

Biologie du développement

Le développement embryonnaire comprend 3 grandes étapes après la fécondation :

- *Segmentation* (ou clivage).
- *Gastrulation* (mise en place de l'intestin).
- *Organogénèse* (accompagnée par la morphogénèse).

Segmentation	Gastrulation	Organogénèse
Œuf → Blastula	→ Gastrula	→ Neurula → adulte
Multiplication cellulaire active : de 1 cellule à 10^3 cellules	Mise en place des feuilletts embryonnaire emboîtés selon une disposition préfigurant l'organisation du futur embryon	Mise en place progressive des organes : différenciation cellulaire et tissulaire
Ensemble cellulaire à faible niveau d'organisation	Ensemble cellulaire en cours d'organisation	Ensemble cellulaire hautement organisé

L'œuf donnera le zygote :

- L'œuf est totipotent et relativement simple.
- Il résulte de la fécondation de l'ovule par le spermatozoïde.
- Il est toujours anisotrope (asymétrique dans son contenu).

Au cours des deux divisions méiotiques, il y a migration des deux globules polaires vers le pôle supérieur de l'ovocyte : *le pôle animal*.

Le noyau subit des divisions méiotiques et sera excentré dans la cellule.

Chez les ovipares, opposés au pôle animal on retrouve le *pôle végétatif*, enrichi en substances de réserves : *le vitellus*.

Le pôle animal est composé du noyau et de globule polaire.

Le pôle végétatif constitué des réserves.

L'axe entre le PA et le PV est appelé : l'axe antéropostérieur.

PA = Tête

PV = queue

Les zygotes ont plus ou moins de réserves (vitellus).

La quantité de vitellus, ainsi que sa répartition cytoplasmique conditionnent : l'embryogenèse.

- Le déroulement
- La durée
- Les mécanismes
- Les étapes (en particulier la segmentation)

On distingue différents types d'œuf :

Type d'œuf	Quantité vitellus	Répartition cytoplasmique	taille	Taxon concerné
<i>Alécithes</i>	Absente		100µm	Mammifères
<i>Oligolécithes</i>	Peu abondant	Homogène	± 100µm	Echionoderme
<i>Hétérolecithes</i>	Peu abondant	Inégales gradient vitellin	± 1mm	Amphibiens
<i>Centrolecithes</i>	Très abondant	Masse vitelline au centre	± 1mm	Insectes
<i>Telocithes</i>	Très abondant	Distribution généralisée	± 1cm	Oiseaux, reptile mammifère ovipare

La segmentation

Passage de l'état unicellulaire à pluricellulaire.

Cette phase intervient sur des œufs dont le cytoplasme est hétérogène.

Une cellule donne donc plusieurs cellules diversifiées dans des catégories cellulaires distinctes.

Il y a expression différentielle du génome de chaque cellule.

L'expression différentielle du génome est sous la dépendance du cytoplasme cellulaire acquis pendant la segmentation (réaction nucleo-cytoplasmique).

L'œuf contient de l'ADN m et des protéines d'origine maternelle.

Ces produits s'installent d'une manière précise au moment de la fécondation (à cause d'importants mouvements cytoplasmique).

Une polarité dorso-ventrale est mise en place pendant cette phase : répartition différente des divers composants dans la cellule.

Détermination cellulaire :

- * Etape qui permet la mise en place d'éléments qui vont conditionner l'évolution des cellules.
- * Deux cellules proches peuvent avoir des devenir différents.
- * Elle prépare la différenciation cellulaire qui entraîne des manifestations morphologique et fonctionnelles.
- * Elle est visible ni morphologiquement ni fonctionnellement.

Les cellules vont se diviser tout en restant jointives.

La succession des divisions cellulaires vont donner des cellules filles : *les blastomères*.

L'ensemble des divisions aboutit à la formation d'un germe : *la blastula*.

Le volume reste identique à celui de la cellule initiale (zygote).

Seul le nombre des cellules augmente.

Segmentation totale radiaire :

Succession de plans de *clivage méridiens et latitudinaux*.

Observée chez les échinodermes (oursin) et les amphibiens (xénope).

