

# LA BIOLOGIE DU DEVELOPPEMENT

La **biologie du développement** est l'étude des processus par lesquels les organismes croissent (**Reproduction**) et se développent (**Le processus de la mise en place d'un nouveau organisme à partir d'un zygote jusqu'à l'adulte ; sexuellement mature**). Elle étudie en particulier le contrôle génétique de la croissance cellulaire, de la différenciation cellulaire et de la morphogenèse.

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. La biologie du développement s'intéresse ainsi à l'effet de différents gènes sur les phénotypes et aux paramètres épigénétiques susceptibles de les modifier.

Le développement des métazoaires va entraîner la formation de types cellulaires spécialisés à partir de la cellule Œuf fécondé (zygote). La spécialisation est généralement progressive et passe par plusieurs étapes. Le développement d'un organisme animal est soumis à 2 grandes étapes après la formation du zygote.

## I- DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE.

Cette étape traite la formation du nouveau organisme jusqu'à la naissance ou mise bas, comme les mammifère, ou l'éclosion cas des oiseaux ou insectes.

## II-DEVELOPPEMENT POST EMBRYONNAIRE.

Cette étape est destinée à l'évolution du nouveau né jusqu'à la maturation sexuelle.



**Figure : les étapes essentielles du développement d'un nouvel organisme.**

## I- DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE

Développement embryonnaire ou l'embryologie est une discipline qui englobe la description morphologique des transformations de l'œuf fécondé en organisme (*embryologie morphologique*) et l'étude de leur déterminisme (*embryologie causale*). Ce développement est résumé en plusieurs étapes.

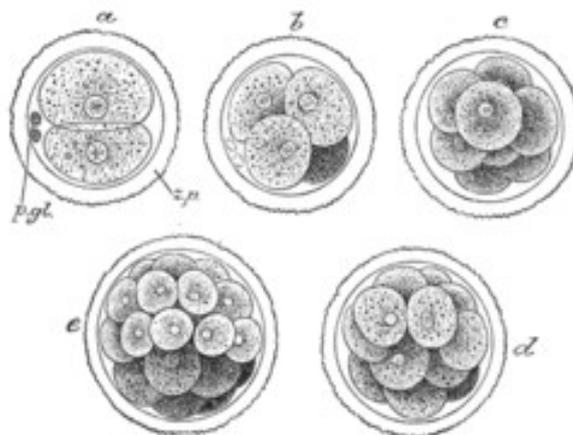
### ***Les étapes de l'embryogenèse :***

**1/ La fécondation :** La fécondation et le processus de la formation d'un zygote ou œuf fécondée a partir de deux cellules sexuelles ; mâle et femelle appelées gamètes et qui sont haploïde (N). Le zygote est naît de l'union d'un gamète femelle (**ovocyte**), et d'un gamète mâle, (spermatozoïde) et qui sont issus de la même espèce. Le fusionnement des gamètes forme un **ovule** qui va subir **une réorganisation des gènes** (qui donne l'unicité de l'individu) au niveau des chromosomes et la formation par la suite du noyau qui deviendra diploïde (2N). Cet ovule deviendra alors zygote sous la condition de présenter la capacité de la division cellulaire, par le déclenchement de cette dernière. Dès lors, **le zygote, qui est devenu une cellule somatique (2N) contient toutes les informations nécessaires pour se transformer en organisme vivant, par un processus complexe de segmentation (division mitotique) et de différenciation cellulaire.**

**Conclusion :** Formation d'une cellule appelée Zygote (Diploïde et a la capacité de se diviser). En peut dire que la fécondation à pour principe : de compléter **le nombre de chromosomes (2N) et de déclencher la division cellulaire.**

**2/ La segmentation :** de l'œuf à la morula. L'œuf fécondé va subir une série de *divisions cellulaires* au cours de sa migration dans la trompe utérine et l'utérus. Ce processus porte le nom de segmentation, ou clivage. Elle Le zygote se divise par plusieurs mitoses classiques successives, d'abord en 2 cellules filles, puis en 3 (le plus gros blastomère se divise en premier), puis 6 et 8 et ainsi de suite pour rapidement aboutir à une masse cellulaire portant le nom de morula. Le nombre de cellules qui forme la morula vari en fonction de l'espèce.

