

Les mécanismes non génétiques de diversification du vivant

La diversification des individus, essentielle pour l'évolution, trouve son origine dans les processus génétique mais seulement en partie. D'autres mécanismes interviennent dans la diversification des phénotypes.

D'après Dawkins, 1982 : le phénotype, ce n'est pas que le produit du génotype...! Le phénotype est aussi fait de traits comportementaux et d'éléments biotiques et abiotiques

1 – Le phénotype étendu

Qu'est ce que c'est ?

https://www.canal-.tv/video/educagri/sur_les_traces_richard_dawkins_le_phenotype_etendu.13247

Le concept de phénotype étendu a été défini par le généticien Richard Dawkins en 1982. Selon lui l'expression des gènes s'étend au-delà de l'organisme lui même. Le phénotype n'est pas que l'expression de nos gènes au niveau de nos molécules, de nos cellules et de notre organisme mais il est aussi fait de traits comportementaux comme par exemple les parades nuptiales,.... de constructions comme par exemple des toiles d'araignées, les barrages des castors, les nids d'oiseaux..... (voir p 98 – 99).

Les constructions réalisées par les êtres vivants résultent souvent de comportements innés, contrôlés génétiquement. En mobilisant des éléments inertes du milieu, ce espèces animales augmentent leurs chances de survie ou de reproduction et donc favorisent la transmission de leurs gènes à leur descendance. Il en est de même pour certains comportements.

2 – Les associations entre êtres vivants

Comment ces associations participent-elles à la diversification des phénotypes ?

Les symbioses

exemple du ver de Roscoff (livre p 96)

Extrait de la vidéo du chapitre

<https://www.youtube.com/watch?v=09KtYuqWGW8>

Les symbioses apportent des avantages aux deux partenaires augmentant leurs capacités de survie.

Il existe de nombreux cas de symbioses non héréditaires qui ne modifient pas les génomes.

Par exemple chez les lichens, l'association entre le champignon et l'algue aboutit a une nouvelle forme de vie bénéfique à la nutrition des deux partenaires. De plus la synthèse de la pariétine qui protège le lichen des UV permet la colonisation de milieux de vie hostiles aux organismes non symbiotiques.

Un autre exemple est le microbiote intestinal qui est acquis par contact lors de l'accouchement puis de l'allaitement et continue de s'acquérir et de se diversifier tout au long de la vie.

De la symbiose en nous!

100 000 000 000 000 cellules humaines!

10 000 000 000 000 bactéries sur la peau!

100 000 000 000 000 bactéries dans l'intestin!

100 000 000 000 000 mitochondries (héréditaire transmis par la mère)

Des modifications comportementales

- liées à une association avec des parasites : exemple des gammares (livre p 97)
- liées au microbiote : exemple la modification du comportement des souris (14ème minute) [\[Conférence\] MA. SELOSSE - Evolution du vivant et symbiose - YouTube](#)

En permettant d'acquérir de nouvelles capacités ou de nouveaux comportements les associations entre êtres vivants participent à la diversification des phénotypes étendus.

3 - La transmission des comportements acquis

Contrairement aux comportements innés, les comportements acquis sont le produit des expériences et des apprentissages individuels. Ils peuvent être une source de diversification des populations s'ils se transmettent.

La transmission horizontale des comportements au sein des populations.

La transmission horizontale est la transmission d'un comportement entre individus d'une même génération.

