



MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

# L'ÉVOLUTION EN QUESTIONS

**Il y a 150 ans** paraissait en Angleterre l'ouvrage de Charles Darwin « L'origine des espèces ». Il fut épuisé en deux jours !

**Et aujourd'hui ?** Les hypothèses de la théorie de l'évolution sont-elles toujours d'actualité ? Comment ont évolué les recherches en biologie, paléontologie et anthropologie à partir des bases établies par Darwin ? Ces écrits font-ils toujours référence ?

**Comment comprendre l'évolution en 2009 ?**



Darwin 2009

Exposition réalisée dans le cadre de l'Année Darwin 2009 avec le concours des scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle

Alexis Matamoro Vidal, Frédérique Théry,  
Guillaume Lecointre, Evelyne Heyer, Denis Vialou,  
Pascal Tassy, Jean-Marc Drouin

# Quel est le point commun entre un crapaud, un homme et un manchot ?

Il existe de nombreuses ressemblances entre les êtres vivants. Certaines sont communes à tous, alors que d'autres se retrouvent uniquement chez certains groupes. Par exemple, le crapaud, l'homme et le manchot, ainsi que tous les autres animaux tétrapodes, ont des membres supérieurs (pattes, ailes, bras...) munis de doigts. La théorie de l'évolution, explique l'origine de ces ressemblances : tous ces animaux descendent d'un ancêtre commun, qui avait des doigts à l'extrémité de ses membres supérieurs. Cet ancêtre a eu des descendants qui ont hérité de ces caractéristiques et les ont eux-mêmes transmises à leurs descendants, et ainsi de suite pendant plus de 300 millions d'années. Au fil des générations, les descendants ont accumulé de légères modifications de leurs membres supérieurs, faisant que certains les ont en forme d'aile, d'autres en forme de patte... Tous ont cependant conservé la même structure de base, héritée de leur ancêtre commun.

# L'évolution, comment ça marche ?

**A**u cours des générations, les descendants diffèrent légèrement de leurs parents suite à l'apparition de variations dans leurs caractères, causées par des mutations. Si ce processus se répète pendant de nombreuses générations, il est possible que les descendants soient très différents de leurs ancêtres. C'est la « descendance avec modification ».

**P**renons l'exemple d'une population d'escargots possédant tous une coquille de couleur blanche. L'apparition d'une mutation chez un individu peut entraîner la présence chez ses descendants d'une coquille de couleur rouge. Cette mutation étant héréditaire, certains descendants de ces individus à coquille rouge auront à leur tour une à coquille rouge. Par la suite, d'autres mutations peuvent faire apparaître des coquilles rayées et ainsi de suite.

Lorsque deux lignées accumulent chacune de leur côté un grand nombre de mutations, elles peuvent aboutir à la formation de deux espèces différentes.

# Etre ou ne pas être... adapté :

C'est l'adaptation d'un organisme qui lui permet de mieux survivre qu'un autre dans un environnement donné. Les variations sont dues à des mutations apparues de façon aléatoire. Par exemple, si des escargots à coquille blanche vivent sur une roche rouge, l'apparition d'une mutation donnant une coquille rouge permettra à ces escargots d'être mieux camouflés que ceux à coquille blanche vis-à-vis des prédateurs. La descendance de ces individus avantageés remplace alors progressivement celle des autres individus de la population. C'est ainsi que fonctionne la sélection naturelle.





# Il n'y a vraiment jamais d'erreur ?



**L**e processus d'évolution par sélection naturelle a ses limites. En effet, les organismes portent de nombreux traits qui leur sont désavantageux. Darwin nous a fourni un bon exemple de ces imperfections, en soulignant que tout ce que nous buvons et mangeons doit passer devant l'orifice de la trachée (qui conduit l'air vers les poumons), au risque d'y tomber et de bloquer le passage de l'air. Notre appareil digestif comporte donc un défaut de taille : le risque de s'étouffer lorsque nous mangeons quelque chose !

**L**es organismes, y compris les êtres humains, comportent donc de nombreuses caractéristiques problématiques, dues au fait que la sélection naturelle n'est pas toujours optimale.



