SV-H Mécanismes du développement (1/3)

Exemple du développement du membre des tétrapodes

I. Les étapes du développement embryonnaire chez les vertébrés

A. La cellule œuf présente une symétrie bilatérale

1. L'ovocyte II est polarisée
2. la fécondation détermine l'axe dorso-ventral

B.La segmentation permet le passage à l'état pluricellulaire

1. les cellules se divisent par mitoses
2. les deux premières divisions sont méridiennes et forment des blastomères de même taille
3. La troisième division est équatoriale et forme des bastomère inégaux
4. les 4 à 6ièmes divisions forment une morula
5. un blastocoele se creuse dans la blastula
6. A partir de la transition blastuléenne le génome de l'embryon s'exprime

C. La gastrulation met en place trois feuillets embryonnaires

1. Etudes expérimentales des mouvements cellulaires
2. Les territoires présomptifs de la blastula et leurs déplacements
3. mécanismes permettant les mouvements cellulaires
   - a-la déformation des cellules au niveau du blastopore permet l'invagination
   - b-la migration sur le toit du blastocoele
   - c-les mitoses et intercalations permettent l'épibolie

D-la neurulation permet l'internalisation du neuroderme

E. L'organogénèse permet la différenciation des organes

Résumé :

Le développement embryonnaire débute à la **fécondation** et s'achève lors de l'**éclosion ou de la naissance**. Il permet la formation d'un organisme pluricellulaire organisé et fonctionnel à partir d'une cellule œuf, en 24 h chez des amphibiens
Chez les vertébrés, l'ovocyte présente un premier axe de polarité. La pénétration du spermatozoïde définit la position d'un second axe (dorso-ventral) permettant de définir un plan de **symétrie bilatérale** propre aux bilatériens.

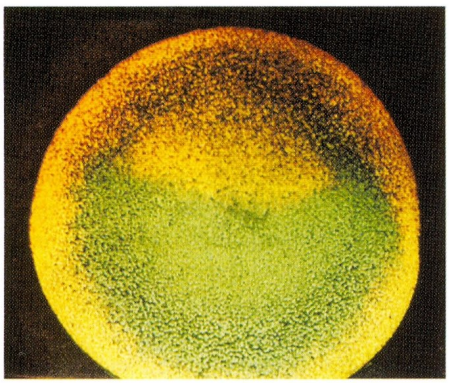
Le développement est continu mais on distingue arbitrairement 4 grandes étapes.
1-la **segmentation** pendant laquelle des mitoses se succèdent rapidement sans croissance ni modification ni différenciation de l'embryon. La segmentation permet ainsi le passage à l'**état pluricellulaire**. Les premières divisions conduisent au stade morula où l'embryon est formé de blastomères de tailles différentes : les micromères au pôle animal et des macromères au pôle végétatif. Les blastomères établissent alors de nombreuses jonctions ce qui permet la formation d'une cavité interne remplie de liquide, le **blastocèle**.L'embryon est alors au stade blastula. Pendant cette phase (vers la onzième division) l'embryon subit la **transition blastuléenne** à partir de laquelle ses gènes sont transcrits. Les cycles jusqu'alors synchronisées et très courts (car sans phase G) ralentissent et se desynchronisent.
2-la **gastrulation** pendant laquelle **un blastopore** se forme du côté dorsal et d'importants **mouvements cellulaires** permettent l'internalisation de d'une partie des cellules superficielles. A la fin de la gastrulation, l'embryon au stage gastrula est constitué des **trois feuillets** caractéristiques des triblastiques: l'**endoderme** entoure une nouvelle cavité interne, l'**archentéron**, l'**ectoderme** recouvre entièrement l'embryon, et le **mésoderme** est situé entre les deux.
3- la **neurulation** qui permet l'internalisation d'u neuroderme. Le mésoderme et l'ectoderme évoluent aussi pendant cette phase.
4- l'**organogénèse** pendant laquelle les organes se différencient grâce à divers processus cellulaires dont des migrations cellulaires et la mort cellulaire programmée. Les feuillets embryonnaires forment ainsi tous les tissus et organes de l'embryon :

- **l'ectoderme** forme en particulier **l'épiderme** et les **tissus nerveux**,
- le **mésoderme** se sépare en plusieurs parties : le mésoderme chordal forme la **chorde**, organe de soutien temporaire et absent chez l'adulte ; les somites forment le **squelette du tronc**, le **derme** et les **muscles dorsaux** ; le mésoderme intermédiaire forme l'**appareil uro-génital** ; le mésoderme latéral forme les **membres**, le **cœur** et l'**appareil circulatoire**, les **muscles lisses**, la **rate**, divers **tissus conjonctifs**, etc.
- l'**endoderme** forme les **appareils digestif** et **respiratoire**.

Document 1** Développement embryonnaire du xénope (1ère partie).

(A) Vue latérale de l'œuf, avec le pôle animal pigmenté.
(B) Accouplement et fécondation des œufs.
(C) Ponte d'œufs. Ils n'ont pas subi la rotation d'équilibration, la pénétration des spermatozoïde n'a pas encore eu lieu.
(D) Mouvements cytoplasmiques au cours de la rotation de symétrisation.
(E) Stade 2 cellules.
(F) Stade 8 cellules.
(G) Jeune blastula.
(H) Blastula avancée.
(I) Blastula avancée vue en coupe transversale.

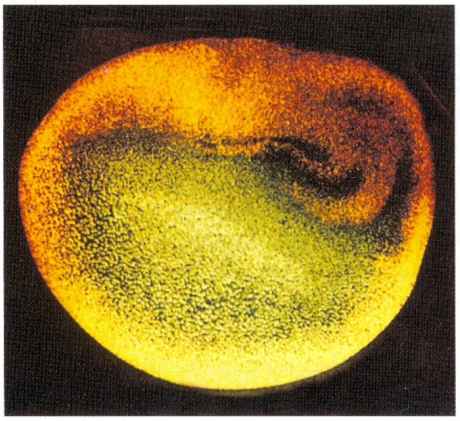
(A)



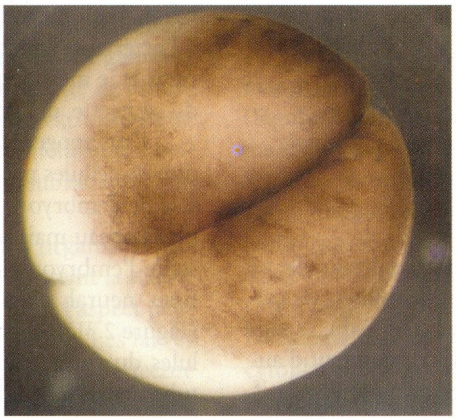
(B)

(C)

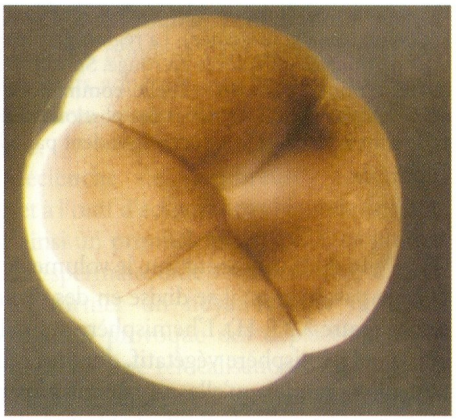
(D)



