

II : DEVELOPPEMENT POST-EMBRYONNAIRE

Le développement des métazoaires va entraîner la formation de types cellulaires spécialisés à partir de la cellule Œuf. La spécialisation est généralement progressive. Elle n'apparaît pas typiquement au départ. Cependant la cellule est déjà engagée dans une voie particulière et ses capacités de développement sont limitées. Le développement d'un organisme animal est soumis à 2 grandes étapes ; le développement embryonnaire et le développement post embryonnaire.

Le développement d'une nouvelle vie est un processus spectaculaire, qui constitue un chef-d'œuvre de contrôles temporel et spatial de l'expression génétique. De nombreux organismes modèles sont utilisés en biologie du développement. Le principe général est que plus un organisme est simple et plus il sera facile d'étudier ses mécanismes fondamentaux de développement, qui pourront ensuite être retrouvés chez des animaux plus complexes : Vertébrés, Poissons, Amphibien (Xénope : *Xenopus leavis*), Poulet, Souris, Invertébrés (Insectes).

Durant le développement embryonnaire, la structure anatomique et morphologique apparaît à partir du stade de l'organogénèse ; avec la mise en place des différents organes. Le processus de développement se déroule d'une manière conventionnelle qui dépend de l'espèce. Il est remarqué que les organes **ne se développent pas en même temps** et la **vitesse du développement** est différente.

La fin du développement embryonnaire conduit en principe à un organisme pourvu d'organes achevés partiellement et capable de subvenir à ses besoins (vie). Sa taille relativement à celle de l'adulte, est plus ou moins grande, généralement en rapport Avec celle de l'œuf qui lui a donné naissance. Il est fondamentale, qu'un phénomène simple de grandissement, une croissance devrait le transformer en adulte. En réalité les phénomènes sont beaucoup plus complexes.

La fin du développement embryonnaire est souvent fixée de façon conventionnelle (naissance = accouchement, mise bas ou éclosion). Par exemple chez les ovipares, le stade de développement atteint au moment de l'éclosion de l'œuf est très variable : depuis la blastula de l'oursin jusqu'au poussin, des oiseaux ; précisément, dans le cas des queufs volumineux ou dans de nombreux cas de **viviparité** (mammifère), le nouveau né est un individu de taille notable qui a manifestement déjà subi une croissance.

Enfin l'organisme qui termine son développement embryonnaire peut ne pas ressembler à l'adulte de son espèce (Cas des insectes) et appelle de façon évidente de nouvelles et profondes modifications. Ainsi le passage à l'état adulte ne va pas seulement exiger une croissance, c'est-à-dire un ensemble de phénomènes essentiellement quantitatifs ; il va comporter un véritable développement, appelé développement post embryonnaire, qui est représenté par un ensemble de transformations qualitatives ; comme la métamorphose.

Développement post embryonnaire se termine par la formation d'un organisme adulte ; sexuellement mature, capable de se reproduire. Pour atteindre cet état, marqué par la maturité sexuelle, les changements morphologiques peuvent être plus ou moins marqués.

Dans certains cas, ils sont apparemment très faibles : on dit le **développement est direct** dans d'autres cas ils sont très importants, on parle de **développement indirect**.

1/ Développement direct :

Dans ce cas les changements morphologiques sont réduits, c'est-à-dire qu'ils ne mettent jamais en cause la forme spécifique, entre le nouveau né et l'adulte.

Ex : homme : Chacun sait que le jeune enfant a des proportions bien évolues tout au long de la croissance ; mais entendu d'autres phénomènes vont se produire : Changement de dentition, apparition des caractères sexuels secondaires (qui peuvent être anatomique physiologique ou psychologiques) et de nombreuses transformations internes.

Parallèlement à cette évolution, il faudrait décrire celle des phénomènes physiologiques : modification du système endocrinien (en particulier en relation avec le développement des organes génitaux), des métabolismes (en particulier celui du calcium), du fonctionnement des principaux organes (fréquence des battements cardiaques, etc...).

2/ Développement indirect : Ce type de développement est au contraire caractérisé par une série de changements dont l'ensemble constitue la métamorphose. Ce développement comprend souvent des stades intermédiaires, comme les larves. (À développer les différents cas de classe animale) Ex : Echinodermes, Vers plats Insectes, Poissons, Amphibiens.

-Le développement des insectes :

Les étapes du cycle de la vie des insectes sont, à la différence de l'Homme, fortement complexes. Alors que nous grandissons de manière continue, notre physionomie et notre physiologie sont identiques à nos parents (ne dit-on pas que le petit dernier ressemble à ses parents ?).