**Conclusion :** Le principe de cette étape est formé un corps cellulaire (blastomères) appelé Morula.

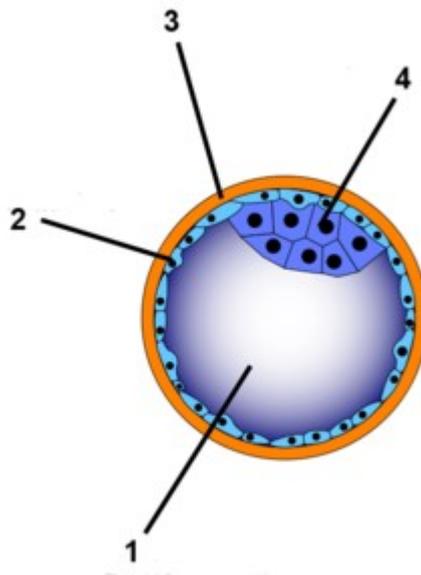


**Figure :** *Séries de segmentation du zygote pour la formation de la morula.*

-La segmentation est une division cellulaire ; sauf appelée segmentation parce que les **cellules filles** ne se développent pas a la taille de **cellule mère** et entament le cycle suivant de la division cellulaire.

**3/ La blastulation** : Le stade de blastulation commence par la formation d'une cavité à l'intérieur de la morula cette phase est appelée : La cavitation. Les cellules trophoblastiques sécrètent un fluide qui va pousser l'amas cellulaire dans un segment de la sphère. Dans l'espèce humaine, le zygote (ou œuf) est de type oligolécithe ou métalécithe: le placenta remplace le vitellus) : le vitellus, en petite quantité, y est dispersé uniformément dans tout le cytoplasme.

**Conclusion** : Le principe de cette étape est la formation d'une cavité centrale appelée blastocèle.



**Figure** : Blastula a une forme sphérique et il présente une couche de cellules externes (appelée trophoblaste (2), ainsi qu'une masse de cellules (4) internes et une cavité que l'on nomme blastocèle (1). Il est entouré par la membrane pellucide (3).

**4/ La gastrulation** : La gastrulation est la mise en place dans l'embryon du disque embryologique tri-dermique équivalant aux trois feuilletts fondamentaux (**ectoderme, mésoderme et endoderme**, qui chez l'homme apparaissent dès la 3ème semaine de développement).

**Conclusion** : la formation des trois feuilletts embryonnaires : (**ectoderme, mésoderme et endoderme**). Ils représentent l'origine embryonnaire des différents tissus.

**5/ Organogenèse** : Cette phase est caractérisée par la mise en place des différents organes et qui débute avec la formation du tube neurale (neurulation), qui détermine la face dorsale par rapport à la face ventrale.

a/ **La neurulation** : Une prolifération cellulaire ectodermique s'invagine a l'intérieur pour former a la fin un tube, appelé le tube neural, qui donnera par la suite le système nerveux. Celle-ci

commence par une prolifération de cellules mésodermiques à hauteur du nœud de Hensen. Ensuite, les cellules migrent vers le pôle crânial et forment un tube creux, le processus (ou tube) notochordal, dans l'axe du disque, entre l'ectoderme et l'endoderme. Dans un premier temps, le tube notochordal fusionne avec l'endoderme formant ainsi la plaque chordale. La présence de la corde induit la formation de la plaque neurale à partir de l'ectoderme sus-jacent. Celle-ci se développe en largeur au niveau du pôle crânial (étranglement au niveau d'un pôle qui forme le crâne qui détermine la partie postérieure par rapport à la partie antérieure) et y produira le cerveau. Vers le pôle caudal, elle prend la forme d'une gouttière dont les bords, en se refermant, sont à l'origine de la moelle épinière.

### **Développement des feuilletts embryonnaires**

Durant le développement embryonnaire des métazoaires, au moment de la gastrulation, la première ségrégation ou différenciation cellulaire est traduite par la mise en place de trois feuilletts embryonnaires, qui sont l'origine du développement de tous les organes. L'ectoderme (ou ectoblaste), est le feuillet externe, suivie par une couche moyenne qui est le mésoderme et une couche la plus interne est l'endoderme.

**1-Ectoderme :** Il a généralement pour rôle de donner naissance aux organes externes, aux muqueuses, mais également au système nerveux: ainsi, chez les mammifères, l'ectoderme donne naissance à la peau, à la cornée des yeux, à l'émail des dents, au rectum, au tube digestif (de la bouche à l'anus), à l'appareil respiratoire, aux appareils uro-génitaux et aux nerfs.

