

Chapitre 1. Histoire des idées

..... Rappel de cours

L'idée d'évolution apparaît à plusieurs reprises dans les écrits ou les traditions orales des sociétés humaines mais sans que ces concepts ne résultent d'une démarche scientifique. Dans les pays occidentaux, une interprétation littérale du livre de la Genèse, associée à la jeunesse supposée de la Terre, constituaient des obstacles majeurs au concept d'évolution de la vie. L'archevêque irlandais James Ussher (1581-1656) avait en effet attribué un âge de 4004 ans à la Terre.

1. Le siècle des Lumières et les premiers arguments en faveur de l'idée d'évolution

Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon, dit Buffon (1707-1788) estima le premier un âge pour la Terre compatible avec l'idée d'évolution. Il définit l'espèce par l'isolement reproducteur et proposa les premiers modèles de spéciation.

Georges Cuvier (1769-1832) fut le fondateur de la paléontologie et de l'anatomie comparée grâce à la théorie des corrélations. Il prouva la réalité des extinctions. Malgré cela il fut résolument fixiste, mais en tenant un discours sans référence biblique. Il insista sur les discontinuités du vivant dans lequel il ne voyait, à l'inverse de Lamarck, aucune série allant vers un accroissement de la complexité et de la perfection. Il nia la réalité du transformisme car il le jugea incompatible avec l'adaptation de l'animal à son milieu.

Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) fit le lien entre la notion de plan d'organisation émise par Cuvier et l'idée d'évolution par la notion moderne d'homologie, des caractères homologues étant définis comme hérités d'ancêtres communs.

Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, chevalier de Lamarck, dit Lamarck (1744-1829) considérait que les espèces connues à l'état fossile mais inconnues aujourd'hui n'avaient pas disparu mais qu'elles s'étaient transformées. Selon lui, cette transformation se réalisait sous le double effet de l'usage et du non-usage et de l'hérédité

des caractères acquis. Pour Lamarck, les changements de l'environnement ont priorité, ils induisent des besoins et des activités chez les individus et ceux-ci à leur tour engendrent des variations adaptatives.

Lamarck fut le premier à proposer une vision d'un monde dynamique. Il fut aussi le premier à avoir compris la nature adaptative des caractères des animaux. Il fut donc un évolutionniste authentique, qui attribua un grand âge à la Terre et qui inclût l'homme dans une évolution qu'il considérait comme graduelle, même si sa conception des lignées évolutives était associée à une progression vers la perfection. Mais, contrairement à une opinion largement répandue, le concept d'hérédité des caractères acquis n'a pas été inventé par lui, c'était un concept largement admis à l'époque et que Darwin admettait aussi. Être lamarckien signifie être transformiste mais en acceptant le concept de lignée évolutive de manière littérale, c'est-à-dire avec une évolution orientée vers un perfectionnement des êtres.

2. Darwin et la sélection naturelle

Charles Darwin (1809-1882) s'intéressa surtout à la diversification du vivant, c'est-à-dire à la transformation dans l'espace dite horizontale. En se basant sur un large éventail d'arguments, il affirma que les espèces évoluent et qu'elles descendent toutes d'un ancêtre commun. Il tira ses arguments :

- de la paléontologie car les espèces ne sont pas invariables et des espèces de niveaux consécutifs se ressemblent davantage que des espèces de formations éloignées, plus une forme est ancienne plus les espèces diffèrent des espèces actuelles ;
- de la biogéographie et des peuplements insulaires, les peuplements des îles ressemblent toujours aux peuplements des continents les plus proches, on ne trouve dans les îles que des taxa qui possèdent une capacité à la dispersion ;
- des homologies et des plans d'organisation, il distingua les analogies qui ne sont pas utilisées par les systématiciens et qui correspondent à l'action des mêmes contraintes sélectives, et les homologies qui témoignent d'une origine commune ;
- de l'embryologie, les embryons de vertébrés se ressemblent plus que les adultes ;
- de la domestication qui est une sélection artificielle due à l'homme.