- Exemple de la transmission de la technique de chasse des baleines à bosse (p 101)

		<1980	1980	1981	2007	2011	>2011
Technique de chasse (en % d'individus la pratiquant)	Filets de bulles dans l'eau (coûteuse en énergie)	100 %	99 %	80 %	60 %	54 %	45 %
	Coup de queue sur la surface (proies chassées plus grandes)	0	1 %	20 %	40 %	45 %	50 %
	Piégeage gueule ouverte à la surface (stationnaire, demande peu d'énergie, nécessite la présence d'oiseaux plongeurs qui effraient les poissons et les poussent à nager dans le fond de la bouche de la baleine)	0	0	0	0	1 %	5 %

5 L'apparition et la transmission de nouvelles techniques de chasse chez les baleines à bosse. Pour se nourrir, les baleines à bosse plongent puis remontent en nageant en spirales tout en lâchant des filets de bulles d'air pour former une barrière visuelle aux bancs de poissons qu'elles engloutissent en remontant gueule ouverte. Depuis quelques années de nouvelles techniques de chasse ont été observées (au large des côtes nord-est américaines).

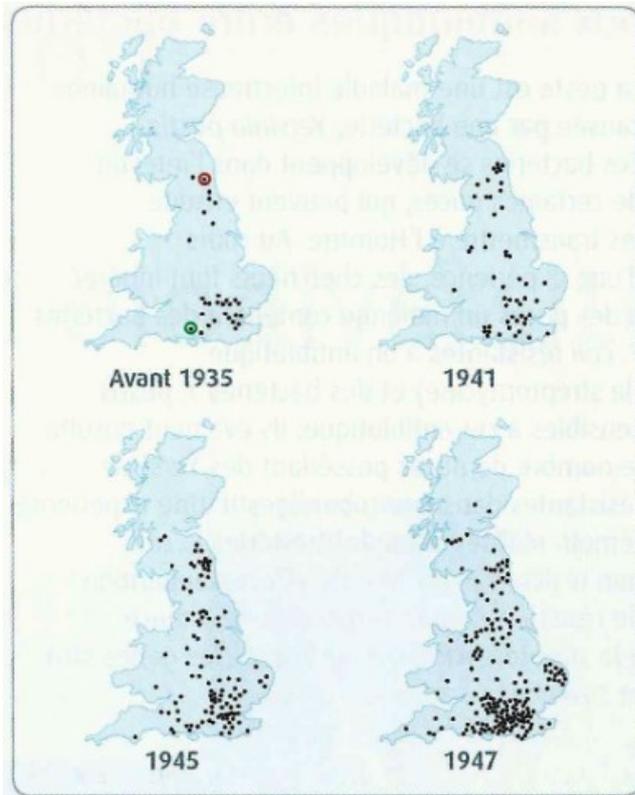


▲ Baleines à bosse.

On note l'apparition d'une nouvelle technique de chasse à partir de 1980 probablement liée à la chasse de proies plus grandes. Cette technique se propage progressivement jusqu'à représenter la moitié des techniques de chasse.

L'analyse a démontré que l'apprentissage ne se fait pas de mère à baleineaux, que la génétique n'explique pas non plus ce phénomène, et qu'il ne semble pas venir d'un apprentissage strictement individuel. Les baleines apprennent en s'observant les unes les autres, en groupe. Au bout d'un certain temps, la baleine qui « ne sait pas comment faire » se met à imiter ses voisines et apprend d'elles une nouvelle façon de chasser. C'est ce même mécanisme qui préside, chez les baleines, à l'apprentissage de leurs mélodieux chants sous-marins.

- Exemple des mésanges voleuses de lait en Angleterre.



Au ^{xx}e siècle, en Grande-Bretagne, le lait frais était déposé le matin par le laitier dans une bouteille fermée devant la porte des habitations. Dans les années 1920, on a commencé à observer des mésanges qui ouvraient l'opercule des bouteilles pour se nourrir de la crème formée en surface du lait. Les 25 années suivantes ont vu une propagation très rapide de ce comportement parmi les mésanges anglaises. En outre, on a vu des individus appartenant à 11 autres espèces d'oiseaux pratiquer le même comportement.



1. Une mésange bleue ouvrant une bouteille de lait.

2. Propagation du comportement d'ouverture des bouteilles de lait chez les mésanges en Grande-Bretagne entre 1935 et 1947. Les points entourés correspondent aux localisations des premières observations de ce comportement, en 1921 (orange) et en 1926 (vert).

