

Ch. B4. Le développement d'un organisme animal

Partie du programme traitée : **SV-H Mécanismes du développement : exemple du développement du membre des Tétrapodes** (excepté partie relative à la contraction, traitée avec la partie SV-I Communications intercellulaires et intégration d'une fonction à l'organisme).

I. L'acquisition du plan d'organisation chez les Vertébrés

1. Fécondation et symétrie bilatérale
2. Segmentation et pluricellularité
3. Gastrulation et mise en place des feuilletts
 - a) Suivi des mouvements gastruléens
 - b) Mécanismes cellulaires impliqués dans la gastrulation
 - c) Bilan
4. Neurulation et mise en place du tube neural
5. Bourgeon caudal – organogenèse

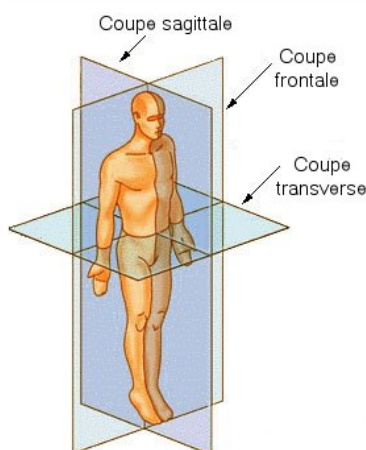
II. Développement du membre des tétrapodes : description et contrôles

1. Description du développement du membre
 - a) Structure du membre : unicité et diversité
 - b) Chronologie
 - c) Processus cellulaires
2. Contrôle du développement du membre
 - a) Initiation du bourgeon dans une zone définie par l'expression des gènes Hox
 - b) Initiation du bourgeon et inductions
 - c) Polarité proximo-distale et expression des gènes Hox
 - d) Polarité antéro-postérieure
 - e) Développement des doigts et apoptose

III. Différenciation d'un type cellulaire : la cellule musculaire striée squelettique

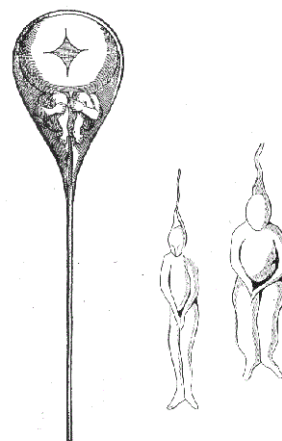
1. Organisation du muscle squelettique
2. Des cellules souches mésodermiques à la CMSS fonctionnelle

Document 1: Les trois plans de coupe d'un bilatérien.



1

Document 2: La théorie – totalement désuète – de l'homunculus, selon laquelle le spermatozoïde contiendrait un petit humain déjà totalement formé. Dessin de Nicolaas Hartsoeker, 1695.

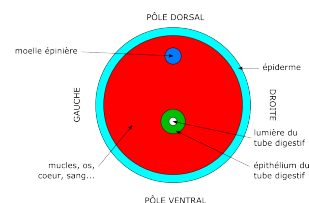
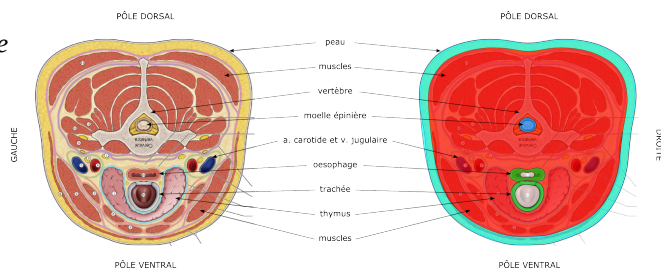


2

1 « Wikimedia Commons », consulté le 29 août 2024, <https://commons.wikimedia.org/wiki/Accueil>.

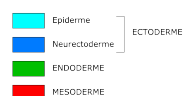
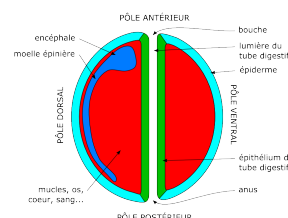
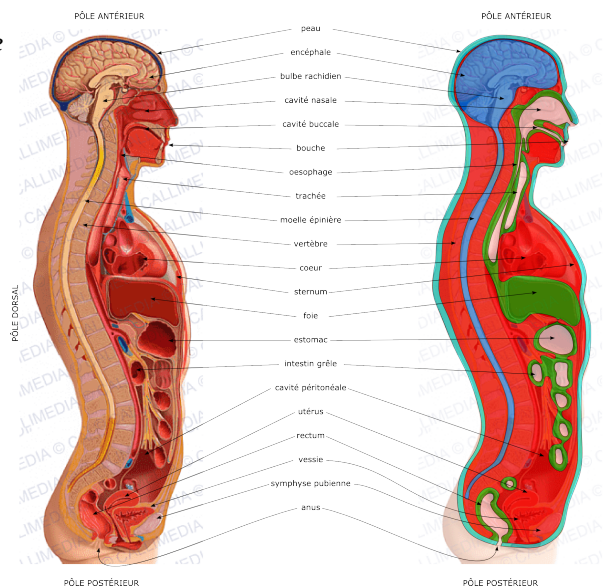
2 « Wikimedia Commons »

Document 3: Coupe transversale très simplifiée d'un vertébré (coupe au niveau du cou).

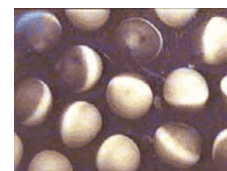
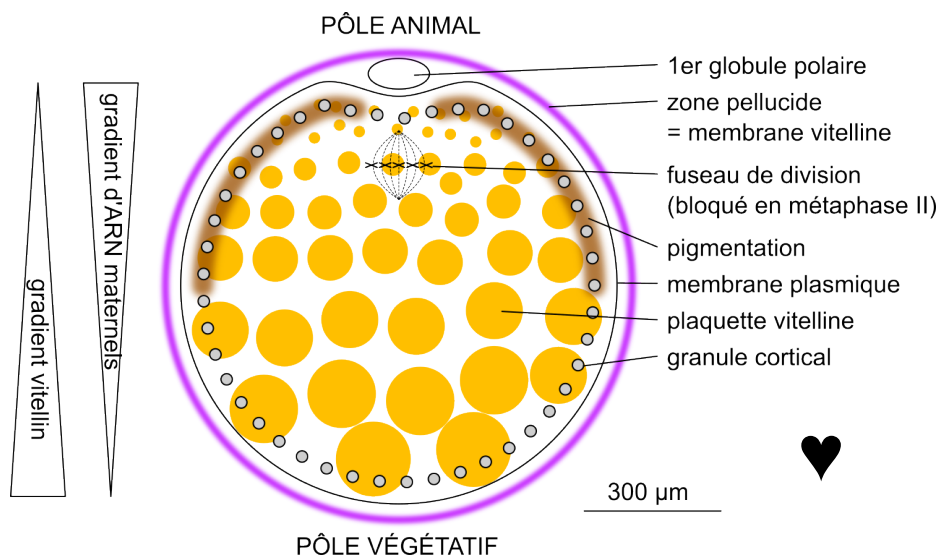


3 et 4

Document 4: Coupe sagittale très simplifiée d'un vertébré.



5 et 6



Document 6: Haut : aspects des oeufs non fécondés. Bas : aspects de oeufs fécondés, après rotation

7 d'équilibration.

8

Document 5. Structure de l'ovocyte hétérolécithe II des amphibiens.

3 Elaine Marieb et Katja Hoehn, *Anatomie et physiologie humaines* (Pearson, 2010).

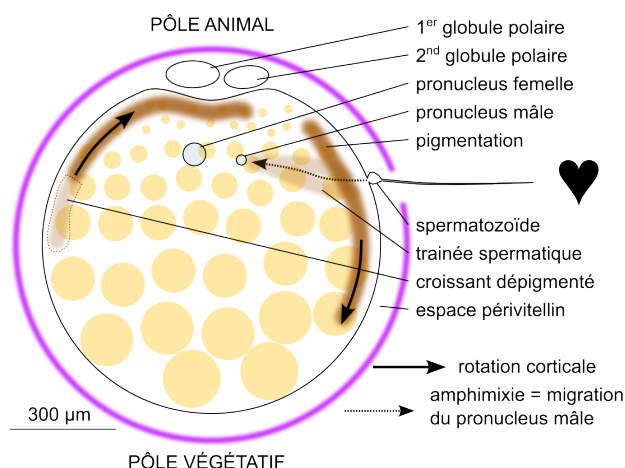
4 Joseph Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris », consulté le 29 septembre 2024, <http://josephnicolassvt.fr/>.

