

L'évolution selon Darwin (Partie 2)



Philippe Lachaume
Maître de conférence en génétique — UCA



Cabinet de curiosité
© Ryan Somma

Pédagogie et médiation
06/11/2018

20 minutes
0

On a pu voir dans la première partie sur le sujet **comment Darwin a fait ses découvertes** et sur la base de quelles constatations et travaux il a publié sa fameuse œuvre **« L'Origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle, ou la préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie »**.

Plus d'un siècle et demi après sa publication, la théorie darwinienne influence toujours notre compréhension et nos travaux de recherche en matière d'évolution... Mais pas que !

Ce que vous allez apprendre

- Quelles sont les lacunes de la théorie de Darwin
- Comment, sur la base de sa théorie, les choses ont évoluées
- De quels principes fondamentaux de sa théorie se nourrit la biologie du XXI^e siècle
- Quels sont les principes de base de l'évolution

François Dalle
Il n'y a pas d'évolution sans liberté d'essayer.

CLICK TO TWEET

Depuis Darwin

La théorie de Darwin souffrait d'un manque évident : il fallait identifier les mécanismes du déterminisme et de la transmission des caractères. Les hypothèses les plus farfelues avaient été imaginées jusque-là mais rien de sérieux n'avait été découvert. C'est à **Gregor Mendel** que l'on doit la première mise en évidence des mécanismes de transmission des caractères. Contemporain de Darwin, ses travaux ont été publiés en 1865. Passés inaperçus ou presque, ils seront redécouverts à la fin du siècle.

À partir de 1910, Thomas Morgan et son équipe élaborent la « théorie chromosomique de l'hérédité », démontrant que les gènes, unités d'information responsables des caractères, étaient portés par des structures cellulaires particulières : les chromosomes.

Il faut attendre 1944 pour que les travaux de l'équipe de Oswald Avery démontrent que le support de l'information génétique, c'est-à-dire des gènes, est l'ADN et non pas les protéines, autre constituant des chromosomes.

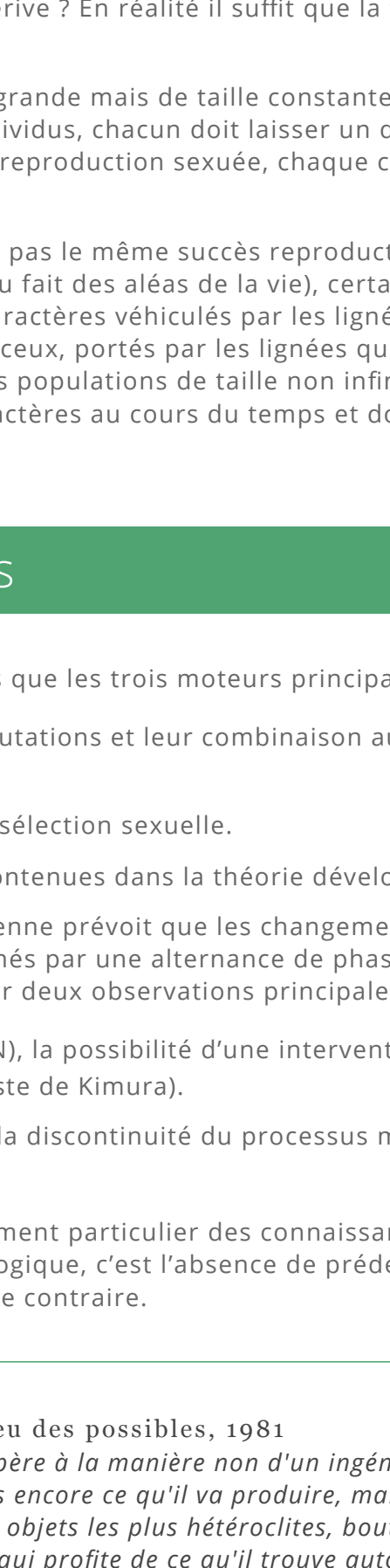
C'est dans les années 1930-1940 que la synthèse entre la génétique, la génétique des populations et l'évolutionnisme darwinien va donner naissance à une théorie unificatrice connue sous le nom de « théorie synthétique de l'évolution » ou « néodarwinisme ». Les éléments principaux de la théorie darwinienne sont repris mais certains mécanismes sont précisés, en particulier la diversité des populations naturelles est attribuée au mécanisme de mutation de l'ADN, la sélection des allèles avantageux est le moteur principal (voire exclusif) de l'évolution.

