

# Embryologie

## **Objectifs**

- I. Comprendre le rôle des plicatures dans la formation du tube digestif primitif.
- II. Connaître l'origine des 3 feuilletts embryonnaires.
- III. Comprendre le processus de la formation des différents organes du système digestif.
- IV. Savoir que les malformations congénitales découlent d'anomalies au niveau du développement embryonnaire.

## **Semaine 1 : La fécondation et le début de l'implantation**

La fécondation se produit dans la trompe utérine lorsqu'un spermatozoïde rencontre l'ovule. Saviez-vous qu'afin de pénétrer l'ovocyte, le spermatozoïde doit se lier à un récepteur sur la zone pellucide de l'ovocyte (la zone pellucide est en quelque sorte une coquille entourant l'ovocyte). Une fois lié à son récepteur, le spermatozoïde peut enfin entrer dans l'ovocyte. La membrane du spermatozoïde se fusionne avec celle de l'ovocyte, ce qui fait libérer par ce dernier des enzymes rendant les récepteurs inefficaces. C'est pour cette raison qu'un ovocyte ne peut être fécondé que par un seul spermatozoïde. Après la fécondation, les noyaux mâle (n) et femelle (n) fusionnent pour donner un zygote (2n). C'est à partir de ce moment que le développement embryonnaire débute.

L'embryon migre par la suite dans la trompe utérine tout en étant soumis à un processus de divisions cellulaires appelé segmentation. Le zygote sera d'abord divisé en 2 cellules filles nommées blastomères (et non pas blastosoeurs!!) qui n'augmenteront pas de volume. Les mitoses se succèdent et les cellules sont toujours enfermées dans la zone pellucide. Au stade de 8 ou 16 cellules, les blastomères se répartissent en 2 groupes distincts :

- I. Le trophoblaste, situé en externe, qui sera à l'origine du placenta et du chorion
- II. L'embryoblaste, situé en interne, qui sera à l'origine de l'embryon et de ses membranes.

Au cours du 5<sup>e</sup> jour, le blastocyste (nom de l'embryon lorsqu'il est formé d'environ 100 cellules) éclot de la zone pellucide. À ce stade, l'embryon entre dans la cavité utérine et l'implantation, c'est-à-dire l'étape où l'embryon se niche DANS l'endomètre (paroi interne de l'utérus), débutera pour se terminer au cours de la 2<sup>e</sup> semaine.

## **Semaine 2 : Progression de l'implantation et développement du disque didermique et des cavités**

### **Progression de l'implantation**

- I. Pôle embryonnaire : pôle de l'embryoblaste dans le blastocyste
- II. Pôle anti-embryonnaire : pôle opposé au pôle embryonnaire

Le blastocyste est maintenant en contact avec l'endomètre (l'implantation est débutée) et ce contact engendre alors une prolifération du trophoblaste dans l'endomètre. Au cours de cette prolifération, certaines cellules du trophoblaste perdent leur membrane et forment le syncytiotrophoblaste. C'est celui-ci qui est principalement responsable du phénomène d'implantation. Par opposition, le reste du trophoblaste forme le cytotrophoblaste

Trucs :

Syncytiotrophoblaste = **S'**implante et **S'**infiltrer au **S**ein de l'endomètre

Cytotrophoblaste = **C**ellules qui **C**onservent leur membrane

Au cours de la 2<sup>e</sup> semaine, le syncytiotrophoblaste augmente de volume en s'insinuant entre les cellules endométriales et entoure progressivement le blastocyste. Ce processus attire le blastocyste dans l'endomètre. Vers le 9<sup>e</sup> jour, le blastocyste est **totalem**ent implanté dans l'endomètre et le syncytiotrophoblaste l'entoure complètement à l'exception d'une petite zone au pôle anti-embryonnaire (point initial d'implantation de l'embryon)