Dans les deux cas, la propagation du nouveau comportement s'est faite par imitation des congénères. Cet apprentissage nécessite une communication entre les individus. En effet, si on a observé quelques rouges gorges capables d'ouvrir les bouteilles de lait, le comportement ne s'est pas étendu sur l'ensemble du territoire.

La transmission verticale s'effectue des adultes aux jeunes

- Td sur les chants des oiseaux

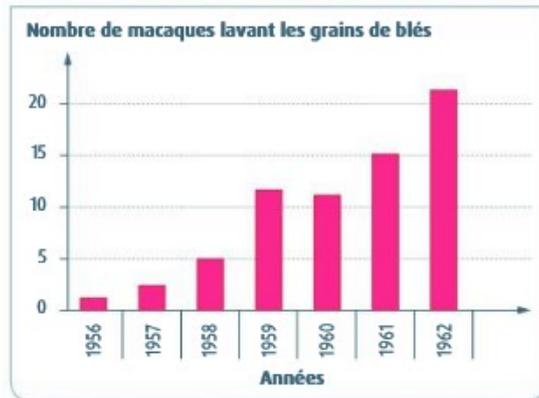
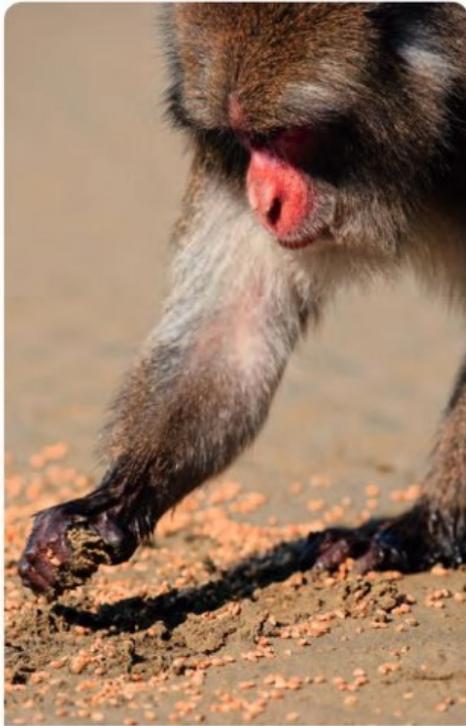
Si la capacité à émettre des sons est héréditaire par contre l'apprentissage du chant se fait par imitation des adultes. Il s'agit donc bien d'un apprentissage par imitation.

- Exemple des singes

La transmission verticale des comportements s'observe souvent chez des animaux ayant une vie sociale élaborée comme c'est le cas chez les singes où l'on observe une transmission intergénérationnelle de nombreuses pratiques.

Une nouvelle pratique se transmet d'autant mieux qu'elle présente un avantage sélectif pour la population.

On constate que certaines pratiques sont propres à une population donnée (exemple du lavage des grains de blé chez les macaques de Koshima: https://www.youtube.com/watch?v=ph_1RE7RuWU.)



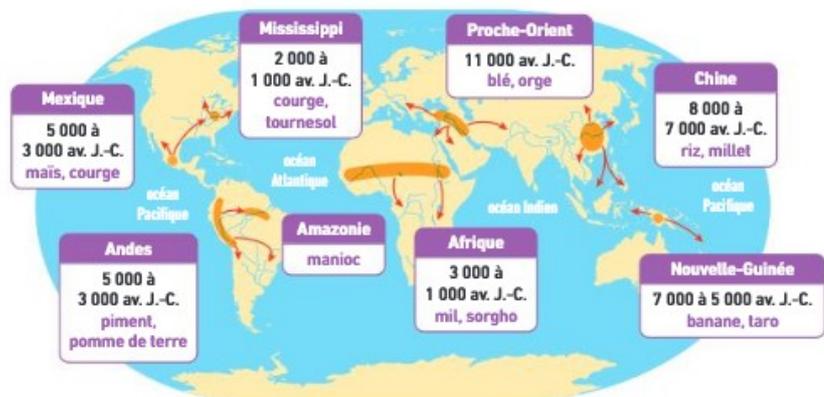
Le lavage des grains de blé chez les macaques de Koshima (Japon). Une communauté de 49 macaques de cette île a été étudiée par des chercheurs. Ces derniers jetaient régulièrement des grains de blé sur la plage, que les macaques récoltaient un à un pour les manger. En 1956, une femelle prit une poignée de sable et de grains mélangés et les jeta dans l'eau : le sable tombait et les grains flottaient. Ils étaient ainsi plus faciles à récolter.

