

Biologie - Partie II - L'organisme : un système en interaction
avec son environnement

Partie IID - Ontogenèse et reproduction

Chapitre 2

Le développement d'un organisme animal

Développements direct et indirect



Vache : développement direct

Fécondation

Naissance

Puberté



Ontogenèse

Grenouille : développement indirect

Fécondation

Éclosion

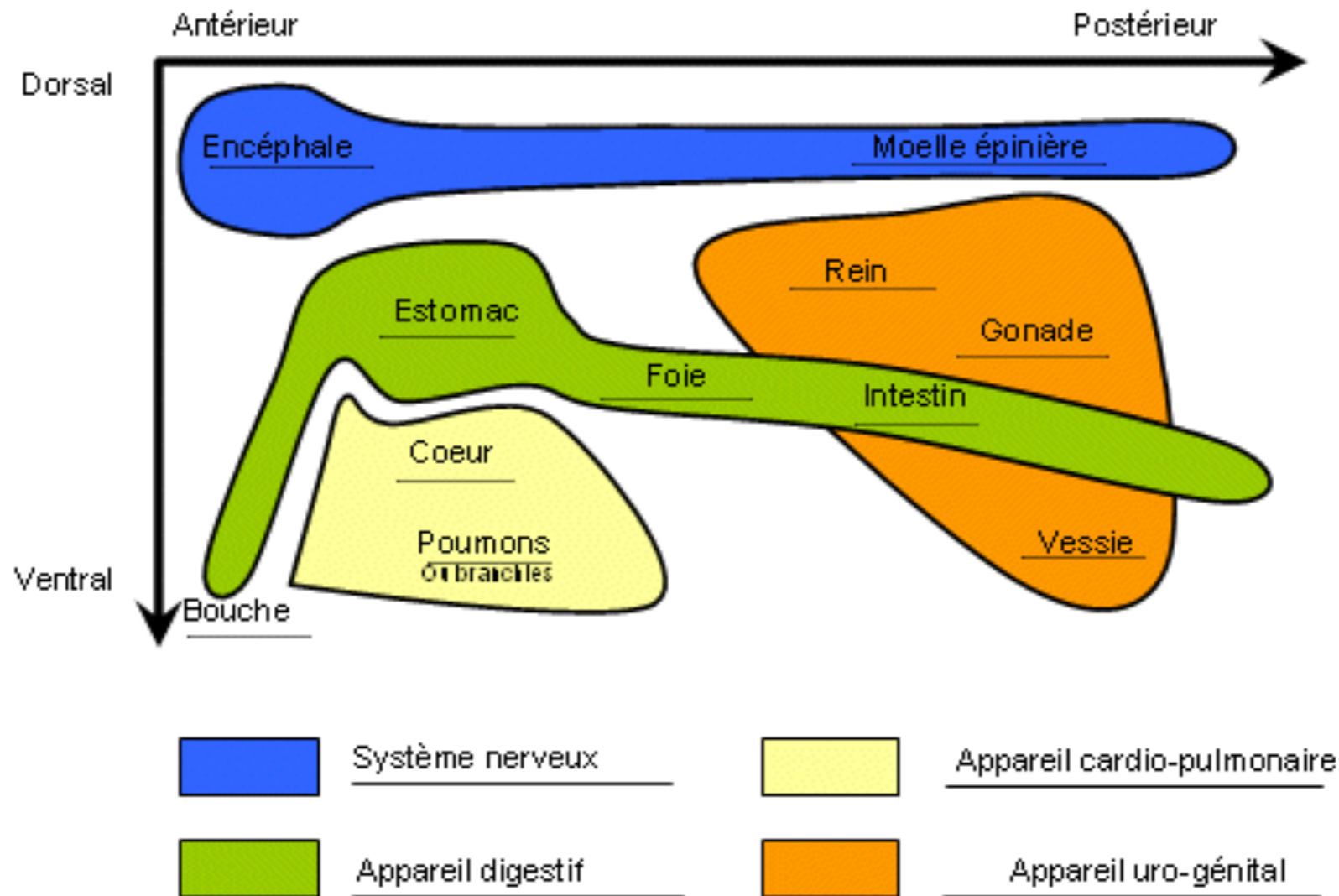
Puberté



Ontogenèse

Plan d'organisation d'un Vertébré

Rappel du lycée

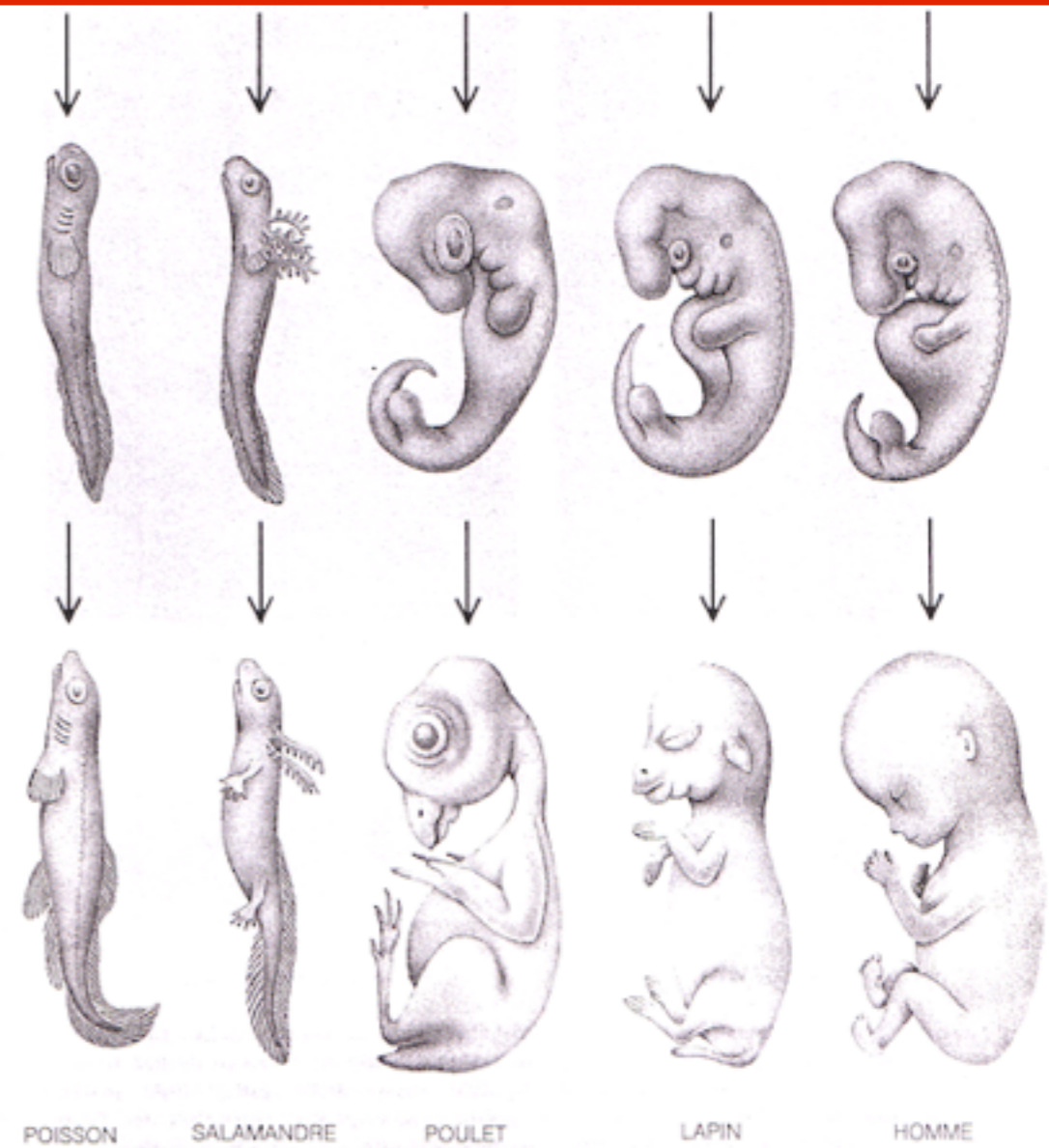
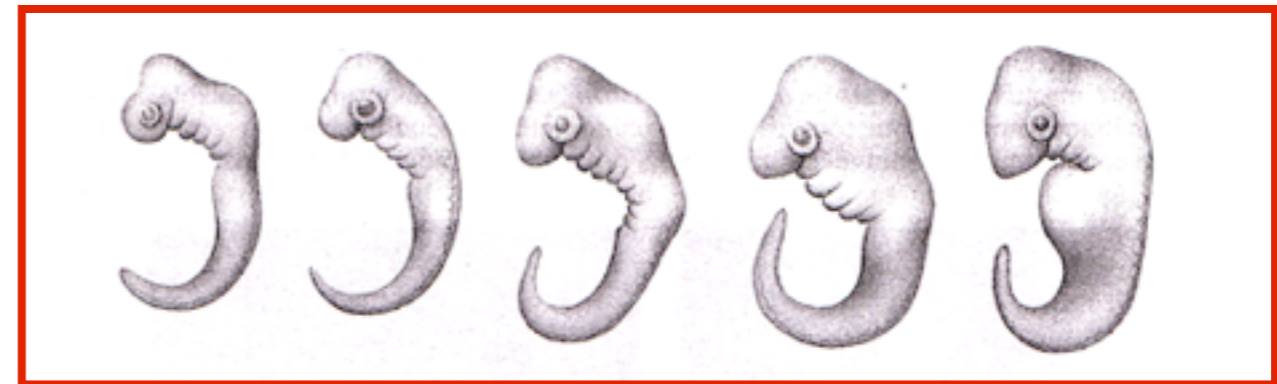
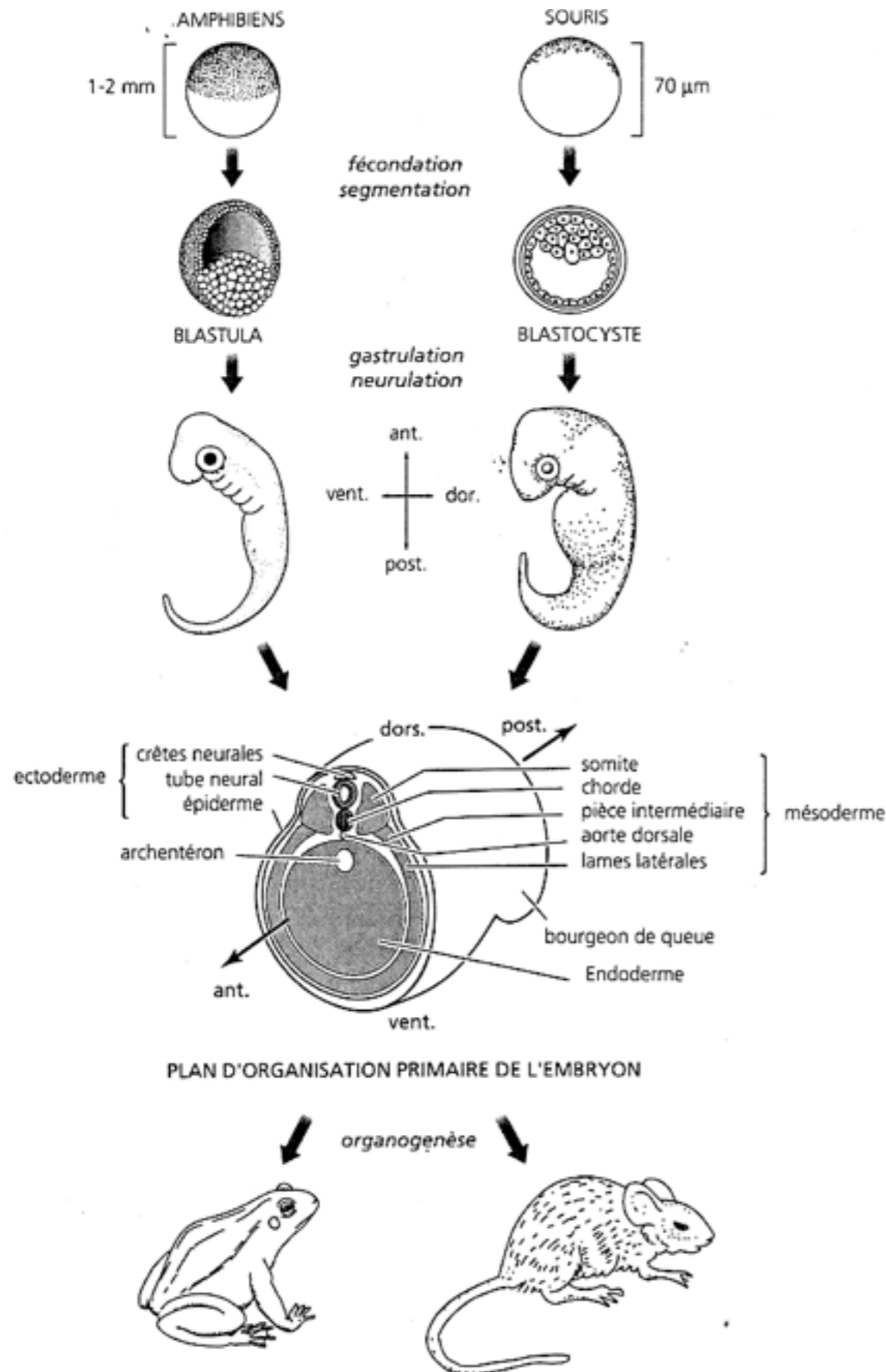