### **Développement du disque didermique**

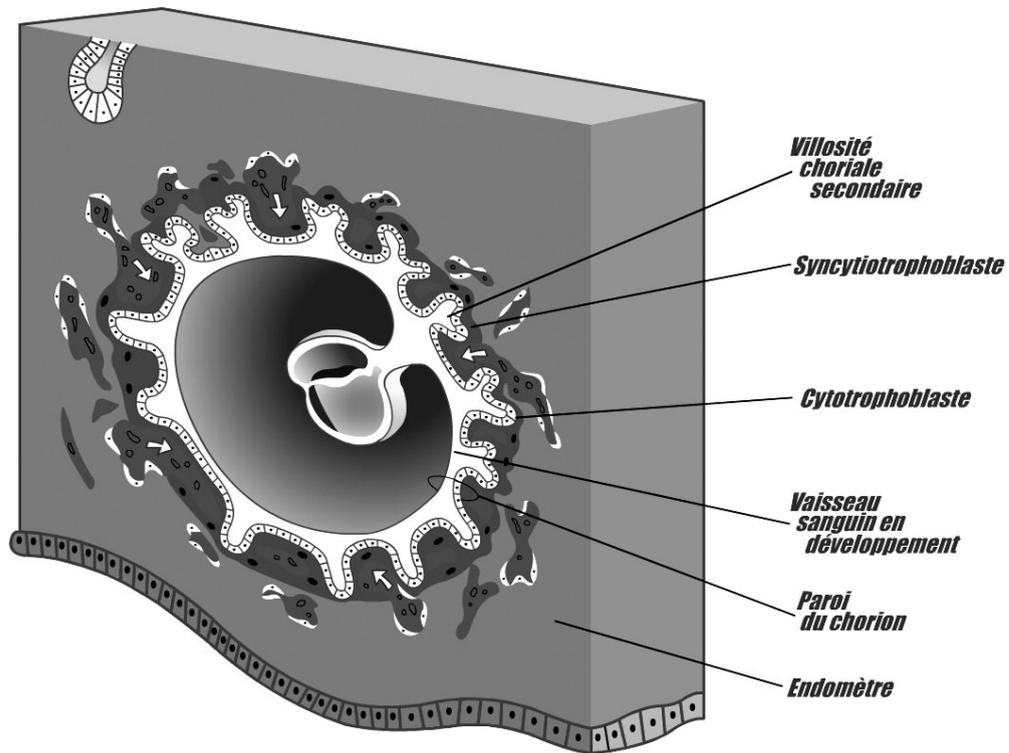
L'embryoblaste se divise ensuite en épiblaste et en hypoblaste qui constituent les 2 couches du disque didermique :

- I. Épiblaste : il est situé plus profondément dans l'endomètre. Il prolifère, se cavite et, grâce à l'accumulation de liquide, forme la cavité amniotique.
- II. Hypoblaste : il est situé moins profondément dans l'endomètre que l'épiblaste. Il est à l'origine de la cavité vitelline

Truc

Les voyelles aiment les voyelles ! : **É**piblaste donne la cavité **A**mniotique

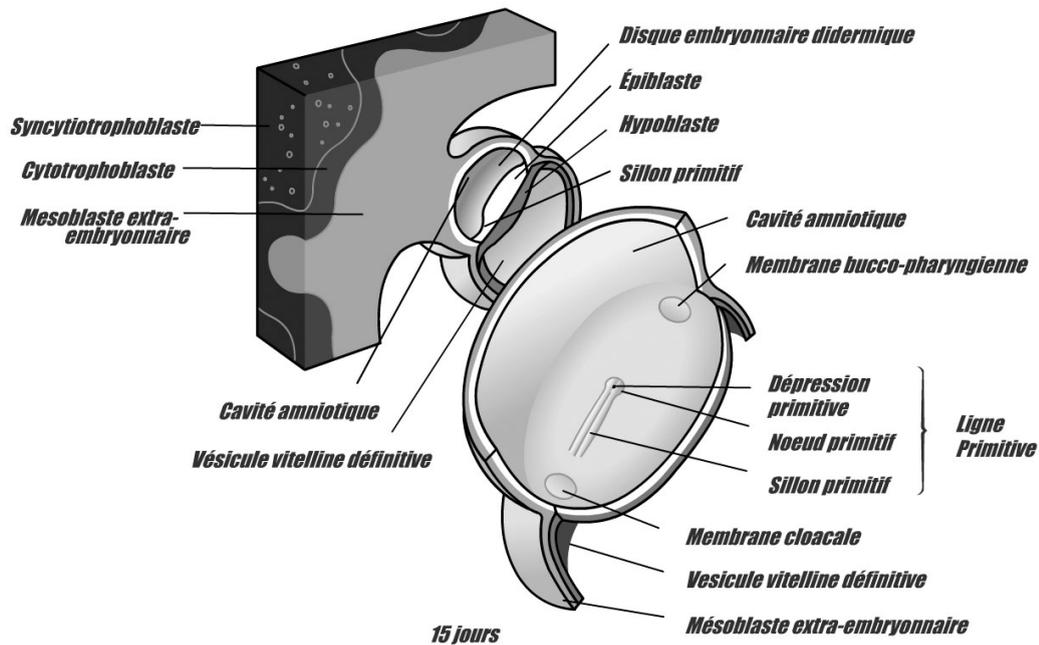
La formation de la cavité vitelline et de la cavité chorale définitive est complexe et plus ou moins bien comprise et surtout pas de notre niveau! L'important est d'avoir en tête le schéma suivant.



