

Fiche

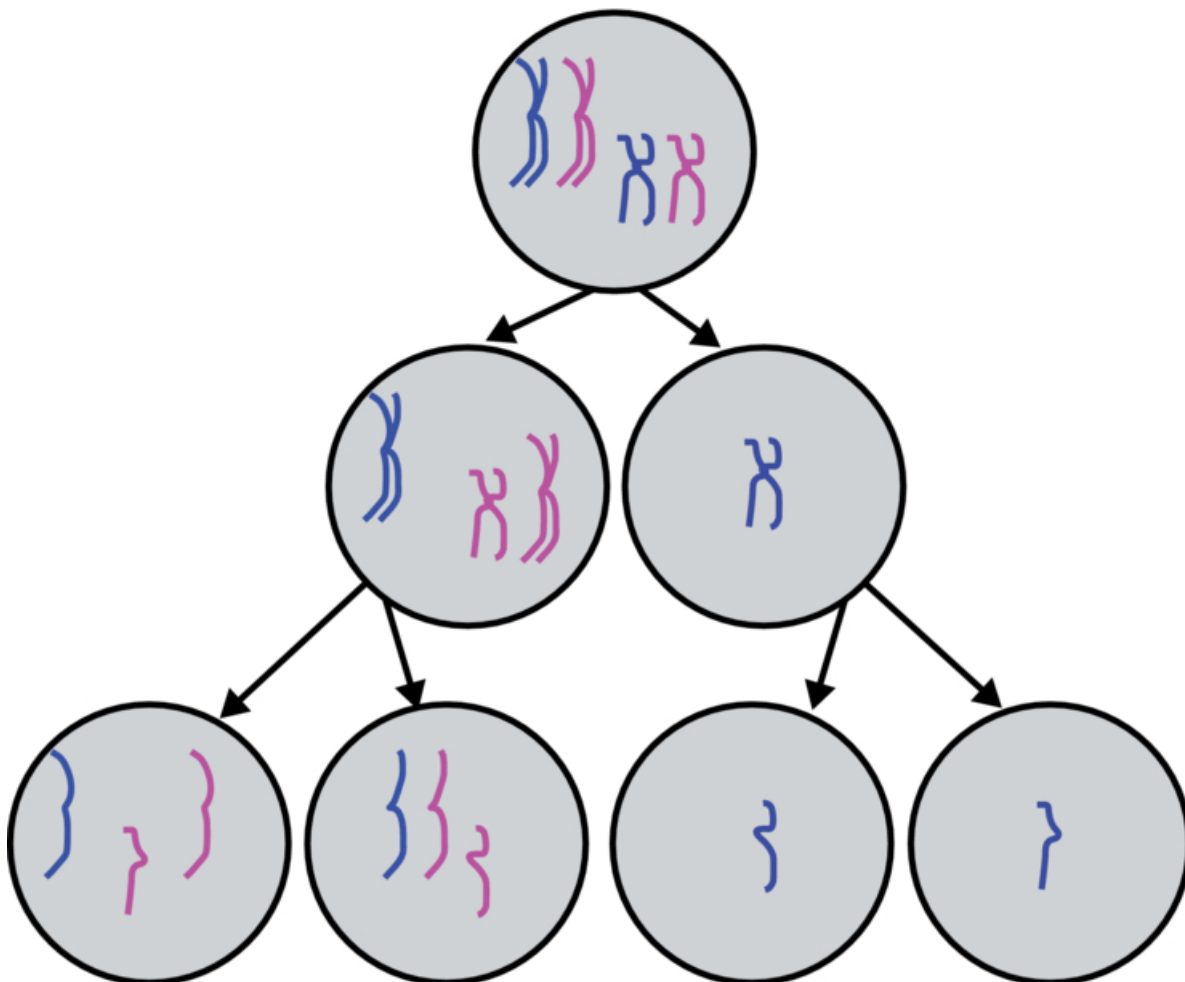
Les mutations spontanées et la rencontre au hasard de deux gamètes génétiquement uniques ne suffisent pas à expliquer la totalité de la diversification génétique des êtres vivants. Cette diversification s'est faite au cours du temps, depuis les premières formes de vie, voici 4 Ga. Voyons quelques mécanismes de diversification des individus.

1. Diversification des génomes

Le transfert horizontal de gènes

Le transfert vertical qualifie la transmission de matériel génétique d'une génération à une autre. Des transferts horizontaux sont possibles entre des bactéries qui ne descendent pas les unes des autres, qu'elles appartiennent ou non à la même espèce. Des gènes de résistance aux antibiotiques sont portés par des plasmides, courtes molécules d'ADN circulaires. Deux bactéries peuvent s'échanger du matériel génétique plasmidique grâce à des ponts cytoplasmiques. La bactérie acquiert alors la résistance aux antibiotiques à partir d'une autre bactérie. Ainsi, la diversification peut être rapide.