Plan d'organisation interne des vertébrés

3 axes et des organes disposés selon ces axes

Le plan d'organisation primaire des Vertébrés

Une unité chez les Vertébrés : le **stade bourgeon caudal**

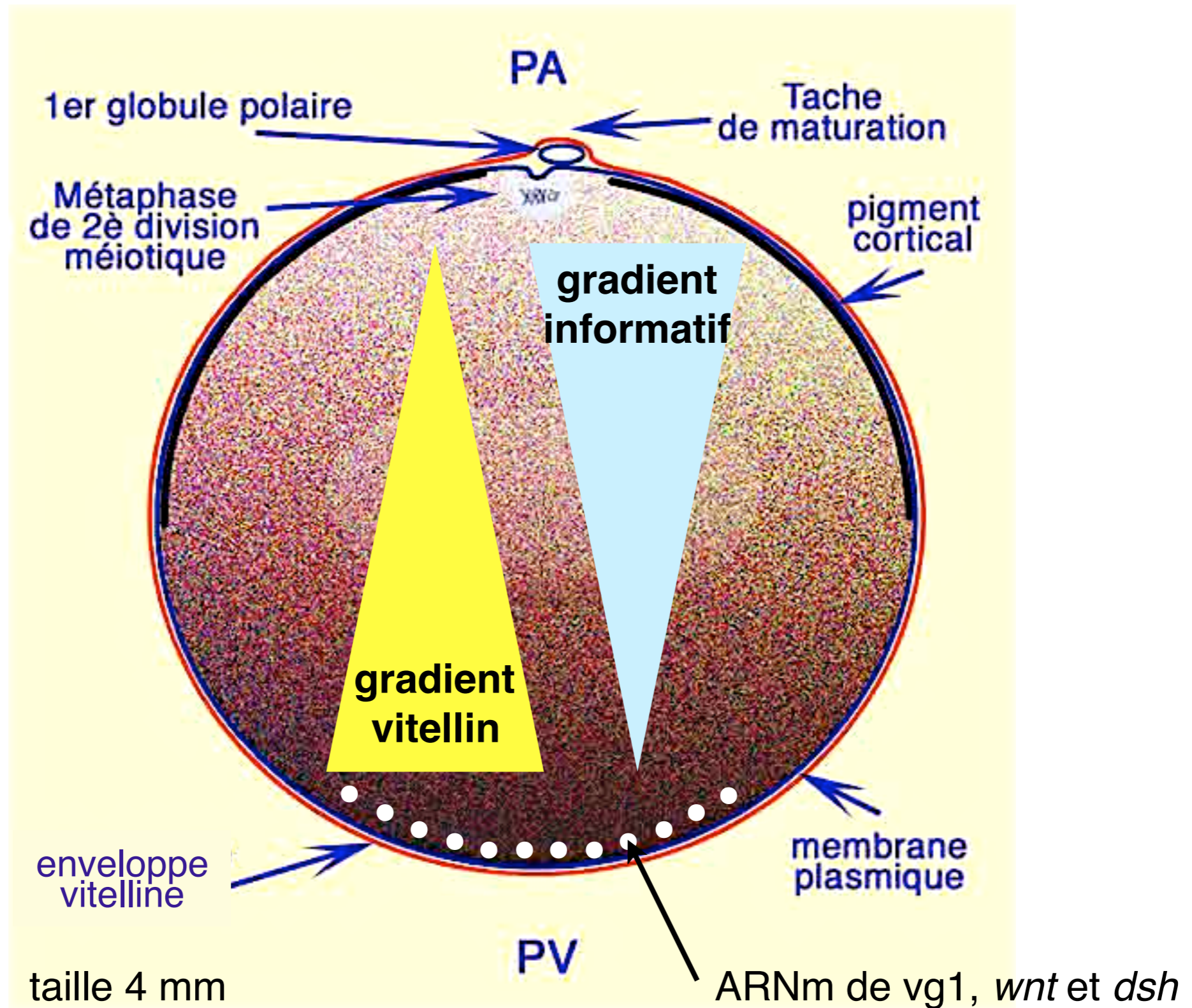


1. La segmentation : vers un individu pluricellulaire polarisé

1.1. La segmentation : une multiplication cellulaire

a) La cellule-œuf, un individu unicellulaire

L'ovocyte II de Xénope

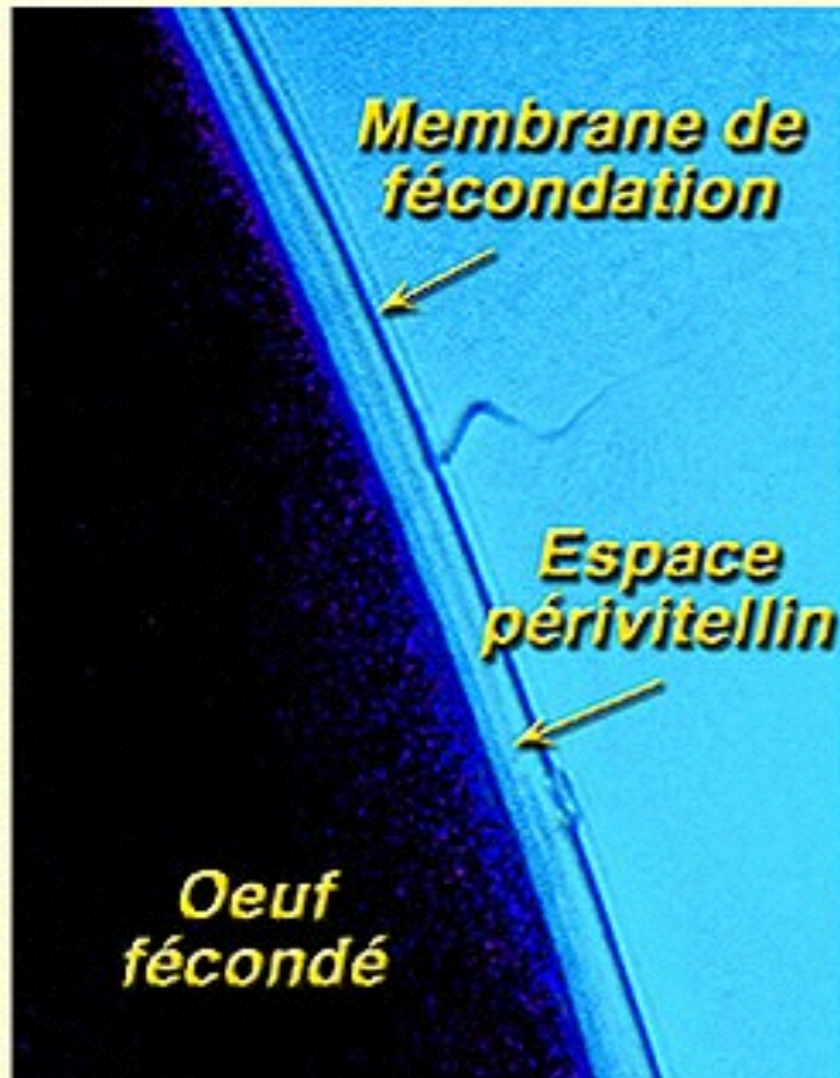


1.1. La segmentation : une multiplication cellulaire

b) Les événements découlant de la fécondation

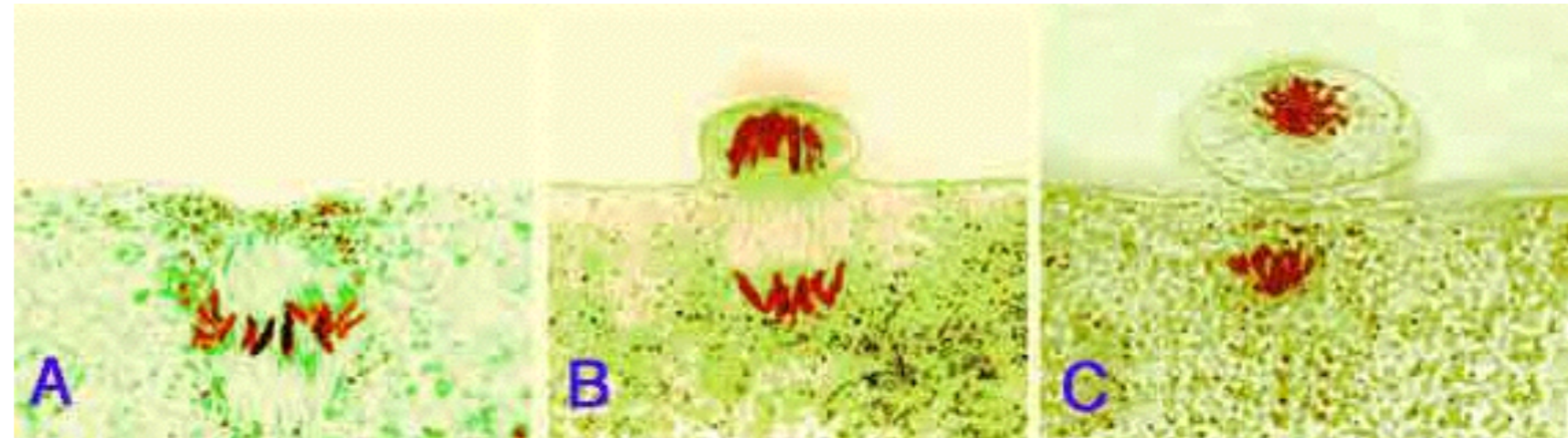
La fécondation

Arrivée du spermatozoïde : conséquences

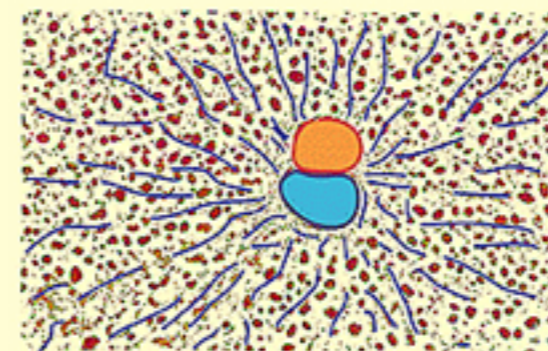
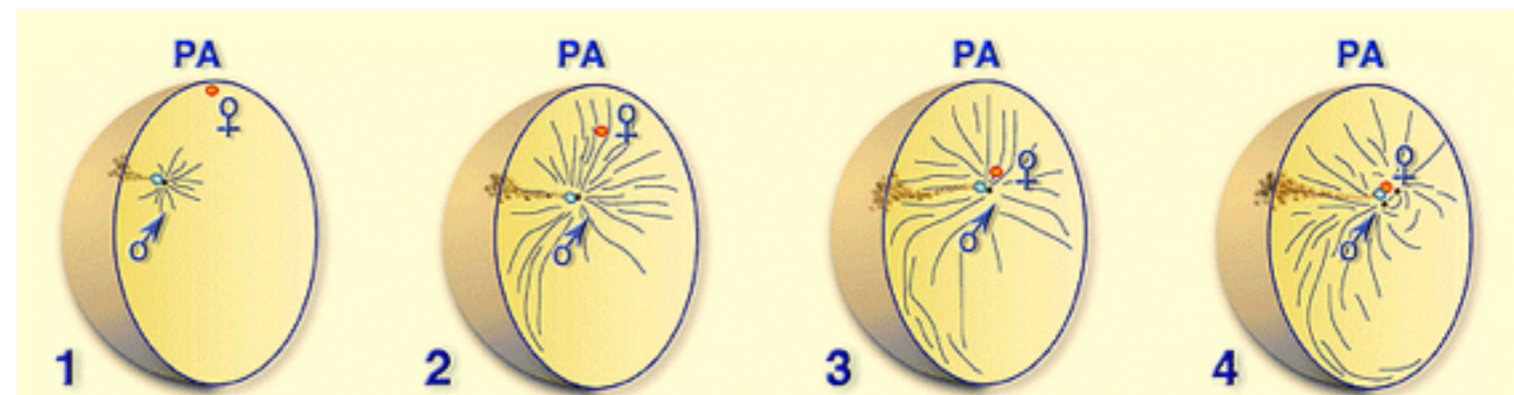


Décollement de l'enveloppe vitelline

enveloppe vitelline devient membrane de fécondation



Fin de méiose pour l'ovocyte II



Caryogamie

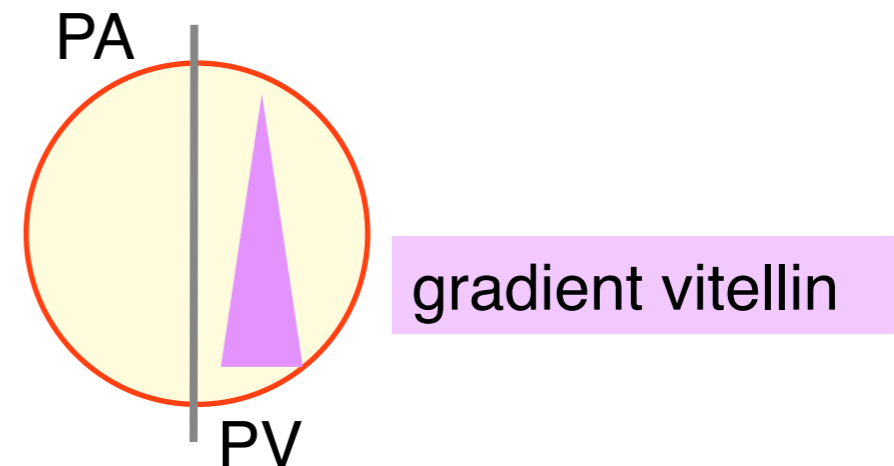
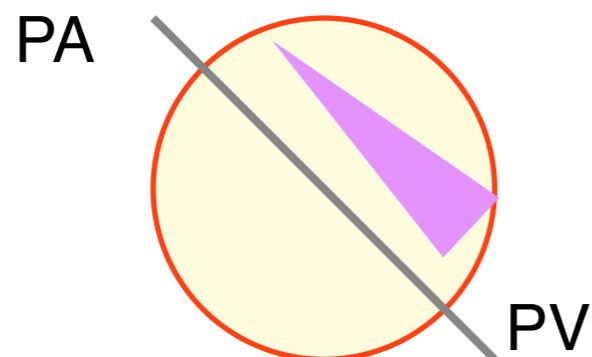
La rotation d'équilibration

Le décollement de l'enveloppe vitelline induit une rééquilibration selon la pesanteur : cela ne participe pas à la mise en place des axes de polarité.