# Et l'homme alors ?



**N**otre espèce, comme toutes les autres, résulte du processus d'évolution décrit par Charles Darwin : parfois, au hasard, une mutation provoque une variation qui permet à l'individu qui la porte de mieux se reproduire que les autres dans un environnement donné ; et c'est l'accumulation de ces variations au cours de nombreuses générations qui donne naissance à de nouvelles espèces.

**L**es évolutionnistes s'accordent tous pour dire que c'est ce processus, parsemé de hasards, qui explique l'apparition de l'espèce humaine. Au même titre que toutes les autres espèces, l'espèce humaine n'est donc pas l'acte d'une création spéciale.

# L'évolution : fait ou théorie ?

**U**n fait est un événement observable.

Une théorie n'est pas directement observable, elle explique les faits observés. L'évolution en général ne peut pas être considérée comme un fait car personne n'a pu observer l'évolution des espèces dans son intégralité. Néanmoins il existe des faits d'évolution.

L'évolution explique simplement et avec cohérence une très grande quantité de faits comme les fossiles ou l'adaptation des espèces. C'est pour cela qu'elle est une théorie scientifique.



# Connaître l'évolution : pour quoi faire ?



**N**otre connaissance de l'évolution a de nombreuses applications pratiques, notamment dans les domaines de la médecine, de l'agriculture et de l'écologie. En médecine, la mise en pratique de la théorie de l'évolution nous permet de mieux lutter contre tous les microorganismes (bactéries, virus..), qui évoluent à l'intérieur de notre corps. En agriculture, nos connaissances sur l'évolution permettent de protéger nos champs et nos élevages contre leurs ennemis naturels (certains insectes par exemple), sans utiliser de produits chimiques. En écologie, les études sur l'évolution aident à prévoir et à anticiper les dégâts causés par l'Homme dans la nature, du fait des modifications climatiques dont il est responsable.



# Les avantages du sexe sont encore l'un des mystères de l'évolution !

**L**es êtres vivants peuvent se reproduire de deux façons : soit de façon asexuée (un organisme fabrique tout seul ses descendants), soit de façon sexuée (un organisme doit s'accoupler avec un organisme d'un autre sexe pour produire des descendants). À chaque génération, la reproduction sexuée fabrique en moyenne deux fois moins de descendants que la reproduction asexuée ! À ce rythme, en peu de générations, les descendants des organismes asexués auraient vite fait de supplanter ceux des organismes sexués. Pourtant, la majorité des organismes sur Terre se reproduisent de façon sexuée. L'apparition du sexe au cours de l'histoire de la vie et son maintien sont donc l'un des chantiers les plus palpitants des années à venir pour les évolutionnistes.

# Évolution - religions, une mésaventure éternelle?



**D**e tous temps, les sciences et les religions se sont entrechoquées au sujet des origines de la vie et de l'Homme. Pourtant leurs domaines de réflexion sont bien distincts :

La science décrit rationnellement le monde réel grâce à des méthodes acceptées par tous les scientifiques. La religion a pour objectif de construire des représentations au delà du monde réel. Ces représentations peuvent varier radicalement d'une religion à une autre, tandis que la méthodologie scientifique est relativement similaire entre tous les membres de la communauté. La science et la religion répondent donc à des besoins différents.

**L**es frictions entre les deux surviennent lorsqu'une religion déborde sur l'activité scientifique en essayant de dicter ce qui est vrai ou faux, et lorsque les scientifiques cherchent à justifier leurs choix religieux au nom de la science.

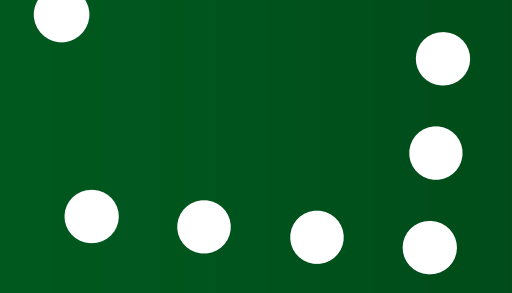
# Et dans 1 million d'années, à quoi ressemblera la vie ?

Il est impossible de le prédire, car le hasard occupe une place importante tant dans l'évolution que dans le devenir des environnements. Par exemple, il est impossible de prévoir si, au sein d'une population de moineaux, il apparaîtra des moineaux aux plumes rouges ou vertes. Ce n'est qu'une fois les nouvelles variations apparues que la sélection naturelle peut agir dessus. Si la nouvelle variation est avantageuse pour l'individu dans son environnement, elle se répandra dans la population ; au contraire, si elle est désavantageuse, elle disparaîtra.

