



La diversification du vivant. Correction TP3 (partie 3) et FA4

I/ Le génome peut être modifié.

1) La modification de l'expression des gènes de développement

a- Des gènes très conservés

➤ Doc A2 page 44 (→ correction TP3)

b- des gènes qui contrôlent la mise en place du plan d'organisation...

➤ Doc A page 44

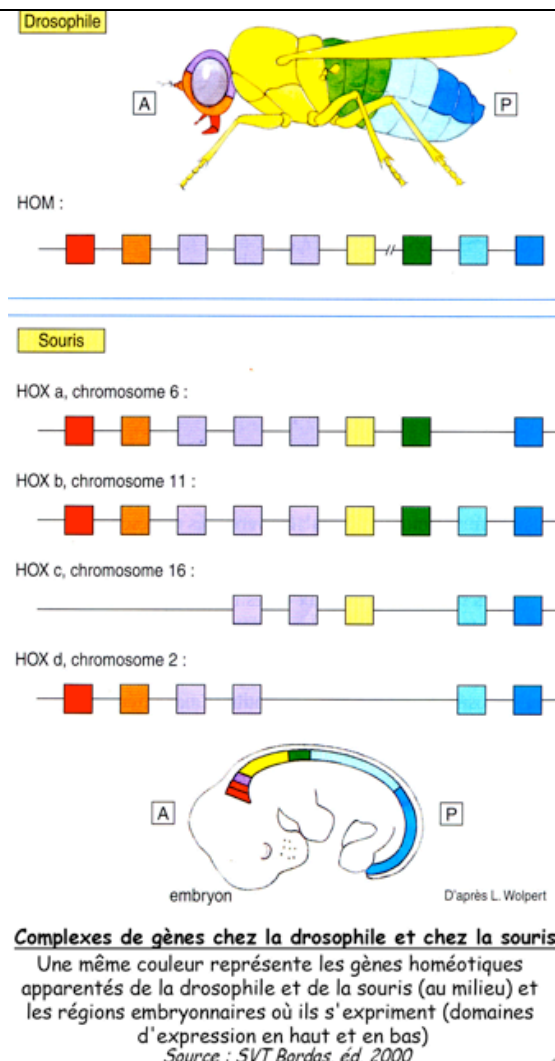
Le programme de développement d'un organisme est inscrit dans son patrimoine génétique.

Les cellules issues d'une même cellule œuf ayant la même information génétique mais des destinées différentes, on s'est longtemps demandé ce qui gouvernait l'identité positionnelle des différentes structures au cours du développement.

Les premiers éléments de réponse ont été fournis par **l'étude de certaines mutations génétiques changeant le cours du développement chez la drosophile.**

Un gène homéotique est, par définition, un gène dont la mutation produit une homéose, **c'est-à-dire l'apparition d'un organe bien formé, mais à un mauvais emplacement du corps.**

C'est William Bateson, qui, en étudiant les variations intra spécifiques chez un coléoptère, observa des mutations homéotiques, notamment l'apparition de pattes à la place des antennes. Il fit d'ailleurs des observations similaires chez les végétaux, où les étamines pouvaient par exemple être remplacées par des pétales. Bateson comprit qu'un segment de l'organisme possède toutes les potentialités, et qu'au cours du développement, un « choix » s'opère ; lorsque ce choix est faux, le segment ne possède pas les appendices ou organes attendus. On apprendra plus tard que ce sont des gènes qui déterminent ces choix.



Chez la Drosophile, les gènes homéotiques forment le complexe Hom-C porté par le chromosome 3 ;
Ce complexe est composé de deux groupes de gènes :

Le groupe Antennapedia et le groupe Bithorax, chacun de ces groupes comprenant plusieurs gènes

- Antennapedia : gènes **lab** (labial), **proboscipedia** (pb), Deformed (dfd), Sex comb reduced (Scr), **Antennapedia** (antp) ;

Bithorax : gènes **ultrabithorax** (ubx), **abdominal A** (AbdA) et **abdominal** (AbdB).

Chez la Souris, les gènes homéotiques forment quatre complexes Hox répartis sur quatre chromosomes :

- Complexe des gènes Hox A sur le chromosome 6 ;
- Complexe des gènes Hox B sur le chromosome 11 ;
- Complexe des gènes Hox C sur le chromosome 15 ;
- Complexe des gènes Hox D sur le chromosome 2.

Cette spécification des segments se fait suivant un axe antéro-postérieur, et il est fortement corrélé à l'ordre des gènes sur les chromosomes : c'est la règle de colinéarité. En parcourant l'ADN, on trouve des gènes dont les lieux d'action s'échelonnent de l'avant vers l'arrière de l'animal.

c- ...et dont des modifications d'expression peuvent être à l'origine de nouvelles formes de vie

- **Une modification de l'intensité et de la localisation de l'expression**

➤ Doc B page 45

Chez les vertébrés, la majeure partie des gènes homéotiques intervient dans l'identité des différentes parties du corps, suivant l'axe antéropostérieur (mais pas dans celle de l'axe dorso-ventral).

