

Auteurs  : Travail collectif(plus d'infos)

Résumé  : Document de Sarah Samadi, issu de l'ouvrage "29 notions clefs pour savourer et faire savourer la science - primaire et collège", paru aux éditions Le Pommier en août 2009.

Copyright  : Creative Commons France. Certains droits réservés.



Les mécanismes de l'évolution

## Qu'est-ce que l'« évolution » ?

La question de l'origine de la diversité des êtres vivants a longtemps trouvé sa réponse dans les récits « originels » des religions, hors du champ scientifique. C'est seulement avec Charles Darwin au xixe siècle qu'elle est abordée par la science. En effet, Darwin cherche à expliquer par des causes matérielles des faits observables. Parmi ces faits, outre la diversité des organismes actuels, il faut expliquer les restes d'organismes vivants trouvés à l'état fossile dans des sédiments et qui diffèrent des formes actuelles. La façon dont se forment les sédiments au cours du temps (les plus anciens au-dessous et les plus récents au-dessus) permet d'agencer ces fossiles dans des séries temporelles qui montrent que les formes du vivant ont changé au cours du temps et que l'on peut établir une « généalogie » de ces transformations. C'est à ce récit historique des transformations et à l'hypothèse d'un lien organique entre les différentes formes que renvoie le terme « évolution ». Dans ce contexte, le principal apport de Darwin est la recherche des mécanismes expliquant le déroulement de ce « film ». Ce sont ces mécanismes, que l'on regroupe sous la bannière de la « théorie de l'évolution », qui font l'objet de ce chapitre.

## Les êtres vivants, objets de la théorie de l'évolution

Pour bien comprendre ces mécanismes, il est utile de bien définir les objets auxquels ils s'appliquent, en l'occurrence tous les objets que l'on considère comme vivants. Il faut donc pour définir le domaine de la théorie de l'évolution déterminer quels sont les objets matériels qui sont vivants et donc se poser la question suivante : comment décide-t-on qu'un objet matériel est – ou non – vivant ?

D'un point de vue purement matériel, on peut caractériser les êtres vivants par les atomes et molécules qui les constituent et les réactions chimiques qui y sont associées. Sur Terre, tous les organismes que l'on considère comme vivants sont composés majoritairement d'atomes de carbone, d'azote, d'oxygène et d'hydrogène et sont le siège de réactions chimiques caractéristiques des molécules composées de ces atomes (chimie dite « organique »). Mais cette caractérisation n'est pas suffisante, car les objets « organiques » ne sont pas tous vivants. En effet, dans certaines conditions physico-chimiques (température, pression, présence de rayonnements UV, etc.), un mélange inerte d'eau (atomes d'oxygène et d'hydrogène), d'air (azote et oxygène principalement) et d'oxyde de carbone (oxygène et carbone) peut permettre des réactions chimiques conduisant à la synthèse de molécules organiques qui ne sont pas vivantes et qui ne sont pas non plus produites par des organismes vivants. Une autre façon de caractériser les organismes vivants plus précisément, mais toujours d'un point de vue matériel, renvoie à l'agencement complexe des molécules organiques qui les constituent. Dans cet agencement, les atomes et molécules sont en perpétuel renouvellement. Les organismes vivants sont comme le bateau de Thésée qui reste lui-même bien que toutes ses planches aient été changées l'une après l'autre.

Pourtant, intuitivement, la définition des êtres vivants ne relève pas de cette caractérisation matérielle. Les organismes vivants sont communément définis comme des objets qui naissent, grandissent, se reproduisent et enfin meurent, c'est-à-dire comme des objets qui existent pendant un certain laps de temps et qui sont capables, à partir de fragments d'eux-mêmes, de donner naissance à de nouveaux objets qui leur ressemblent. Cette définition, qui n'indique rien sur la nature matérielle des objets vivants, est cependant la plus universelle. Si, à l'occasion d'un voyage intersidéral sur une planète lambda, nous croisons un objet inconnu, ce n'est pas son analyse chimique qui nous permettrait de décider s'il est ou non vivant. En effet, on peut imaginer que cette chimie des êtres vivants sur Terre n'est que la conséquence des conditions chimiques qui prévalaient sur notre planète au moment où la vie est apparue comme on peut imaginer, même si nous n'en avons aucune preuve directe, que sous d'autres conditions ailleurs dans l'Univers, des organismes vivants – c'est-à-dire des objets matériels à durée de vie limitée et capables de reproduction – soient apparus avec une chimie différente.

## La diversité du vivant

Tous les êtres vivants peuvent être définis comme nous venons de le faire. Sous cette définition commune, nous réunissons une multitude d'objets comme, par exemple, une bactérie, une baleine, une orchidée ou un chat. Tous les êtres vivants ne sont donc pas identiques les uns aux autres, ils sont diversifiés. En outre, les mots « bactérie », « baleine », « orchidée » ou « chat » ne désignent pas chacun un seul organisme mais bien un ensemble d'organismes. Quelle est la signification de ces ensembles d'organismes ? Comment reconnaît-on qu'un chat est un chat ?