5 Elaine Marieb et Katja Hoehn, *Anatomie et physiologie humaines* (Pearson, 2010).

6 Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

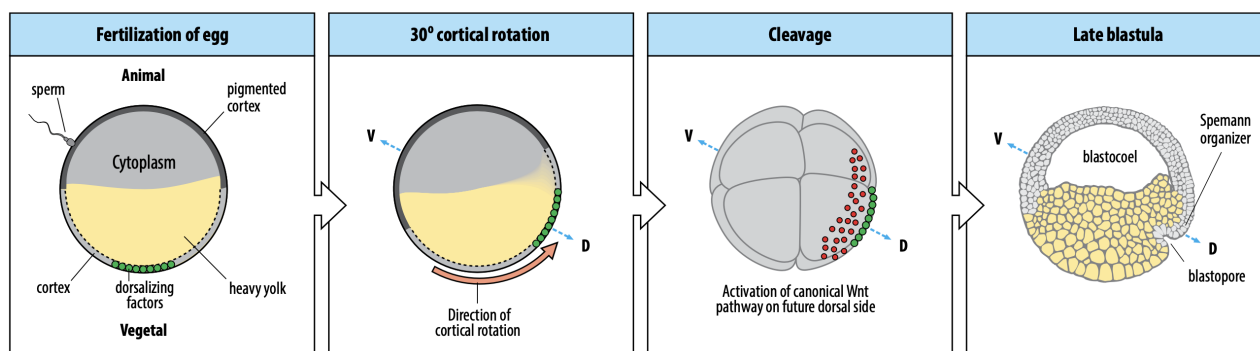
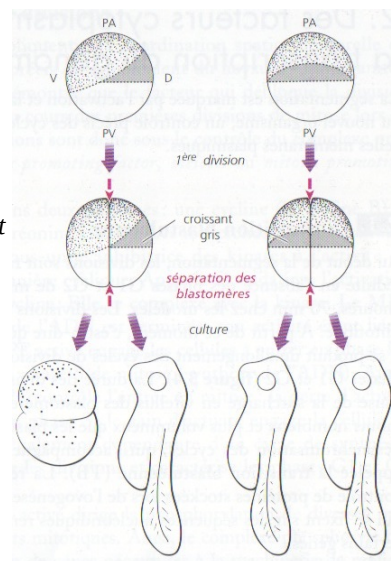
7 Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

8 « rotequi », consulté le 26 octobre 2024, <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/CoursPCEMDEUG/Fig30.htm>.

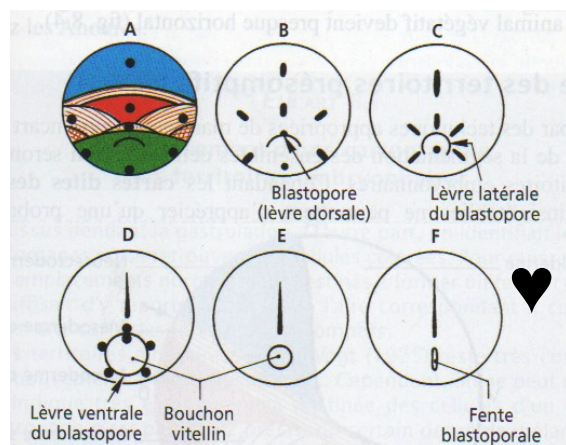


Document 7. La rotation corticale et l'apparition du croissant gris.

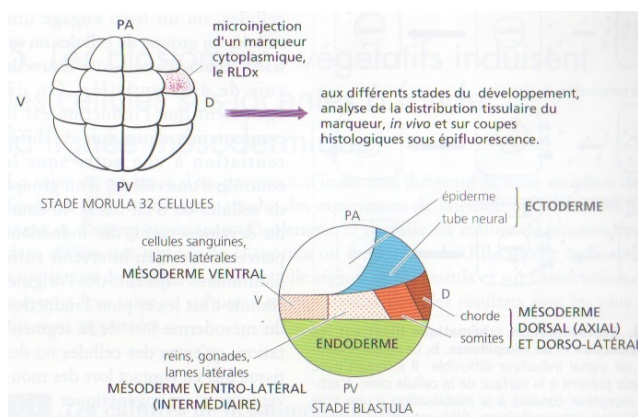
Document 8. Séparation d'un embryon en deux au stade 4 cellule. L'embryon ne possédant pas de fragment de croissant gris ne se développe pas.



Document 9. Rotation corticale et détermination du pôle dorsal chez l'embryon de xénope.



Document 10: Suivi des mouvements gastruléens par des taches colorées déposées sur les cellules ou microinjectées dans les cellules.



Document 11: Suivi des lignages cellulaires et détermination de la carte des territoires présomptifs au stade morula.

9 Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

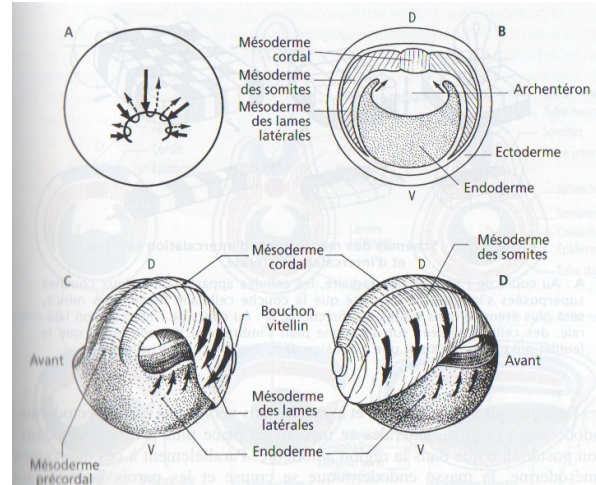
10 Thierry Darribère, *Introduction à la biologie du développement* (Belin, 2002).

11 Lewis Wolpert, *Principles of Development*, 5th UK ed. edition (Oxford: Oxford University Press, 2015).

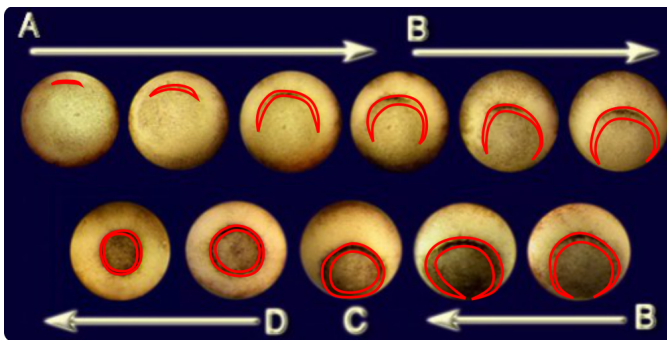
12 Thierry Darribère, *Introduction à la biologie du développement* (Belin, 2002).

13 Thierry Darribère, *Introduction à la biologie du développement* (Belin, 2002).

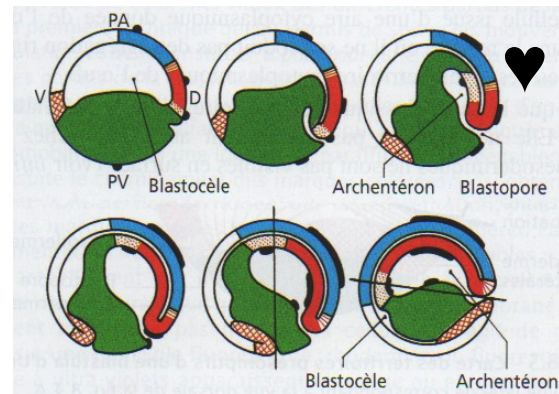
Document 12: A : mouvements d'involution. B : coupe transversale en cours de gastrulation. Noter le refermement progressif de l'archentéron latéralement. C et D : deux vues de la gastrulation (C : de 3/4 avant, D : de 3/4 arrière) l'ectoderme ayant été retiré. Noter le mouvement du mésoderme des futures lames latérales.



14

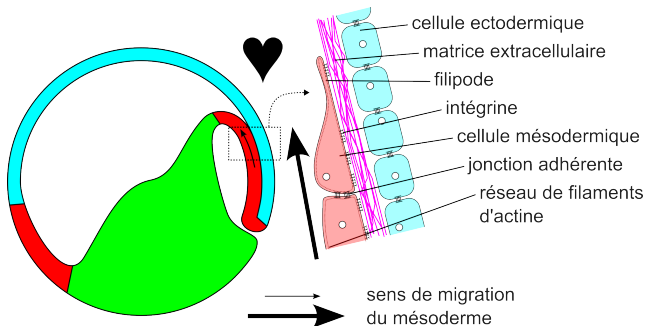


Document 13: Suivi des mouvements gastruléens. Le blastopore est surligné en rouge. A : stade lèvre dorsale du blastopore ; B : stade lèvre latérale du blastopore ; C et D : stage bouchon vitellin.

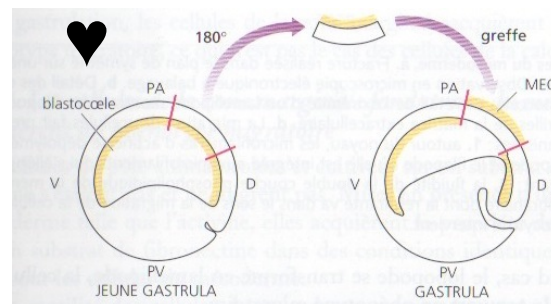


15 Document 14: La gastrulation vue en coupe.

16



Document 15. Migration du mésoderme sur le toit du blastocoèle : une affaire de jonctions, de cytosquelette et de matrice. Production personnelle.



Document 16. Expérience : on inverse le toit du blastocoèle (inside-out) : la gastrulation s'arrête au site de la greffe. D'après Darribère, Belin, 2002.

