

Des mécanismes de diversification au sein d'une espèce.

Introduction : le brassage inter et intrachromosomique explique une partie de la diversité des êtres vivants. Mais d'autres processus de diversification existent :

1. Diversification du génome

La polyploïdisation

Hybrides, généralement stériles (mais pas toujours) ; surtout chez les plantes. Voir l'exercice sur le blé.

Le transfert horizontal de gènes

Elysia chlorotica

La limace de mer *Elysia chlorotica* Gastéropode opisthobranche possède de nombreux chloroplastes dans son épithélium digestif. Elle fait de la photosynthèse !!! (elle est assez transparente). Un animal qui fait de la photosynthèse !!! Elle est vert émeraude comme les vénusiens.

Elle a acquis les chloroplastes par ingestion de l'algue *Vaucheria litorea*. Les plastes de la limace sont actifs tout au long de sa vie, soit 9 à 10 mois.

Mais, mais, mais... Pas de noyau algal, donc nouvelle source de protéines nucléaires codée pour le plaste cible par la limace.

Un gène indispensable à la photosynthèse :

- n'est pas présent dans le plaste.
- est présent dans le génome de *Elysia*, ainsi que dans le génome de *Vaucheria*.
- Ce gène (*psbO*) est flanqué d'un *psbO* modifié chez les deux organismes.

Syncytines 1 et 2

Voir le site Access + Le **premier point** est d'introduire la notion de **rétrovirus endogène**

Non traité pourrait faire l'objet d'une question au contrôle

2. Modification de l'expression du génome.

Les chattes bicolores.

De nombreux gènes gouvernent la couleur du pelage. Chez le Chat, l'un d'entre eux localisé sur le chromosome X existe sous deux variantes (ou allèles), l'une codant pour la couleur noire, l'autre pour la couleur orangée. Les mâles porteurs de ce gène sont toujours uniformément colorés, tout noirs ou tout orangés : leur pelage exprime l'allèle du seul X dont ils ont hérité, qui ne peut être que celui de la mère (X_m).

Les femelles hétérozygotes pour ce gène, c'est à dire qui ont reçu un allèle de chaque type - l'un d'origine maternelle (X_m), l'autre d'origine paternelle (X_p) - ne sont pas uniformément colorées noires, oranges ou orange foncé comme on pourrait s'y attendre en se basant sur la dominance éventuelle d'un allèle sur l'autre, ou leur codominance. Elles sont bicolores, tachetées de noir et d'orange (calico cats); leur pelage mosaïque exprime selon les territoires, tantôt l'allèle porté par un X, tantôt l'allèle porté par l'autre X, et ce de façon permanente puisque ni la forme ni la couleur des taches ne varient au cours de leur vie.

Très précocement au cours du développement, l'un des deux chromosome X est inactivé en donnant naissance au corpuscule de Barr. Cette inactivation est alors transmise à la descendance de la cellule. Le choix de l'inactivation du chromosome X paternel (en bleu) ou maternel (en rose), est aléatoire.

Gènes du développement

Texte 1

J'étais à l'aéroport de New-York pour prendre l'avion pour Seattle. Je me retrouvais assis à côté d'une jeune femme, quand je remarquai soudain que l'index, à chacune de ses mains était particulièrement court. Il s'agissait d'une *brachydactylie* due à une mutation, comme je l'avais appris. Mais je ne me rappelais plus si la mutation en question affectait aussi les orteils. Par chance ma voisine portait des sandales. Je fis donc "accidentellement" tomber mon journal pour examiner ses orteils. Eh bien ! Je suis en mesure maintenant d'affirmer que ses deuxièmes orteils étaient également raccourcis.

[La drosophile aux yeux rouges ; Walter J. Gehring ; Éditions Odile Jacob ; 1999 ; p 1]

gènes architectes

On a longtemps cru qu'il fallait un très grand nombre de mutations élémentaires, lentement accumulées dans le capital génétique, pour obtenir une autre espèce, en particulier pour obtenir un nouveau plan d'organisation.

Cependant on a trouvé que ce n'était pas seulement un caractère qui est concerné par un gène mais le plan d'organisation lui-même. Donc certains gènes permettent d'ordonner la confection d'un individu, étape par étape. Il s'agit là de la découverte des gènes du développement, autrement dits gènes architectes ou encore (pour certains) gènes homéotiques et de l'homéoboite.