### ***Semaine 3 : La gastrulation et la formation du disque tridermique***

#### **Formation de la ligne primitive**

La ligne primitive se forme au milieu de la face épiblastique du disque didermique (rappelez-vous que celui-ci est situé entre la cavité amniotique et la cavité vitelline). Elle détermine en quelque sorte les axes crânial/caudal, ventral/dorsal ainsi que gauche/droite de l'embryon. À noter que la ligne primitive ne fait pas toute la longueur du disque : elle en occupe seulement la moitié caudale et au cours de la gastrulation, elle régresse progressivement en direction caudale.



## La gastrulation

La gastrulation, c'est la mise en place des 3 feuilletts embryonnaires définitifs (elle sert donc à transformer le disque didermique en disque tridermique). De plus, elle permet de former les précurseurs tissulaires à l'origine des différents organes.

Au cours de la gastrulation, il se produit 2 phénomènes importants. Premièrement, quelques cellules épiblastiques migrent (grâce à des pseudopodes) par la ligne primitive et vont remplacer l'hypoblaste afin de former l'endoblaste (ou endoderme). Celui-ci est à l'origine du revêtement épithélial de l'intestin et des glandes. Par la suite, d'autres cellules de l'épiblaste migrent au travers de la ligne primitive pour former le mésoblaste situé entre l'épiblaste et l'hypoblaste. Le mésoblaste (ou mésoderme) constitue donc le 3<sup>e</sup> feuillet du disque tridermique. Le mésoblaste se « sépare » par la suite en 3 sections :

- I. Mésoblaste para-axial
- II. Mésoblaste intermédiaire
- III. Mésoblaste latéral qui se sépare, dans le plan horizontal, pour donner :
  - ☞ **Mésoblaste somatique** (Feuillet pariétal du péritoine) Celui-ci est accolé à la paroi abdominale. L'ensemble de ces 2 parois accolées se nomme somatopleure (corps = soma en grec).

☞ **Mésoblaste splanchnique** (Feuillet viscéral du péritoine) Celui-ci est accolé à la paroi du tube digestif. L'ensemble de ces 2 parois accolées se nomme splanchnopleure. Le coelome interne (cavité corporelle à l'origine des cavités péricardique, pleurale et péritonéale) est l'espace compris entre les mésoblastes splanchnique et somatique.

Finalement, une fois que l'endoblaste et que le mésoblaste sont formés, l'épiblaste change de nom et devient l'ectoblaste.

Si on résume, le disque **didermique** à la 2<sup>e</sup> semaine devient **tridermique** à la 3<sup>e</sup> semaine et les 3 feuillets dérivent de l'épiblaste. Si vous faites des lectures sur le sujet, il est important de noter que :

- I. Ectoblaste=Ectoderme
- II. Mésoblaste=Mésoderme
- III. Endoblaste = Entoblaste = Endoderme

### **Formation des membranes bucco-pharyngienne et cloacale**

À chaque extrémité du disque, il se forme 2 dépressions ectodermiques qui sont situées dans le même axe que la ligne primitive. La première, la membrane bucco-pharyngienne, est à l'origine de la cavité orale. À noter que l'aire cardiaque et le septum transverse se situent en position céphalique par rapport à la membrane bucco-pharyngienne et c'est grâce aux plicatures que le tout prend un emplacement normal.