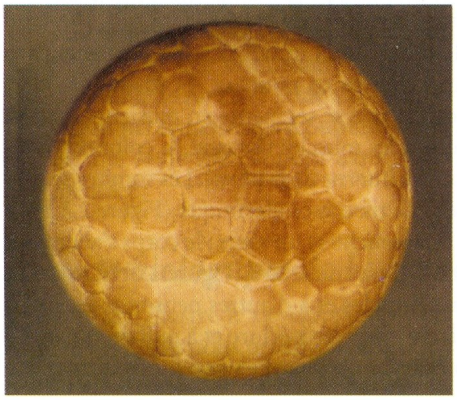
(E)



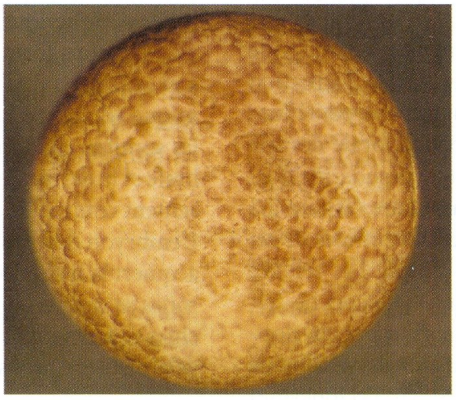
(F)



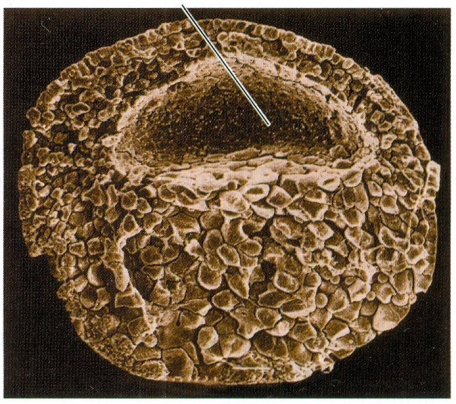
(G)



(H)



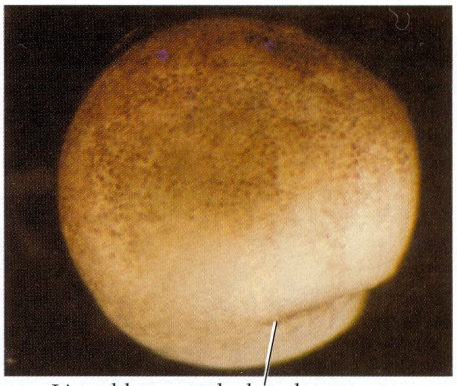
(I)



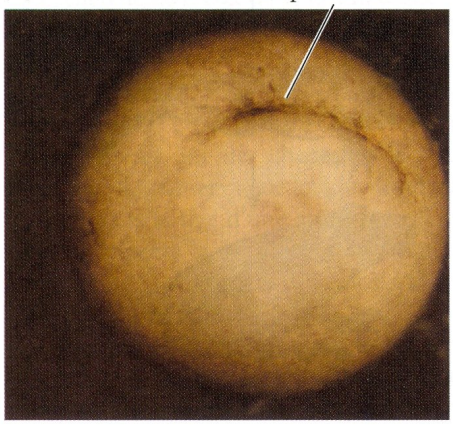
Document 2** Développement embryonnaire du xénope (2ème partie).

(A) et (B) Début de la gastrulation.
(C) Fin de la gastrulation.
(D) Début de la neurulation.
(E) et (F) Progression de la neurulation.
(G) Coupe transversale d'un embryon en fin de neurulation.
(H) Embryon précoce, au stade où les protubérances du cerveau induisent la formation des yeux.
(I) Têtard après éclosion.

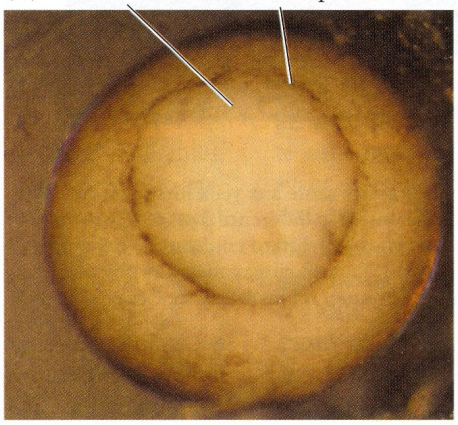
(A)



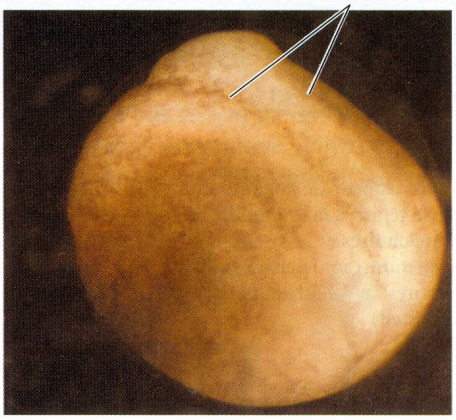
(B) Lèvre blastoporale dorsale



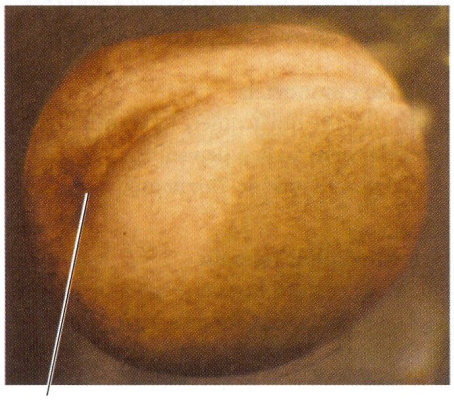
(C) Bouchon vitellin Blastopore



(D) Lèvre blastoporale dorsale Plis neuraux



(E)

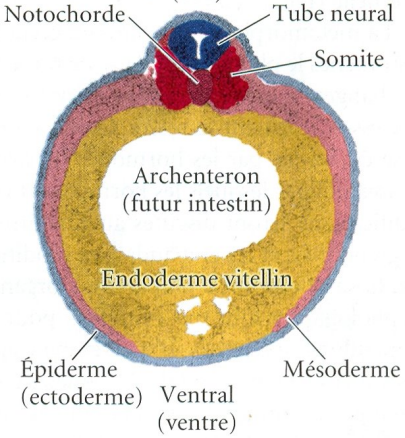


Gouttière neurale

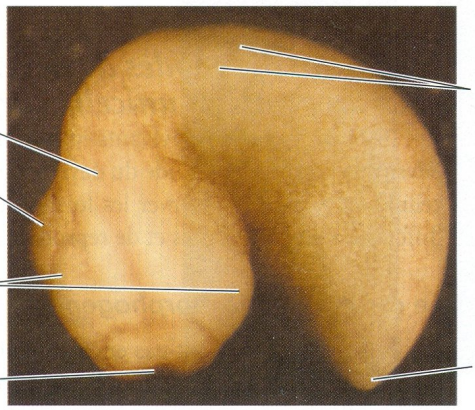
(F)

Tube neural ouvert

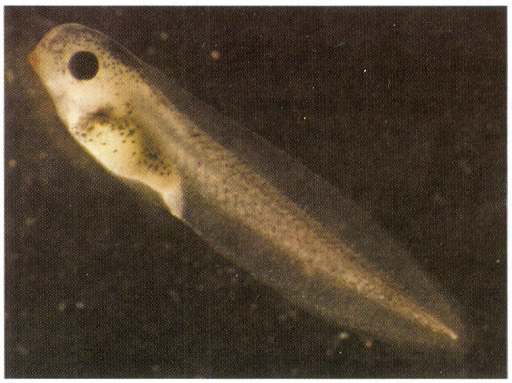
(G)

