

La **diversité des phénotypes** des êtres vivants n'est pas uniquement due à la diversification génétique.

I– Les relations et associations entre les êtres vivants

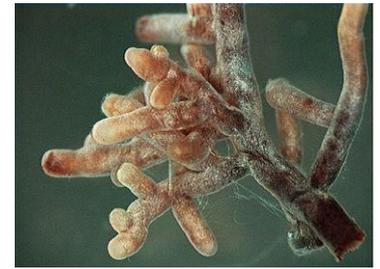
1. Les SYMBIOSES sont source de diversité

Une **symbiose** est une association étroite entre deux individus d'espèces différentes **bénéfique aux deux partenaires** qui interagissent. La majorité des organismes sont symbiotiques.

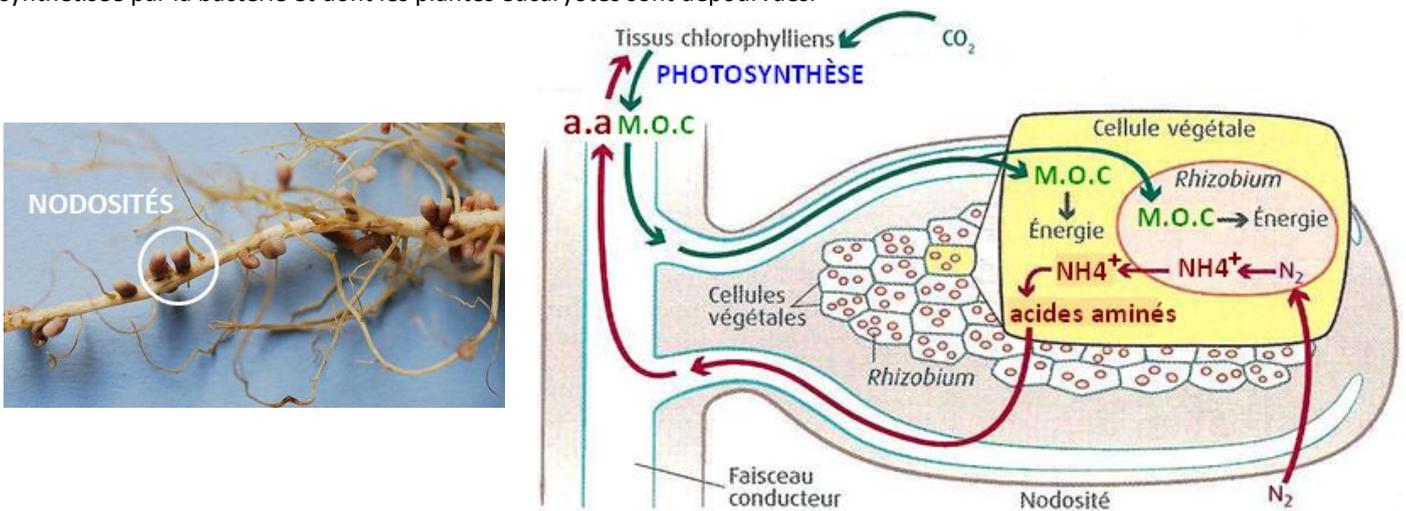
Exemple 1 : (*voir correction TP1 « Les lichens ou quand 1+1 = 1 »*) Les **lichens** vivent le plus souvent sur des supports pauvres en nutriments comme les roches ou les écorces d'arbres. Ils sont constitués par l'association d'un **champignon** et d'une **algue unicellulaire**. Le champignon capte les eaux de pluie et des minéraux, il protège l'algue du rayonnement U.V. (*Cf. pariétine*). Cette dernière fournit au champignon les molécules organiques carbonées produites par photosynthèse. Les deux ensembles produisent l'acide lichénique qui permet d'attaquer la roche pour en tirer les substances minérales.

Exemple 2 : Les **mycorhizes** : 9 plantes sur 10 exploitent les nutriments du sol grâce à des symbioses avec des champignons mycorhiziens qui prospectent le sol grâce à leurs filaments appelés **hyphes** (absorption d'eau et de sels minéraux). En retour, les plantes apportent aux champignons les molécules organiques élaborées par la **photosynthèse**. C'est le cas de la **truffe noire** (*tuber melanosporum*) qui vit en association avec les racines des arbres comme les **Chênes, Noisetiers...**

Les filaments mycéliens viennent s'agglomérer autour d'un réseau de racinelles pour former un manchon appelé **manteau fongique**. La mycorhization modifie la structure de ces racines et la morphologie générale du système racinaire, le champignon provoquant la disparition progressive des poils absorbants et l'hypertrophie des cellules corticales des racinelles.



