

LV 301 – Biologie Comparée et Evolution des Animaux

# Chapitre **Symétrie et polarités de l'organisme animal : aspects évolutifs**





?

↕



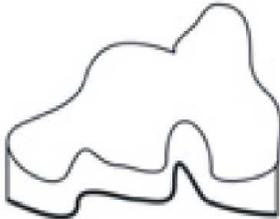
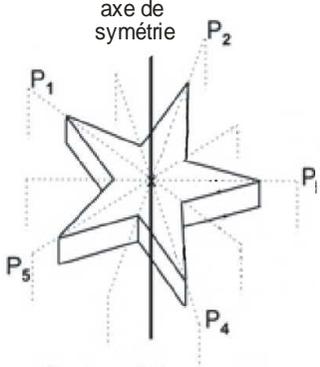
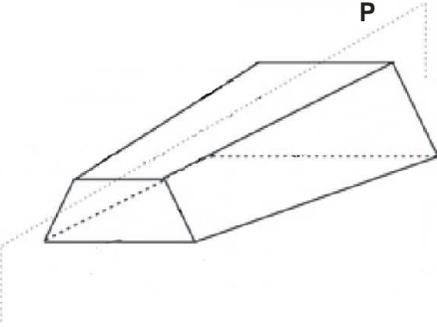
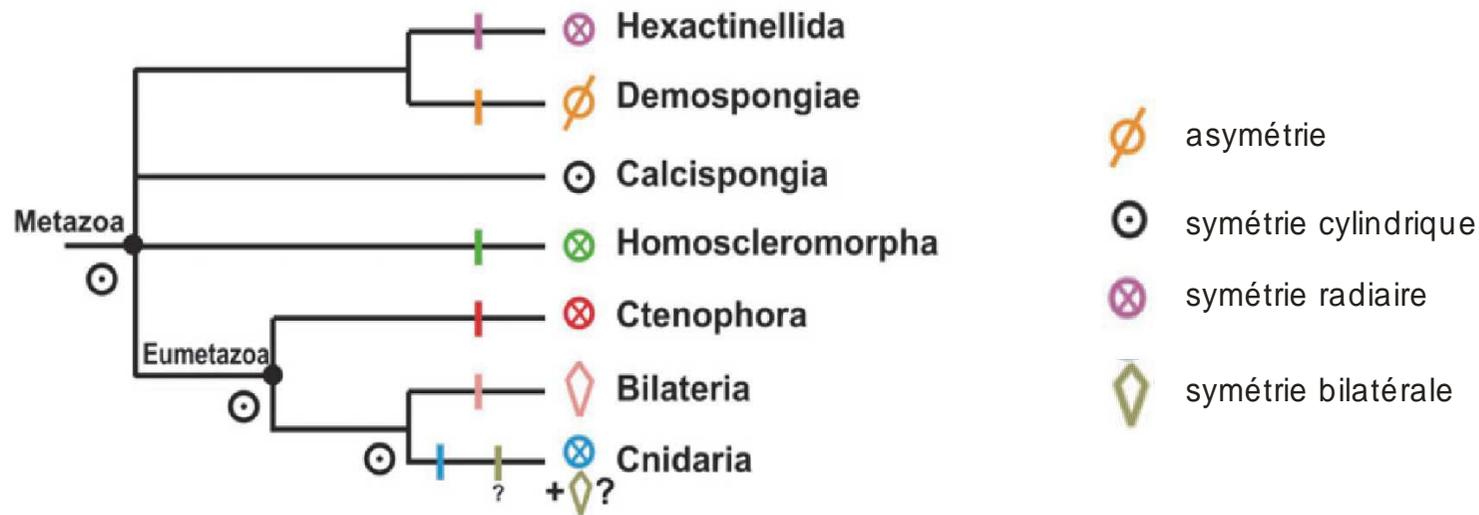
Type de symétrie	asymétrie	symétrie cylindrique	symétrie radiaire	symétrie bilatérale
Schéma simplifié				
Nombre de plans de symétrie	0	$\infty$	$n \geq 2$	1
Exemples	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Trichoplax</i></li> <li>- La plupart des démosponges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- calcisponges asconoïdes</li> <li>- polypes d'hydrozoaires au niv. de la colonne</li> <li>- larves d'éponges et de cnidaires</li> <li>- embryons animaux avant gastrulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- calcisponges syconoïdes</li> <li>- polypes et méduses de cnidaires</li> <li>- cténaires</li> <li>- échinodermes adultes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cas général pour les Bilateria (adultes, et embryons après la gastrulation)</li> <li>- polypes d'anthozoaires (mais bilatéralité uniquement interne et superposée à une symétrie radiaire)</li> </ul>

Fig. 1 : Les grands types de symétrie de l'organisme animal.