2 constats importants : ① notre corps, celui des vertébrés, des insectes, sont construits à partir d'éléments répétés : vertèbres, côtes, segments. ② Ailes et balanciers des diptères ; mutants « homéotique ». Homéotique signifie que ce sont des transformations d'une partie du corps à l'image d'une autre partie, d'où la notion d'homologie qui a donné le terme homéotique. Une drosophile mutante peut recevoir 4 ailes alors que normalement elle n'en possède que deux. On peut voir des antennes à la place des pattes, des yeux à la place des ailes. Cela ne se fait pas au hasard mais par homologie : par exemple on ne peut pas échanger des pattes poussant à la place d'antennes et non des ailes à la place des pattes. Des structures d'apparence très différentes peuvent s'échanger si elles interviennent au même niveau dans le développement de l'individu. Ce qui détermine le moment de formation de l'organe, ce sont les gènes du développement. Ce sont les gènes Hox, dits encore gènes architectes, qui permettent la réalisation du plan d'organisation et donnent au développement ses étapes, son sens.

On retrouve les Hox non seulement chez la souris, la drosophile ou l'homme mais chez tous les pluricellulaires.

Il reste un problème à résoudre qui est une question d'auto-organisation des systèmes dissipatifs, étudiée comme telle par Alan Turing et Brian Goodwin. Les gènes Hox ne se contentent pas de fabriquer un membre ou un système comme le système urogénital, ils précisent dans quelle direction le membre ou l'organisme doit se développer. C'est Wolpert qui en a donné l'interprétation en développant une idée de Turing dont on a parlé précédemment. C'est un phénomène de disposition spatiale par rapport aux voisins proches, au sein d'un tissu en croissance. C'est ce que Wolpert appelle l'information de position. En effet, ce qui permet de fabriquer un individu c'est que les cellules ne se contentent pas de se multiplier ou de se diversifier : elles connaissent leur position au sein d'un tissu en croissance. Mais comment font-elles pour le savoir, pour organiser l'espace. Et comment les différents organes de l'individu se retrouvent-ils bien à leur place par rapport à l'avant/arrière du corps et par rapport à la symétrie dos/face ? Ce sont les gènes Hox qui assignent une identité spatiale aux cellules

embryonnaires le long des différents axes du corps.

La comparaison entre des gènes du développement de différents organismes vivants est particulièrement révélatrice. La construction et l'organisation des gènes du développement de l'homme sont très semblables à celles des autres mammifères, mais aussi à celles des poissons, des oiseaux et même des insectes. (on peut les échanger). Il est généralement admis qu'en raison de leur fonction centrale dans le développement d'un organisme, les gènes du développement ont été conservés durant plusieurs millions d'années par la nature.

Modifications de la chronologie du développement.

Les hétérochronies sont largement répandues dans le monde vivant. L'exemple classique est l'axolotl, grosse larve de salamandre qui, au Mexique, au lieu de se métamorphoser en salamandre terrestre, comme le font habituellement les larves de salamandre, reste parfois toute sa vie dans l'eau à l'état larvaire (avec branchies et nageoire dorsale) - et pourtant se reproduit. C'est un exemple classique de *néoténie*.

Certains processus hétérochroniques peuvent faire l'objet d'expériences, si bien que l'on commence à en comprendre les fondements génétiques. Ainsi la non-métamorphose de l'axolotl est sous la dépendance de deux gènes, qui contrôlent la production d'hormone thyroïdienne. Il suffit d'injecter de cette hormone à l'axolotl pour le faire se métamorphoser.

Ces gènes architectes imposent une chronologie précise des événements qui se suivent au cours du développement. Un changement dans l'expression d'un de ces gènes peut suffire à modifier la chronologie et donc la morphologie adulte.

Le passage des poissons aux tétrapodes serait donc fondé, sans qu'on sache précisément comment ni pourquoi, sur le déclenchement d'une hétérochronie fondamentale, liée à la poursuite de l'activité de certains gènes architectes.

