

LES FEUILLETS

Les feuillets ainsi formés durant la gastrulation (**l'ectoblaste, l'endoblaste et le mésoblaste**) vont à leur tour évoluer pour donner les tissus et les organes, c'est la potentialité évolutive réelle.

Ces transformations se produisent chez l'embryon, par exemple la transformation de l'ectoblaste en neurectoderme.

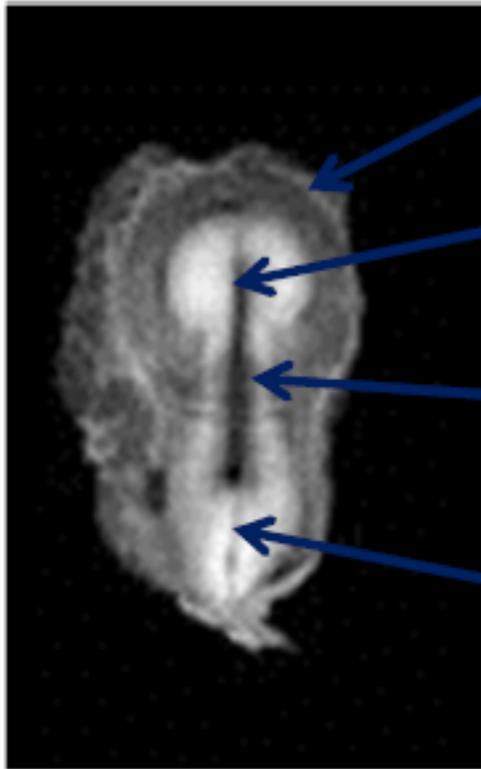
On peut par ailleurs fabriquer du neurectoderme à partir de l'ectoderme.

Si l'on greffe une deuxième chorde, l'ectoblaste redonnera une deuxième plaque neurale.

Stade 1 à 3 somites, fin de 3^e semaine

Entre 20 et 25 jours

Extrémité céphalique (rostrale)

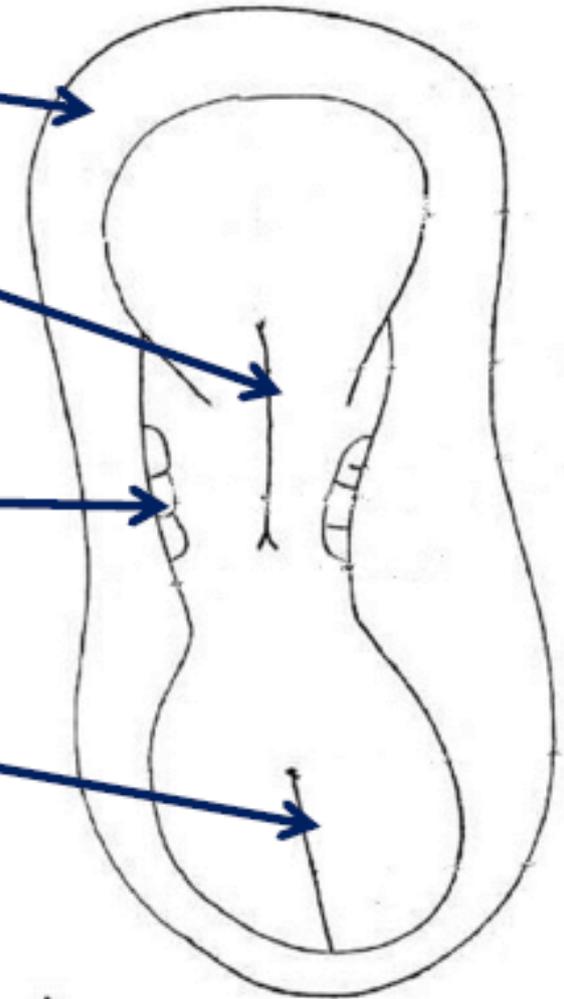


Bord sectionné de l'amnios

Invagination de la gouttière neurale

somites

Ligne primitive



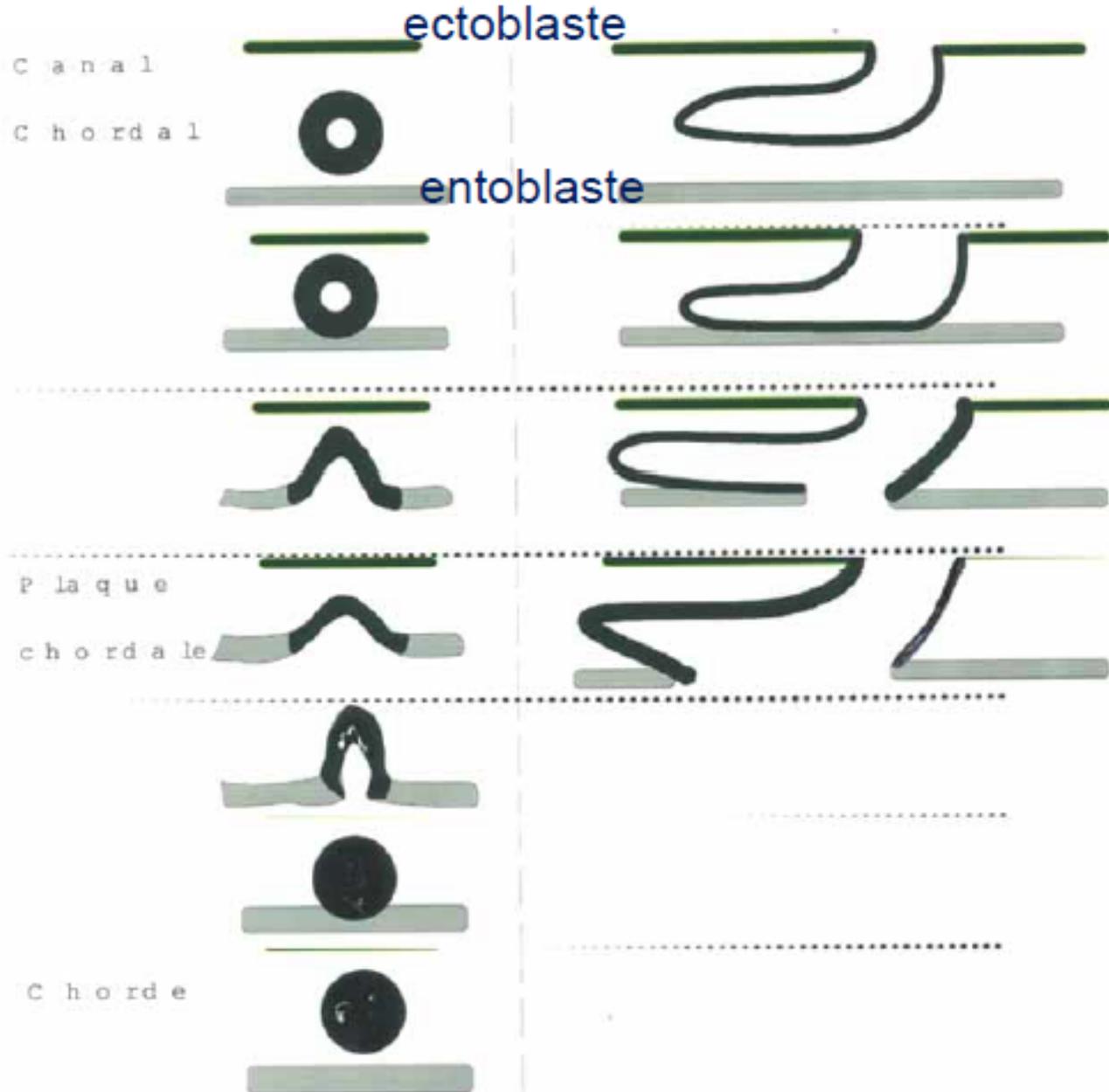
1 à 2mm de long

Extrémité caudale

Coupe transversale
(axe médio-latéral)

Coupe longitudinale
(axe rostro-caudal)

Vers J18

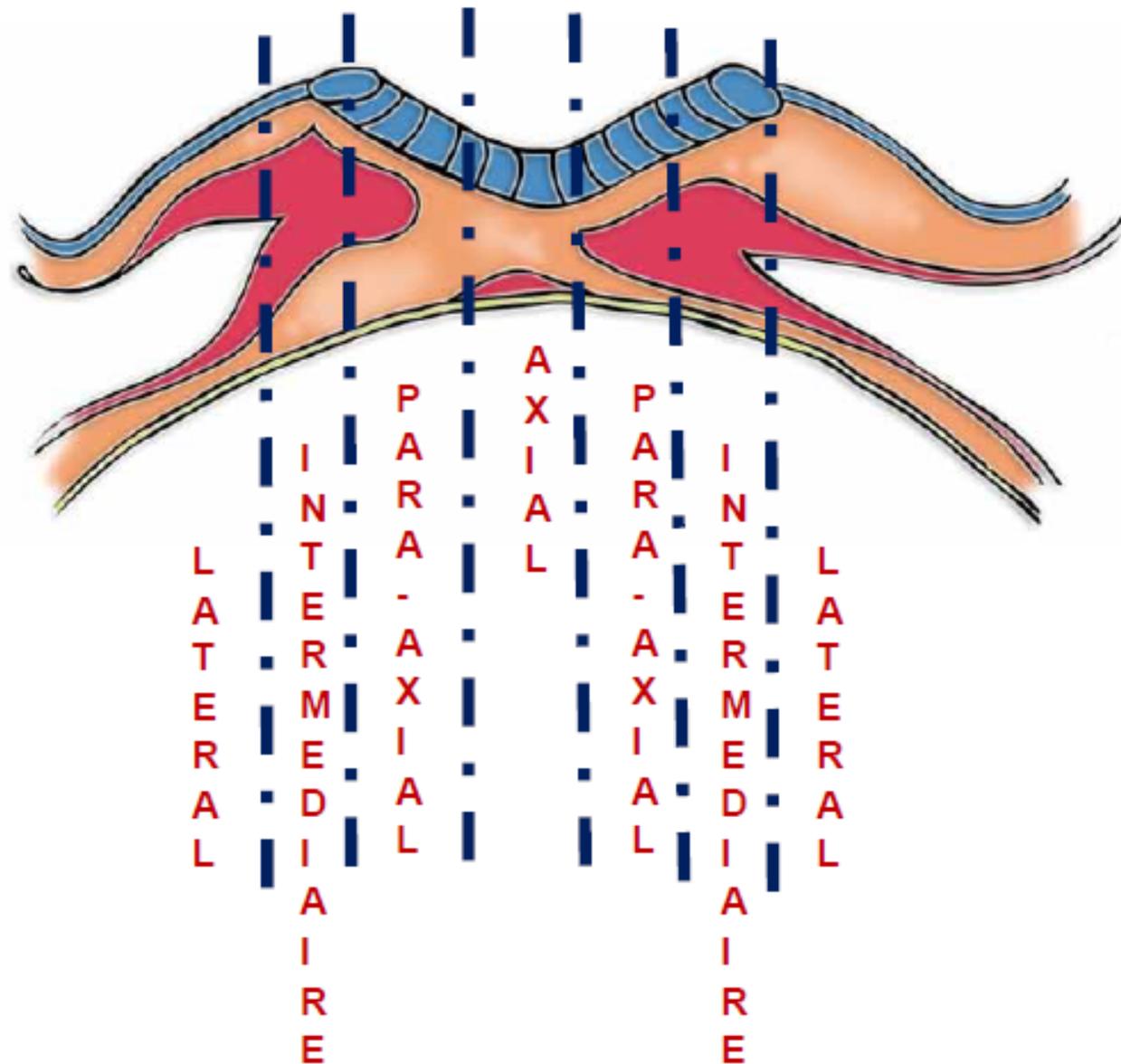


Evolution du
processus
chordal

Vers J22

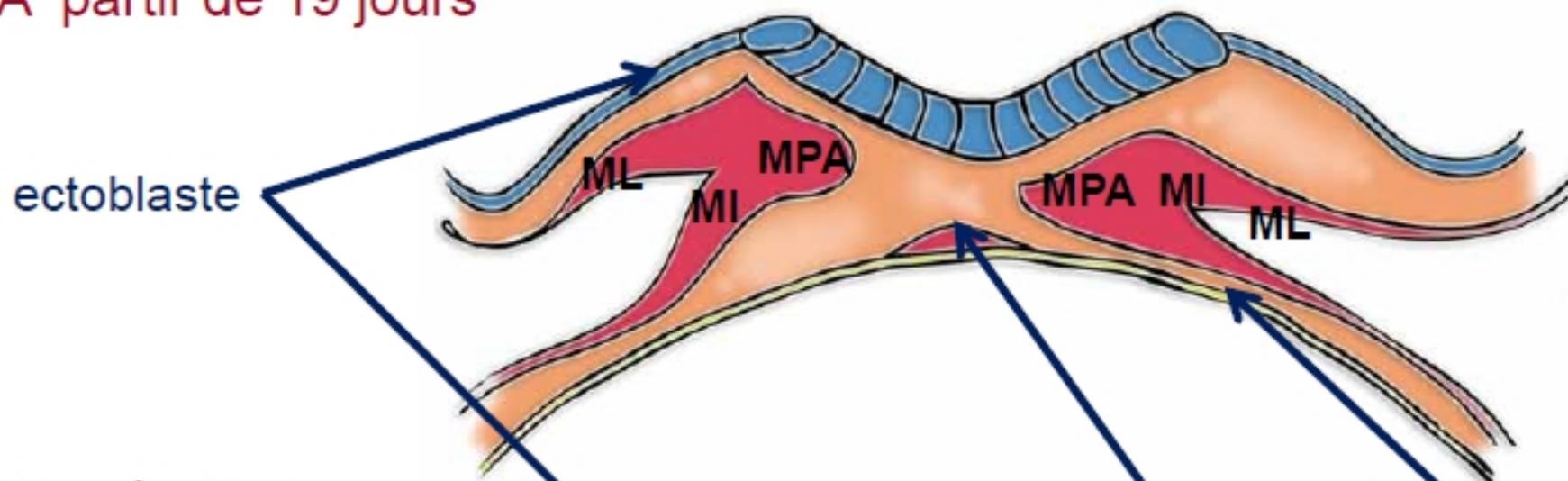
Régionalisation du mésoblaste

- Evolution spécifique des différentes régions du mésoblaste dans l'axe médio-latéral
- Mésoblaste axial
→ processus chordal
- Mésoblaste para-axial
→ somitogénèse
- Mésoblaste intermédiaire
→ système urogénital
- Mésoblaste latéral
→ splanchopleure et somatopleure