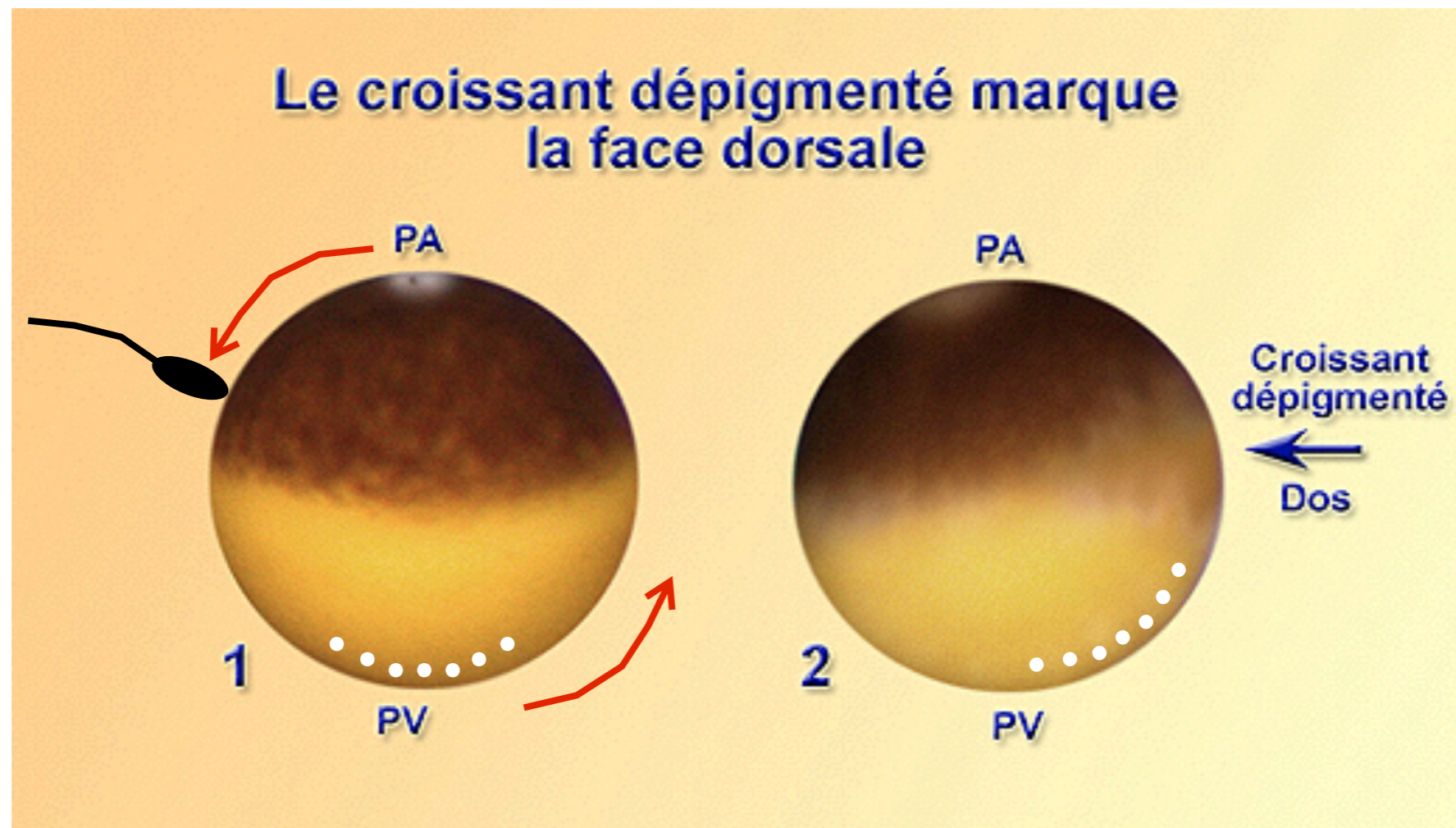


Orientation aléatoire avant fécondation

Cellules-œufs après rotation d'équilibration



La rotation corticale

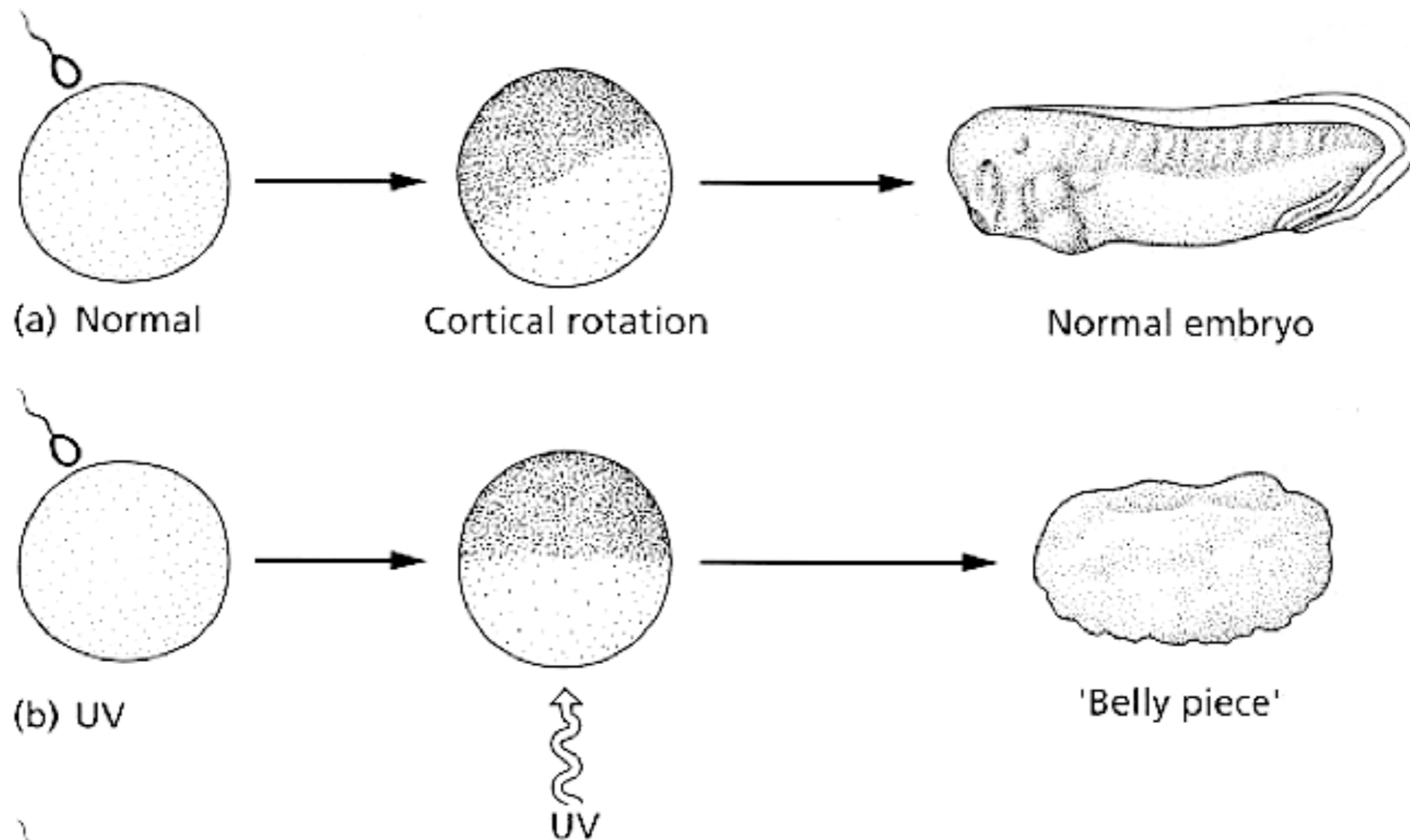


basculement de 30° du cytosol sous-membranaire

=> zone pigmentée déplacée de 30° laissant un croissant gris

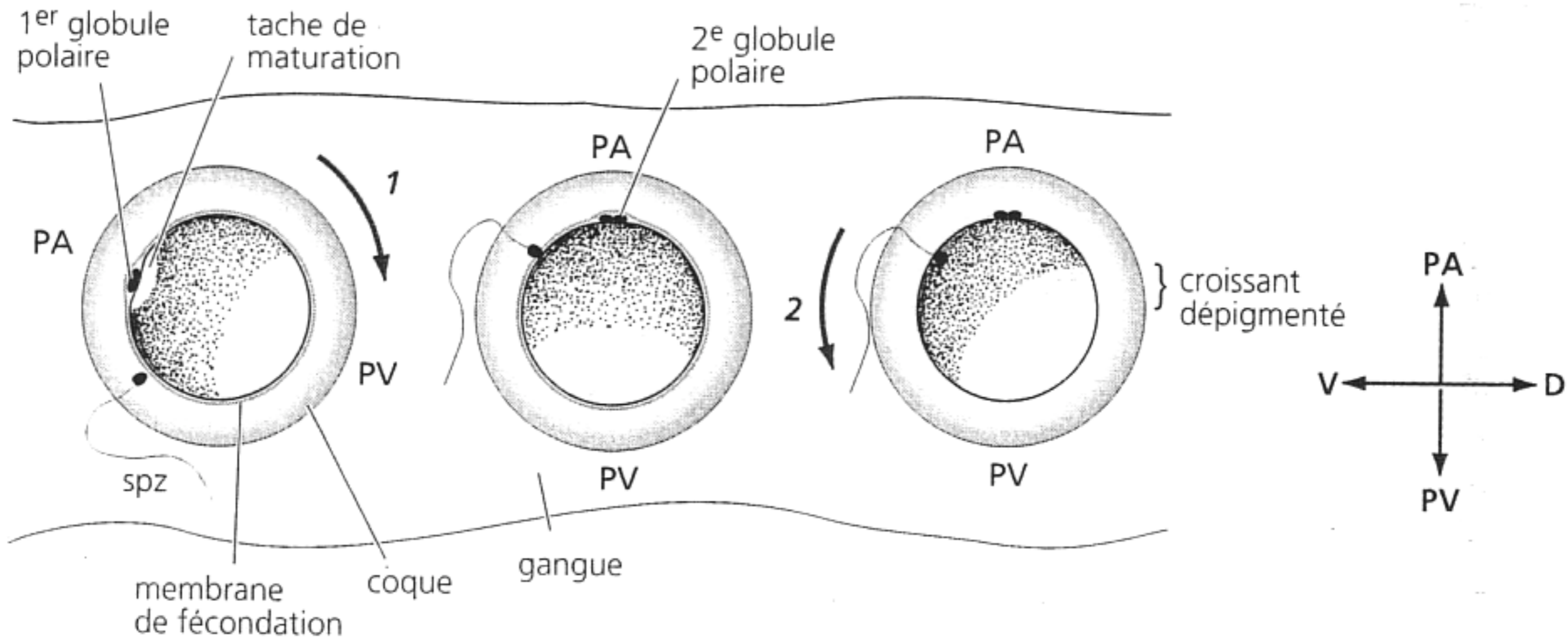
=> l'ARNm de *vg1* se concentre dans le futur dos

Approche expérimentale



Les rayons UV empêchent la rotation corticale

Bilan : les deux rotations



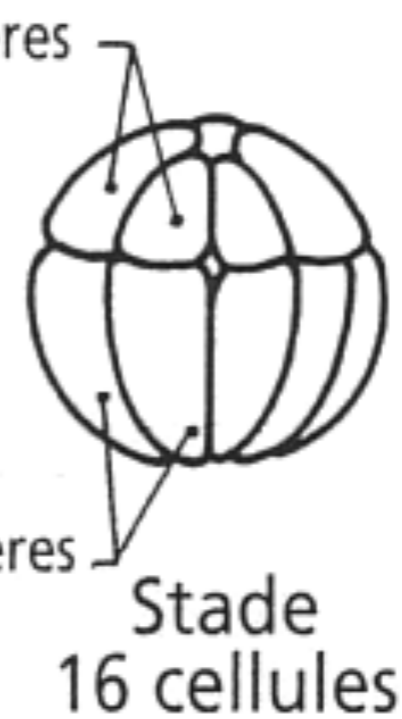
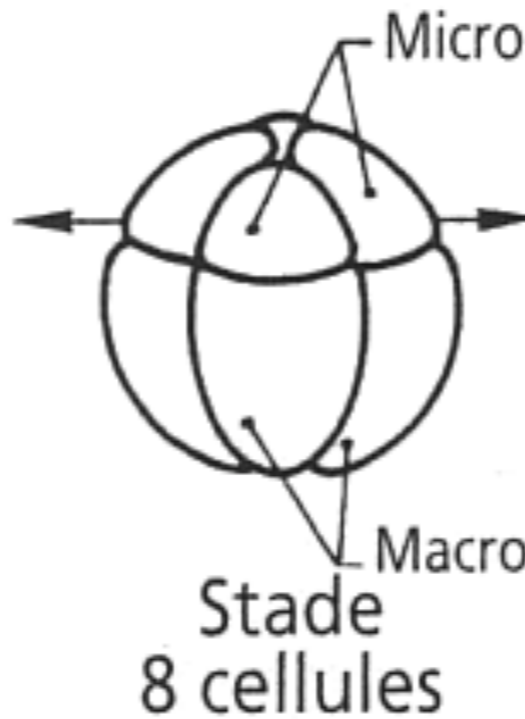
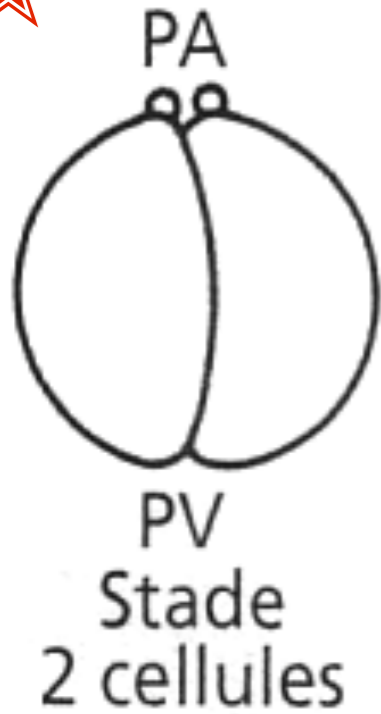
rotation
d'équilibration

rotation
corticale

1.1. La segmentation : une multiplication cellulaire

c) La segmentation : des divisions sous contrôle

La segmentation



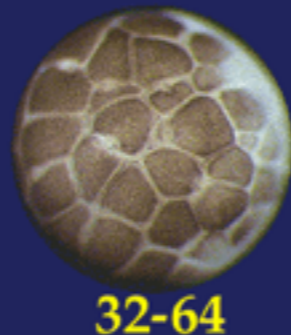
8



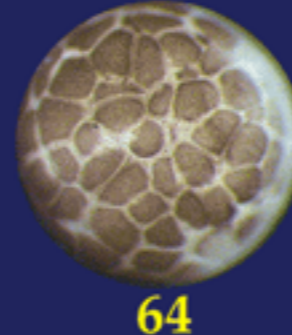
16



32



32-64



64



64-128



128

Les stades morulas : 2 à 128 cellules

La segmentation



6 cycles réduits
S-M

5 cycles réduits
S-M

à partir du 12^{ème}
cycle: G1-S-G2-M

MORULA

apparition du
blastocœle

BLASTULA

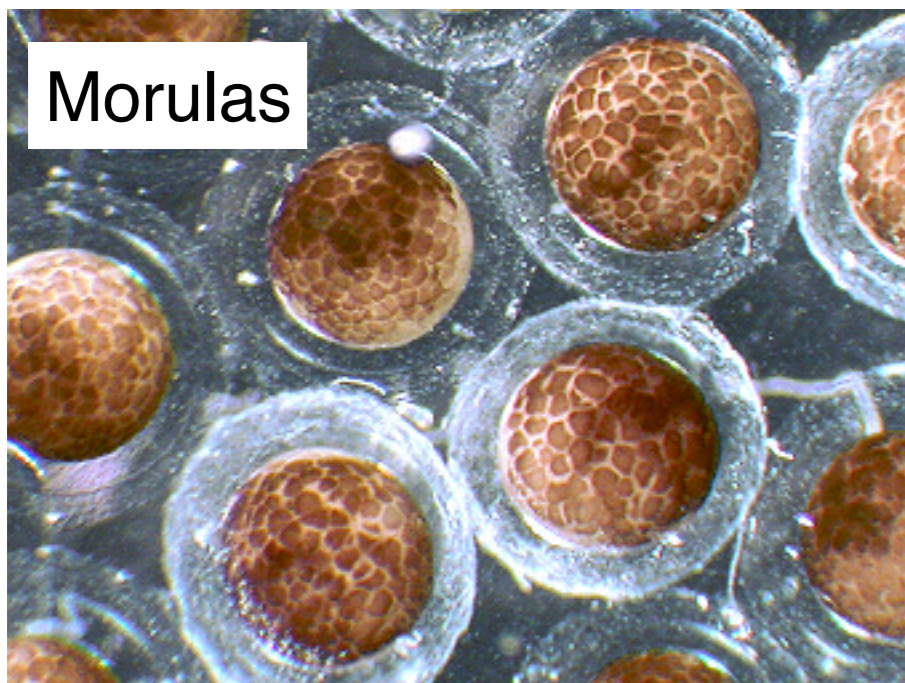
transition
blastuléenne

Cellule-
œuf

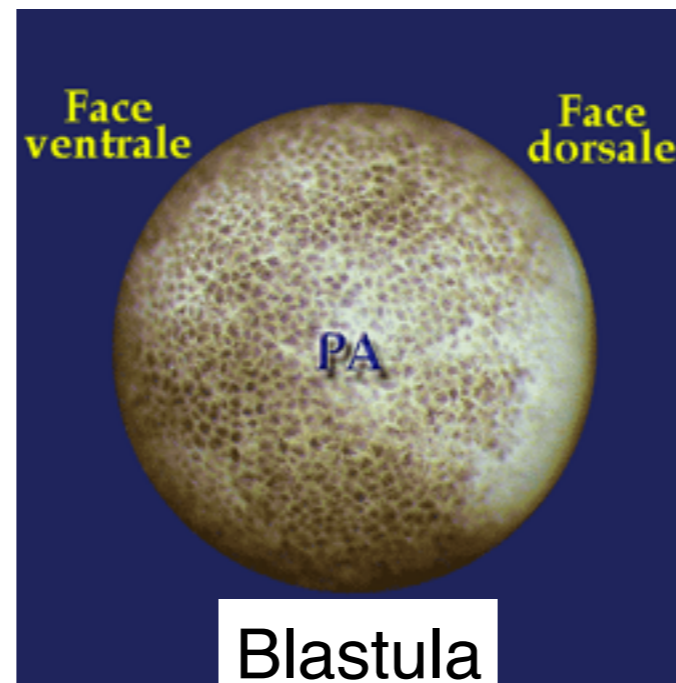
les gènes de l'embryon
commencent
à s'exprimer