**2-Endoderme :** L'endoderme (ou entoblaste ou encore perisperme), par opposition à l'ectoderme et au mésoderme, est le feuillet interne de l'embryon des métazoaires qui se met en place au moment de la gastrulation. Il a généralement pour rôle de donner naissance aux organes internes: ainsi, chez les mammifères, l'endoderme donne naissance aux glandes digestives et à l'épithélium qui tapisse le tube digestif et les voies respiratoires.

**3-Mésoderme :** Le mésoderme (ou mésoblaste), par opposition à l'endoderme et à l'ectoderme, est le feuillet cellulaire intermédiaire de l'embryon des métazoaires qui se met en place au moment de la gastrulation. Les cellules, qui en dérivent, forment en tout ou partie les organes internes à l'exception du système nerveux (dérivant de l'ectoderme) et des organes du système digestif (issus de l'endoderme): ainsi, chez les mammifères, le mésoderme donne naissance aux poumons, aux vertèbres, à une partie du cerveau, aux muscles striés, aux vaisseaux sanguins, aux cellules sanguines, aux reins, aux os ... Il limite également les cavités séreuses (ou cavités coelomiques) d'origine mésoblastique.

Lors des premières semaines du développement, **mésoderme** conduit à la de deux cavités latérales qui s'appelle le somite et qui se développent de la même manière. **Le somite** donne naissance au derme de la peau, système squelettique dérive et les muscles du tronc. La séquence des différents stades du développement des somites se résument en :

**Le somite** est une cavité entourée d'une rangé cellulaire.

Disparition du vide de la cavité somatique avec la formation d'une couche de deux rangés cellulaires.

Alors on distingue une **rangé (couche) cellulaire externe** et une **rangé (couche) interne**.

**La couche externe** donne naissance au tissu conjonctif de la peau ; par conséquent est appelé **dermatome**.

**La couche interne** se développe est forme une nouvelle couche interne de 2 rangés cellulaires, qui sont décrites comme couche externe de la couche interne et une couche interne e la couche interne.

couche interne de la couche interne subit un brake up (démolition de la rangé avec une distribution et mouvement cellulaire vers l'axe centrale (notochorde et le tube neural) : multiplication cellulaire pour donner naissance au squelette. Donc cette couche est appelé **Sclérotome**.

couche externe de la couche interne : les cellules deviennent très allongées. Leurs axes est perpendiculaire a l'axe de l'embryon. Suite a une rotation cellulaire elle deviennent parallèle à l'axe de l'embryon. A partir de se stade cette couche donne naissance au muscles est par conséquent elle s'appelle **myotome**.

## Différenciation cellulaire

La différenciation cellulaire est un concept de Biologie du développement décrivant le processus par lequel les cellules se spécialisent en un « type » cellulaire et deviennent fonctionnelles. La morphologie d'une cellule peut changer radicalement durant la différenciation, mais le matériel génétique reste le même, à quelques exceptions près.

La différenciation cellulaire consiste en une acquisition par une cellule des caractères spécifiques d'un type cellulaire. C'est ainsi un processus par lequel les cellules prennent des caractères morphologiques et physiologiques particuliers, différents suivant les tissus.

Chez la plupart des organismes multicellulaires, toutes les cellules ne sont pas identiques. Elles présentent des différences importantes au niveau de leur morphologie et de leur fonction. Par exemple, les cellules composant la peau chez l'homme sont différentes des cellules composant les organes internes. Cependant, tous les différents types cellulaires sont dérivés d'une seule cellule-œuf fécondée et ce, grâce à la différenciation.

**La différenciation** est un mécanisme par lequel une cellule non-spécialisée se spécialise en un des nombreux types cellulaires composant le corps comme les myocytes (cellules musculaires), les cellules hépatiques (du foie) ou encore les neurones (cellules du système nerveux). La restriction du potentiel de différenciation d'une cellule, c'est-à-dire vers quels types cellulaires elle peut évoluer, commence très tôt pendant le développement. Chez l'homme, comme chez les autres métazoaires triblastiques, les cellules de l'embryon s'organisent en trois zones, appelées feuillet embryonnaire. Chacun des trois feuillets (endoderme, mésoderme, ectoderme) ne peut se différencier que vers des organes spécifiques. Par exemple, toutes les cellules du système nerveux proviennent de l'ectoderme. Le processus de la différenciation est intrinsèquement régulé grâce notamment au matériel épigénétique des cellules et notamment des facteurs de transcription spécifiques à un lignage cellulaire donné qui vont engager une cellule encore naïve dans une voie de différenciation. Ainsi la cellule différenciée va-t-elle exprimer une partie spécifique de son génome et développer des structures précises et acquérir certaines fonctions.

