient pu se former à l'origine dans une sorte de soupe primitive à partir de précurseurs minéraux (méthane, ammoniac, hydrogène) présents dans l'atmosphère primitive. Oparine, notamment, mena une série de travaux expérimentaux qu'il présenta dans son premier ouvrage, *L'origine de la vie sur Terre* publié en 1936 puis traduit dans plusieurs langues. Mais d'autres chercheurs proposaient aussi une atmosphère primitive de composition chimique différente, contenant en particulier du dioxyde de carbone. Des chimistes comme W. Groth et H. Suess et des biologistes comme A. Dauvilliers et E. Desguins proposèrent aussi des hypothèses photochimiques. À partir des années 1950, les travaux expérimentaux s'appuyant sur ces modèles vont se multiplier. Le biologiste Melvin Calvin, né en 1911, rendu célèbre par ses travaux sur la photosynthèse qui lui vaudront le prix Nobel de chimie en 1961, tenta à partir de 1951 de recréer *in vitro* une chimie prébiotique. Il publia une revue des travaux sur le sujet en 1961 dans *Chemical Evolution*.

En 1953, dans le laboratoire du chimiste américain H. Urey (prix Nobel de chimie 1934 pour la découverte de l'eau lourde), Stanley Miller obtint la formation d'acide cyanhydrique et d'acides aminés à partir d'un mélange gazeux soumis à des décharges électriques. Il montrait ainsi pour la première fois que des précurseurs de molécules biologiques peuvent résulter d'une chimie élémentaire de précurseurs minéraux même si l'on sait aujourd'hui que l'atmosphère primitive était moins réductrice que son mélange gazeux expérimental. Dans les années suivantes, des bases azotées, des acides aminés, des sucres, des nucléosides seront également obtenus et même polymérisés dans les conditions les plus diverses. Le modèle de la soupe prébiotique s'accommode pourtant mal de l'extrême dilution des réactifs en milieu liquide et A. Cairns-Smith et G. Wächtershäuser montrent que l'adsorption et la polymérisation de différentes molécules organiques peuvent se produire sur des surfaces minérales ayant des

propriétés catalytiques.

Le problème de la compartimentation reste de toute façon posé puisque la [membrane cellulaire](#) est commune à tous les êtres vivants qui ont dû l'hériter d'un ancêtre unicellulaire commun. C'est pourquoi Oparine et le chimiste américain Sidney Fox tentèrent de former différents types de gouttelettes limitées par une enveloppe de polymères, des [coacervats](#). Certains se révèlent capables d'abriter des réactions métaboliques élémentaires comme l'accumulation transmembranaire de substances ou le transport d'électrons, certains bourgeonnent ou se divisent, mais on reste cependant loin d'une hypothétique protocellule.

Après la seconde guerre mondiale, [la biologie devient moléculaire](#) tandis que sont élucidées la structure des protéines puis celle des acides nucléiques et que le dogme central de la biologie moléculaire est formulé en 1958 par Francis Crick. Dès lors se pose le problème de l'origine de l'information génétique. À la fin des années 1960, Leslie Orgel, Francis Crick et Carl Woese proposent l'hypothèse de molécules d'ARN autorépliquatives pour expliquer l'origine du [matériel génétique](#) et Sol Spiegelman étudie expérimentalement l'évolution de l'ARN au cours de cycles répliatifs catalysés par une enzyme. L. Orgel montre que la réplication des ARN est possible dans différentes conditions et, à partir de 1990, il devient possible de faire évoluer *in vitro*, par sélection, des populations de molécules d'ARN. Dès lors, on envisage un monde ancestral à ARN et la découverte par Thomas Cech et Sidney Altman en 1982 des ribozymes, ARN doués de propriétés catalytiques, (ce qui leur vaudra le prix Nobel de chimie en 1989), va dans le même sens. Il en est de même des propriétés catalytiques de certains ARN des ribosomes (organites cellulaires universels nécessaires à la synthèse des protéines) dont la structure et les fonctions ont été élucidées en 2000. Dans ce cas, le monde vivant actuel fondé pour l'essentiel sur la relation ADN ----> ARN ----> Protéines aurait évolué à partir d'un monde vivant où l'ARN remplissait toutes les fonctions.

EXPÉRIENCE

PRÉPARER DES COACERVATS

Matériel

Gélatine, gomme arabique, acide chlorhydrique dilué, bleu de méthylène, tubes à essai, compte-gouttes, microscope, lame et lamelle.

Préparation

Solution de gélatine à 1 %.

- Découper 1 g de gélatine (soit une feuille de gélatine alimentaire) en petits morceaux.
- Mettre les morceaux dans 100 mL d'eau.
- Passer au four à microondes pendant quelques secondes sans faire bouillir : le flacon doit pouvoir être pris dans la main sans se brûler.
- Mélanger pour bien dissoudre la gélatine.
- Laisser refroidir.

Solution de gomme arabique à 1 %

- Procéder exactement comme pour la gélatine. D'autres types de gommes peuvent aussi convenir.