Fait nouveau et très important, grâce à cette synthèse, l'évolution devient expérimentable. En effet, les mécanismes responsables de la modification graduelle des populations à une échelle de temps compatible avec l'observation (microévolution) sont unifiés à ceux responsables des modifications à l'échelle évolutive (macroévolution).

Le développement de la biologie moléculaire, en particulier le séquençage des protéines puis de l'ADN, a très largement confirmé la parenté des espèces vivantes. Si l'on compare les globines β (protéine intervenant dans le transport de l'oxygène) entre différentes espèces de vertébrés, on constate qu'il existe une relation quasi linéaire entre le temps de séparation des espèces (établi sur des observations paléontologiques) et le taux de ressemblance de ces protéines. Tout se passe donc comme si l'évolution des séquences était un processus continu et constant.

Ce fait est désormais très utilisé pour retracer l'histoire évolutive de différentes espèces. Et pour l'essentiel cette histoire est proche de celle envisagée en utilisant d'autres données que moléculaires, montrant en quelque sorte la cohérence des processus évolutifs.

Enfin, Darwin serait sans doute ravi de constater que les systématiciens d'aujourd'hui ont repris sa représentation buissonnante (corail) de l'évolution de la vie :



Conception d'un arbre de vie

Jean-Christophe Grangé
D'une certaine façon, la génétique n'est qu'une mémoire. Celle de notre évolution, incrustée dans notre chair.

CLICK TO TWEET

Ce que Darwin avait sous-estimé

La réintégration de l'homme dans l'histoire commune du monde vivant serait sans doute pour certains plus facile à admettre si l'aléatoire ne prenait autant de place dans les mécanismes évolutifs décrits par Darwin. En effet, deux facteurs sont essentiels dans sa théorie : la variation dans les populations et la sélection.

Or, le hasard y joue un rôle important. La mutation, source de la variabilité des espèces, est un processus aléatoire ne permettant aucune anticipation des modifications produites. La sélection, quant à elle, dépend de phénomènes divers dont la conjonction est imprévisible. Il va de soi que la réunion du couple mutation et sélection qui lui procure un avantage est d'autant plus aléatoire.