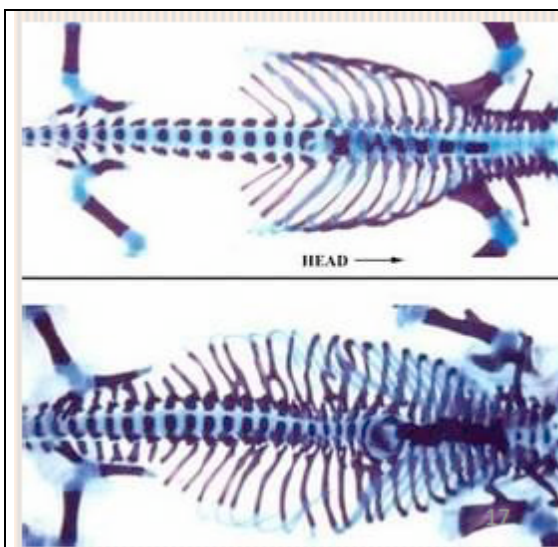
Une partie d'entre eux joue également un rôle dans l'édification des membres.

Chez la souris par exemple, les gènes homéotiques, regroupés en 4 complexes appelés HOX A à HOX D, interviennent dans la régionalisation de la colonne vertébrale et du système nerveux central.

Exemple de la mise en place des côtes et des membres.

Les serpents sont dépourvus de membres et présentent des côtes sur toute la longueur de la colonne vertébrale (vertèbres thoraciques).

- les membres antérieurs chez les autres vertébrés se mettent en place en avant de la zone où le gène HOXC-6 est exprimé seul, sans HOXC-8. Exprimés ensemble, ils sont impliqués dans la formation des côtes sur les vertèbres.



En haut, un squelette normal de souris vu par radiographie. En bas, le squelette d'une souris dont les gènes Hox6 ont été activés dans les zones normalement sans côtes. Le résultat est spectaculaire : des côtes depuis la région du cou jusqu'au bassin, à la manière d'un squelette de serpent...
© Moisés Mallo

C'est donc la différence **du territoire d'expression** des gènes qui implique des modifications d'organisation que ces différences, souvent minimes (forte identité)

➤ Doc 4 page 45

L'expression des gènes varie en fonction du cycle de développement de l'animal et c'est l'interaction de l'activité des différents gènes qui est responsable de la mise en place du plan d'organisation.

Chez les arthropodes comme la drosophile, les gènes homéotiques déterminent l'identité de chaque segment de l'animal : ils dirigent ainsi l'apparition de pattes, d'antennes, ou de balanciers suivant les segments.

Un gène homéotique spécifiant une région du corps empêche l'expression du gène disposé antérieurement (et spécifiant une région antérieure du corps) ; exemple: le gène "Ubx" empêche l'expression du gène "Antp" dans le 3ème segment thoracique qu' "Ubx" spécifie.

Mutation des gènes homéotiques : les mutations peuvent provoquer soit un surcroît d'activité du gène (=gain de fonction) soit une diminution plus ou moins complète d'activité (= perte de fonction). Exemple : la perte de fonction du gène qui spécifie le premier segment abdominal (gène "abdA") entraîne l'apparition d'une 4ème paire de patte ; A l'inverse, une mutation "gain de fonction" du gène "Antp" fait qu'il s'exprime là où il ne pouvait le faire, dans les cellules de la tête et est à l'origine de pattes qui se développent à la place des antennes.

Le phénotype mutant "mouche à 4 ailes" chez la drosophile

- Ce phénotype (mouche de droite) résulte de mutations du gène "Ubx" (= gène ultrabithorax). Notons que chez les insectes, l'état "2 ailes" est dérivé et l'état "4 ailes" est ancestral.
- Au cours de l'évolution, on peut supposer que c'est par mutation des gènes homéotiques contrôlant l'identité de chaque segment du thorax que l'apparition du nouveau plan d'organisation "une seule paire d'aile" est apparu.



| Mutation homéotique | Phénotype du mutant | Animal actuel |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| bx^C^- $Antp^C^-$ | | Péripate |
| $Antp^C^-$ | | Japyx (Aptérygote) |
| Ubx^- | Tête Thorax Abdomen Balancier | Libellule (Odonate) |
| « Sauvage » | | « Mouche » (Diptère) |

- Une modification de la chronologie de l'expression.

➤ Doc B page 47

Certains gènes contrôlent la chronologie de l'activité des gènes de développement, expliquant l'acquisition progressive des caractères adultes. Des mutations touchant ces gènes entraînent une modification de la chronologie du développement (**heterochronie**) : des individus peuvent atteindre la maturité sexuelle avec des caractères juvéniles (voir plus loin : « origine de la lignée humaine »)

Exemple : axolotl et ambystome.

| Ambystome adulte | Larve d'ambystome | Axolotl adulte |
|------------------|-------------------|----------------|
| | | |

L'axolotl conserve à l'état adulte les attributs de la larve (pattes réduites, branchies, vie aquatique), une mutation de gènes assurant la chronologie du développement serait à l'origine de cette espèce.