Transfert d'un plasmide portant un gène de résistance à un antibiotique, d'une bactérie résistante à une bactérie non résistante (conjugaison)



L'usage excessif de traitements antibiotiques a favorisé le développement de populations bactériennes de plus en plus résistantes.

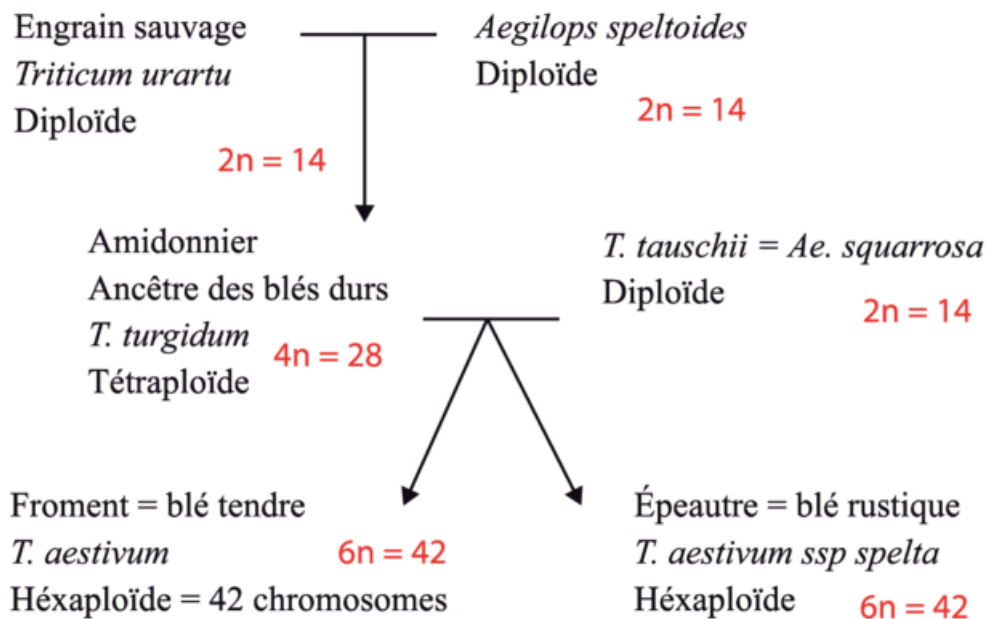
Hybridation et polyploïdisation

Deux espèces végétales voisines peuvent être interfécondes. Leur croisement, naturel ou artificiel, peut donner des

hybrides présentant des critères variés, susceptibles d'intéresser les agriculteurs : productivité, goût, résistance au froid, à un insecte... Parmi les plants issus des graines obtenues à partir de ces croisements, seront sélectionnés ceux qui expriment les caractères les plus intéressants pour l'agriculture.

Les céréales destinées à la consommation, comme le blé ou le maïs, sont issues d'une succession de croisements. Dans le cas de ces végétaux, il y a eu augmentation du nombre de chromosomes : on parle de polyploïdisation. Ce phénomène est fréquent chez les végétaux, mais beaucoup plus rare chez les animaux. Il peut notamment résulter d'une absence de réduction du nombre de chromosomes lors de la formation des gamètes.

Généalogie du blé



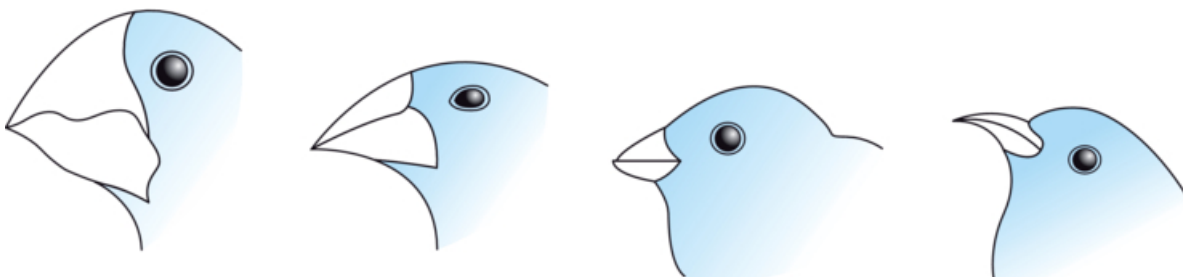
L'engrain sauvage et l'égilope faux épeautre sont diploïdes (ils ont 7 paires de chromosomes) et ont été croisés. Ils ont donné dans leur descendance une plante tétraploïde (2x7 paires, soit 28 chromosomes), qui a été elle-même croisée avec un plant diploïde. Cela a donné deux sortes de céréales à 42 chromosomes (3x7 paires). La domestication a eu plusieurs effets, tel l'augmentation de la taille de l'épi mais également du nombre de grains par épi. La productivité a donc été améliorée.