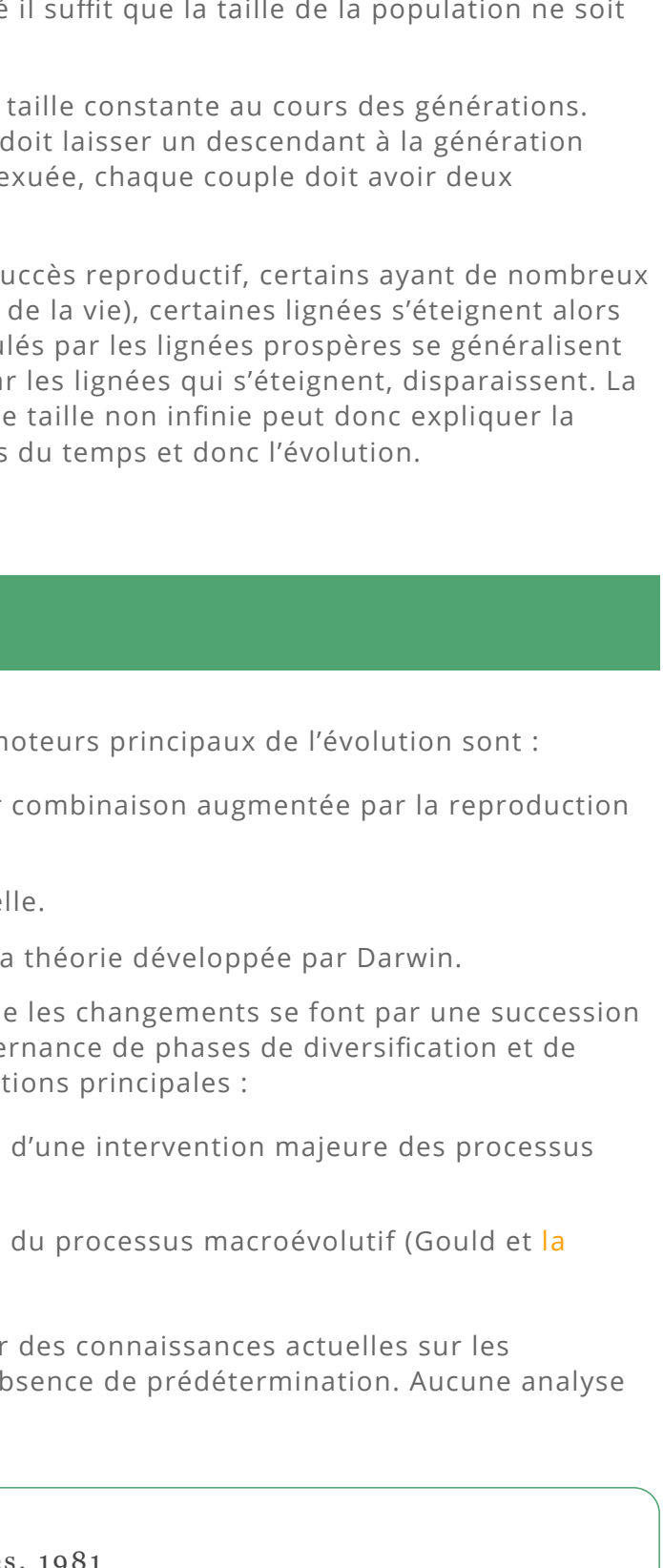
Malgré tout, la part du hasard dans les processus évolutifs est largement sous-estimée dans la théorie darwinienne puis dans la théorie synthétique.

Depuis longtemps, les généticiens des populations ont observé que plus une population est de petite taille, plus sa diversité génétique est faible. A chaque génération, la faiblesse du nombre de reproducteurs augmente la probabilité de ne pas transmettre l'une des formes présentes d'un caractère.

Il n'est donc pas utile dans ce cas de faire appel à la sélection pour voir évoluer une population. Mais quelle importance ce phénomène appelé « dérive génétique » joue-t-il vraiment dans l'évolution ? Une population de petite taille est-elle indispensable à l'apparition du processus de dérive ? En réalité il suffit que la taille de la population ne soit pas infinie.

Prenons une population assez grande mais de taille constante au cours des générations. Pour maintenir le nombre d'individus, chacun doit laisser un descendant à la génération suivante ou dans une espèce à reproduction sexuée, chaque couple doit avoir deux descendants.

Ainsi, tous les individus n'ayant pas le même succès reproductif, certains ayant de nombreux descendants, d'autres aucun (du fait des aléas de la vie), certaines lignées s'éteignent alors que d'autres prospèrent. Les caractères véhiculés par les lignées prospères se généralisent dans les populations alors que ceux, portés par les lignées qui s'éteignent, disparaissent. La transmission aléatoire dans des populations de taille non infinie peut donc expliquer la transformation de certains caractères au cours du temps et donc l'évolution.



Dérive génétique de fixation du caractère sans défense suite à une forte réduction de la population
© Yathin S Krishnappa

Constats actuels

Il est donc unanimement admis que les trois moteurs principaux de l'évolution sont :

- La variation à travers les mutations et leur combinaison augmentée par la reproduction sexuée.
- La sélection naturelle et la sélection sexuelle.
- Le hasard, toutes choses contenues dans la théorie développée par Darwin.

