

Hasard et Nécessité :
les concilier dans le processus de l'évolution

Raphaël Champeimont

10 mai 2009

Table des matières

1	Historique	2
1.1	Du fixisme au transformisme	2
1.2	La sélection naturelle	2
2	L'origine du hasard	3
2.1	Les mutations	3
2.2	Nouvelle explication de l'évolution	3
3	La richesse du hasard	3
3.1	Le mécanisme de production des anticorps	3
4	Du hasard à la nécessité	4
4.1	La résistance des bactéries aux antibiotiques	4
4.2	Stabilité	4
4.3	Un exemple de nécessité d'adaptation : la phalène du bouleau	4
4.4	Le "gène égoïste"	5
4.5	La coopération	5
5	Les limites de la nécessité	5
5.1	Les gènes "neutres"	5
5.2	Les gènes liés	6
6	Conclusion	6

1 Historique

1.1 Du fixisme au transformisme

Pendant des siècles, on a pensé que toutes les espèces, animales et végétales étaient comme elles sont aujourd’hui dès le départ. C’est la découverte de nombreux fossiles d’espèces différentes de celles vivant aujourd’hui qui a conduit à rechercher la raison de leur disparition. Avec Lamarck, l’idée d’une “transformation” des espèces est apparue. Il avait en effet remarqué qu’on pouvait observer des ressemblances entre les espèces fossiles et actuelles, et qu’on observait une évolution vers l’espèce actuelle en regardant les fossiles des différentes époques. On savait également à l’époque de Lamarck que l’environnement sur Terre avait changé pendant l’existence de la vie, or le fixisme ne permettait pas d’expliquer comment les espèces auraient pu être adaptées tout au long de ces changements si elle n’avaient pas changé.[4]

Lamarck proposa alors les hypothèses :

- l’utilisation d’un organe le développe en fonction de l’emploi qu’il en est fait, sa non-utilisation le dégrade
- les caractères acquis se transmettent aux descendants.

Lamarck avançait ainsi l’idée de l’évolution. L’exemple célèbre qu’il utilise est celui des girafes qui, obligées d’allonger leur cou pour manger les feuilles en hauteur dans les arbres, ont transmis ce caractère, d’où la longueur de leur cou actuel.

giraffokeryx (reconstitution),
l’ancêtre de la girafe,
avant l’allongement du cou

1.2 La sélection naturelle

C’est avec Darwin [2] qu’apparaît l’idée de la “sélection naturelle”. En effet il est courant de pratiquer la sélection artificielle sur des espèces animales ou végétales afin d’en améliorer les caractéristiques. Pour cela, les sélectionneurs croisent des individus (par exemple des animaux) ayant les caractéristiques voulues et répètent l’opération jusqu’à obtenir une race “améliorée”.

L’idée de Darwin est que une sélection s’opère de la même manière dans la nature. En effet, Darwin admet que dans une population il ne peut survivre qu’un nombre limité d’individus. Le “choix” de ceux qui vont survivre et se reproduire dépend donc des caractéristiques de ces individus. (par exemple force, rapidité, résistance, etc.) Les individus ayant des caractéristiques leur permettant avec une plus grande probabilité d’arriver à se reproduire (ce qui implique de survivre jusqu’à leur reproduction) vont donc transmettre leurs caractères. Chaque caractère a une “valeur sélective” qui détermine combien ce caractère est favorable (ou défavorable) à la reproduction de l’individu. C’est ainsi que les caractères favorables sont transmis.

Il faut évidemment expliquer comment ces caractères se transmettent, Darwin admettait pour cela, comme Lamarck, que les caractères acquis se transmettent. La découverte de l’ADN et des processus de réplication et de traduction montra que cette hypothèse était fausse, mais permet une nouvelle explication de l’évolution basée sur le hasard.

2 L'origine du hasard

2.1 Les mutations

Depuis la découverte des mécanismes de la génétique moléculaire, on sait que les caractères acquis ne se transmettent pas. En effet, seule une information génétique est transmise, et cette information n'est pas modifiée au cours de la vie de l'individu.

En revanche, on a mis en évidence l'existence d'erreurs lors de la transmission du patrimoine génétique : par exemple un nucléotide avec une base *A* remplacé par un nucléotide avec une base *T*. Ces erreurs, les mutations, se produisent "au hasard". En réalité, ces mutations sont déterminées par des causes réelles. Par exemple il est possible de provoquer des mutations en bombardant des cellules avec un rayonnement (par exemple rayons X). Des mutations se produisent alors "n'importe où", sans aucune relation avec le rôle du gène sur lequel elle se produit (dans le cas où elle a lieu sur un gène).