Lorsque ces pratiques sont propres à chaque population, on peut parler d'une véritable culture. Ce terme est en effet défini comme un ensemble de savoirs et de pratiques qui se transmettent socialement, au sein d'un groupe donné, sans héritage génétique.

4 –Transmission des comportements et évolution culturelle

Plusieurs pôles d'apparition de l'agriculture

Les études archéologiques montrent que l'agriculture est apparue de manière indépendante en différents endroits du globe, lorsque des groupes humains ont commencé à domestiquer des espèces sauvages, végétales et animales. Cette innovation a dû apporter suffisamment d'avantages pour qu'elle s'impose par sélection culturelle* au sein de ces groupes humains et se répande à partir de ces foyers de néolithisation*.



A Traces archéologiques témoignant de l'apparition de l'agriculture au Néolithique.

L'innovation culturelle avantageuse se transmet rapidement au sein des populations et entre les populations. On parle de sélection culturelle. On peut prendre l'exemple de l'agriculture.

L'apparition de l'agriculture a entraîné une évolution culturelle chez l'Homme comme les changements de régimes alimentaires, l'invention d'outils et de pratiques culturelles adaptées. Les techniques ont pu se transmettre à la fois de manière verticale entre les générations et de manière horizontale à la faveur de migrations d'une région à une autre. Cette évolution est d'autant plus rapide que les populations sont proches géographiquement et d'un point de vue de la communication.

Une innovation culturelle peut disparaître lorsqu'elle ne présente plus d'avantages pour la population. C'est une contre sélection. Par exemple, la mise en place de capsules solides sur les bouteilles de lait a entraîné la perte du comportement d'ouverture des bouteilles chez les mésanges.

Pour aller plus loin : vidéo « comment la culture influence notre évolution biologique ».
<https://www.youtube.com/watch?v=iD4gdTlNFis>

Corrigé du TD sur le chant des oiseaux

Le chant est-il inné chez les oiseaux ? Est-ce le fruit d'un apprentissage ? L'oisillon peut-il acquérir un autre « dialecte » que celui de son espèce ?

Pour répondre à ces questions, la méthode utilisée par les chercheurs consiste à isoler un oiseau de ses congénères dès sa naissance, ou à le faire cohabiter avec des adultes d'une autre espèce.

Lorsque l'oiseau est élevé seul, on observe qu'il chante à l'âge adulte mais que ce chant est totalement différent d'un adulte élevé avec ses congénères (doc expériences sur le pinson des arbres) : il ne possède pas la structure du chant de l'adulte. Le chant comporte donc une partie innée.

Le chant nécessite un ensemble d'organes et des structures cérébrales dont les plans d'organisation sont inscrits dans les gènes de l'espèce. La lésion de ces structures nerveuses avant l'âge adulte empêche l'apprentissage du chant. En cours d'apprentissage, les chercheurs ont identifié un gène ZENK dont l'expression est modifiée lorsque le canari ou le diamant mandarin entend les chants de ses congénères mâles. L'aptitude au chant a donc une base génétique.

