

# Biologie du développement

Au niveau cellulaire : Bio cell, mol, bioch.

Au niveau de l'assemblage des cellules : tissus puis organes puis animal sain.

## Introduction

Chaque individu va comporter plusieurs milliards de cellules, on va constituer 300-400 types cellulaires à partir d'une cellule de base => cellules spécialisées (d'abord totipotente)

- Différenciation cellulaire.
- Organisation des cellules suite à la différenciation (histogénèse et organogénèse)

Phénomène de biologie de développement => science qui évolue très rapidement, dérive chez la repro : question éthique.

Étude en cancérologie, on utilise les cellules souches => totipotence.

Tout n'est pas génétique, il existe l'épigénétique (transmission de facteurs non génétique via un certain régime)

3 espèces majeures étudiées : vache, oiseau, poisson

3 grandes étapes : la segmentation, la gastrulation, l'histogénèse - l'organogénèse

Le développement ne se fait pas seul, il y a des annexes embryonnaires utiles (pas pour la constitution du fœtus mais indispensables)

## I Étape du développement

### 1 Segmentation

Passage de l'état unicellulaire vers pluricellulaire (succession de division par mitose)

Appartition des cellules fille : blastomères (par d'augmentation de volume mais augmentation de l'appareil génétique et la membrane plasmique)

Segmentation conditionnée par les réserves de l'œuf en fonction de la réserve de vitellus

Lécithine (= vitelline) : acide gras.

- Les œufs olécithes : segmentation totale mais peu de réserves

- Les oeufs hétérolécithes : un peu plus de vitellus : segmentation totale.
- Les oeufs télolécithes : grosse réserve en un seul bloc : segmentation partielle

Les acide gras, s'ils sont gros, vont perturber la division.

Les mammifères ont des oeufs de type alécithes.

Les sauropsidés (oiseaux) et les poissons auront des oeufs de type télolécithe.

Les amphibiens seront hétérolécithes.

On peut définir un pôle animal et un pôle végétatif => déterminer un axe de développement.

Le pôle animal possède la majorité des acides nucléiques tandis que le pôle végétatif contient la majorité du vitellus. (le vitellus perturbe la segmentation)

#### a) Segmentation totale (mammifères)

segmentation radiaire égale

16-32 cellules = **stade morula** => cellule totipotente (prends 5 jours chez la vache)

Formation du **blastocoele** (cavité du blastocyste = blastula), stade blastula, implantation muqueuse utérine.

> différenciation de ces cellules totipotente : cellules du **bouton embryonnaire** (foetus) et **cellules trophodermes** (placenta)

Lieu de fécondation : oviducte

Lieu de gestation : utérus

Autour de l'embryon, zone pélucide. Lorsque l'embryon est dans l'utérus, le blastocyte va sortir de la zone pélucide (par cassage) et l'embryon va s'implanter sur la paroi de l'utérus.

L'augmentation de la taille du blastocoele va entraîner la rupture de la zone pélucide.

La couche **ectophylle** => qui va donner le foetus

L'**hypoblaste** va donner une partie du placenta

#### b) Segmentation partielle (oiseaux, poissons)

Le cytoplasme va être juste au dessus de la vitelline.

Division cellulaire asynchrone => chignon de cellules : disque germinatif va reposer au dessus du jaune d'oeuf.

Vu dessus, il y a une aire sombre (contact avec le jaune) et une aire pélucide (claire) => mise en place de l'embryon

Après l'aire pélucide.

### c) Les téléostéens

Oeufs télolécyste et ségrégué du cytoplasme (grosse masse de vitellus avec autour, du cytoplasme)

Le micropile va servir lors de la fécondation et une membrane externe : le chorion  
L'oeuf est de quelques mm (3-4mm de diamètre)

Lors de la fécondation, le cytoplasme migre vers le pôle animal et lors de la fécondation, il y a multiplication de cellules au pôle animal.

Il va y avoir formation de 3 couches de cellules : le CCE (cellules couches enveloppantes), le blastomère profond et le syncytium vitellin

En fin de segmentation, il va y avoir une orientation des cellules vers le pôle animal et les cellules vont descendre jusqu'à l'équateur.

Il y a augmentation du nb de membranes et d'ADN mais pas de volume. Dès le stade embryonnaire, il va y avoir bcp d'échanges entre les nouvelles cellules

## 2 Gastrulation

Apparition des mouvements morphogènes : migration de cellules pour se transformer vers les 3 feuillets (endoderme (ento/endoblaste), mésoblaste et ectoblaste)

Comment suivre la destinée des blastomères.