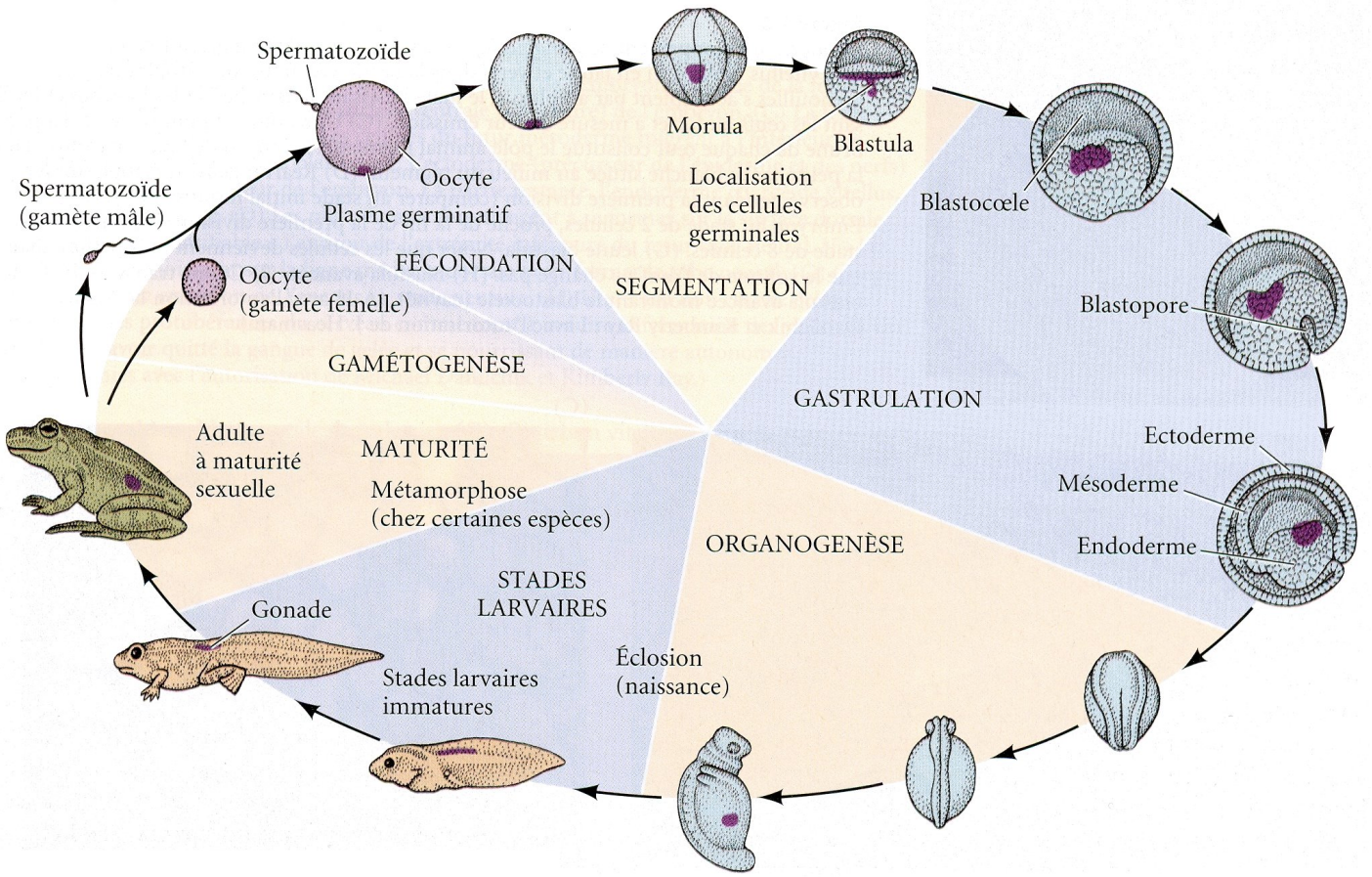


(H)

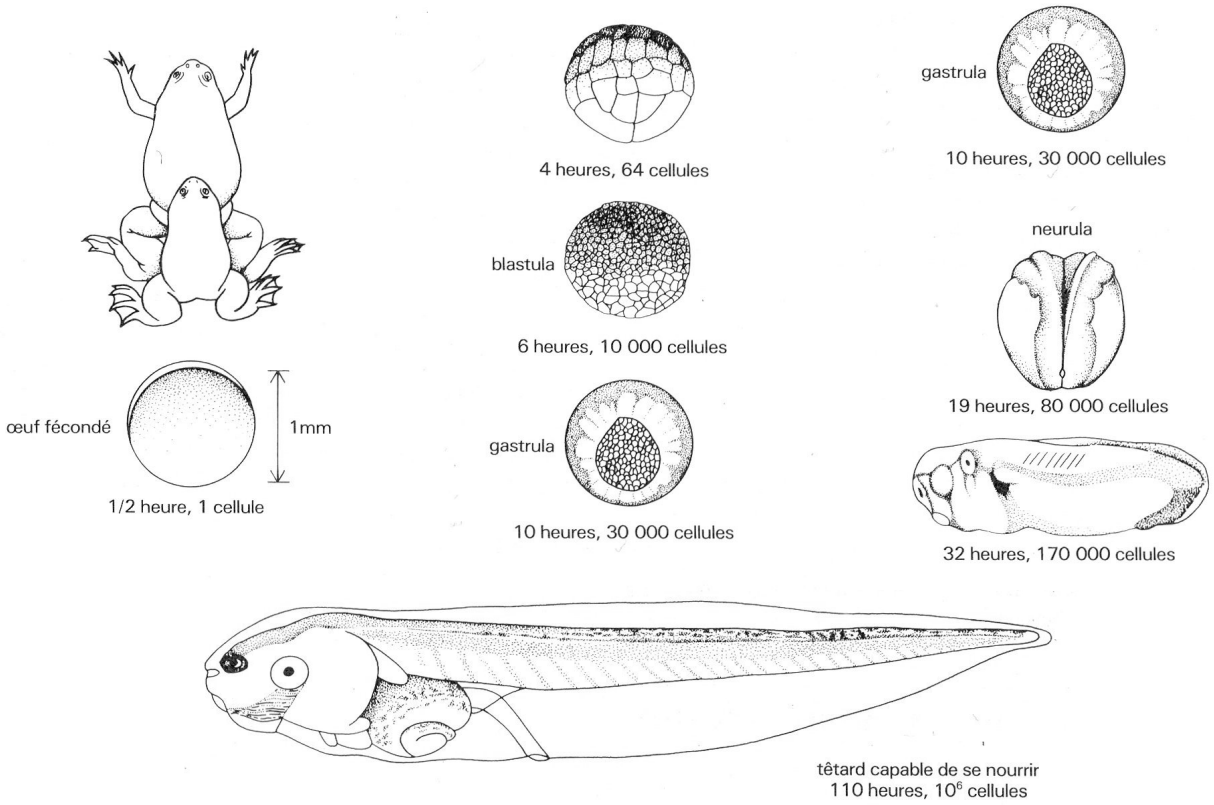


(I)



