

Mécanismes moléculaires de l'évolution : les outils nécessaires

Laurence LADRIÈRE

L'évolution correspond à la transformation des espèces vivantes au cours des générations. Elle peut aboutir à la formation de nouvelles espèces et donc à une diversification des formes de vie. Elle rend compte de l'origine de la vie et des liens de parenté entre les individus. L'évolution est fondée sur un grand nombre de faits scientifiques. L'anatomie et la physiologie comparées, l'embryologie, l'éthologie et la paléontologie montrent la réalité du fait évolutif. La génétique, quant à elle, décrit les mécanismes des processus évolutifs.

La notion d'évolution ne va pas de soi. En effet, le fait que les espèces ne soient pas immuables mais évoluent dans le temps afin de donner de nouvelles espèces n'est généralement pas observable à l'échelle d'écoulement de temps humain. C'est tout au long de l'histoire des sciences que la « Théorie de l'évolution » a elle-même évolué. L'idée d'évolution n'est pas apparue subitement dans nos pensées. On est ainsi passé de la notion de génération spontanée et de fixisme (XVII^{ème} siècle) au transformisme et mutationnisme (XVIII^{ème} siècle) ; la vision statique de la chaîne des êtres (espèces fixes, immuables ; monde hiérarchisé) est alors remplacée par une vision gradualiste de l'évolution (Lamarck). Au XIX^{ème} siècle, les développements de la génétique et la redécouverte des lois de Mendel (lois de l'hérédité) ont permis de donner aux mécanismes de l'évolution un *fondement génétique*.

L'évolution génétique semble être un processus principalement dominé par la nécessité des organismes à survivre et à se reproduire dans un monde perpétuellement en changement.

Il ne fait aucun doute qu'au cours de l'histoire de la vie, de nouvelles fonctions de gènes sont apparues ; fonctions qui ont certainement eu pour conséquence de créer différents modes d'existence. Des fonctions métaboliques plus anciennes ont dû être conservées tandis que de nouvelles fonctions se sont développées. Ceci signifie que des anciens gènes ont été préservés et que des nouveaux gènes avec nouvelles fonctions ont évolué. La question est de savoir d'où vient cet ADN susceptible d'acquérir de nouvelles fonctions.

Contrairement à ce que les scientifiques pensaient, encore fin du XIX^{ème} siècle, des groupes d'animaux très différents peuvent partager la plupart voire l'ensemble des gènes (ainsi que les protéines qu'ils codent) intervenant dans la construction et l'organisation de leur anatomie. Ceci signifie que des protéines similaires, mais fonctionnellement interchangeables, peuvent produire des anatomies d'animaux très distinctes. Cette constatation relativement paradoxale s'applique également à l'homme. En effet, sur l'ensemble du génome, environ 1,5 % seulement code pour des protéines. La majeure partie du génome correspond donc à de l'ADN non codant. Toutefois, certaines de ces séquences non codantes participent à une tâche essentielle : la *régulation de l'expression de gènes*. Ces séquences, cis-régulatrices (contrôle de l'expression de gènes voisins), constituent l'un des éléments de ce qu'on appelle les *commutateurs génétiques*, activant ou inhibant l'expression de gènes à un moment donné et à un endroit précis de l'organisme. La deuxième composante de ces commutateurs génétiques sont les *facteurs de transcription*, protéines

se liant spécifiquement aux séquences cis-régulatrices afin d'exprimer ou non les gènes qui en dépendent.

L'idée d'une frontière absolue entre gènes et environnement, ou encore entre l'inné et l'acquis, semble aujourd'hui s'estomper, et cède plutôt la place petit à petit à une autre notion plus riche et plus ouverte : la notion d'une *interaction entre les gènes et leurs environnements*. Les gènes ne sont pas des acteurs, ils constituent un répertoire de possibilités et/ou de contraintes, et leur utilisation varie en fonction de diverses circonstances. Les véritables acteurs de nos cellules sont en réalité les protéines ; leur activité est liée à leur forme tridimensionnelle, dépendant non seulement de l'expression de certains gènes, mais aussi d'interactions avec d'autres protéines nommées les *chaperones*. L'exploration des interactions entre les gènes et leur environnement ou leur histoire constitue un domaine de recherche appelé l'*épigénétique*, à savoir l'étude de ce qui se trouve en amont des gènes et ce qui contrôle leur utilisation. Des modifications épigénétiques acquises au cours de la vie peuvent ainsi persister, être transmises de génération en génération et entraîner des utilisations différentes de gènes participant ainsi à la singularité biologique d'un individu.

Toutefois, il semble que ces modifications épigénétiques participent également au développement de maladies telles que le cancer.

Les interactions entre les gènes et leur environnement ne sont pas encore complètement décortiquées mais ces interactions ont plus que probablement contribué, sur des temps relativement longs, à l'émergence de nouvelles espèces, à l'évolution.

Bibliographie

- ATLAN H., 1999. *La fin du tout-génétique. Vers de nouveaux paradigmes en biologie ?* Paris, INRA éditions, 91 p.
- AMEISEN J. C., 2009. Entre gènes et environnement. *Pour la Science*, **63** : 88-94.
- BETTAYEH K., 2003. On n'hérite peut-être pas que de l'ADN. *Science & Vie*, **1029** : 64-69.
- CARROLL S. B., 2008. Evo-devo and an expanding evolutionary synthesis: a genetic theory of morphological evolution. *Cell*, **134** : 25-36.
- CARROLL S. B., PRUD'HOMME B. & GOMPEL N., 2009. La régulation des gènes, moteur de l'évolution. *Pour la Science*, **63** : 52-59.
- GRIFFITHS A. J. F., WESSLER S., LEWONTIN R. C. & CARROLL S. B., 2010. *Introduction à l'analyse génétique*. Bruxelles, De Boeck, 5^{ème} édition, 856 p.
- HARRY M., 2001. *Génétique moléculaire et évolutive*. Paris, Maloine, 465 p.
- HUANGFU D., OSAFUNE K., MAEHR R., GUO W., EIJKELENBOOM A., CHEN S., MUHLESTEIN W. & MELTON D. A., 2008. Induction of pluripotent stem cells from primary human fibroblasts with only Oct4 and Sox2. *Nature Biotechnology*, **26** (11) : 1269-1275.
- LEWONTIN R., 2003. *La triple hélice : les gènes, l'organisme, l'environnement*. Paris, Le Seuil. 154 p.
- MORANGE M., 2005. Quelle place pour l'épigénétique ? *M/S : Médecine Sciences*, **21** (4) : 367-369.
- PRUD'HOMME B., GOMPEL N., CARROLL S. B., 2007. Emerging principles of regulatory evolution. *PNAS*, **104** : 8605-8612.
- VANDERMEERS F., KETTMANN R. & WILLENS L., 2008. Implication des modifications épigénétiques dans les cancers : développement de nouvelles approches thérapeutiques. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, **12** : 211-218.
- WRAY G. A., 2007. The evolutionary significance of cis-regulatory mutations. *Nature Reviews Genetics*, **8** : 206-216.

Adresse de l'auteur :

Laurence LADRIÈRE
 Laboratoire d'Enseignement de la Biologie
 Université Libre de Bruxelles (Erasmus), CP609/01
 Route de Lennik, 808
 B-1070 BRUXELLES (Belgique)
 Laurence.Ladriere@ulb.ac.be