Cette question est abordée de façon intéressante dans le livre *Petit Prince Pouf* d'Agnès Desarthe et Claude Ponti. La troisième leçon du professeur Ku a en effet pour objet d'apprendre au prince Pouf qu'un chat est un chat. Pour cela, le professeur demande à son élève de décrire un chat. Le prince Pouf répond : « Un chat a des oreilles pointues, un petit nez rose, quatre pattes, une longue queue, des moustaches, des poils et... et... » Le professeur Ku aide son élève en ajoutant qu'un chat mange des souris et fait « miaou ». Il réinterroge alors son élève : « Que dirais-tu d'un animal qui aurait des oreilles pointues, un petit nez rose, quatre pattes, une longue queue, qui mangerait des souris, mais qui ne ferait pas miaou ? » Le prince Pouf répond : « Je dirais que c'est un chat. » Ensuite, le professeur lui demande ce que serait cet animal si, en plus de ne pas faire « miaou », il ne mangeait pas de souris. Le prince Pouf attribue l'animal ainsi décrit à la catégorie « chat ». Le professeur dessine alors un chien et dit : « Si je te dis que cet animal fait miaou, que me réponds-tu ? » Le prince Pouf trouve que cet animal est un chien, certes bizarre, mais un chien quand même. Le professeur rétorque alors : « Et pourquoi cela ? » ; ce à quoi le prince répond : « Parce qu'un chat est un chat. »

Cette petite histoire nous apprend deux choses. Pour parler des organismes vivants et les catégoriser, nous avons besoin de les décrire par des attributs. Ces attributs peuvent être des caractéristiques physiques mais aussi comportementales ou écologiques. L'autre enseignement de cette histoire est que, bien que l'on puisse catégoriser les êtres vivants grâce à leurs attributs (ce qui nous permet de distinguer les chats des chiens), ces attributs peuvent varier. La démonstration du professeur Ku montre que, malgré la variabilité des attributs, un chat est un chat. Cependant, il n'apporte pas de réponse à la question posée par les enfants lors de la lecture : « Oui, mais... pourquoi ? »

En d'autres termes, pourquoi un chat est-il un chat au-delà des variations possibles des attributs qui me permettent de reconnaître un chat ? Quand je vois un chat ou un chien, aussi bizarres soient-ils, ce qui me permettrait en cas de doute de trancher serait de connaître ses parents. Autre possibilité, regarder avec quels autres organismes cet animal bizarre est capable de se reproduire. Bref, ce qui nous permet en fine de distinguer un chat d'un chien, c'est que les chats ne font pas des chiens et réciproquement.

Prenons maintenant un ensemble d'objets vivants que l'on range dans une même catégorie, comme les êtres humains. Nous pouvons reconnaître chacun d'entre eux en le décrivant ; par exemple, Philémon a les yeux verts, il est bossu, il a trois grains de beauté sous l'oreille gauche et il aime particulièrement la soupe aux betteraves. On peut aussi, comme le fait par exemple la police scientifique, le caractériser par une empreinte génétique. Cette empreinte permet de reconnaître sans ambiguïté un individu mais aussi de retrouver ses parents biologiques (recherche en paternité). Cependant, au-delà de ces caractéristiques, aussi précises soient-elles, la façon dont nous pouvons caractériser chaque individu de façon unique est son état civil. En effet, cet état civil précise quand et où chacun est né, qui étaient ses parents, s'il a eu des enfants et avec qui, et enfin quand il est mort. Cet enchaînement d'événements que l'on note dans les registres d'état civil caractérise chaque individu de façon univoque et c'est d'ailleurs la raison d'être de ces enregistrements dans les sociétés où ils existent. Cette histoire individuelle permet de placer chaque humain dans une histoire généalogique et d'établir des liens de cousinage plus ou moins lointain entre eux. Chaque nouveau point dans cette généalogie résulte de la rencontre des gamètes (cellules reproductrices correspondant à de petites fractions matérielles d'un individu) d'un père et d'une mère qui ont permis la naissance de ce nouvel individu. Le lien généalogique entre organismes n'est donc pas un lien symbolique mais bien une relation matérielle entre ces organismes. Si l'on disposait des registres d'état civil des chiens et des chats, on pourrait constater qu'actuellement, ces deux registres ne se recoupent jamais. Nous ne disposons bien évidemment pas de tels registres, mais par l'observation nous savons que les chats et les chiens ne se croisent pas. Ce sont ces ensembles que les scientifiques appellent des espèces et qu'ils décomptent pour évaluer la diversité biologique. Comprendre la diversité du vivant revient donc à comprendre pourquoi il existe des registres d'état civil indépendants les uns des autres.

