

Activités du livre pages 40 à 47: Correction

Activité 1: Modifications du développement et diversification du vivant

1: Les mutations du gène Hox D13: Différentes mutations affectant chacune le seul gène Hox D13 induisent une modification importante de la structure de la main et des doigts. On en déduit que le gène Hox D13 est impliqué dans le contrôle du développement des doigts. Un tel gène est qualifié de gène du développement ou gène homéotique.

Rappel de seconde et complément:

- Les gènes homéotiques sont une catégorie de gènes du développement possédant une région particulière et très conservée de leur séquence nucléotidique qualifiée d'homéoboîte ou homéobox codant au niveau péptidique pour un domaine particulier de la protéine: l'homéodomaine ayant la particularité de se fixer sur l'ADN et de contrôler l'expression de nombreux autres gènes.
- Les gènes homéotiques déterminent la mise en place des organes le long de l'axe antéro-postérieur et définissent ainsi le plan d'organisation. Ils présentent une homologie de séquence et constituent donc une famille multigénique, très conservée au cours de l'évolution (gènes ancestraux communs). L'entrée en activité de ces gènes s'effectue dans l'ordre de leur position sur le chromosome qui correspond à l'axe antéro-postérieur. Leur expression combinée, en agissant sur des gènes-cibles à un instant du développement, détermine la mise en place des structures anatomiques.

2: Les membres des poissons zèbres: Les poissons possèdent des membres de type nageoire rayonnée alors que les mammifères possèdent des membres de type main avec doigts. Chez le poisson zèbre, le gène Hox D13 est présent, mais la séquence péptidique de la protéine Hox D13 présente des différences par rapport à celle des mammifères. D'autre part, on remarque que chez le poisson zèbre, le gène Hox D13 est exprimé seulement pendant 4 heures et uniquement dans la partie basse du bourgeon embryonnaire, alors qu'il est exprimé pendant 2 jours d'abord dans la partie basse puis dans tout le bourgeon embryonnaire des mammifères.

Les différences constatées dans les séquences péptidiques des protéines Hox D13 du poisson zèbre et des mammifères traduisent des différences au niveau nucléotidique (ADN du gène) résultant de mutations du gène Hox D13. Chez les mammifères, les mutations ayant affecté le gène Hox D13 induiraient une expression plus longue de celui-ci, dans une région plus vaste du bourgeon embryonnaire aboutissant ainsi à un membre de type main avec doigts. Chez le poisson zèbre, l'expression plus courte de ce gène, limitée à la partie basse du bourgeon embryonnaire aboutirait à un membre de type nageoire rayonnée. Des mutations affectant un gène du développement pourraient modifier la durée et la localisation de son expression entraînant ainsi des différences anatomiques majeures.

3: Le bec des pinsons: Chez le pinson à gros bec, le gène Bmp4 s'exprime plus précocement, plus intensément, et dans une région embryonnaire plus vaste que chez le pinson à bec moyen. Ces différences dans l'expression du gène Bmp4 pourraient être à l'origine de la différence de taille du bec entre ces deux espèces. On remarque d'autre part que la sur-expression du gène Bmp4 confère à l'embryon un bec plus épais et plus large que celui de l'embryon témoin, alors que la sous-expression de ce gène confère un bec moins large et moins épais que le témoin. Ceci confirme notre hypothèse.

Conclusion: Des mutations affectant des gènes du développement peuvent modifier l'intensité et/ou de la durée et/ou de la chronologie et/ou de la localisation de l'expression de ces gènes entraînant ainsi une modification dans la mise en place des structures anatomiques ce qui participe donc à la diversification du monde vivant.

Les mutations des gènes homéotiques provoquent la création de nouveaux plans d'organisation

Activité 2: Transferts de gènes entre espèces et diversification du vivant

1: Le placenta est une structure impliquée dans les échanges gazeux et trophiques entre la mère et l'embryon. Il est constitué par la fusion d'un grand nombre de cellules embryonnaires formant un syncytium cellulaire. L'introduction du gène codant la syncytine dans des cellules incapables de fusionner naturellement provoque la fusion de celles-ci. On en déduit que la syncytine permet la fusion des cellules lors de la formation du placenta.