Réalisation

- Mélanger dans un tube à essai 10 mL de la solution de gélatine avec 5 mL de la solution de gomme arabique.
- Verser une goutte d'acide chlorhydrique dilué dans le tube et mélanger.
- Si un trouble n'apparaît pas immédiatement, ajouter une autre goutte et ainsi de suite jusqu'à apparition d'un trouble.

Attention : si l'acide n'est pas assez dilué, aucun trouble n'apparaîtra. En conséquence, si beaucoup de gouttes ont été versées sans qu'aucun trouble n'apparaisse, c'est vraisemblablement que l'acide est trop concentré.



Avant

Après

addition de l'acide chlorhydrique

Le trouble dans le tube de droite résulte de la formation des coacervats qui sont des gouttelettes microscopiques en suspension dans l'eau.



Sédimentation des coacervats

- *La présence des coacervats est objectivée à l'œil nu par leur sédimentation progressive au fond du tube mais ils ne peuvent être vus qu'au microscope en raison de leur taille.*
- *Il est possible de les observer au microscope sans coloration mais une coloration par le bleu de méthylène donnera de meilleurs résultats.*

Observation microscopique

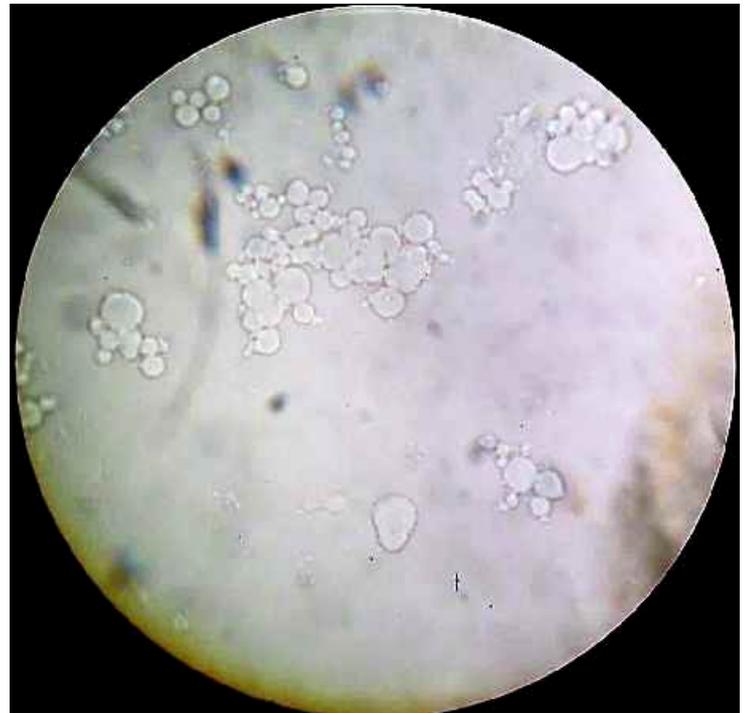
- Diluer dans un tube un volume de la suspension obtenue dans dix volumes d'eau et agiter pour séparer les coacervats.
- Prélever une goutte de la solution et la placer sur une lame de microscopie.
- Recouvrir d'une lamelle et observer au microscope.
- Rechercher une zone de la préparation où les coacervats ne sont pas trop serrés les uns contre les autres.

Résultat

Au grossissement moyen, on observe des éléments arrondis ou ovales, plus ou moins agglomérés, d'un diamètre variant entre une dizaine et une trentaine de micromètres.



Coacervats en microscopie optique (x 100)



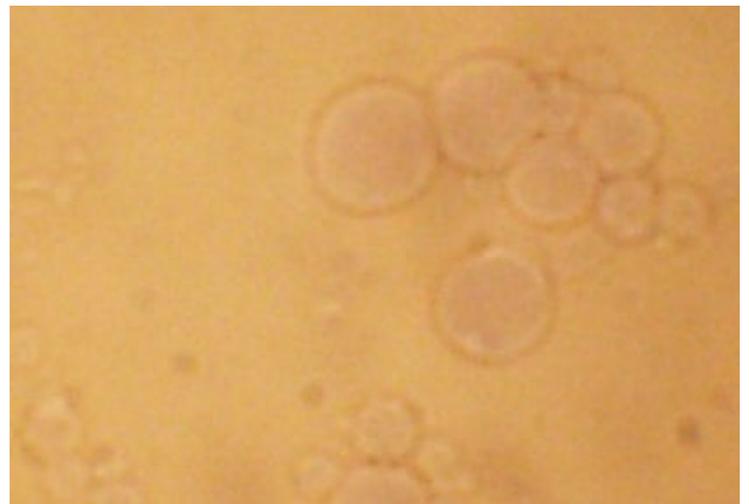
Coacervats en microscopie optique (x 600)

Coloration

- Mélanger sur une lame une goutte de la solution avec une goutte de bleu de méthylène.
- Observer au microscope.

Résultat

- Les coacervats se colorent en bleu : ils peuvent concentrer des substances du milieu extérieur.





Amusez-vous bien !

TOUS DROITS RESERVES

© 2001 D. Pol

pol@imagnet.fi

*N'hésitez pas à faire connaître vos impressions, commentaires,
suggestions etc. ☐*