

# LA 4<sup>ème</sup> SEMAINE DE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE



Dr Mehdi Benchaib

[UE5]

En collaboration avec : Dr S. Giscard d'Estaing

# PLAN

## Généralité

### A- DELIMITATION DU CORPS DE L'EMBRYON

- 1- Plicatures céphaliques et caudales
- 2- Formation de la paroi ventrale
- 3- Aspect extérieur de l'embryon branchial et caudé à la fin du 1<sup>er</sup> mois
- 4- Anomalies de la délimitation

### B- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE PARA-AXIAL

- 1- Segmentation du mésoblaste para-axial
- 2- Evolution des somites
- 3- Sclerotome : Formation du squelette axial
- 4- Devenir du myotome
- 5- Devenir du dermatome
- 6- Gènes impliqués dans la différenciations des somites

# PLAN

## C- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE INTERMEDIAIRE

- 1- Segmentation du mésoblaste intermédiaire
- 2- Evolution du mésonéphros
- 3- Formation du corps de Wolff

## D- EVOLUTION DU MESOBLASTE LATERAL

- 1- Splanchnopleure et Somatopleure
- 2- Mise en place des cavités

## E- EVOLUTION DE L'ENTOBLASTE

- 1- Intestin primitif
- 2- Les arcs branchiaux
- 3- Devenir de l'intestin primitif antérieur
- 4- Devenir de l'intestin primitif moyen et postérieur
- 5- Devenir des arcs branchiaux
- 6- Le plancher méso-branchial



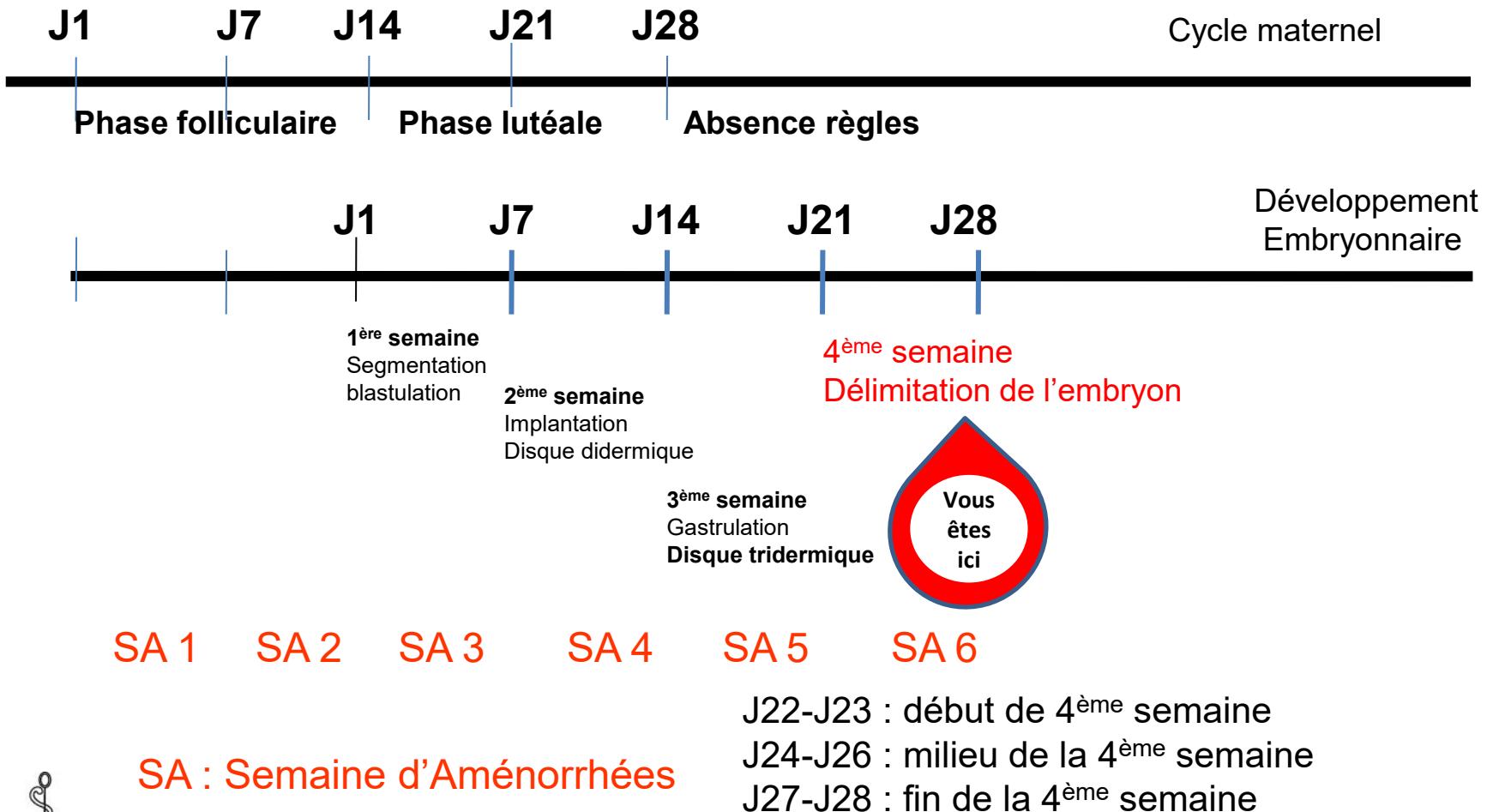
# PLAN

---

## F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

- 1- Neurulation primaire & fermeture du tube neurale
- 2- Courbures et vésicules
- 3- Neurulation secondaire
- 4- Migration des cellules des crêtes neurales
- 5- Devenir des cellules crêtes neurales
- 6- Détermination de l'axe dorso-ventral du tube neural
- 7- Récapitulatif de la mise en place du système nerveux
- 8- Anomalies du tube neural : les dysraphies

# Généralités (1)



# Généralités (2)

La délimitation du corps de l'embryon permet l'internalisation des feuillets embryonnaires ventraux.

# A- DELIMITATION DU CORPS DE L'EMBRYON

## 1- Plicatures céphaliques et caudales

- **Allongement active +++** du tube neural
- Extension passive de la cavité amniotique
- Réduction du cœlome externe jusqu'à sa disparition,
- bascule à 180° des membranes pharyngiennes (MP) et cloacales (MC) (axes virtuels)

La croissance des structures encéphaliques primitives, dans la région crâniale, amène en position ventrale la **membrane pharyngienne** (= oro-pharyngienne) et l'incorporation :

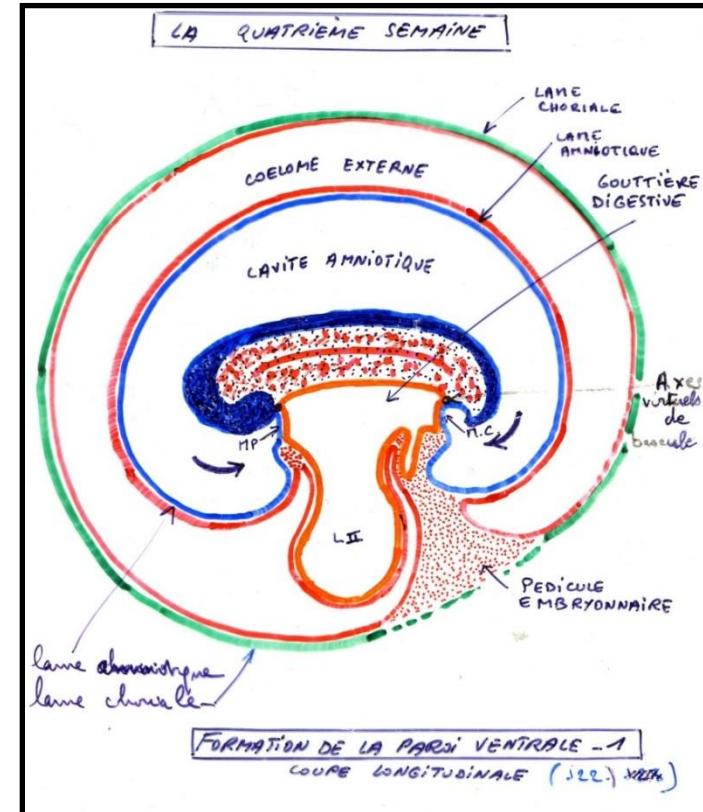
- de **l'ébauche cardiaque extra-embryonnaire**.

Avec les plicatures caudales & céphalique :

- une partie du toit du lécithocèle formera **l'intestin primitif**.

Avec la plicature caudale :

- le **diverticule allantoïdien** est partiellement incorporé à l'embryon.



Coupe sagittale : J22

# A- DELIMITATION DU CORPS DE L'EMBRYON

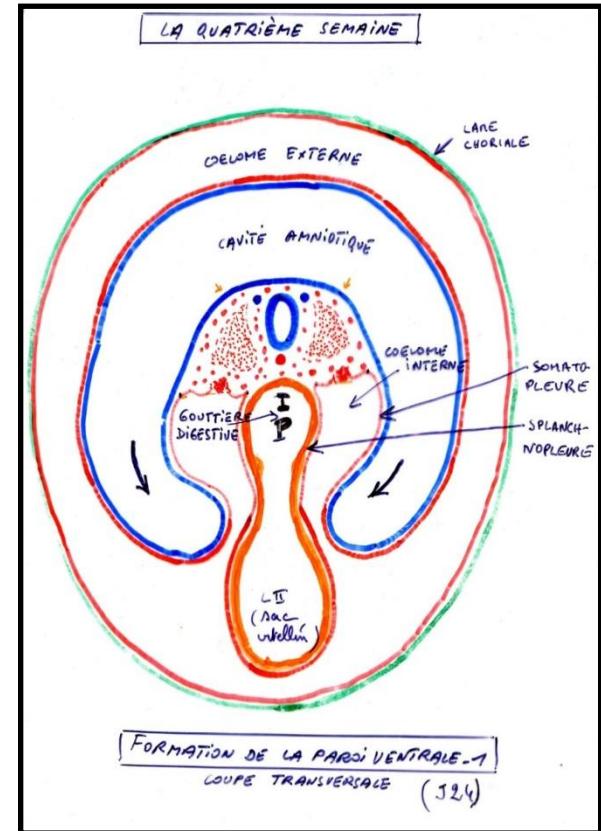
## 2- Formation de la paroi ventrale

### - Extension passive de la cavité amniotique

→ enroulement de l'embryon (disque) autour du lécithocèle II (LII) : **2 plicatures transversales**.

→ étranglement du lécithocèle II, formation du **sac vitellin** (extra embryonnaire) et de **l'intestin primitif moyen** (intra embryonnaire).

La paroi ventrale reste ouverte sur le sac vitellin et le pédicule embryonnaire : l'ensemble forme **le cordon ombilical**.



Coupe transversale : J24

# A- DELIMITATION DU CORPS DE L'EMBRYON

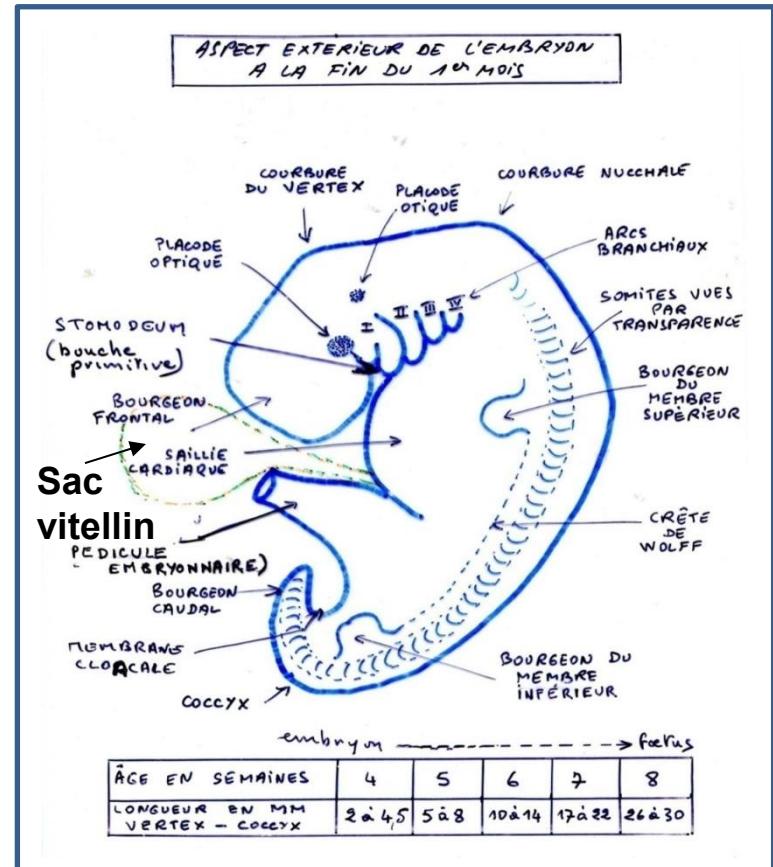
## 3- Aspect extérieur de l'embryon branchial et caudé à la fin du 1<sup>er</sup> mois