La seconde, la membrane cloacale (du latin *cloaca* qui signifie égout), donnera naissance à l'anus et aux ouvertures du tractus uro-génital.

Ces 2 membranes ne contiennent pas de mésoderme, car l'ectoblaste et l'endoblaste sont très attachés l'un à l'autre à ce niveau. (2 membranes contiennent 2 feuillets)

Lors de la 3<sup>e</sup> semaine, il y a également début de la formation du tube neural, mais ceci dépasse largement les objectifs de ce cours.

## **Semaine 4 : les plicatures et formation du tube digestif primitif entre autres...**

### **Les plicatures**

Après la formation du disque tridermique, l'embryon est plat et de forme ovalaire. Cependant, à la 4<sup>e</sup> semaine, l'embryon subira des plicatures qui changeront sa forme. Ses plicatures résultent du fait que les différentes parties de l'embryon ne grossissent pas à la même vitesse.

Le disque tridermique et la cavité amniotique grandissent rapidement contrairement au sac vitellin. Étant donné que la surface ventrale (l'endoblaste) du disque est attachée au sac vitellin qui grossit peu, cela force le disque à se courber autour du sac vitellin. Puisque l'axe longitudinal du disque est plus long que l'axe transverse (on est plus long que large...) les extrémités céphalique et caudale du disque se courbent plus que les bords latéraux. Lors de la plicature céphalique, un prolongement du mésoderme (le septum transverse qui est en fait le futur diaphragme) initialement placé en position antérieure par rapport à la membrane bucco-pharyngienne subit une rotation en direction ventrale pour se placer à la hauteur du diaphragme.



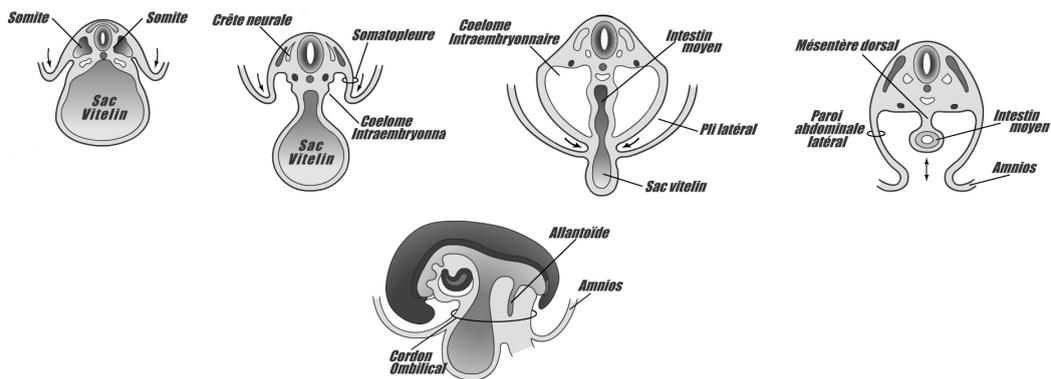
Cours 2 / Animations/ Plicatures

Notes personnelles

Les bords latéraux (gauche/ droit), lors de la plicature, vont aller se fusionner en antérieur pour former la paroi abdominale antérieure. Ce processus est presque complet. En effet, il subsiste une communication entre l'intestin primitif et le sac vitellin au niveau de l'ombilic (intestin moyen). Donc si vous suivez bien, l'embryon est maintenant de forme cylindrique et il est constitué de 3 cercles concentriques. Si nous les nommons d'externe en interne on retrouve :

- I. La somatopleure.
- II. Le coelome, divisé en cavités abdominale et thoracique par le septum transverse.
- III. La splanchnopleure.

Le cordon ombilical est formé par le pédicule embryonnaire et le canal vitellin qui fait le pont entre l'intestin primitif et le sac vitellin proprement dit.