18

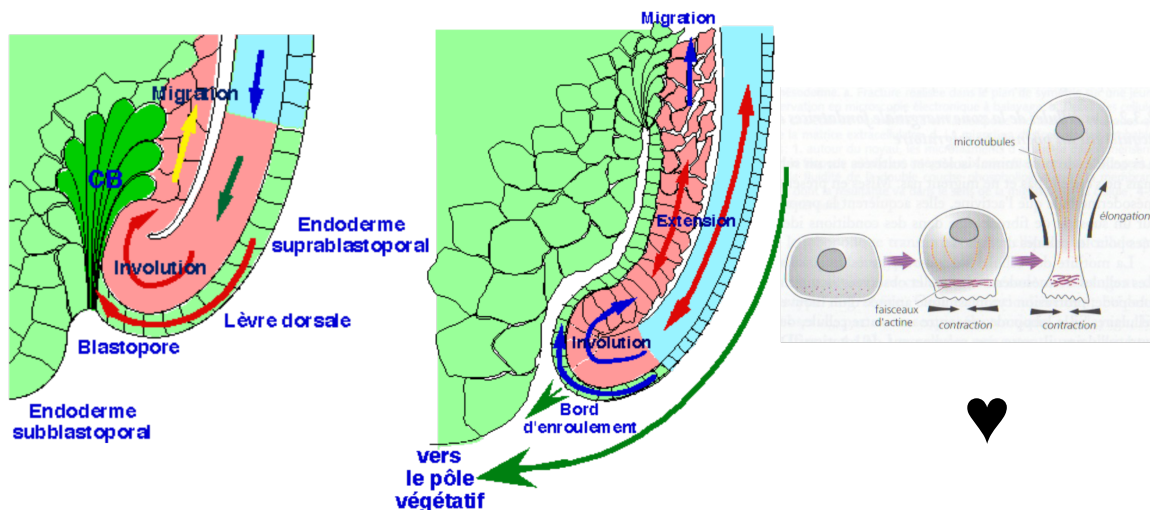
14 13 juillet 2012 « Licence 1&2 | Bio du Développement – TP3 : Développement des amphibiens », Biodeug (blog), 13 juillet 2012, <https://www.biodeug.com/licence-12-bio-du-developpement-tp3-developpement-des-amphibiens/>.

15 « gaststa », consulté le 26 octobre 2024, <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/CoursPCEMDEUG/Fig46.htm>.

16 Thierry Darribère, *Introduction à la biologie du développement* (Belin, 2002).

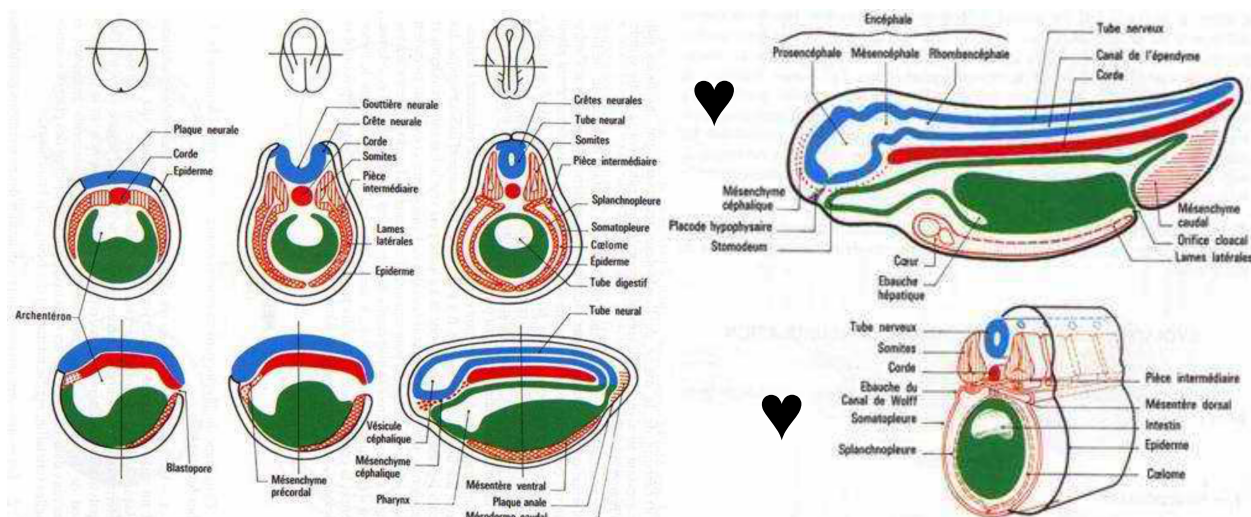
17 Démaré-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

18 Thierry Darribère, *Introduction à la biologie du développement* (Belin, 2002).



Document 17: Gauche : initiation de la gastrulation par le fonctionnement des cellules en bouteille (CB). Milieu : migration du mésoderme sur le toit du blastocèle et involution au niveau de la lèvre blastoporale. Droite : Processus cellulaire à l'origine de la formation des cellules en bouteille.

19 et 20



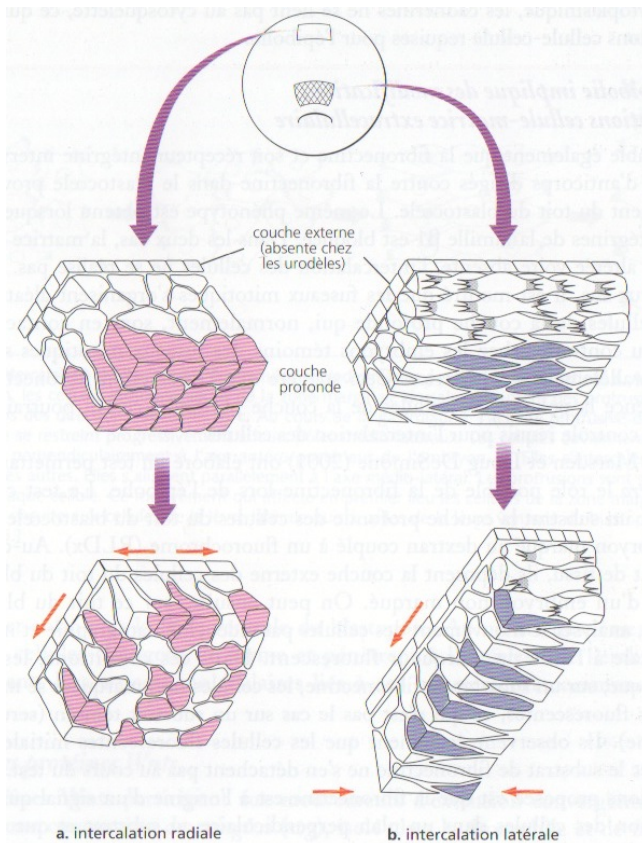
Document 18: Coupes transversale (haut) et sagittale (bas) d'un embryon aux stades (de gauche à droite) de gastrula âgée, neurula jeune, neurula âgée, et bourgeon caudal. Source inconnue.

21

19 « Gastrulation Xénope », consulté le 26 octobre 2024, <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/xenope1/gastrulation/Gastrula.html>.

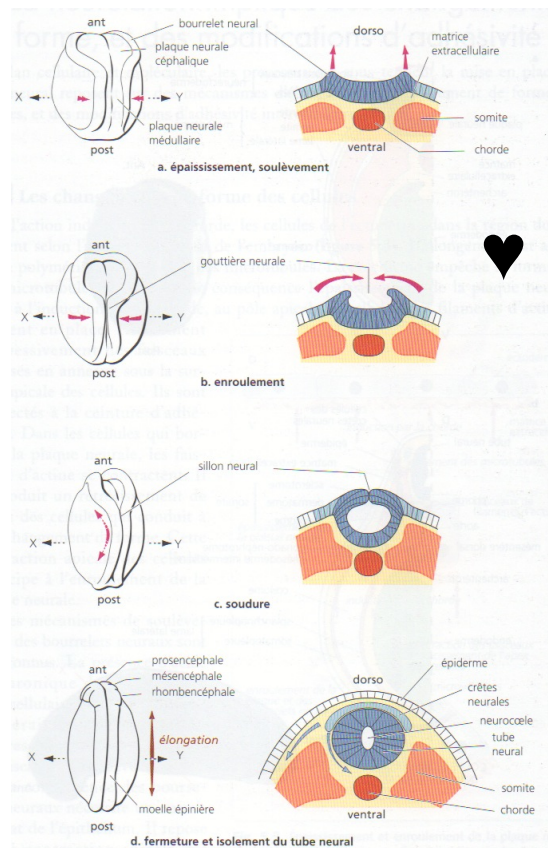
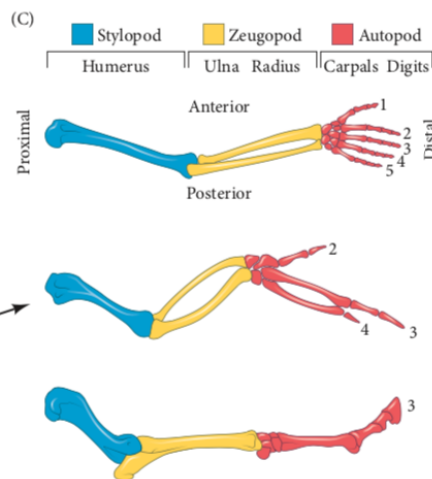
20 Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

21 13 juillet 2012 « Licence 1&2 | Bio du Développement – TP3 : Développement des amphibiens », *Biodeug* (blog), 13 juillet 2012, <https://www.biodeug.com/licence-12-bio-du-developpement-tp3-developpement-des-amphibiens/>.