stade
128 cellules

stade
2 048 cellules

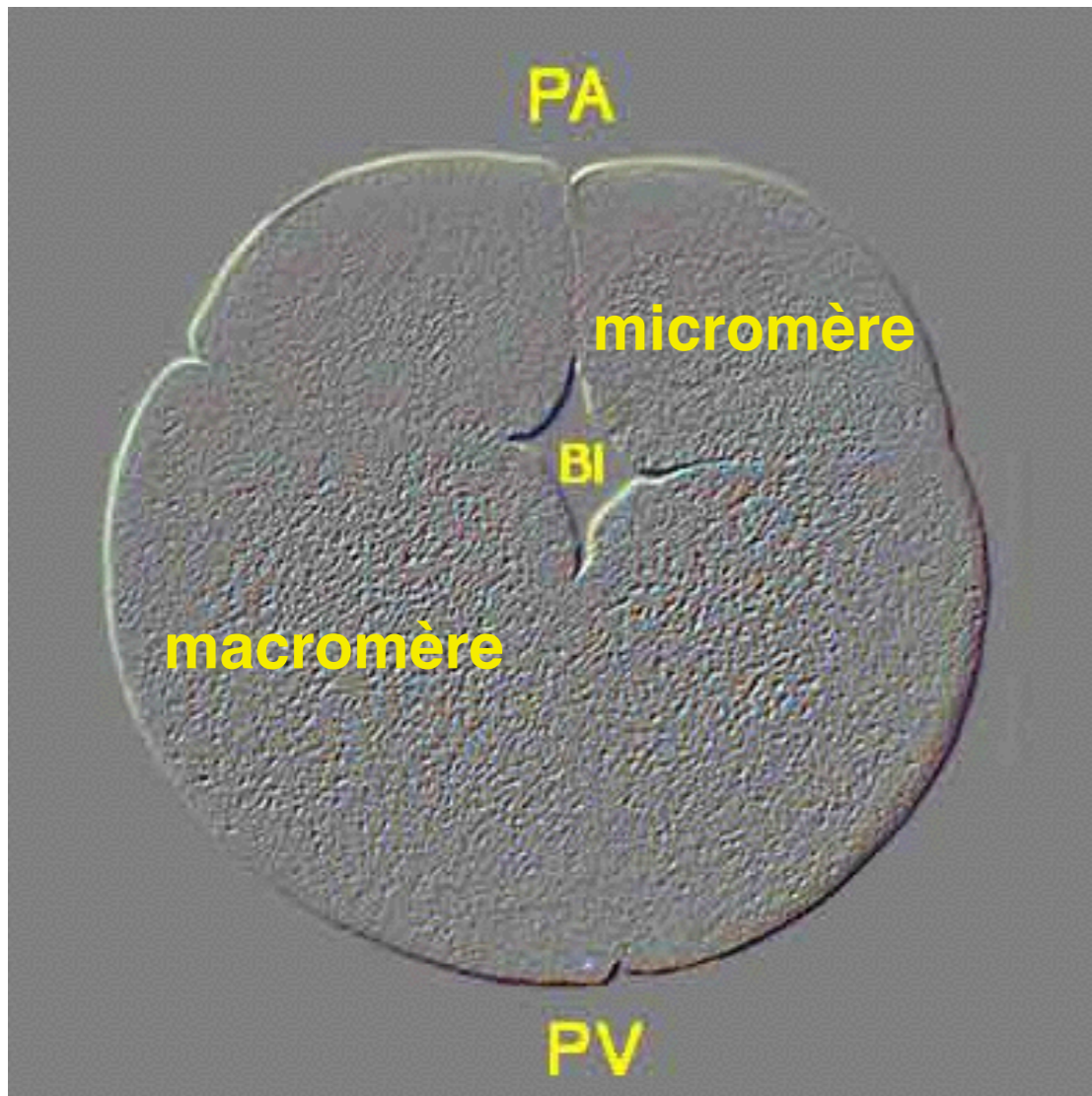


Morulas

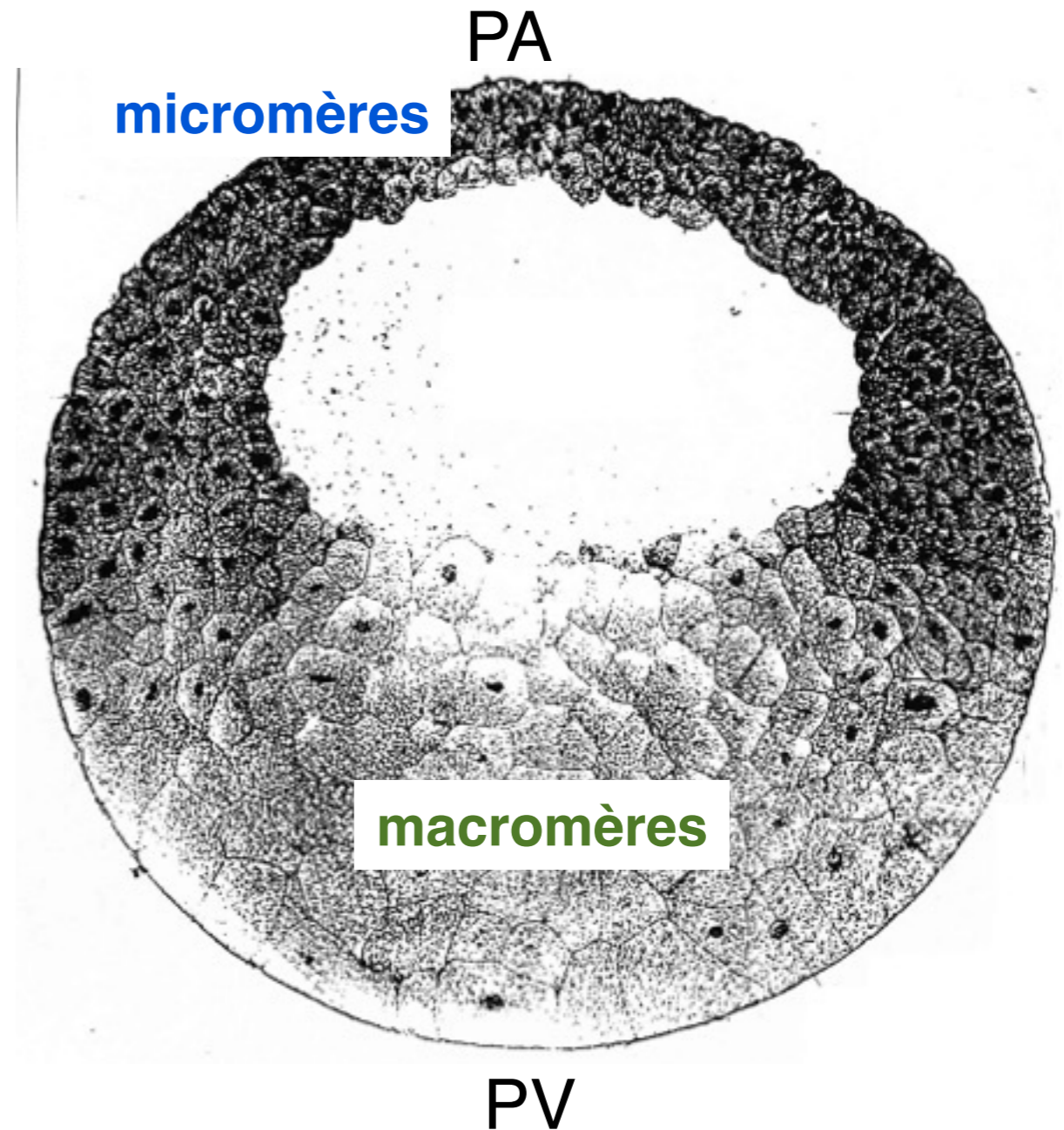


Blastula

Le blastocèle = blastocœle

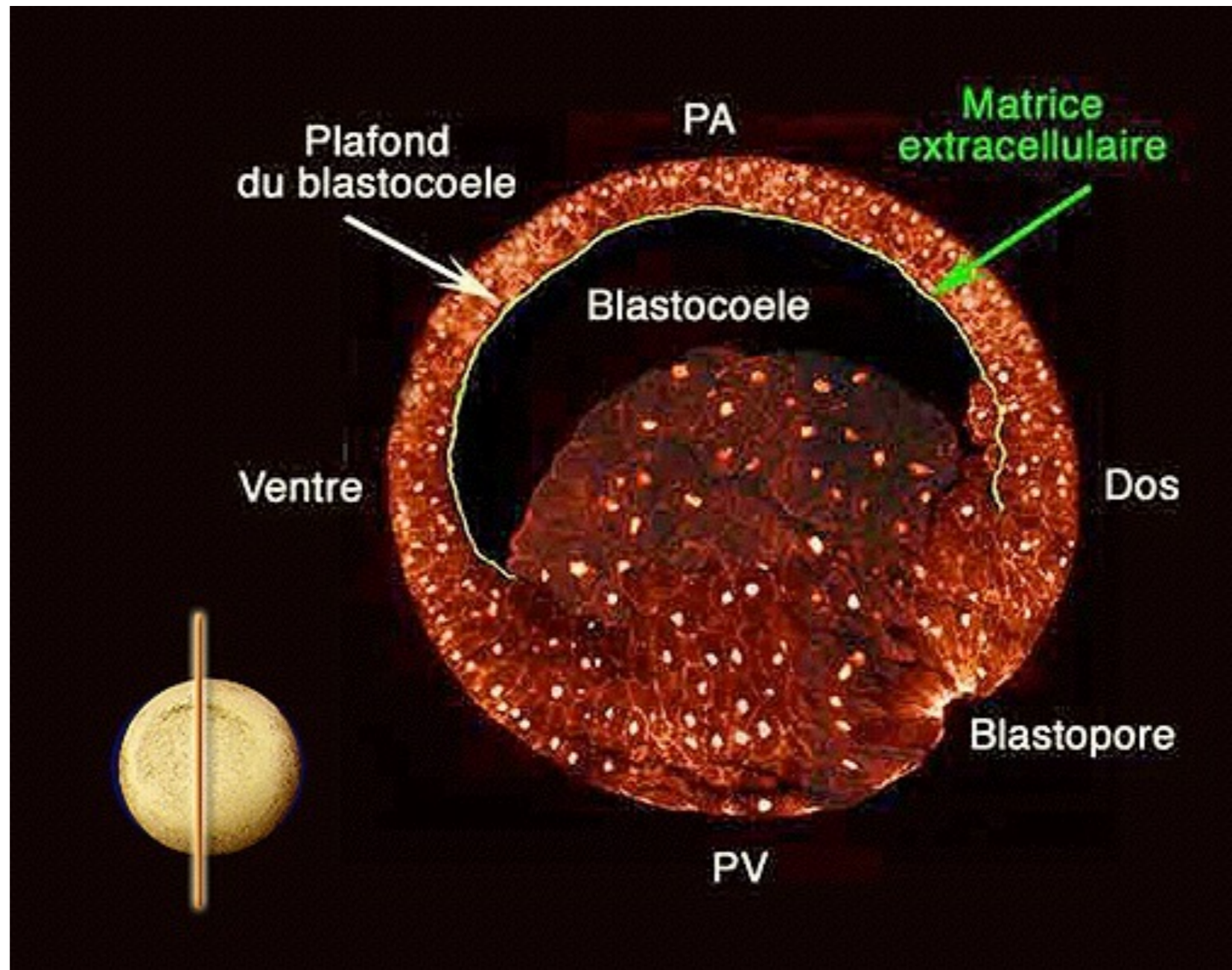


Apparition d'un décollement
dès le stade 8 cellules

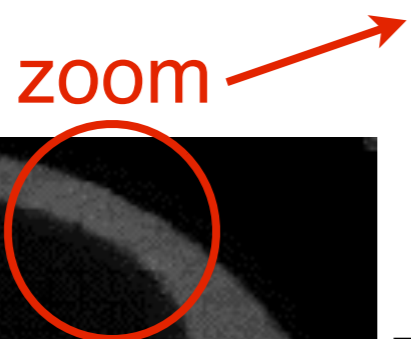
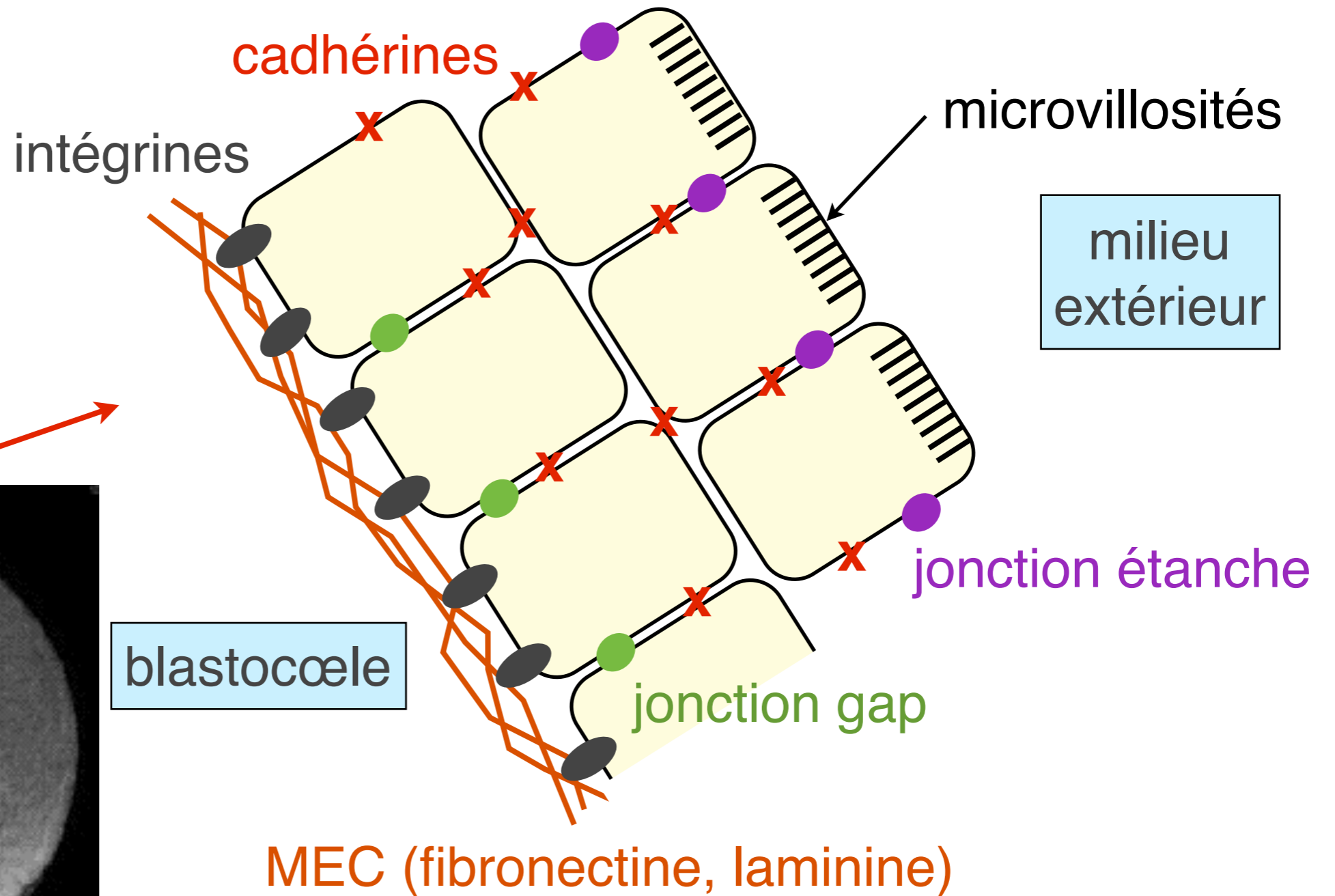


Blastocœle en fin de
segmentation

Blastula et matrice extra-cellulaire



Une matrice extracellulaire



Détail des micromères

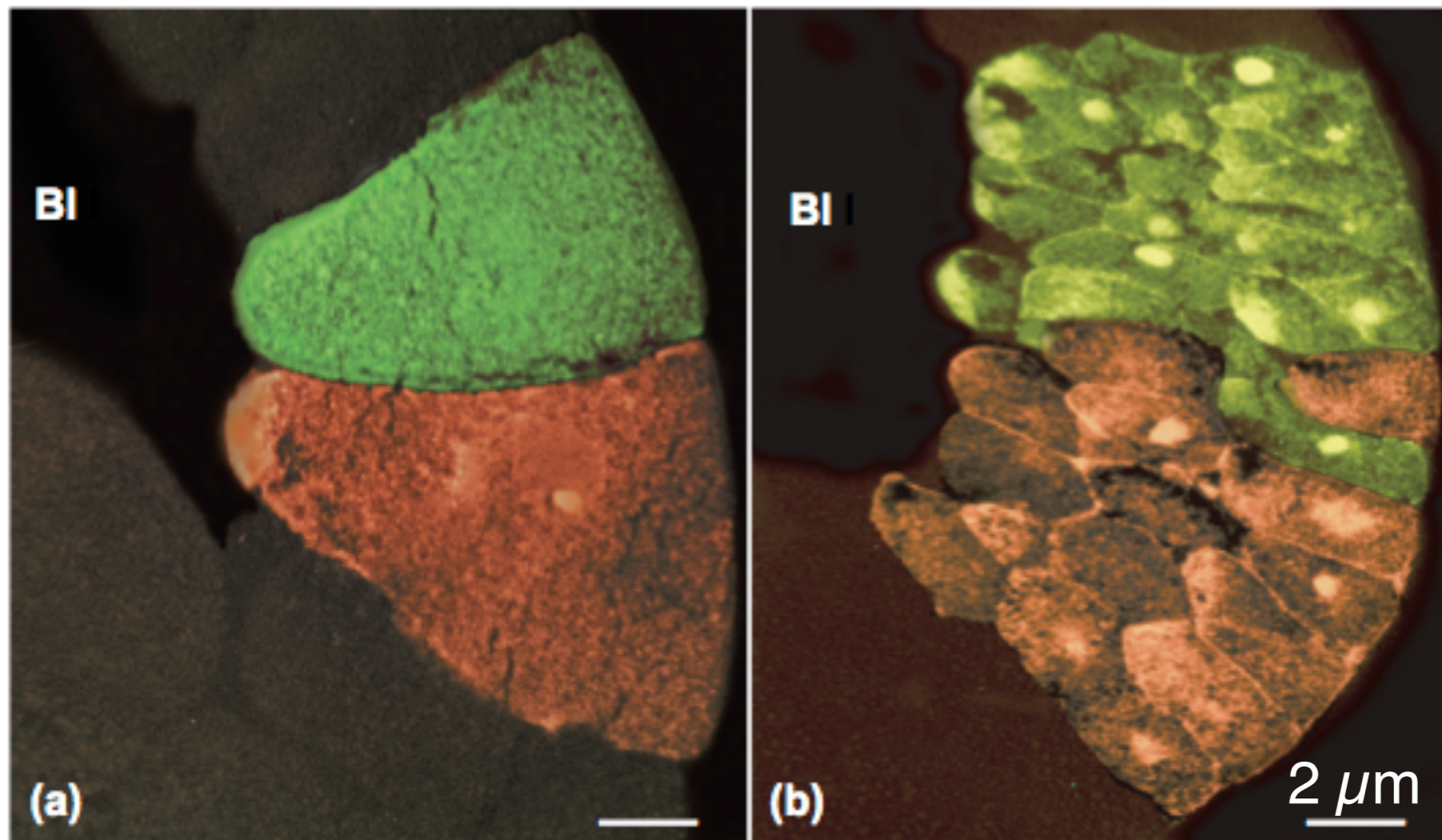
2 ou 3 couches de cellules selon l'espèce