Cellule fille peut être identique ou de taille différente.

- Division égale : blastomère identique. Cellules sont de même taille (pendant trois premiers cycles cellulaires).
- Division inégale : blastomère de taille différente. Les blastomères sont de taille différentes, on a une orientation des cellules et une apparition de fuseaux excentrés : à cause de l'orientation en fuseau, on aura une petite cellule ou des grosses ⇒ Micromère ou macromère.

Segmentation totale spirale :

Dans ce cas à chaque cycle de division les fuseaux pivotent selon des angles de 45° par rapport à l'axe PA-PV. Les spirales : Annelides (sangsue) Gastéropodes (escargot) Mollusques Lamellibranches (moules).

Segmentation totale bilatérale :

Dès premier stade de divisions, les blastomères se disposent selon les axes A-P et D-V au futur individu. Observée chez les tuniciers (Corail, anémone de mer...).

Segmentation totale rotationnelle :

Contrairement à la segmentation radiaire ou deuxième divisions sont méridienne et s'effectuent perpendiculairement l'un à l'autre.

À une première division méridienne succède une deuxième division où l'un des blastomères se divise selon le plan équatorial et l'autre réalise sa division selon le plan méridien. Observée chez les mammifères et les nématodes (vers ronds).

Segmentation partielle discoïdale :

Dans cas des œufs télolécithes les divisions de segmentation ne se déroule que dans petite enclave cytoplasmique (vitellus absent) située au pôle animal.

Formation d'un « disque » germinatif (blastoderme).

Segmentation partielle périphérique ou superficielle :

Dans cas œuf centrolécithes les divisions cellulaires et les diverses générations de blastomères se situent à la surface du germe.

Le cytoplasme de l'œuf fécondé est hétérogène.

La fécondation a pour effet de provoquer des remaniement cytoplasmique avec des localisation préférentielles de molécules : ARN ou protéines.

On a des déterminant moléculaire qui préféreront la zone ventrale ou dorsale dans le futur de l'œuf : on parle de détermination.

Au cours des divisions successives, les potentialités vont se réduire c'est-à-dire les blastomères vont subir une étape de différenciation et deviendront pluripotents, puis ces cellules se différencient et deviennent unipotentes.

Les mécanisme dans la détermination et la différenciation et très complexes :

Ils font intervenir des facteurs de régulations des gènes et des facteurs intervenant dans la communication cellulaire.

Les facteurs de régulation des gènes :

Les étapes de détermination cellulaire peuvent apparaître très tôt dans le développement :

- Dès la segmentation (phase de clivage de l'œuf).
 - Facteurs interne sont apportée par la mère : ARN, protéines, enzyme, facteur de croissance).
- Et stockés dans l'ovocyte.

La segmentation repartis ces facteurs de façon inégale dans les blastomères : ces changements vont affecter certaines molécules indispensables au développement de l'embryon.

Il faut attendre plusieurs cycles (une dizaine) pour que le génome du zygote s'exprime : c'est la transition blastuléenne, on passe d'une expression maternelle a une zygotique.

Les noyaux vont transcrire leur propre ADN : on peut donc dire qu'il y a deux programme un maternel et un zygotique.

Les facteurs intervenants dans la communication cellulaire : ces facteurs activent des gènes spécifiques on a ainsi l'établissement d'un territoire cellulaire ayant des

potentialité différentes : on parle de territoire présomptifs de trois types différent durant la segmentation.

Chaque territoire est déterminé pour donner un certain type de tissus.

La segmentation aboutit à la répartition différentielle du contenu de l'œuf à la constitution d'ensemble cellulaire à potentialités fonctionnelles distinctes.

La blastula :

Elle peut présenter une cavité (*le blastocèle*) qui s'est creusée au cours des divisions cellulaire, on parle de coeloblastula (ex chez les amphibiens et les échinodermes).

Le blastocèle est délimitée par une couche de cellules de *type épithélial*.

Si le blastula est quasiment dépourvu de cavité on parle de sterroblastula (ex chez les annélides).

Autres types de blastula (obtenues suite à des segmentations memblastiques) :

- *Périblastula* (segmentation partielle périphérique ou superficielle).
- *Discoblastula* (segmentation partielle discoïdale).