Influencé par Thomas Malthus (1766-1834), il proposa un mécanisme à cette transformation : la sélection naturelle¹. Selon ce modèle les individus les mieux adaptés à un environnement sont ceux qui ont le plus de descendants. Cette adaptation étant transmissible à la descendance, ce caractère se répand au fil des générations dans

1. Darwin C. (1859) *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la lutte pour l'existence dans la nature*, édité par librairie François Maspero, Paris, 1980.

la population. La survie dans la lutte pour l'existence n'est pas due au hasard mais aux capacités héréditaires des individus. Au fil des générations ce processus conduit graduellement à l'évolution et à l'apparition de nouvelles espèces. Il expliqua bien que ce qui importe c'est de se reproduire davantage que les autres, la sélection naturelle est la persistance du plus apte et pas la survie du plus apte (celui qui survit sans se reproduire n'est pas sélectionné).

Darwin fixa une limite toujours actuelle à sa théorie : l'absence fréquente de formes intermédiaires dans les séries fossiles.

Pour Darwin, des variations au hasard surviennent d'abord chez les organismes et après seulement intervient l'ordonnement par l'environnement (la sélection naturelle).

3. Après Darwin, l'apport de la génétique

3.1. La réfutation de l'hérédité des caractères acquis

L'idée d'un monde en évolution et d'une origine commune aux êtres vivants furent assez bien admises par les scientifiques. Par contre le concept de sélection naturelle rencontra une franche opposition. Un des problèmes non résolu par Darwin était l'origine et la nature de la variation constatée dans les populations. Ne pouvant apporter de réponse, Darwin avait accepté le principe de l'hérédité des caractères acquis. Cette théorie fut réfutée en 1883 par Auguste Weismann. C'est Georges Romanes qui créa le terme de néodarwinisme pour qualifier le darwinisme dépourvu de référence à l'hérédité des caractères acquis (1894).

Cette étape est importante car plus tard elle permettra d'argumenter le fait que dans un processus de sélection naturelle l'individu ne crée rien, c'est un véhicule qui transmet à sa descendance les gènes reçus de ses parents, modifiés ou non par mutation aléatoire.

3.2. L'apport des travaux de Morgan et ses conséquences

La redécouverte des travaux de Mendel en 1900 allait permettre de commencer de comprendre les mécanismes génétiques de l'évolution. Mais les généticiens de l'époque (de Vries, Bateson, Johannsen) adoptèrent le saltationisme, c'est-à-dire l'apparition d'une nouvelle espèce à partir d'une seule mutation alors que les naturalistes savaient par expérience que la spéciation est un processus généralement graduel. Ce sont les travaux de Morgan (à partir de 1910) sur la drosophile qui montrèrent que les mutations étaient suffisamment petites pour permettre un changement graduel au sein des populations.

La synthèse fut réalisée par Ronald A. Fisher (1930), Sewal Wright (1931) et John B.S. Haldane (1932) qui définirent l'évolution comme une variation temporelle de la fréquence des gènes dans une population, variation due à la sélection naturelle de

petites mutations aléatoires dont les effets sont additifs (gènes ou allèles indépendants agissant tous dans le même sens) ou non additifs (épistasie, dominance...). L'idée d'existence d'allèles neutres évoluant par dérive était également affirmée. Ces travaux permettaient de donner une explication à l'adaptation. Une adaptation est un trait anatomique, physiologique ou comportemental qui contribue à la capacité d'un individu à survivre et se reproduire dans l'environnement dans lequel il évolue. L'adaptation confère donc un gain de valeur sélective.