Une vision strictement darwinienne prévoit que les changements se font par une succession de petits changements, gouvernés par une alternance de phases de diversification et de sélection. Elle est contredite par deux observations principales :

- Au niveau moléculaire (ADN), la possibilité d'une intervention majeure des processus aléatoires (théorie neutraliste de Kimura).
- Au niveau macroscopique, la discontinuité du processus macroévolutif (Gould et **la théorie punctualiste**).

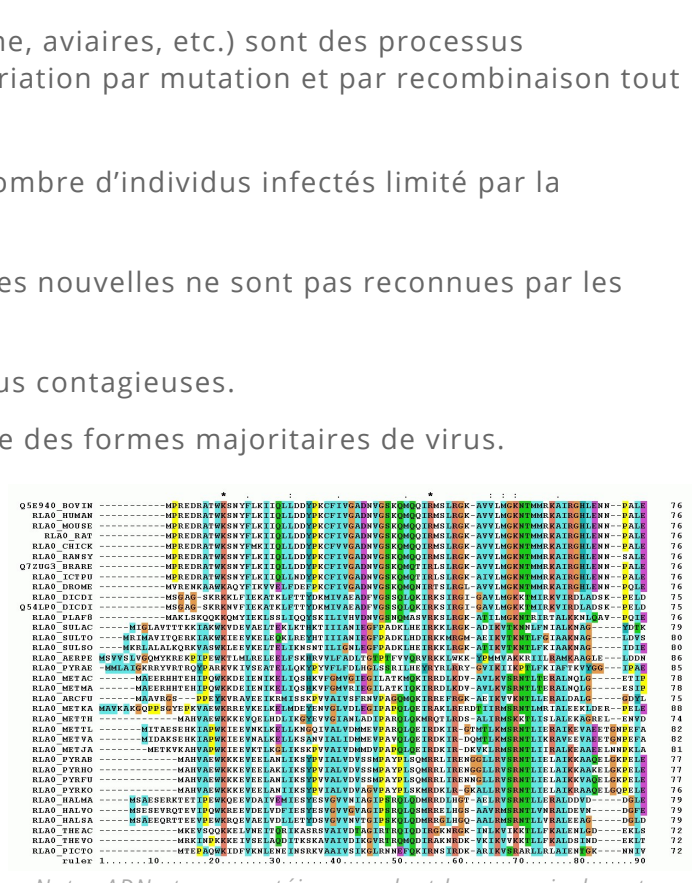
Si l'on doit retenir un enseignement particulier des connaissances actuelles sur les mécanismes de l'évolution biologique, c'est l'absence de prédétermination. Aucune analyse scientifique n'a jamais montré le contraire.

François Jacob - Le jeu des possibles, 1981
La sélection naturelle opère à la manière non d'un ingénieur, mais d'un bricoleur ; un bricoleur qui ne sait pas encore ce qu'il va produire, mais récupère tout ce qui lui tombe sous la main, les objets les plus hétéroclites, bouts de ficelle, morceaux de bois. Bref, un bricoleur qui profite de ce qu'il trouve autour de lui pour en tirer quelque objet utilisable.

Darwin au XXI^e siècle

Le biologiste du XXI^e siècle utilise au quotidien des concepts qui doivent beaucoup à Darwin, souvent sans s'en rendre compte.

Par exemple, que vaudrait le principe du modèle animal pour progresser dans la connaissance du fonctionnement du corps humain et dans les applications médicales si la parenté évolutive entre ces animaux et l'homme n'étaient pas établie ? Quel intérêt d'utiliser une souris plutôt qu'une grenouille si ce n'est parce que la souris et l'homme ont une parenté plus importante et partagent plus de caractères ?