Exemple 3 : Les **nodosités** que l'on trouve sur les racines des « légumineuses » (= *Fabacées*) comme la Fève, le Haricot, la Luzerne, le Trèfle, Le Pois, ... Il s'agit d'une association avec des **bactéries** du genre *Rhizobium*. Dans cette association symbiotique, la plante fournit les substances carbonées et les bactéries les **substances azotées** (les acides aminés) synthétisées à partir de l'azote atmosphérique. Cette symbiose permet à la plante de fixer l'azote atmosphérique grâce à l'**enzyme nitrogénase** synthétisée par la bactérie et dont les plantes eucaryotes sont dépourvues.



Exemple 4 : la **vache** est dépourvue d'enzymes permettant de digérer la cellulose de l'herbe (*constituant principal des parois*) qu'elle ingère : des **microorganismes** (bactéries) peuplant une partie de son tube digestif se multiplient en se nourrissant de cette cellulose, tandis que la vache digère une partie de ces microorganismes.

Pour information : La **flore intestinale humaine** est composée de **nombreuses espèces de bactéries** (10^7 à 10^{12} cellules/g de contenu intestinal, dans une zone allant de l'intestin grêle au colon). Le **principal rôle** de la flore bactérienne est de **faciliter la digestion et l'absorption des sucres non digestibles ou encore des lipides complexes**. Parmi ses autres rôles il y a la **détoxification des dérivés de sels biliaires**, la **réduction du cholestérol**, et la **synthèse des vitamines (K et B)**.

Cl : En additionnant leurs capacités, les partenaires d'une **symbiose** sont capables d'occuper une niche écologique plus large qu'aucun n'occuperait s'il était seul. Les symbioses peuvent aussi être à l'origine d'une **nouvelle fonction sans modifier le génome des partenaires**, comme par exemple **l'assimilation de l'azote atmosphérique** par les plantes « légumineuses ».

Les symbioses sont donc un puissant « moteur » de la diversification du vivant.

2. Les relations HÔTES-PARASITES

Le **parasitisme** est une **relation durable** où un parasite tire profit de son hôte. En effet ce dernier lui fournit des ressources nutritives et énergétiques, un habitat pour se reproduire et être protégé mais aussi lui permet de se déplacer. C'est donc aussi un moyen de dispersion. Cette relation qui s'instaure est toujours négative pour l'hôte exploité qui doit fournir plus d'énergie pour survivre, il se trouve **désavantagé** par rapport à ses congénères non parasités.

Exemple 1 : Lire l'exemple du livre Bordas p.109 – La guêpe parasite et la coccinelle « garde du corps ».

Un exemple issu des travaux des scientifiques de l'Université de Montpellier. En pondant un œuf dans le corps de la **coccinelle**, la **guêpe** inocule également un **virus** qui agit sur les réseaux neuroniques de la coccinelle et modifie son comportement : paralysie/tressautements et « protection » du cocon contenant la nymphe de la guêpe.

Coccinelle (*Coleomegilla maculata*) parasitée par la guêpe (*Dinocampus coccinellae*)



Exemple 2 : Les fourmis arboricoles tropicales (*Cephalotes atratus*)

Après avoir été infestée par son parasite, un ver nématode (*Myrmeconema neotropicum*), l'**abdomen de la fourmi** rempli d'œufs se transforme : alors qu'il était noir, il devient rond et rouge comme une baie mûre. La fourmi devient alors une proie attractive pour les oiseaux frugivores qui se trouveront à leur tour infestés après l'avoir mangée.

Dans leur intestin, les vers poursuivent leur cycle de reproduction et ils se retrouveront dans les fientes. Un cycle suivant se reproduira. Non seulement les fourmis infectées changent de forme mais de plus elles sont **moins agressives**, elles portent l'abdomen vers le haut, comme un étendard, de sorte qu'il soit encore mieux vu par les prédateurs, et l'on a pu mesurer qu'il était 14 fois plus souple à détacher qu'un abdomen normal

Là encore la modification de l'aspect de la fourmi et de son comportement correspond à **l'expression des gènes du ver nématode**.

Ouvrière *Cephalotes atratus* infectée



Exemple 3 : Des Gammares « manipulés »

Les gammares sont des petits crustacés très abondants dans nos rivières. Ils constituent le repas de nombreux prédateurs : oiseaux, amphibiens..., Et ils sont également l'hôte intermédiaire de nombreux parasites, dont plusieurs espèces du groupe des **acanthocéphales**. Premier constat des chercheurs : les gammares qui abritent ces **vers** parasites sont plus enclins à se faire dévorer par les prédateurs. qu'est-ce qui change entre un gammare sain et un gammare parasité qui mènerait à cette différence de prédation ?