Les recherches récentes ont par ailleurs permis de démontrer qu'une mutation dans un gène *Hox* est capable de déclencher une hétérochronie du développement. Le gène *Hoxd-9*, exprimé précocement chez la souris, modifie la morphologie du bras. Exprimé au contraire tardivement, le gène *Hoxd-13* modifie la formation de la main. Chez l'homme, des maladies rares liées à une modification de *Hoxd-13* peuvent entraîner une décélération du développement inhibant la formation des deuxièmes phalanges, et entraînant parfois jusqu'à la disparition des doigts. Certaines de ces modifications se transmettent à la descendance comme un trait dominant(VI).

3. Diversification sans modification du génome.

Les symbioses

Voit le TP lichen

La transmission culturelle des comportements.

Le Royaume Uni possède un système traditionnel de livraison à domicile du lait en bouteilles. Au début du XXème siècle, les bouteilles de lait n'avaient pas de couvercle, et les oiseaux accédaient facilement à la crème qui se formait à la surface. Deux espèces différentes d'oiseaux familiers des jardins britanniques, *la mésange bleue (blue tit)* et *le rouge gorge*, ont appris à siphonner la crème des bouteilles de lait et à becqueter cette nouvelle et riche nourriture.

Cette capacité nouvelle en elle-même représentait déjà un succès. Elle a eu aussi un effet sur l'évolution. La crème était beaucoup plus riche que les sources habituelles de nourriture de ces oiseaux, et les deux espèces ont connu une évolution de leur système digestif pour assimiler ces nouveaux nutriments. Cette adaptation s'est très probablement produite au prix d'une sélection darwinienne.

Ensuite, entre les deux guerres mondiales, les laiteries ont obturé l'accès à la crème en plaçant des capsules d'aluminium sur les bouteilles.

Au début des années 50 la population entière des mésanges bleues du Royaume Uni, comptant environ un million d'oiseaux, avait appris à percer les capsules d'aluminium. Le fait de regagner l'accès à cette riche nourriture a représenté une victoire importante pour l'ensemble de la famille des mésanges bleues, et lui a donné un avantage dans la bataille pour la survie. A l'inverse, les rouges gorges en tant que famille n'ont jamais regagné collectivement l'accès à la crème. Parfois, un rouge gorge isolé apprend à percer les capsules des bouteilles de lait. Mais l'apprentissage n'est jamais transmis au reste de l'espèce.

En bref, les mésanges bleues ont réussi un extraordinaire processus d'apprentissage institutionnel. Les rouges gorges ont échoué, même si des individus rouges gorges se sont à l'occasion montrés aussi ingénieux que les mésanges bleues.

Et la différence de compétence entre les deux groupes ne pouvait être attribuée à des disparités dans leurs facultés à communiquer, qui sont largement comparables ; en tant qu'oiseaux chanteurs, la mésange bleue et le rouge gorge disposent en effet d'un large éventail de moyens de communication : couleurs, comportement, mouvements et chant. L'explication ne pouvait être trouvée que dans le processus de propagation sociale : la façon dont les mésanges bleues diffusaient leurs habiletés d'un individu à l'ensemble des membres de l'espèce.

En effet, au printemps, les mésanges bleues vivent en couples jusqu'à ce qu'elles aient élevé leurs petits. Au début de l'été, quand les jeunes volent et se nourrissent de façon autonome, les oiseaux volent de jardin en jardin par groupes de 8 à 10 individus. Ces groupes semblent rester stables dans leur composition, et se déplacent à travers la campagne durant une période de mobilité qui couvre deux à trois mois.

A l'inverse, les rouges gorges sont des animaux territoriaux. Un rouge gorge mâle ne permettra pas à un autre mâle d'entrer sur son territoire. Quand il se sent menacé, le rouge gorge envoie un avertissement, du genre «dégage et ne reviens pas » : en général, les rouges gorges ont tendance à communiquer entre eux de manière antagoniste, et à se fixer des frontières strictes qu'ils ne dépassent pas.

There are actually two hypotheses which could explain the increase in these behaviors: First, birds might observe other birds feeding in this manner and adopt the behavior. Second, each bird might, independently, discover this feeding option. This second possibility is particularly likely if a bottle opened by one bird serves as a clue to other birds that the bottles are food resources. Sherry and Galef (1984) argued for just this interpretation of this classic example. Although their reinterpretation is controversial, this illustrates the need for carefully controlled experiments and an open mind to considering alternative explanations.