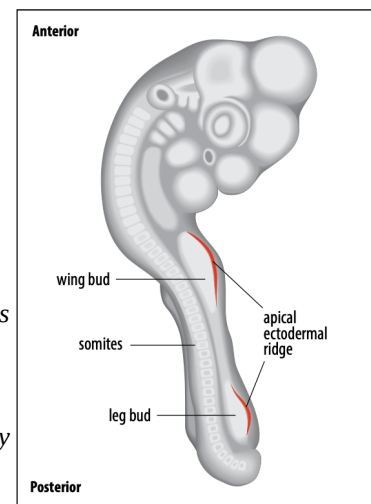
Document 19: Intercalation radiale dans le mésoderme à proximité du blastopore, et intercalation latérale dans l'ectoderme.

Document 21: Organisation commune du membre chiridien des tétrapodes. De haut en bas : humain, poulet, cheval. Noter la variabilité du nombre d'élément de l'autopode.



Document 20: La neurulation. Gauche : vue dorsale. Droite : coupe transversale.

Document 22: Vue dorso-latérale droite d'un embryon de poulet au stade organogénèse, présentant la position des bourgeons d'aile (poulet). D'après Biologie du développement, Wolpert et al., Oxford University Press 2015.



22 Thierry Darribère, *Introduction à la biologie du développement* (Belin, 2002).

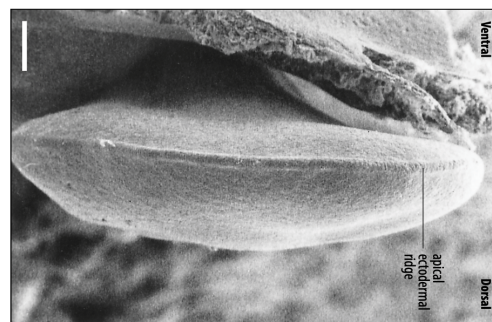
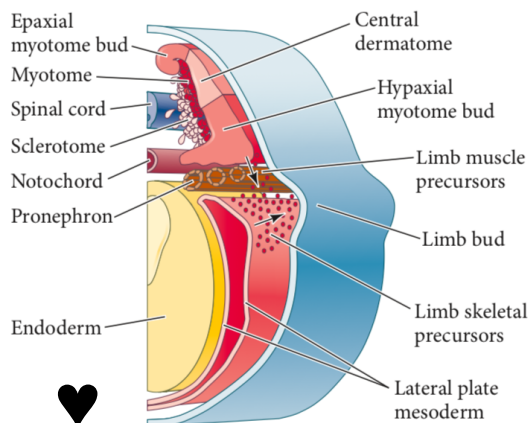
23 Thierry Darribère, *Introduction à la biologie du développement* (Belin, 2002).

24 Scott F. Gilbert et Michael J. F. Barresi, *Developmental Biology*, 11e édition (Sinauer Associates Inc, 2016).

25 Lewis Wolpert, *Principles of Development*, 5th UK ed. edition (Oxford: Oxford University Press, 2015).

Document 23:

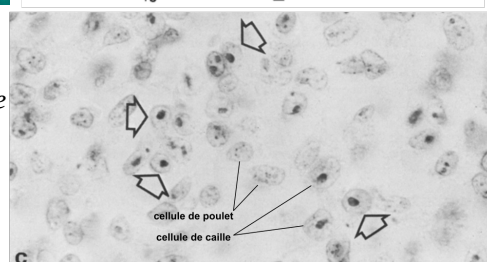
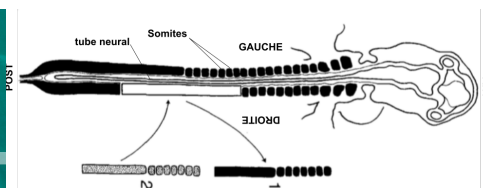
Au stade bourgeon caudal âgé, représentation de la position de formation du bourgeon du membre (ici, chez le xénope). Notez l'origine différente des précurseurs mésodermiques du squelette du membre (lames latérales) et des muscles du membre (myotome hypaxial).



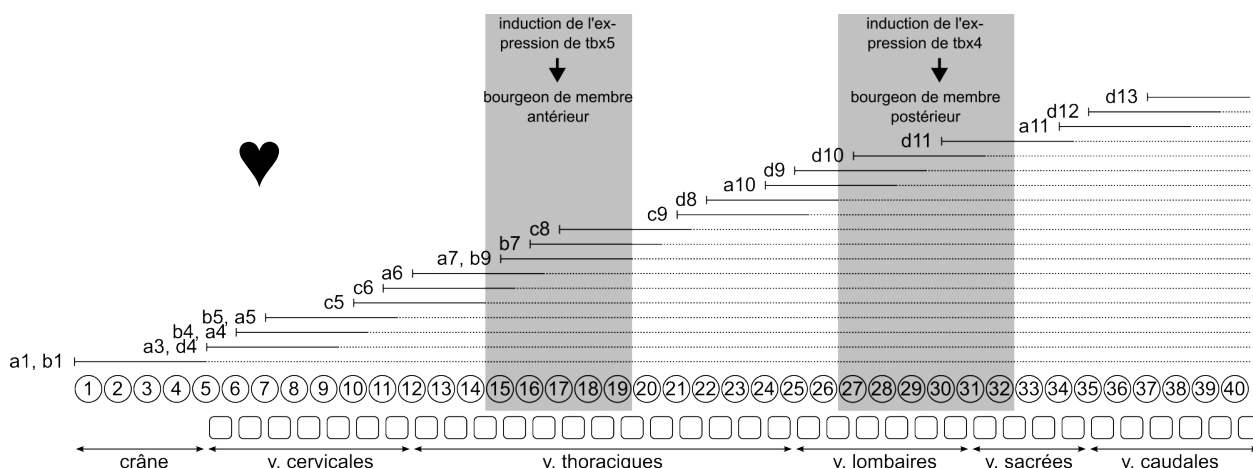
Document 24: Vue au MEB de la surface d'un bourgeon de membre. On y distingue clairement la crête apicale ectodermique (AER). D'après Biologie du développement,

26 Wolpert et al., Oxford University Press 2015. 27

Document 25: Haut : chez un poulet au stade bourgeon caudal, on a retiré une partie des somites (dans la région du futur membre) et on a greffé des somites identiques de caille au même stade. Les cellules de cailles ont des noyaux plus nets plus denses après coloration que ceux de poulet, si bien que les cellules de caille et de poulet peuvent être distinguées même plusieurs semaines après la greffe. Bas : on observe, quelques jours après la greffe, le mésenchyme du membre de l'embryon chimère. On y distingue des cellules de poulet, mais également des cellules de caille. Les cellules somitiques ont donc **migré** vers le bourgeon de membre. On peut montrer que ces cellules de caille se retrouvent chez le poussin uniquement dans les muscles, et non dans les os.



28



Document 26. Patron d'expression des gènes Hox dans le développement de la souris, selon l'axe antéro-postérieur, et lien avec la différenciation des différents types de vertèbres. Les somites impliqués dans la formation des bourgeons de membre sont indiqués en grisé.

29

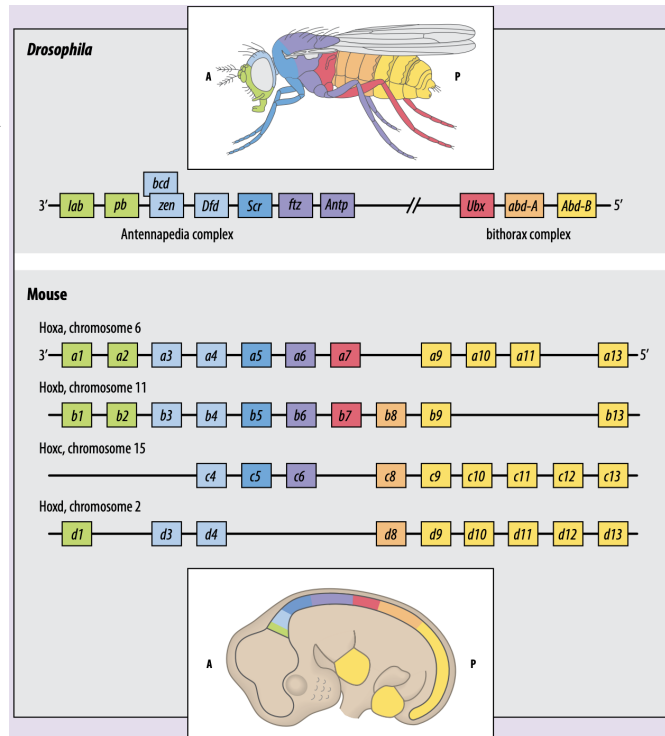
26 Scott F. Gilbert et Michael J. F. Barresi, *Developmental Biology*, 11e édition (Sinauer Associates Inc, 2016).