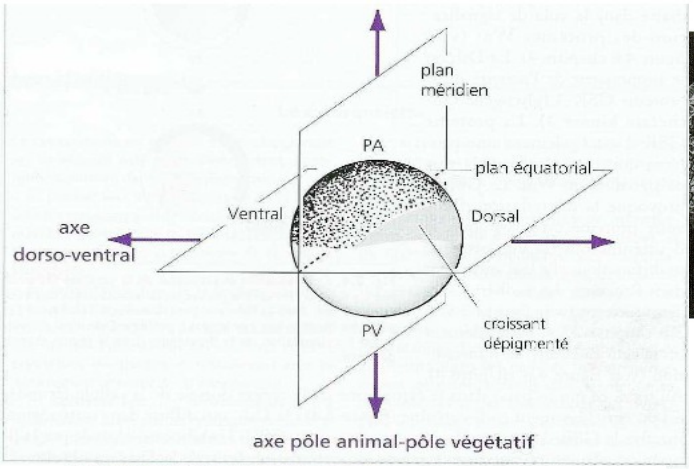


Document 3** Cycle de vie et principales étapes du développement d'un amphibien.

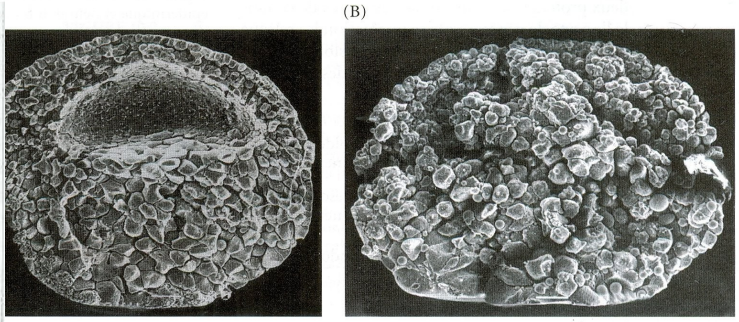


Document 4** Scénario du développement du xénope depuis l'œuf jusqu'au têtard capable de se nourrir.

Les différents stades sont observés latéralement, sauf le stade 10 h (vu du dessous) et 19 h (vu du dessus) et sont représentés avec la même échelle (sauf les adultes...)

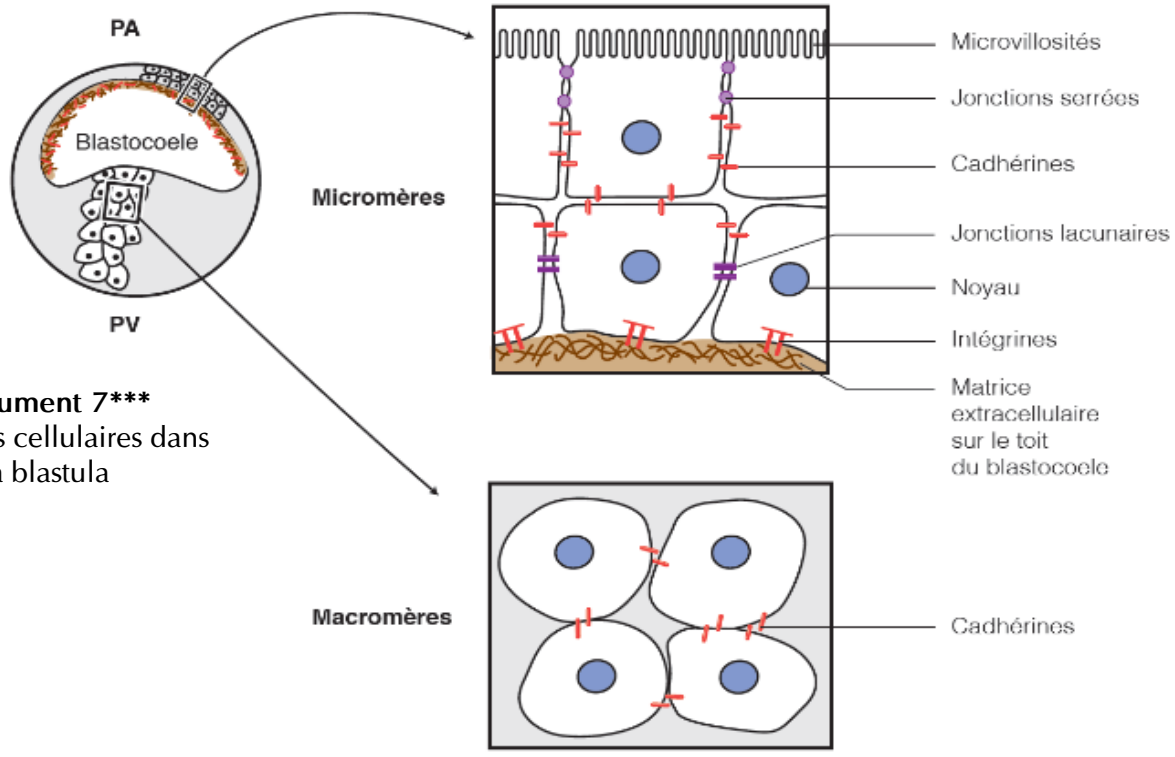


Document 5* : symétrie bilatérale de la cellule œuf

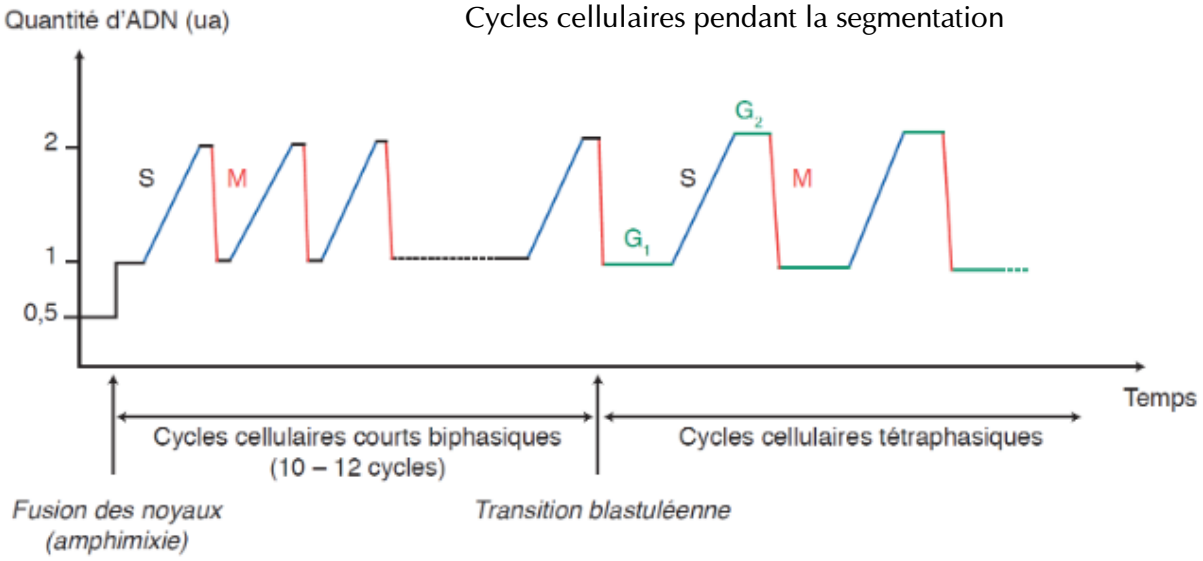


Document 6* Rôle de la cadhérine dans l'adhésion des cellules d'une blastula.