Organisation du mésoblaste para-axial : formation des somitomères

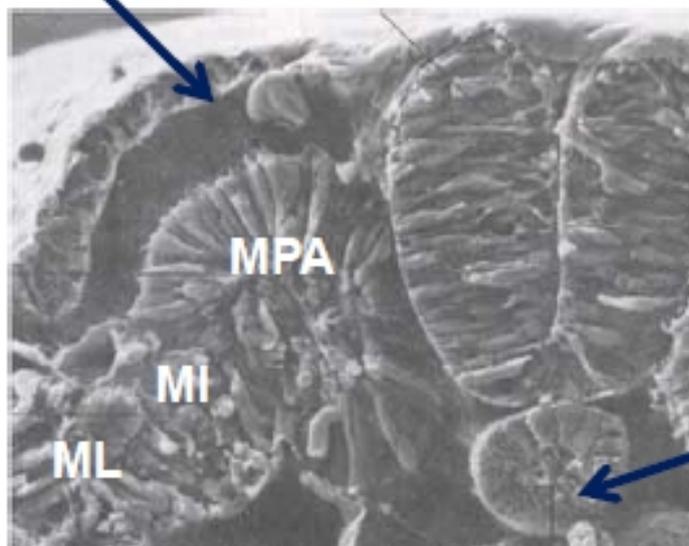
A partir de 19 jours



MPA=mésoblaste para-axial

MI=mésoblaste intermédiaire

ML=mésoblaste latéral

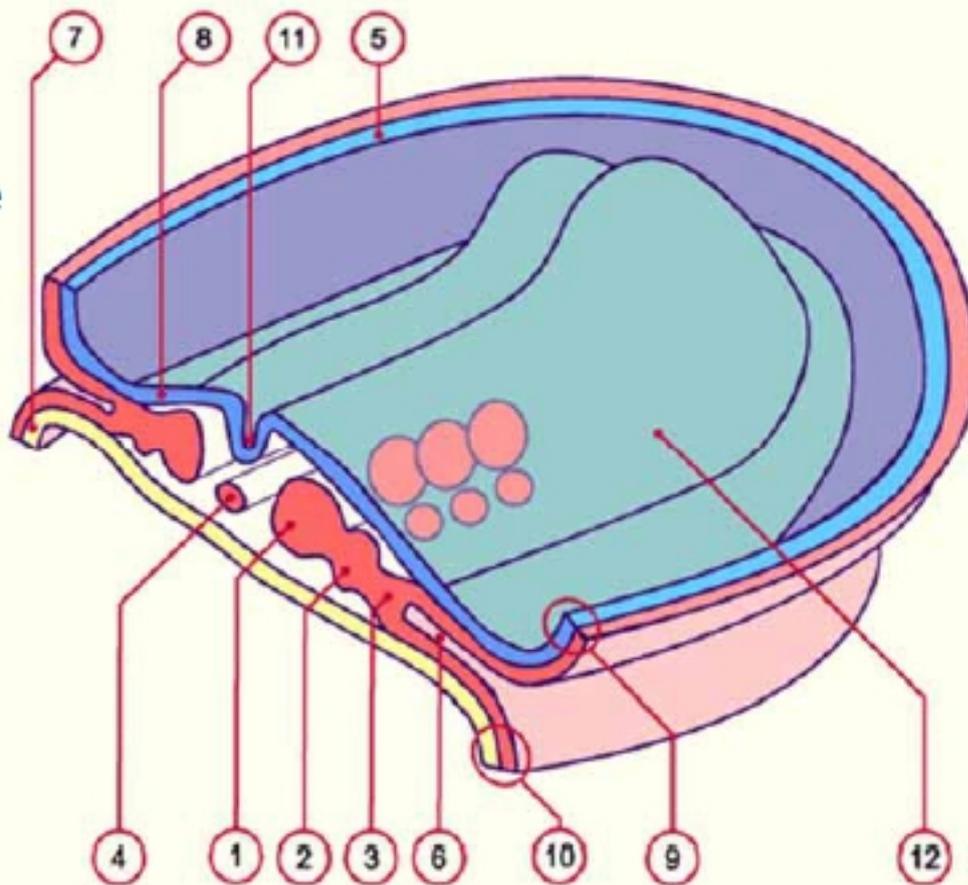


entoblaste

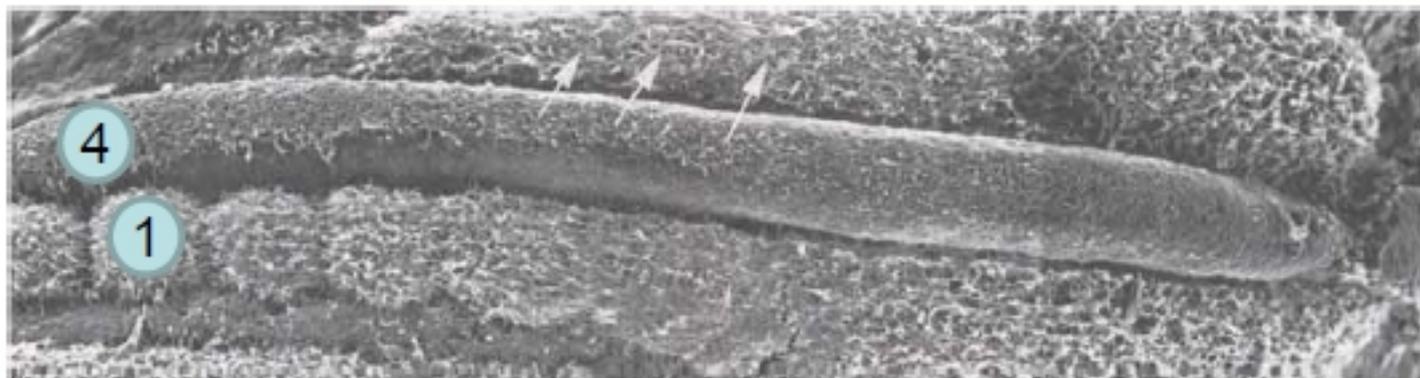
Processus chordal

Transformation des somitomères en somites

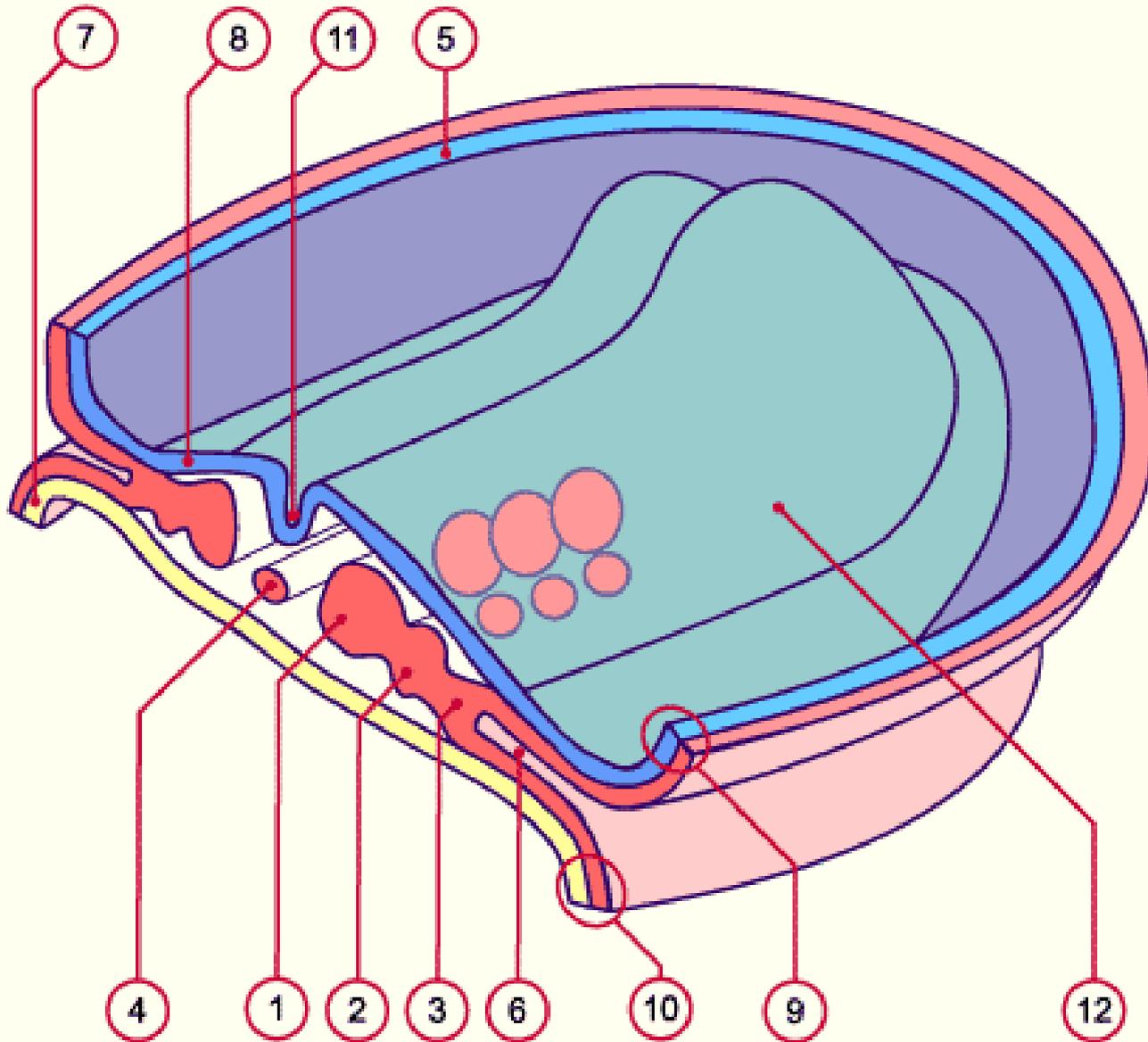
- ① Mésoblaste para axial
- ② Mésoblaste intermédiaire
- ③ Mésoblaste latéral
- ④ Notochorde
- ⑤ Ectoblaste
- ⑥ Coelome interne
- ⑦ Entoblaste
- ⑪ Gouttière neurale



crânial



caudal



- 1 mésoblaste para-axial
- 2 mésoblaste intermédiaire
- 3 mésoblaste latéral
- 4 processus notochordal
- 5 amnios
- 6 coelome intraembryonnaire
- 7 entoblaste
- 8 ectoblaste
- 9 Somatopleure (mésoderme et ectoblaste)
- 10 Splanchnopleure (mésoderme et entoblaste)
- 11 gouttière neurale
- 12 plaque neurale

Dérivés de l'ectoblaste

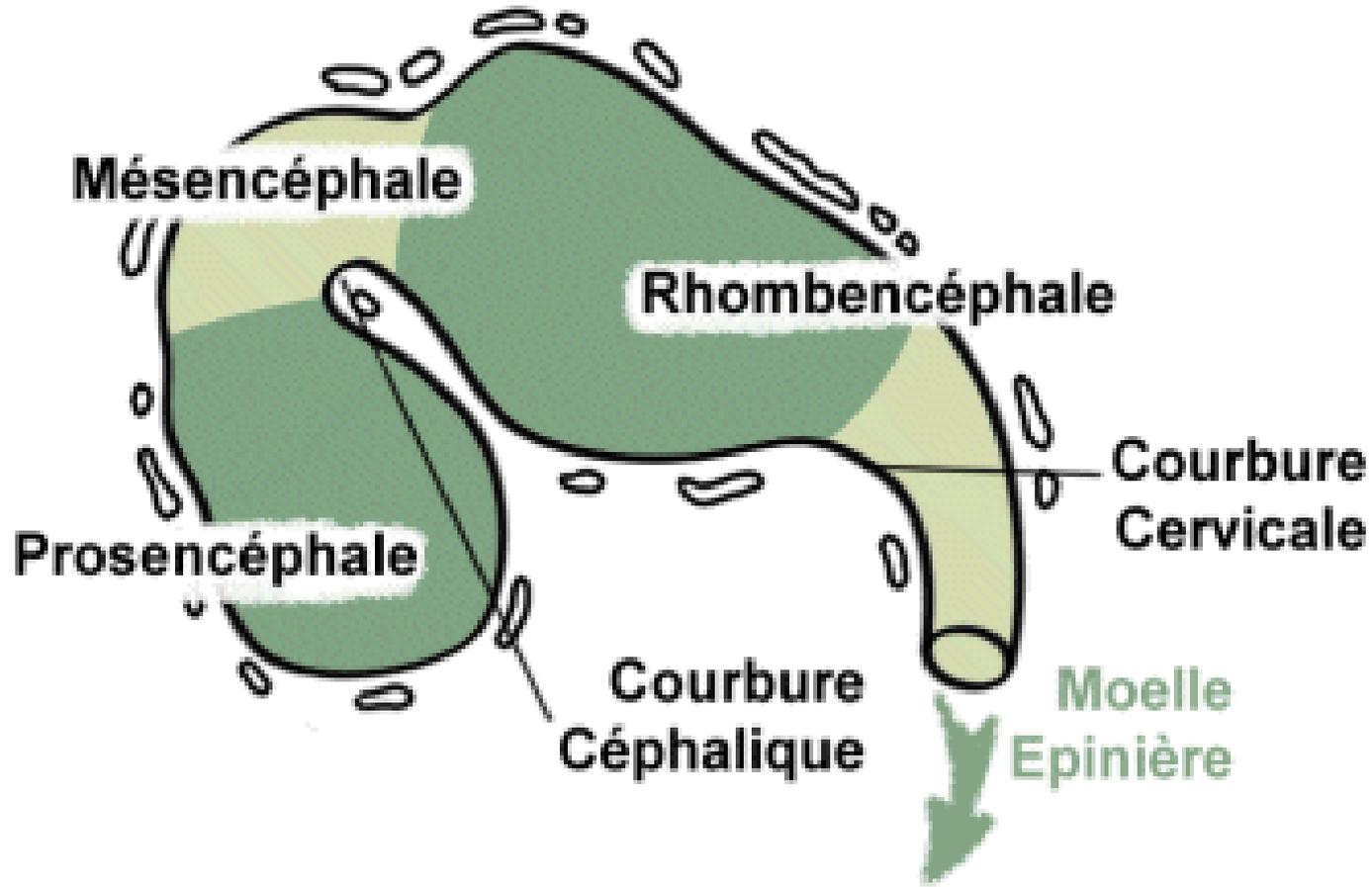
L'ectoblaste comprend deux parties, le neurectoderme et l'ectoderme.

Neurectoderme

Le neurectoderme va s'invaginer pour donner le tube nerveux, puis les crêtes neurales, et les neurones moteurs.

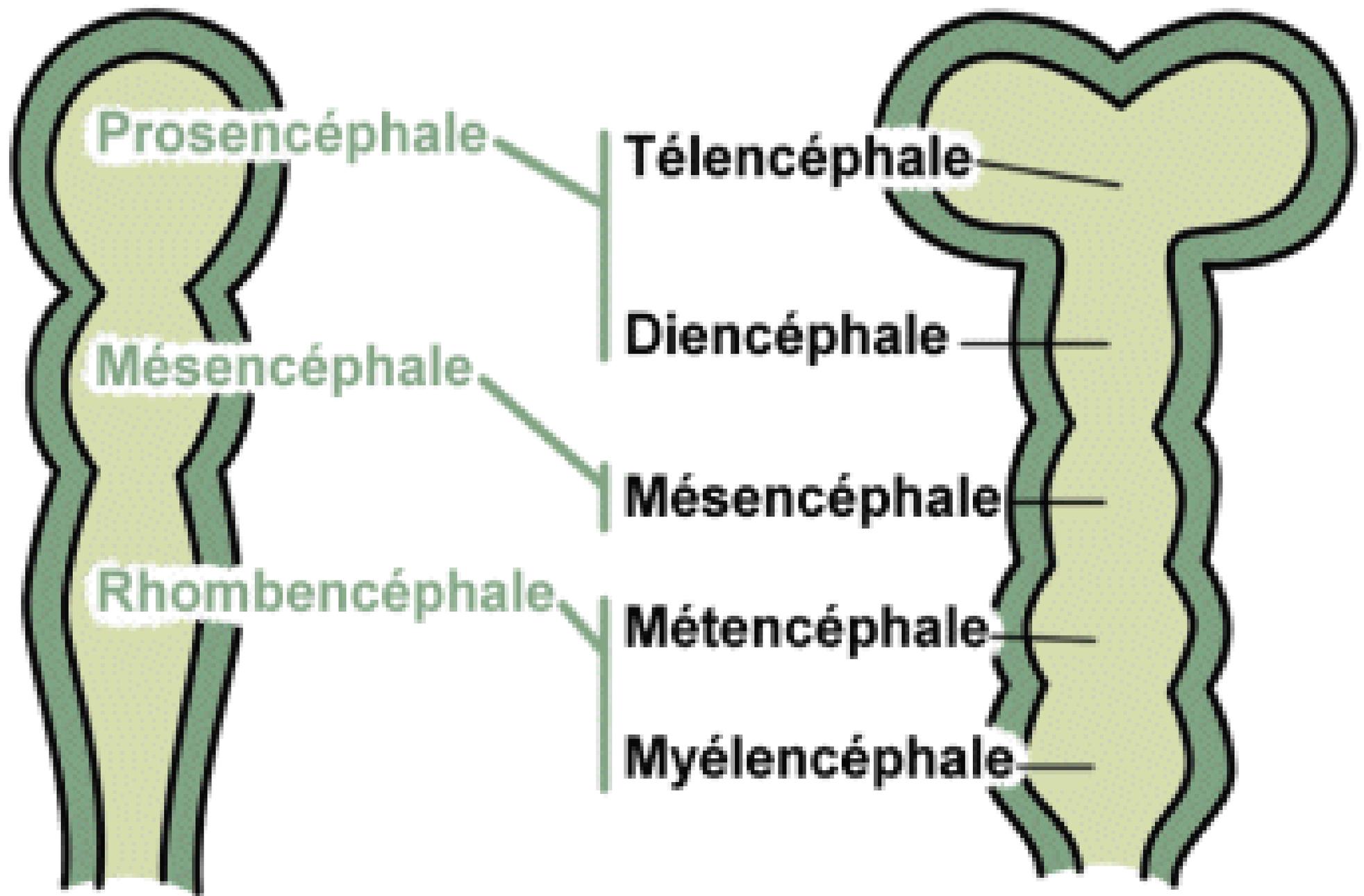
Invagination du tube nerveux

L'invagination du tube nerveux forme dans la région antérieure de l'embryon, le cerveau, qui au départ est une zone « vésiculeuse » qui rapidement présentera trois vésicules bien distinctes. **Le proencéphale, le mésencéphale et le Rhombencéphale.**



Le **proencéphale** se divise en **télencéphale** et **diencéphale** et le **rhombencéphale** se divise en **métencéphale** et **myélocéphale**.

Au niveau **du plancher du diencéphale**, une évagination donnera naissance à **l'hypophyse postérieure** ou neurohypophyse. Cette excroissance va s'individualiser.