La gastrulation

Elle comporte la mise en place de l'appareil digestif.

Elle donne le plan d'organisation de l'individu : c'est la concrétisation de la polarité dorso-ventrale et de la polarité anteropostérieure.

Les cellules s'organisent en trois feuillets :

- *Ectoblaste* (ou ectoderme).
- *Mésoblaste* (ou mésoderme).
- *Endoblaste* (ou endoderme).

La gastrulation est une phase dynamique.

Elle génère des voisinages cellulaires : il apparaît des communications cellulaires qui viennent en complément des déterminations cytoplasmiques pour affiner la détermination cellulaire puis la différenciation cellulaire.

Les communications sont réalisées par des molécules membranaires et des médiateurs solubles secrète par les cellules : c'est le conditionnement des cellules par induction (délivrance d'un message d'une cellule à une autre).

L'induction nécessite la réception et l'interprétation du message : c'est la compétence. Il y a la mise en place des *feuilleter et intestin primitif*.

Les cellules migrent par phase de migration cellulaire. On a des mouvements morphogénétiques.

La morphogénèse est caractérisée par déplacement cellulaire qui va concrétiser la mise en place des territoires présomptifs.

C'est le résultat des mouvement cellulaire de certaines régions de la blastula, qui constitueront l'ectoderme, mésoderme, endoderme et le positionnement de ces feuillet les uns par rapport aux autres.

Tous ces mécanismes conduisent à l'établissement de nouvelles interactions cellulaires qui préparent l'embryon à la phase d'organogénèse.

Certaines de ces interactions sont des inductions.

L'ectoderme donne la plaque neurale grâce à ces interactions.

Il faut pour cela que l'ectoderme soit compétent à recevoir des informations pour activer certains gènes.

Les tissus inducteurs et compétent sont limités dans le temps : à certain stade, l'ectoderme peut être ou non compétent, un tissus compétent peut devenir inducteur à certains stades.

On a une cascade d'induction = levée d'inhibition.

Ces mécanisme font appel soit à des molécules secrétées soit à des récepteurs membranaire qui transmettent des signaux jusqu'au gènes et permettent l'activation d'intégrines avec une cascade de phosphorylation et des qu'il y a contact il y aura activation.

Le mouvement morphologique est à l'origine de la disposition emboîtée des feuillet. Cela préfigure l'organisation générale.

L'embryon est désigné par le terme de gastrula.

Si deux feuillet → espèces au niveau des embranchements primitifs, état diploblastiques (ex spongiaire, cnidaire, cténaire).

Trois feuillet → le reste des espèces, état triploblastique.

Selon les taxa (pluriel de taxons) le mésoderme subit des transformation pouvant conduire à la formation d'une cavité *le cœlome* :

- *Les acœlomates.*
- *Les cœlomates.*

Les cœlomates :

Origine de nombreuses structures : appareil circulaire, ébauches cardiaques, paroi viscérales.

Les blastopore (ou ouverture blastoporale) peut être à l'origine de :

- * La bouche (on parle de *protostomiens*, ex chez les annélides, les mollusques, les arthropodes).
- * L'anus (*deutérostomiens*).

Chez les protostomiens, les cavités cœlomiques se forment par *schizocoelie*, creusement au sein de la masse mésodermique.

Chez les deutérostomiens, le cœlome se forme par *enterocœlie* à partir de vésicules issues du mésoderme.

Les différentes modalités de la gastrulation :

- Parmi les différents mouvements morphologiques on observe une pénétration du matériel cellulaire à l'intérieur du germe.
- On peut avoir 5 voies par lesquelles se mettent en place les structures cellulaires interne :
 - * *Délamination*
 - * *Immigration*
 - * *Embolie ou invagination*
 - * *Epibolie*
 - * *Prolifération polaire*

La délamination :

Elle correspond à des multiplications cellulaires perpendiculaires à la couches cellulaires délimitantes du blastocèle. Elle aboutit à la libération de cellules filles s'agencant entre elles dans la cavité du germe.