(A) Coupe d'un embryon témoin.
(B) Coupe d'un embryon n'exprimant plus le gène de la cadhérine

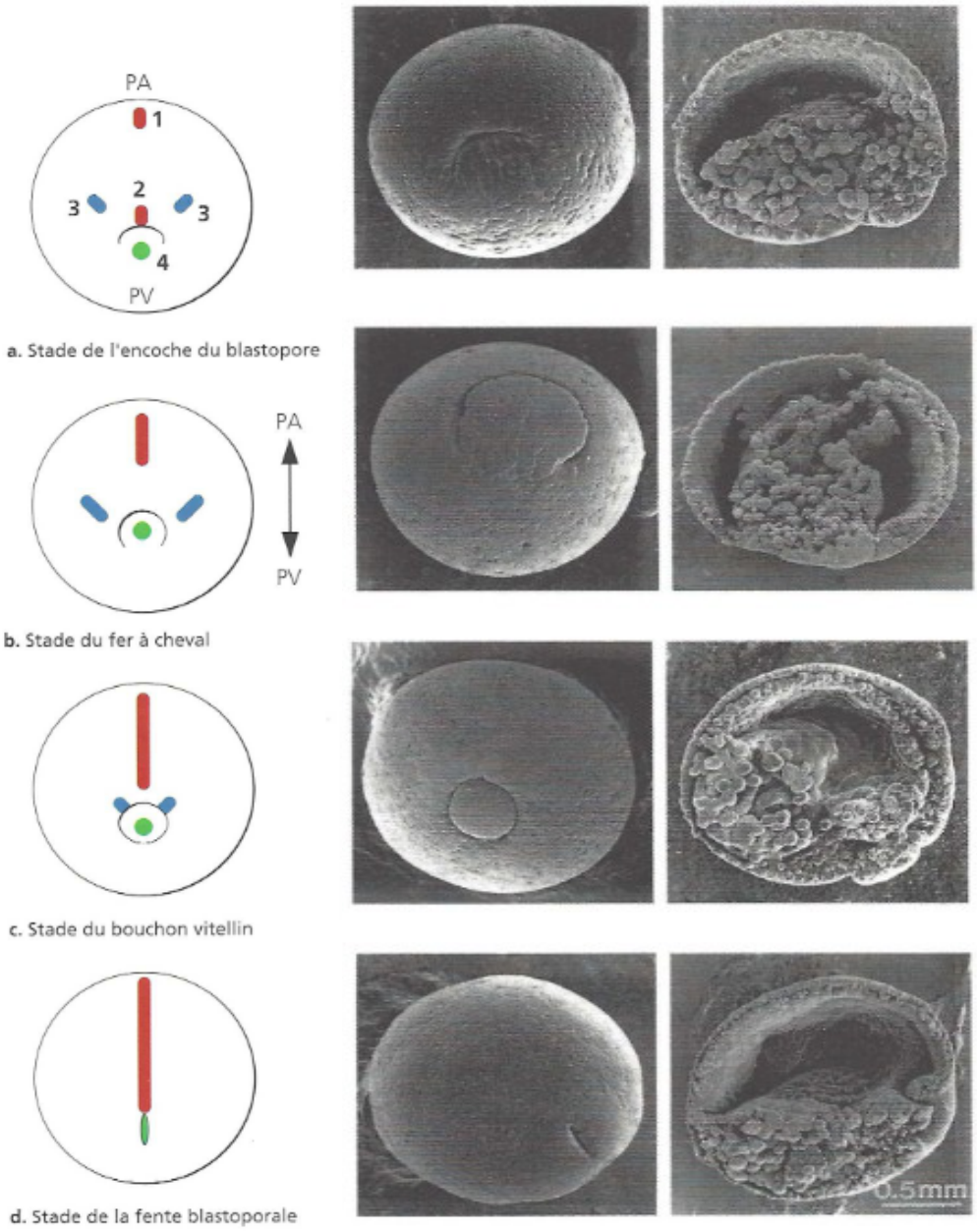


Document 7*
jonctions cellulaires dans la blastula



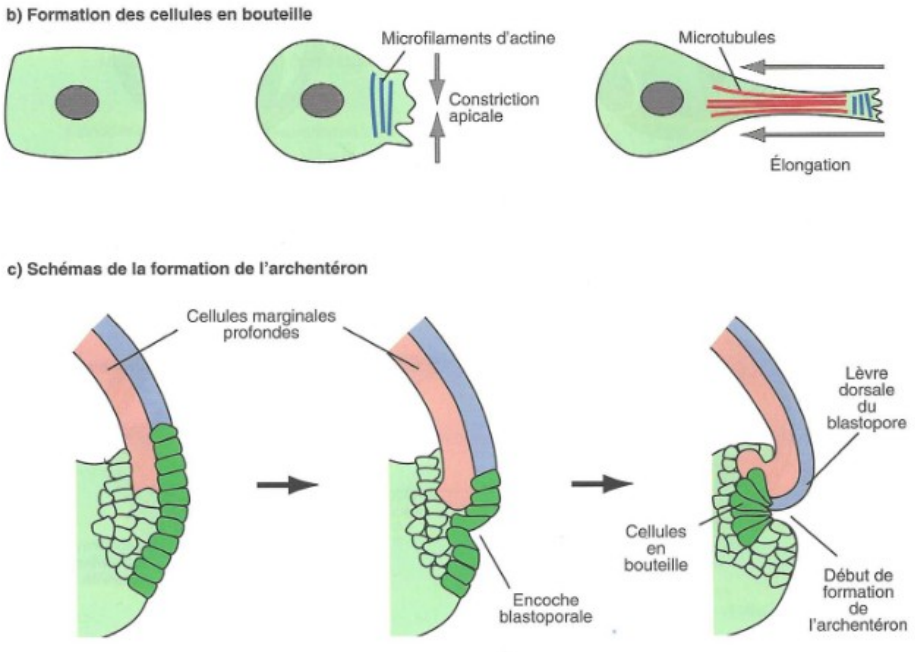
Document 8*
Cycles cellulaires pendant la segmentation

Document 9** : Evolution du marquage et observation en MEB d'un embryon de xénope pendant la gastrulation