1.2. Apparition des 3 feuillets fondateurs au cours de la segmentation

a) Les 3 feuillets fondateurs

Carte des territoires présomptifs

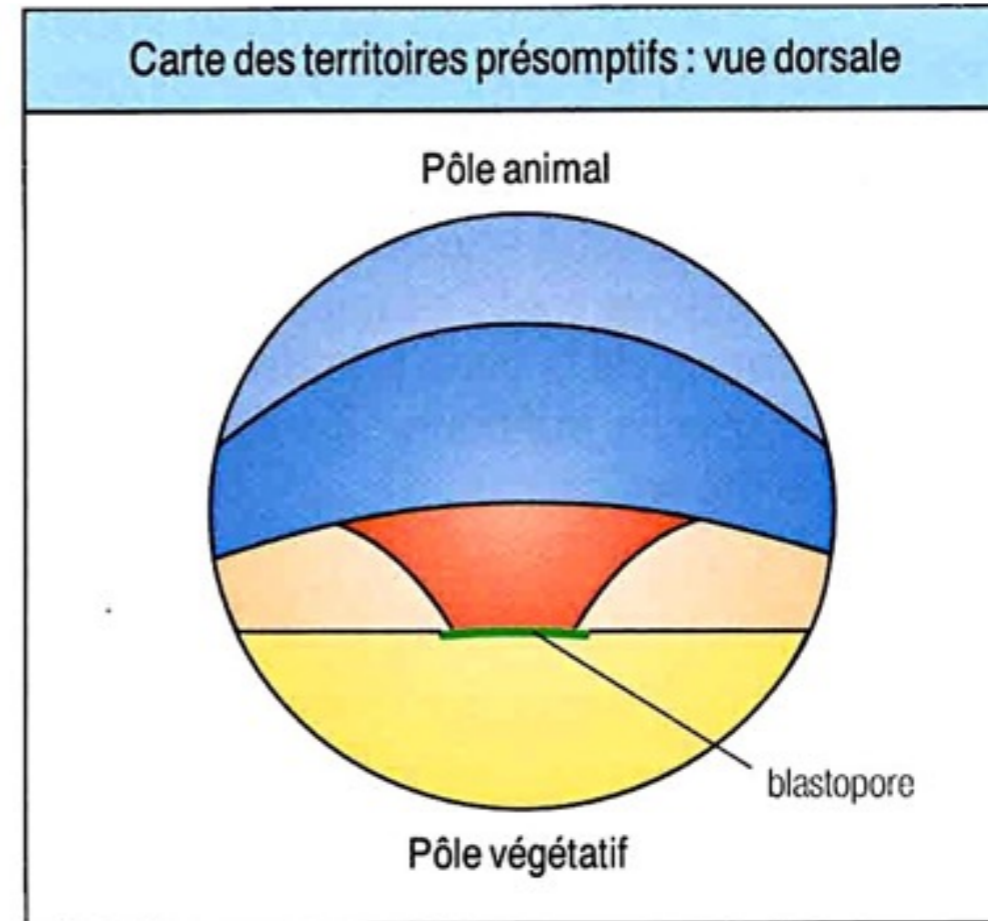
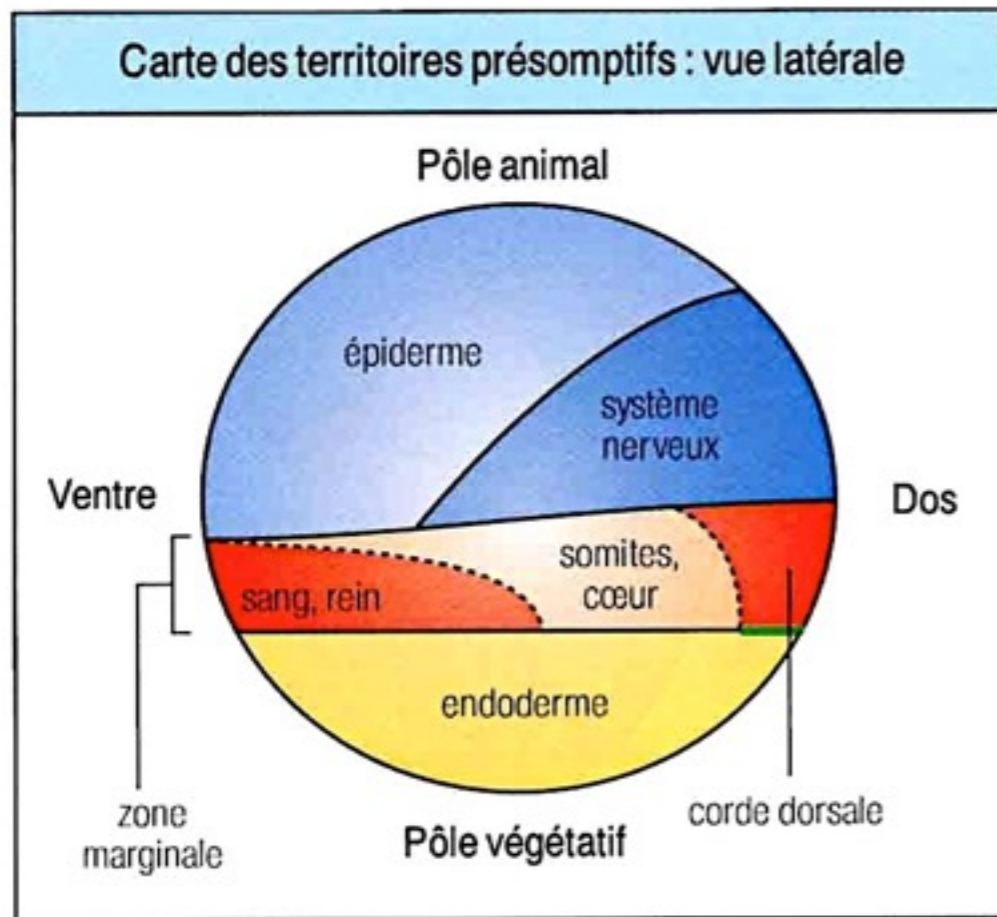
Technique de lignage cellulaire



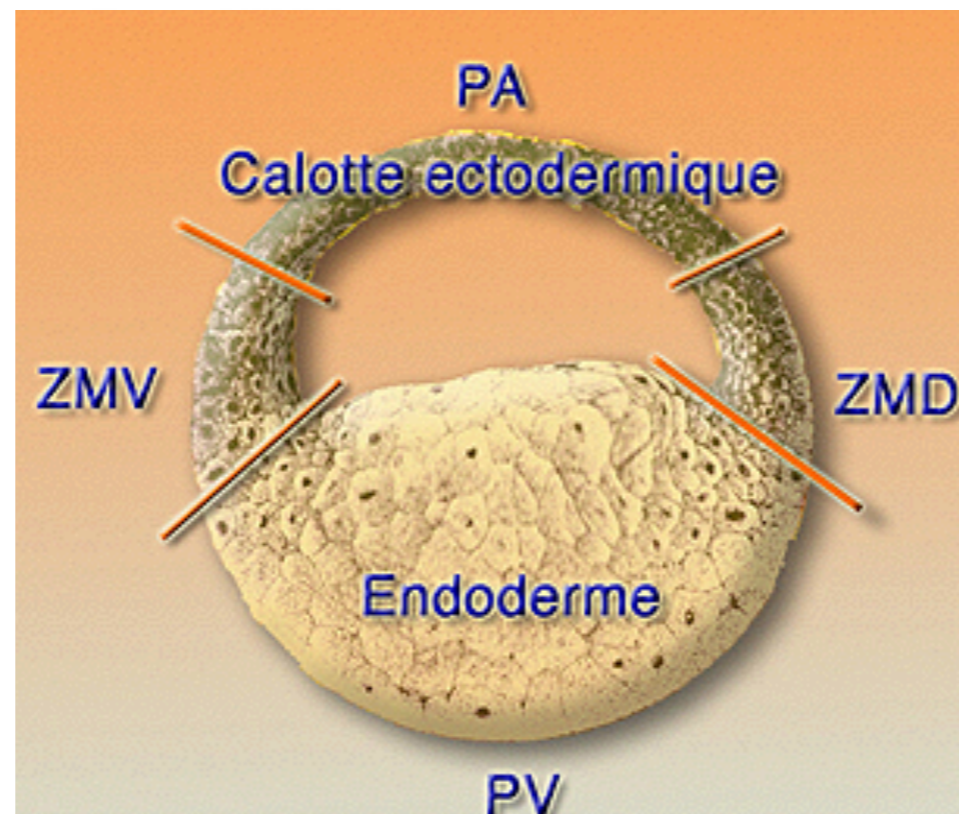
injection de 2
marqueurs
fluorescents au stade
64 cellules

résultat en fin de
segmentation

Résultat : la carte des territoires présomptifs



La blastula a donc 3 régions



ZM = zone marginale futur mésoderme

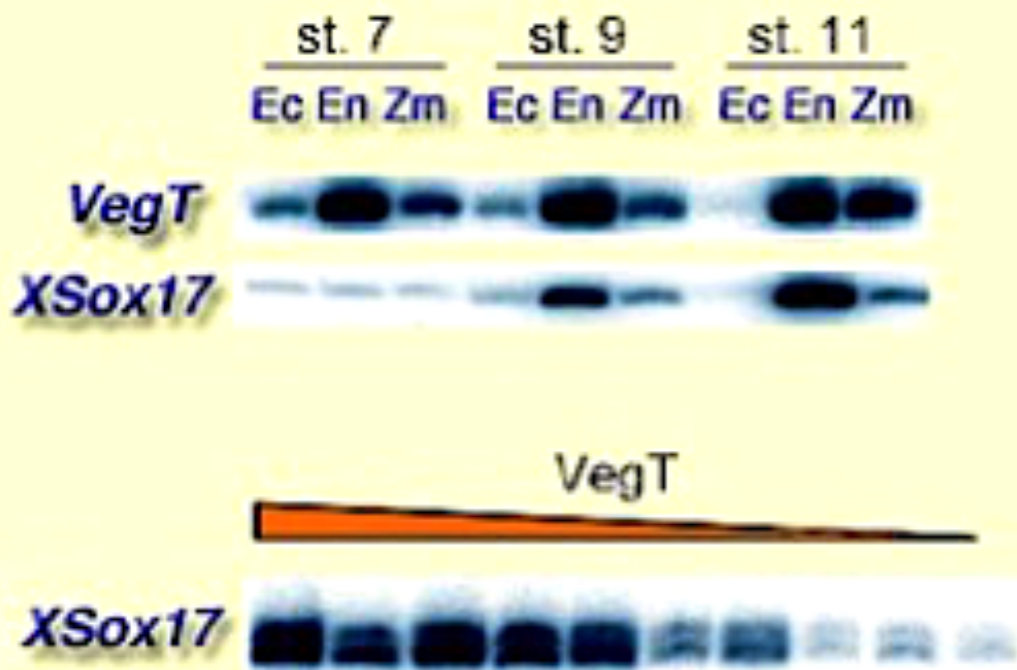
1.2. Apparition des 3 feuilletts fondateurs au cours de la segmentation

b) Acquisition de l'identité cellulaire : exemple de l'induction du mésoderme

L'endoderme, déterminé par l'ovocyte

- ARNm de **VegT** détecté par hybridation in situ
Il est localisé au pôle végétatif.

- Injection de forte dose d'ARNm de VegT dans n'importe quelle cellule => cellule transformée en endoderme
À faible dose, la cellule devient du mésoderme.



Endoderme déterminé par l'ARNm VegT d'origine maternelle.

VegT est un facteur de transcription qui active les gènes sox de l'endoderme

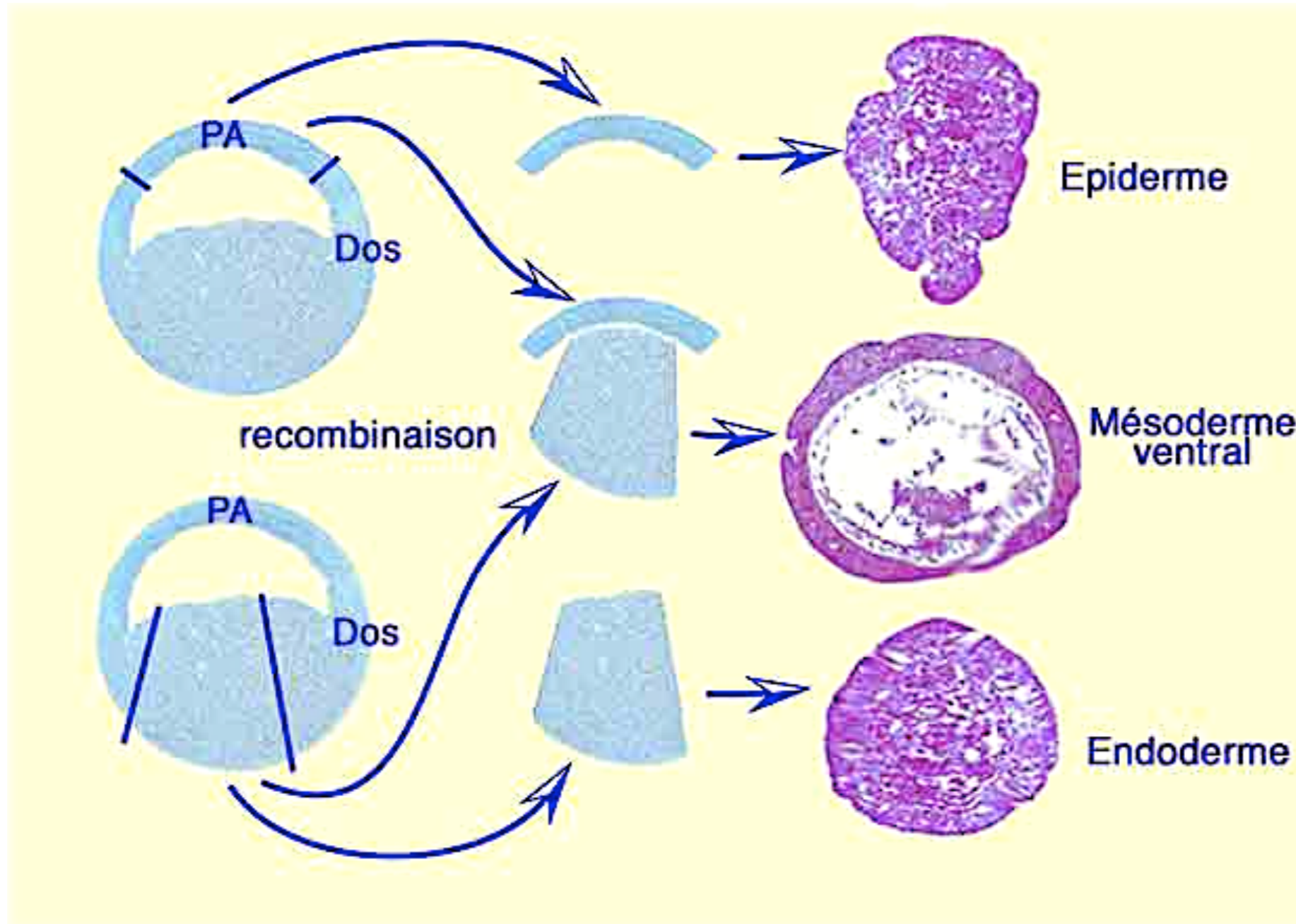
Acquisition de l'identité mésodermique

Les différents blastomères d'un embryon au stade 32 ou 64 cellules sont isolés et cultivés *in vitro* dans une solution saline. Après plusieurs jours de culture, les tissus obtenus sont analysés par histologie. Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1	stade 32 cellules	stade 64 cellules
blastomères de la zone marginale	Epiderme	Muscle Chorde Mésenchyme
blastomères animaux	Epiderme	Epiderme
blastomères végétatifs	Cellules endodermiques	Cellules endodermiques

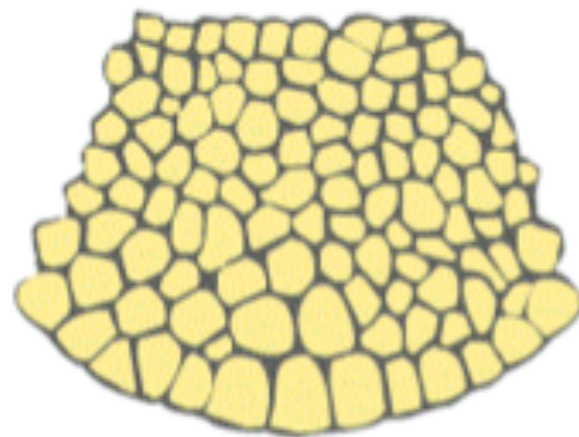
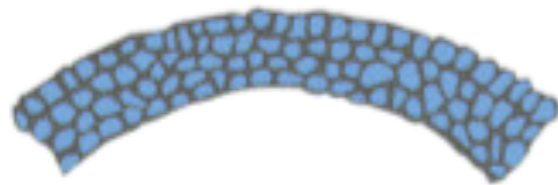
Commentez et interprétez cette expérience.