Marquage nucléaire, marquage spécifique des membranes, marqueur cytoplasmique à un haut point moléculaire, où on injecte une grosse molécule directement et on a un marquage chez les cellules filles.

Il y a aussi un marquage via les anticorps.

Mise en place des 3 feuillets.

### Chez les oiseaux :

- 1 : mise en place de l'hypoblaste (0-10h) : début de l'incubation qui va faire que l'embryon va faire la gastrulation, l'hypoblaste se met en place au bout de 10h.  
Lors 3 feuillets vont se mettre en place la ligne primitive (hypoblaste) et le noeud de Hensen
- 2 : mise en place du mésoblaste et de l'extoblaste (10-16h) : on tire à l'intérieur sur l'ectoblaste, pour mettre en place l'endoblaste, le mésoblaste, puis enfin l'ectoblaste. Il faut seulement 20h de couaison pour mettre en place les 3 couches

### Chez les poissons :

Mouvement d'épibolie qui vont jusqu'à la formation de l'anneau germinale.

L'écusson embryonnaire sera l'endroit du dvpt de la larve du poisson.

La CCE va donner le périoderme, mais aussi donner des blastomères profonds (mésoblaste ou neuroblaste)

Les cellules ne sont pas complètement prédéterminées à la fin de la gastrulation

### **Chez les mammifères :**

Oeufs alécithes

Pareil que chez les sauropsidés

Mais dans un premier temps, yoblaste qui se met en place La gastrulation se passe au niveau du bouton embryonnaire, puis mise en place de l'hypoblaste (à partie de l'ectophylle)

Mise en place de la ligne primitive terminée par le noeud de Hensen

Dans un deuxième temps, l'ectophylle va migrer à travers l'hypoblaste (le premier qui migre : endoblaste (nutrition mais inutile car pas de réserve : lécithocoele (sac vestigial)))

L'épiblaste embryonnaire donnera l'embryon, on aura un pôle animal / pôle végétatif

Chez l'Homme, il y aura mise en place d'une cavité amniotique et le lécithocoele

## **3 Histogénèse et organogénèse**

### **1 Ectoderme**

3 tissus : bande médiodorsale puis crête neurale puis épiblaste

- Neuroblaste : 2 types d'évolution : primaire (chordées : étape de neurulation) et secondaire (différenciation du SNCentral et SNPériphérique)

Le tube va se refermer et les neuroports vont être complètement fermés aux extrémités du tube.

Chez le poisson : neurulation secondaire

Première structure : Mise en place de la vésicule encéphale primitive, on va avoir un remodelage en 3 encéphales (proE (olfactif), MésEcéphale (visuel), RhombE (Ouïe et stature)) En fonction du degré d'évolution de l'espèce, on aura différents degrés d'évolution (TelerE (hémisphère cérébraux) ou DiE / MeterE ou MyelerE)

Deuxième partie : Moelle épinière : ordre du reflète

Cellules nerveuses et cellules gliales (soutien) qui se multiplient intensément lors de la neurulation

La destinée de ces cellules se fera en fonction de l'environnement. Mortalité cellulaire très importante (40-80%), ces cellules néo-formées vont aussi disparaître (qui seraient mal connectées).

- Crête neurale : Ces cellules vont se séparer très rapidement pour donner les pigments, les muscles squelettiques; un très large panel de tissus. Cellules migratrices qui permettent d'avoir une capacité d'adaptation.
- Épiblaste : Ce qu'il reste à la surface est l'épiblaste (=> épiderme : peau et origine des glandes cutanées et les phanères (composé de kératine, car-

actéristiques des amniotes (cavité amniotique), ongles, sabots, écailles),  
placodes épiblastiques (pour l'organe sensoriel, toucher, olfactif, vision)  
Glandes cutanées : invagination (glandes acini), tubuleuse (glandes sudoripares) ou ramification (Glandes sébacées ou mammaires)  
Chez les amphibiens & mammifères : bcp de glandes cutanées.  
Chez les reptiles : quelques glandes  
Chez les oiseaux : glande uropygienne

Réflexe, système nerveux, peau

## **2 Mésoblaste**

Muscle, squelette. Au milieu, on a la chorde

Seulement lors de la mise en place de la mésochorde et de la régionalisation.  
Somitogénèse : apparition des sommitomères de la plaque segmentaire au cours de la gastrulation de l'embryon.