3.3. L'explication de l'origine de la biodiversité

La synthèse de Fischer n'expliquait pas la multiplication des espèces car les généticiens qui en étaient à l'origine limitaient leur étude à un groupe de gènes (ou à un seul gène et ses différents allèles) dans une population donnée et à un moment donné. L'explication de l'origine de la biodiversité, c'est-à-dire de la multiplication des espèces, grâce aux travaux des généticiens, fut réalisée en 1937 par Theodosius Dobzhansky (*Genetic and the origin of species*). C'est lui qui a mis en relation les modèles de spéciation allopatriques (voir chapitre 2) que les naturalistes utilisaient depuis les années 1920 et la démarche des généticiens des populations. Cet ouvrage fut complété par un zoologiste ornithologue : Ernst Mayr (*Systematic and the origin of species*, 1942), un paléontologue : Georges G. Simpson (*Tempo and mode in evolution*, 1944) et un généticien botaniste : Georges L. Stebbins (*Variation and evolution in plants*, 1950). C'est la synthèse entre ces 4 chercheurs lors d'un symposium international à Princeton en janvier 1947 qui porte le nom de théorie synthétique.

« La théorie synthétique défend une évolution graduelle (gradualisme), l'amélioration et la complexification progressive des organismes (scalisme), et enfin une idée selon laquelle tout caractère a été sélectionné au cours de l'évolution et qu'il est nécessairement bien adapté ». Pascal Picq, *Pour la Science*, juillet 2007.

3.4. Après la théorie synthétique

Après la théorie synthétique, les étapes majeures dans l'évolution des idées ont été :

- le modèle neutraliste (Motoo Kimura, 1965 pour la première publication, 1983 pour l'ouvrage synthétique) qui montre que les fréquences alléliques peuvent varier au cours des générations de manière aléatoire, indépendamment de la sélection naturelle et donc des caractères conférés par ces allèles ;
- la remise en cause de l'idée que tout caractère est nécessairement bien adapté et fruit de la sélection naturelle (voir par exemple Gould 1988, Gould 1994) ;
- la théorie des équilibres ponctués (Nilse Eldredge & Stephen J. Gould, 1972) qui introduit l'idée d'une vitesse variable des processus évolutifs et l'importance des petites populations marginales dans la spéciation ;
- le recours à la biologie du développement dans la compréhension des processus évolutifs (l'évo-dévo, Corey S. Goodman & Bridget C. Coughlin 1992, voir chapitre 5).

La théorie de l'évolution a révolutionné les classifications du vivant. En polarisant les caractères, les méthodes cladistiques (chapitre 4) conduisent à des taxonomies compatibles avec l'histoire de la vie, en regroupant les espèces en fonction de leur ancêtre commun, et non plus en fonction de leurs ressemblances souvent trompeuses et philosophiquement orientées.



Figure de synthèse. Les grandes étapes historiques de la biologie évolutive
Les dates sont celles des publications.

Question 1 L'hérédité des caractères acquis :

- 1. est l'un des arguments utilisé par Lamarck dans sa théorie.
- 2. constitue historiquement une différence entre les idées de Lamarck et celles de Darwin.
- 3. a été réfutée pour la première fois par Auguste Weismann.

Question 2 Lamarck pensait que

- 1. l'hérédité des caractères acquis constitue le principal mécanisme évolutif.
- 2. les êtres vivants se transforment au fil des générations.
- 3. l'évolution de la vie conduit au progrès.

Question 3 La découverte de la structure de l'ADN

- 1. a permis de déterminer la nature chimique du support matériel de l'hérédité.
- 2. a permis de comprendre l'origine moléculaire des mutations.
- 3. a permis de donner la première définition du gène.
- 4. a été indispensable pour établir la théorie synthétique.
- 5. a été un préalable à la synthèse de Fisher et à la génétique des populations.

Question 4 La sélection naturelle est définie comme :

- 1. la survie du plus apte.
- 2. un synonyme de compétition interspécifique.
- 3. une reproduction différentielle des organismes.

► Réponses exactes et éléments de justification

Question 1. L'hérédité des caractères acquis...

