

THÈME 1- A

GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION

A2 : DIVERSIFICATION GENETIQUE ET DIVERSIFICATION DU VIVANT

INTRODUCTION

- En faisant apparaître de nouveaux allèles, les **mutations** font évoluer le patrimoine génétique de chaque espèce. Le nombre de gènes polyalléliques tend à augmenter au fil des générations, ainsi que le nombre d'allèles de chaque gène polyallélique. À partir de ce patrimoine, **la méiose et la fécondation créent des combinaisons** d'allèles propres à chaque individu, et ainsi une importante diversité des individus. Ces mécanismes permettent d'expliquer une partie de la diversité des êtres vivants, principalement la diversité des individus d'une même espèce ou **diversité intraspécifique**.
- Cependant, la plupart des mutations ne modifient pas suffisamment le programme génétique des individus pour être à l'origine de la diversité des espèces. L'apparition de nouvelles espèces implique souvent des modifications profondes du nombre, de la forme ou de la position des principaux organes dans le corps, autrement dit du **plan d'organisation des êtres vivants**. Quelles sont les mutations ou les modifications génétiques qui peuvent ainsi modifier le plan d'organisation d'un être vivant?
- Par ailleurs, des études de plus en plus nombreuses montrent qu'un certain nombre d'espèces ne sont pas apparues uniquement par l'accumulation de mutations; quels sont les autres **mécanismes de diversification** du monde vivant?

1. DES MODIFICATIONS GÉNÉTIQUES CAPABLES DE DIVERSIFIER LE VIVANT

Exemple des gènes homéotiques (travail page 38-39)

- L'apparition de nouvelles espèces implique parfois des modifications importantes du phénotype ancestral ; seules certaines modifications génétiques peuvent provoquer de telles modifications, notamment :
 - les mutations modifiant des **gènes du développement** qui s'expriment durant le développement et contrôlent la mise en place du plan d'organisation. Les **gènes homéotiques** sont un exemple de gènes qui contrôlent l'apparition des grandes structures (segments du corps, membres...) pendant le développement. Chez les animaux les gènes homéotiques forment une famille de gènes qui possèdent une portion de séquence commune appelée **homéoboîte** et qui contrôlent, lors du développement, la différenciation des parties du corps chez de très nombreuses espèces de vertébrés et d'arthropodes. Les mutations de ces gènes peuvent avoir des effets importants car chacun de ces gènes contrôle souvent l'expression de nombreux autres gènes : on parle de **gènes maîtres** ou de **gènes architectes**.

- les mutations qui modifient l'expression de ces gènes (moment, intensité, position) en agissant par exemple sur les séquences intergéniques qui contrôlent leur expression (promoteur, enhancer, silencer...)
- les duplications géniques qui font apparaître de nouveaux locus comme la duplication à l'origine de la vision trichromatique chez les primates (voir programme de 1^{ère}S)

2. CRÉER DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE SANS MUTATIONS

2.1 Hybrider des espèces au niveau chromosomique

- De nombreuses espèces animales et végétales sont diploïdes ($2n$): elles possèdent deux lots complets de n chromosomes soit n paires de chromosomes homologues. Dans certaines conditions, des individus possédant plus de deux lots complets de chromosomes peuvent apparaître : ce sont des individus polyploïdes (possédant $3n$ chromosomes, $4n$ chromosomes etc...). La polypléidisation est un mécanisme à l'origine de nouvelles espèces.
- Exemple théorique : on croise deux individus d'espèces différentes a et b, toutes deux diploïdes:
 - l'individu de l'espèce a, possédant $2n_a$ chromosomes et produisant des gamètes avec n_a chromosomes
 - l'individu de l'espèce b possédant $2n_b$ chromosomes et produisant des gamètes avec n_b chromosomes.
 - Ce croisement, s'il est fécond, produit des individus dont les cellules contiennent n_a+n_b chromosomes. Ces individus sont stériles car les chromosomes des deux lots ne peuvent s'apparier et donc la méiose est impossible.
 - Mais si un doublement accidentel des chromosomes se produit dans une cellule-œuf (n_a+n_b), alors on peut obtenir un individu diploïde ($2n_c$) avec $n_c = n_a + n_b$. Chez ces individus, la méiose est possible et produit des gamètes haploïdes (n_c). On peut donc voir apparaître une nouvelle espèce c de formule chromosomique ($2n_c$).
 - L'espèce c possède un caryotype nouveau. Elle est génétiquement séparée des espèces a et b (pas d'interfécondité) : les trois espèces vont évoluer séparément et accumuler des caractères différents.
- Exemple réel : la spartine est une plante de bord de mer dont on connaît plusieurs espèces