2: Deux arguments suggèrent que la syncytine humaine serait d'origine virale:

- La séquence péptidique de la syncytine humaine est très similaire (80 % d'identités) à celle de la syncytine virale du virus MPMV
- Lors de l'infection virale par le virus MPMV, celui-ci introduit son génome viral dans la cellule hôte; des gènes viraux du virus MPMV sont donc susceptibles de s'intégrer dans le génome de la cellule hôte.

3: Conséquences phénotypiques et biologiques des transferts de gènes

- Chez l'Homme (et tous les organismes placentaires), l'expression du gène de la syncytine très probablement transféré par un virus a conféré un nouveau phénotype aux organismes placentaires: présence d'un placenta. La biologie de la reproduction de ces espèces a donc été modifiée.
- Chez les ascidies, l'expression du gène de la cellulose d'origine bactérienne a conféré un nouveau phénotype: présence d'une tunique épaisse ce qui modifie la biologie de l'espèce en lui conférant une protection efficace.
- Chez les nématodes, l'expression du gène de la cellulase (enzyme dégradant la cellulose) d'origine bactérienne a conféré un nouveau phénotype: capacité de dégrader et donc consommer la cellulose végétale. La biologie de l'espèce a été modifiée: les nématodes ont pu adopter un régime alimentaire leur permettant d'occuper une nouvelle niche écologique.
- Chez les pucerons roses, l'expression d'un gène issu d'un champignon permet la synthèse de caroténoïdes ce qui a conféré un nouveau phénotype à l'espèce: coloration rose.

Conclusion: Un transfert horizontal correspond à la transmission de gènes entre espèces différentes, d'un virus à une plante ou un animal par exemple. L'information génétique exogène, acquise s'intègre au génome des cellules-hôtes qui est ainsi modifié et l'exprime, ce qui modifie son phénotype. Si le transfert affecte les cellules germinales, le génome modifié peut être transmis aux générations suivantes.

Les transferts horizontaux de gènes provoquent l'acquisition de nouveaux gènes chez l'espèce receveuse

Activité 3: Associations de génomes et diversification du vivant

1: L'émergence de l'espèce *S. angelica*:

Une hybridation entre *S. maritima* ($2n = 60 \rightarrow$ gamètes à $n = 30$) et *S. alterniflora* ($2n = 62 \rightarrow$ gamètes à $n = 31$) aurait abouti à *S. townsendi* ($n + n = 30 + 31$) stérile car possédant deux génomes non homologues. A partir de *S. townsendi*, une polyploïdisation aurait abouti au doublement du nombre de chromosomes restaurant ainsi une diploïdie ($2n = 122$ soit 61 paires de chromosomes homologues)

2: Arguments en faveur de la théorie endo-symbiotique des chloroplastes

- L'organisation des chloroplastes et des cyanobactéries présentent des similitudes: Présence de thylakoïdes - Présence de grains d'amidon - Ordre de taille cohérent.
- Le génome des chloroplastes est plus petit que celui des cyanobactéries mais de nombreux gènes du symbiote supposé ont été transférés au génome nucléaire des cellules eucaryotes chlorophylliennes.

3: Conséquence phénotypique: Les cellules eucaryotes ayant acquis des cyanobactéries endosymbiotiques sont elles mêmes devenues capables de réaliser la photosynthèse.