27 Lewis Wolpert, *Principles of Development*, 5th UK ed. edition (Oxford: Oxford University Press, 2015).

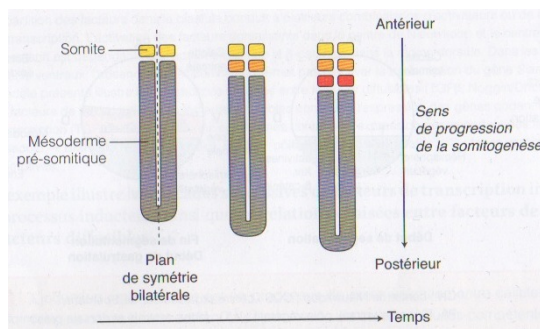
28 B. Christ, H. J. Jacob, et M. Jacob, « Experimental Analysis of the Origin of the Wing Musculature in Avian Embryos », *Anatomy and Embryology* 150, n° 2 (30 mars 1977): 171-86, <https://doi.org/10.1007/BF00316649>.

29 Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

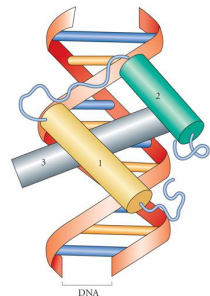
Document 27. Les complexes Hox chez la drosophile (haut) et chez la souris (bas). On a représenté en couleurs identiques les gènes homologues. Sur les deux schémas d'organismes, les couleurs représentent les zones d'expression des gènes hox dans les différents territoires le long de l'axe dorso-ventral.



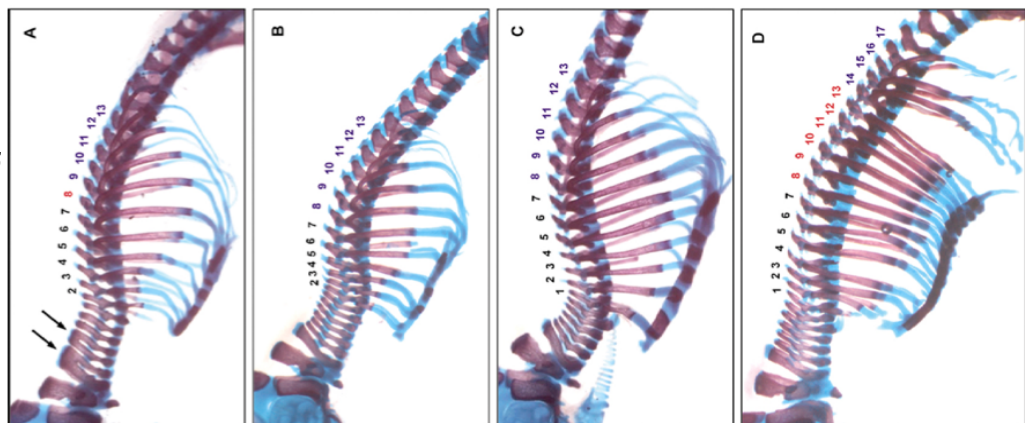
Document 28.
Formation des
somites d'antérieur
vers postérieur au
cours du temps.
Source inconnue.



Document 29. Structure
d'une protéine à
homéodomaine. Image
issue d'une figure de
diffraction aux rayons X
d'un assemblage
cristallisé entre la
protéine et l'ADN. La
liaison entre l'hélice n°3
et l'ADN au niveau du
grand sillon est responsable de la
reconnaissance spécifique par la protéine,
et donc de son rôle de facteur de
transcription.



Document 30:
Squelettes de
mutants homéotiques
paralogues : mutant
pour Hox5 (A), Hox6
(B) ou Hox9 (D). C :
témoin sauvage. Les
chiffres désignent les
vertèbres portant des
côtes (vertèbres
thoraciques). La
flèche désigne les
vertèbres cervicales
soudées.

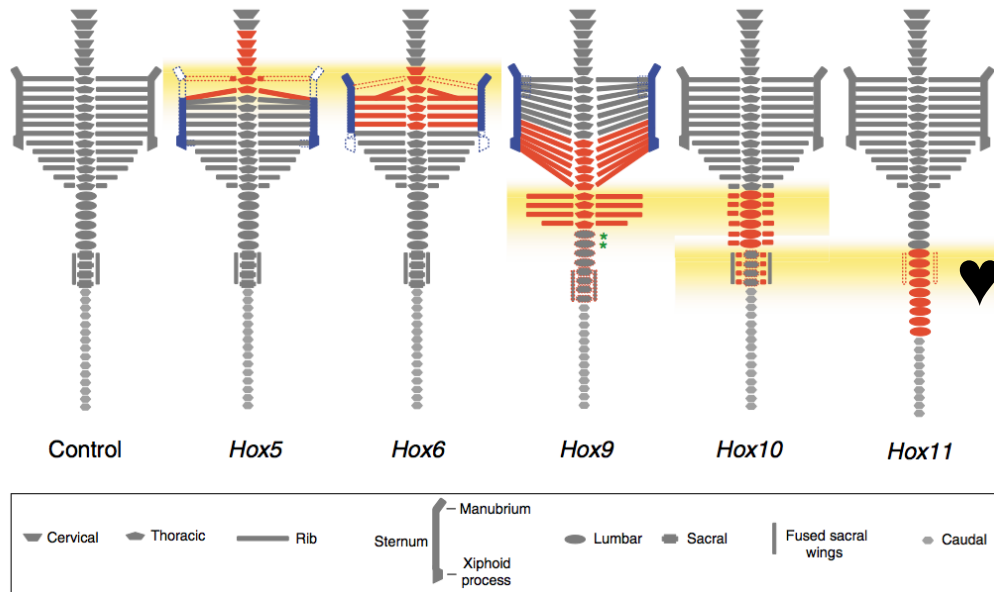


30 Lewis Wolpert, *Principles of Development*, 5th UK ed. edition (Oxford: Oxford University Press, 2015).

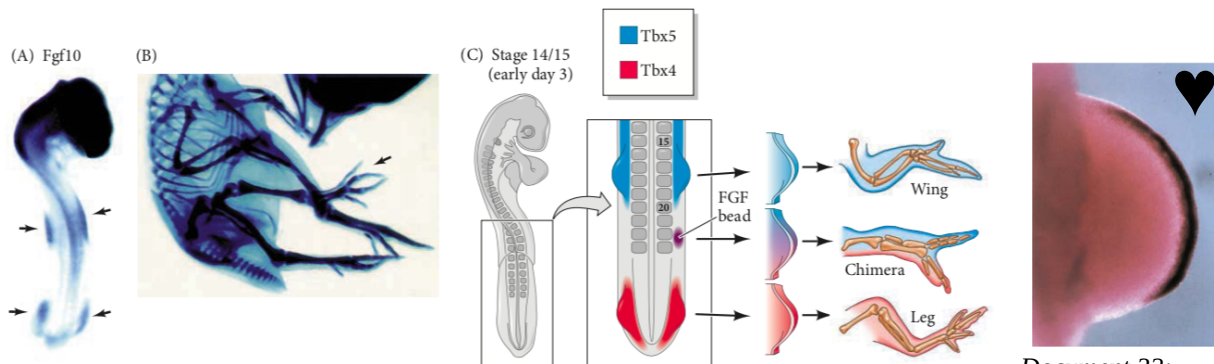
31 « Fattori di trascrizione - Enciclopedia », Treccani, consulté le 26 octobre 2024, [https://www.treccani.it/enciclopedia/fattori-di-trascrizione_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/fattori-di-trascrizione_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/).

32 Daniel C. McIntyre et al., « Hox patterning of the vertebrate rib cage », *Development* 134, n° 16 (15 août 2007): 2981-89,

Document 31:
Analyse
schématique
du phénotype
des mutants
Hox
paralogues
présentés dans
le document
30.



33

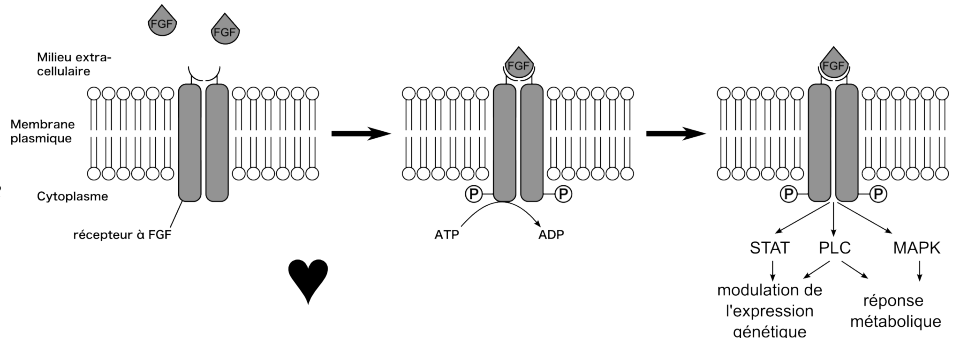


Document 31: (A) Expression de FGF10 chez un embryon de poulet au stade bourgeon caudal. (B) Poussin avec un membre surnuméraire (flèche) observé par radiographie aux rayons X ; l'embryon avait subi l'expérience présentée en (C). (C) Au stade bourgeon caudal, on place une bille d'agarose imprégnée de FGF10 dans la zone intermédiaire entre les bourgeons de membre antérieur et postérieur (zone dans laquelle aucun membre ne se développe normalement). Un membre surnuméraire apparaît, dont l'anatomie est intermédiaire entre une patte et une aile.

Document 32:
Hybridation in situ
d'un bourgeon de
membre, avec une
sonde se fixant
spécifiquement sur
l'ARNm du gène
34 FGF8.