Tout d'abord, **la couleur du gammare change**, puisque les acanthocéphales, d'une couleur allant du jaune au rouge, sont visibles par transparence.

Mais plus que l'apparence, ce sont les **changements de comportements** qui intriguent. Les gammares, vivant d'ordinaire dans le fond des rivières et dans des endroits sombres et abrités, sont **subitement attirés par la lumière**, se mettent à nager en surface (= géotactisme). Le tout en s'agitant bien plus qu'à l'ordinaire. En somme, ils deviennent très faciles à repérer par les prédateurs.

Gammare parasité



CI : Les êtres vivants sont fréquemment parasités par des organismes pathogènes (champignons, virus, bactéries, « vers »...) qui vivent à leur dépens. La plupart du temps, cette relation n'est pas létale pour l'hôte qui parfois est un simple vecteur intermédiaire mais parfois, elle contribue à **modifier son phénotype : son aspect physique ou/ et son comportement**.

II- L'utilisation d'éléments inertes

Des constructions, des parures

Exemples 1 : Lire le livre Bordas p.108 : Le fourreau des Phryganes – les termitières – les toiles d'araignées.

Pour fabriquer son **fourreau** qui lui sert à se protéger des prédateurs, la **larve de phrygane** utilise tout d'abord les sécrétions de ses glandes salivaires. Elle se tisse cet habit de soie avant de le recouvrir de petits éléments hétéroclites récoltés au fond de l'eau.

Phryganes dans leur fourreau



Exemple 2 : L'oiseau jardinier satiné (*Ptilonorhynchus violaceus*)

En période de reproduction, le mâle tente d'attirer la femelle par ses **chants** et **danses** vers le « **berceau nuptial** » qu'il a construit à partir des composants du milieu. Après avoir érigé une tonnelle avec des branches tapissées de brindilles, le mâle décore l'allée menant à la tonnelle de fleurs, fruits, plumes, ailes de papillons, coquilles, mues de serpents etc. Des matériaux d'origine humaine (bouchons plastiques, épingles à linge, capuchons de stylo...) sont parfois recrutés en particulier de couleur bleue...

Le mâle « peint » l'intérieur de la tonnelle en préparant un mélange de baies bleues-noires et de salive qu'il applique à l'aide d'un fragment d'écorce.



III– La transmission culturelle des comportements acquis (transmission verticale et horizontale)

1. L'acquisition de comportements différents est source de diversité

Exemple 1 : Le chant des oiseaux – voir TD2 « La transmission d'un comportement : le chant chez les oiseaux » et TP3 « L'apprentissage du chant chez l'Étourneau ».

Cl : Ces différences locales du chant (= les « dialectes » locaux) dépendent certes de l'expression de certains gènes spécifiques à l'espèce (aires cérébrales spécialisées – organes du chant appelé le syrinx...) mais aussi de l'expérience acquise par l'apprentissage. En effet, le contact précoce avec les membres de son espèce (= l'interaction sociale) est indispensable pour l'apprentissage du chant par les jeunes oisillons : Dans ce cas la transmission est horizontale.

Toutefois, au sein du chant de l'espèce on peut détecter des variations individuelles.

Exemple 2 : Les apprentissages chez les Primates

L'apprentissage par l'imitation est très répandu chez les Primates : le jeune reproduit les comportements des adultes pour l'utilisation d'outils, la recherche de nourriture, les techniques de chasse, pour reconnaître les plantes comestibles, nocives ou curatives... (Pour en savoir plus : <http://planete.gaia.free.fr/animal/ethologie/abc.culture.chimpanze.html>)

L'utilisation d'outils chez plusieurs populations de Chimpanzés :

L'observation de Chimpanzés géographiquement isolés a permis de mettre en évidence des différences de comportement dans l'utilisation d'outils. C'est ainsi que, par exemple, des communautés de Chimpanzé ont leur propre « culture » qui diffèrent des communautés voisines, et ces comportements sont transmis de génération en génération : on parle de transmission verticale.

Pour info :

➤ En 1999 a été réalisé un inventaire des us et coutumes des Chimpanzés des sept sites de l'Afrique équatoriale (Guinée – Tanzanie – Ouganda).