2.2 Nouvelle explication de l'évolution

Le néo-darwinisme, dans la Théorie synthétique de l'Évolution [6] explique l'évolution comme ceci :

- Des mutations ont lieu dans les cellules reproductrices chez les individus, ces mutations sont aléatoires. Elles conduisent à l'apparition de nouveaux allèles.
- Lorsqu'un nouvel allèle se répand dans la population, la sélection naturelle agit et l'allèle est ou non conservé en fonction de sa valeur sélective dans le milieu.

3 La richesse du hasard

3.1 Le mécanisme de production des anticorps

Pour lutter contre les virus ou bactéries nocives pour l'organisme, les antigènes, les animaux produisent des anticorps. Ces anticorps sont spécifiques de l'antigène, or il existe un nombre énorme de possibilités d'antigènes. Il ne peut donc pas y avoir de gènes codant pour tous les anticorps possibles. [3] On a découvert que les anticorps sont produits en combinant une série de segments génétiques aléatoirement. C'est ensuite l'antigène qui, par "sélection naturelle" permet de produire en grande quantité l'anticorps approprié.

4 Du hasard à la nécessité

4.1 La résistance des bactéries aux antibiotiques

Bien que les mutations soient complètement aléatoires, il existe des cas où l'évolution est complètement déterminée. Par exemple, chez les bactéries, la probabilité pour un gène de subir une mutation qui altère les propriétés de la protéine est de 10^{-6} à 10^{-8} par génération cellulaire. Mais comme une population de milliards de bactéries peut vivre dans quelques millilitres, on peut avoir chaque mutation possible présente en 10, 100 ou même 1000 exemplaires. [3] Si les bactéries se trouvent alors dans un environnement où la pression sélective est très forte, par exemple en présence d'un antibiotique, seules celles qui possèdent les "bonnes" mutations vont survivre. Si de telles mutations existent, elles sont *nécessairement* représentées par plusieurs individus. [8] Ces bactéries vont donc survivre, et les génotypes adaptés vont donc se répandre (lors de la multiplication des bactéries). On voit donc dans cet exemple que, bien que les mutations soient aléatoires, on peut observer sur des populations des cas où la nécessité est quasi-absolue.

4.2 Stabilité

On sait que certaines espèces n'ont que très peu évolué. Par exemple l'huitre avait la même apparence et sans doute la même saveur il y a 150 millions d'années qu'aujourd'hui. [3] De plus, le mécanisme de traduction et le code génétique n'ont pas changé depuis deux ou trois milliard d'années. On explique cette stabilité par le fait que le système avait atteint une cohérence importante que d'éventuelles mutations auraient diminué. Il y a donc une nécessité de garder cette stabilité.

4.3 Un exemple de nécessité d'adaptation : la phalène du bouleau

Une espèce de papillons, la phalène du bouleau, est un exemple d'observation de la sélection naturelle sous nos yeux. En 1848, la première phalène noire est capturée dans la région de Manchester. À cette époque, la phalène blanche est largement dominante. [1] Mais en 1985, 98% des phalènes dans cette même région sont noires. Les phalènes blanches sont donc devenues très rares. Des expériences faites par le biologiste H.B.D.Kettlewell ont montré que dans les régions industrialisées les phalènes noires survivent en plus grand nombre que les phalènes blanches, l'effet est inverse est observé dans les régions restées rurales. Une hypothèse est que avant l'industrialisation, les bouleaux étant blancs et couverts de lichens, les phalènes blanches pouvaient s'y camoufler et ainsi échapper aux prédateurs. Mais avec la révolution industrielle, la pollution a fait disparaître les lichens et a rendu noirs les troncs des bouleaux, les phalènes noires sont donc avantagées dans ces régions industrialisées. Nous avons donc ici un autre exemple de sélection naturelle, chez les animaux, et que nous pouvons observer se dérouler sous nos yeux. Il y a dans le cas des phalènes une nécessité de s'adapter en ayant une couleur noire.

la phalène blanche la phalène noire

4.4 Le “gène égoïste”

Il est important de comprendre que ce n’est pas la survie de l’individu qui est le “but” de l’évolution mais la survie du gène. Une façon de voir cela consiste à voir les individus comme des instruments créés par les gènes pour leur propre survie. C’est ce que Richard Dawkins appelle le “gène égoïste”, comme il le dit : “Nous sommes des machines à survie – des robots programmés à l’aveugle pour préserver les molécules égoïstes connues sous le nom de gènes”. [1]

Il est alors compréhensible que des parties du génomes soit “inutiles”. On comprend alors aussi pourquoi certains individus chez les animaux se sacrifient pour les individus qui portent un patrimoine génétique semblable au leur. Nous allons en montrer une application.