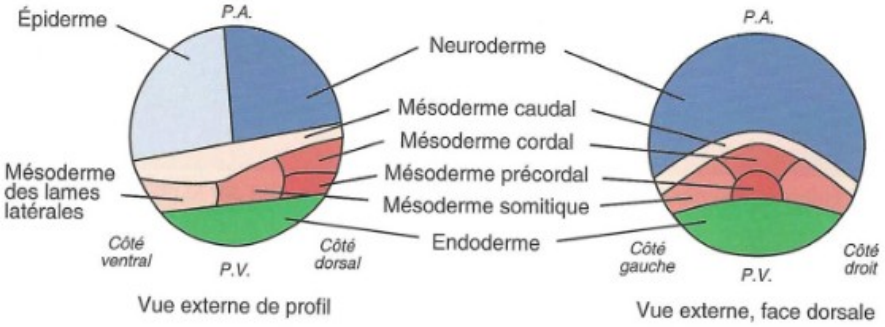


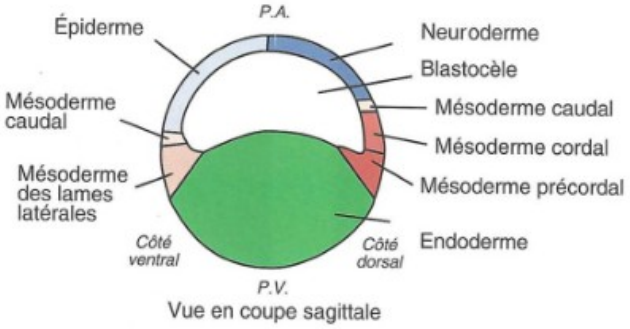
:Document 10**

Les cellules en bouteilles

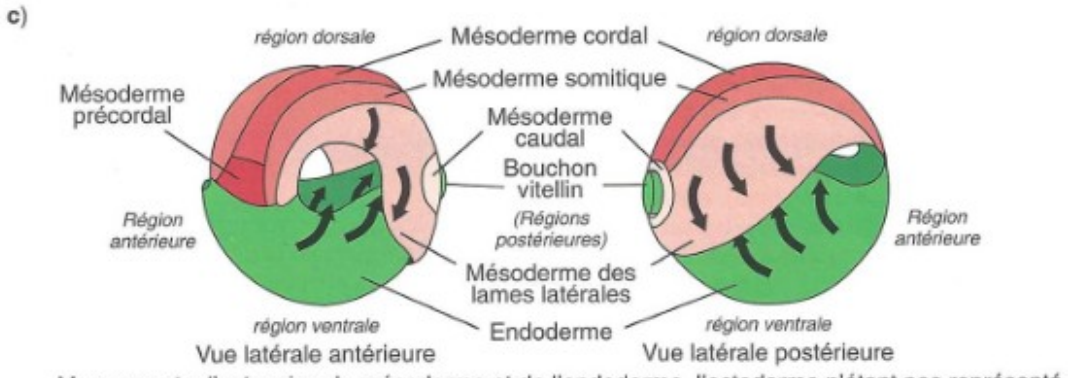


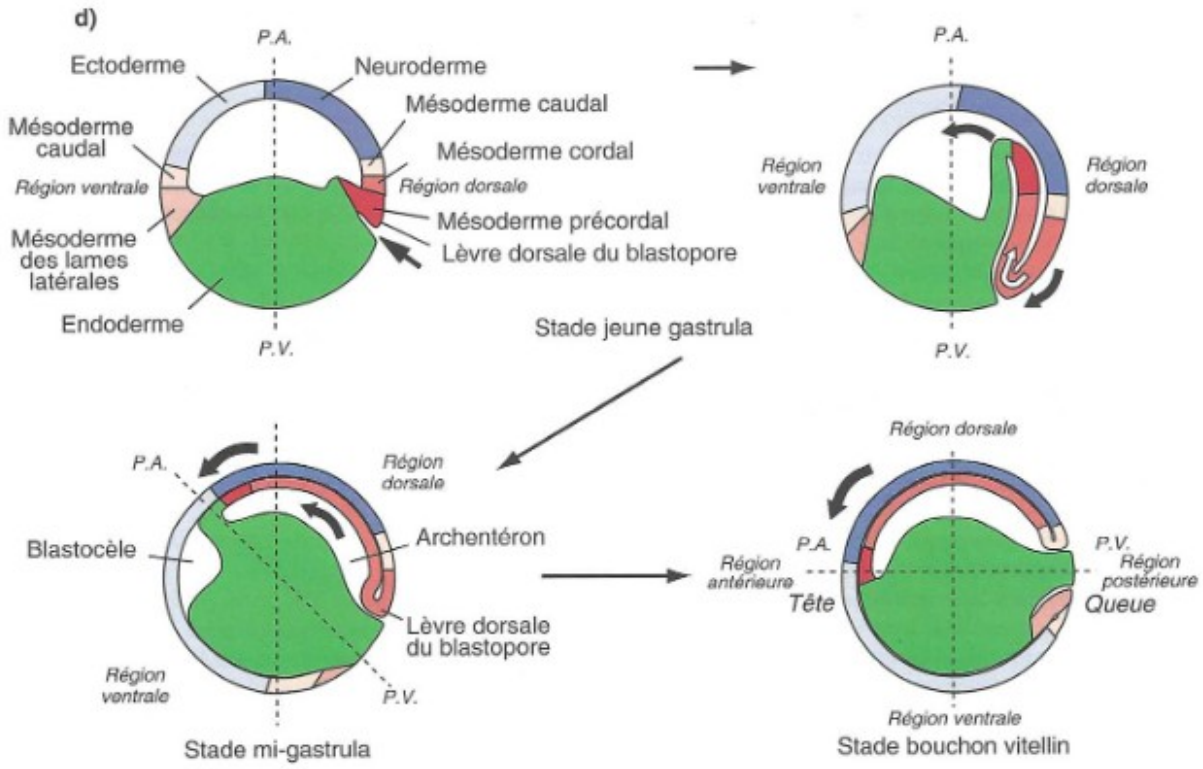
Document 11**
Les territoires présomptifs sur la blastula