Réponses : 1, 3

Darwin croyait comme tous les scientifiques de son époque à l'hérédité des caractères acquis.

Question 2. Lamarck pensait que...

Réponses : 1, 2, 3

Question 3. La découverte de la structure de l'ADN...

Réponse 2

La démonstration que l'ADN est support de l'information génétique date de 1944 (Avery, MacLeod & McCarty), la découverte de la structure de l'ADN date de 1953 (Watson & Crick), c'est le danois Wilhelm Johannsen (1857-1927) qui a créé le mot gène et fait la différence entre génotype et phénotype, la théorie synthétique date de 1947, la synthèse de Fisher et la génétique des populations datent de 1930-1932.

Question 4. La sélection naturelle est définie comme...

Réponses : 2 et 3

Celui qui survit mais ne se reproduit pas n'est pas sélectionné. Comme la sélection est une transmission différentielle de gènes c'est une notion relative dans une population et c'est donc un processus de compétition.

Sujet de synthèse

Limite posée par Darwin à sa théorie

Dans *L'origine des espèces* (1859), Charles Darwin a écrit : « Quiconque n'admet pas l'imperfection des documents géologiques doit avec raison repousser ma théorie tout entière. » Après avoir défini la théorie à laquelle il fait référence, vous justifierez son affirmation concernant les documents géologiques en la confrontant à celles d'autres évolutionnistes du XIX^e siècle et vous expliquerez les arguments qui permettent aujourd'hui de les rendre compatibles avec le concept d'évolution.

► Éléments de correction du sujet de synthèse

Introduction

L'évolution est une transformation des organismes vivants au cours des générations. Son existence a été argumentée originellement par Lamarck qui s'est appuyé sur l'étude des fossiles. Pour lui, si des espèces inconnues aujourd'hui sont présentes sous forme de fossiles, ce n'est pas qu'elles ont disparu mais qu'elles se sont transformées au cours du temps.

La sélection naturelle a été établie par Darwin à partir d'études de populations actuelles. La paléontologie apparaît alors comme un test dans le temps de ce modèle évolutif.

I. Le mécanisme darwinien de l'évolution : la sélection naturelle

1. Arguments de Charles Darwin

Les êtres vivants présentent des affinités mutuelles illustrées par la comparaison de plans d'organisation : par exemple les vertébrés tétrapodes partagent tous le membre chiridien suggérant un ancêtre commun (notion d'homologie qu'il distingue des analogies).

Les ressemblances entre les formes larvaires ou embryonnaires peuvent être supérieures aux ressemblances entre les formes adultes (exemple des crustacés), des caractères ancestraux qui sont absents chez l'adulte (fentes branchiales chez les vertébrés) peuvent être présents à l'état embryonnaire.

L'endémisme insulaire (cas de la faune des Galápagos) suggère une divergence de populations en condition isolée suite à une colonisation à partir du continent le plus proche.

Les successions géologiques montrent des fossiles portant des caractères « intermédiaires » entre certains groupes, comme pour l'archéoptéryx entre « reptiles » et oiseaux (termes entre guillemets à discuter avec les connaissances du chapitre 4). Le Glyptodon fossile d'Amérique du sud ressemble aux tatous actuels qui ne sont présents que sur ce continent.

2. La sélection naturelle selon Charles Darwin : la persistance du plus apte.

Le modèle s'appuie sur les idées de Thomas Malthus et s'inspire du travail de domestication réalisé par l'homme. Darwin constate que : les individus des espèces produisent plus de descendants qu'il n'en peut survivre, les populations sont remarquablement stables, les ressources sont limitées. En conséquence il y a lutte pour l'existence et mortalité élevée. De plus, une grande variabilité de caractère existe dans les populations, et ces caractères sont héréditaires. La survie dans la lutte pour l'existence n'est pas due au hasard mais aux capacités héréditaires des individus, c'est un processus de sélection naturelle. Certains individus ont donc plus de descendants que les autres à