**Branchial** : car possède 4 arcs branchiaux

**Caudé** : car possède un bourgeon caudal suite à la délimitation caudale.



Embryon (fin 4<sup>ème</sup> semaine)

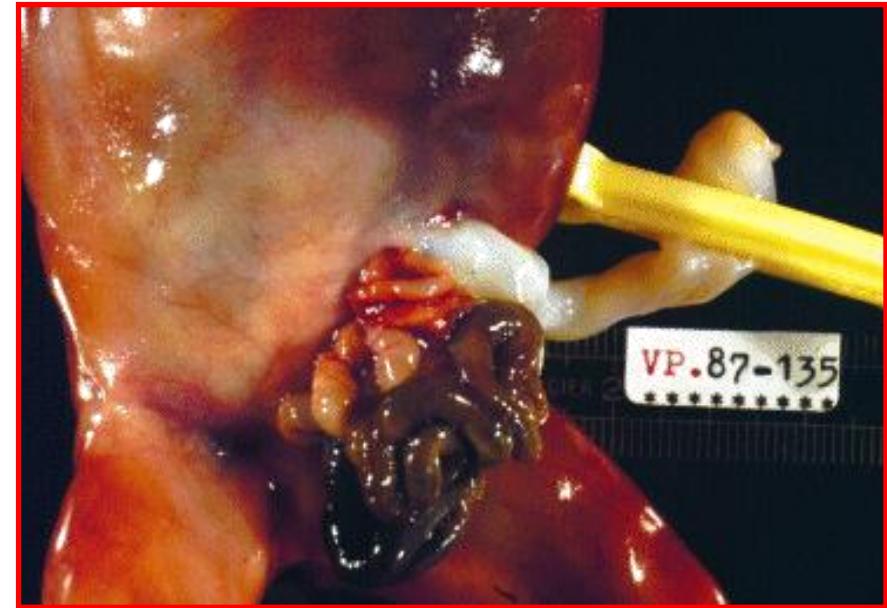


# A- DELIMITATION DU CORPS DE L'EMBRYON

## 4- Anomalies de la délimitation



**Omphalocèle** : sac herniaire recouvert par l'épithélium amniotique du cordon ombilical



**Laparoschisis** : les anses intestinales sont libres dans la cavité amniotique.

# B- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE PARA-AXIAL

## 1- Segmentation du mésoblaste para-axial

**Chorde**: ne se segmente pas mais se fragmente

→ reliquats embryonnaires : ***nucleus pulposus***

### Mésoblaste para-axial :

segmentation totale en somites, début **J19** : 1<sup>ère</sup> paire de somites (pds) définitives

J24 : 20 pds

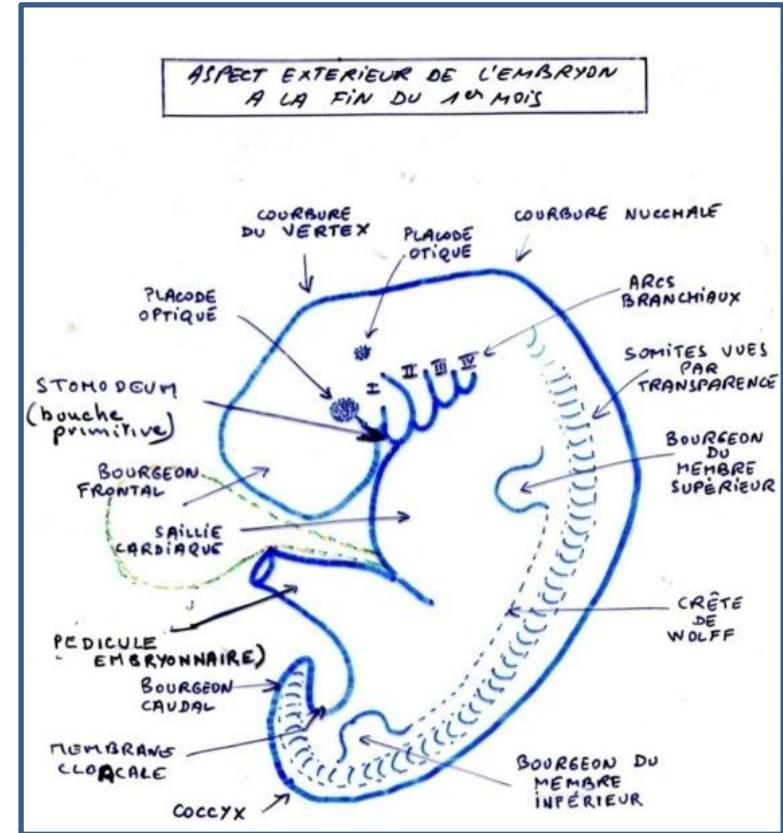
J28 : 25 pds

J30 : 30 pds

fin 5<sup>ème</sup> semaine : 42 - 44 pds ==> **37 pds définitives**

### Situation :

- 5 pds occipitales,
- 7 pds cervicales,
- 12 pds thoraciques,
- 5 pds lombaires,
- 5 pds sacrées,
- 8-10 pds coccyggiennes ==> 3 pds définitives, en fait elles fusionnent

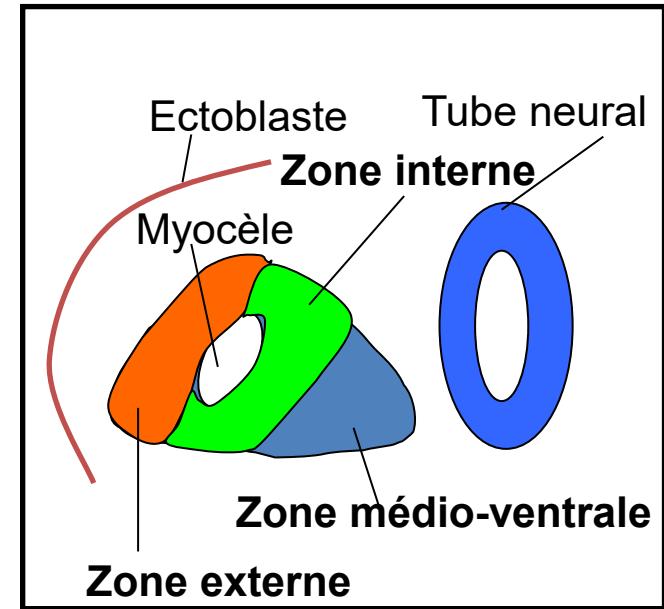
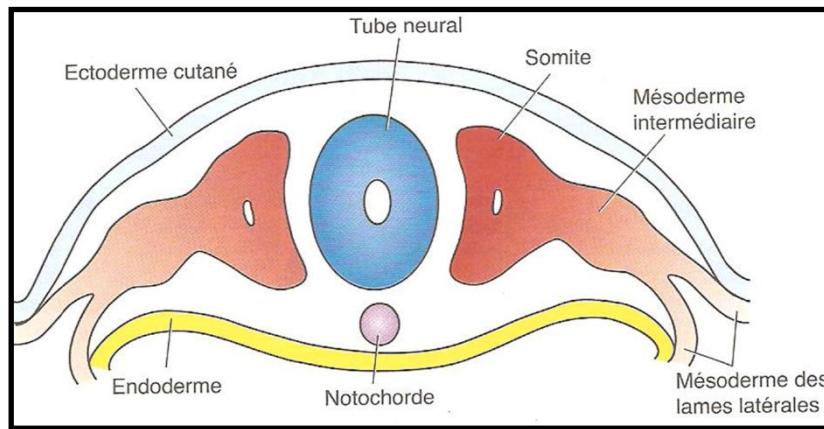


## B- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE PARA-AXIAL

### 2- Evolution des somites

**EVOLUTION DES SOMITES** : Fin du premier mois **30 paires de somites**.

La segmentation se termine à la 5<sup>ème</sup> semaine du développement embryonnaire.



Dès la 4<sup>ème</sup> semaine, les 1<sup>ers</sup> somites formés se creusent d'une cavité : le **myocèle**

Structure d'un somite

→ 3 zones :

- Zone externe (sous ectoblastique) = **dermatome** : derme cutané
- Zone interne = **myotome** : musculature strié
- Cellules de la région médio-ventrale = **sclérotome** : squelette

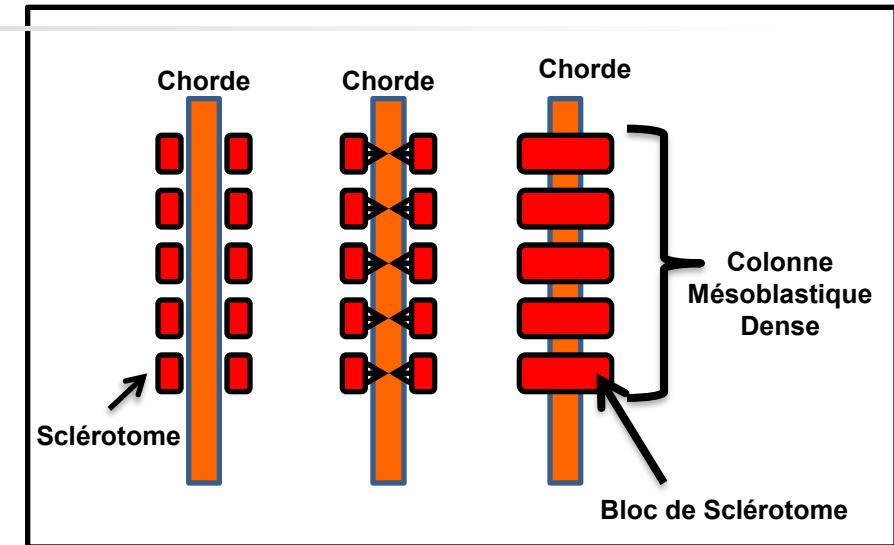
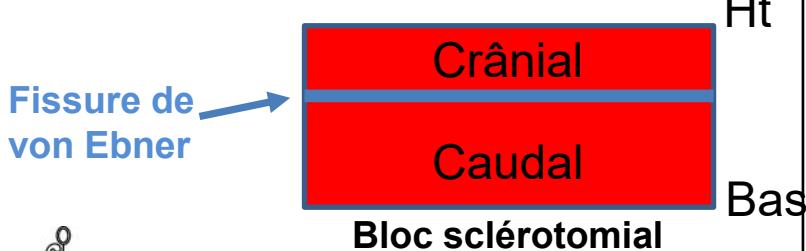
## B- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE PARA-AXIAL

- 4<sup>ème</sup> semaine : migration des cellules du sclerotome vers la **chorde dorsale**, mise en place d'une **colonne mésoblastique dense** : blocs de sclerotome (un par métamère) séparés par une **zone mésenchymateuse** moins dense : provienne de la partie crâniale du bloc sclerotomial (= bloc de sclerotome) situé en dessous.

### Resegmentation du bloc de sclerotome

3 régions au niveau du bloc de sclerotome

- **régin crâniale** ; 1/3 supérieur, densité cellulaire élevée
- 1 bande : **fissure de von Ebner** > densité cellulaire faible
- **régin caudale** : densité cellulaire élevée



Migration des cellules du sclerotome autours de la chorde.

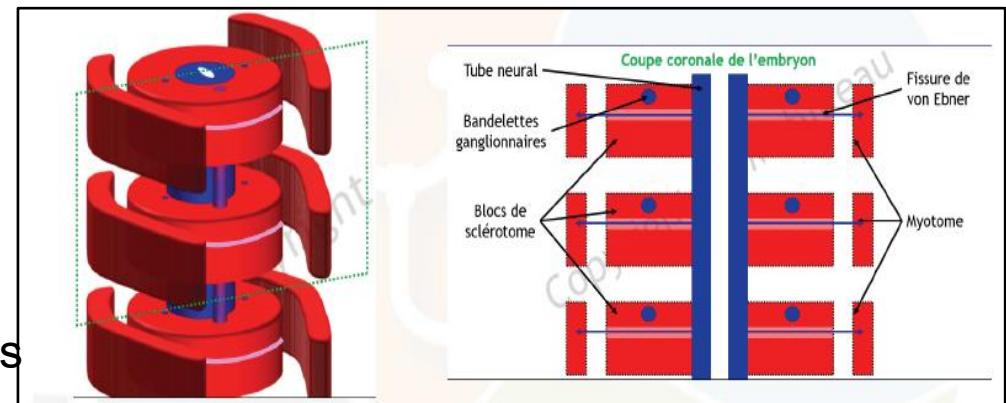


Illustration issue du cours de Mr Malibreau (Anger)

## B- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE PARA-AXIAL

La partie caudale de chaque bloc sclerotomial s'accole à la partie crâniale du bloc sclerotomial sous-jacent : **corps vertébral pré-cartilagineux**.

La chorde régresse sauf dans la zone de jonction entre 2 vertèbres.