Les insectes par contre subissent des transformations externes et internes des plus impressionnantes. Savoir que la chenille est la forme juvénile du papillon ne tombe pas sous le sens. Pour qui n'a pas observé le développement complet d'un papillon ou d'un coléoptère, il est tout à fait légitime de penser que ces deux formes représentent deux espèces très différentes ! Et pourtant, elles ne forment qu'une seule et même espèce. Néanmoins, ce type de développement n'est pas le seul chez les insectes. En fait les scientifiques se sont aperçus que 3 types de développements coexistent. Ils correspondent à une évolution et une complexification du développement.

On distingue donc trois grands types de développements qui sont :

- 1- **Amétabole** : il n'y a pas de stade larvaire mais plutôt des stades juvéniles (immatures sexuellement) séparés de l'état adulte (reproducteur) par une mue de puberté.
- 2- **Hémimétabole** : ce développement caractérise des insectes ptérygotes (qui ont des ailes) dont les juvéniles ressemblent à l'adulte. Les ailes se développent progressivement jusqu'à l'état adulte sexuellement mûr.
- 3- **Holométabole** : de loin le plus complexe, les formes larvaires sont éloignées aussi bien morphologiquement que physiologiquement de l'état imaginal. Le passage de l'état larvaire à l'état adulte s'effectue de manière brusque grâce à une phase appelée "stade nymphale".

Le stade juvénile est généralement le plus long (mais pas toujours...). Il correspond toujours à une succession de mues qui permettent à l'animal de grandir. Ainsi certaines cigales restent dans cet état près de vingt ans. Lorsqu'elles arrivent à l'état imaginal, c'est juste pour se reproduire. Elles meurent alors à la fin de l'été. Chez les insectes amétaboles et hémimétaboles, les stades qui précèdent l'âge adulte sont dits "juvéniles" car leur morphologie ressemble à celle de l'adulte. Chez les insectes holométaboles par contre, ces stades sont qualifiés de "larvaires". La larve ne ressemble ainsi pas du tout à sa forme adulte.

La métamorphose des insectes hémimétaboles s'observe dans les ordres suivants : Ephéméroptères, Odonates, Phasmoptères, Blattoptères, Mantoptères, Hétéroptères ou encore Homoptères. A la différence des insectes holométaboles, il n'y a pas de stade nymphal. Dès sa naissance, l'insecte hémimétabole ressemble à l'adulte. Son développement se résume donc à

des mues de croissances pendant le stade juvénile ; **-l'oeuf, -le stade juvénile, -l'imago (=adulte).**

Bien que le stade juvénile ressemble à l'adulte, l'insecte n'a pas d'ailes totalement développées mais sont partiellement visibles. Leur développement est donc externe. C'est pourquoi ces insectes sont qualifiés d'exoptérygotes (Exo : extérieur - ptérygote : porteur d'ailes) et il n'est pas mature sexuellement.

Cette métamorphose "progressive" de l'insecte juvénile caractérise un développement primitif. Ce développement est à opposer à celui des holométaboles (qui sont endoptérygotes) et dont la larve est totalement différente de l'adulte.

La métamorphose des insectes holométabole s'observe dans les ordres suivants : Névroptères, Coléoptères, Hyménoptères, Mécoptères, Diptères, Aphaniptères, Trichoptères et les Lépidoptères. On y distingue alors quatre grandes étapes dans le développement de ces insectes : **-l'oeuf, -le stade larvaire, -le stade nymphal, -l'imago (=adulte).**

Les chenilles qui arrivent à maturité doivent donc se transformer en papillon. Or, une si grande transformation nécessite une phase particulière pendant laquelle la chenille ne bouge pas : c'est la nymphose.

III- Déterminisme des métamorphoses

L'enchaînement des étapes conduisant au stade adulte est maintenant assez bien connu, au moins dans quelques cas.

Ainsi chez les **insectes**, on sait que les mues et la métamorphose ne peuvent se produire à moins que les individus n'aient atteint un certain niveau d'alimentation (périodes d'alimentation obligatoire). Ce déterminisme nutritionnel s'accompagne d'un mécanisme hormonal (Fig : 1) assez complexe qui règle le déroulement des processus morphologiques caractéristiques des mues et en fixe le sens. De nombreuses expériences de greffes et d'ablations paraissent montrer le rôle de l'hormone juvénile des Corpora allata et l'intervention de l'ecdysone des glandes prothoraciques.