## Descendance avec modification

Chez les naturalistes d'avant Darwin, les espèces étaient déjà définies comme des ensembles d'individus liés généalogiquement les uns aux autres, tous les individus regroupés dans une espèce étant alors considérés comme issus de la descendance d'un couple originel. La ressemblance au sein d'une espèce résultant du processus de reproduction et les variations observées entre les individus étaient considérées, dans ce cadre créationniste, comme des « accidents ». Cette vision change avec Darwin qui, en s'appuyant sur le devenir de ces variations au cours du temps, propose que le degré de ressemblance entre les espèces puisse être interprété comme la trace d'un lien généalogique entre les espèces.

En d'autres termes, si l'on pouvait consulter suffisamment loin dans le temps les registres d'état civil des chats et des chiens, on pourrait constater qu'il y a longtemps, les ancêtres des chiens et des chats actuels appartenaient à un même registre. Si l'on disposait d'une description de ces ancêtres, on constaterait que malgré le partage d'un certain nombre des attributs communs aux chats et aux chiens actuels, ils étaient différents des chats et des chiens actuels. Bien sûr, de tels registres n'existent pas et les seules informations dont nous disposons sont les « registres fossiles ». Ces registres nous donnent une indication temporelle, mais ce sont les traits enregistrés par la fossilisation qui nous permettent de rattacher les formes anciennes aux formes vivantes actuelles.

Darwin, pour expliquer cette relation de ressemblance entre les espèces, s'appuie sur la domestication et la sélection artificielle. En effet, l'homme a trouvé le moyen de faire « évoluer » les espèces sauvages en des variétés ou races très différenciées, mimant ainsi ce que l'on observe à travers les données fossiles sur de plus grandes échelles de temps. Il analyse donc ce que font concrètement les agriculteurs et les éleveurs pour aboutir à de nouvelles formes. Pour y arriver, les éleveurs sélectionnent à chaque génération les individus correspondant le plus à la forme qu'ils recherchent. Ils utilisent les individus ainsi choisis comme parents de la génération suivante et répètent ce processus successivement sur un grand nombre de générations. C'est par ce jeu de croisements qu'à partir d'un animal ressemblant probablement au loup actuel l'homme a pu produire des formes aussi différentes que le chihuahua et le saint-bernard. Ce jeu est possible grâce à la variabilité des caractères portés par les individus. C'est donc sur ce processus utilisé par l'homme sur les espèces naturelles que Darwin se fonde pour expliquer que les affinités observées entre les espèces naturelles sont la conséquence d'une relation généalogique et de la variabilité des traits entre les individus. Il généralise cette idée en utilisant la fameuse expression « descendance avec modifications ».

## Des variétés aux espèces

Quelle est la différence entre ces races d'animaux ou ces variétés de plantes, issues de la manipulation par l'homme des individus reproducteurs, et ce que le scientifique appelle « espèces » ? Comme nous l'avons vu plus haut, les espèces correspondent à des registres d'état civil définitivement séparés. Si l'on prend l'exemple des chats et des chiens, non seulement ils ne sont pas capables actuellement de se reproduire ensemble mais nous avons de nombreux arguments pour penser qu'aucune manipulation ne permettrait de les en rendre capables. En effet, les chats comme les chiens ont chacun des caractères qui leur permettent de se croiser entre eux mais qui les empêchent de se croiser avec les autres espèces. Si l'on prend les variétés de chiens produites par l'homme, les croisements entre les « races » sont possibles – cela donne ce que l'on appelle des chiens « bâtards ». Évidemment, croiser un chihuahua avec un saint-bernard n'est pas forcément possible sans l'intervention de l'homme en raison de la différence de taille entre ces deux races de chiens. Cependant, un chihuahua va être capable de se croiser avec des chiens un peu plus gros que lui – et un peu plus petits pour le saint-bernard. Donc, même si les croisements ne sont pas directement possibles, un chien dit « corniaud » peut avoir dans ses ancêtres un chien de chacune de ces deux races et être lui-même capable de se croiser avec l'une ou l'autre de ces races. Maintenir « pure » une race de chien revient à maintenir séparés les registres d'état civil de chaque race. Dans le cas des chiens, la séparation de ces registres est artificielle. Si toute pression humaine sur les croisements était relâchée et si les chiens étaient libres de se croiser, en quelques générations les races se mélangeraient et ne formeraient plus qu'un seul registre d'état civil. Imaginons que sur une île perdue au milieu de l'océan il n'y ait que des saint-bernard et sur une autre que des chihuahuas. Imaginons maintenant que tous les chiens qui ne sont pas sur ces deux îles

complètement isolées meurent, par exemple suite à une maladie. Il faut donc aller chercher des animaux sur ces deux îles pour réintroduire les chiens partout ailleurs. Cependant, les saint-bernard et les chihuahuas ne sont plus alors capables de se croiser car il n'existe plus aucune forme intermédiaire. À partir de cette date, il existera donc deux registres d'état civil autonomes et ces deux races deviendront des espèces. Comprendre les mécanismes de l'évolution, c'est dès lors comprendre comment un groupe d'organismes qui forme une communauté de reproduction (une espèce) se divise au cours du temps (spéciation) et donne naissance à de nouvelles espèces et donc comprendre pourquoi il y a une multitude d'espèces.