○ spartina maritima:	$2n_a=60$ chromosomes
○ spartina alterniflora:	$2n_b=62$ chromosomes
○ spartina towsendii (hybride stérile) :	$n_a+n_b= 61$ chromosomes
○ spartina anglica:	$2n_c=122$ chr. avec $n_c=n_a+n_b$



- Les espèces polyploïdes sont relativement rares chez les animaux mais très fréquentes chez les plantes à fleurs : les **Angiospermes** (de *angeos* : récipient, et *sperma* : graine).
- **Conclusion: la polyploïdisation crée de nouvelles espèces sans pour autant créer de nouveaux gènes ni de nouveaux allèles.**

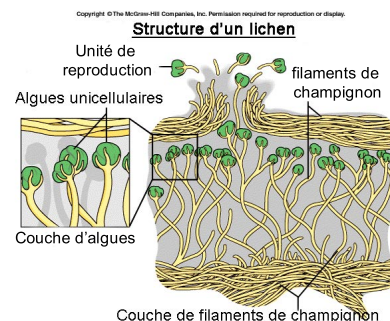
2.2 Transférer des gènes d'une espèce à une autre

- Certaines espèces appartenant à des lignées éloignées présentent dans leur génome un petit nombre de séquences d'ADN très ressemblantes alors qu'elles présentent de fortes différences pour la majorité de leur ADN. Ceci indique qu'il y a eu un transfert d'ADN entre des individus de deux espèces différentes. Ces transferts d'ADN entre espèces sont dits **horizontaux**, par opposition aux transferts qui ont lieu au sein d'une espèce d'une génération à la suivante, qui sont dits verticaux. Par exemple :
 - Les bactéries possèdent des « **pili** » permettant à deux cellules pouvant être d'espèce différente de se relier et d'échanger des portions de leur génome ;
 - De nombreux **virus** sont capables d'insérer des copies de leur programme génétique dans les chromosomes de la cellule qu'ils infectent. ainsi, **des gènes viraux peuvent se retrouver insérés dans les chromosomes de la cellule hôte**. Si cette cellule est une cellule germinale ou une cellule œuf, le programme génétique d'un individu entier peut se trouver modifié. On pense par exemple que les **syncytines**, protéines impliquées dans la formation du placenta des Mammifères placentaires, proviennent initialement d'un virus à ARN.
- **Conclusion: les transferts d'ADN horizontaux sont un moyen supplémentaire d'évolution du génome des espèces, l'arbre de l'évolution devient un réseau ou de nombreux rameaux sont reliés entre eux par des liens directs.**

3. CRÉER DE LA DIVERSITÉ SANS MODIFIER LES GÈNES

3.1 Combiner les êtres vivants entre eux

- Certains êtres vivants sont en réalité le résultat d'une **symbiose** : une association à bénéfice réciproque de deux espèces sans transfert d'ADN.
- Exemple : les **lichens**, qui résultent de l'association au niveau cellulaire d'une algue et d'un champignon. L'algue et le champignon conservent chacun son programme génétique. L'algue nourrit le champignon avec les produits de la photosynthèse et le champignon protège l'algue de la déshydratation et lui fournit certains minéraux.



- De telles symbioses font apparaître une sorte de « super-organisme » avec des propriétés nouvelles, qui n'existent chez aucun des organismes qui le constituent pris séparément. Au fil des générations, les deux partenaires peuvent évoluer pour devenir de plus en plus étroitement interdépendants¹.
- **Conclusion: les relation de symbiose contribuent à la diversité du monde vivant.**

3.2 Acquérir et transmettre des comportements

- Certains animaux sont capables d'élaborer des pratiques culturelles ; par exemple, les techniques de pêche aux fourmis et de cassage des noix (avec enclume et percuteur) chez les Chimpanzés. Ces pratiques se transmettent par l'**apprentissage** et permettent une diversité supplémentaire entre des groupes de même espèce, mais ayant des pratiques culturelles différentes (diversité intergroupes) .
- **Conclusion: l'apprentissage est une source non-génétique de diversité des êtres vivants.**

¹ Selon la théorie endosymbiotique, les organites des cellules eucaryotes comme les mitochondries et les chloroplastes dériveraient de bactéries ayant intégré une cellule de plus grande taille et développé une symbiose avec cette cellule