35

Document 33. L'induction
par les FGF : mécanisme
d'action simplifié. Noter
l'activation du récepteur
par autophosphorylation,
la multiplicité des voies de
transduction, certaines
aboutissant à une
modification de
l'expression de certains
gènes.



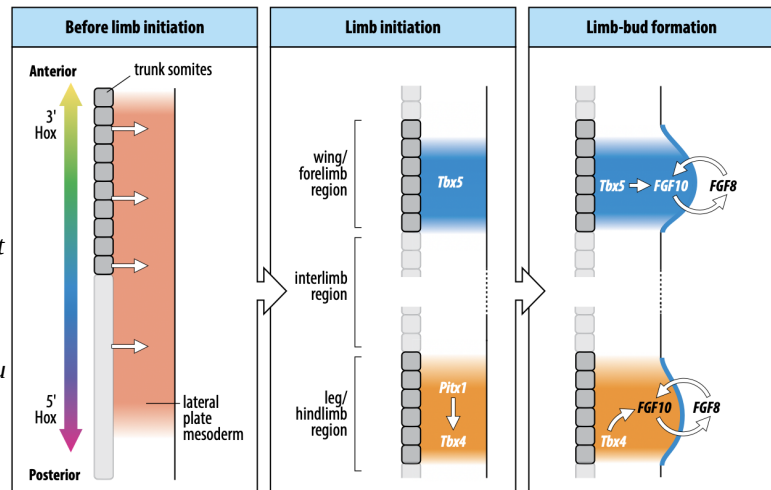
<https://doi.org/10.1242/dev.007567>.

33 Daniel C. McIntyre et al., « Hox patterning of the vertebrate rib cage », *Development* 134, n° 16 (15 août 2007): 2981-89, <https://doi.org/10.1242/dev.007567>.

34 Scott F. Gilbert et Michael J. F. Barresi, *Developmental Biology*, 11e édition (Sinauer Associates Inc, 2016).

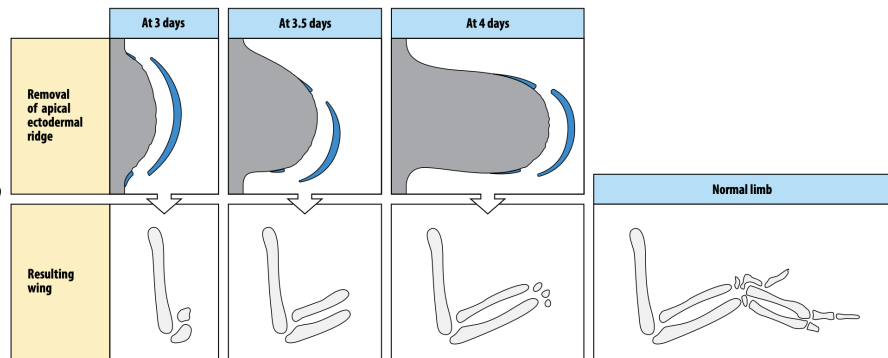
35 Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

Document 34: Synthèse des inductions à l'origine de l'initiation du bourgeon de membre. Gauche : spécification antéropostérieure des somites par expression des gènes *hox* et induction par les somites de l'identité de position des lames latérales. Milieu : Expression des facteurs de transcription *Tbx5* (antérieur) et *Tbx4* (postérieur) suite à cette induction. Droite : *Tbx4* et *Tbx5* stimulent l'expression du facteur paracrine (inducteur) FGF10 dans le mésenchyme du jeune bourgeon caudal, qui induit l'expression par l'AER de FGF8, provoquant un rétrocontrôle positif renforçant l'expression de FGF10 et FGF8.

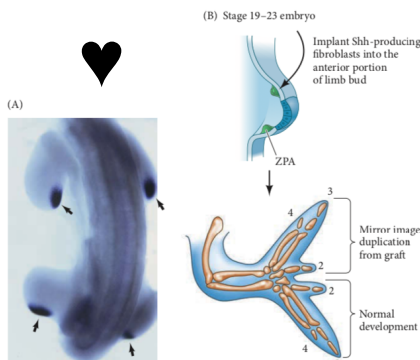


36

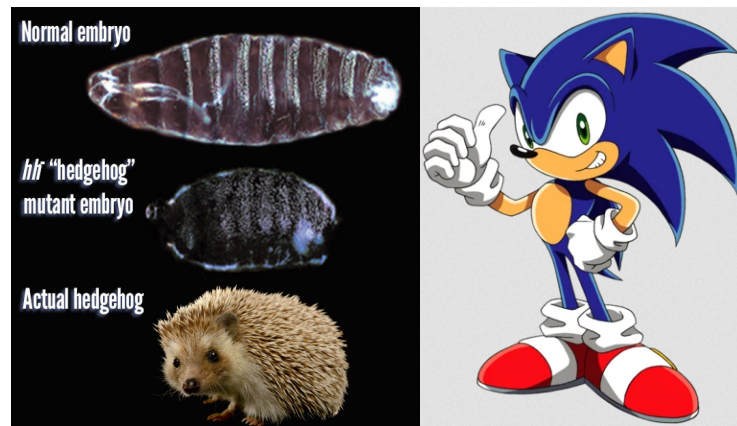
Document 35: Expérience d'ablation de l'AER à différents stades. Les structures osseuses absentes sont d'autant plus proximales que l'ablation est précoce. La chronologie de l'induction des structures mésodermiques par l'AER est donc d'abord proximale puis distale. D'après Biologie du développement, Wolpert et al., Oxford University Press 2015.



37



Document 36: Gauche : HIS détectant l'ARNm du gène Sonic Hedgehog (*Shh*) chez un poulet au cours du développement du bourgeon de membre. Droite : on récupère les cellules mésenchymateuses exprimant *Shh* (la ZPA = zone of polarizing activity) que l'on greffe en position antérieure. On obtient une duplication en miroir de l'autopode.

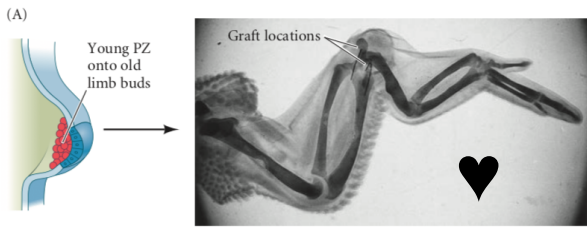


Document 37: L'origine du nom du gène *Shh*. Haut : embryon de drosophile normal ; milieu : embryon de drosophile portant une mutation du gène *hh*. Ce phénotype a été décrit pour la première fois comme ressemblant à un hérisson (hedgehog en anglais), d'où le nom du gène. Droite : le personnage de jeux vidéo japonais sonic le hérisson.

36 Lewis Wolpert, *Principles of Development*, 5th UK ed. edition (Oxford: Oxford University Press, 2015).

37 Lewis Wolpert, *Principles of Development*, 5th UK ed. edition (Oxford: Oxford University Press, 2015).

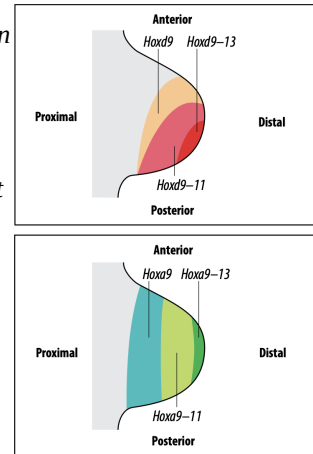
38 Scott F. Gilbert et Michael J. F. Barresi, *Developmental Biology*, 11e édition (Sinauer Associates Inc, 2016).



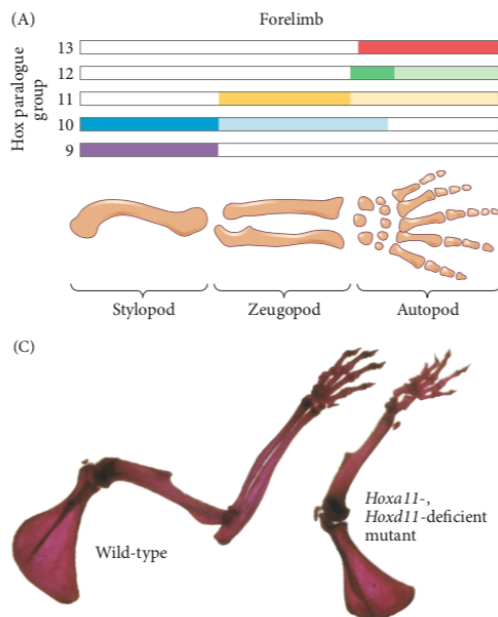
Document 38: On greffe un mésenchyme jeune dans le bourgeon de membre, juste sous l'AER : le stylopode et le zeugopode sont doublés. Voir cours pour les détails.

39

Document 39: Expression des gènes du complexe *Hoxd* (haut) et *Hoxa* (bas) dans le bourgeon antérieur de membre. L'expression est d'autant plus distale que le gène est en 5' (voir doc 25). D'après *Biologie du développement*, Wolpert et al., Oxford University Press 2015.