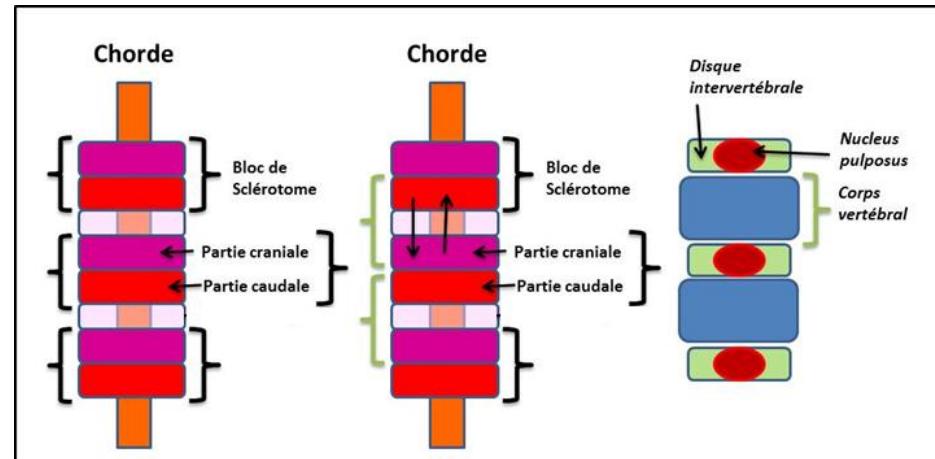
Constitution du **disque intervertébral** : **cellules issues partie caudale de l'hemibloc cranial + reliquat chorde**

Le reliquat de la chorde = le **nucleus pulposus**.

Le corps vertébral se transforme en cartilage.

Le reste des cellules sclerotomiales migre autour du tube neural pour former les ébauches **des arcs des vertèbres** et latéralement les **processus costaux**.

**Des racines nerveuses** vont émerger entre les blocs vertébraux.



Coupes frontales montrant la constitution des corps vertébraux à partir de 2 blocs sclerotomiaux.

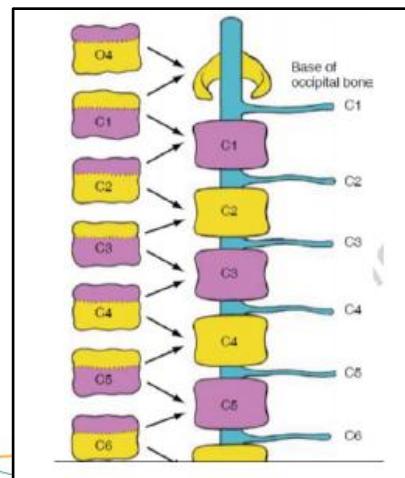


Illustration issue du cours de Mr Malibreau (Anger)

## B- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE PARA-AXIAL

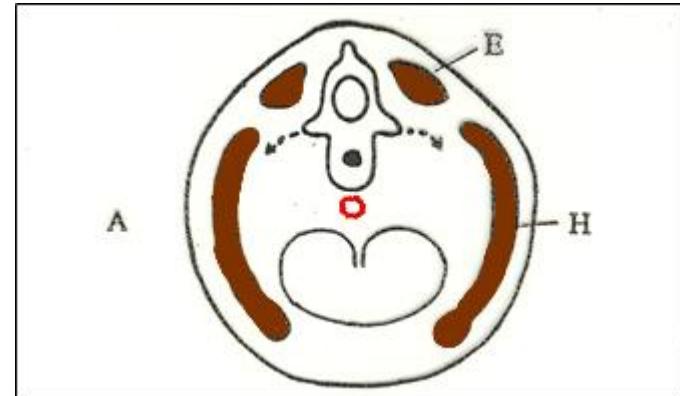
### 4- Devenir du myotome

La paroi thoraco-abdominale se constitue à partir de la 5<sup>ème</sup> semaine suite au développement important du **myotome**.

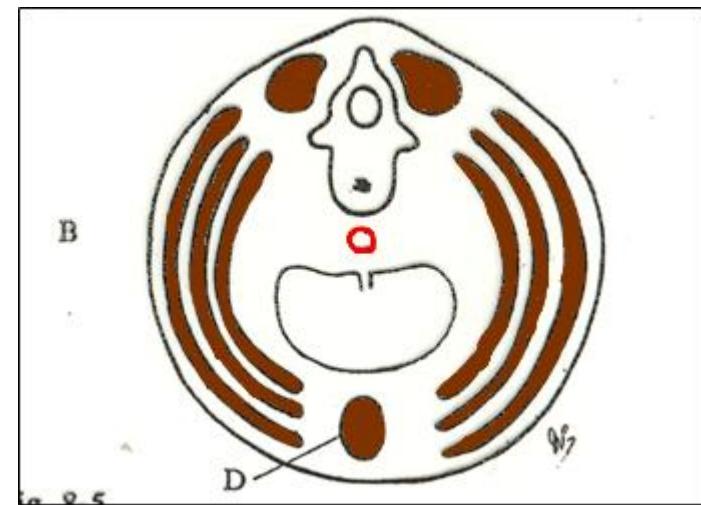
Au niveau de chaque métamère, le myotome s'étire dans le sens dorso-ventral et donne deux contingents de **myoblastes** :

- **un contingent dorsal** : l'**épimère** en arrière des corps vertébraux à l'origine **des muscles extenseurs du rachis**.

- **un contingent ventral** : l'**hypomère** qui s'étale dans toute la paroi ventrale et se dispose en 3 couches concentriques. Il sera à l'origine des **muscles intercostaux** et des **muscles de la paroi abdominale**.



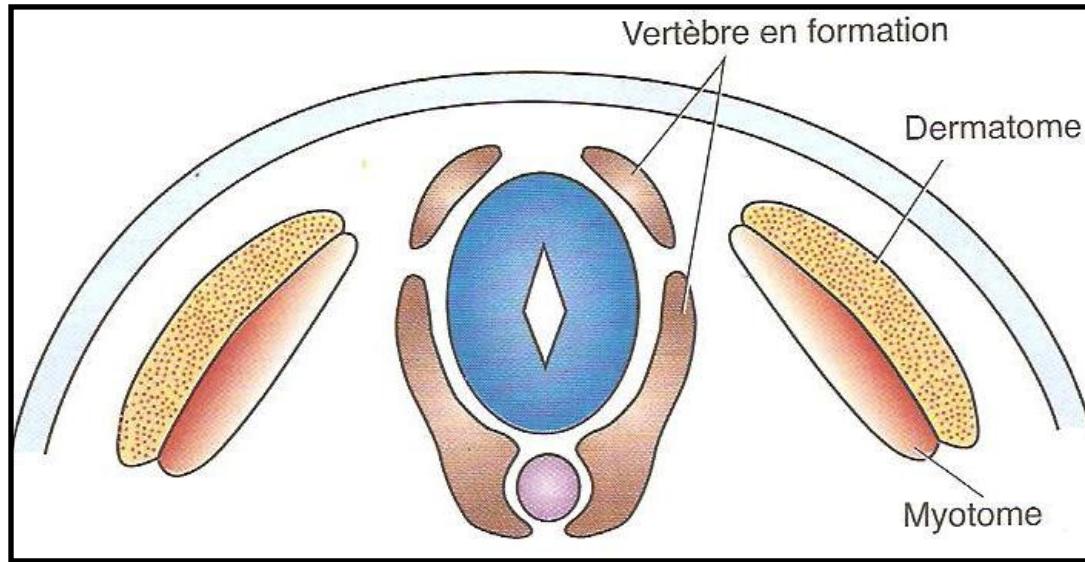
**Figure A** : mise en place de l'hypomère (H) et de l'épimère (E).



**Figure B** : évolution de l'hypomère à l'étage abdominal : disposition concentrique des nappes musculaires et individualisation du grand droit (D).

## B- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE PARA-AXIAL

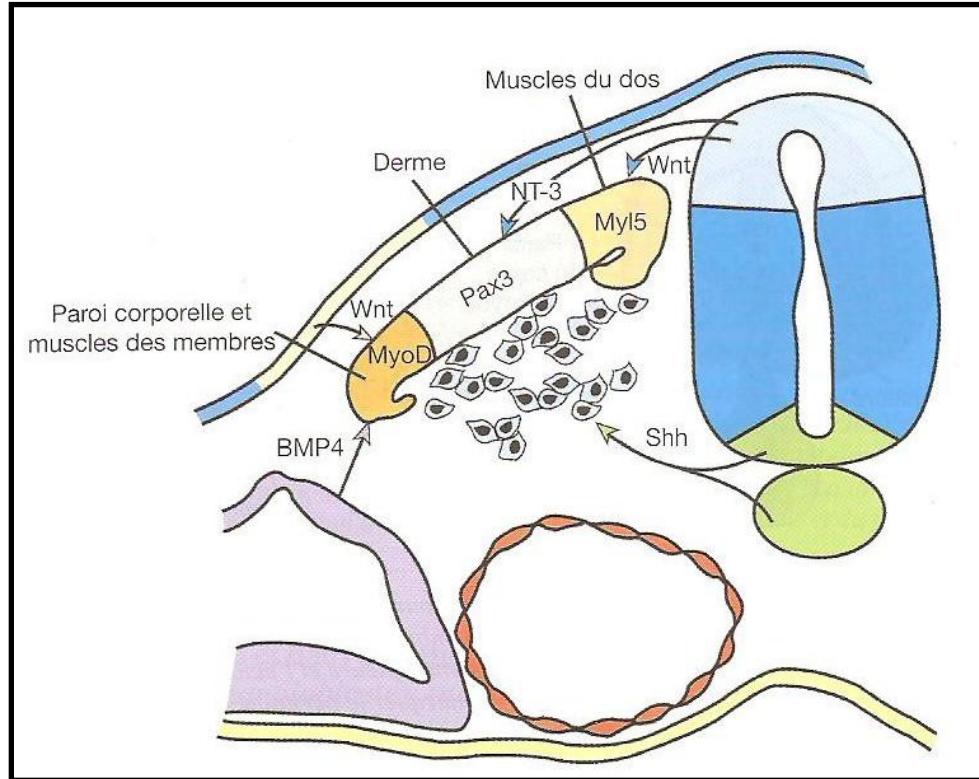
### 5- Devenir du dermatome



Le dermatome formera le derme et le tissu cellulaire sous-cutané du segment métamérique correspondant.

## B- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE PARA-AXIAL

### 6- Gènes impliqués dans la différenciations des somites



Un exemple : la **protéine Sonic hedgehog (Shh)** secrétée par la notochorde et le plancher du tube neural participe à la formation du sclérotome.

Il existe une polarité ventro-dorsale qui est déterminée par Shh.

# C- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE INTERMEDIAIRE

## 1- Segmentation du mésoblaste intermédiaire

Mésoblaste intermédiaire > segmentation incomplète :  
pronéphros & mésonéphros.

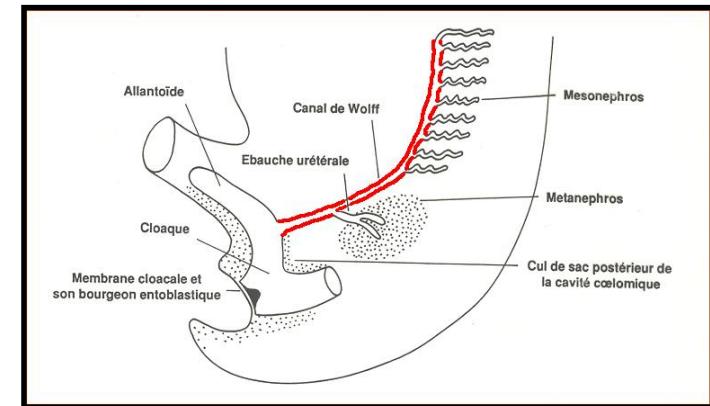
La portion caudale, le **métanéphros** ne se segmente pas.

1) **Pronéphros** : J23 ==> entièrement régressé à J28  
est à l'origine du canal de WOLFF

2) **Mésonéphros** : J24 ==> environ 30 paires de  
tubules mésonéphrotiques à J28.

==> régression, il y a encore 20 paires de  
tubules mésonéphrotiques à J35 (région L1-L4)  
+ canal de Wolff : débouche dans l'allantoïde

3) **Métanéphros** : → *blastème métanéphrogène* : futur rein.