L'infection par un virus

Chez les premiers mammifères est apparue une structure permettant au fœtus de poursuivre son développement au sein de l'organisme maternel. Cette structure, le placenta, est constituée de cellules fusionnées entre elles, grâce à une protéine : la syncytine. Or cette protéine provient du génome d'un virus, lui permettant de fusionner avec la cellule cible. Cet exemple n'est pas anecdotique : près de 10 % du génome des mammifères proviennent de virus.

Les virus sont des parasites intracellulaires « obligatoires » : leur génome doit être inséré dans celui des cellules infectées. Cet ajout de matériel génétique peut être défavorable, ou procurer un avantage à l'être vivant infecté. Il pourra transmettre cet avantage à sa descendance si ses cellules germinales, à l'origine des gamètes, portent les gènes viraux.

Géospizes (10 à 20 cm) de gauche à droite : fuligineux – à bec pointu – modeste – des mangroves



Diversification par le degré d'expression des gènes

Charles Darwin au XIX^e siècle, les Grant au XX^e siècle ont étudié les pinsons des Galapagos. On a découvert plus récemment que la forme de leur bec était liée à l'expression de certains gènes, dont le gène BMP4 (*bone morphogenetic protein*) : plus intensément et plus tôt ce gène est exprimé au cours du développement embryonnaire, plus le bec de ces oiseaux devient robuste, ce qui a des conséquences sur leur alimentation. La protéine BMP4 est le produit de l'expression de ce gène, elle agit sur la différenciation des cellules lors du développement embryonnaire.

Les gènes homéotiques, ou architectes, sont impliqués dans l'identité cellulaire le long de l'axe antéro-postérieur lors du développement embryonnaire. L'expression de chacun d'entre eux est restreinte à un groupe de cellules délimité dans l'espace, ce qui détermine le plan d'organisation. Répartis sur 4 chromosomes chez les vertébrés, et un seul chromosome chez les insectes, ils forment une famille multigénique. Les séquences de ces gènes sont si ressemblantes entre les différentes espèces, qu'il peut être possible, par manipulation génétique, de remplacer un gène homéotique d'insecte par son homologue de vertébré, sans conséquence sur le phénotype.

Si un gène homéotique s'exprime à un endroit inapproprié, les conséquences sont visibles sur le plan d'organisation. Chez les serpents, le gène Hox6, responsable de la formation de côtes, s'exprime tout le long de l'axe antéro-postérieur, contrairement à ce qui se passe chez les autres vertébrés. Ceci explique la présence de côtes sur toutes les vertèbres des serpents.

Les variations de la localisation, de la chronologie et de l'intensité de l'expression des gènes homéotiques sont une source importante de diversification des êtres vivants.

2. Diversification sans modification du génome

Diversification par le comportement

Chez les oiseaux, le chant est indispensable au choix des mâles par les femelles pour la reproduction. Il s'agit d'un comportement transmis par les parents aux jeunes par apprentissage.

Chez les chimpanzés, le choix et l'utilisation de cailloux pour casser des noix sont transmis des adultes aux jeunes de certaines communautés seulement, durant un apprentissage de cinq années.

Les comportements nouveaux sont transmis de génération en génération par voie non génétique.

Des associations entre espèces différentes

Une diversification des êtres vivants est possible sans modification de leur génome, par l'association d'espèces différentes. Dans le cas des symbioses, les deux individus tirent un avantage à s'associer : échanges de substances nutritives, protection, hébergement, défense... sont des exemples de bénéfices réciproques.

Exemples de symbioses:

- les lichens sont constitués d'une association entre une algue unicellulaire et un champignon : l'algue fournit les produits de la photosynthèse, tandis que le champignon permet la survie dans un milieu sec,
- certaines colonies de fourmis sont en symbiose avec des arbres tels que le Cecropia, elles y sont hébergées et nourries tout en participant activement aux défenses de l'arbre contre les herbivores,
- les mycorhizes sont une association entre les racines des végétaux et des champignons
- les nodosités des Fabacées, comme le haricot, associent les racines de ces plantes à des bactéries du genre *Rhizobium* : la plante fournit les produits de la photosynthèse, tandis que les bactéries apportent les produits azotés issus de la fixation de l'azote atmosphérique.