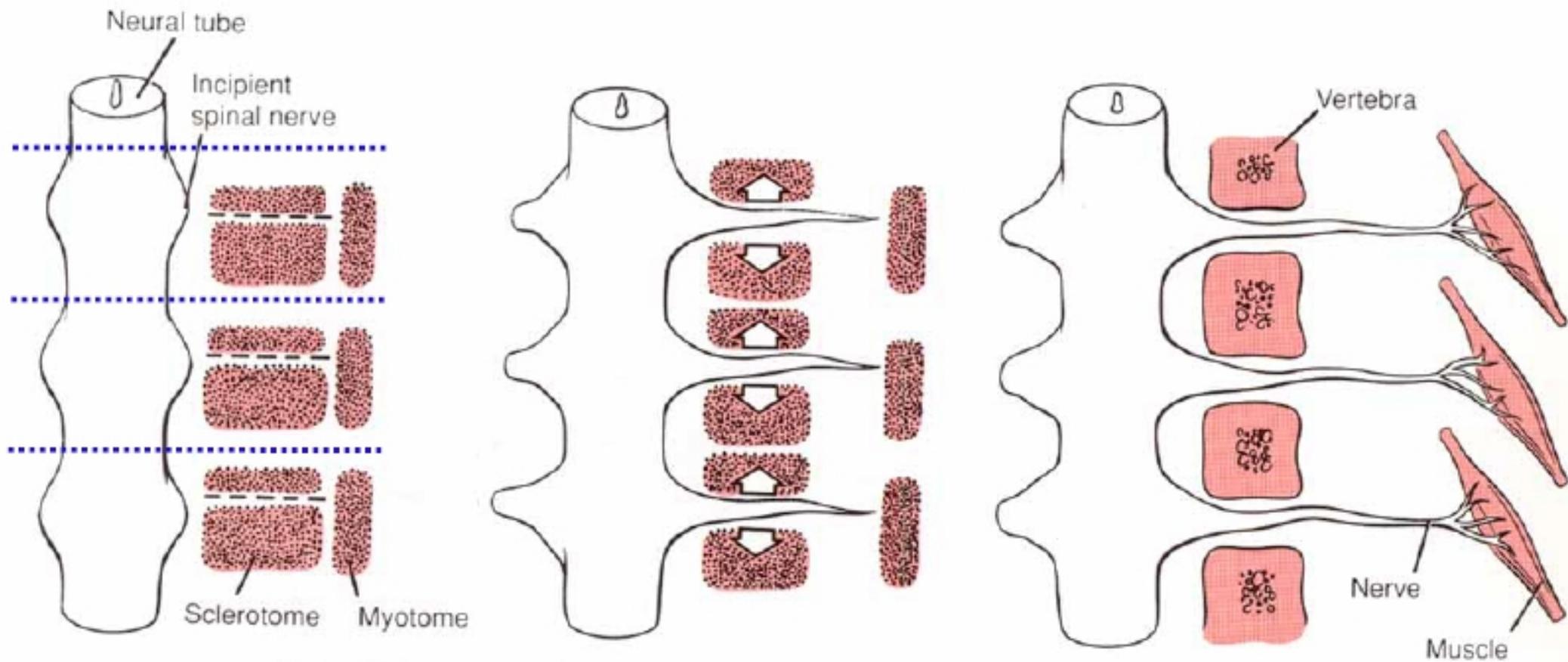


Sur les faces latérales du diencéphale vont apparaître deux évaginations qui formeront les vésicules céphaliques qui seront reliées au diencéphale par les pédoncules céphaliques. Les vésicules céphaliques formeront les cupules optiques qui donneront naissance à la rétine, alors que les pédoncules optiques donneront naissance au nerf optique.

La moelle épinière fait suite à l'encéphale. La jonction est représentée par la nuque. Au cours du développement embryonnaire, il existe une courbure de 90° entre l'encéphale et la moelle épinière. Dans l'épaisseur de la moelle épinière vont se différencier la substance grise et blanche. On verra ainsi apparaître les cornes postérieures et antérieures.

Au niveau des cornes antérieures, des cellules vont émettre des prolongements, ce sont des axones en formation qui entreront dans les racines antérieures des nerfs rachidiens, puis formeront la partie motrice des nerfs mixtes pour enfin se terminer en nerfs moteurs qui innerveront les muscles striés squelettiques.

Mécanisme d'émergence des nerfs spinaux



Au niveau des crêtes neurales, se forment des bandelettes latérales le long du tube neural, ces bandelettes vont se métamériser et on aura, de part et d'autre, des amas de cellules nerveuses tout le long du tube neural. **Une partie de ces cellules restera le long du tube neural**, des cellules vont émettre des prolongements. Ces prolongements vont se placer à un des pôles de la cellule pour former des cellules en T. Le prolongement qui se dirige vers le tube neural est un axone, et celui qui se dirige vers la périphérie est une dendrite. **Il donnera la partie sensitive des nerfs mixtes, et des terminaisons sensibles de la peau.**

Les corps cellulaires de ces cellules sensibles formeront le ganglion rachidien.

D'autres éléments des crêtes neurales vont migrer en profondeur pour donner les ganglions sympathiques, parasympathiques, les paraganglions, la médullosurrénale et en périphérie des mélanocytes qui sont des cellules qui synthétisent des pigments. Dans la région antérieure, les crêtes donneront **les odontoblastes** qui participeront à la formation des dents. Dans la région thoracique, ils interviendront dans la formation du cœur en formant le septum aortico-pulmonaire. C'est une cloison qui divise le bulbe artériel en aorte et artère pulmonaire.

L'ectoderme

L'ectoderme donnera **tous les feuillets superficiels** de l'embryon, c'est-à-dire **l'épiderme, les phanères** (cheveux, poils et ongles) **et les glandes annexes** (glande sudoripare, sébacé et mammaire).

Il donne également le revêtement épithélial d'une partie de la cavité buccale.

L'ectoderme donnera également une glande endocrine, qu' est l'hypophyse antérieure dont le développement sera induit par l'hypophyse postérieure.

De l'ectoderme se formera également la glande parotide qui est une glande salivaire et enfin les placodes sensorielles qui sont les placodes otiques, cristalliniennes et olfactives. Pour la placode cristallinienne et otique, il y aura formation d'une invagination de l'ectoderme qui formera respectivement l'œil et l'oreille interne.

La placode olfactive ne va pas s'invaginer et restera au fond des fosses nasales pour former l'épithélium olfactif.

NEURULATION :

Au cours de la neurulation, à partir du feuillet primordial, **l'ectoblaste**, se formeront les organes axiaux et para-axiaux.

- **L'organe axial est le tube neural.**
- **Les organes para-axiaux sont principalement les crêtes neurales et les somites**

C'est également à ce moment que se met en place **la corde définitive** :

C'est une structure médiane, qui se trouve juste sous la crête neurale, et qui se constitue à partir du **prolongement céphalique** pour le remplacer progressivement (donc dérivant du prolongement céphalique). Le prolongement céphalique est d'ailleurs aussi appelé **processus chordal**.

Formation de la corde définitive

A la fin de la gastrulation, on peut observer sur une coupe transversale, le prolongement céphalique, l'endoblaste, l'ectoblaste et le mésoblaste.

Le prolongement céphalique va venir s'accoler à l'endoblaste. La zone d'accolement va se résorber de sorte qu'il existera une fissure tout le long de l'embryon qu'on appelle la fissure endoblastique. Elle va secondairement se reformer par soudure aux bords de l'endoblaste tandis que la crête va se condenser pour donner la corde définitive pleine.

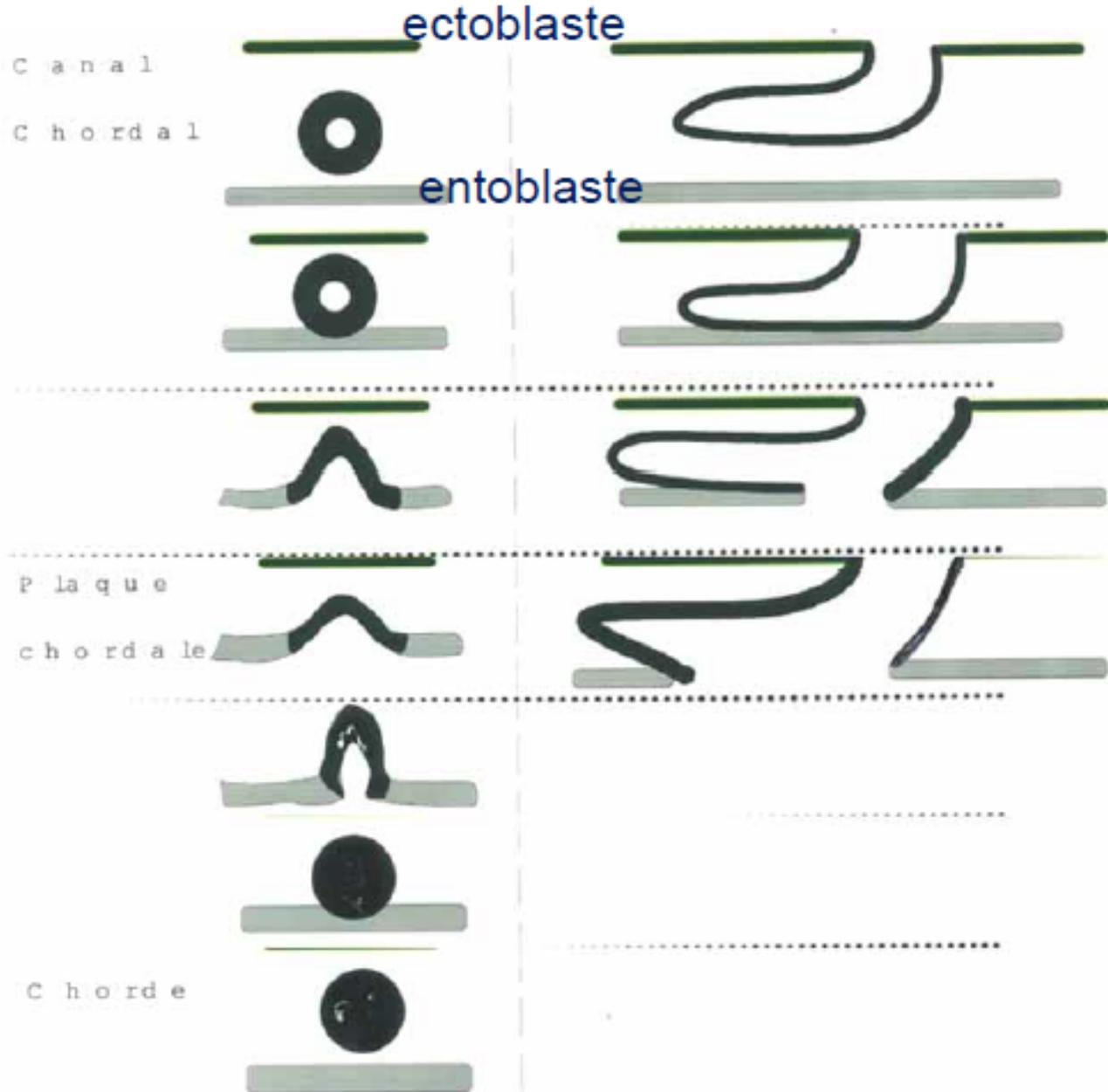
Le tissu endoblastique permet un passage par la fossette de Hensen, un passage temporaire entre la vésicule vitelline et la cavité amniotique. **C'est le canal neurentérique.**

C'est une période à cheval sur la gastrulation et la neurulation.

Coupe transversale
(axe médio-latéral)

Coupe longitudinale
(axe rostro-caudal)

Vers J18



Evolution du
processus
chordal

Vers J22

Formation du tube neural

Par induction de la corde définitive, l'ectoblaste va se transformer et la zone au dessus du prolongement céphalique va s'épaissir pour donner la plaque neurale.

La plaque neurale (céphalique) va donner naissance à la gouttière neurale. On est au stade de la corde définitive et les bords de la gouttière vont se refermer pour donner naissance au tube neural.

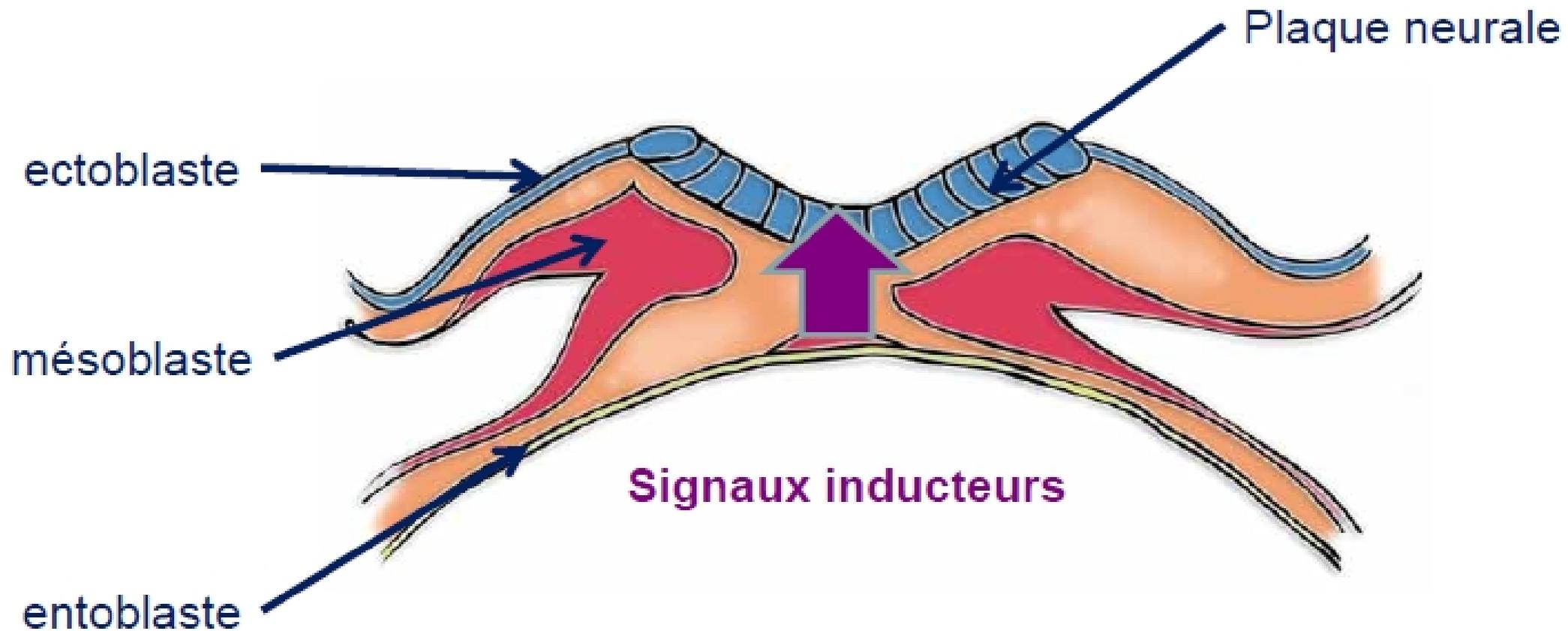
La fermeture du tube neural (qui représente la FERMETURE DORSALE de l'embryon) débute dans la région antérieure de l'embryon à l'union du tiers antérieur et des deux tiers postérieurs. C'est la région nucale

Il persistera deux zones, une antérieure et une postérieure, ce sont les neuropores antérieur et postérieur.

L'un se fermera au 24-26^e jours et l'autre aux 26-28^e jours, la formation de tube neural se faisant autour du 21^e jours.

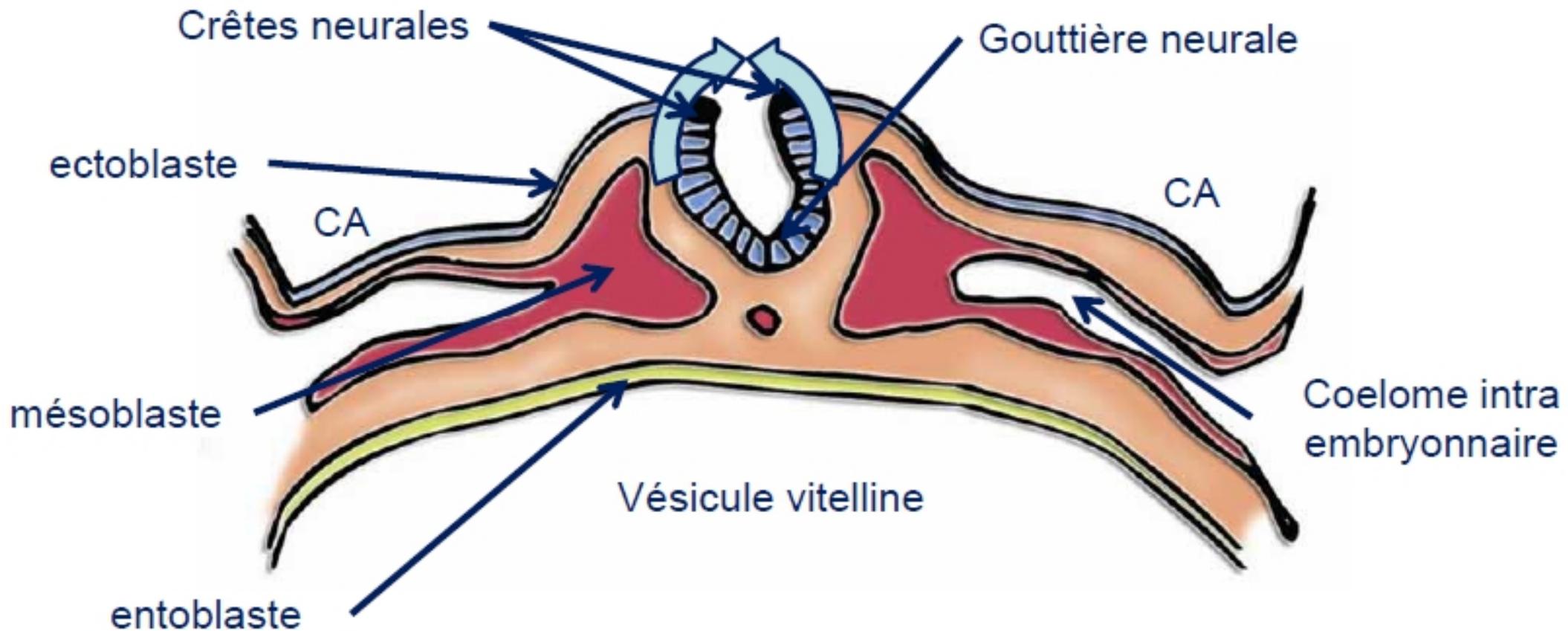
Formation de la plaque neurale

A partir de 19 jours



Stade de gouttière neurale

A partir de 20-22 jours



Sur les bords de la gouttière neurale, apparaîtront deux bandelettes, ce sont des crêtes neurales. Ces crêtes neurales s'individualisent et viendront se placer en position latéro-dorsale par rapport au tube neural.