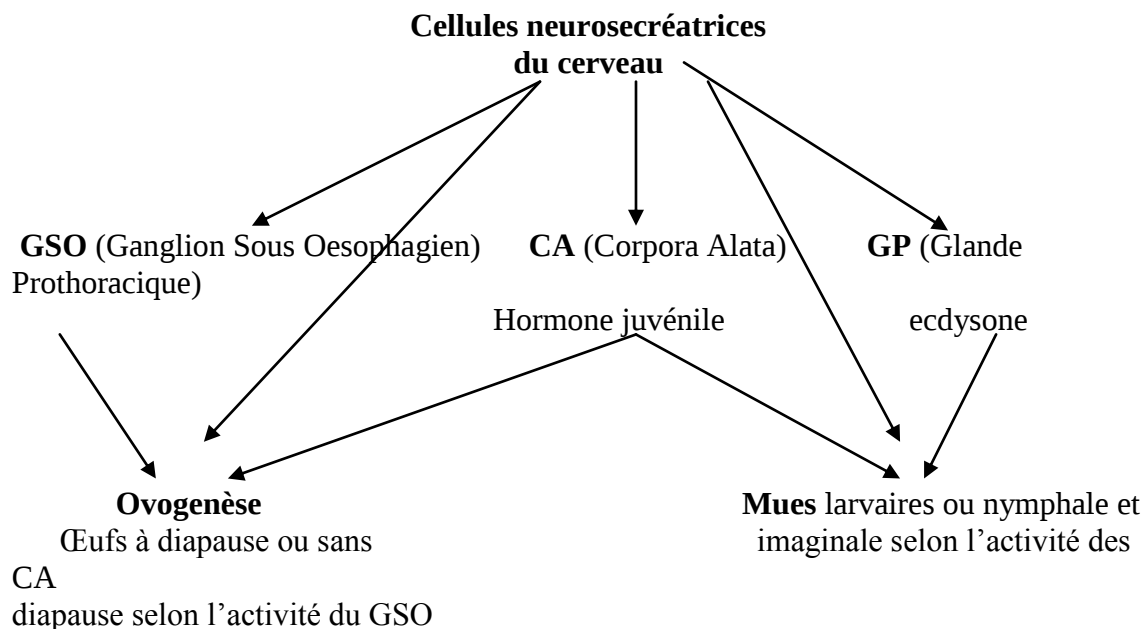
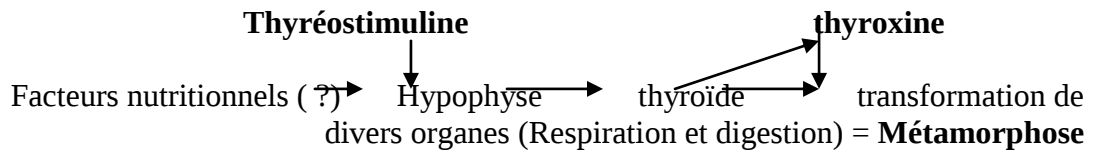


Figure 1 : Mécanisme hormonaux concernant les mues et l'ovogenèse chez les insectes.

Mues : si l'influence des CA est forte la mue est larvaire, si elle est faible la mue est nymphale ou imaginale.

Ovogenèse : Si l'influence du GSO est forte les œufs présenteront une diapause, si elle est faible le développement embryonnaire s'effectuera sans diapause.

Chez les **batraciens (amphibiens)**, des expériences ont montrés que la métamorphose du têtard pouvait être obtenue grâce à des extraits thyroïdiens et quelle pouvait être au contraire inhibée par l'ablation de la thyroïde. Mais en fait les mécanismes sont plus complexes : l'ablation du lobe antérieur de l'hypophyse bloque également la métamorphose.



IV- Interférences du développement post-embryonnaire et des phénomènes de reproduction :

Il peut arriver que, contrairement au cas général, un organisme soit capable de se reproduire avant d'avoir atteint l'âge adulte.

La Néoténie : c'est ainsi qu'un amphibien urodèle (à queue persistante) comme *Ablystoma tigrinum*, présente une larve, l'axolotl qui ne se métamorphose généralement pas et se reproduit de façon bisexuée. La thyroïde de l'axolotl a normalement un fonctionnement insuffisant, et c'est seulement si le milieu se dessèche que les stimulus externes modifient le fonctionnement endocrinien et entraînent la métamorphose. Le phénomène de la néoténie signifie donc qu'un organisme qui conserve des caractères larvaires atteint la maturité sexuelle et devient capable de reproduire.