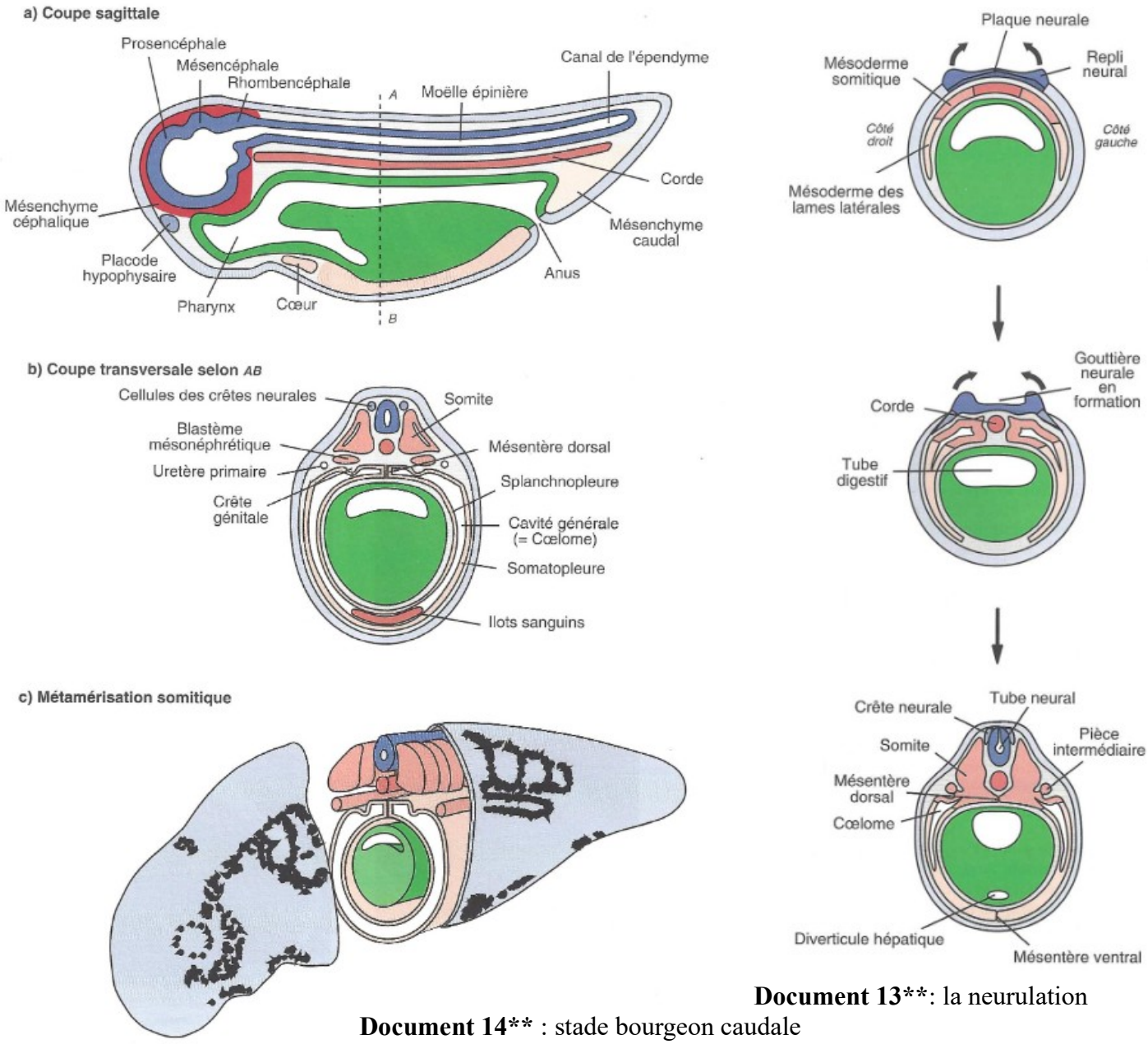




Document 12**
La gastrulation







Document 13**: la neurulation

Document 14** : stade bourgeon caudale

Document 15** : Devenir des 3 feuillets

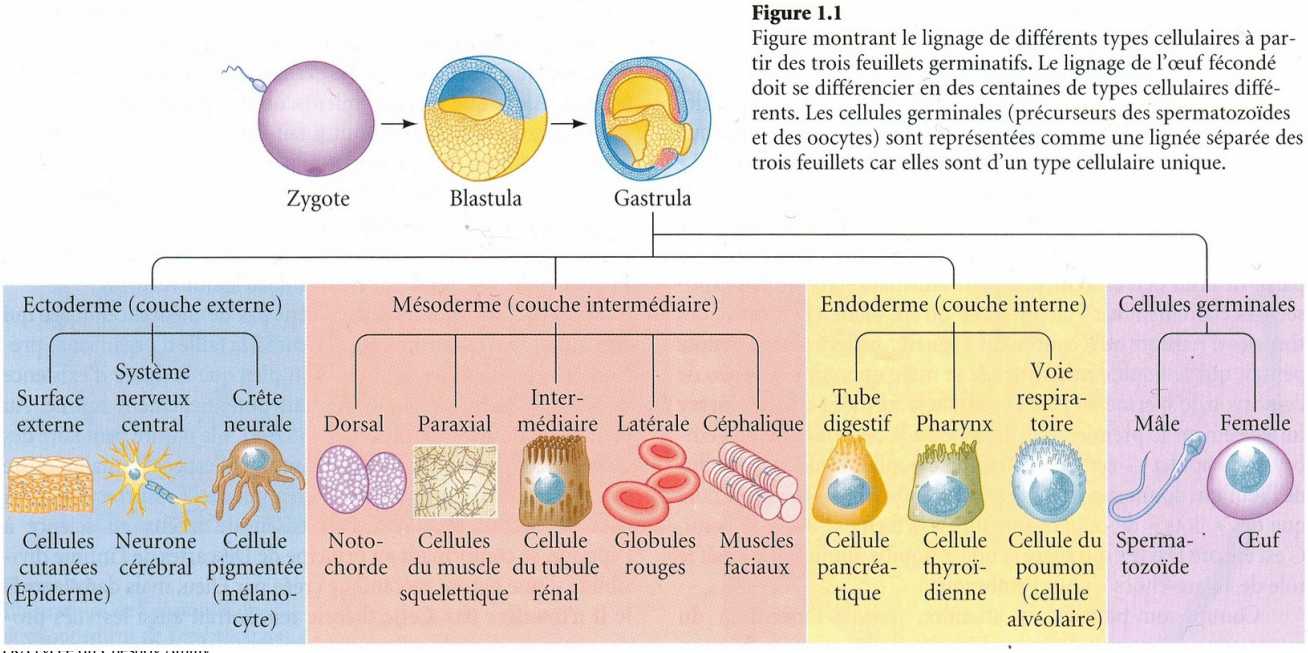


Figure 1.1
Figure montrant le lignage de différents types cellulaires à partir des trois feuillets germinatifs. Le lignage de l'œuf fécondé doit se différencier en des centaines de types cellulaires différents. Les cellules germinales (précurseurs des spermatozoïdes et des oocytes) sont représentées comme une lignée séparée des trois feuillets car elles sont d'un type cellulaire unique.