Un cas particulier : l'endosymbiose

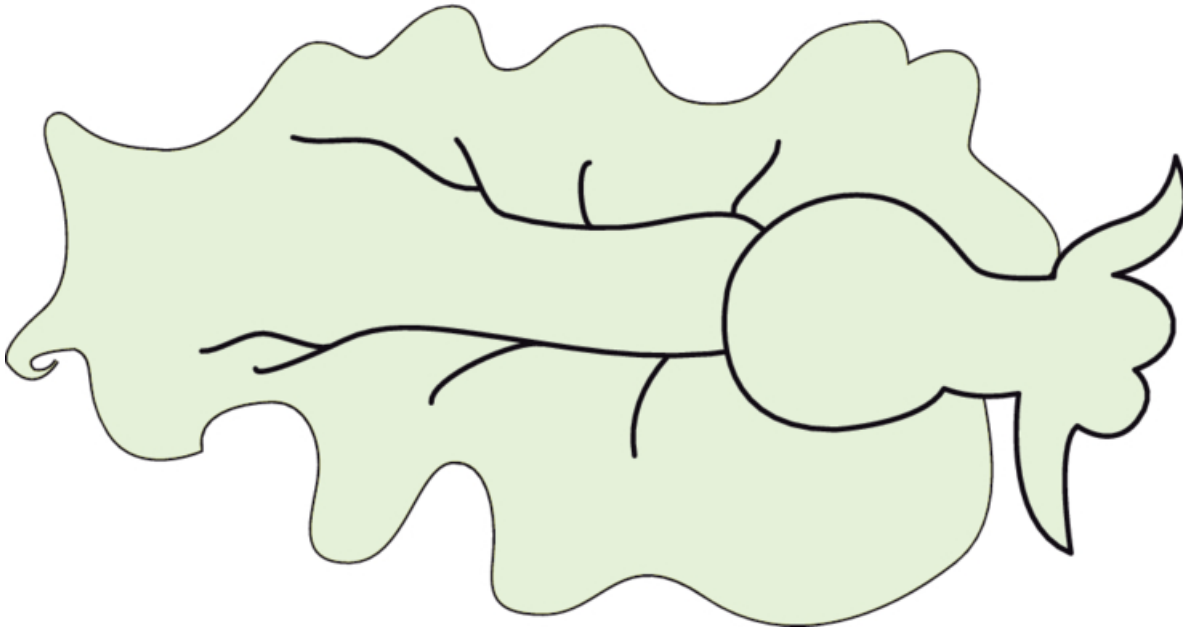
L'endosymbiose est une coopération à bénéfices mutuels entre deux organismes, un des organismes étant contenu dans l'autre. Les cellules eucaryotes possèdent des mitochondries. Ces organites cellulaires sont spécialisés dans la production d'énergie. Une comparaison de génomes a permis de montrer de grandes similitudes entre le génome de la mitochondrie et celui des bactéries de type *Rickettsia*. Mais le génome mitochondrial a perdu des gènes par rapport à la bactérie. Ces gènes sont désormais inclus dans le génome de la cellule eucaryote, et les protéines qu'ils codent sont à destination de la mitochondrie. Cette endosymbiose n'est pas un exemple isolé.

L'exemple d'une limace marine chlorophyllienne

La limace marine *Elysia chlorotica* est marron à sa naissance et broute des algues. Elle devient alors verte. À la

lumière du soleil, la limace déploie des expansions de son corps – des parapodes – pour capter la lumière et se replie à l'obscurité. Élevée à l'obscurité, elle redevient marron et doit brouter des algues. À la lumière, elle n'a pas besoin de manger car l'animal agit comme un végétal chlorophyllien, produisant les molécules dont elle a besoin grâce à la photosynthèse. Des chloroplastes ont été extraits des premières algues mangées. Ils sont conservés dans les cellules de la paroi intestinale. Les chloroplastes ne sont pas transmis à la descendance, mais des gènes nécessaires à la photosynthèse se trouvent dans le génome de la limace. Ces gènes ont dû être acquis au cours de l'évolution par transfert horizontal entre les algues et une ancêtre de cette limace. Ce transfert a permis la mise en place de cette endosymbiose particulière.

***Elysia chlorotica* (2 à 3 cm)**



Ces exemples témoignent d'une association entre deux espèces différentes avec des modifications au niveau du génome.

Pour le baccalauréat, il n'est pas attendu de connaître tous les mécanismes de diversification de manière détaillée. Ils sont à étudier en relation avec leurs conséquences sur la diversification des êtres vivants. Les objectifs prioritaires sont la pratique du raisonnement scientifique et l'argumentation à partir de documents.

 [Exercice n°1](#)

 [Exercice n°2](#)

 [Exercice n°3](#)

 [Exercice n°4](#)

 [Exercice n°5](#)

Ce qui est attendu...

- Savoir étudier les modalités d'une modification du génome.
- Savoir comparer des gènes du développement pour en identifier les homologies de séquences.
- Savoir interpréter un changement évolutif en termes de modification du développement.
- Savoir étudier un exemple de diversification du vivant sans modification du génome.