4.5 La coopération

La théorie du gène égoïste permet d’expliquer des comportements comme celui des lionnes qui allètent les petits des autres lionnes. [1] En effet cela peut paraître surprenant, car les lionnes devraient favoriser uniquement leurs descendants qui transmettent leurs gènes. Mais en y regardant de plus près, on se rend compte que toutes les lionnes sont apparentées dans une même troupe, donc une lionne qui favorise les petits d’une autre lionne permet de transmettre ses gènes. Le gène “de l’entraide pour l’allaitement” serait bénéfique s’il est réparti sur une troupe de lions portant ce gène. En effet, il est nécessaire aux lionnes de chasser, et ce comportement permet de continuer à allaiter les petits même quand leurs mères sont parties chasser. On comprend donc que la sélection naturelle à pu favoriser le gène responsable de ce comportement.

5 Les limites de la nécessité

La nécessité n’intervient pas toujours autant que dans les cas que nous avons vus. En effet s’il y avait une nécessité absolue, toutes les variations disparaîtraient et une “race idéale” apparaîtrait qui aurait toutes les caractéristiques optimales. Le meilleur allèle de chaque gène continuerait seul à exister. En fait, il n’y aurait même pas eu de différenciation des espèces, mais une uniformisation. Or dans la réalité, on constate que dans les populations animales 40 à 50% des caractères au moins sont polymorphes. [2]

5.1 Les gènes “neutres”

On peut expliquer ce phénomène par le principe des “gènes neutres”, c’est à dire des gènes dont la valeur sélective est nulle (ni favorable, ni défavorable). Les mutations responsables des allèles ne sont donc pas soumises à la sélection. Il est donc logique que différents allèles se répandent dans la population et qu’on observe ce polymorphisme.

5.2 Les gènes liés

Dans le processus de l'évolution, il est nécessaire de tenir compte du rôle de la position des gènes sur les chromosomes. En effet deux gènes proches sur les chromosomes ont plus de chances d'être transmis ensemble. C'est ainsi que si l'on a par exemple deux gènes, dont un n'a pas de valeur sélective mais où l'autre subit une pression importante de la sélection, le premier gène a beaucoup de chances d'être transmis et de se répandre bien qu'il n'apporte aucun avantage particulier.

On peut expliquer de cette manière la couleur de peau des hommes. En effet elle ne peut être le résultat d'une sélection car dans ce cas les hommes seraient blancs dans les régions chaudes et noirs dans les froides, étant donné qu'une couleur plus foncée entraîne une plus grande absorption de chaleur. [2] On peut avancer l'hypothèse d'une plus grande résistance aux rayonnements à faible longueur d'onde mais cela n'est pas assez important pour avoir une pression sélective. La répartition des couleurs de peaux ne peut donc s'expliquer que par des gènes neutres ou la proximité avec des gènes ayant une importance sélective.

Qu'il s'agisse des gènes neutres ou liés, la nécessité n'intervient pas dans ces cas là. Et comme la position d'un gène est du au hasard (ou à des causes qu'on ne peut pas déterminer ce qui revient au même) on peut donc dire que dans ces deux cas seul le hasard intervient, ou du moins qu'il y a plus de hasard que de nécessité.

6 Conclusion

Nous avons donc vu que l'évolution est à la base due au hasard, pourtant beaucoup de changements sont nécessaires du fait de la valeur sélective des gènes. Des facteurs liés à l'environnement ou l'existence d'avantages engendrés par certains gènes conditionnent l'évolution. Mais cette nécessité est limitée du fait de l'existence de "plusieurs solutions" et également par la présence de gènes sans valeur sélective ou d'autres facteurs dans la transmission des gènes (gènes liés).

Bibliographie

- [1] Robert Barbault, *Un éléphant dans un jeu de quilles*, 2006
- [2] Albert Jacquard, *Eloge de la différence*, 1978
- [3] Jacques Monod, *Le hasard et la nécessité*, 1970
- [4] Wikipédia, *Histoire du transformisme*
- [5] Wikipédia, *Théorie synthétique de l'évolution*
- [6] Wikipédia, *Évolution (biologie)*
- [7] Wikipédia, *Sélection naturelle*
- [8] Wikipédia, *Natural selection*