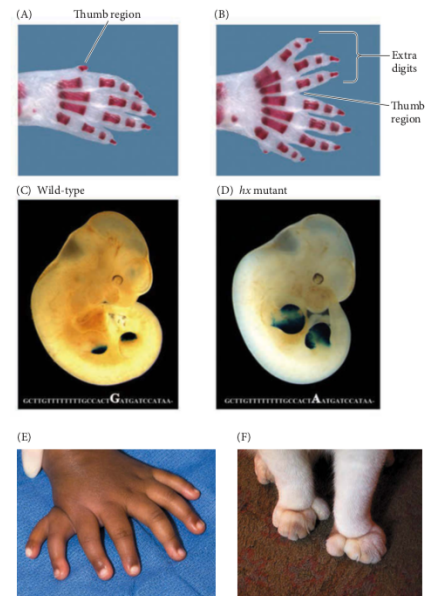
40



Document 40. Expression des gènes *Hox* et détermination des segments du membre chez la souris. Voir détails en cours.

41

Document 41: Phénotype de mutants exprimant le gène *Shh* dans la région antérieure du bourgeon de membre en plus de la région postérieure. Haut et milieu : mutant construit en laboratoire chez la souris. Bas : mutants naturels chez l'humain et chez un chat.



42

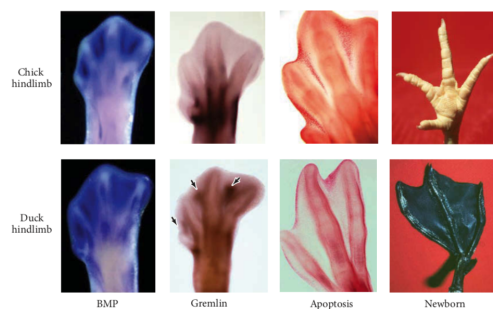
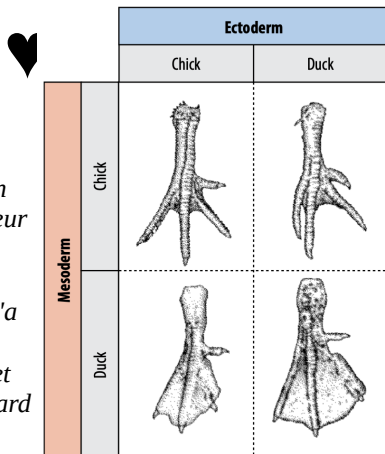
39 Scott F. Gilbert et Michael J. F. Barresi, *Developmental Biology*, 11e édition (Sinauer Associates Inc, 2016).

40 Lewis Wolpert, *Principles of Development*, 5th UK ed. edition (Oxford: Oxford University Press, 2015).

41 Gilbert et Barresi, *Developmental Biology*.

42 Scott F. Gilbert et Michael J. F. Barresi, *Developmental Biology*, 11e édition (Sinauer Associates Inc, 2016).

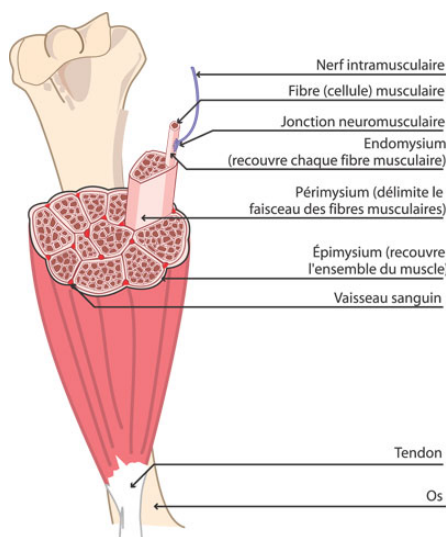
Document 42:
Expérience de recombinaison tissulaire interspécifique au niveau du bourgeon de membre postérieur (patte). Chez un poulet, on a excisé l'ectoderme, et on l'a remplacé par un ectoderme de poulet (témoin) ou de canard (test). On a fait de même avec un canard.
C'est le mésoderme qui contrôle la régression par apoptose des tissus interdigitaux chez le poulet, et leur maintien chez le canard. D'après *Biologie du développement*, Wolpert et al., Oxford University Press 2015.



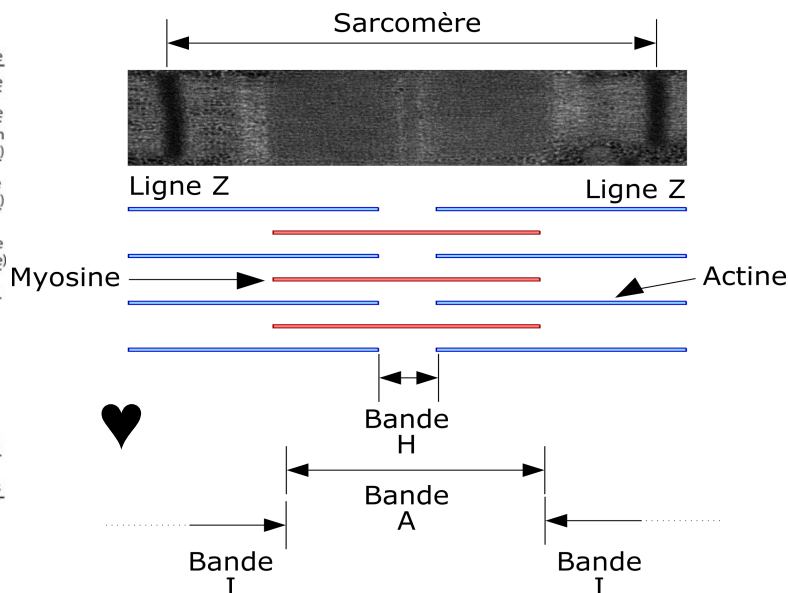
Document 43: Expression de BMP et Gremlin, détection de l'apoptose et aspect de la patte à la naissance chez un poulet (haut) et un canard (bas). BMP est facteur inducteur qui (ici) promeut l'apoptose. Gremlin est un inhibiteur de BMP. D'après *Developmental Biology*, Gilbert et Barresi, éditions Sinauer

43 Associated, 2016.

44



Document 44: Anatomie d'un muscle de mammifère. Source inconnue.



Document 45: Un sarcomère observé au MET et son interprétation.

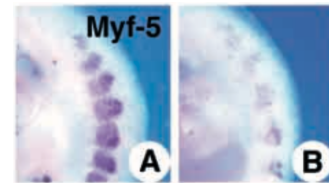
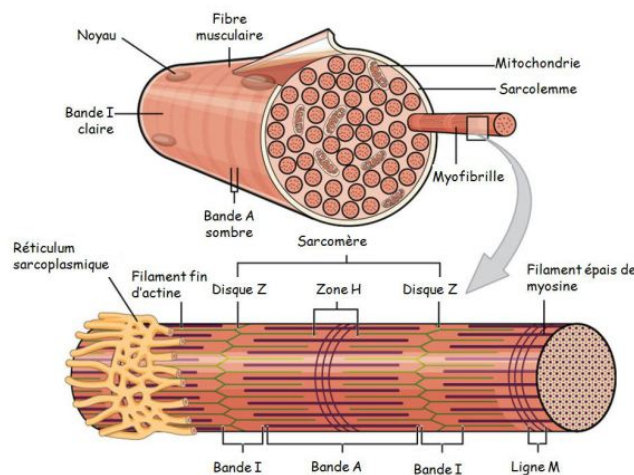
45

43 Lewis Wolpert, *Principles of Development*, 5th UK ed. edition (Oxford: Oxford University Press, 2015).

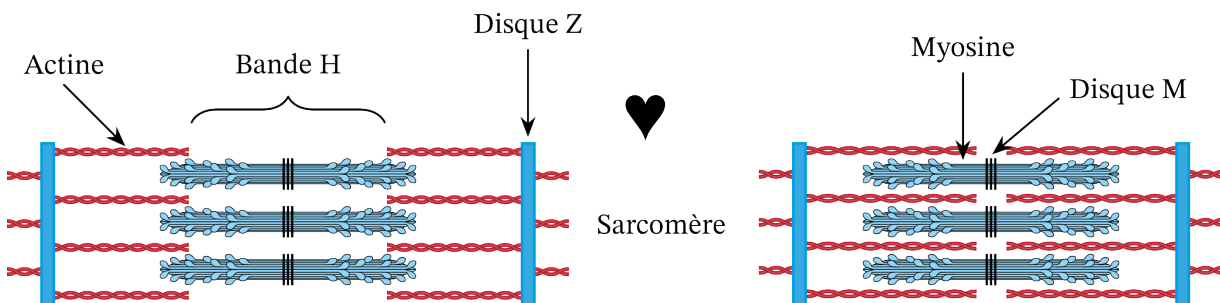
44 Scott F. Gilbert et Michael J. F. Barresi, *Developmental Biology*, 11e édition (Sinauer Associates Inc, 2016).

45 « Wikimedia Commons ».

Document 46.
Haut : coupe
transversale
d'une fibre (= cellule)
musculaire ;
bas : structure
d'une
myofibrille (= ensemble de sarcomères).



Document 47: Expression de Myf5 chez un mutant Wnt chez la souris. Gauche : sauvage ; droite : mutant.