La souris un cousin que nous veut du bien !
© Janet Stephens

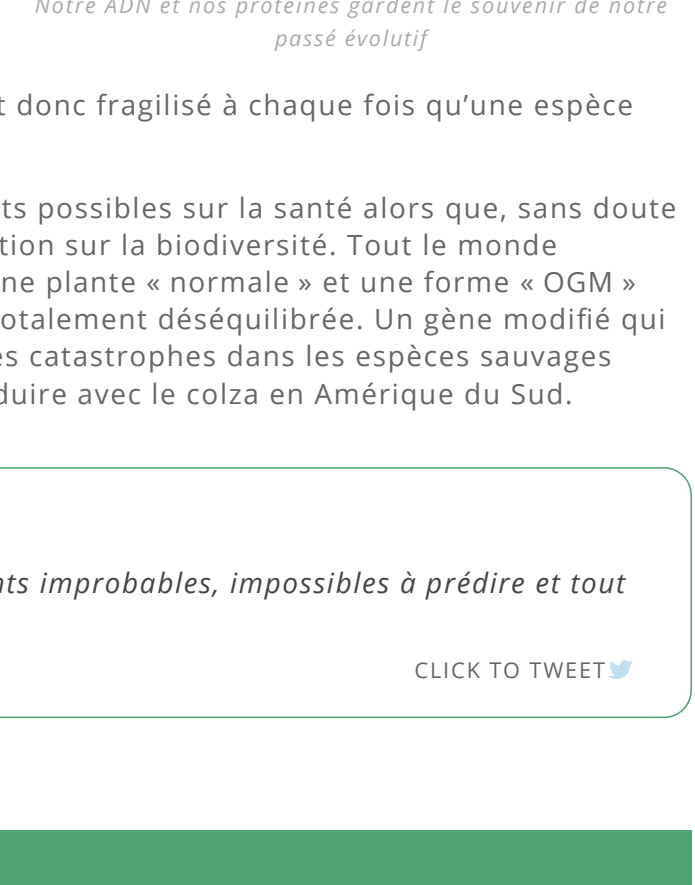
Toute mutation qui a une action négative sur le déroulement d'un processus biologique va inévitablement être éliminée par la sélection. Celle-ci joue un rôle protecteur des fonctions essentielles. Ainsi, sur un gène, les parties qui sont les plus importantes pour son bon fonctionnement supportent moins que d'autres les changements aléatoires. Ce principe est utilisé au quotidien par les biologistes moléculaires pour, dans un génome, identifier les gènes et leurs séquences de régulation et dans les gènes, les parties fonctionnelles pour les distinguer des parties structurales. Une fois de plus, merci monsieur Darwin...

Les épidémies de grippe (saisonnières, porcine, aviaires, etc.) sont des processus darwiniens par excellence. On y retrouve la variation par mutation et par recombinaison tout aussi bien que la sélection lors de l'infection :

- Limitation des ressources pour le virus (nombre d'individus infectés limité par la vaccination).
- Avantage à la nouveauté puisque les formes nouvelles ne sont pas reconnues par les systèmes immunitaires.
- Multiplication accélérée des formes les plus contagieuses.

La conséquence en est la variation permanente des formes majoritaires de virus.

Le débat sur la préservation de la biodiversité est lui aussi indissociable des processus évolutifs. Celle-ci ne se limite pas à la diversité des espèces, elle est indissociable du polymorphisme de ces espèces (diversité intra-spécifique) et de la diversité des relations qui s'établissent entre elles (parasitisme, relation proie-prédateur, commensalisme, etc.). Ce dernier point est essentiel car c'est ce qui détermine l'équilibre naturel en agissant comme force de sélection sur les organismes, en minimisant la prolifération et en maintenant les formes adaptées. Un écosystème entier est donc fragilisé à chaque fois qu'une espèce disparaît.



Notre ADN et nos protéines gardent le souvenir de notre passé évolutif

Le débat sur les **OGM** s'est focalisé sur les effets possibles sur la santé alors que, sans doute possible, le plus grand danger est celui de l'action sur la biodiversité. Tout le monde comprendra que la lutte pour la survie entre une plante « normale » et une forme « OGM » résistante à un herbicide ou un parasite sera totalement déséquilibrée. Un gène modifié qui s'échappe d'une plante cultivée provoquera des catastrophes dans les espèces sauvages réceptrices. C'est ce qui est en train de se produire avec le colza en Amérique du Sud.