En résumé : Une fois l'ectoblaste constitué, il aboutira :

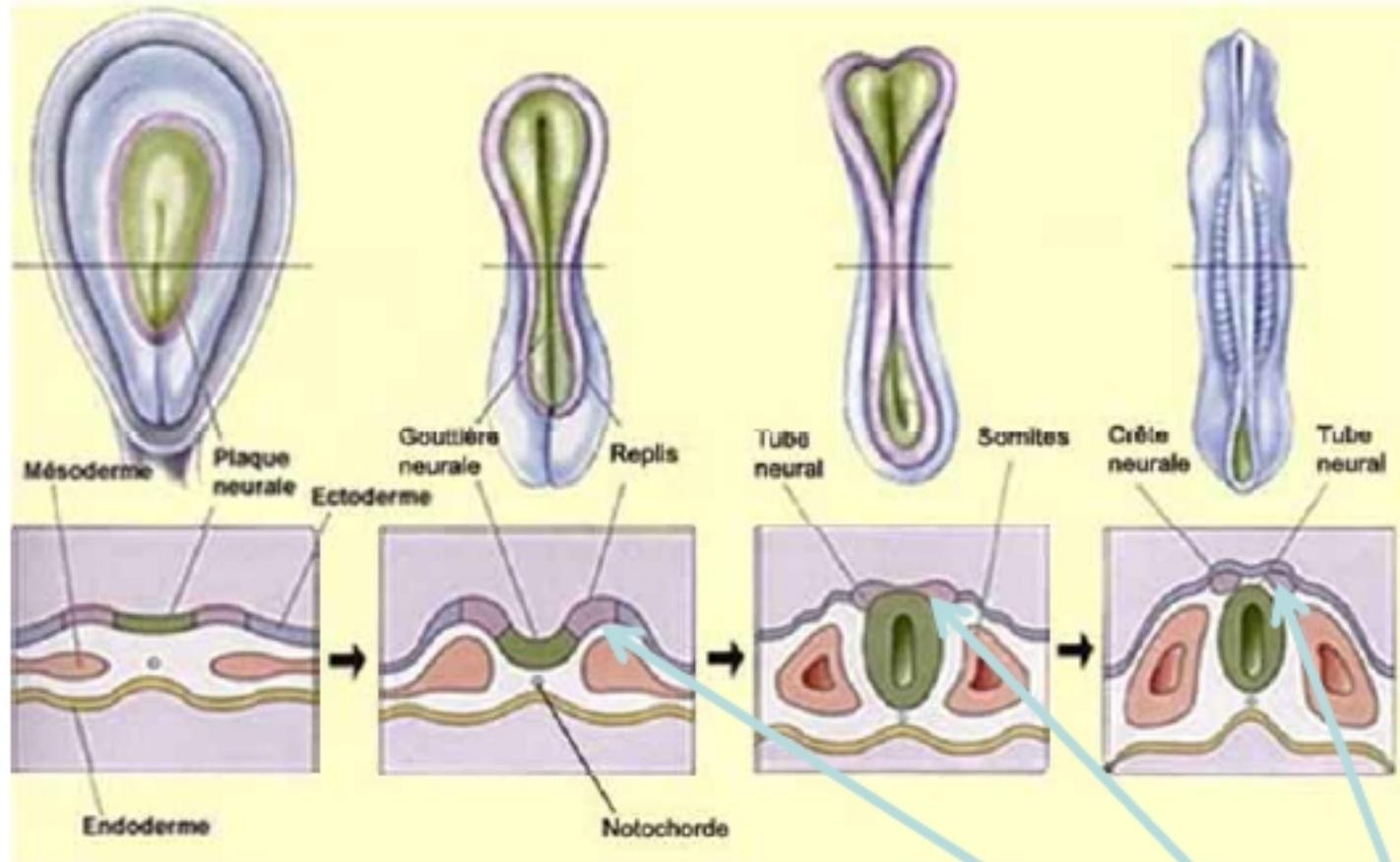
- sa partie supérieure donnera l'ectoderme.
- sa partie intérieure donnera le neurectoderme, puis le tube neural.

La métamérisation du mésoblaste

Les ailes mésoblastiques qui se sont formées au cours de la gastrulation vont s'accroître et s'épaissir, et on pourra constater des zones de croissance plus rapide qui formeront des plaques.

On verra des zones plus épaisses séparées par des sillons distinguant la plaque interne, la plaque intermédiaire, et la plaque latérale.

Fermeture du tube neural



Invagination de la plaque neurale



Formation d'une gouttière neurale



Fermeture de cette gouttière neurale



Formation d'un tube neural



Individualisation des crêtes neurales

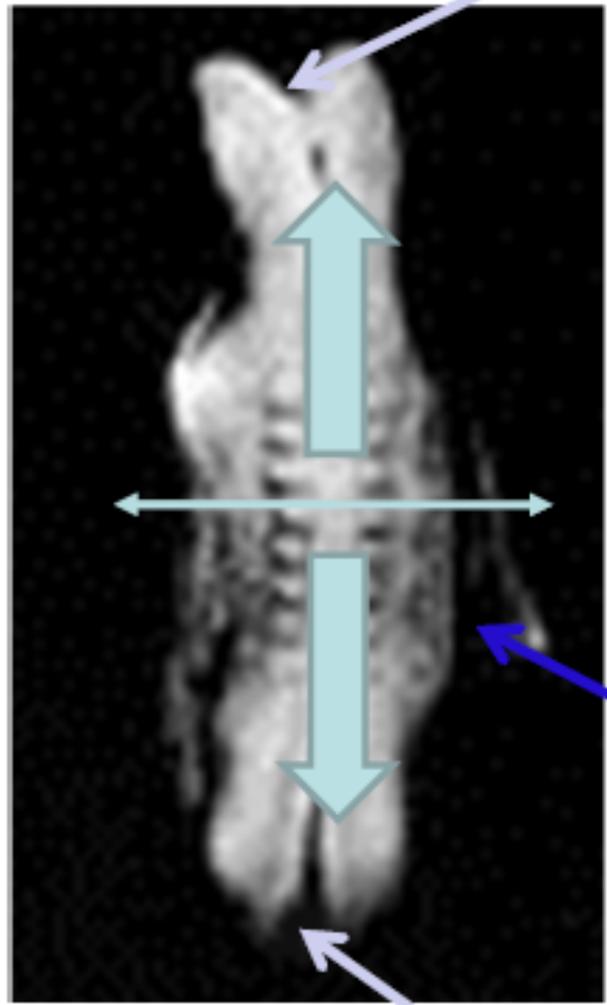
Tube neural => structures cérébrales et médullaires

Crêtes neurales => cellules gliales, cellules des ganglions spinaux, des ganglions du SNA, mélanoblastes, cellules du système neuroendocriné diffus etc

Progression de la neurulation

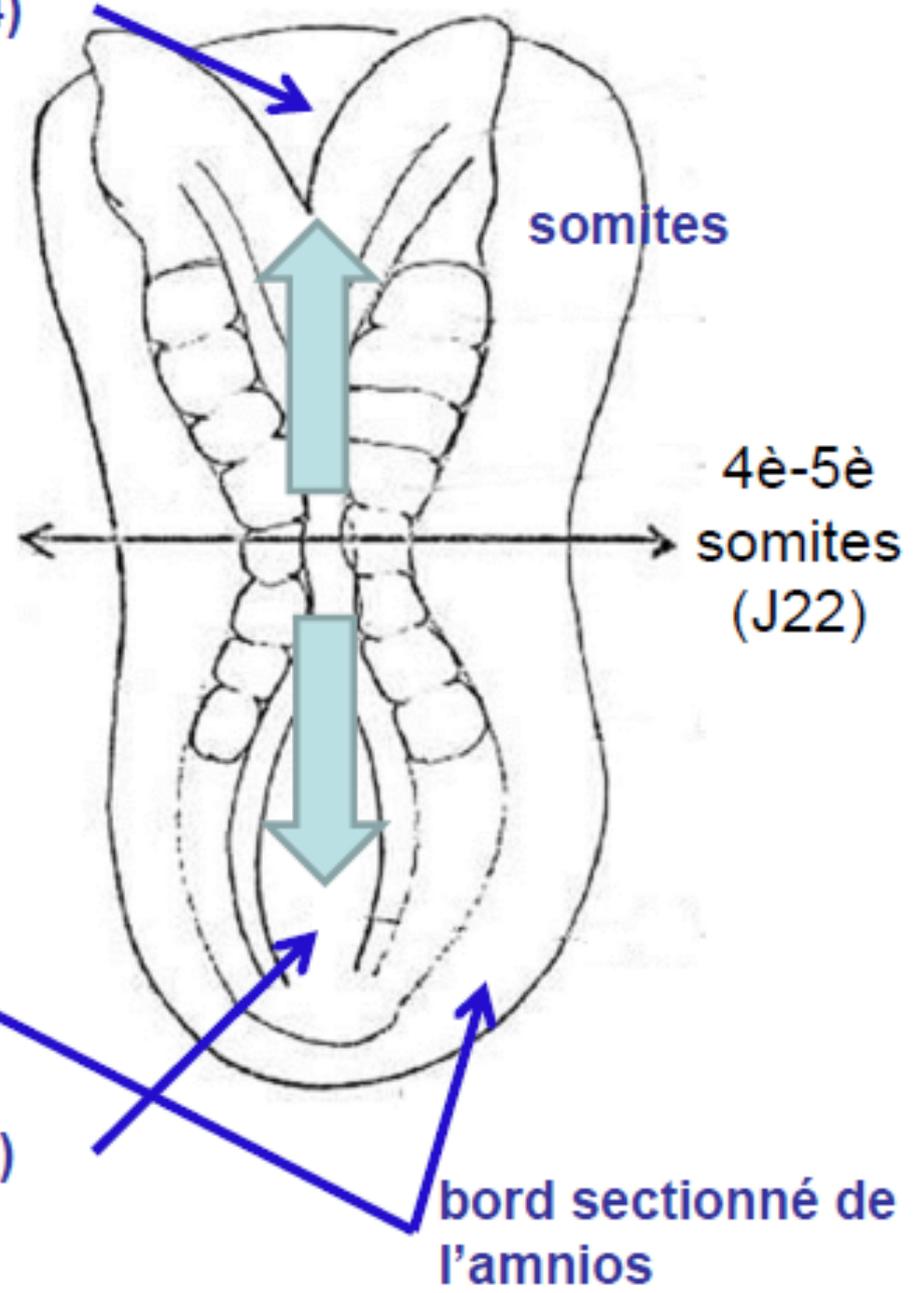
Portion crâniale

neuropore crânial (J24)



neuropore caudal (J26)

Portion caudale



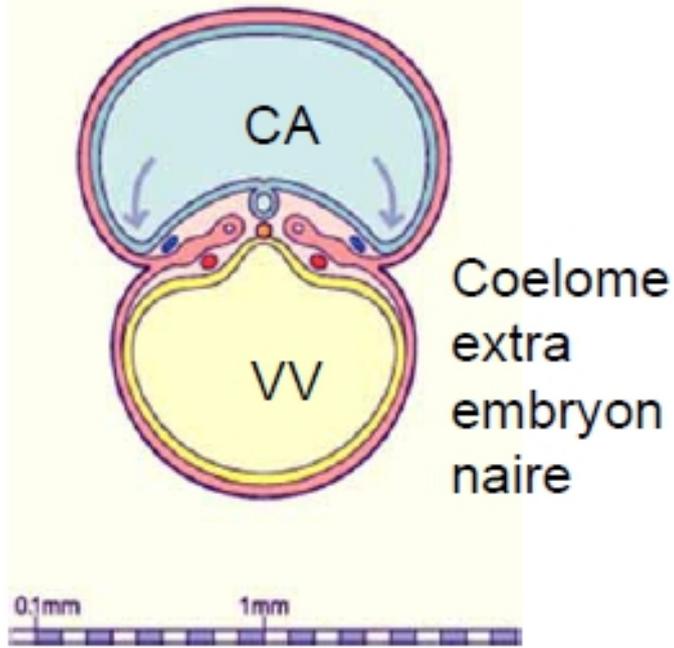
somites

4è-5è
somites
(J22)

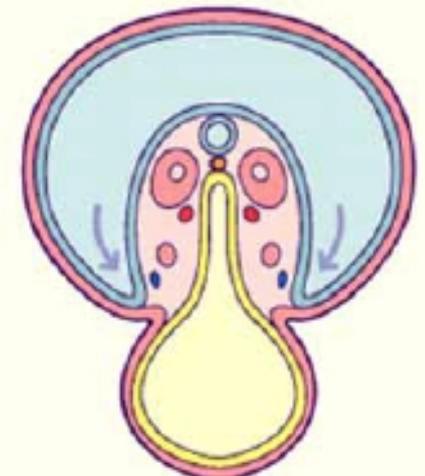
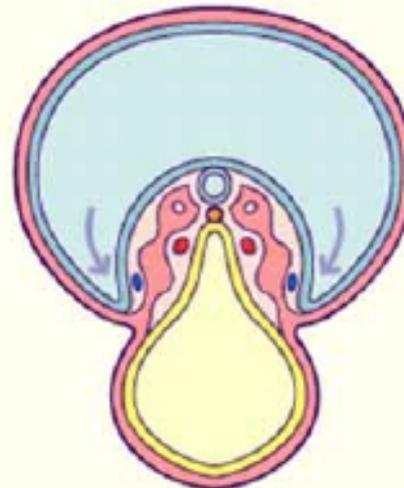
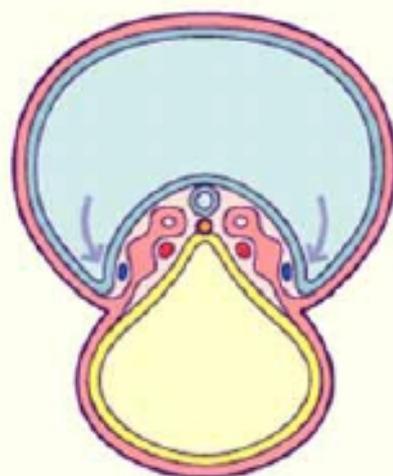
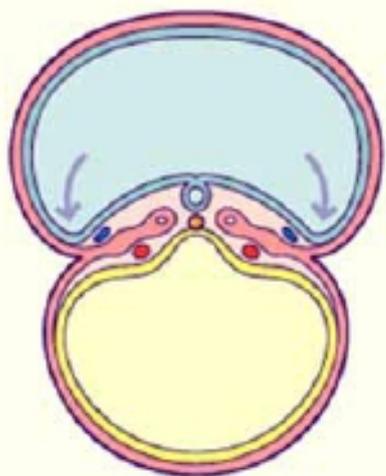
bord sectionné de
l'amnios