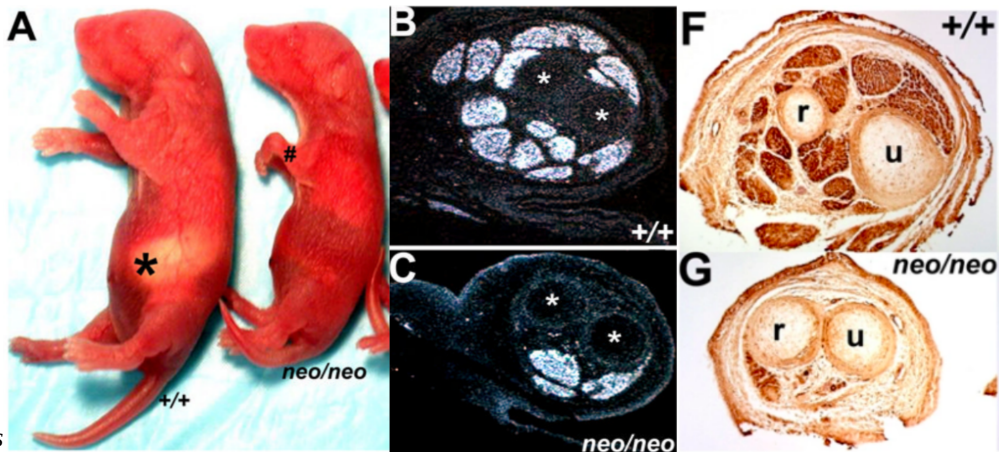


Muscle détendu

Document 48. Evolution de la taille d'un sarcomère en fonction de l'état contracté ou décontracté.

Muscle contracté

Document 49:
Phénotype du mutant Pax3^{-/-} (neo/neo) chez des souris, par rapport au témoin +/+. A : forte atrophie des membres. B et C : expression de MyoD (blanc) dans un membre antérieur en coupe transversale. Les astérisques représentent le radius et l'ulna (= cubitus). F et G : immunomarquage de l'actine. r : radius ; u : ulna.

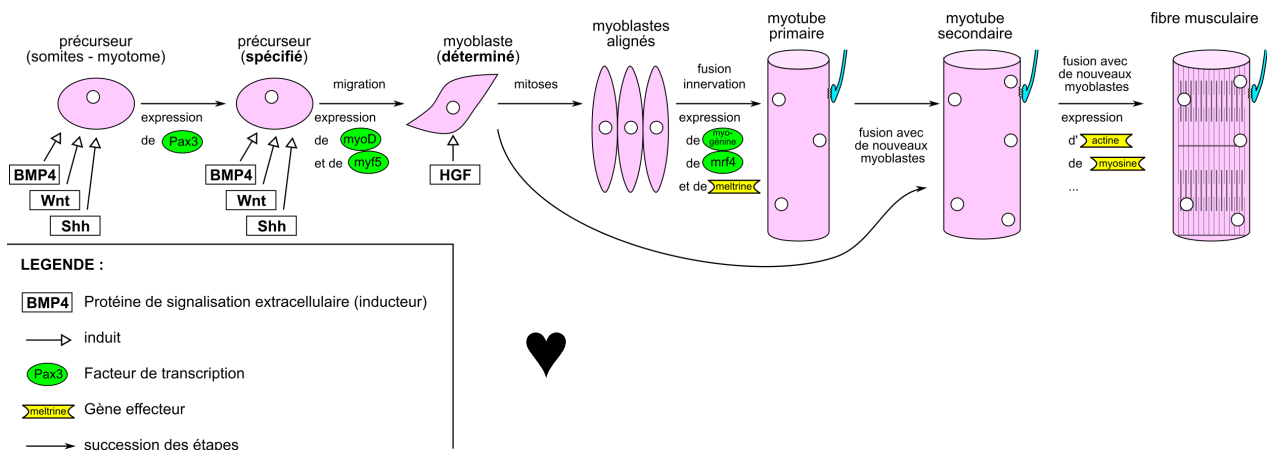


46 « Physiologie des systèmes intégrés, les principes et fonctions - Organisation ultra-structurale », consulté le 26 octobre 2024, https://ressources.unisciel.fr/physiologie/co/2b_1.html.

47 M. Ikeya et S. Takada, « Wnt Signaling from the Dorsal Neural Tube Is Required for the Formation of the Medial Dermomyotome », *Development (Cambridge, England)* 125, n° 24 (décembre 1998): 4969-76, <https://doi.org/10.1242/dev.125.24.4969>.

48 « Fiche explicative de la leçon: Contraction musculaire | Nagwa », s. d., <https://www.nagwa.com/fr/explainers/676192534258/>.

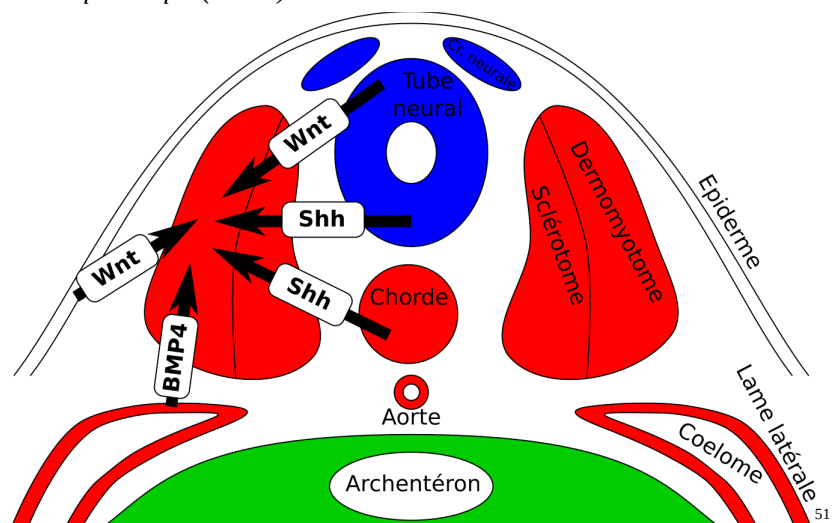
49 Hong-Ming Zhou et al., « Lineage-Specific Responses to Reduced Embryonic Pax3 Expression Levels », *Developmental Biology* 315, n° 2 (15 mars 2008): 369-82, <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2007.12.020>.



Document 50: Inductions, migrations, spécification, détermination, fusion, différenciation : les grandes étapes de la différenciation de la cellule musculaire striée squelettique (CMSS).

50

Document 51: Induction du dermomyotome par les tissus environnants.



51

Bibliographie :

- Christ, B., H. J. Jacob, et M. Jacob. « Experimental Analysis of the Origin of the Wing Musculature in Avian Embryos ». *Anatomy and Embryology* 150, n° 2 (30 mars 1977): 171-86. <https://doi.org/10.1007/BF00316649>.
- Darribère, Thierry. *Introduction à la biologie du développement*. Belin, 2002.
- Démaret-Nicolas, Joseph. « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ». Consulté le 29 septembre 2024. <http://josephnicolassvt.fr/>.
- « Fiche explicative de la leçon: Contraction musculaire | Nagwa », s. d. <https://www.nagwa.com/fr/explainers/676192534258/>.
- « Gastrulation Xénope ». Consulté le 26 octobre 2024. <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/xenope1/gastrulation/Gastrula.html>.
- « gaststa ». Consulté le 26 octobre 2024. <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/CoursPCEMDEUG/Fig46.htm>.
- Gilbert, Scott F., et Michael J. F. Barresi. *Developmental Biology*. 11e édition. Sinauer Associates Inc, 2016.
- guillaume, 13 juillet 2012 Écrit par. « Licence 1&2 | Bio du Développement – TP3 : Développement des amphibiens ». *Biodeug* (blog), 13 juillet 2012. <https://www.biodeug.com/licence-12-bio-du-developpement-tp3-developpement-des-amphibiens/>.
- Ikeya, M., et S. Takada. « Wnt Signaling from the Dorsal Neural Tube Is Required for the Formation of the Medial Dermomyotome ». *Development (Cambridge, England)* 125, n° 24 (décembre 1998): 4969-76. <https://doi.org/10.1242/dev.125.24.4969>.
- Marieb, Elaine, et Katja Hoehn. *Anatomie et physiologie humaines*. Pearson, 2010.
- McIntyre, Daniel C., Sabita Rakshit, Alisha R. Yallowitz, Luke Loken, Lucie Jeannotte, Mario R. Capecchi, et Deneen M. Wellik. « Hox patterning of the vertebrate rib cage ». *Development* 134, n° 16 (15 août 2007): 2981-89. <https://doi.org/10.1242/dev.007567>.
- « Physiologie des systèmes intégrés, les principes et fonctions - Organisation ultra-structurale ». Consulté le 26 octobre 2024. https://ressources.unisciel.fr/physiologie/co/2b_1.html.
- « rotequi ». Consulté le 26 octobre 2024. <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/CoursPCEMDEUG/Fig30.htm>.
- Treccani. « Fattori di trascrizione - Enciclopedia ». Consulté le 26 octobre 2024. [https://www.treccani.it/enciclopedia/fattori-di-trascrizione_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/fattori-di-trascrizione_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/).
- « Wikimedia Commons ». Consulté le 29 août 2024. <https://commons.wikimedia.org/wiki/Accueil>.
- Wolpert, Lewis. *Principles of Development*. 5th UK ed. edition. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- Zhou, Hong-Ming, Jian Wang, Rhonda Rogers, et Simon J. Conway. « Lineage-Specific Responses to Reduced Embryonic Pax3 Expression Levels ». *Developmental Biology* 315, n° 2 (15 mars 2008): 369-82. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2007.12.020>.

50 Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

51 Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».