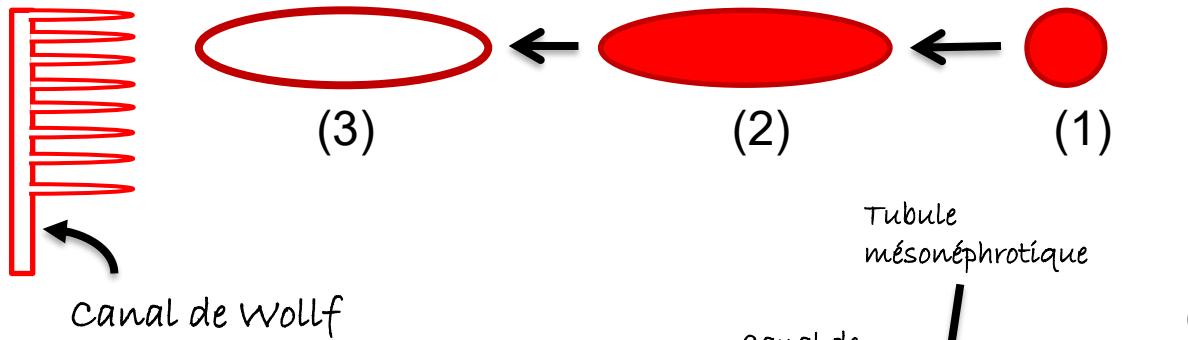
Source : Biologie de la reproduction humaine, édition Sauramps Médical, 1993

# C- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE INTERMEDIAIRE

## 2- Evolution du mésonéphros

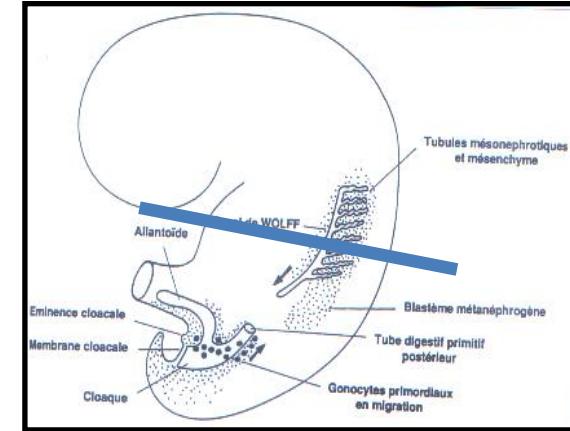
**Le mésonéphros se segmente en néphrotomes.**

- **Néphrotomes** (1) s'allongent (2), puis se creusent d'une cavité (3) : **tubules mésonéphrotiques**.

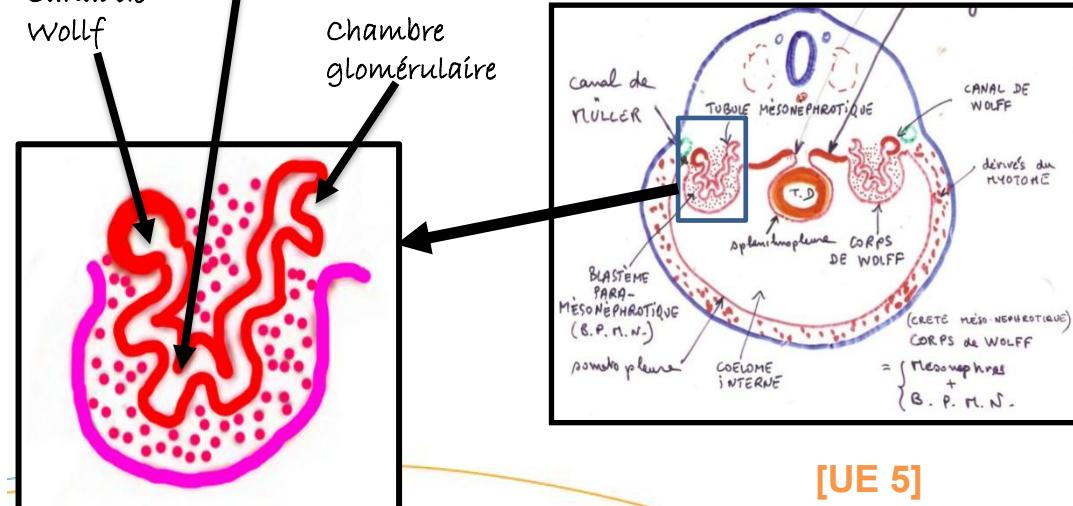


- Extrémité proximale de ces tubules s'abouchent au **canal de Wolff** (appelé aussi **canal mésonéphrotique**.)
- Extrémité distale s'enfle et s'organise en **chambre glomérulaire** (non fonctionnelle) autour d'un **peloton vasculaire**.

Source : Biologie de la reproduction humaine, édition Sauramps Médical, 1993



Coupe transversale vers J28



# C- LA SEGMENTATION DU MESOBLASTE INTERMEDIAIRE

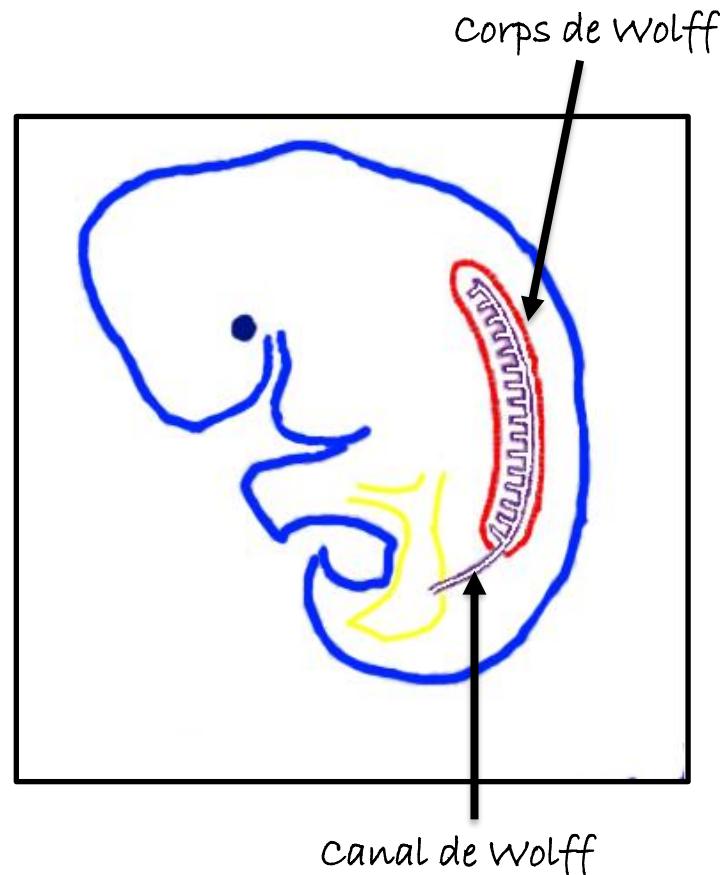
## 3- Formation du corps de Wolff

**Le corps de Wolff**, est constitué par :

- les tubules mésonéphrotiques, le canal de Wolff, du tissus mésoblastiques. Il est enveloppé par l'**épithélium cœlomique**, il fait saillie dans la cavité cœlomique, il est maintenu par **des replis de l'épithélium cœlomique** :

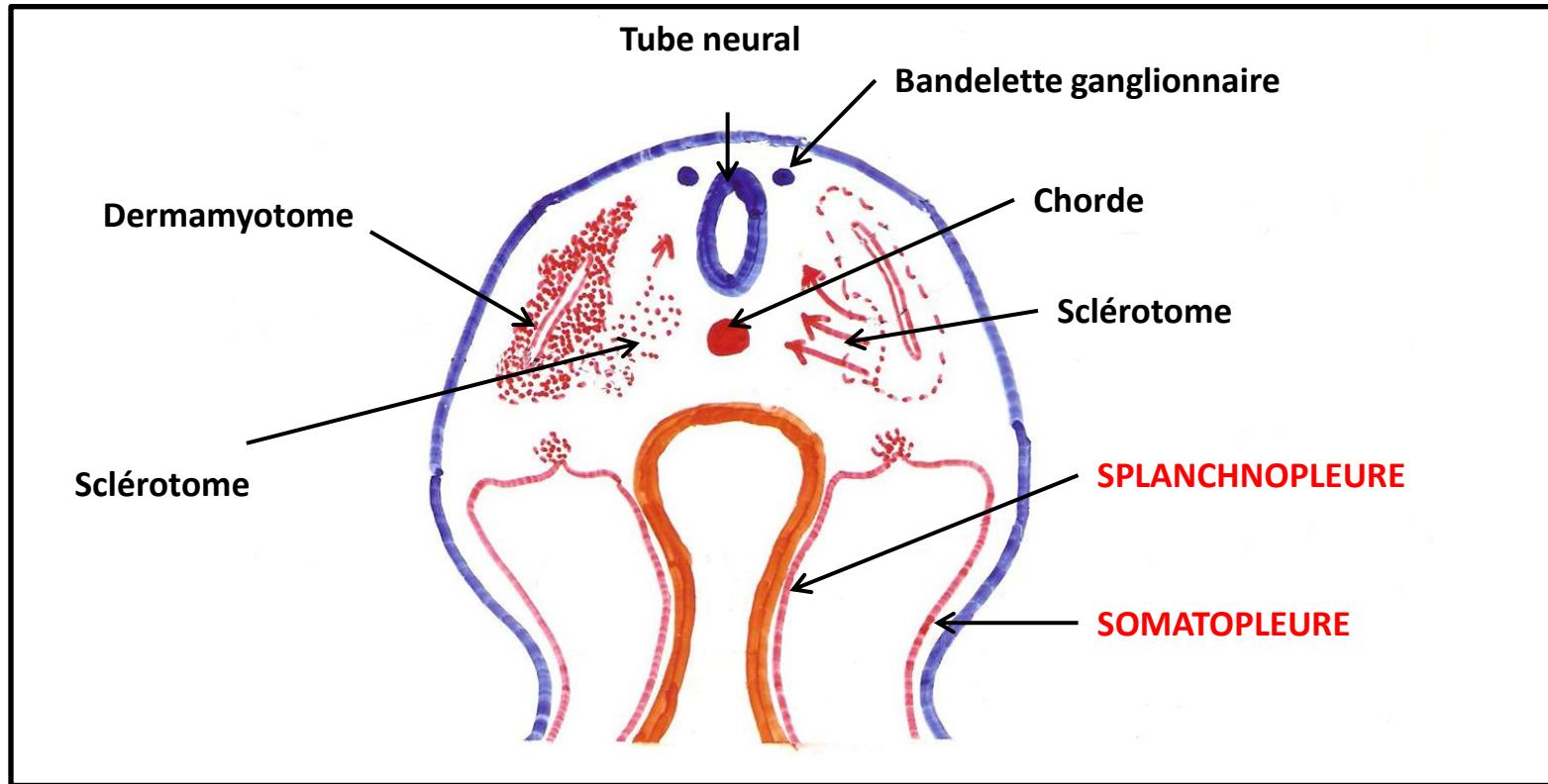
- futur **ligament diaphragmatique** (en haut)

- futur **ligament inguinal** ou **gubernaculum** (en bas).



# D- EVOLUTION DU MESOBLASTE LATERAL

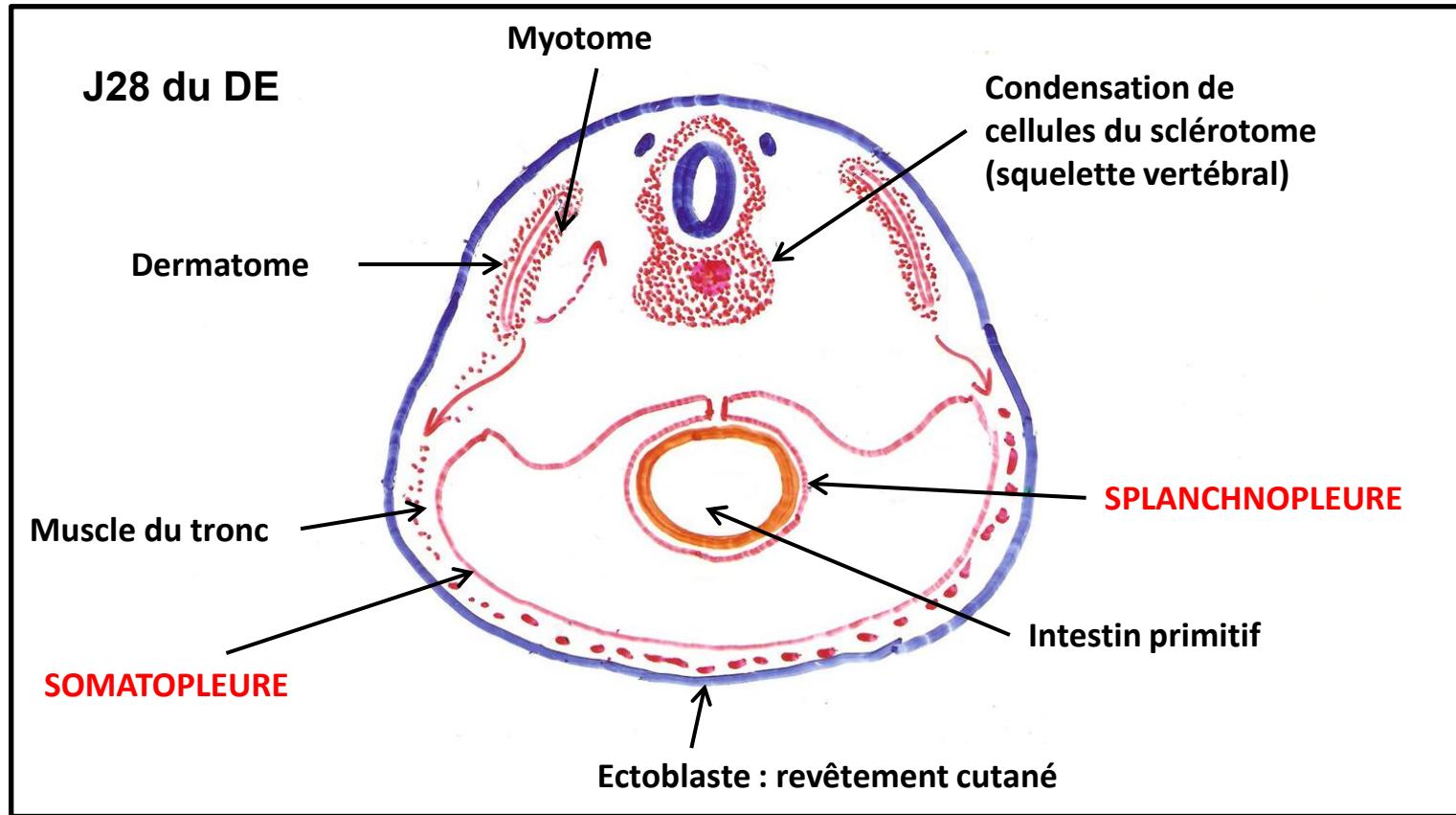
## 1- Splanchnopleure et Somatopleure (1)



J21- J22 du DE (coupe passant par le cordon ombilical)

# D- EVOLUTION DU MESOBLASTE LATERAL

## 1- Splanchnopleure et Somatopleure (2)



**Futurs feuillets pariétaux** : somatopleure (pariétaire) et splanchnopleure (viscérale) des cavités pleurales, péricardique et péritonéale.