### **Mésoblaste paraxiale**

Cellules qui vont s'épithélialiser (épithélium : ensemble de cellules jointives qui vont devenir des revêtements)

Une sommite est un amas de cellules jointives qui ressemblent à des billes et qui s'agglomèrent en paires => ils donnent les tissus qui seront autour de la chorde

L'évolution des sommites en sclérotome (ganglion et squelette axial) et en dermatomyotome → dermatome (+ épithélium = peau) + myotome (muscles striés)

### **Mésoblaste intermédiaire**

Mise en place de l'appareil urinaire : à partir du mésoblaste intermédiaire que l'on va mettre en place les néphrons (pro-néphroste qui va rester rudimentaire chez les anamniotes)

Evolution du pro-néphroste et méso-néphroste (→ cortico-surrénale), métanéphroste (→ rein).

### **Mésoblaste latérale**

Forme 2 lames : 1 externe sous épiblastique : somatopleure (membrane séreuse pariétale, gonades) ; 1 interne près des viscères : splanchnopleure

Entre les 2 lames, on a une cavité coelique

somatopleure :

Le coelome permet de tenir le TD à la chorde

Dermes ventral latéral

Ébauche squelettique : va donner les muscles, tendons => pousse des bras, des jambes

splanchnopleure :

Membrane séreuse viscérale : série de cellules mésenchymateuse : origine de

l'appareil circulatoire ; muscles lisses/viscères.

Mise en place du coeur très rapidement : apparition très précoce + vasculogénèse ; angiogénèse (vaisseaux capillaires : réseau de distribution et de contact avec les tissus)

Hématopoïèse : cellules hématopoïétique => vont donner des cellules sanguines.  
Hémangioblaste

### 3 Endoblaste

#### Intestin primitif + glandes

Vocation exclusivement épithéliale : digestif (tractus + glandes associées), appareil respiratoire (pulmonaire, branchies, alentoïde (amniotes))

Entouré de cellules mésenchymateuse (origine splanchnopleure) : muscles lisses vicéraux

Capacité de bourgeonnement d'une série de tissus : glandes intestinales, glandes gastriques.

Allantoïde, glandes salivaires, structure en cordon, foie, thyroïde, thymus.

La mise en place de l'endoblaste va aboutir à la mise en place d'un intestin primitif (ou archentéron) et on a différents modes de mise en place en fonction de l'espèce :

Oeuf hétérolécithes : processus d'invagination au niveau du pôle végétatif pour la mise en place de l'archentéron (blastopore) situé à l'intérieur des réserves vitellines (valorisé au cours de l'embryogénèse)

Oeuf télolécithes : gastrulation va mettre en place endoblaste et cette lame va reposer sur la masse vitelline : embryon va se soulever au dessus de cette réserve => formation de l'intestin primitif

Les dérivés de l'endoblastes sont exclusivement épithélial. on va distinguer 4 régions : la plus antérieure : pharyngienne et glandes dérivées, après oesophagienne, puis gastrique, et enfin la région intestinale

Lorsque l'on est sur le pharynx et l'oesophage : épithélium de revêtement et de transit, au niveau de l'estomac : épithélium glandulaire et au niveau de l'intestin : glandulaire absorbant

On a des glandes annexes qui vont être associées : glandes salivaires

Epaississement de tissus pour former l'anneau hépato-pancréatique => 4 diverticules dont 3 vont s'associer pour former le pancréas et l'autre pour former le foie et la vésicule

Mise en place de la veine vitelline : colonise aussi le foie : transporte les nutriments directement les nutriments de l'intestin jusqu'au foie.

Système de régulation très rapide et court : système nerveux

Système plus long et diffus : système hormonal

Première cellules sanguines qui vont se mettre en place au niveau du foie : hématopoïèse

Hémangionblastes : cellules souches qui fabriquent des cellules sanguines (glb blanc, glb rouges)

Développement régulé par les gènes

Sur le pancréas : 2 type :

- pancréas exocrine : sécrète des molécules qui vont sortir à l'extérieur du pancréas : sécrétion de trypsine, chimotrypsine (dès le 4ème mois chez l'enfant, dès le 6ème mois : lipase et après la naissance : amylase)
- pancréas endocrine : sécrète l'insuline et le glucagon pour la régulation de

Au niveau du pharynx, on a un bourgeon qui va apparaître : évolution en 2 type de glandes :

- thyroïde : rôle fondamentale dans le métabolisme : hormone du froid : thermorégulation
- thymus/ amygdale : régulation des cellules des lymphocytes T
- corps épithéliaux : parathyroïde => parathormone( $\uparrow$ ) et les corps utimaux branchiaux  $\rightarrow$  sécrète la calcitonine( $\downarrow$ ) => régulation du taux de Ca dans le sang