### **Semaine 5 Organogenèse du système digestif**

L'organogenèse du système digestif débute lors de la 4<sup>e</sup> semaine et se termine au cours de la 12<sup>e</sup> semaine. Il est intéressant de souligner que lors de la 6<sup>e</sup> semaine, l'endoderme prolifère et remplit complètement le tube digestif primitif. Ce n'est que lors de la 9<sup>e</sup> semaine que l'endoderme subit l'apoptose nécessaire à la recanalisation du tube digestif. L'intestin est divisé en 3 régions déterminées par les territoires de vascularisation. Voir le tableau de la page suivante.

Parties de l'intestin		Organes	Vascularisation
Antérieur (foregut)	Thoracique (Céphalique)	Pharynx Oesophage	Arcs aortiques et artères vitellines
	Abdominal (Caudal)	Oesophage abdominal Estomac Duodénum (moitié supérieure) Foie Pancréas Voies biliaires	Tronc coeliaque
Moyen (Midgut)		Duodénum (moitié inférieure) Jéjunum Iléon Caecum Appendice Colon ascendant Colon transverse (moitié proximale)	Artère mésentérique supérieure
Postérieur (Hindgut)		Colon transverse (moitié distale) Colon descendant Sigmoïde Rectum Partie supérieure du canal anal	Artère mésentérique inférieure

Le tube digestif est rattaché à la paroi abdominale postérieure par le mésentère dorsal (c'est en fait le point de réflexion entre la somatopleure et la splanchnopleure). Dans la région de l'estomac, il est aussi attaché à la paroi abdominale antérieure par le mésentère ventral. Celui-ci provient par contre de la paroi antérieure et inférieure du septum transverse qui donnera le diaphragme.

## Oesophage

L'oesophage fait partie de l'intestin antérieur. Celui-ci ne subit aucune modification importante au cours de l'organogenèse du système digestif. Il est cependant important

de le mentionner car il est à l'origine de la formation du diverticule laryngo-trachéal. Ce dernier croît à partir de l'intestin antérieur au niveau de l'oesophage. Ce diverticule augmentera de volume et son extrémité donnera naissance aux poumons. Une cloison, qu'on appelle le septum trachéo-oesophagien, sépare les voies digestives et respiratoires, Ceci permet de diviser l'intestin antérieur en une partie antérieure qui donne naissance au larynx, à la trachée, aux bronches et aux poumons et une portion postérieure qui est à l'origine de l'oesophage.

## **Estomac**

À la 4<sup>e</sup> semaine, le segment du tube digestif qui deviendra l'estomac commence à se dilater et prend un aspect fusiforme.