# D- EVOLUTION DU MESOBLASTE LATERAL

## 2- Mise en place des cavités

A- Le **péricarde** est constitué de deux feuillets, qui entourent le cœur :

- **feuillet viscéral** = **épicarde = péricarde viscéral**, contre le cœur, provient de la **splanchnopleure**

- **feuillet pariétal** = **péricarde pariétal** provient de la **somatopleure**, contre la cage thoracique, séparé de l'épicarde par une cavité = **sac péricardique**.

B- La plèvre est constituée de deux feuillets qui entourent les poumons :

- **feuillet viscéral** : contre les poumons, provient de la **splanchnopleure**

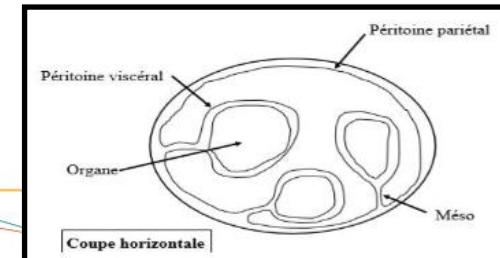
- **feuillet pariétal** = provient de la **somatopleure**, séparé du feuillet viscéral par une cavité = **cavité pleurale**.

C- Le **péritoine** est constitué de deux feuillets, qui entourent les intestins :

- **feuillet viscéral**, contre les intestins, provient de la **splanchnopleure**

- **feuillet pariétal** = contre la paroi abdominale, provient de la **somatopleure**, les deux feuillets sont séparés par une cavité = **cavité péritonéale**.

Le **méso** correspond à l'accolement des deux feuillets pariétaux.



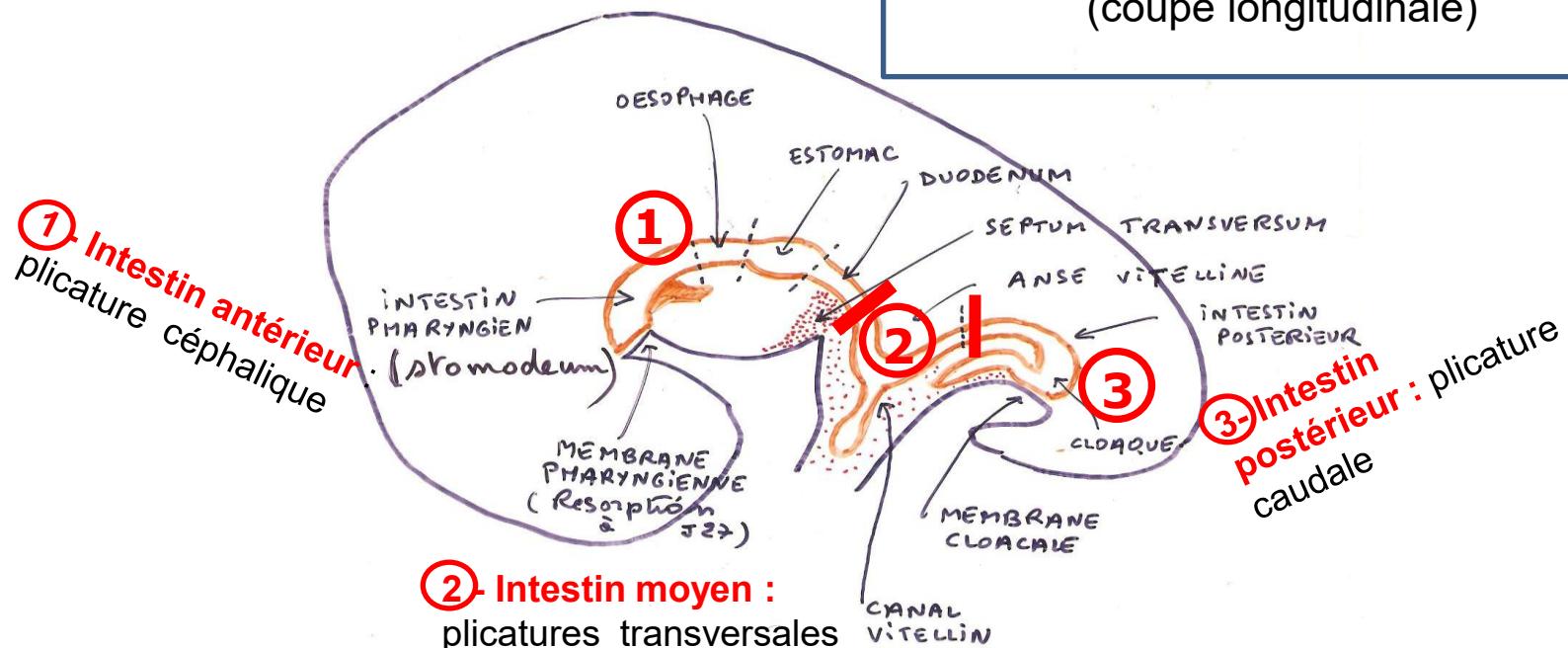
# E- EVOLUTION DE L'ENTOBLASTE

## 1- Intestin primitif (1)

Entoblaste va donner naissance à l'intestin primitif.

**Endoderme = Entoblaste = Endoblaste**

**J28 du développement embryonnaire**  
(coupe longitudinale)



# E- EVOLUTION DE L'ENTOBLASTE

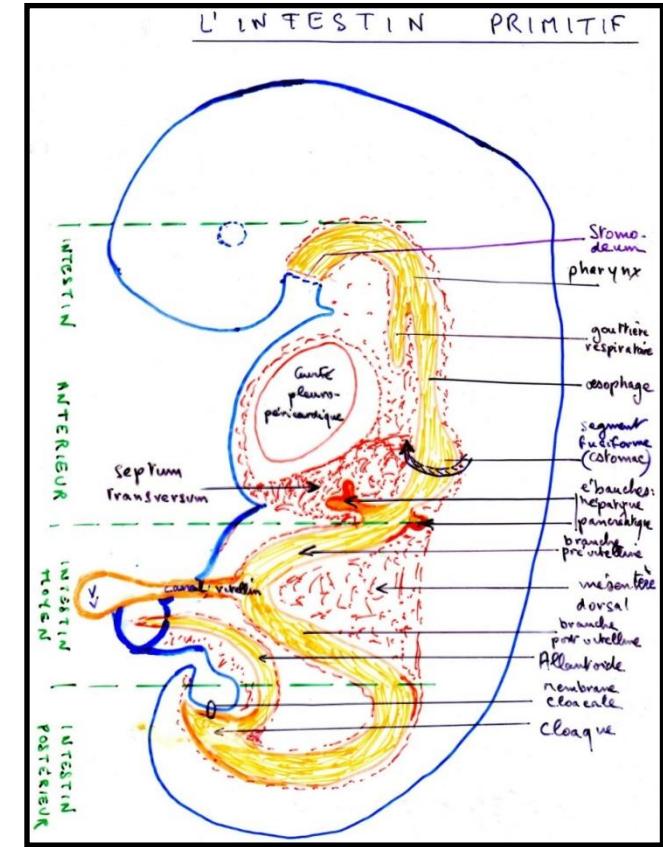
## 1- Intestin primitif (2)

L'anse vitelline est en communication avec le **sac vitellin** par le **canal vitellin**.

**Intestin primitif antérieur :**  
**Pharynx** →  
**Duodénum (D2)**

**Intestin primitif moyen :**  
**Duodénum (D3)** →  
**2/3 Gros colon transverse**

**Intestin primitif postérieur :**  
**1/3 Gros colon transverse**  
**→ rectum (cloaque)**



**5<sup>ème</sup> semaine du développement embryonnaire**  
**(coupe longitudinale)**

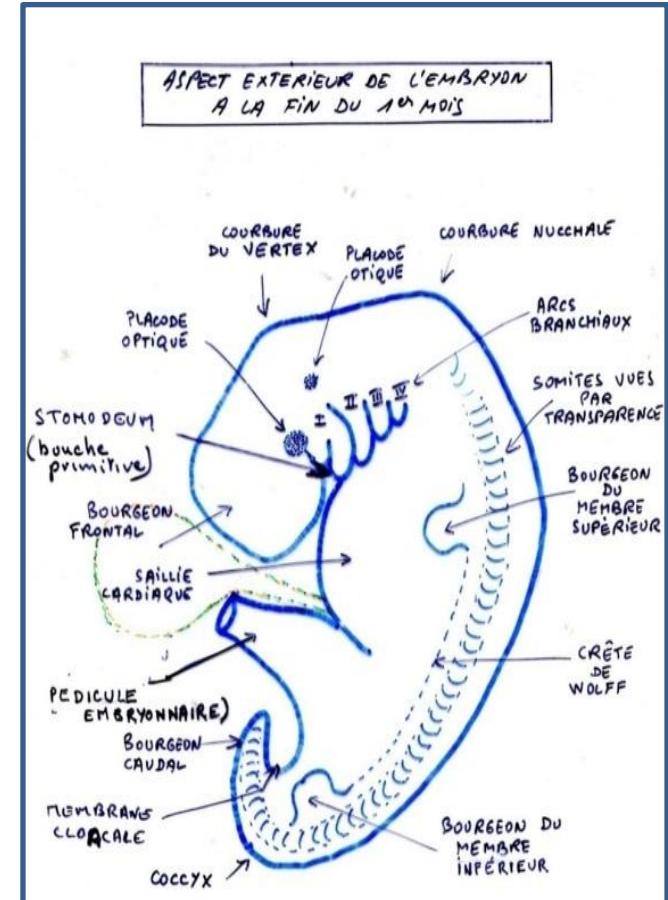
# E- EVOLUTION DE L'ENTOBLASTE

## 2- Les arcs branchiaux

**Les arcs branchiaux** : se constituent au cours de la 4<sup>ème</sup> semaine de DE:

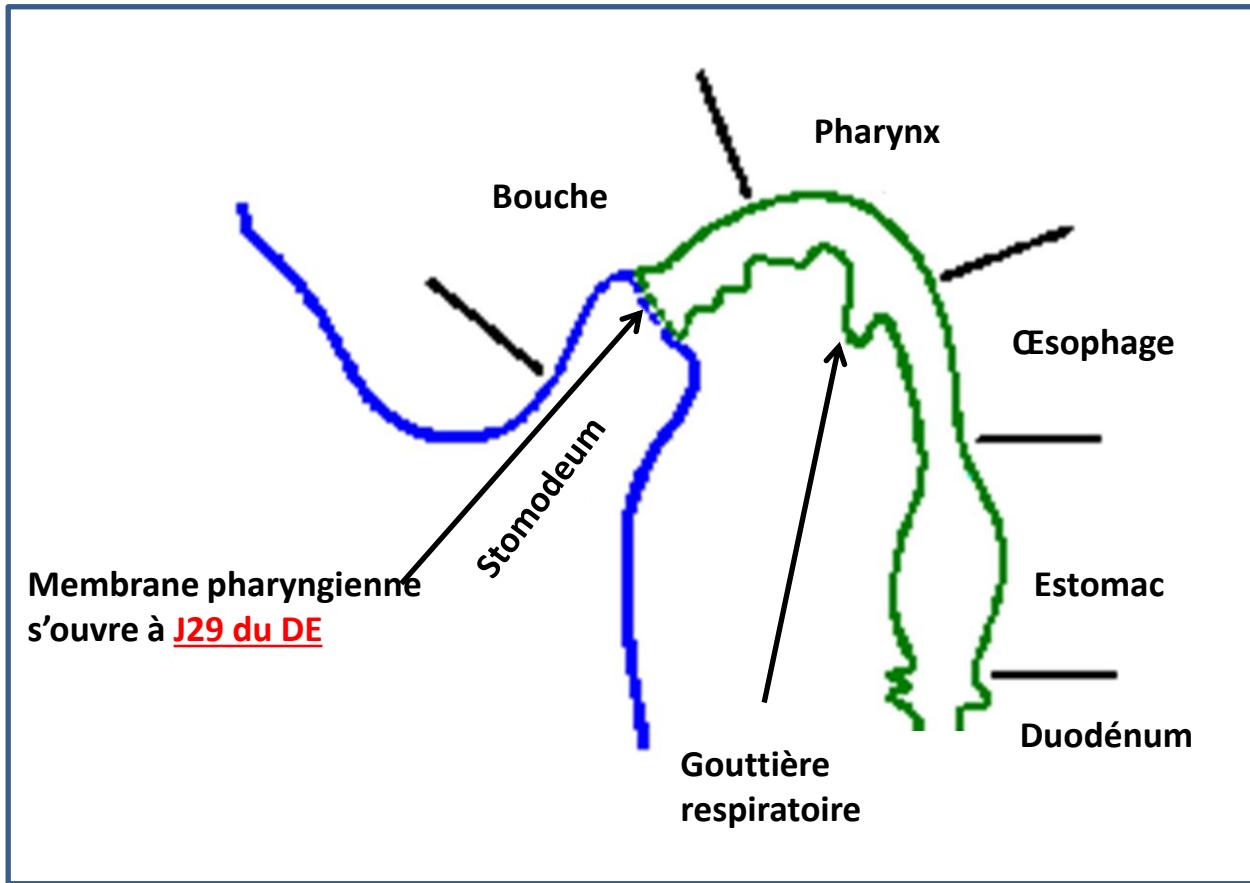
- 4 arcs visibles extérieurement, séparés par 3 **sillons (ou fentes) ectobranchiaux**
- 5 arcs visibles intérieurement, dont un arc rudimentaire, séparés par 5 **poches endo-branchiales**.