La différenciation peut entraîner des changements dans nombre d'aspects de la physiologie de la cellule : sa taille, sa forme, sa polarité, son activité métabolique, sa sensibilité à certains signaux et son expression des gènes peuvent toutes être modifiées durant la différenciation.

### -Types de cellules de mammifères :

On sépare les cellules des mammifères en 2 et des fois 3 catégories : les cellules de la lignée germinale, les cellules somatiques et les cellules souches (sont considérées des cellules

somatiques). Chacune des quelque  $10^{14}$  (cent mille milliards) de cellules du corps humain a sa ou ses propres copies du génome, mise à part certaines cellules ayant perdu leur noyau lors de leur différenciation, comme c'est le cas pour les hématis. La majorité de ces cellules sont diploïdes (2N), c'est-à-dire qu'elles ont deux copies de chaque chromosome. Ces cellules sont appelées cellules somatiques. La plupart des cellules constituant le corps humain sont dans cette catégorie.

Les cellules de la lignée germinale sont les cellules donnant à terme les gamètes — ovocytes et spermatozoïdes et qui sont haploïde (N) ; et sont les seules à transmettre leur matériel génétique aux générations suivantes. Les cellules souches, quant à elles, ont la capacité de se diviser un très grand nombre de fois et de se transformer en cellules spécialisées tout en se régénérant les cellules mortes du tissu où elle se trouve.

-La différenciation au cours du développement

Le développement commence à partir d'un zygote qui peut potentiellement former un organisme entier ; organisé en appareil, qui formé de plusieurs organes. Chaque organe est constitué de plusieurs tissus (un tissu est de spécialité). Cette organisation est soumise à un développement cellulaire qui caractérisé par 4 étapes.

**La division cellulaire** : dans se processus est caractérisée par une **série de division** qui se résulte en plusieurs cellules identiques. Cette multiplication cellulaire reste toujours présente durant toute la période de développement. Les cellules sont caractérisées par une structure semblable et ont la capacité de se diviser.

**La différenciation cellulaire** : Cette étape est enregistrée, pour la première fois durant le stade de la gastrulation avec la mise en place de la couche tri-dermique. Les 3 feuilletts embryonnaires sont uniquement **différenciées par leur localisation** (*couche externe= Ectoderme ; couche moyenne= Mésoderme et couche interne= Endoderme*). Il faut noter que durant cette différenciation les cellules ont **toujours la capacité de se diviser**.

**La spécialisation cellulaire** : Durant cette étape les cellules **forme les organites nécessaires** pour sa fonction et **perd la capacité de division**. Exp : la cellule musculaire forme les myofibrilles (actine est myosine) qui sont responsable de la contraction.

**La fonction cellulaire**: A partir de cette étape la cellule a perdue toute capacité de se diviser ou se spécialiser et **devienne fonctionnelle**.

**Définition d'une cellule Différenciée** : Toute cellule différenciée est une cellule spécialisée qui assure une fonction est qui n'a plus la capacité de se divise.

**Remarque :** Durant le développement chaque cellule est généralement appartenante à un tissu. Sauf que les cellules qui forment le tissu ne se développent pas en même temps. Ce qui veut dire que durant le développement cellulaire on remarque la présence de toutes les étapes du développement cellulaire. *Pas de Switch of entre les étapes.*

La différenciation au cours de la vie : Est un processus qui est défini par la régénération des cellules mortes naturellement ou accidentellement. La différenciation des cellules souches est un mécanisme qui permet à l'être humain de renouveler ses cellules mortes. Ex : La partie basale de l'épiderme (couche externe de la peau) est constituée de cellules souches ou germinatives, qui se spécialisent de façon symétriques : une cellule souche donne une cellule de la peau et une cellule souche. La cellule de la peau formée migre progressivement jusqu'à la surface de la peau. Ainsi, notre épiderme se renouvelle en permanence. Pour certaines parties des organes la régénération cellulaire est déclenchée uniquement après la mort des cellules suite à un accident ; comme la paroi de la cavité buccale. De même, les intestins sont recouverts de petites structures, les microvillosités. Au fond de ces structures se trouve une crypte, qui abrite une cellule souche. Les cellules-filles de cette dernière migrent progressivement vers le haut des villi. Elles deviennent donc des cellules endothéliales.