FERMETURE VENTRALE DE L'EMBRYON

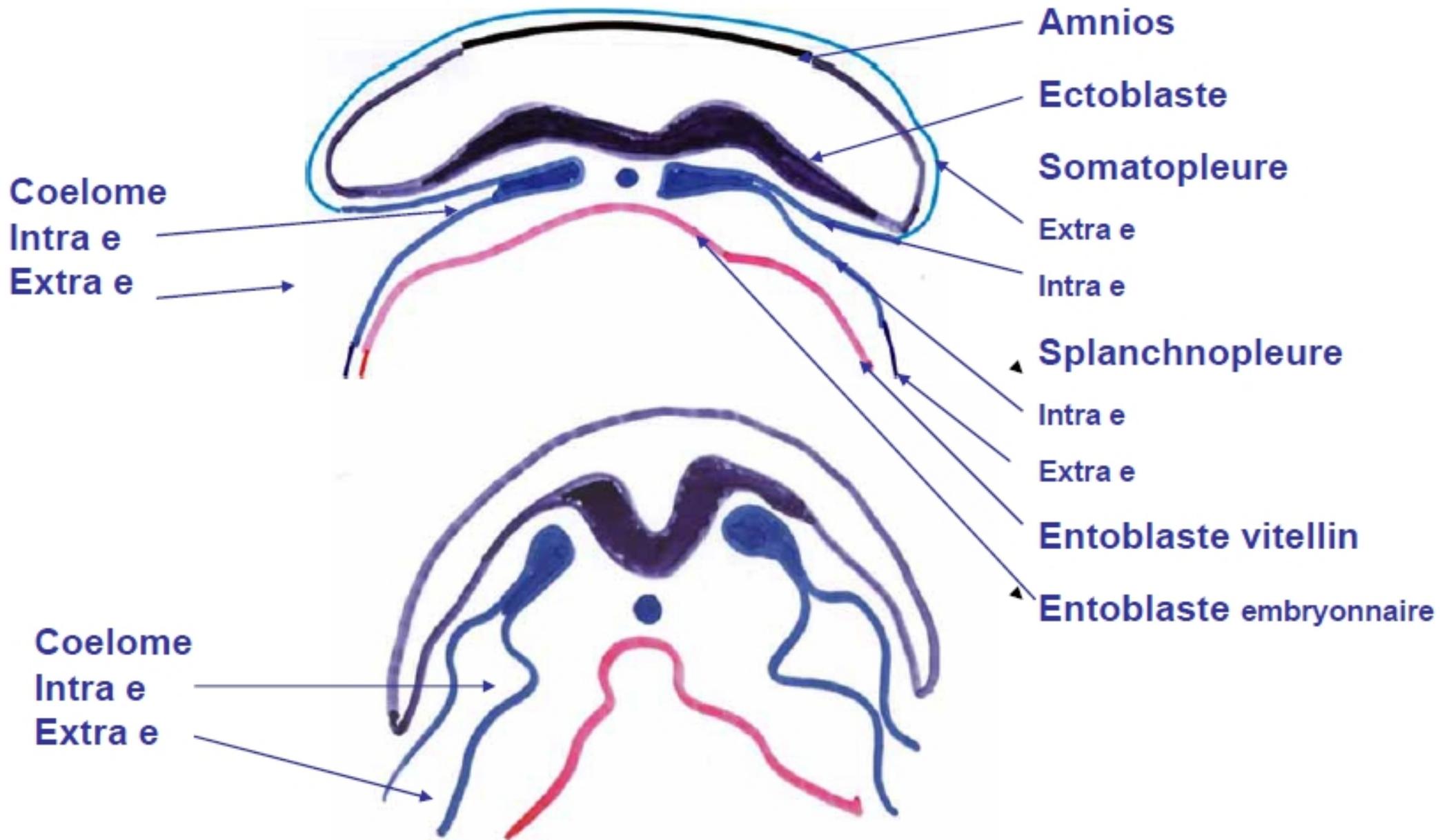
Selon l'axe médio-latéral (transversal)



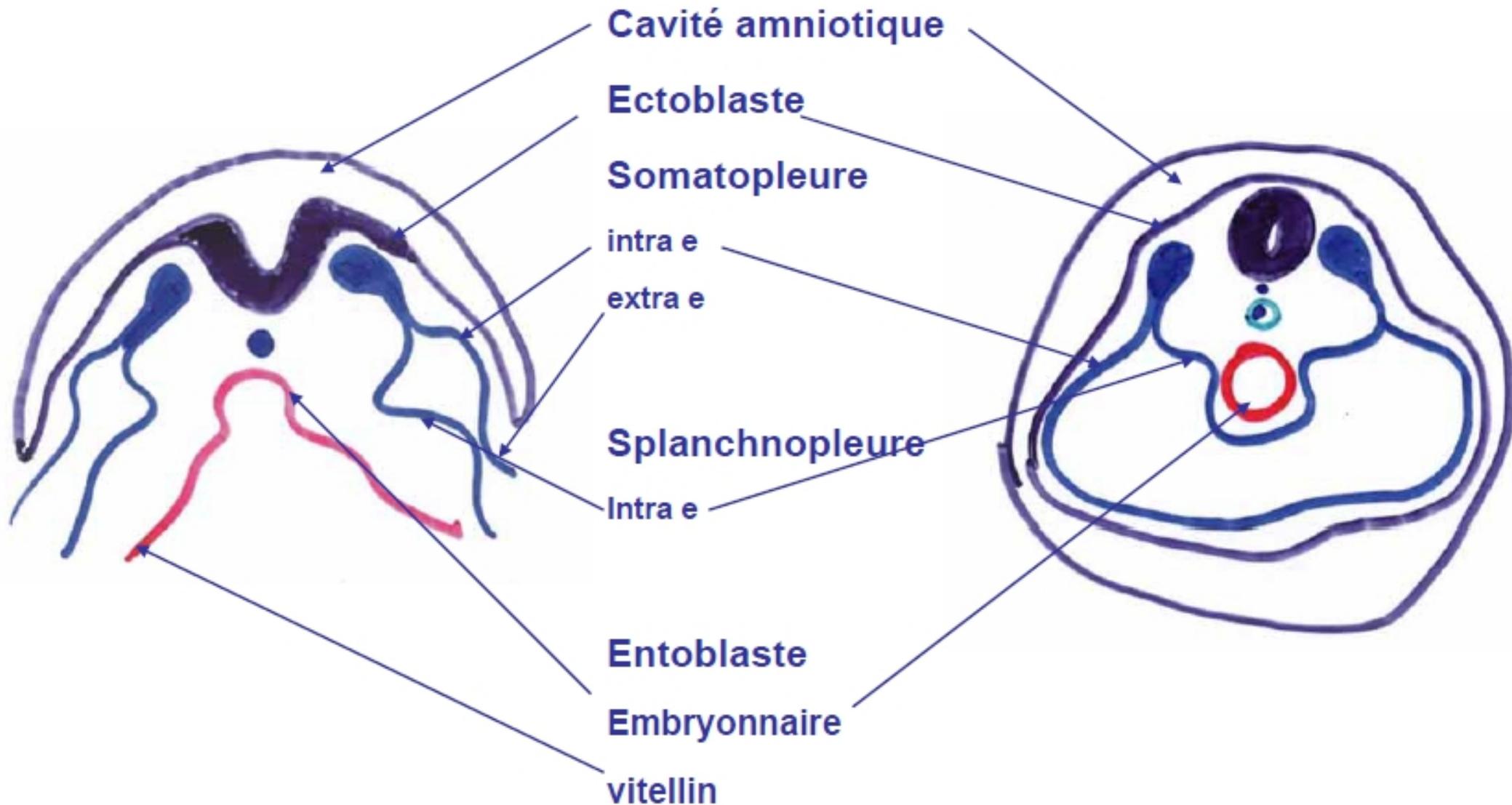
- Croissance importante de la cavité amniotique
- Croissance faible de la vésicule vitelline
- Rapprochement sur la zone médiane des bords latéraux de l'embryon ¹²⁻³⁰



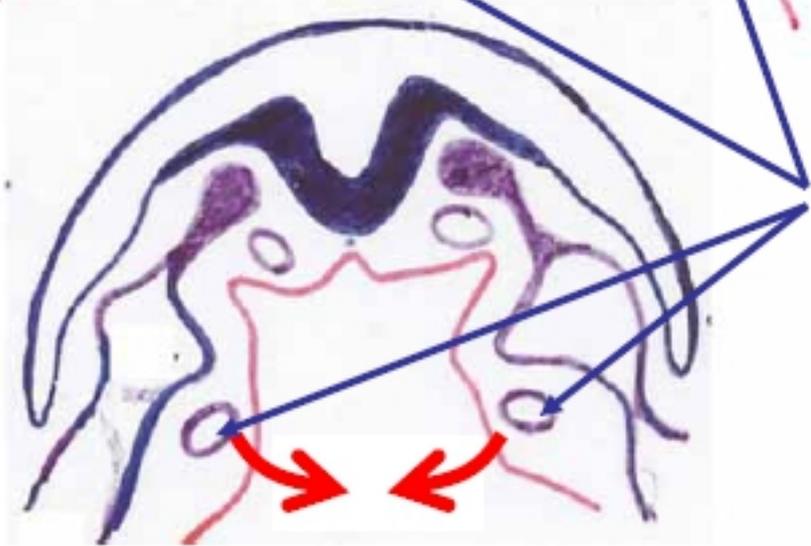
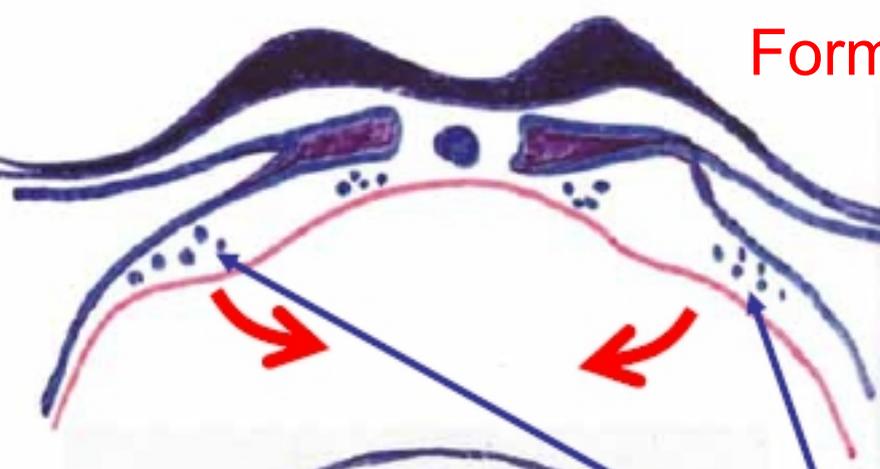
Début fermeture embryon / coelome intra embryonnaire



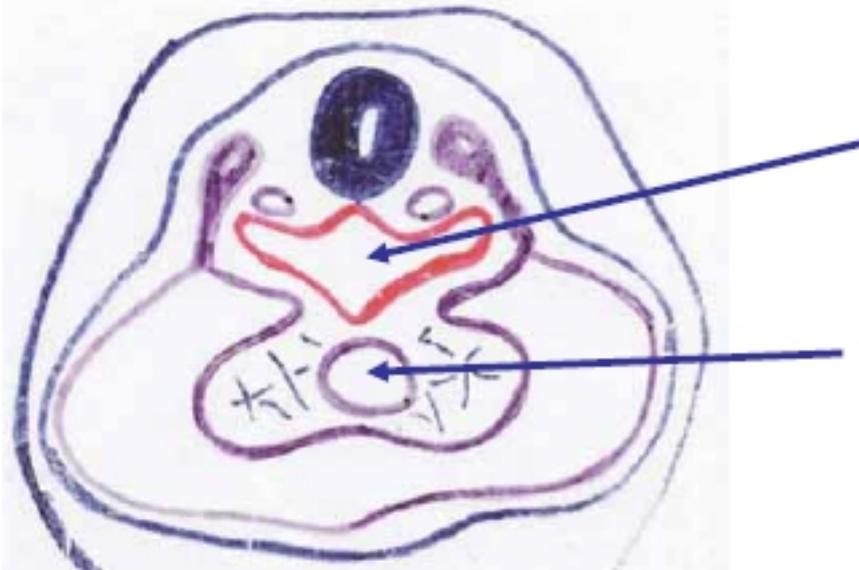
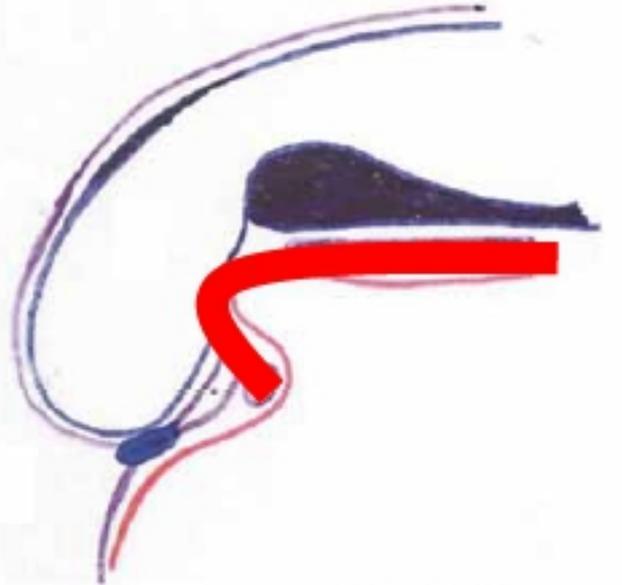
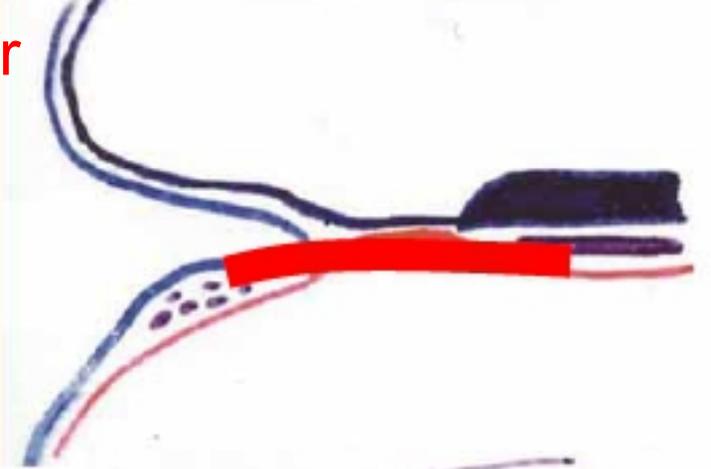
Fermeture du coelome intra-embryonnaire



Formation du coeur

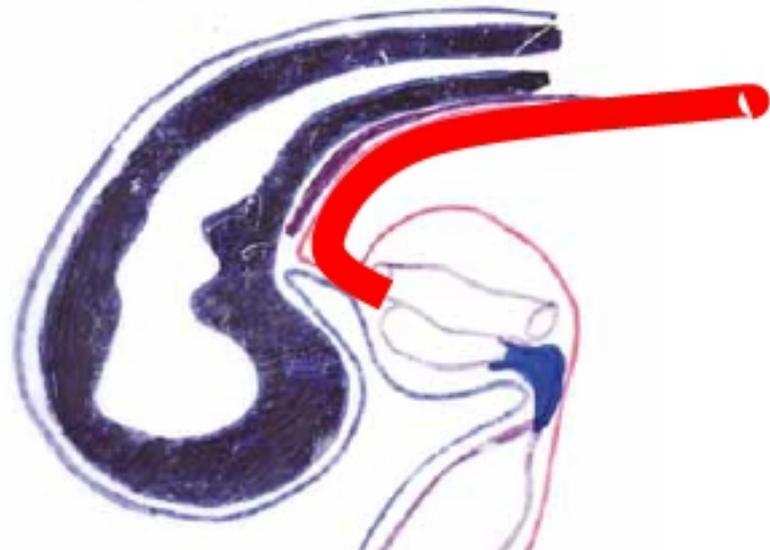


Tubes endoc.
latéraux



Intestin
Antérieur

Tube endoc.
Médian



Morphologie de l'embryon : de plan à tubuliforme

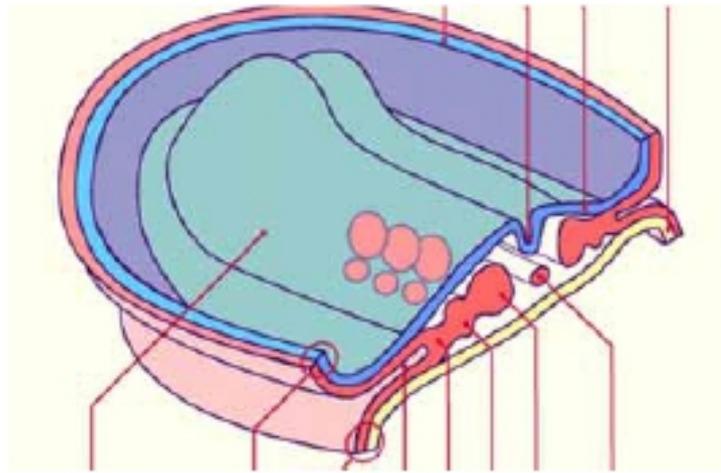
Le passage d'un embryon plan à un embryon tubiforme est le résultat d'une croissance plus rapide de l'embryon par rapport au zone extra embryonnaire. Il va être limité par les plis limitants antérieur, postérieur et latéraux.

La croissance dans la région antérieure va entraîner le surélévement de la zone antérieure, puis c'est la région postérieure qui se surélève. Sur une coupe frontale, on voit une croissance de la zone embryonnaire sur les parties latérales et progressivement l'embryon se surélève formant les deux plis limitants latéraux.