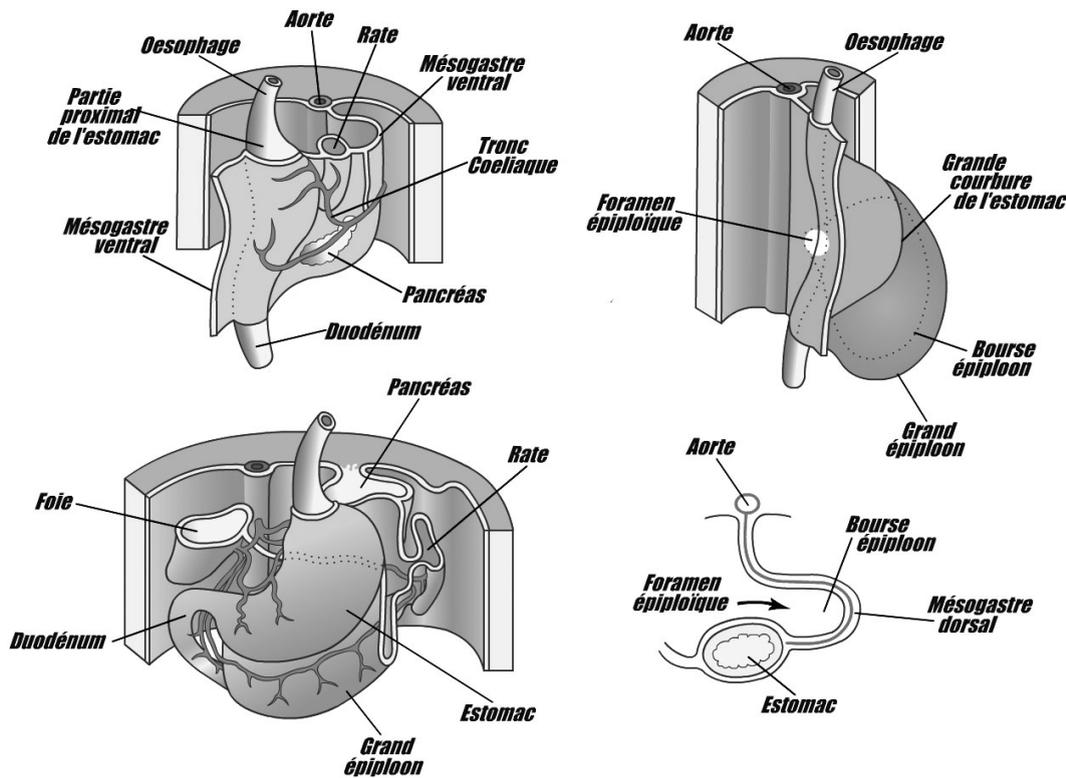
À la 5<sup>e</sup> semaine, la partie dorsale commence à prendre de l'expansion, mais de façon plus rapide que la partie ventrale. Cette croissance différentielle donne naissance à la petite et à la grande courbure ainsi qu'au fundus et à l'incisure cardiaque. (C'est le même phénomène que celui qui est à l'origine des plicatures !)

Lors des 7<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> semaines, l'estomac subit des rotations qui l'amènent dans sa position finale.

L'estomac commence par subir une rotation de 90° dans le sens horaire selon un axe cranio-caudal. (90° dans le sens horaire vu par en haut). Ceci a pour conséquences d'amener :

- I. La grande courbure qui était initialement postérieure devient à gauche.
- II. La petite courbure qui était initialement antérieure est maintenant à droite.
- III. Le nerf vague gauche se positionne antérieurement
- IV. Le nerf vague droit, postérieurement.

L'estomac tourne aussi dans le sens horaire (vue de face) selon un axe ventro-dorsal, mais à un degré moindre. Ceci a pour résultat que la petite courbure regarde vers la tête et que la grande courbure tourne le dos aux pieds.



## Duodénum

Lors des rotations de l'estomac, le duodénum suit les mouvements de ce dernier. En effet, il est facile d'imaginer que la rotation horaire dans l'axe ventro-dorsal lui donne sa forme de "C". L'estomac, et plus tard le colon transverse, pousse le duodénum sur la paroi postérieure et son mésentère se fusionne avec le mésoderme somatique; il devient donc un organe rétro péritonéal.

## Les épiploons

Le mésentère ventral, dérivant du septum transverse, est à l'origine du petit épiploon. Le foramen de Winslow est en fait le bord inférieur du mésentère ventral.

Le mésentère dorsal, quant à lui, est à l'origine du grand épiploon. Le mésentère dorsal s'affaiblit lors du développement embryonnaire et se laisse distendre par le liquide de la cavité abdominale. Il se dilate et va se placer à la manière d'un tablier sur l'intestin. Le grand épiploon est donc constitué de 2 feuillets de mésentère dorsal. Ces 2 couches finissent par s'accoler et former le grand omentum.

## Foie et Voies Biliaires

Lors de la 3<sup>e</sup> et la 4<sup>e</sup> semaine, le diverticule hépatique, d'origine endodermique, se forme au niveau du duodénum dans le mésentère ventral. Ce diverticule croît vers le septum transverse (rappelez-vous que le foie est directement accolé au diaphragme au niveau de l'aire nue). La capsule de Glisson est donc constituée de mésentère ventral. Ce diverticule hépatique donnera naissance au foie et aux conduits hépatiques.

Vers la fin de la 3<sup>e</sup> semaine, le diverticule cystique, d'origine endodermique, se forme sous le diverticule hépatique au niveau du duodénum. Ceci formera la vésicule biliaire et le conduit cystique. Celui-ci s'abouche au conduit hépatique et s'éloigne du duodénum suite à la croissance secondaire du cholédoque.