## Appareil respiratoire

Appareil respiratoire branchiale et pulmonaire

Poche pharyngienne et à côté, on aura toute une série de poche pharyngienne repliées et ouverte dehors par des fentes, vascularisation qui va se mettre en place (par la splanchopleure) => système respiratoire chez les vertébrés inférieurs et aquatiques

Appareil respiratoire pulmonaire :

Espèces unicavitaire : poissons pulmonés : petits poissons et amphibiens => poumons pluricavitaire : reptiles évolués ; chez les oiseaux + mammifères : ramifications jusqu'aux alvéoles ( $2^{17}$  alvéoles dans les poumons)

La capacité d'échange évolue jusqu'au degré d'évolution

## II Annexes embryonnaires

Organes provisoires situés en dehors du fœtus : protection, nutrition de l'embryon, respiration et au niveau de l'élimination des déchets

Jamais les annexes se feront parti de l'individu

Trois facteurs essentiels : le type d'oeuf & richesse en vitellus, nécessité d'un embryon de se développer dans le milieu liquide, nécessité d'avoir des relations entre la mère et le jeune (fœtus plus ou moins retenu dans la mère)

Les oeufs télolécithes : segmentation partielles ; annexe ; sac vitellin

Les oeufs hétérolécithes : segmentation totale mais inégale ; sac vitellin au pôle végétatif, le vitellus va être intégré au blastomère et mise en place de l'archentéron : la digestion va se faire de façon direct

Les téléostéens se développent automatiquement dans un milieu liquide : bcp de facteurs changeant (milieu)

Chez les sauropsidés : ces animaux sont affranchis du milieu environnant (du milieu aquatique) car il y a la mise en place de la cavité amniotique : colonisation du milieu aérien

Les poissons-amphibiens sont anamniotes

Mammifère : viviparité : véritable gestation, c'est la mère qui va faire le dvpt complet du fœtus

## 1 Téléostéens

Chez les poissons osseux, on a deux annexes embryonnaires : sac vitellin et syncytium vitellin

Dans un premier temps : le syncytium va entourer le sac mais ça va continuer par la mise en place du sac vitellin

Syncytium : lyse et production de phospholipide (synthèse)

Il n'y a pas de contact directs entre le sac vitellin et l'intestin primitif

## 2 sauropsidés

L'oeuf de poule : oeuf télolécithe, segmentation partielle

Blastodisque qui va se mettre en place ainsi que la mise en place de l'embryon et de la cavité amniotique

Replis du blastodisque qui vont se faire pour former une cavité amniotique

Sac vitellin → établi système vasculaire (en 48h)

(organe nutritif prioritaire chez l'embryon de poulet)

La cavité amniotique est formée en 96h, épiblaste est complètement refermé

Le rôle principal : développement dans un milieu aqueux et l'eau vient de la déshydratation du blanc d'oeuf

Le liquide n'est jamais stable, il est absorbé par l'embryon et des trucs sont rejetés dedans

L'allantoïde va refermer complètement la cavité amniotique, et va rentrer en contact avec la coquille et va jouer un rôle dans la respiration

Tous les échanges gazeux se font jusqu'à éclosion

L'allantoïde a aussi un rôle nutritif, rentre en contact avec le blanc d'oeuf, et il va récupérer tous les A.A issus de l'hydrolyse de l'albumine, il y a aussi une récupération d'eau



Récupère du calcium sur la coquille (carbonate de calcium), l'alimentation du poussin en calcium se fera grâce à l'allantoïde

Fonction excrétrice, produit qui vont s'accumuler, les déchets du métabolisme : urate

Le poussin va tout réingérer, sauf les cristaux d'urate qui vont rester aux déchets de coquille lors de l'éclosion

formation sac vitellin puis cavité amniotique puis allantoïde

Après éclosion, cavité amniotique et allantoïde sont éliminés

Le blanc d'oeuf absorbé

Le jaune d'oeuf va être complètement intégré à l'intérieur de l'intestin, au niveau de la lumière de l'intestin, ce fait permet au poussin de ne pas manger directement mais seulement au bout de 2 jours

### 3 Mammifères

Oeufs alécite : amniotiques

Il apparait quand même le lécithocoele.