Expérience de Nieuwkoop

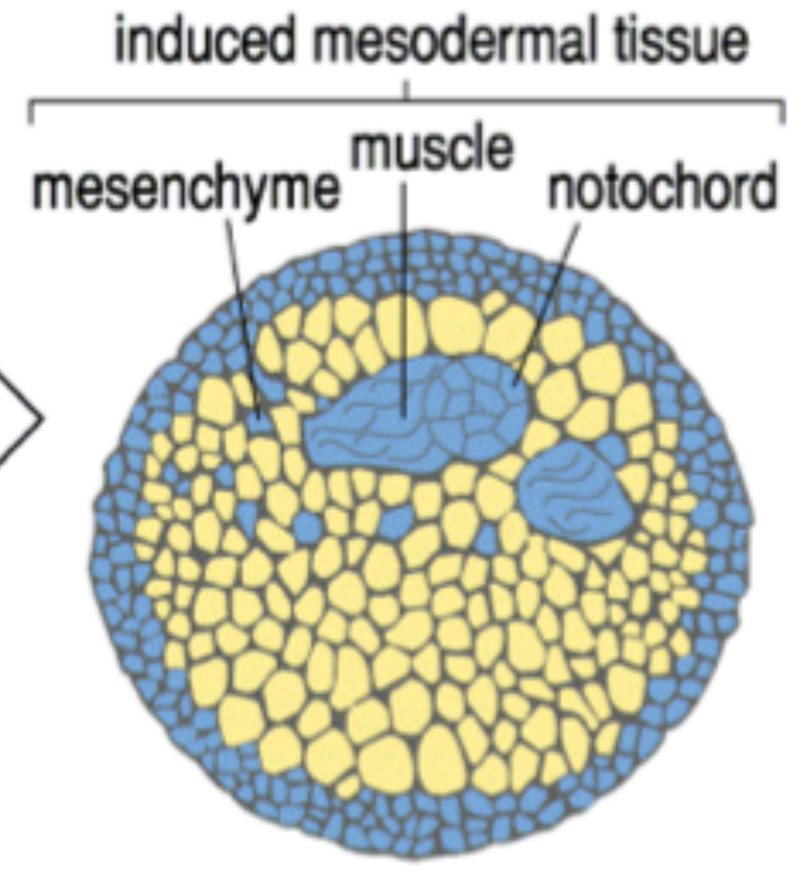
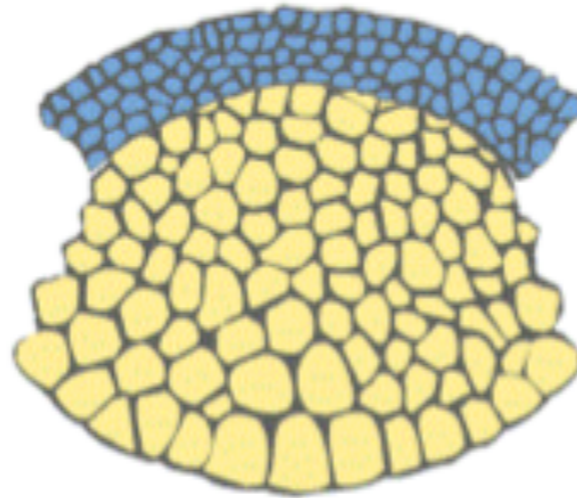


Origine des cellules mésodermiques

micromères

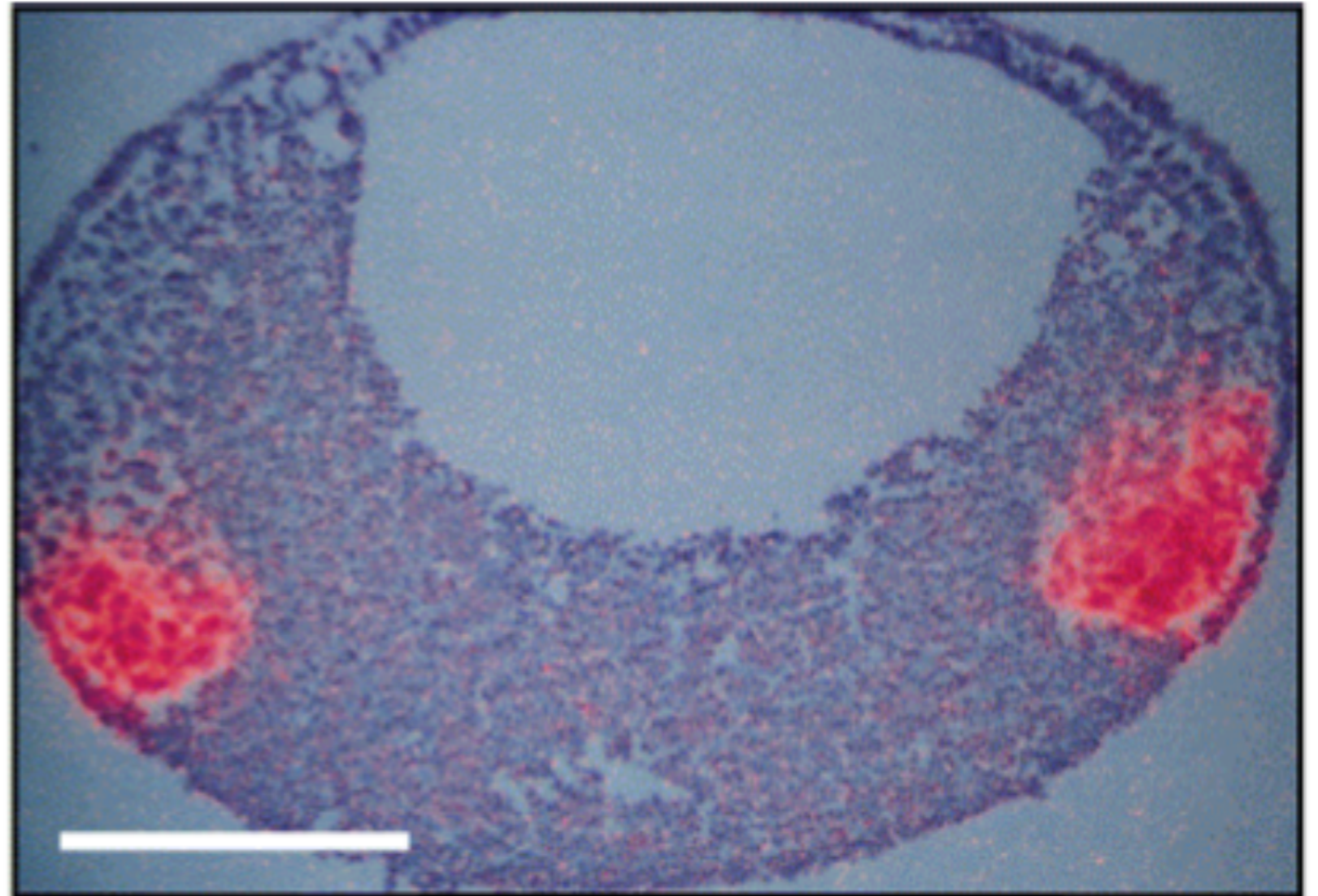
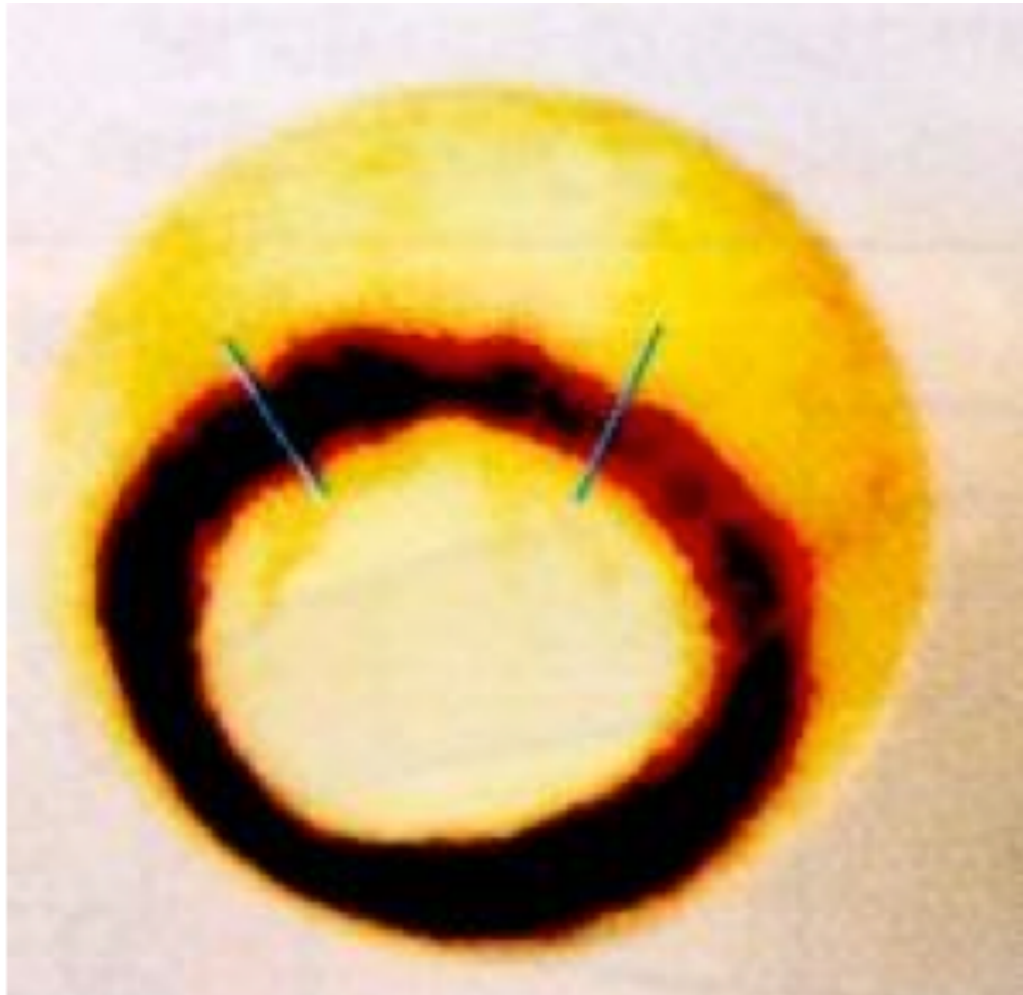


macromères



Mésoderme et brachyury

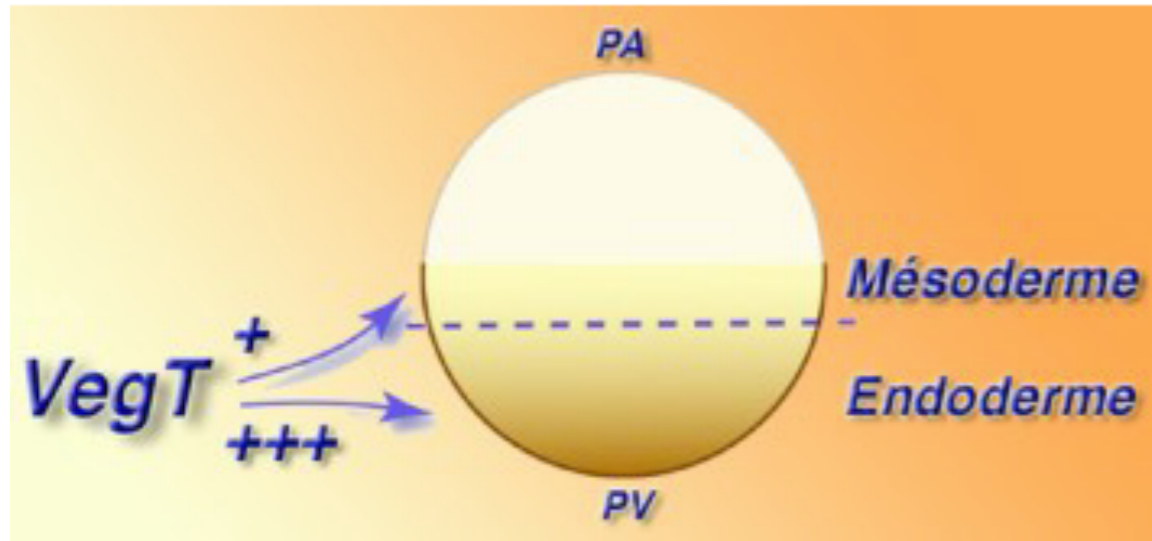
Hybridation in situ : le facteur de transcription brachyury



Le facteur de transcription Brachyury est présent dans toute cellule mésodermique. L'endoderme a induit son apparition dans les futures cellules mésodermiques, grâce à un signal paracrine issu de l'endoderme.

Mésoderme et facteurs inducteurs

Le mésoderme apparaît suite à :



- la présence d'une faible quantité de l'ARNm maternel de **VegT**

ET

- l'action de molécules **paracrines** libérées par l'endoderme et diffusant vers les cellules de la zone marginale.

test in vitro de l'action d'une molécule sur le devenir des micromères

Conclusions



Mésoderme issu du contact entre endoderme et ectoderme.

Mésoderme = cellules ectodermiques ayant reçu un message inducteur de l'endoderme.

Cette induction a lieu à un stade précis, pendant un laps de temps déterminé. Il faut que les cellules soient sensibles au message inducteur : on dit qu'elles sont compétentes.

L'endoderme constitue les cellules inductrices et l'ectoderme les cellules compétentes.

1.2. Apparition des 3 feuilletts fondateurs au cours de la segmentation

c) Polarisation du mésoderme

Polarisation dorso-ventrale du mésoderme

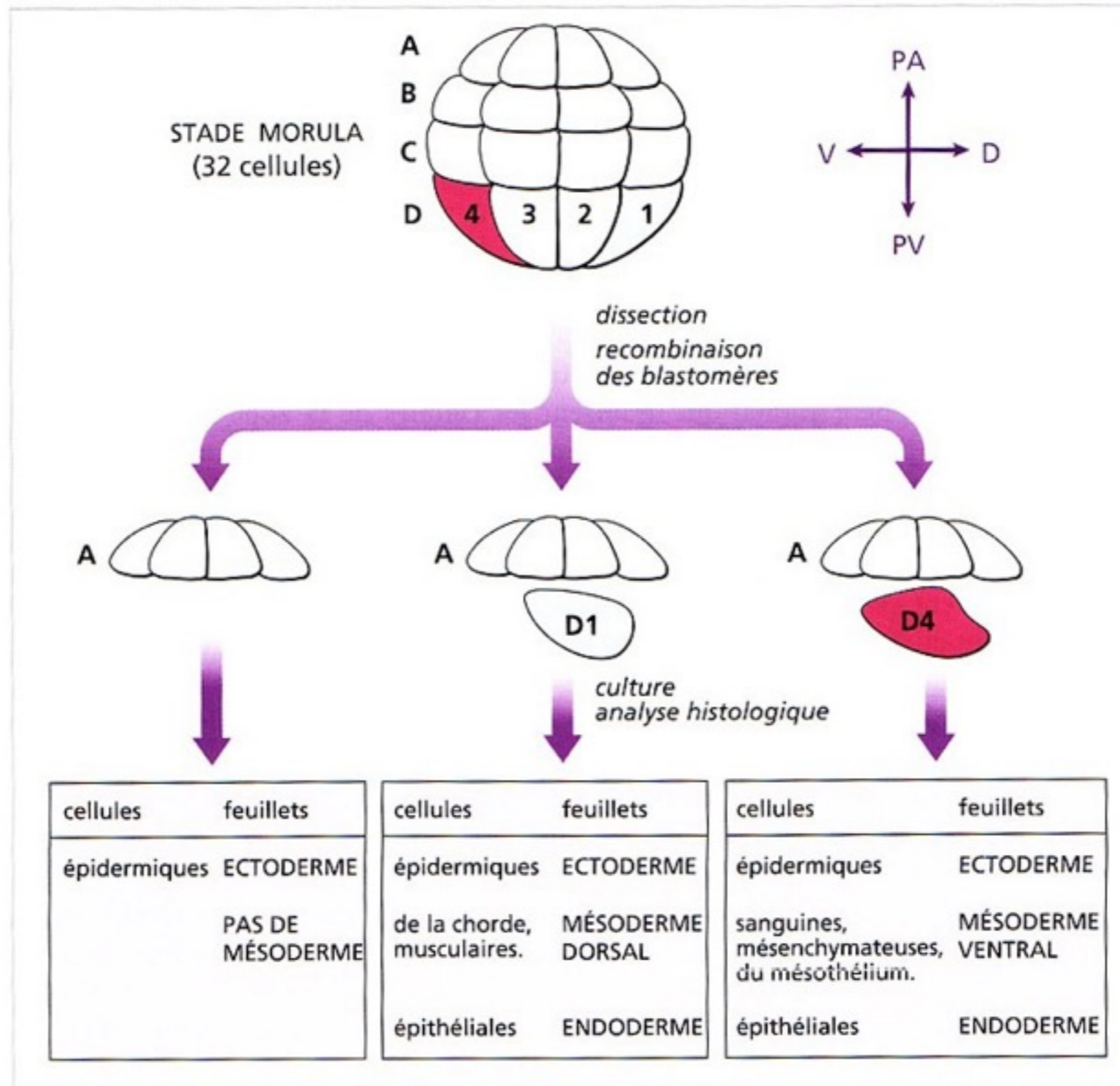


Fig. 3.13. Représentation schématique des expériences de recombinaison de blastomères réalisées par Dale et Slack (1987). Chez le xénope, les blastomères du pôle animal sont associés avec un blastomère végétatif. Chaque recombinaison est cultivée puis l'analyse des tissus obtenus est réalisée sur coupe histologique.