L'appareil branchial délimite la **cavité bucco pharyngienne**.



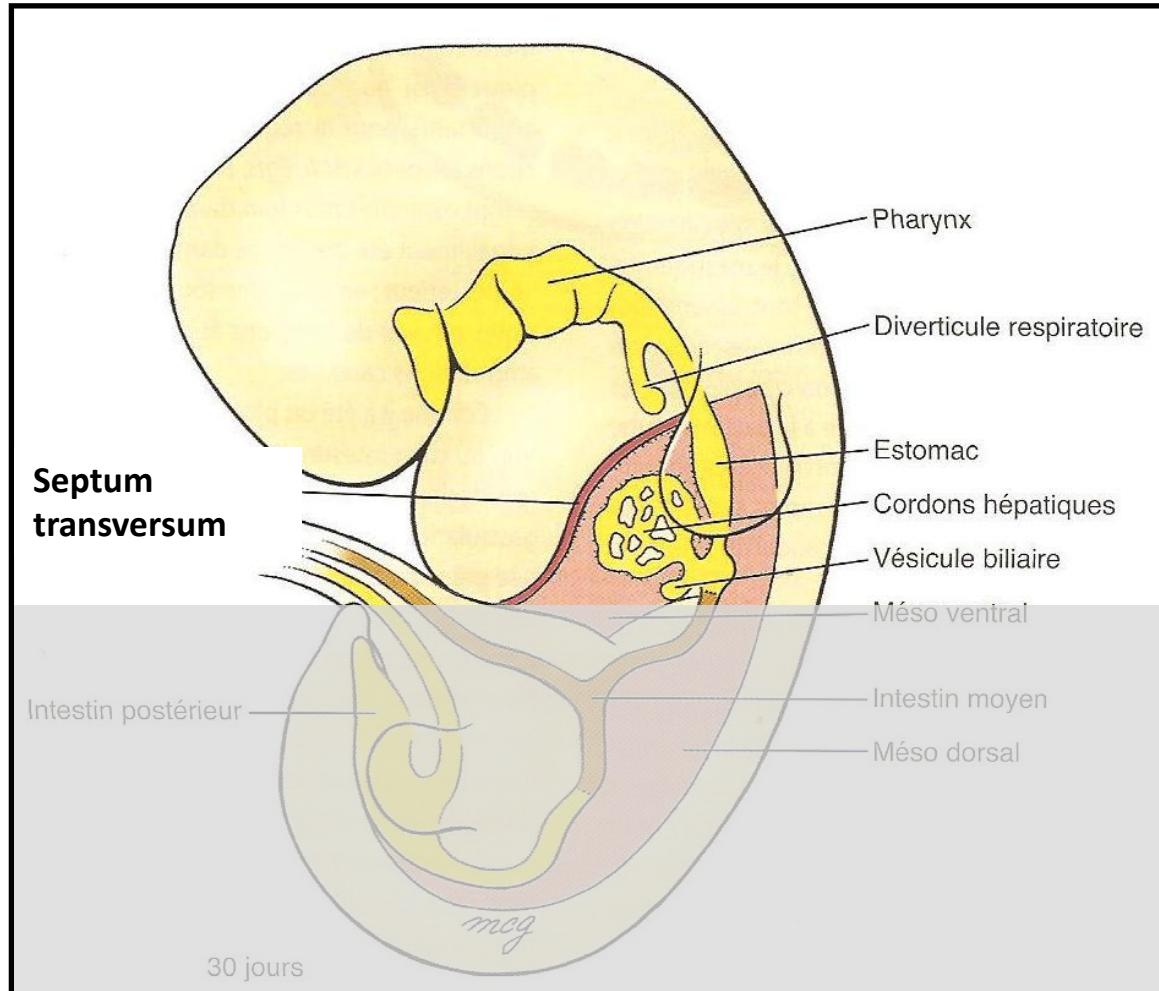
# E- EVOLUTION DE L'ENTOBLASTE

## 3- Devenir de l'intestin primitif antérieur (1)



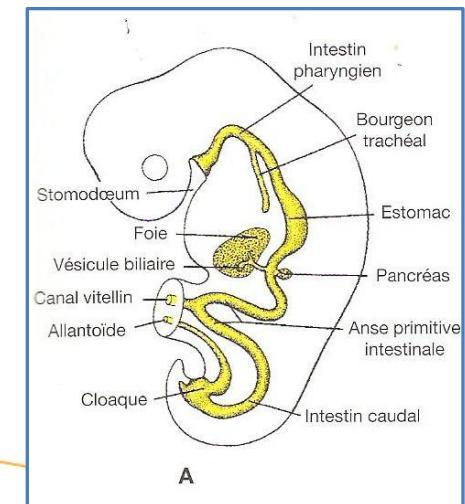
# E- EVOLUTION DE L'ENTOBLASTE

## 2- Devenir de l'intestin primitif antérieur (2)



**Intestin primitif antérieur :**

- Pharynx,
- Diverticule respiratoire,
- Estomac,
- Ebauche hépatique,
- Ebauche pancréatique
- Duodénum (D1 & D2)



Intestin primitif antérieur à J30 du DE

# E- EVOLUTION DE L'ENTOBLASTE

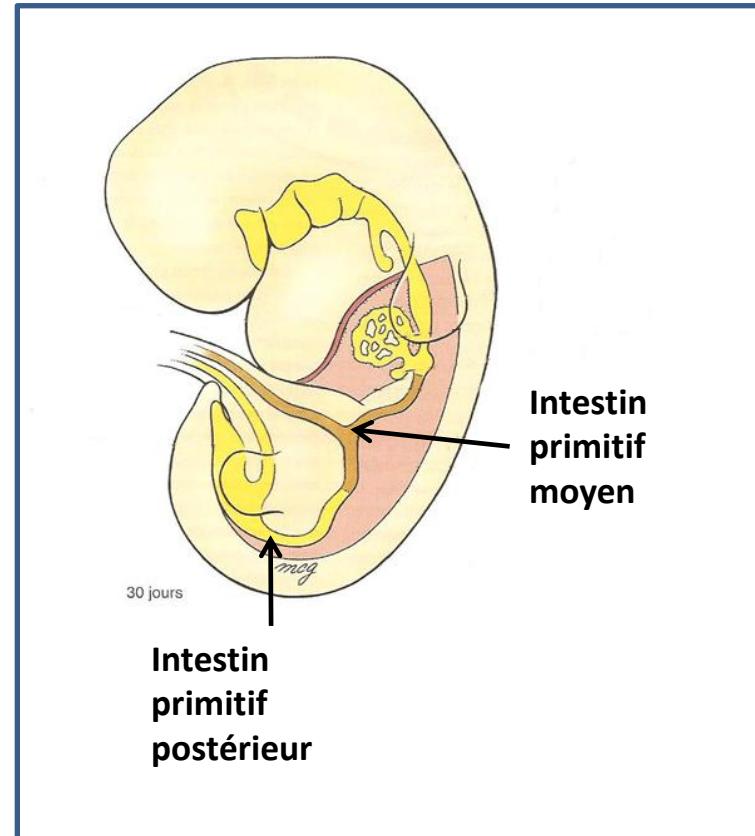
## 4- Devenir de l'intestin primitif moyen et postérieur

**L'intestin primitif moyen** est à l'origine :

- Partie terminale du duodénum,
- Jéjunum,
- Iléon,
- Caecum,
- Appendice,
- Colon : segment ascendant, 2/3 du colon transverse.

**L'intestin primitif postérieur** est à l'origine :

- Colon : 1/3 distal du colon transverse colon descendant et colon sigmoïde,
- Rectum,
- Canal anal (segmentation du cloaque)



J30 du DE

[UE 5]  
Embryologie

# E- EVOLUTION DE L'ENTOBLASTE

## 5- Devenir des arcs branchiaux

Les arcs branchiaux sont constitués d'un **axe mésenchymateux** recouvert à l'extérieur par l'**ectoblaste** et à l'intérieur par l'**entoblaste**.

Les muscles de la face sont constitués par

- Les somites du mésoblaste para-axial céphalique.

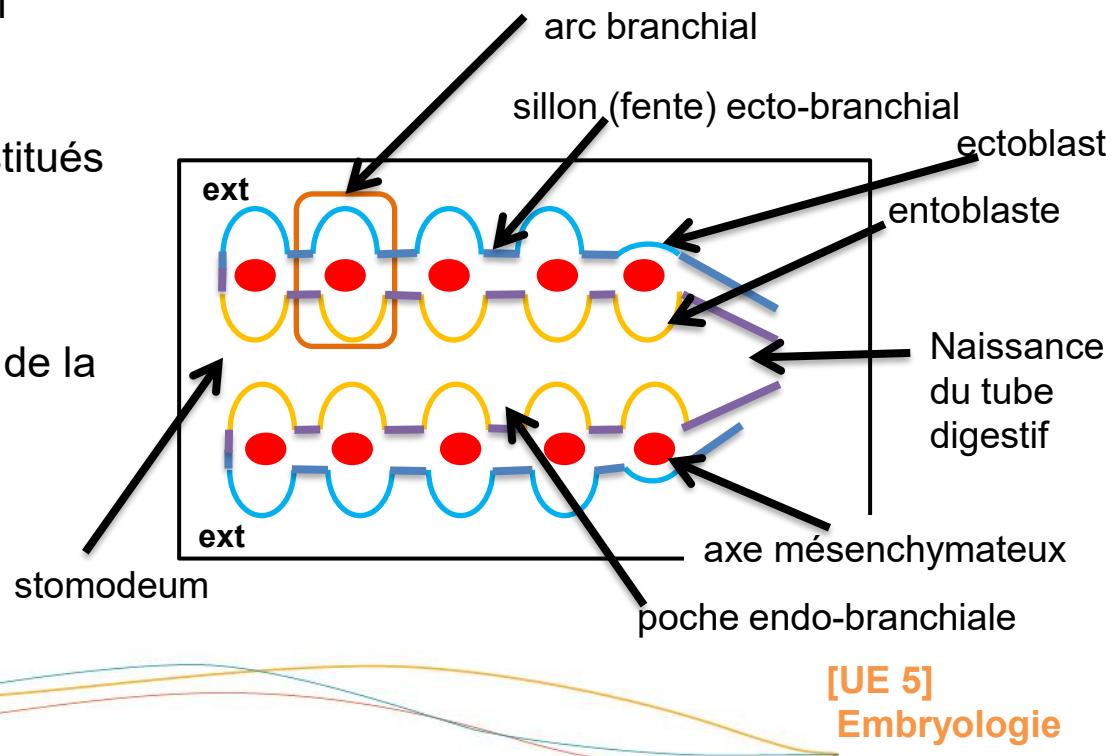
Les os et cartilages de la face sont constitués par :

- les cellules des crêtes neurales de la région occipitale
- les cellules issues de la lame latérale de la région occipitale.