On a dénombré 39 traditions régionales de fabrication d'outils, d'épouillage, de technique d'alimentation et de parades sexuelles qui sont coutumières dans certaines communautés et inconnues dans d'autres, malgré un environnement forestier quasi semblable. Ainsi les mâles de tous les sites pratiquent-ils une danse rituelle pour célébrer les premières ondées de la saison des pluies à la fin de février, sauf à Bossou en Guinée. À Gombé, en Tanzanie, les chimpanzés pêchent les termites à l'aide d'une sonde faite d'une brindille dépouillée de ses feuilles, alors que les mêmes termites sont simplement ramassés avec la main à Tai ou bien à Kibalé en Ouganda.

"À l'image de l'homme, nous pouvons parler de traditions de la société Tai, de la société Gombé, ou encore de la société de Mahalé en bordure du lac Tanganyika"

Comportement et outil associé	Population de Chimpanzés		
	Boussu (Guinée)	Tai (Côte-d'Ivoire)	Gombé (Ouganda)
Manger du miel récupéré avec une baguette	-	+	+
Utiliser une boule de feuilles comme une éponge	+	+	+
Récupérer la moelle des os avec une baguette	nd	+	-
Casser des noix à l'aide d'une pierre ou d'un bout de bois et d'une enclume	+	+	Nd
Écraser à l'aide d'un pilon	+	-	-
Utiliser un bâton en forme de crochet pour attraper quelque chose	+	-	-
Attraper des termites avec une brindille	-	nd	+
+ le comportement est observé ; - le comportement n'est pas observé ; nd ressource non disponible			

➤ **Le lavage des Pommes de terre et du Blé par les Macaques Japonnais.**

Vers 1950, des chercheurs distribuaient des patates douces aux macaques sur la plage de l'îlot japonais de Koshima. Un jour, Imo, une petite femelle eut l'idée d'aller laver sa patate dans l'eau. Dans les mois qui suivirent, plusieurs de ses compagnons firent de même. Quelques années plus tard, presque tous les membres du groupe étaient capables de laver leurs aliments. Seuls ceux qui avaient plus de dix ans lors de la découverte n'ont jamais appris, probablement parce qu'ils ne regardaient pas beaucoup les plus jeunes. Par la suite, la tradition s'est transmise de la mère aux petits : les petits apprennent en suivant leur mère dans l'eau et en ramassant les morceaux qu'elle fait tomber. D'autres traditions sont apparues chez les macaques japonais. A Koshima, les macaques ont appris à lancer des poignées de blé dans la mer pour séparer les grains du sable.

L'acquisition de comportements par l'apprentissage trouve également son importance chez l'Homme où des « cultures » diffèrent grandement selon les groupes ethniques. On citera par exemple, la maîtrise d'une langue, de l'écriture, de chants, de danses, de musiques...

CI : Chez les vertébrés, le **développement de comportements nouveaux**, transmis d'une génération à l'autre (= **transmission verticale**) ou d'individus initiés aux individus non initiés ou encore entre individus d'une communauté aux individus d'une autre communauté (= **transmission horizontale**) **par voie non génétique**, est aussi **SOURCE DE DIVERSITÉ** au sein d'une même espèce.

L'**innovation** est l'apparition de nouvelles pratiques au sein d'une population et les innovations comportementales sont **soumises à l'évolution** : Si ces pratiques se révèlent avantageuses pour les individus, elles peuvent être sélectionnées positivement et se répandre au sein de la population (c'est le phénomène de la **sélection naturelle**) ; au contraire, elles peuvent être contre-sélectionnées, ou perdues du fait du hasard (lien avec la taille de l'effectif de la population (Cf. *dérive génétique*)).

L'**évolution culturelle** peut aussi influencer l'évolution biologique, en fractionnant les populations et limitant les échanges génétiques.

BILAN : LA NOTION DE PHÉNOTYPE ÉTENDU

Notion récemment apparue en sciences (Cf. *Richard Dawkins – 1982*), le **phénotype étendu** prend en compte non seulement les caractéristiques morpho-anatomiques de l'organisme résultant de l'expression du génome mais également tous les « manifestations » qui se trouvent « **en dehors de l'organisme** » lui-même et qui dépendent eux aussi de l'expression de gènes.

L'élargissement du phénotype chez certaines espèces peut revêtir plusieurs intérêts : habitat, survie, attrait pour le sexe opposé en vue d'un accouplement... Le phénotype étendu est donc un « **moteur évolutif** ».

Lorsqu'un parasite modifie le comportement de son hôte (I-2), comme par exemple la guêpe et la coccinelle, le comportement de l'hôte parasité peut alors être considéré aussi comme faisant partie du **phénotype étendu du parasite**.

De la même manière, l'élaboration du nid chez l'oiseau Jardinier satiné, sa richesse en ornements bleus constituent un **prolongement de l'expression de ses gènes en dehors de son corps**

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