## Pancréas

Au 26<sup>e</sup> jour, un bourgeon pancréatique, d'origine endodermique, se forme dans le mésentère dorsal. Quelques jours plus tard, le même phénomène se produit mais dans le mésentère ventral cette fois-ci.

Au 32<sup>e</sup> jour, le conduit pancréatique Ventral (canal de **Wirsung**) s'abouche au cholédoque.

À la 6<sup>e</sup> semaine le pancréas ventral tourne autour du duodénum pour aller s'accoler au pancréas dorsal. Les 2 pancréas se fusionnent et ne forment alors qu'un seul organe qui devient rétro-péritonéal.

## Rate

La rate provient du mésoderme et elle se forme dans le mésentère dorsal. Ce sont les rotations de l'estomac qui l'amène à sa position normale.

## Intestin

À la 5<sup>e</sup> semaine, le segment du tube digestif primaire qui deviendra l'intestin grêle et le colon commence à se différencier. Le cæcum se forme et délimite la jonction entre

l'iléon et le colon. L'intestin augmente en longueur, mais la cavité abdominale déjà remplie par l'énorme foie fœtal est incapable de lui donner suffisamment d'espace.

### **Hernie ombilicale et rotation**

L'intestin s'étire hors de l'abdomen en faisant une anse en forme de "U". Cette anse est composée, à sa portion céphalique, par l'intestin grêle (jéjunum et iléon seulement), le colon est situé à la portion caudale et le cæcum et son appendice (bien qu'inutile elle apparaît dès la 8<sup>e</sup> semaine) sont situés au bout de l'anse. L'axe de rotation est constitué de l'artère mésentérique supérieure et du canal vitellin, qui est toujours attaché l'intestin moyen.

Au début de la 8<sup>e</sup> semaine, lors de l'herniation, l'intestin subit une première rotation de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (axe ventro-dorsal). Cette rotation amène le colon à gauche et l'intestin grêle à droite. L'intestin grêle commence à s'allonger de manière plus importante que le colon. Pour gagner de l'espace sur le long de l'axe de rotation, l'intestin grêle effectue plusieurs petites anses.