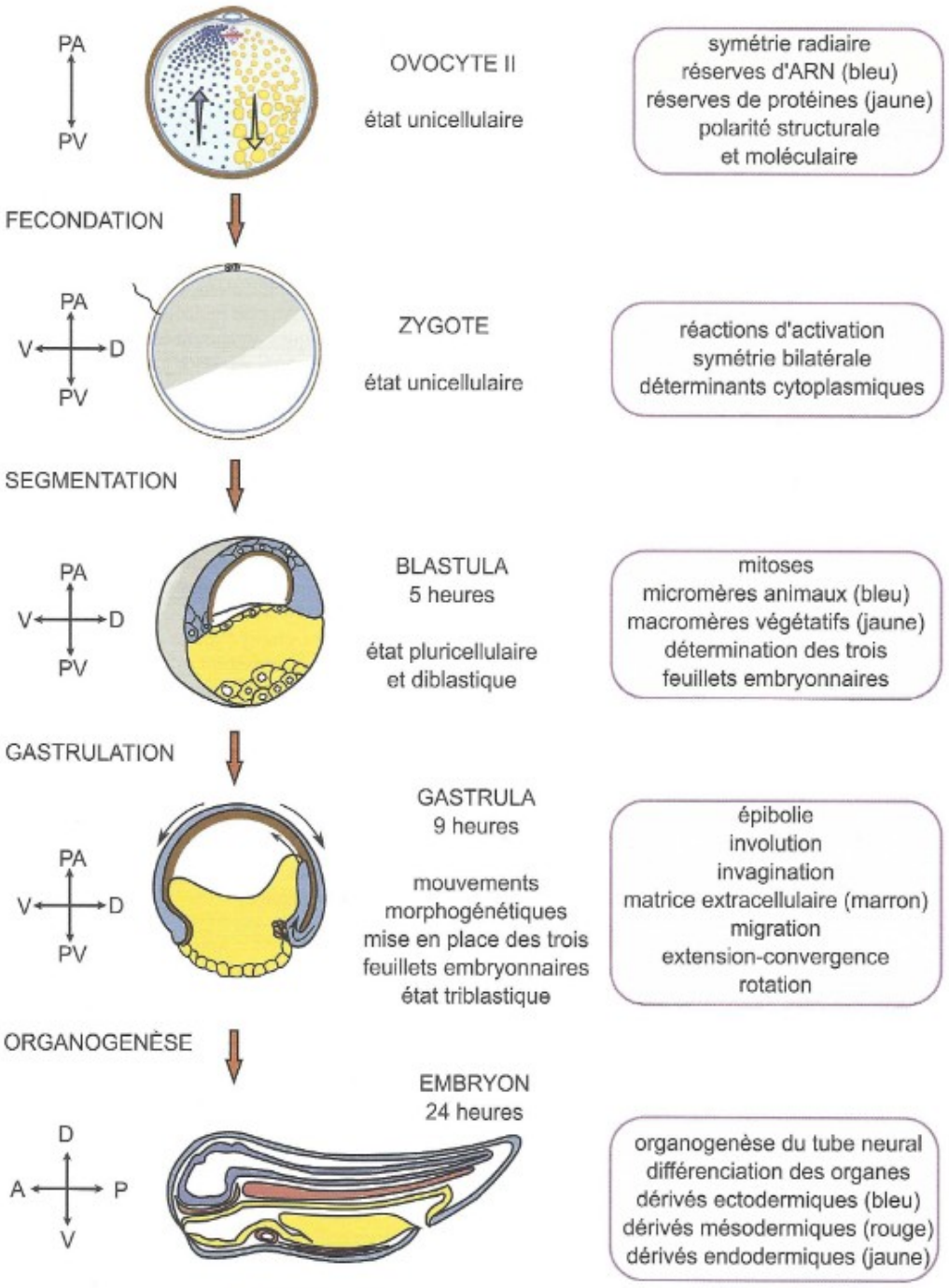


FIGURE DE SYNTHÈSE Représentation schématique des différentes étapes du développement embryonnaire.

Du zygote au bourgeon caudal, le développement embryonnaire se déroule suivant plusieurs étapes continues contrôlées dans l'espace et dans le temps pour mettre en place le plan d'organisation dorso-ventral et antéro-postérieur caractéristique des vertébrés. A : antérieur ; D : dorsal ; P : postérieur ; PA : pôle animal ; PV : pôle végétatif ; V : ventral.

Sujets d'oral associés

-De l'œuf à la larve chez la grenouille
-Déformations et mouvements cellulaire au cours du développement embryonnaire
grenouille
-L'organogenèse au cours du développement chez la grenouille
-Le mésoderme
-La mise en place des trois feuillets embryonnaires chez la grenouille
-Mise en place du plan d'organisation des vertébrés, à travers l'exemple de la grenouille
-Multiplication cellulaire et différenciation cellulaire : deux aspects fondamentaux du développement d'un organisme pluricellulaire

Glossaire

Amphibien : groupe monophylétique de vertébrés dont le cycle biologique est généralement divisé en une phase larvaire aquatique et une phase adulte plutôt aérienne, séparées par une métamorphose. On distingue les gymnophiones (dépourvus de membres), les urodèles (pourvus d'une queue : tritons, salamandres, etc.) et les anoures (dépourvus de queue : grenouilles, crapauds, etc.).

archentéron : cavité formée au cours de la gastrulation et entourée par l'endoderme, à l'origine de la lumière du tube digestif.

blastocèle : cavité remplie de liquide située dans la blastula.

blastopore : orifice résultant de l'invagination et de l'enfoncement des cellules au cours de la gastrulation. Il fait ainsi communiquer l'archentéron avec l'extérieur. Il est à l'origine de la bouche chez les protostomiens, de l'anus chez les deutérostomiens (dont les vertébrés).

blastula : nom donné à l'embryon en fin de segmentation.

blastomère : nom donné aux cellules de l'embryon au cours de la segmentation.

bouchon vitellin : peu avant la fin de la gastrulation, cellules endodermiques non internalisées formant un cercle au niveau du blastopore.

carte des territoires présomptifs : représentation, sur un embryon à un stade précoce, du devenir des cellules correspondantes. La plus connue est la représentation des feuillets embryonnaires sur une gastrula, mais il existe de nombreuses cartes des territoires présomptifs à de multiples stades du développement.

chorde ou **notochorde** : organe permettant un soutien par turgescence, présent au stade embryonnaire chez les vertébrés.

croissant gris : zone dépigmentée de l'hémisphère animal de l'ovocyte, située à l'opposé du point d'impact du spermatozoïde et correspondant au futur dos de l'embryon.

crêtes neurales : cellules ectodermiques internalisées avec le neuroderme au cours de la neurulation, à l'origine de nombreux tissus (squelettes facial, quelques glandes endocrines, méninges, système nerveux périphérique, etc.).

ectoderme : feuillet embryonnaire externe de l'embryon, à l'origine de l'épiderme, du système nerveux, etc.

embolie ou **involution** : mouvement d'enfoncement et d'enroulement des cellules au niveau du blastopore au cours de la gastrulation.

embryon : organisme en développement pendant la période qui s'étend de la formation de la cellule-œuf ou zygote jusqu'à son autonomie (naissance ou éclosion chez les métazoaires).

endoderme : feuillet embryonnaire interne de l'embryon, à l'origine de l'essentiel des appareils digestif et respiratoire.

épibolie : mouvement d'étalement et de recouvrement réalisé par l'ectoderme au cours de la gastrulation.

feuillet embryonnaire : ensemble de cellules s'organisant au cours de la gastrulation, dont le devenir diffère des cellules des autres feuillets.

mésoderme : feuillet embryonnaire intermédiaire (situé entre l'ectoderme et l'endoderme en fin de gastrulation), à l'origine du squelette, du derme, des muscles, des vaisseaux et cellules sanguines, de l'appareil uro-génital, etc.

neuroderme : partie spécialisée de l'ectoderme d'un embryon, à l'origine en particulier du système nerveux.

œuf : structure pondue par la femelle chez les espèces ovipares, contenant le gamète femelle, la cellule-œuf ou l'embryon, des réserves, et entourée par une coquille.

plan d'organisation : disposition relative des éléments constituant un organisme (notamment des organes par rapport aux axes de polarité). On peut ainsi définir des relations d'homologie (organes occupant la même place dans le plan d'organisation).

plan sagittal : plan séparant les moitiés gauche et droite d'un animal à symétrie bilatérale.

pôle animal : zone de l'ovocyte des amphibiens caractérisée par la présence du noyau et de pigments corticaux, correspondant à l'avant du futur embryon.

pôle végétatif : zone de l'ovocyte des amphibiens caractérisée par la présence de vitellus, correspondant à l'arrière du futur embryon.

rotation d'équilibration : phénomène de rotation de l'ovocyte suite au soulèvement de l'enveloppe vitelline (ou de fécondation), entraînant le positionnement du pôle animal vers le haut, et celui du pôle végétatif (plus dense) vers le bas.

rotation de symétrisation : phénomène de rotation de 30 du cytoplasme cortical de l'ovocyte suite à la fécondation, permettant de déterminer l'axe dorso-ventral du futur embryon.

somites : amas de cellules issues du mésoderme somitique, se différenciant en **dermatome** à l'origine du derme dorsal, **sclérotome** à l'origine des os du tronc, et **myotome** à l'origine des muscles dorsaux.

transition blastuléenne : étape de la segmentation à partir de laquelle les divisions ne sont plus synchronisées et où l'embryon exprime ses propres gènes (et n'utilise plus les ARN messagers maternels).

tube neural : structure formée au cours de la neurulation par l'internalisation du neuroderme, à l'origine du système nerveux central.

vitellus : réserves accumulées dans l'ovocyte et utilisée par l'embryon au cours de son développement. Sa répartition et son abondance dépendent de l'espèce. Chez les vertébrés, il est surtout composé d'une glycolipoprotéine, la vitellogénine.