Expérience de Gimlich et Gerhart

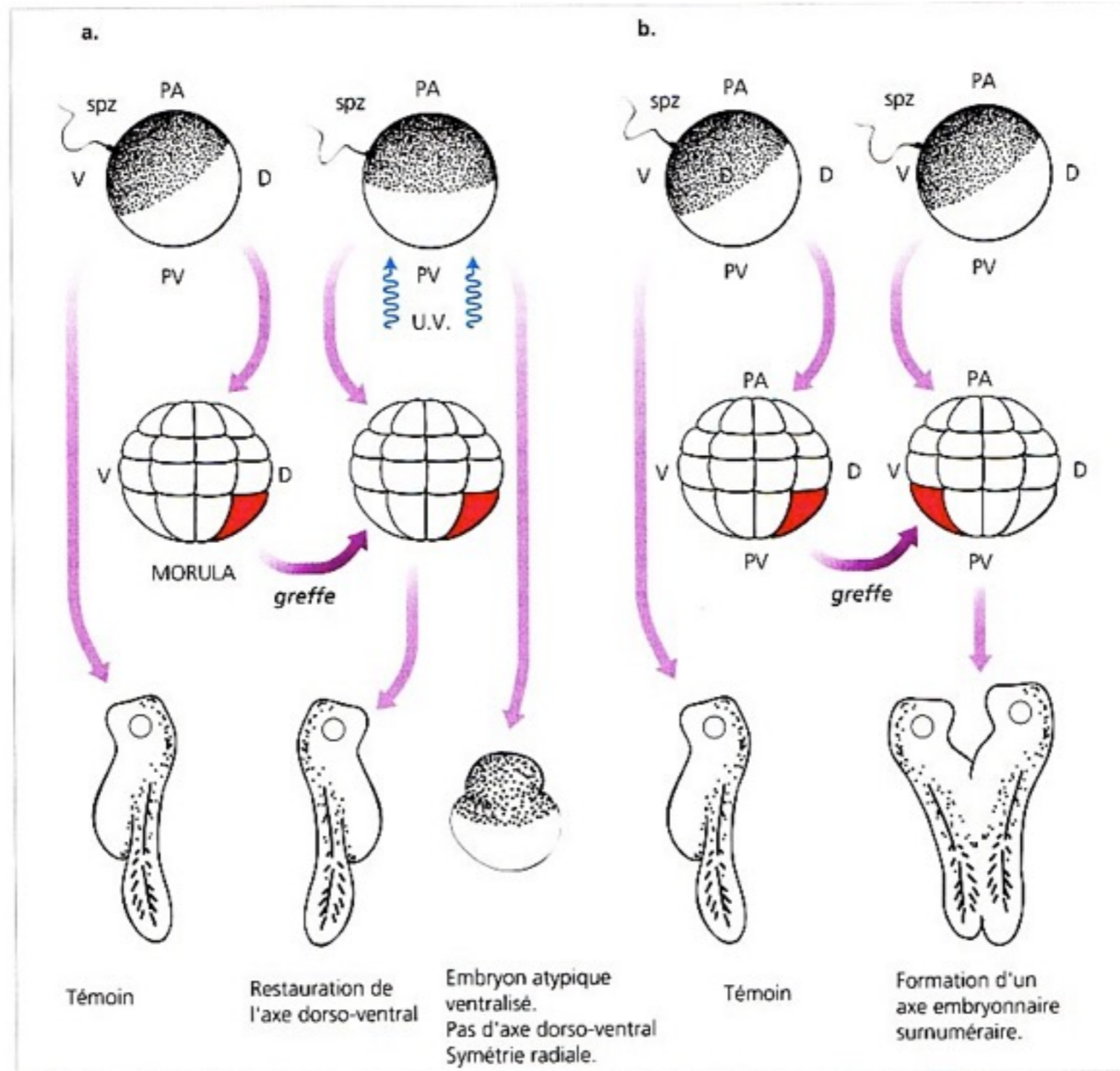
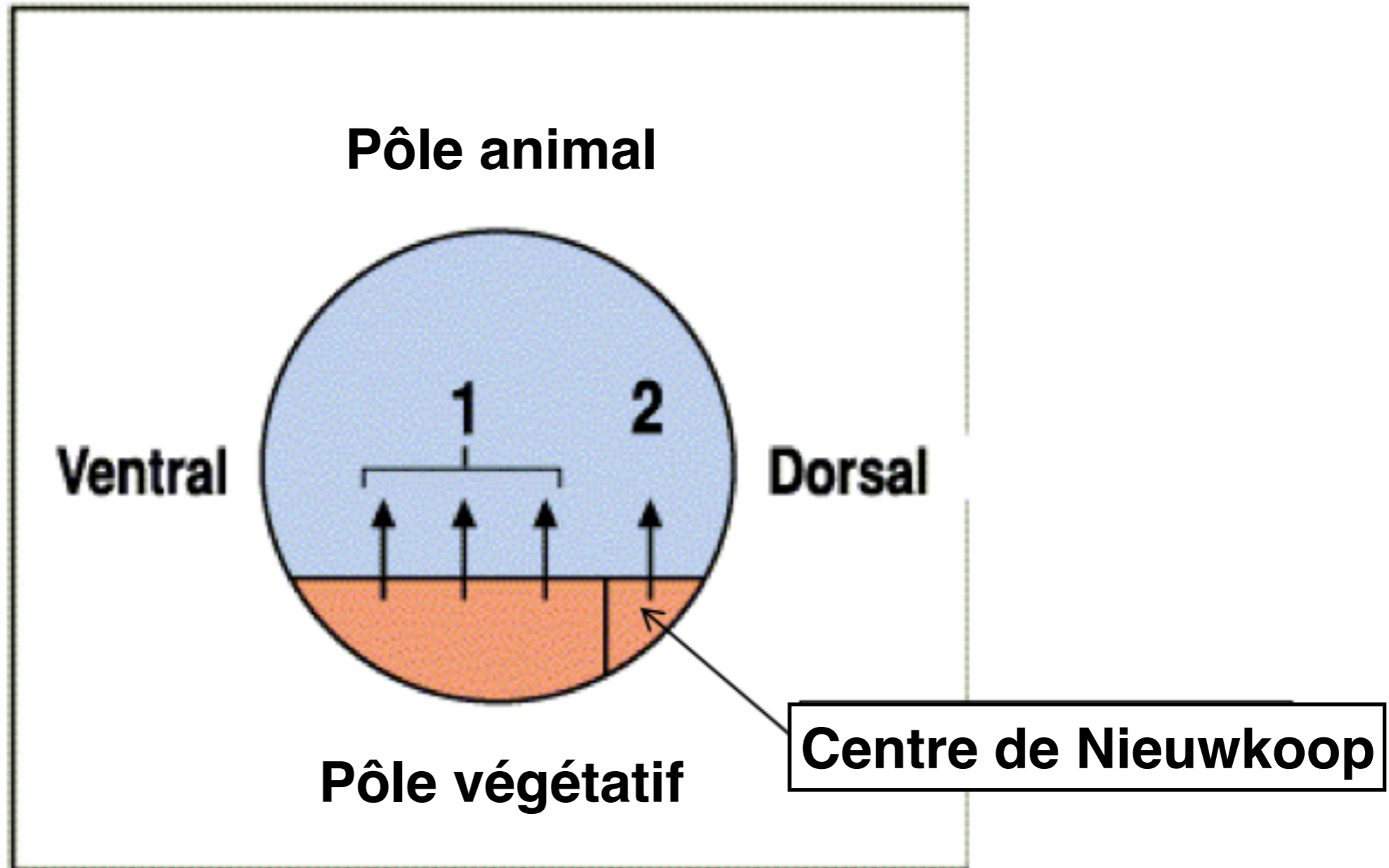


Fig. 3.14. Représentation schématique des expériences de Gimlich et Gerhart (1984, 1986). **a.** Chez le xénope, le blastomère dorso-végétatif prélevé au stade morula (64 cellules) restaure la polarité dorso-ventrale d'un embryon irradié par les UV. **b.** Chez le xénope, le blastomère dorso-végétatif transplanté en position ventrale sur une morula receveuse (64 cellules) conduit à la formation d'un axe embryonnaire secondaire. Si le blastomère greffé est marqué par un traceur fluorescent, l'analyse histologique montre que les structures mésodermiques induites sont exclusivement issues des cellules de l'hôte.

Bilan

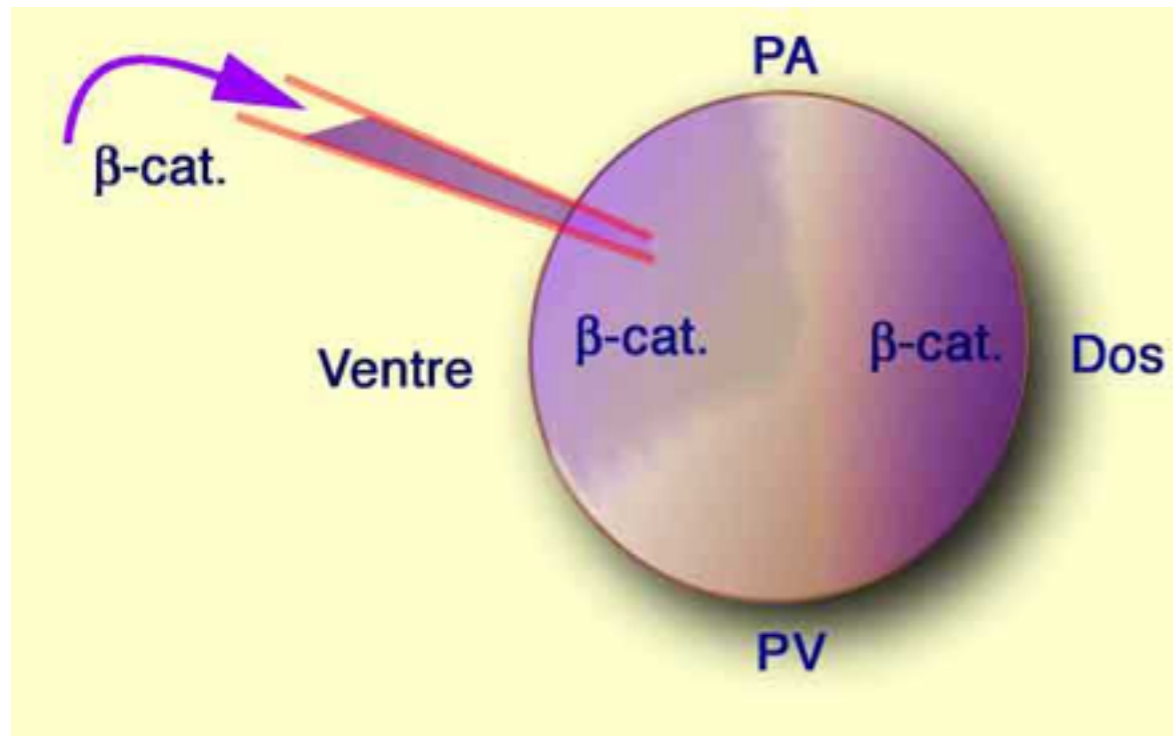


L'endoderme induit le mésoderme grâce à des signaux inducteurs qui donnent également une information de position.

1.2. Apparition des 3 feuillets fondateurs au cours de la segmentation

d) Nature des signaux inducteurs

Rôle de la β -caténine

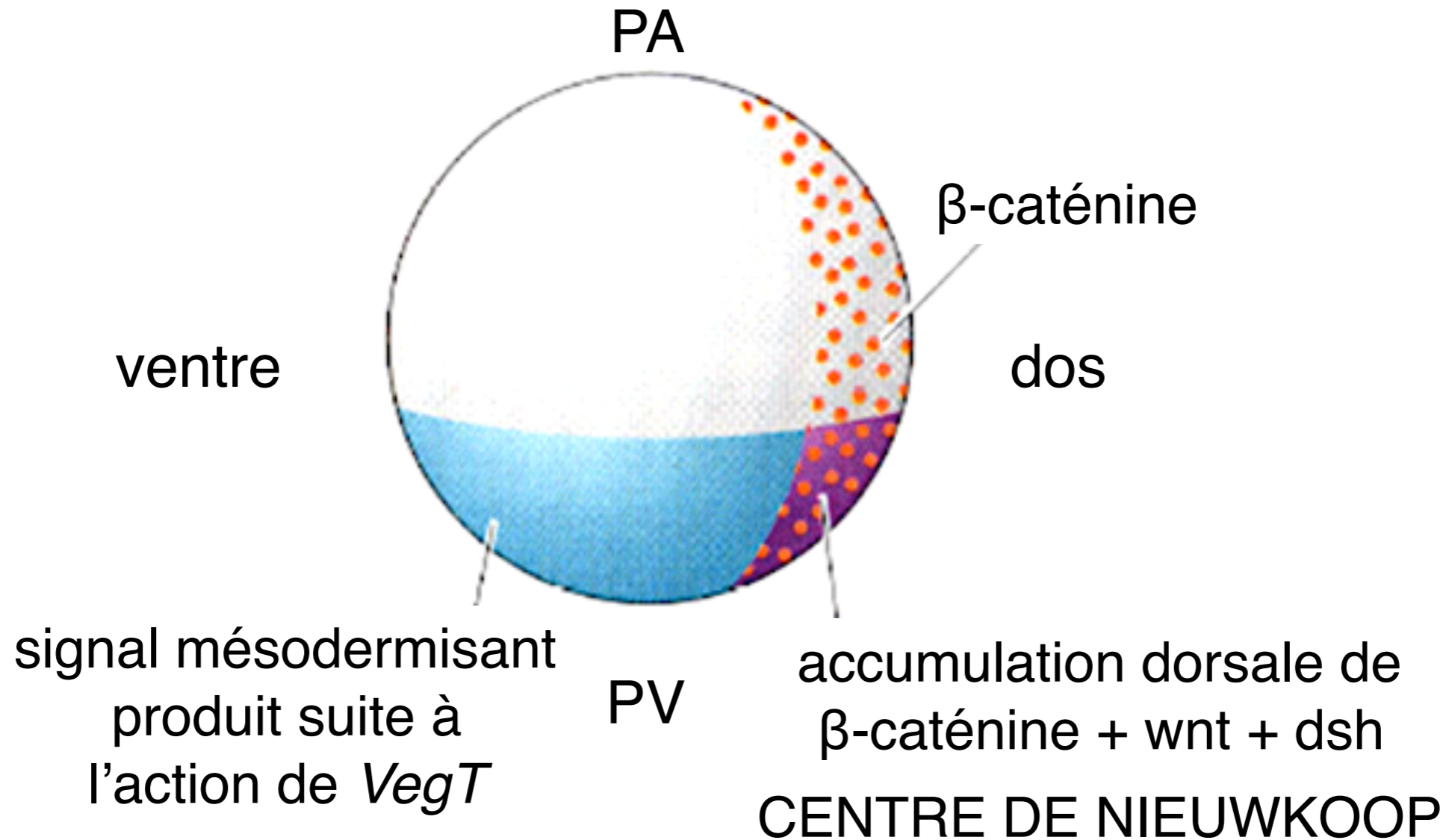


micro-injection de β -caténine
en position ventrale



embryon à 2 dos

Le centre de Nieuwkoop



- Le centre de Nieuwkoop se caractérise par :**
- la sécrétion de facteur mésodermisant
 - ET l'accumulation de β -caténine

Nature du signal inducteur ?

Facteur maternel *wnt* ou *dsh*

Injection d'ARNm de *wnt* à un micromère du PA

forte [ARNm] => mésoderme dorsal

faible [ARNm] => mésoderme ventral

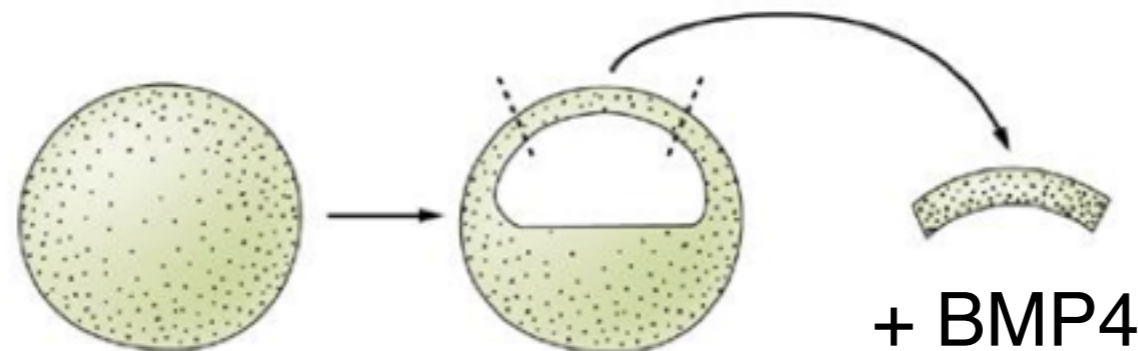
Même résultat avec *dsh* ou *vg1*.