Certaines variations, qui ne sont ni avantageuses, ni désavantageuses, évolueront de façon aléatoire : c'est la dérive génétique. Ainsi, un caractère présent au sein d'une population, ne signifie pas toujours qu'il a passé le filtre de la sélection naturelle : il peut simplement avoir été chanceux.

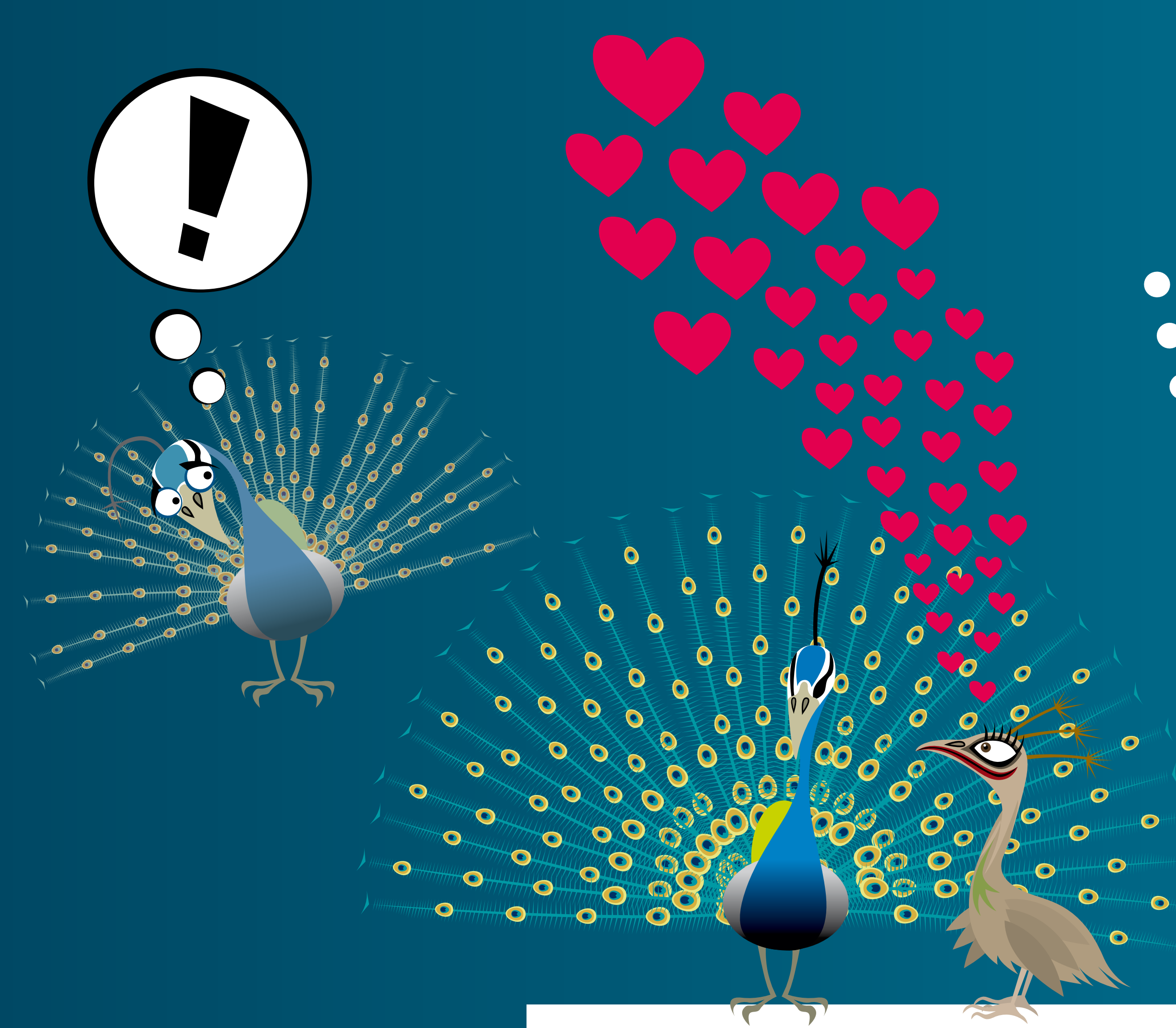


# Et si on essayait de classer ?



**C**lasser les espèces, c'est déterminer leurs liens de parenté. Pour y arriver, il faut comparer des caractères.

Un exemple de comparaison entre la grenouille verte, la pie bavarde et le pigeon biset : la pie et le pigeon possèdent des ailes, alors que la grenouille n'en possède pas. Si la pie et le pigeon ont tous deux des ailes, c'est parce que ces ailes leur ont été transmises par un ancêtre, commun à ces deux espèces mais pas à la grenouille. Pie et pigeon sont donc plus apparentés entre eux qu'avec la grenouille et sont groupés ensemble dans l'arbre phylogénétique correspondant. En travaillant sur de nombreux caractères et de nombreuses espèces, il est possible de comprendre leurs liens de parenté et d'en déduire un arbre phylogénétique de l'ensemble du vivant.



# À quoi sert la queue du paon ?

**S**elon la théorie de la sélection naturelle, les caractéristiques les plus avantageuses pour un individu dans un environnement donné ont tendance à se répandre dans la population. N'oublions pas que les individus qui laissent le plus de descendants ne sont pas seulement ceux qui survivent mieux, mais aussi ceux qui ont le plus facilement accès à un partenaire sexuel pour pouvoir se reproduire. Bien qu'encombrant, le plumage du paon devient un véritable atout à la saison des amours : en le déployant, le paon mâle se fait remarquer des femelles, augmente ses chances d'accouplement, et par la même occasion le nombre de ses descendants. Ce mécanisme est appelé sélection sexuelle. Il permet d'expliquer de nombreux caractères morphologiques et comportementaux.

# Insectes géants, hommes aux pouvoirs surnaturels, ces espèces existeront-elles un jour ?