L'immigration :

Certaines cellules de la structure épithéliale de la blastula se détachent des cellules avoisinantes et vont se joindre, par migration, dans la blastocèle.

L'embolie (ou invagination) :

Elle désigne un mouvement d'ensemble d'une partie de la population cellulaire de la blastula. Cette pénétration cellulaire interne entraîne, sans rupture des couches cellulaires existantes, la formation de *l'Archenteron*.

L'épibolie :

Mouvement lié au fait qu'une population cellulaire de la blastula est amenée à proliférer et à recouvrir progressivement d'autres populations cellulaires qui vont se trouver ainsi intériorisées.

Prolifération polaire :

Multiplication de cellule à un des pôles de la blastula, les cellules filles forment les nouvelles structures internes.

L'organogenèse

Cette phase est accompagnée par la morphogenèse

Elle comprend la *mise en place coordonnée des différents organes* d'un individu ...par induction

Quand l'organogenèse est activée, c'est la fin du développement embryonnaire

On a deux cas pour la poursuite du développement embryonnaire :

- L'embryon a les mêmes organes que l'adulte
- Le plan d'organisation est différent de celui de l'adulte (c'est le cas de la larve).
Il faut une étape supplémentaire post embryonnaire (métamorphose)

La détermination cellulaire des *territoires présomptifs* va engendrer la formation des organes et leurs différenciation cellulaire.

A l'organe est liée à la *morphogenèse* : le modèle du corps de l'embryon

De cette phase va sortir un organisme d'une certaine autonomie

Il y aura :

Soit le même plan d'organisation que l'adulte, soit une organisation différente avec un *stade larvaire puis métamorphose* et enfin, dans différent *phyla*, des structures embryonnaire transitoire qui sont constituées puis qui vont disparaître et vont permettre le développement de l'embryon

Suite aux mouvements morphologiques, la mise en place des territoires cellulaires distincts.



Apparition de tissus différenciés selon une chronologie rigoureuses et zoologiquement spécifiques.



Formation d'organes fonctionnels (organogènes). Globalement, les différents organes se distribuent selon les positions relatives des feuilletts dont ils sont issus.

A partir de l'ectoderme (enveloppe externe) on observe la différenciation de :

- * La couche épidermique (revêtement du futur organisme).
- * Une partie du système nerveux et des organes des sens (*neuroectoderme*)

L'endoderme sera à l'origine des tissus épithéliaux de l'appareil digestif.

Le mésoderme donnera l'appareil circulatoire, ébauches cardiaques et parois viscérales.

Concernant les tissus nerveux :

- Chez les cœlomates, deux stratégies évolutives :
 - * Chez les protostomiens : le système nerveux est ventral (*hyponeuriens*).
 - * Chez les deutérostomiens : le système nerveux peut être :
 - Dorsal (*épineurien*) grâce à la différenciation de la corde.
 - Ni ventral, ni dorsal, rudimentaire (*épithélioneuriens*)
- Chez les vertébrés :
 - * Apparition plus précoce par rapport aux autres organes (étape de la neurulation : stade de *neurula*)

Concernant les cœlomates : existence du phénomène de métamérisation, formation d'une structure répétitive de l'organisation corporelle basée sur une succession de segments ou *métamères*.

Les cycles cellulaires

Au début vont se dérouler rapidement et sont synchrones.

Puis deviendront asynchrones : on obtient alors

Une morula (structure en forme de mures : 16 cellules)

Puis une blastula : 32 cellules apparition d'une cavité (blastocœle)

Selon la quantité des réserves et leurs répartitions cytoplasmiques, la segmentation peut être :

- Totale (holoblastique) lorsque les réserves vitellines sont peu abondantes. Les divisions cellulaires affectent l'ensemble de la masse ovocytaire initiale
- Partielle (monoblastique) réserves abondantes et une partie restreinte du cytoplasme pauvre en vitellus est le site exclusif des mitoses successives

Définition des différents plans de coupe

- * L'axe pôle animal pôle végétatif = coupe méridienne ou sus équatoriale
- * Antéropostérieur et dorso-ventrale
- * Frontal (entre les deux yeux séparation gauche droite)
- * Transversal (milieu en deux)
- * Frontal (en long)