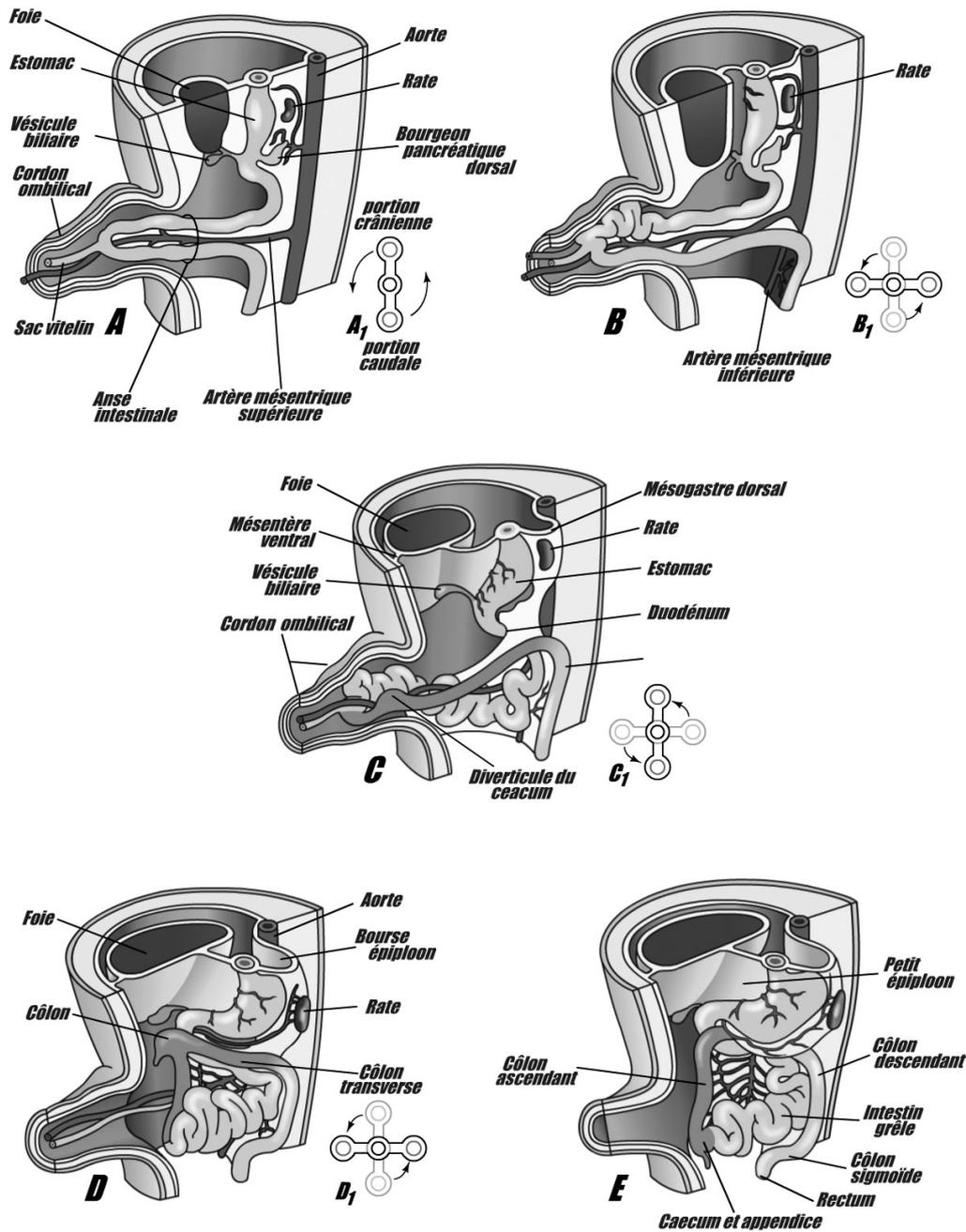
À la 10<sup>e</sup> semaine, l'intestin réintègre la cavité abdominale en faisant un 180° supplémentaire dans le même sens que la première rotation.

Ces rotations ont amené le caecum sous le foie. Il descendra graduellement dans la fosse iliaque. Le mésentère des colons ascendant et descendant se raccourcit et se fusionne avec le mésoderme somatique: ils deviennent donc rétro péritonéaux.



Cours 2 / Animations/Rotation intestinale

Notes personnelles



### Le rectum, le Canal anal et le Périnée

L'intestin postérieur se termine par le cloaque qui formera le rectum et le sinus urogénital. L'allantoïde, un diverticule se détachant du cloaque se prolonge dans le cordon ombilical. Lors de la 7<sup>e</sup> semaine, une cloison mésodermique (le septum uro-

rectal) croît, vers la membrane cloacale séparant donc le cloaque en une partie ventrale (sinus uro-génital) et une partie dorsale (canal ano-rectal). Le point d'attache entre le septum uro-rectal et la membrane cloacale formera le centre tendineux du périnée. La membrane cloacale, composée d'endoderme et d'ectoderme seulement, est située dans une dépression ectodermique appelée proctodaem. Son côté endodermique constitue en fait l'extrémité du cloaque. À la 8<sup>e</sup> semaine, la membrane cloacale dégénère ce qui signifie que le cloaque communique maintenant avec l'extérieur. Chez l'adulte la ligne pectinée correspond à l'endroit où se trouvait la membrane cloacale. Celle-ci sépare le canal anal en 2 parties (Voir le cours sur l'anatomie pour la vascularisation et l'innervation) :

- I. 1/3 Inférieur dont le revêtement dérive de l'ectoderme.
- II. 2/3 Supérieur dont le revêtement dérive de l'endoderme.

### **Conclusion**

Le disque embryonnaire devient tridermique à la troisième semaine grâce à la gastrulation. Par la suite, l'embryon subit des pli-4-tures lors de la 4<sup>e</sup> semaine ce qui rend l'embryon tridimensionnel. À partir de la 5<sup>e</sup> semaine débute la formation du tube digestif.