**N**on... Bien que la diversité des formes vivantes soit immense, elle n'est pas illimitée. Prenons l'exemple des insectes. Ils ne possèdent pas de squelette interne (comme les os que nous possédons), mais un squelette externe appelé cuticule, qui recouvre leur corps. Si un insecte avait une très grande taille, sa cuticule ne serait plus suffisante pour le supporter, et il s'écraserait sous son propre poids. C'est une des raisons pour lesquelles il n'existe pas d'insecte géant. La diversité des formes vivantes pouvant apparaître au cours de l'évolution est ainsi restreinte par des contraintes physiques. Elle l'est également par des contraintes chimiques, physiologiques, et les formes déjà existantes.

# : Quoi de mieux depuis Darwin ?

## **LA GÉNÉTIQUE**

Lorsque Charles Darwin a proposé la théorie de la sélection naturelle, les connaissances en biologie ne lui permettaient pas de comprendre les mécanismes à la source des variations qu'il imaginait ni celui de leur transmission. C'est l'avènement et le développement de la génétique dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle qui a permis de combler cette lacune : les biologistes ont alors montré que ce sont des modifications du matériel génétique qui sont à l'origine des variations héréditaires, et que ces variations sont transmises à la descendance via les cellules sexuelles.

## **LA BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Cette nouvelle science a montré que ce sont les molécules d'ADN, présentes dans les cellules, qui portent et transmettent les mutations à l'origine des variations des organismes.

La biologie moléculaire permet aussi de compléter les liens de parenté entre espèces et donc de mieux comprendre l'histoire évolutive du vivant.

## **ET POURTANT... ILS BOUGENT !**

La découverte de la dérive des continents et de la tectonique des plaques a permis de combler une des plus grandes difficultés qu'a rencontré Darwin : comment expliquer la présence de fossiles apparentés de part et d'autres de l'océan atlantique, sachant qu'il s'agit d'espèces incapables de traverser l'océan ? Les avancées en géologie ont permis d'expliquer cela en montrant que les continents africain, européen et américain formaient, il y a 250 millions d'années, un seul continent sur lequel vivaient une flore et une faune commune.

## **DE L'ŒUF À LA POULE**

La biologie du développement élucide peu à peu les lois de la variation qui restaient mystérieuses aux yeux de Darwin. Elle montre comment se modifient les mécanismes du développement suite aux mutations génétiques et contribue ainsi à l'explication de la transformation des espèces.