L'absence de sac vitellin va permettre la mise en place du placenta

Propre aux primates :

Enzymes qui vont dégrader la muqueuse utérine

syncytio-trophoblaste

Pénétration de l'embryon à l'intérieur de la muqueuse

La décidue est la zone "oedémateuse" (là où ça touche l'embryon)

Mis en place de : Cavité amniotique → lécithocoele (va instaurer la circulation sanguine) → allantoïde → **placenta**

Le placenta se met en place à la fin, il y a une activité mitotique au niveau de cette structure → vilosité et pvilosité qui vont se ramifier au 2ème mois et se regrouper en une zone ronde)

Un placenta, au moment de l'accouchement, on a  $100\text{m}^2$  de surface d'échange

Augmentation du flux sanguin, chez une femme non enceinte : 2% du sang qui va au niveau de l'utérus, une femme enceinte : 20% du sang

Le hérisson, le cobaye ont le même fonctionnement

Les espèces carnivores : implantation différée

À un moment donné, on va avoir un phénomène de blocage au stade morula-blastocyte, l'embryon va cesser sa croissance (diapause embryonnaire) => stratégie de reproduction

Permet une mise-bas à la période la plus favorable pour amoindrir les effets de l'environnement ou les hormones de lactation, la température

La diapause se fait à la fin de la segmentation

Chez les rongeurs, stratégie d'adaptation : mise bas puis directement ovulation, fécondée => diapause embryonnaire

Le type de placenta :

- origine des vaisseaux : placenta chorio-allantoïdien ou ...
- vilosité : placenta diffus | placenta cotylédonaire (ruminant) | placenta zonaire | placenta discoïdale (primates)

Au niveau histologique

Porc/cheval et ruminant => Épithélio-chorial : les vaisseaux de la mère vont traverser l'épithélium, l'endothélium et le chorion pour aller rejoindre les vaisseaux de l'embryon

Le lait utérin va permettre les échanges entre la mère et l'embryon

Carnivores => Épithélium rompu, le chorion va rentrer à l'intérieur de l'épithélium, échanges plus simples

Primate => Hémochoriale : échange direct entre la mère et l'embryon

Plus les espèces sont évoluées, plus il y a un degré d'intimité entre l'embryon et la mère

Rôle du placenta : rôle respiratoire (O<sub>2</sub>) et nutritif (Glucides, Lipides, Protéines) entre le sang maternel et le sang du fœtus

Des virus peuvent passer la barrière placentaire (rubeole, syphilis : lésions graves ou irréversibles)

Placenta : rôle endocrine : activité de régulation de la physiologie de la femelle (transitoire) : hormones chorionique gonadotrope (hCG : LH-FSH mimétique) Progesterone et oestrogène

Qu'est ce que le placenta devient au niveau de la naissance ?

Mammifère décidué (expulsion du fœtus avec hémorragie +/- importante : déchirure de la paroi (chien, primate)) et indécidué (expulsion du fœtus sans déchirement (vache, cheval))

Cavité amniotique :

- chez les ongulés, carnivores, sauropsidé : replis de la membrane pour créer la cavité
- chez l'homme/primate : vide qui se crée pour mettre en place l'embryon (dans le liquide)

Plus la cavité grandit, on voit la formation de du cordon ombilical (regroupe toutes les annexes)

Le poulain va être dans 20 L puis au moment de la mise-bas 10L (la moitié est absorbé)

La cavité amniotique va permettre la mise en route du TD car le liquide est absorbé puis rejeté par excrétion

Le lécithocoele : va toujours être vide de vitellus => structure vestigiale  
Chez les lagomorphes (lapin) : lécithocoele développé va permettre à la splanchnopleure de toucher le placenta et mise en place de **vaisseaux sanguins** (chorion vitelin)

Le lécithocoele peut se développer puis regresser (porc, chat/chien) s'il n'y a pas d'activités, le rôle sera très restreint

Allantoïde : structure +/- développée, diverticule qui va apparaître sur le tiers inférieur de l'intestin supérieur

Volumineuse chez le porc, le cheval et les ruminants

Chez les autres espèces, réduite et regressent très tôt

Son rôle : **vascularisation** du placenta (allanto-placenta) (touche le placenta), comme le lécithocoele)

### III Oviparité - viviparité

Différence sur la formation de certaines annexes

### IV Régulation

Endocrine et nerveux

Hormones lipidiques, activité dans le temps plus ou moins long => boucle de régulation

Hypothalamus (viens de l'extérieur => hormones qui vont réguler l'hypophyse, facteurs de régulation : RH (hormone de relargage + ) et IF (facteur d'inhibition - ) => FSH et LH dans l'hypophyse, TSH (métabolisme), ProLactine, GH (growth hormon : stimule tissus) => toutes ces hormones vont s'autoréguler

Glandes pinéales : captent la lumière

thyroïde et parathyroïde (au niveau du cou) : rôle de métabolisme calcique et thermorégulation

Pancréas endocrine : régulation de la glycémie

Glandes cortico-surrénale : cortisol et adrénaline

Thymus et placenta : activité endocrine