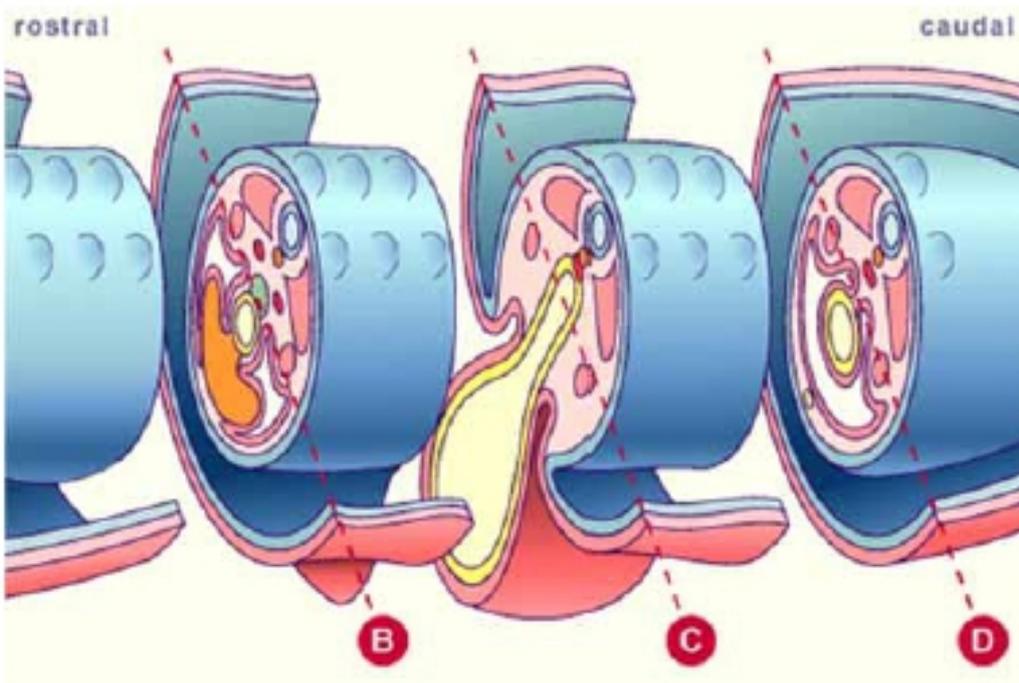
L'embryon va prendre un aspect tubiforme. Les trois feuilletts sont concernés par cette croissance et la formation des plis limitants. La zone de jonction qui marque la limite de l'embryon s'appelle l'ombilic ou ombilic cutané. La jonction interne entre l'embryon et ce qui est extra embryonnaire, c'est l'ombilic endodermique ou profonde.

Quand l'embryon était plan, vue de dessous, on avait sur les bords l'insertion de l'amnios de sorte que l'ombilic externe se trouvait à la périphérie de l'embryon. L'ombilic endodermique était aussi à la périphérie. L'ombilic va migrer au cours de la formation en tube de l'embryon, pour se retrouver dans la partie ventrale.

Tubulisation de l'embryon



- Passage d'un embryon plan à un embryon tubulaire
- Organisation spatiale différente des feuillettes au niveau rostral, médian ou caudal



Cet embryon tubiforme va s'accroître en direction antérieure et postérieure, mais la croissance dans la partie dorsale est beaucoup plus rapide que dans la partie ventrale, l'embryon présentera une courbure de plus en plus importante.

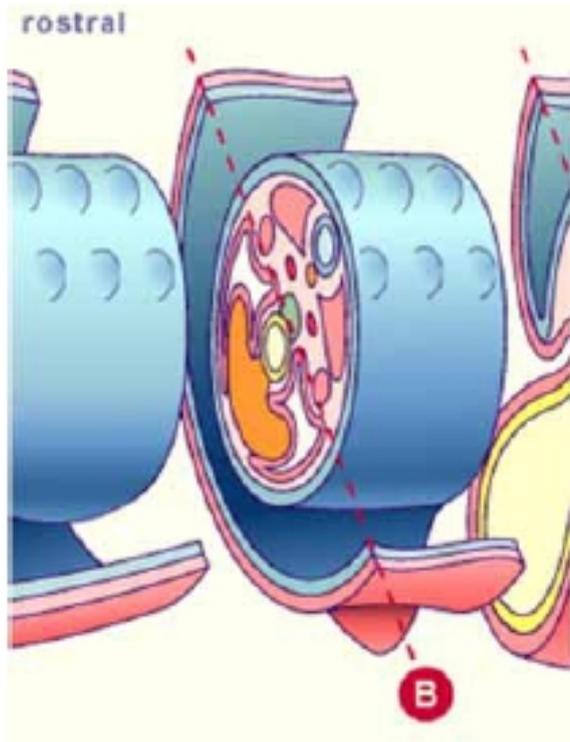
Extrémité céphalique

La croissance plus rapide de la partie dorsale va faire plonger vers le bas l'extrémité céphalique, créant une courbure d'environ 90° de la région de la nuque.

Paroi ventrale

Après constitution d'un ombilic (cutané à l'extérieur et endodermique à l'intérieur), cette ombilic se rétrécira, la fermeture sera plus importante dans la partie thoracique et ensuite dans la partie terminale jusqu'à ce qu'il ne reste que le cordon ombilical à la fin de la gestation

Au niveau rostral (sus ombilical)



- Délimitation de la partie haute de la cavité péritonéale
- Délimitation de l'intestin moyen

2- Aortes dorsales

3- Dermatomyotome

4- Ectoblaste

5- Chorde

7- Coelome intra embryonnaire

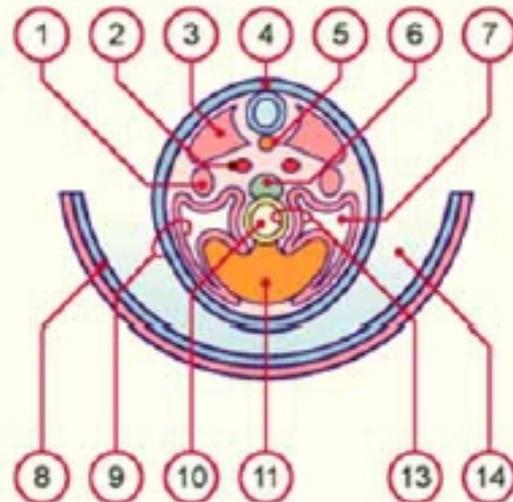
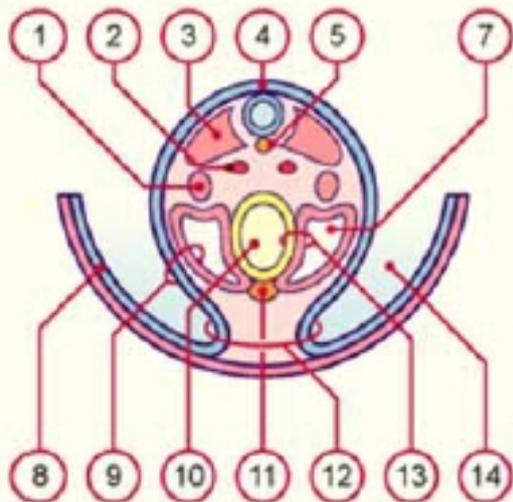
8- Amnios

9- Accolement ectoblaste-somatopleure intra embryonnaire

10- Tube digestif primitif

13- Accolement splanchnopleure intra embryonnaire –entoblaste

14- Cavité amniotique



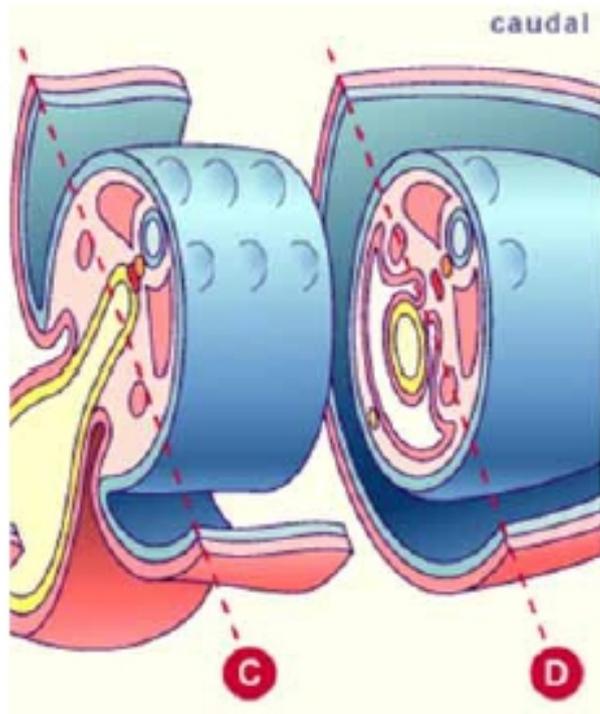
Extrémité caudale

Au moment de la formation des plis limitants, le pli limitant postérieur va surélever la partie postérieure. La zone charnière de surélévation se trouve au niveau de la fossette de Hansen et la paroi cloacale passera d'abord en position postérieure puis ventrale.

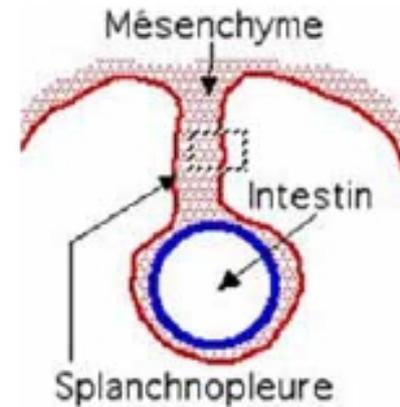
Une partie de l'extrémité caudal va subir une croissance importante, le neuropore postérieur va se fermer et se forme une condensation de mésenchyme qui va donner une masse pleine qui se creuse d'une cavité et vient s'aboucher au tube neural.

Le bourgeon caudal va s'accroître, il atteint un maximum vers le 28^e jours, le tube digestif va donner une extension qu'on appelle l'intestin postérieur anal qui va au delà de la membrane cloacal. Puis ce bourgeon caudal va régresser et au 2^e mois il ne restera plus qu'une petite extension caudale.

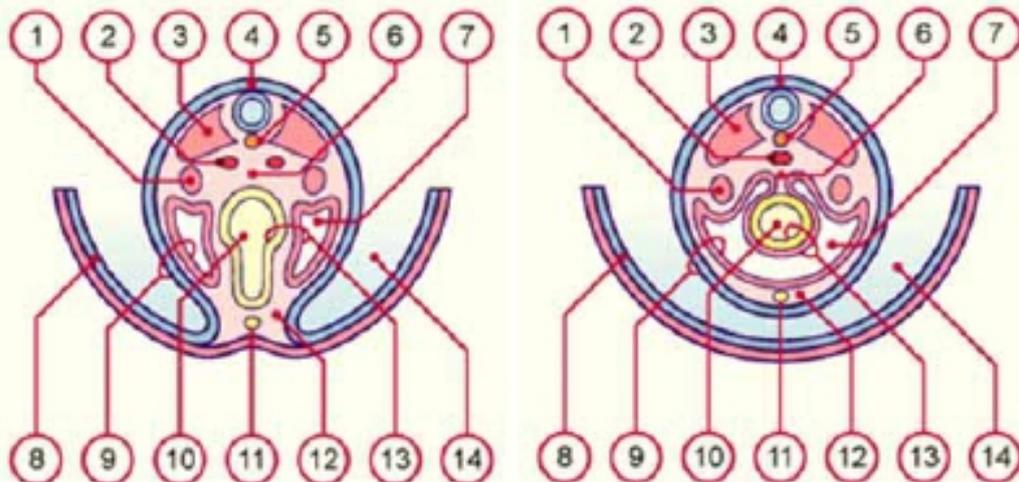
Au niveau caudal (sous ombilical)



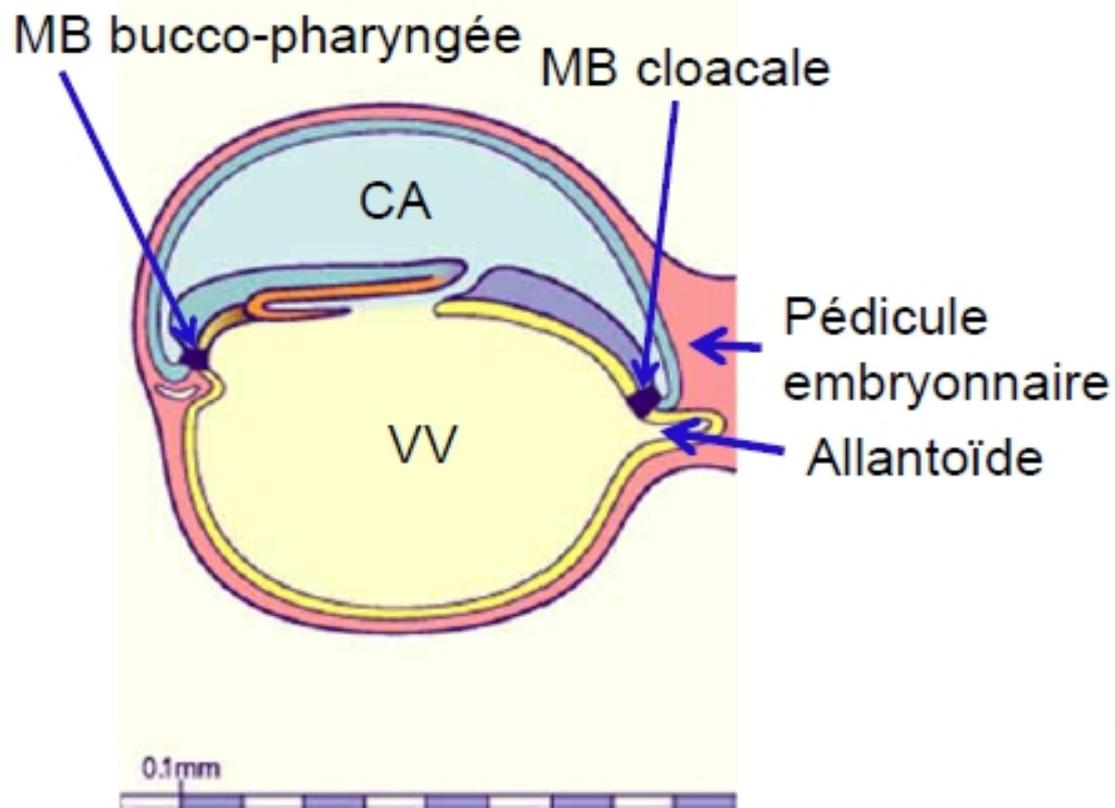
- Délimitation de la partie caudale de la cavité péritonéale
- Délimitation de l'intestin postérieur
- Formation du mésentère



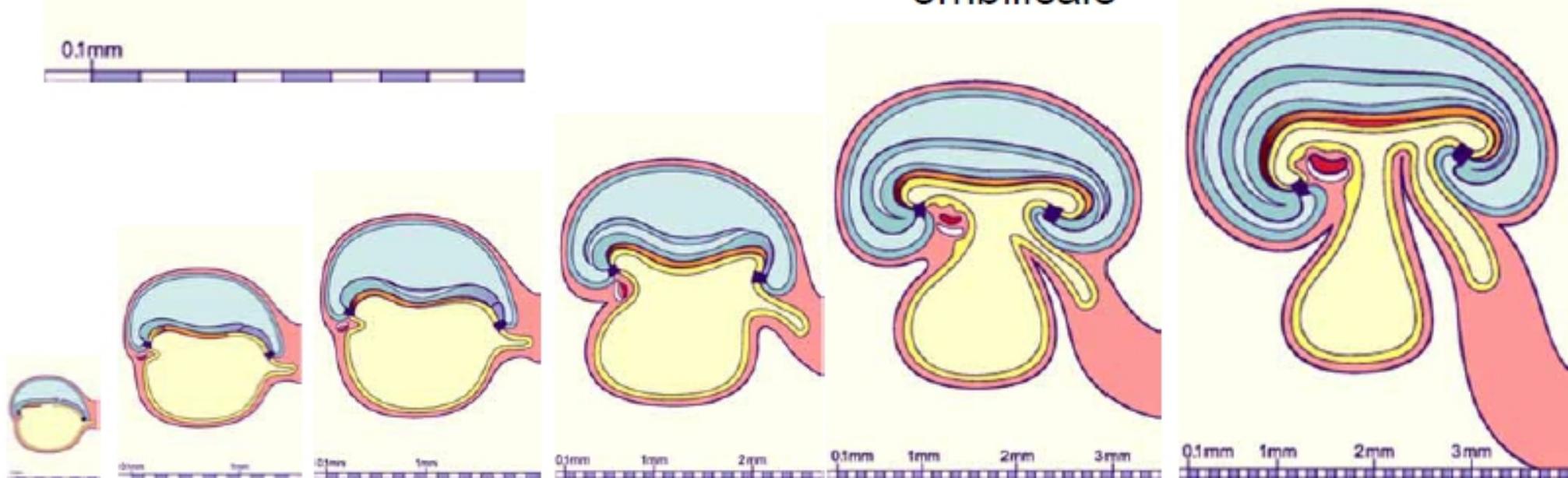
- 2- Aorte dorsale
- 3- Dermatomyotome
- 4- Ectoblaste
- 5- Chorde
- 6- Mésentère dorsal
- 7- Coelome intra embryonnaire
- 8- Amnios
- 9- Accolement ectoblaste-somatopleure intra embryonnaire
- 10- Tube digestif primitif
- 11- Extrémité de l'allantoïde
- 13- Accolement splanchnopleure intra embryonnaire –entoblaste
- 14- Cavité amniotique