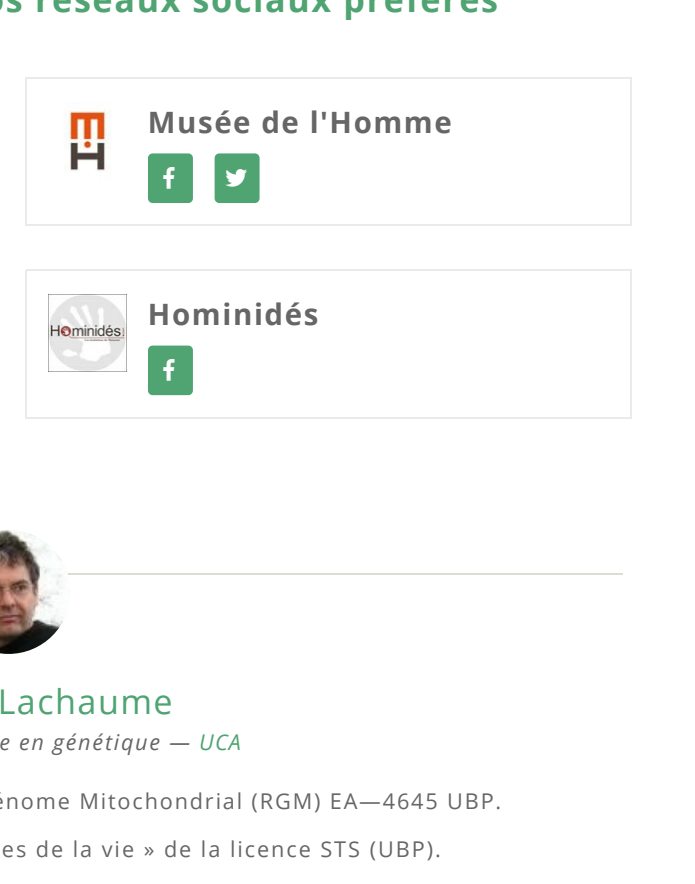
Stephen Jay Gould
L'évolution est un ensemble d'événements improbables, impossibles à prédire et tout à fait non reproductibles.

CLICK TO TWEET

La biologie a évolué

La biologie a énormément progressé depuis 150 ans, mais aucune révolution n'est venue bouleverser fondamentalement ses modes de pensée. Pire, certaines dérives sont constatées.

L'une d'entre elle est celle introduite par la génétique et la biologie moléculaire. Par simplisme, par paresse ou par ignorance, on a tenté d'imprimer dans la connaissance collective le fait que les gènes ou leur support ADN contenait la totalité de l'information nécessaire à la construction et à la vie d'un organisme. Vous connaissez le gène, vous connaissez son rôle, vous pouvez prévoir ses effets.



ADN
© National Institute of Standards and Technology

Tout prouve malheureusement que là encore les choses ne sont pas aussi simples... La proposition la plus originale pour contrecarrer cette vision est celle de **J- J. Kupiec et P. Sonigo**. Ils préconisent d'appliquer le principe de variation-sélection à chaque niveau de complexité du vivant. Quand deux molécules interagissent pour remplir un rôle biologique, de nombreuses interactions sont possibles (variation), l'une d'elles sera active sur le processus biologique et sera conservée (sélection). Un niveau de complexité ne doit donc pas tout à celui qui le précède, construit une information nouvelle et participe à la complexification.

Pour conclure

Avant Darwin, la vie devait tout à Dieu. Depuis l'avènement de la **génétique, elle devait tout aux gènes. Avec Kupiec et Sonigo il n'y a « ni Dieu, ni gène » qui vaillent pour comprendre la vie.**

Les spécialistes du sujet sont sur vos réseaux sociaux préférés



Philippe Lachaume
Maître de conférence en génétique — UCA

Membre du laboratoire Réparation du Génome Mitochondrial (RGM) EA—4645 UBP.

Responsable de la mention « Sciences de la vie » de la licence STS (UBP).

Responsable des enseignements de génétique des populations et évolution à l'UFR ST et ESPE de Clermont-Ferrand.