## Variabilité et hérédité

Au sein des espèces, il existe une certaine variabilité entre les individus. Comme nous l'avons vu au travers de l'exemple des chiens, c'est grâce au tri opéré sur les reproducteurs qu'il y a « évolution » de la forme des individus au cours des générations. Cependant, ce tri ne peut avoir lieu que si les caractères d'un individu sont transmissibles à sa descendance, c'est-à-dire, en d'autres termes, que si ces caractères sont héréditaires. Si je prends chez l'homme la couleur de la peau, elle est dans une certaine mesure héréditaire : des parents noirs de peau auront des enfants également noirs de peau. Mais, pour une couleur donnée, la plus ou moins longue exposition au soleil va modifier cette couleur qui va être plus ou moins hâlée. Si un couple de Suédois à la peau très blanche s'installe dans le midi de la France, leur couleur de peau sera différente de celle de leurs parents respectifs restés en Suède, simplement parce qu'ils ne seront pas soumis à la même quantité de rayons UV. Si les descendants de ce couple retournent ensuite s'installer en Suède, leur couleur de peau sera identique à celle de leurs cousins qui, eux, seront nés en Suède. La différence de couleur observée entre les Suédois installés dans le midi de la France et ceux restés en Suède n'est donc pas héréditaire. Ce phénomène est courant : par exemple, le poids et la taille d'un individu sont fortement héréditaires. Globalement, la taille d'un individu et son poids dépendent fortement de ceux de ses parents. Cependant, un enfant qui a des parents grands et robustes mais qui subit au cours de son enfance la malnutrition sera plus chétif que ses parents. Mais, si les descendants de cet individu grandissent dans des conditions alimentaires plus satisfaisantes, ils seront grands et robustes comme leurs grands-parents. La chétivité de l'individu ayant subi cette malnutrition n'est donc pas héréditaire et reflète simplement les conditions alimentaires de sa croissance. La chétivité ou le hâle ne résultent pas d'une « évolution » mais simplement d'une situation matérielle rencontrée par les individus au cours de leur vie, situation qui ne sera pas forcément celle rencontrée par leurs descendants.

L'évolution se fait sur des caractères transmis de parent à descendant, mais pour qu'il y ait évolution, il faut que des différences héréditaires apparaissent. Ces divergences héréditaires sont appelées par les scientifiques des mutations. Ces mutations correspondent à des modifications matérielles d'un être vivant qui sont transmises à ses descendants. Une des principales causes en est les rayonnements auxquels sont couramment soumis les êtres vivants. Ce sont par exemple les rayonnements UV du soleil ou les rayonnements radioactifs émis par les minéraux d'une roche granitique. Ces modifications sont rares et, le plus souvent, produisent des variations qui n'ont pas ou peu d'effets visibles sur les individus. Certains, se basant sur les conséquences délétères de rayonnements violents subis par les êtres vivants, notamment lors des catastrophes nucléaires, diront que les mutations ne peuvent apporter de formes nouvelles « bénéfiques ». Leur discours est fondé sur le fait que les mutations observées chez les enfants d'Hiroshima ou de Tchernobyl correspondent à des malformations et à des cancers graves et ils en concluent qu'en conséquence, ces mutations ne peuvent expliquer la diversité observée des êtres vivants. Ces mutations impressionnantes, qui rendent généralement les organismes qui les subissent incapables de se reproduire, ne sont pas celles que les organismes subissent habituellement. Certes, nous venons de le dire, la plupart des mutations résultent de rayonnements plus faibles que les rayonnements nucléaires (soleil, roches granitiques) et ont peu d'effets visibles. Elles sont cependant bel et bien présentes et apportent une source suffisante de variabilité pour permettre une évolution des formes du vivant. Parmi les mutations que l'on a pu voir apparaître et étudier, on peut notamment citer les résistances des bactéries aux antibiotiques ou des moustiques aux insecticides. Ces mutations sont néfastes de notre point de vue humain mais bien bénéfiques pour la survie de ces organismes dont nous aimerions nous protéger. Chez l'homme, un exemple de mutation dont l'avantage est évident est fourni par les mutations conférant une résistance naturelle au virus VIH, responsable du sida.

---

Source URL: <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/20248/29-notions-clefs-les-mecanismes-de-levolution>