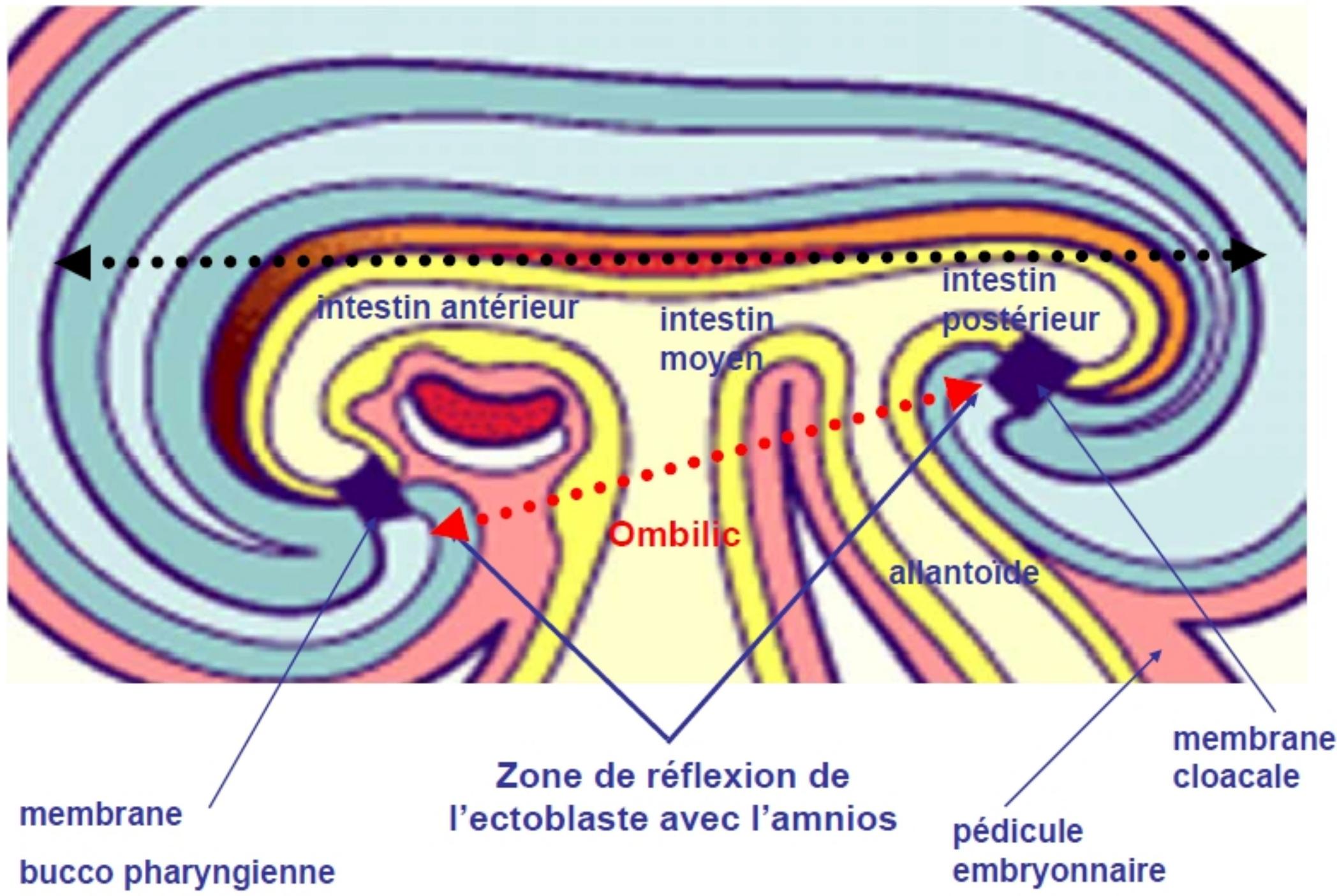
Dans le sens crânio-caudal (sagittal)



- Courbure sagittale crâniale et caudale
- Bascule et rapprochement de la membrane bucco-pharyngée et de la membrane cloacale
- Constriction de la zone d'émergence de la vésicule vitelline
- Délimitation sagittale de la zone ombilicale



Délimitation de la zone ombilicale



Formation des membres

Au cours de la formation, les membres supérieurs sont toujours en avance par rapport aux membres inférieurs. Ils suivent les mêmes étapes avec un décalage dans le temps.

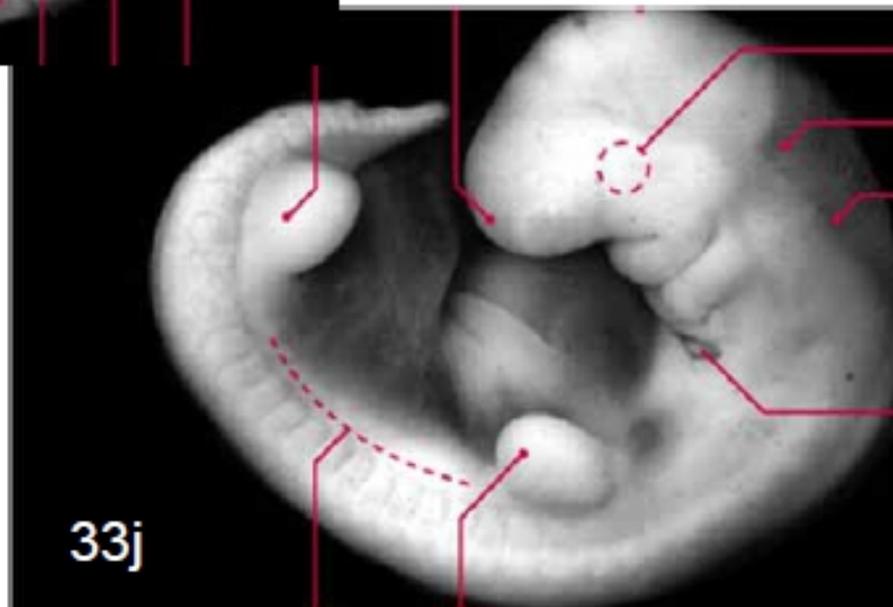
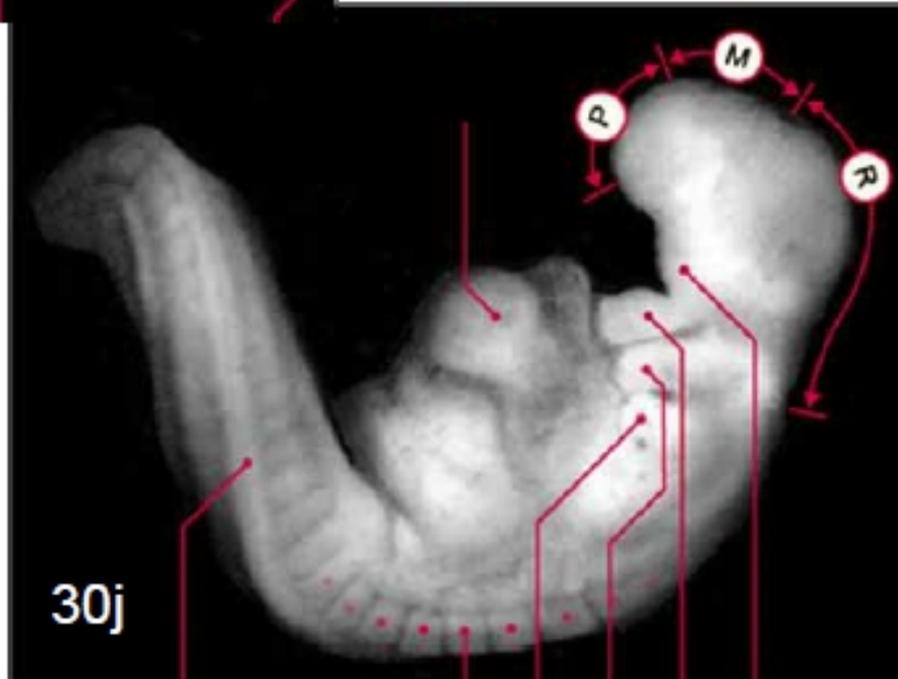
Latéralement, apparaît une crête de Wolff, un surélévement gauche et droit, et c'est au niveau des crêtes de Wolff qu'apparaissent les bourgeons de Wolff.

Il y a un premier bourgeon qu'on appelle le stade à 1 article. Le premier article va se subdiviser en deux, on aura un stade à 2 articles. Puis après une nouvelle subdivision, on aura un stade à 3 articles.

Le premier article va s'aplatir en formant une palette, dans cette palette vont apparaître les sillons qu'on trouve de part et d'autre de la palette. Ces sillons vont se creuser et individualiser les doigts. C'est par ce même processus que se constitueront les mains, l'avant bras et le bras, puis pour les bourgeons inférieurs le pied, la jambe et la cuisse.

Au niveau des membres supérieurs, il se produira une rotation de 90° vers l'arrière qui fait que l'articulation qui était latérale passe en position postérieure. Alors qu'au niveau des membres inférieurs la rotation est faite de 90° vers l'avant pour que le genou soit en avant

Récapitulatif de la délimitation embryonnaire



- Embryon plan → embryon à 3 dimensions
- Fermeture dorsale
- Fermeture ventrale
- Délimitation ombilicale

L'endoblaste

L'endoblaste donnera des épithéliums de tous les organes profonds. Ceux du tube digestif (sauf dans la région antérieure), des glandes digestives et des glandes annexes qui sont le foie, le pancréas et des autres glandes salivaires qui sont sous maxillaire ou sublingual.

L'endoblaste formera aussi la vessie, l'urètre (une partie seulement chez l'homme), l'épithélium des voies respiratoires avec des glandes annexes au niveau de la trachée, des bronches et du poumon.

Il y également formation chez la femme d'une partie de l'épithélium vaginal et enfin constitution de la thyroïde, parathyroïde et le thymus.

Chorde mésoblastique

La corde va ensuite régresser et ne persistera que sous la forme de reliquat. Le long de la corde, vont se condenser des cellules conjonctives qui proviennent des somites (la corde jouant un rôle inducteur). Il se formera les corps vertébraux. La corde ne persistera qu'au niveau des disques intervertébraux où elle donnera le nucleus pulposus (noyau pulpeux).

LE MESOBLASTE :

La plaque interne (para axial)

La plaque interne va se métamériser complètement pour donner naissance aux somites. Elle va se découper en petits segments d'abord attachés à la plaque intermédiaire, puis métamérisés complètement.

La métamérisation commence à la région intérieure avec la formation d'une première paire de somites, puis elle se poursuit en position caudale.

Lorsque les somites les plus antérieurs sont déjà bien métamérisés, ceux en région caudale sont encore accrochés à la plaque intermédiaire.

Il va se creuser 4 paires de somites occipitaux, 8 paires de somites cervicaux, 12 paires de thoracique, 5 paires lombaire, 5 paires de de somites sacrés et autour de 5 paires coccygiennes.

La plaque interne mésoblastique :

La plaque interne donne naissance aux somites qui vont se creuser d'une cavité, le myocèle qui délimitera une partie périphérique, le dermatomyotôme et une partie profonde, le sclérotome.

- Le sclérotome va se dissocier, et les cellules du sclérotome migrent en profondeur au niveau de la corde pour donner **des vertèbres**.

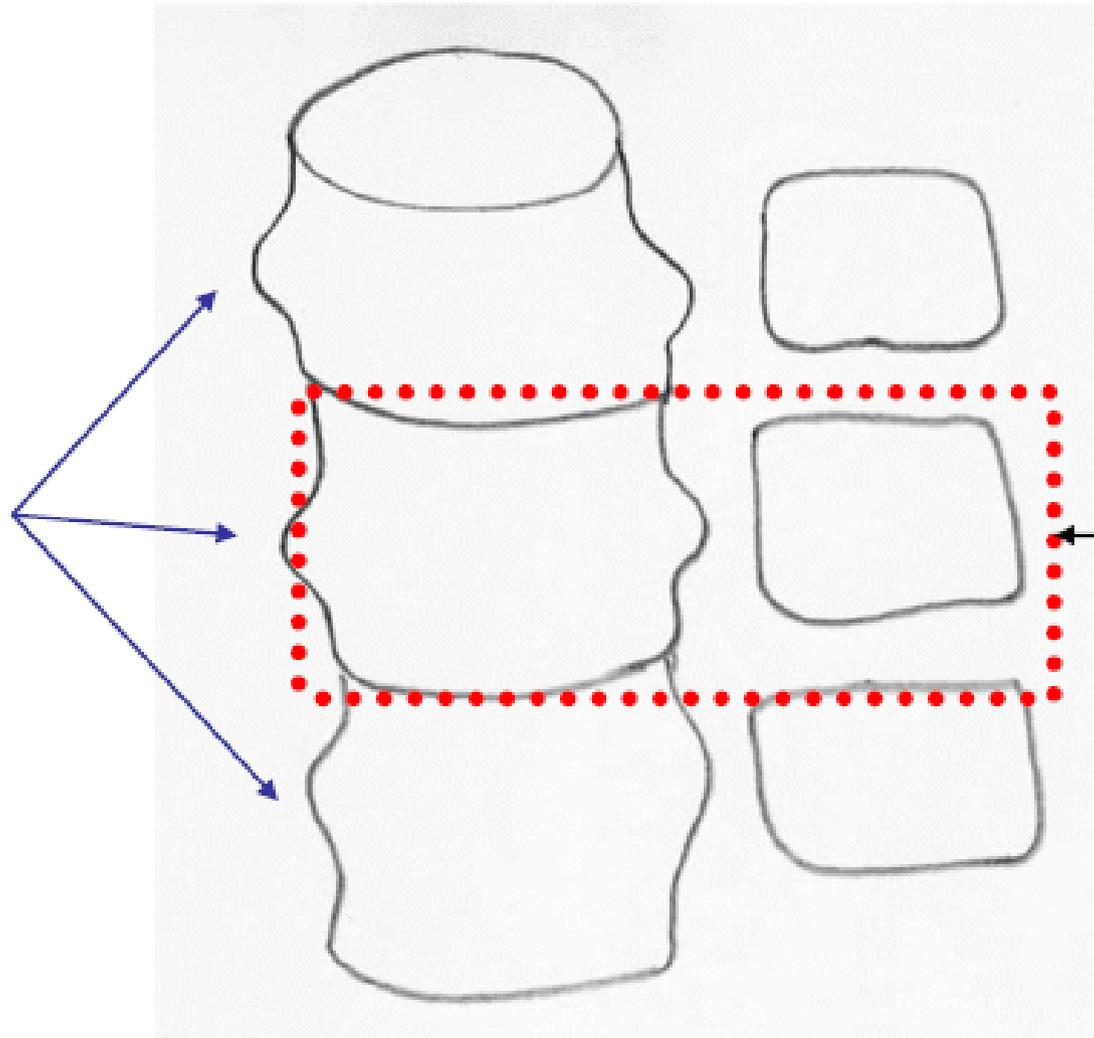
Mais elle donneront également du tissu conjonctif profond et aussi les côtes.

- Le dermatomyotôme va présenter une zone de prolifération en profondeur et ne restera que le dermatome en surface, les cellules du dermatome vont également se dissocier pour migrer en surface sous l'ectoderme et donneront le tissu conjonctif directement situé sous l'épiderme, c'est-à-dire le derme.