L'Amblystome, chez qui mâle et femelle sont néoténiques, présente donc une néoténie facultative.

La pédogenèse : la larve d'une mouche qui vit dans le bois pourri (*Miastor*) est également capable de se reproduire; des embryons se forment et se développent dans la larve mère qui en meurt au moment de l'éclosion. Il y a bien des organes génitaux, mais pas de tractus génital. Il y a donc reproduction sexuée, mais sans qu'il y ait fécondation : La pédogenèse est donc une parthénogenèse larvaire.

V : LA CROISSANCE

La croissance n'est évidemment qu'un des aspects de la vie d'un jeune organisme, elle ne s'oppose pas au développement : il y a d'ailleurs aussi une croissance embryonnaire. Après l'éclosion, les phénomènes de développement et de croissance interfèrent constamment.

Une étude quantitative de la croissance est possible durant les phases où la forme de l'organisme n'est pas trop modifiée, c'est-à-dire pendant lesquelles les critères choisis ne changent pas de nature. Si l'on étudie la dimension d'un organe, encore faut-il que ce dernier ne disparaisse pas.

Les principales méthodes d'études de la croissance concernent la **croissance absolue**, c'est-à-dire la croissance d'un organe ou un organisme en fonction du temps, et la **croissance relative**, c'est-à-dire la croissance d'un organe par rapport à un autre organe.

1 : croissance absolue :

On distingue plusieurs cas bien différents.

A : la croissance illimitée : Certains organismes grandissent pendant toute leur vie, y compris après la maturation sexuelle. C'est le cas d'un certain nombre d'invertébrés et celui des vertébrés inférieurs (Poissons, Batraciens, Reptiles). **Exp :** une anguille, après 8 ans peut dépasser un mètre de long et 5 Kg ; la courbe du poids en fonction du temps présente le plus souvent la forme d'un S allongé. Ce type de croissance concerne les Insectes, les oiseaux, les mammifères, et aussi bien la croissance (**courbe sigmoïde**).

B : La croissance limitée : embryonnaire que post embryonnaire. Après une période où la taille et le poids augmentent très rapidement, ces paramètres varient plus lentement pour atteindre un maximum s'il y avait une limitation. Les courbes représentatives, toujours en fonction du temps, ont une allure sigmoïde (**Figure 3**).

Figure : 3 : Croissance absolue : la croissance embryonnaire du rat blanc.

On peut se faire une idée, dans la période de croissance rapide, de la vitesse à laquelle celle-ci se déroule en mesurant le temps nécessaire à un organisme pour doubler son poids de naissance.

Homme= 180 jours

Boeuf = 47 jours

Mouton = 15 jours

Chien = 9 jours

Lapin = 6 jours

Pigeon = 2 jours.

Il faut noter la grande variabilité entre espèces et la lenteur relative de la croissance chez l'homme.

On peut enfin apprécier l'ampleur de la croissance en considérant le rapport : poids de l'adulte/poids nouveau-né.

Homme 20

Souris 20

Poulet 40

Chez les insectes, ce rapport peut prendre des proportions considérables. La chenille du ver à soie, à la veille de la métamorphose, atteint aisément 10 000 fois le poids à l'éclosion.

La croissance discontinue (Figure :4) :

Figure 4 : Croissance absolue : la croissance post embryonnaire d'un insecte (le Ver à soie).

C'est une modalité de croissance particulière aux Arthropodes, c'est-à-dire à des animaux dont les stades larvaires sont séparés par des mues. A chaque stade larvaire correspond une période de croissance limitée classique. En définitive, chez ces animaux, on peut saisir la croissance à deux niveaux : l'un entre deux mues successives, l'autre pour l'ensemble de développement post-embryonnaire en choisissant par exemple comme critère les poids aux mues.

Travaux pratiques (TP) :

- 1- Observation microscopiques des différents stades de développement embryonnaires.
- 2- Observation des différents stades de développement d'un organisme animale : Insectes.
- 3- Techniques morphométriques.
- 4- Etude du développement.

Travaux dirigés (TD) : Complément d'information pour le cours.

- 1- Types de division cellulaire.
- 2- Rappel sur la gamétogénèse.
- 3- Différenciation cellulaire.
- 4- Etude du développement de modèle animale. (Mammifère, Poisson, Insecte, Batracien)