Conclusion: L'hybridation de deux individus d'espèces différentes conduit à un hybride ayant hérité d'un lot de chromosomes non homologues de chaque parent. L'absence d'homologues rendant impossible l'appariement en prophase 1, la méiose ne peut aboutir : ces hybrides sont donc stériles. Dans certains cas, il s'effectue un doublement de l'ensemble des chromosomes de l'hybride reformant des paires d'homologues. La fertilité est rétablie et les descendants sont tous polyploïdes. La polyploïdisation est la multiplication naturelle ou artificielle du nombre de chromosomes aboutissant à l'état polyploïde ($3n, 4n...$)

L'hybridation et la polyploïdisation provoquent la création de nouveaux caryotypes

Activité 4: Symbiose et diversification du vivant

Les mycorhizes sont des symbioses entre des champignons et des végétaux. Grâce à cette association, la plante dispose d'une surface d'absorption racinaire fortement accrue ce qui permet un apport plus important en eau et sels minéraux nécessaires au métabolisme autotrophe de la plante. Il en résulte une activité photosynthétique améliorée et donc une masse du végétal plus élevée qu'en l'absence de mycorhizes. Le champignon dispose quant à lui des photo-assimilats (glucides et autres produits de la photosynthèse) lui servant de substrat énergétique nécessaire à son métabolisme hétérotrophe. Le bénéfice est donc réciproque.

Dans des milieux pauvres en nutriments minéraux et en eau (roches, écorces) la symbiose champignon - algue constituant les lichens permet la survie conjointe de ces deux organismes: le mycélium très étendu du champignon capte l'eau et les sels minéraux nécessaires à la photosynthèse de l'algue, l'algue approvisionne le champignon en photo-assimilats indispensables à son métabolisme hétérotrophes.

Dans des eaux pauvres en nutriments et en proies la symbiose polype - xanthelle constituant les coraux permet la survie conjointe de ces deux organismes: la xanthelle (algue) consomme les déchets du polype, le polype consomme les photo-assimilats de l'algue. Ces deux organismes ne pourraient pas vivre indépendamment l'un de l'autre dans un milieu aussi pauvre.

Conclusion: La symbiose est une association (physique) durable à bénéfices réciproques entre des êtres vivants différents. La symbiose existe entre de nombreux êtres vivants très différents : animaux, végétaux, champignons, bactéries.

La symbiose provoque une diversification du vivant sans modification du génome

Activité 5: Diversification des comportements et diversification du vivant

1: Le lavage du blé chez les macaques japonais

Depuis l'initiative du comportement de lavage du blé, de plus en plus d'individus ont acquis ce comportement au cours des générations suivantes. L'acquisition de ce comportement est plus important chez les femelles, et se produit principalement avant l'âge de 6 ans.

Chez les jeunes femelles qui restent davantage que les mâles avec leur mère, l'acquisition de ce comportement pourrait se faire par imitation de leur mère. Chez les jeunes mâles qui deviennent indépendants vers 4 ans, l'acquisition de ce comportement qui peut avoir lieu après l'âge de 4 ans pourrait se faire par imitation des autres jeunes avec lesquels ils passent beaucoup de temps.

2: Le chant des moineaux

- Les oisillons originaires de Marin ayant entendu des chants enregistrés chez un moineau de Marin reproduisent le chant caractéristique des moineaux de Marin.
- Les oisillons originaires de Marin ayant entendu des chants enregistrés chez un moineau de Berkeley reproduisent le chant caractéristique des moineaux de Berkeley
- Les oisillons originaires de Berkeley ayant entendu des chants enregistrés chez un moineau de Marin reproduisent le chant caractéristique des moineaux de Marin

On en déduit que l'apprentissage du chant chez les moineaux se fait par imitation du chant entendu durant les premiers jours de vie de l'oisillon.

Conclusion: Chez les vertébrés principalement, certains comportements sont transmis au sein d'un groupe : il s'agit de comportements culturels. Ces comportements sont le résultat d'un apprentissage, ils ne sont pas déterminés génétiquement. Ces comportements sont d'autant plus transmis qu'ils présentent un avantage sélectif (reproduction, recherche de nourriture...).

L'acquisition et la diversification des comportements provoquent une diversification du vivant sans modification du génome