En ce qui concerne l'apprentissage, d'autres expériences ont montré qu'un oiseau rendu sourd à l'âge de 3 mois produit une répétition du même son sans structure. Ce « chant déstructuré » est différent du chant de l'oiseau élevé seul mais non sourd alors qu'un jeune élevé avec un mâle structure son chant jusqu'à ressembler à l'adulte (imitation).

D'après les travaux de Fernando Nottebohm, si l'oiseau est rendu sourd à l'âge d'un an son chant n'est pas normal. Par contre, à l'âge de deux ans, il conserve un chant normal. L'apprentissage est progressif.

Il y a donc transmission verticale du chant des adultes aux jeunes.

D'autre part, l'environnement modifie le chant des oiseaux. Ainsi en milieu urbain, les oiseaux peuvent adapter le niveau sonore de leur chant comme le rossignol ou sa fréquence comme les merles qui augmentent la fréquence de leurs chants. Ces variations de fréquences peuvent dépendre des quartiers : ainsi les mésanges charbonnières vivant dans les quartiers les plus bruyants ont une fréquence sonore minimale plus élevée que les mésanges de la même espèce vivant dans des quartiers plus calmes. Dans d'autres cas, c'est l'heure à laquelle les mâles chantent qui s'est modifiée comme les rouges gorges qui chantent la nuit au lieu du matin lorsque l'environnement est plus silencieux.

Enfin, l'analyse du chant des pinsons des arbres de différents pays montre des motifs typiques de l'espèce pinson. Cependant la durée des syllabes et des motifs sont variables même si elles ont des structures proches d'un pays à l'autre et, au sein d'un même motif, le nombre de répétitions est variable.

Les expériences et les observations effectuées révèlent que l'élaboration du chant résulte à la fois de la génétique, donc d'une partie innée, mais aussi d'un apprentissage par les adultes et d'une influence de l'environnement.

Complément :

Pour faire avancer le débat entre l'inné et l'acquis, la ruse est parfois de mise. Des chercheurs ont organisé des échanges de nids pour voir si des oisillons réagissaient au chant de leurs parents adoptifs ou à celui de leur espèce. Verdict: ce sont les gènes qui priment.

Les scientifiques ont travaillé sur deux espèces voisines de passereaux migrateurs que l'on trouve en Europe.

D'un côté le Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*), petit oiseau noir et blanc insectivore. De l'autre le Gobemouche à collier (*Ficedula albicollis*) qui lui ressemble beaucoup mais que l'on peut reconnaître à son collier blanc au niveau du cou.

Leurs chants, produits uniquement par les mâles, diffèrent sur plusieurs plans (fréquence, tempo, son, notes).

L'équipe menée par David Wheatcroft, du département Écologie et génétique de l'Université d'Uppsala (Suède), a installé des œufs de Gobemouche noir dans onze nids de Gobemouche à collier. Et vice-versa.

Au final, les chercheurs ont obtenu la naissance de 51 Gobemouches noirs et de 58 Gobemouches à collier, éduqués par l'espèce voisine.

Une fois éclos, les oisillons ont été testés, à l'âge de douze jours, pour voir à quel chant ils étaient sensibles. Ils ont été isolés de tout bruit et on leur a fait écouter des enregistrements de chants de leur espèce et d'autres espèces.

Le résultat est net: "les Gobemouches noirs et les Gobemouches à collier sont plus actifs - réclamant plus souvent de la nourriture, remuant - lorsqu'ils entendent le chant de leur propre espèce plutôt que celui d'une autre espèce", déclare à l'AFP David Wheatcroft.

"Cela montre que dès leur plus jeune âge, les oisillons sont capables de distinguer le chant de leur propre espèce de ceux d'espèces très voisines", relève-t-il.

Cette capacité reste inchangée même si l'oisillon a été complètement éduqué par des parents d'une autre espèce. "Cela atteste que cette faculté ne dépend pas des premières expériences ou de l'apprentissage, impliquant que quelque chose d'inné permet aux oisillons de faire la différence", poursuit le chercheur.