Vascularisation: arcs aortiques  
Innervation : nerfs crâniens

Cet axe mésenchymateux possède une origine double:

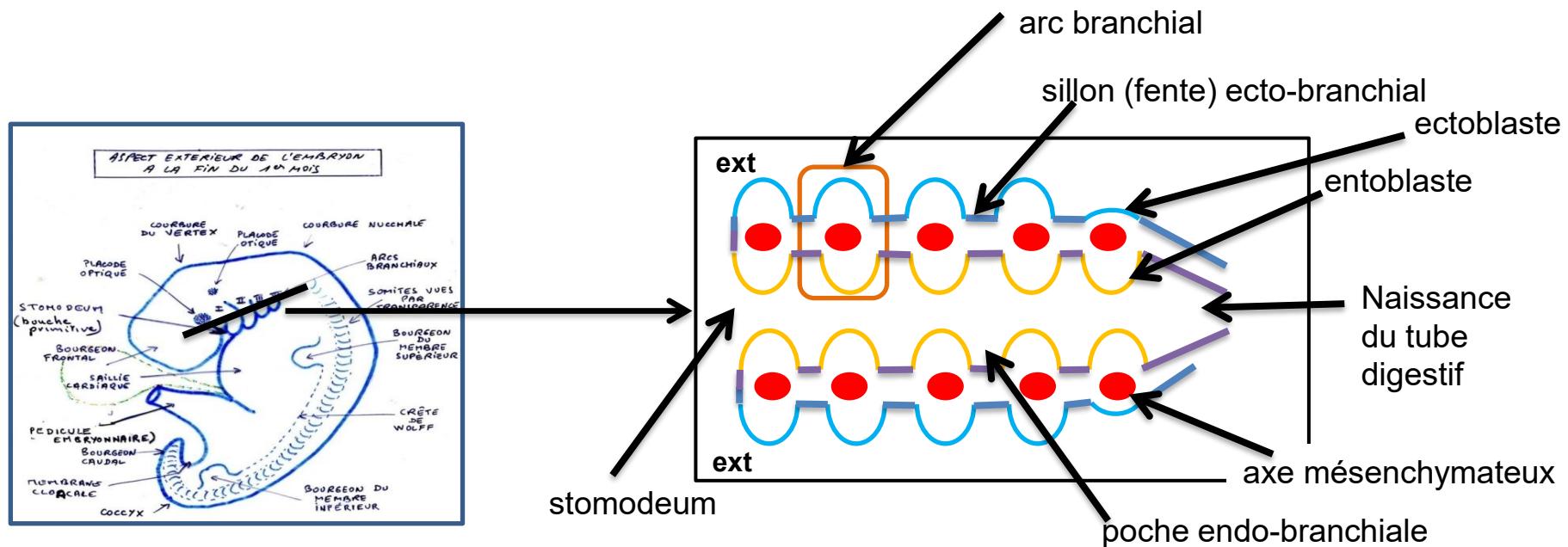
- A partir du **mésoblaste para-axial et latéral**.
- A partir des **crêtes neurales céphaliques**



# E- EVOLUTION DE L'ENTOBLASTE

## 6- Le plancher méso-branchial

Le **plancher méso-branchial** correspond à **la future cavité buccale**.

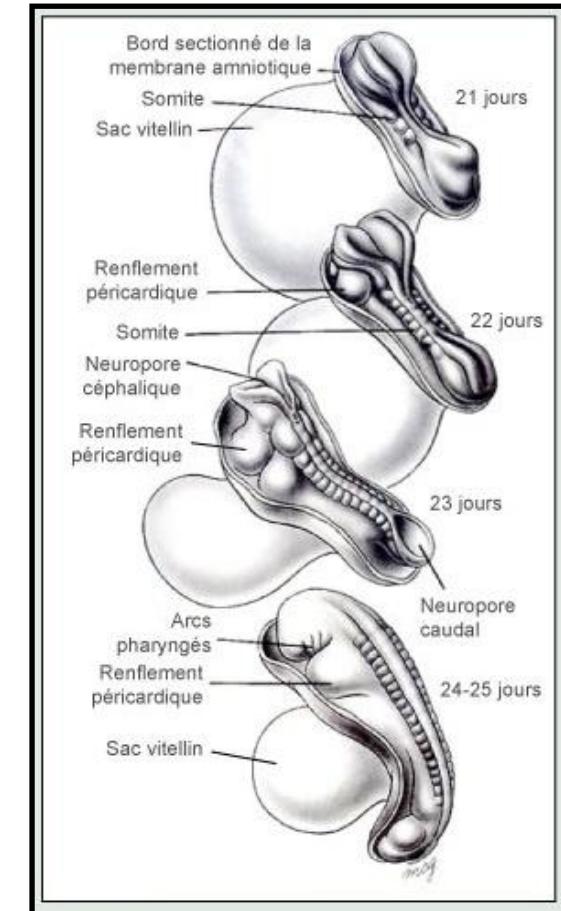


Plancher du champ méso-branchial

# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

## 1- Neurulation primaire & fermeture du tube neurale

- Les bords latéraux de la gouttière neurale commencent par fusionner dans la **région occipito-cervicale** vers fin J21 à partir de la 4<sup>ème</sup> paire de somites, laissant persister les **neuropores céphalique et caudal** à chaque extrémité.
- Le tube neural augmente progressivement en longueur, tout en se **fermant en direction céphalique et caudale**.
- Les neuropores deviennent de plus en plus petits.
- Le neuropore céphalique se ferme à **J24**, le neuropore caudal à **J26** du développement embryonnaire.

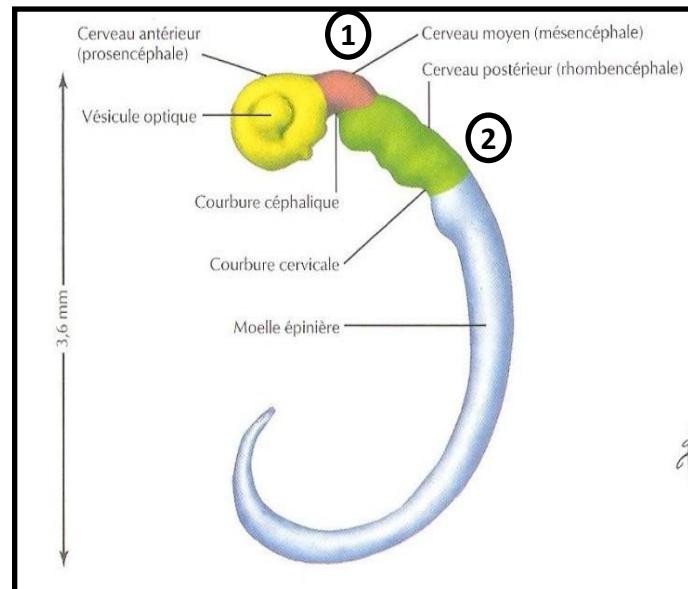


# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

## 2- Courbures et vésicules

### Tube neural à la fin de la 4<sup>ème</sup> semaine

Stade des 3 vésicules et 2 courbures



- 1) Courbure mésencéphalique
- 2) Courbure cervicale

Le tube neural présente une polarité antéro-postérieure.

A l'extrémité antérieure **3 vésicules** se développent :

- Prosencéphale : cerveau antérieur
- Mésencéphale : cerveau moyen
- Rhombencéphale : cerveau postérieur

Dans le même temps, **2 courbures** de l'extrémité antérieure :

- Courbure mésencéphalique
- Courbure cervicale

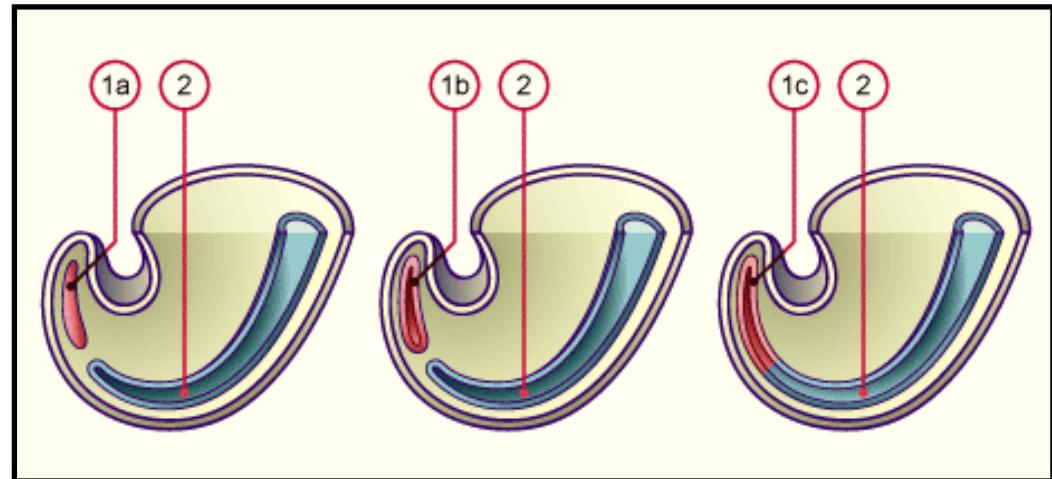
# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

## 3- Neurulation secondaire (1)

**Neurulation secondaire** : Entre la 4<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup> semaine

La **neurulation secondaire** : développement de la partie terminale de la moelle épinière à la hauteur du 31<sup>ème</sup> somite

Le **bourgeon caudal mésoblastique** initialement plein se creuse d'une lumière qui s'unit au canal neural.



**Neurulation secondaire ( S4 à S7)**

1- mésoblaste

1a : bourgeon caudal mésoblastique plein (**cordon médullaire**)

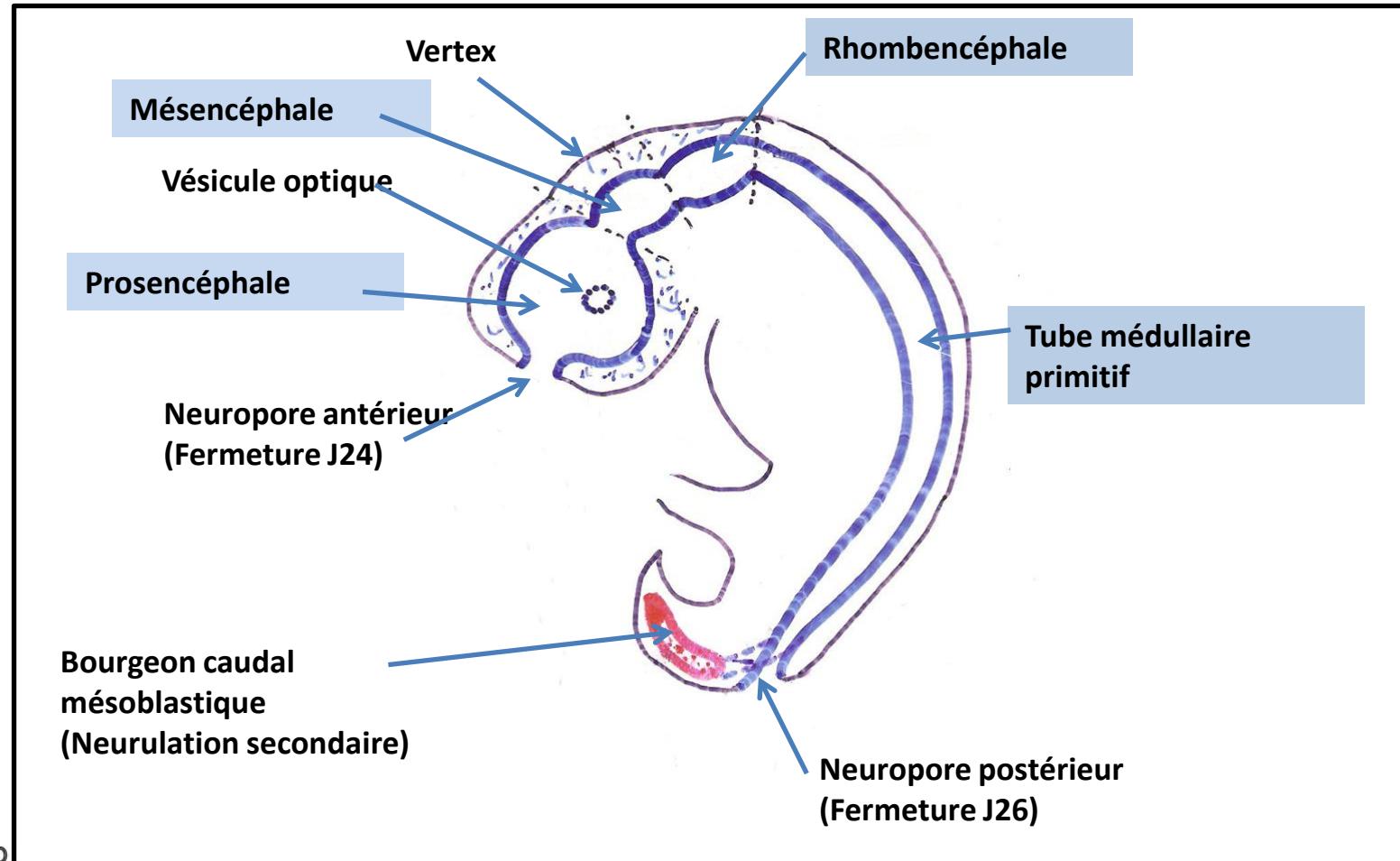
1b : bourgeon caudal creux

1c : le canal neural s'unit au bourgeon caudal

2-neurectoblaste

# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

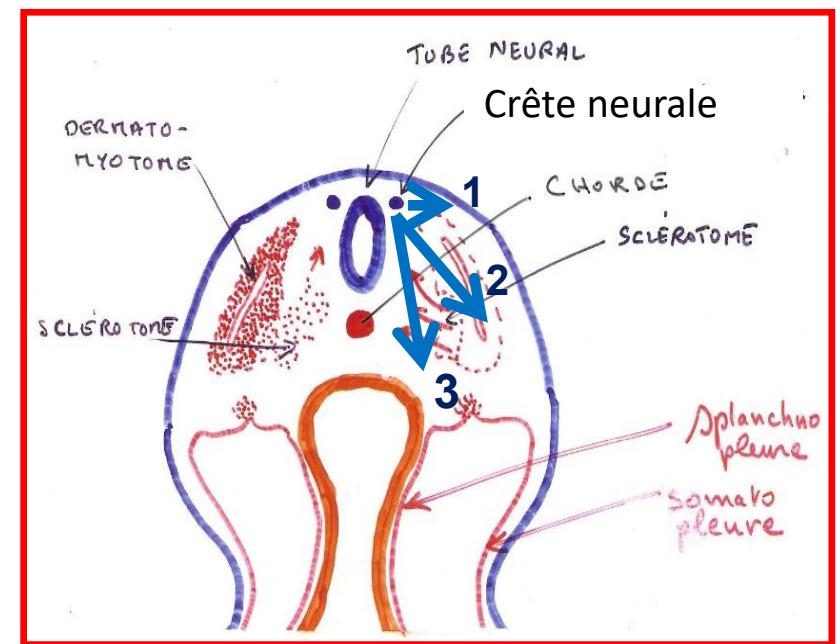
## 3- Neurulation secondaire (2)



# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

## 4- Migration des cellules des crêtes neurales

- 1- entre l'ectoderme et le dermomyotome : pour les cellules pigmentaires
- 2- dans la moitié rostrale du somite : pour les neurones sensitifs
- 3- entre le tube neural et les dérivés somitiques : Pour les cellules de la lignée sympathique



# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

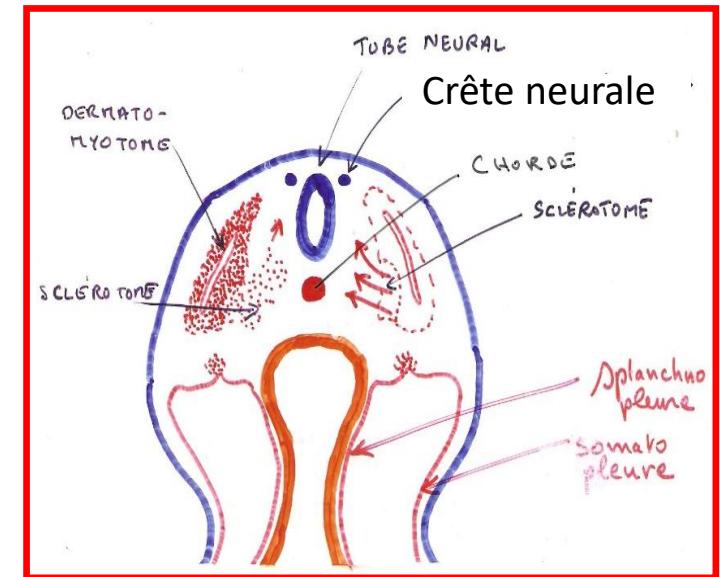
## 5- Devenir des cellules crêtes neurales

### Structures appartenant au SYSTÈME NERVEUX PERIPHERIQUE

- Ganglions des racines dorsales de la moelle épinière
- Chaine ganglionnaire (sympathique)
- Ganglions pré- aortiques et entériques (pathologie: maladie de Hirschprung ou mégacolon congénital)
- Névroglie périphérique (cellules de Schwann)

### Structures n'appartenant pas au tissu nerveux

- Arcs branchiaux → Os et cartilages du crane ; odontoblastes
- Médullo- surrénale
- Mélanocytes
- Septum aortico-pulmonaire
- Etc...



# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

## 6- Détermination de l'axe dorso-ventral du tube neural (1)

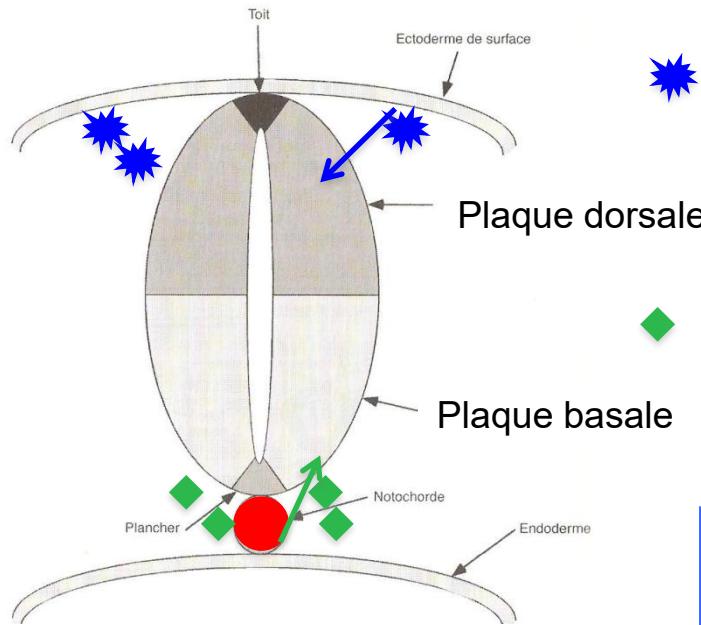
La sécrétion de la **protéine Sonic hedgehog (Shh)** par le complexe **notochorde-plancher du tube neural** serait responsable de l'induction des **neurones moteurs** grâce à la répression de l'expression des **gènes dorsalisants**.

La **dorsalisation** du toit du tube neural est faite par l'activation d'une cascade de facteurs de croissance de la famille des **Transforming growth factors (TGF)- $\beta$**  ainsi que **Wnts**, ces facteurs seraient responsables de l'induction des **neurones sensitifs**.

**Rappel : BMP4** (protéine morphogénétique osseuse 4 = bone morphogenetic protein 4), est une protéine appartenant à la superfamille des Transforming growth factor beta (TGF- $\beta$ )

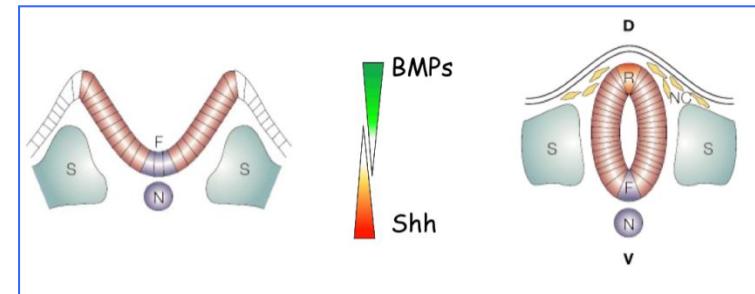
# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

## 6- Détermination de l'axe dorso-ventral du tube neural (2)



Plaque dorsale: neurones sensitifs  
 Plaque basale: neurones moteurs

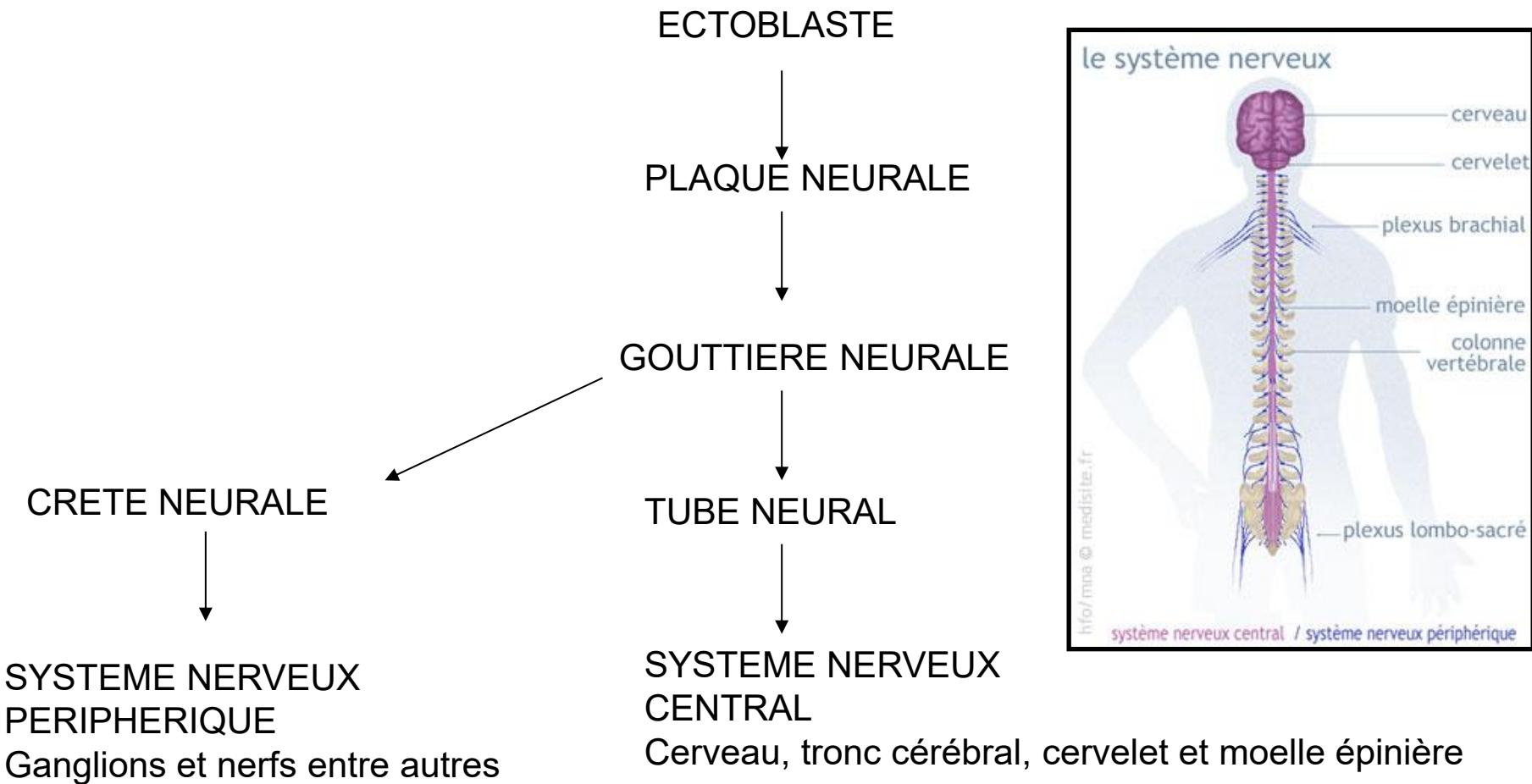
- Protéine BMP 4  
 (Bone morphogenetic Protein)
- Protéine Sonic hedgehog  
 (SHH)



Action opposée de Protéine BMP 4 (Bone morphogenetic Protein) et de Protéine Sonic hedgehog (SHH)

# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

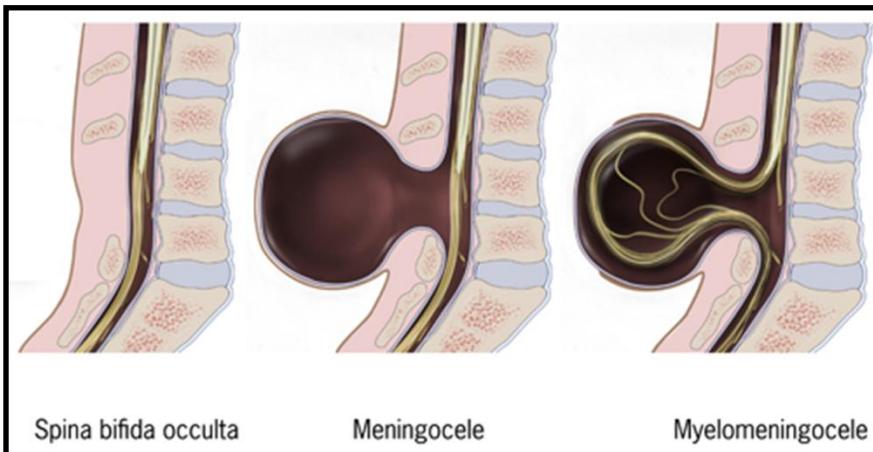
## 7- Récapitulatif de la mise en place du système nerveux



# F- EVOLUTION DE LA NEURULATION

## 8- Anomalies du tube neural : les dysraphies

- *Spina bifida* : canal médullaire ouvert → ouverture de la moelle épinière à la surface du corps. **Il existe différents types de spina bifida et le cas le plus fréquent est le myéloméningocèle.**
- déficits neurologiques
- Origine mixte : facteurs génétiques et environnementaux (agents tératogènes : *ac valproïque (Depakine), ac rétinoïque (vit A), diabète maternel, hyperthermie, etc*)
- *Traitements préventifs : ac folique (vit B9)*



# FIN

Dr Mehdi Benchaib  
[mehdi.benchaib@chu-lyon.fr](mailto:mehdi.benchaib@chu-lyon.fr)

[UE 5]