**Tube neural
médullaire**

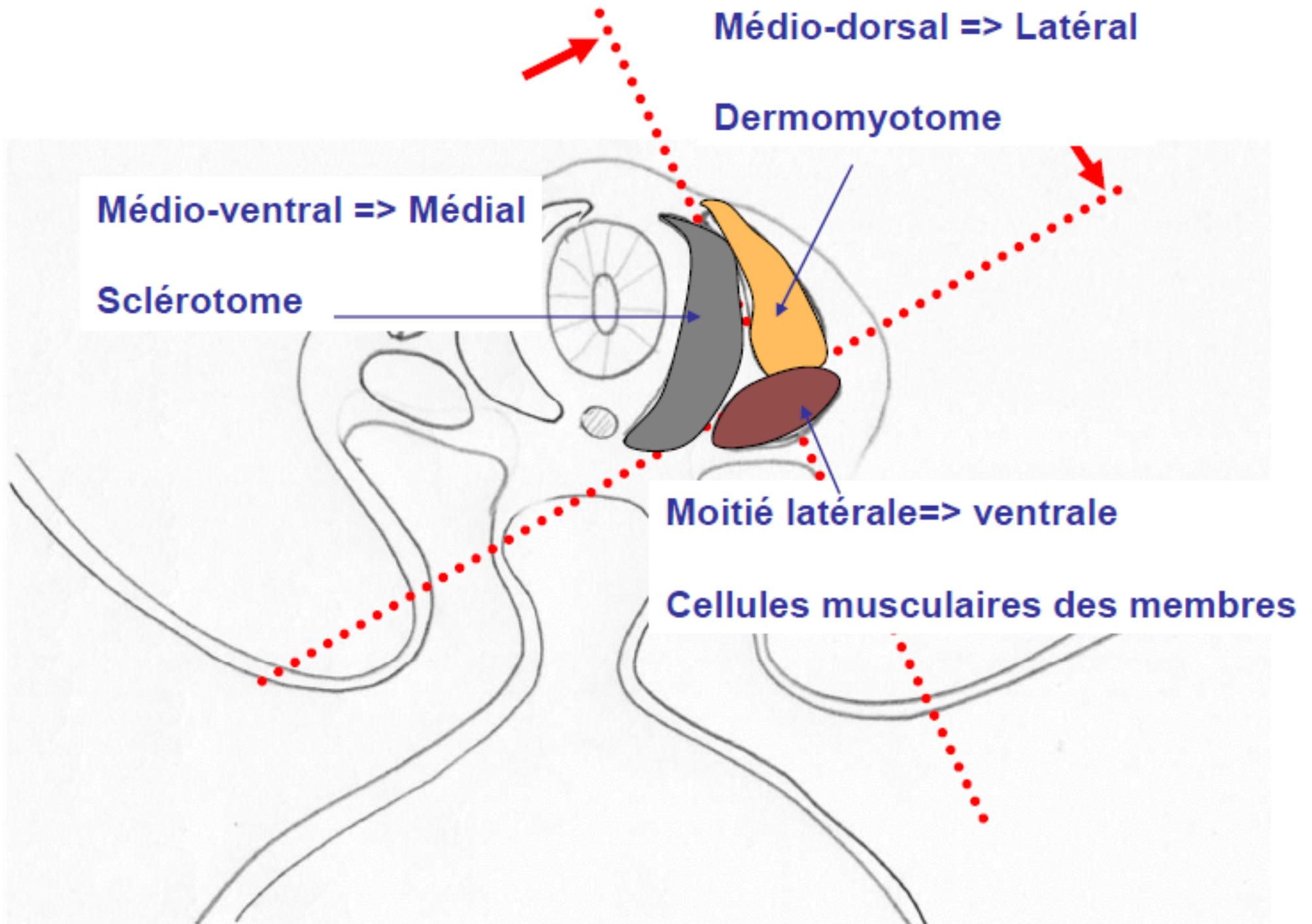
Somites

**Emergence des
Nerfs spinaux**



Métamère

Définition d'un métamère



Devenir des somites

Topographie segmentaire des métamères

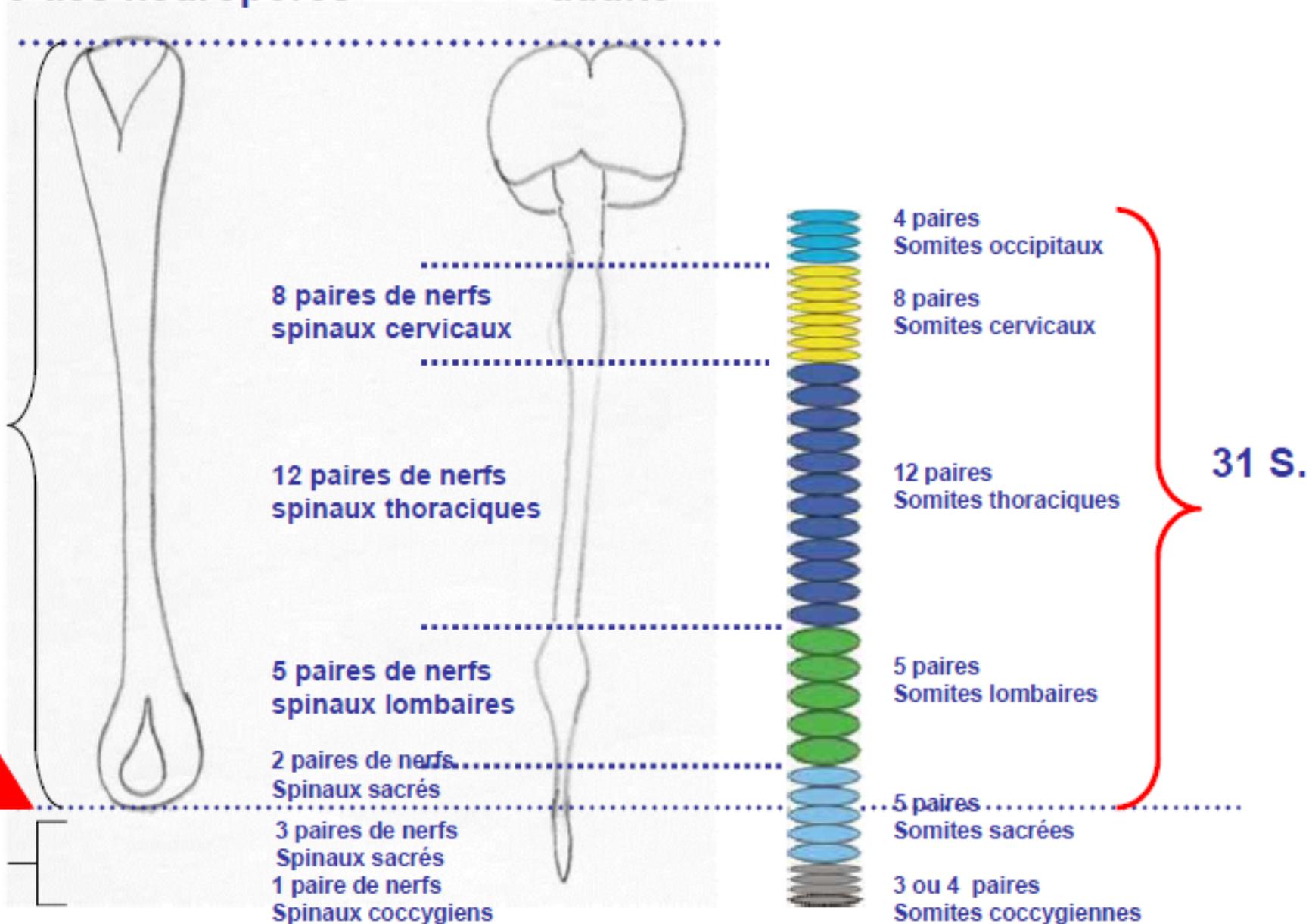
Tube neural embryonnaire avant fermeture des neuropores

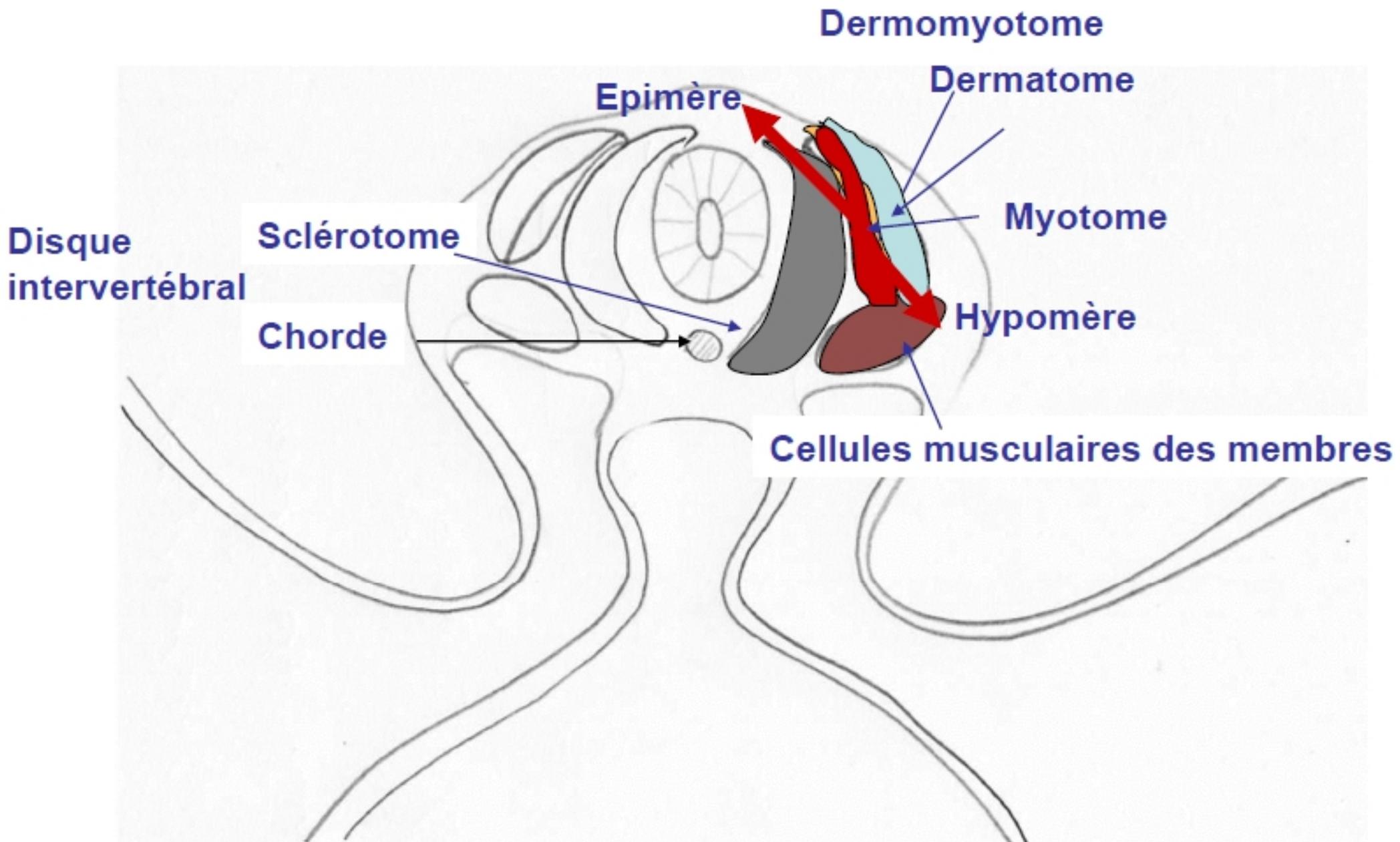
Tube neural adulte

Somites embryons

Neurulation primaire

Neurulation secondaire





Plaque intermédiaire.

La plaque intermédiaire va se métamériser pour donner **des néphrotomes dans la partie antérieure.** la métamérisation commence dans l'extrémité céphalique. Ils sont de tailles plus petites et reste toujours adhérent à la plaque neurale.

Cette plaque intermédiaire donnera les trois reins embryonnaires, **le pronéphros, le mésonéphros et le métanéphros.** Ces reins se succèdent dans l'espace et le temps.

Le pronéphros se forme dans la partie céphalique et il régresse rapidement et disparaît.

Apparaît ensuite le **mésonéphros** qui va rester longtemps puis régresser et disparaître **mais laissera des zones qui participeront à la formation des gonades.**

Le métanéphros donnera les reins définitifs.

Le mésoblaste donnera également la somatopleure et la splanchnopleure extra embryonnaire.

Plaque latérale

La plaque latérale ne se métamérise pas, elle se creuse d'une cavité, c'est le coelome embryonnaire qui va cliver la plaque latérale en un feuillet superficiel ou somatopleure, au contact de l'ectoderme et un feuillet profond ou splanchnopleure au contact de l'endoblaste.

Le tube digestif s'est déjà constitué et on trouve un tube digestif tout le long de l'embryon.

Nb : La neurulation et la gastrulation sont deux périodes qui se chevauchent partiellement chez l'humain. Lorsque la neurulation se produit dans la région antérieure, la gastrulation n'est pas encore terminée dans la région caudale.

Plaque latérale

Les plaques latérales sont subdivisées en splanchnopleure et somatopleure par le coelome.

La splanchnopleure

La splanchnopleure donnera naissance à la corticosurrénale. Elle donnera naissance également au feuillet profond du péritoine, du péricarde et de la plèvre. La splanchnopleure donne la paroi de tous les organes profonds. La paroi musculaire lisse et les éléments conjonctivo-vasculaires sont issus du splanchnopleure.

Même chose au niveau du poumon ou la paroi de la trachée, muscle lisse, éléments conjonctivo-vasculaires et éléments cartilagineux sont issus de la splanchnopleure.

Elle recouvre également les gonades et donne l'épithélium germinale externe au niveau des gonades, on a donc plusieurs origines.

L'épithélium germinatif donnera naissance à des crêtes où se trouvent les cellules germinales. Ultérieurement, au niveau du testicule, les gonocytes donnent des spermatogonies et les cellules des crêtes donneront les cellules de Sertoli. Le tissu conjonctivo-vasculaire plus les cellules de Leydig proviennent des éléments mésonephrotiques.

Chez la femme les gonocytes donneront les ovogonies puis les ovocytes, les éléments des crêtes vont donner les cellules folliculaires et le reste du mésonephros donnera les éléments conjonctivo vasculaires plus le stroma ovarien.

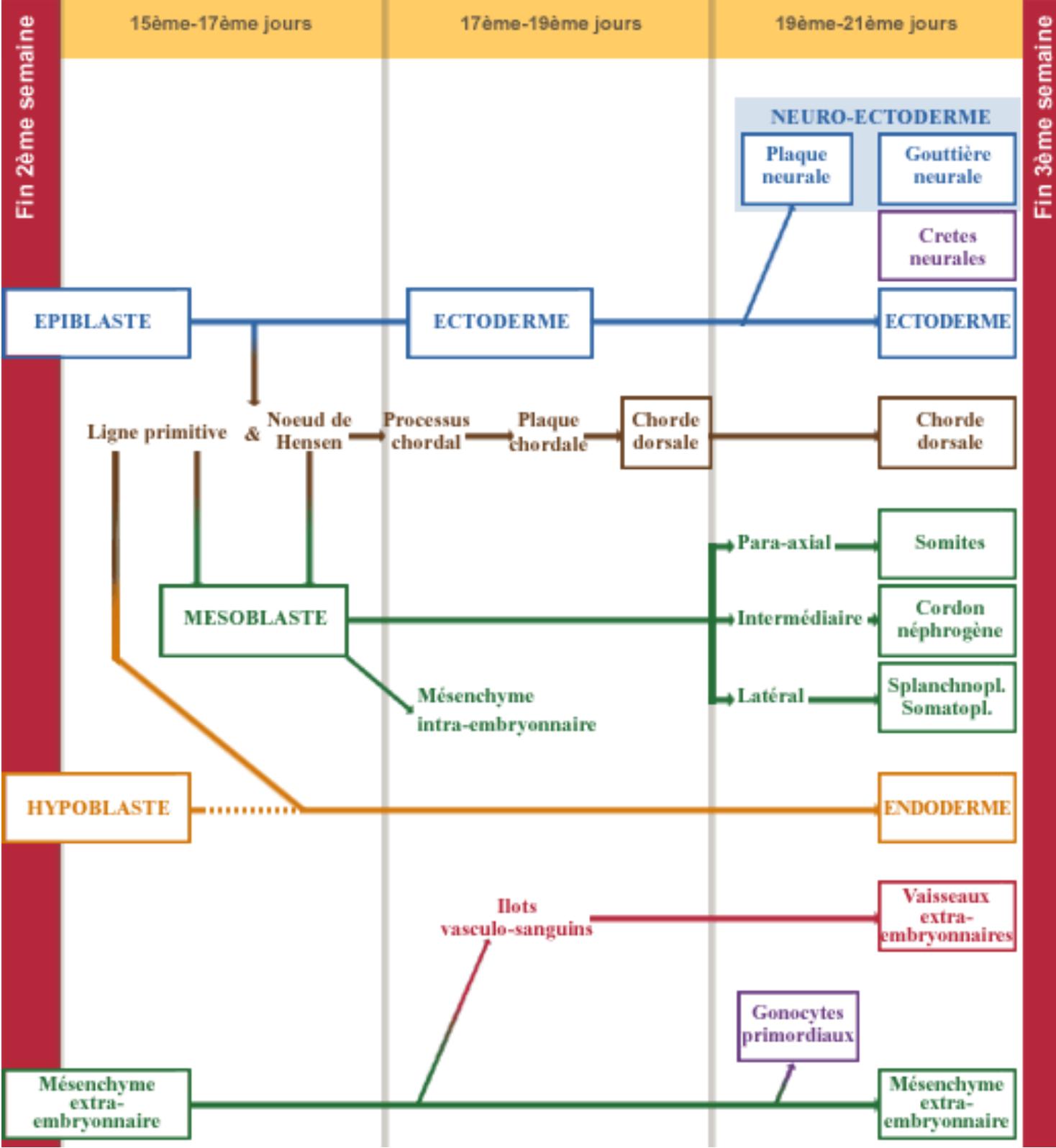
La somatopleure

La somatopleure donnera les feuillets pariétaux, du péritoine de la cavité péricardique et pleurale

Les Dérivés extra embryonnaire

Ces trois feuillets donneront aussi des expansions au niveau des annexes :

- L'ectoblaste donnera naissance à l'amnios.
- L'endoblaste donnera la vésicule vitelline et l'allantoïde.
- Le mésoblaste donnera la somatopleure et la splanchnopleure extra embryonnaire.



Devenir des feuilletts embryonnaires au cours de la troisième semaine de développement

Récapitulatif des lignages cellulaires