Facteur BMP4, protéine diffusible

Injection de BMP4 à un micromère du PA => la cellule devient du mésoderme ventral

Facteur Nodal, protéine diffusible

Injection de Nodal à un micromère du PA => la cellule devient du mésoderme dorsal

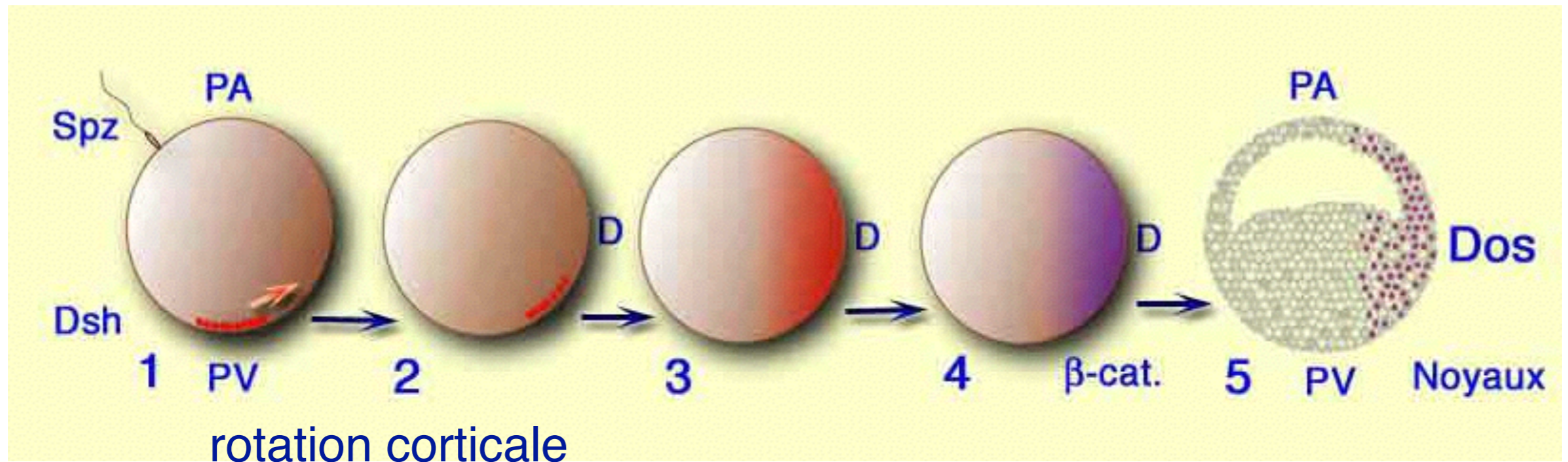


Il existe des facteurs inducteurs ventralisant ou dorsalisant.

1.3. Bilan

Polarisation dorso-ventrale

Cascade des évènements qui conduisent à la polarisation dorsoventrale, depuis la fécondation (1) jusqu'à la période de clivage (5).



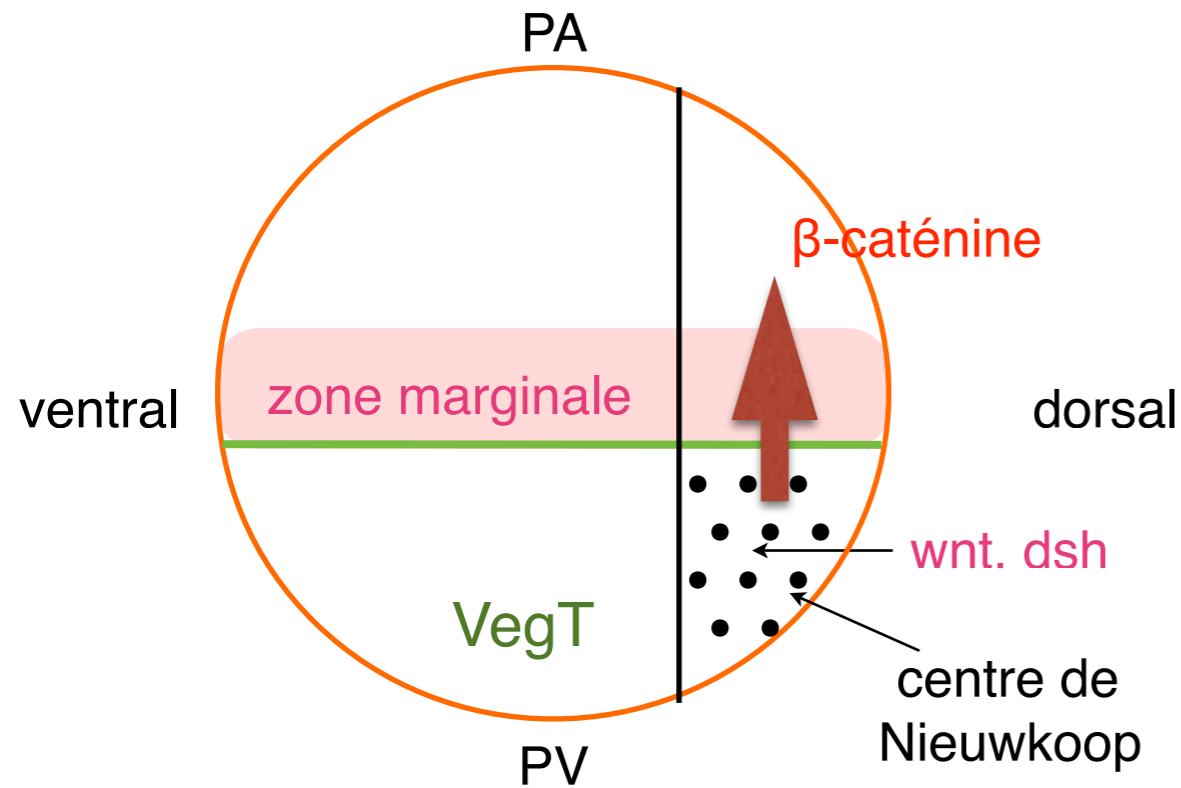
1,2- *wnt* et *dsh* se relocalisent dans la région dorsovégétative (2).

3- L'expression de *dsh* s'étend dans toute la région dorsale.

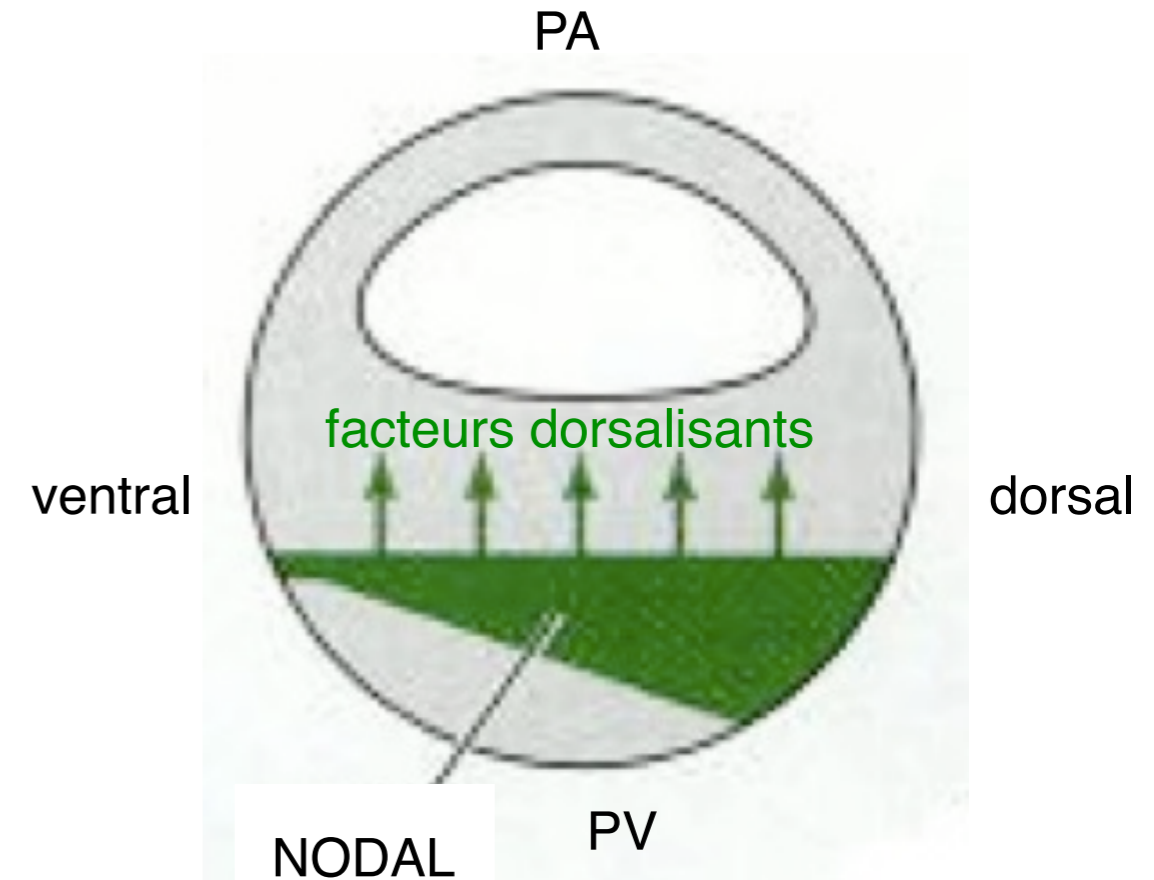
4- *wnt* active *dsh* qui permet la libération de la **β-caténine** cytoplasmique et la rend fonctionnelle : elle active alors la production et la sécrétion d'un facteur TGF-β, **Nodal**, protéine diffusible induisant le dos.

BILAN

Conséquence de la rotation corticale



VegT est un facteur de transcription qui permet l'expression des gènes *sox* qui donnent l'identité « endoderme »

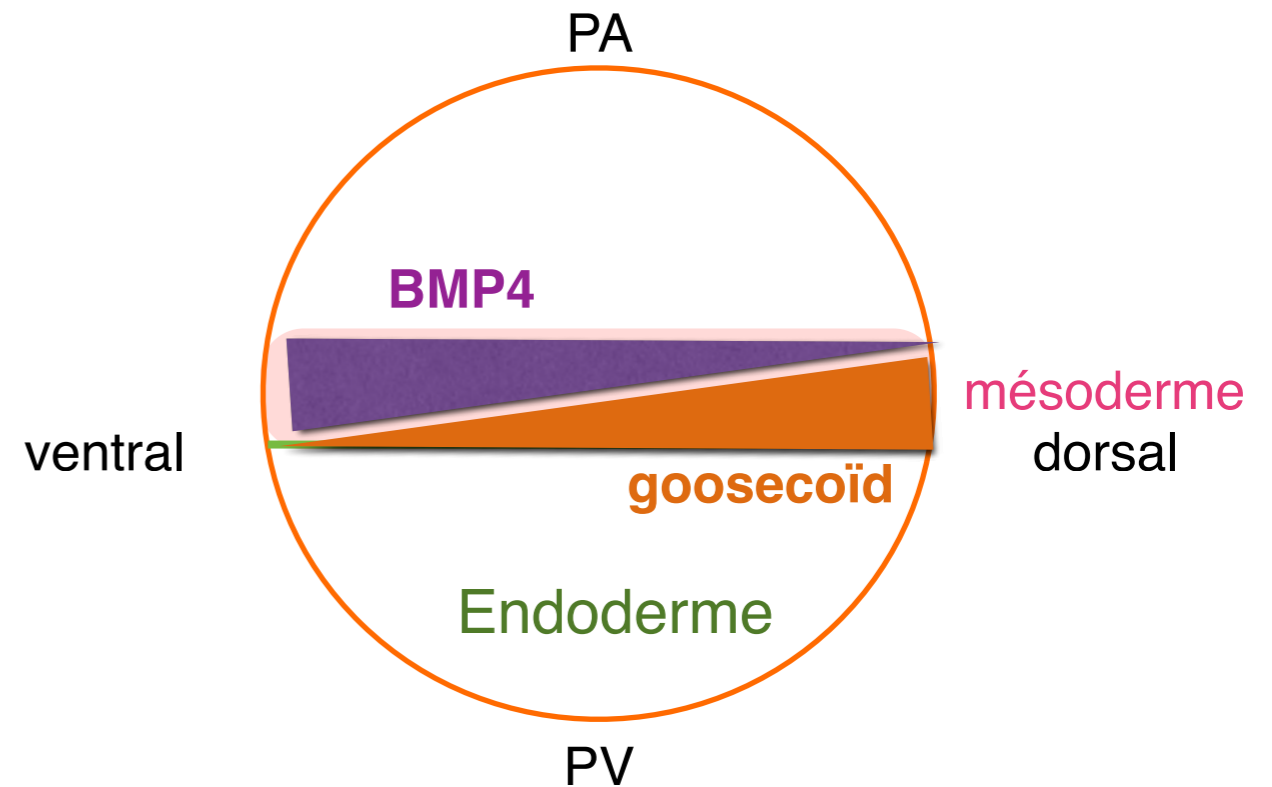
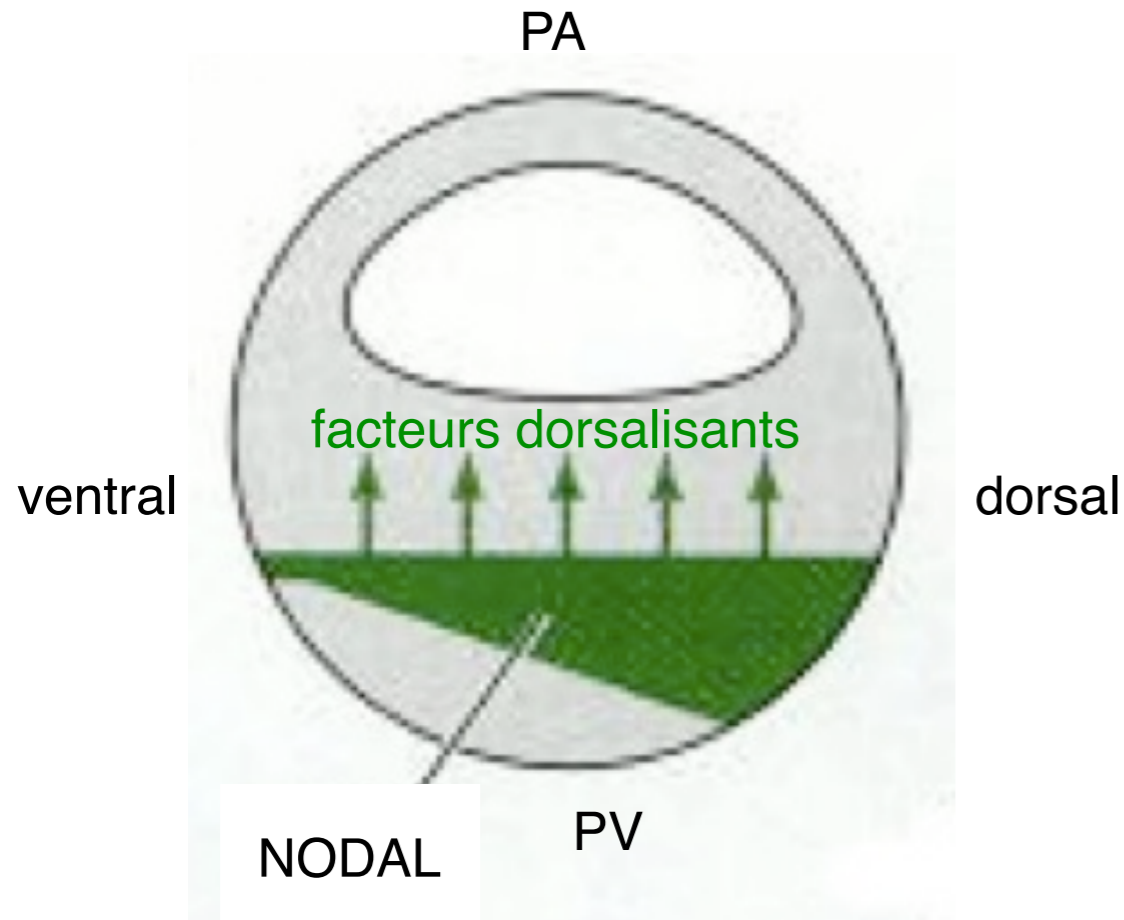


facteurs paracrines issus de l'endoderme induisant l'apparition du mésoderme et donnant une polarisation dorso-ventrale

Familles de molécules paracrines
vg1, Nodal et BMP4 appartiennent aux TGFβ
famille des FGF
famille des Wnt

VegT + β-caténine => Nodal

BILAN (2)



Expression de *brachyury* dans toute cellule du mésoderme (gène d'identité « mésoderme »).

Expression différenciée dans le mésoderme, selon l'axe dorso-ventral : *BMP4* => ventral et *goosecoïd* => corde