**Fig. 2 : Scénario évolutif concernant l'évolution des types de symétrie chez les métazoaires.** D'après Manuel (2009b).

l'asymétrie n'est pas ancestral, c'est une perte secondaire.

il y a des axes généraux : dorso/ventral et antéro/postérieur.

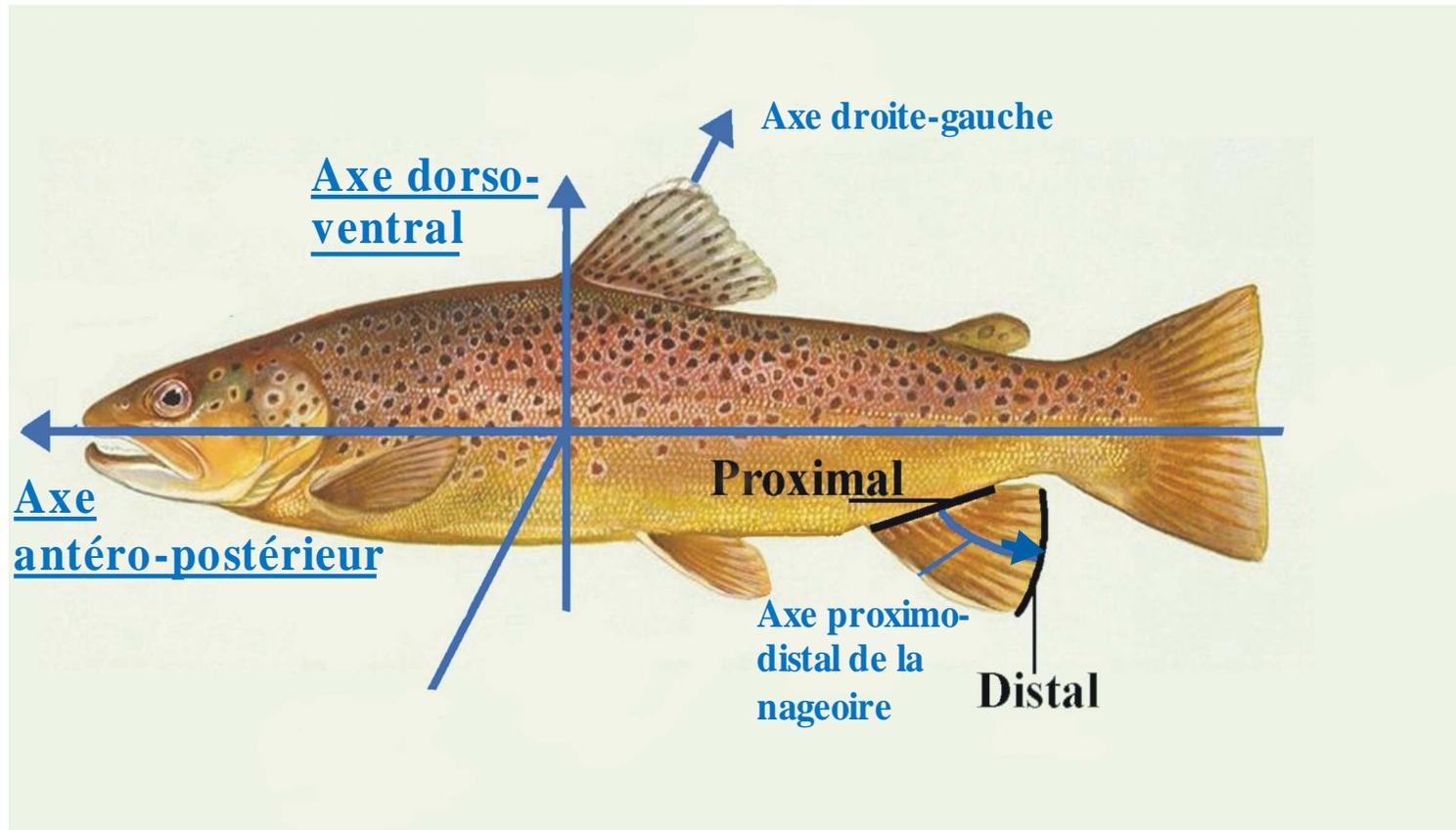
la voie Wnt et beta-caténine est lié a l'axe de polarité antéro/postérieur. Wnt diffuse et se trouve en grande quantité du coté antérieur.

BMP est en grande quantité coté ventral et en faible quantité du coté dorsal.

c'est l'inverse chez les hyponeurien.

l'axe de polarité entre cnidaire et chordé est homologue.

les gènes hox forme une famille miltigénique. il y a une pression de selection stabilisante depuis 550MA sur les gène hox.



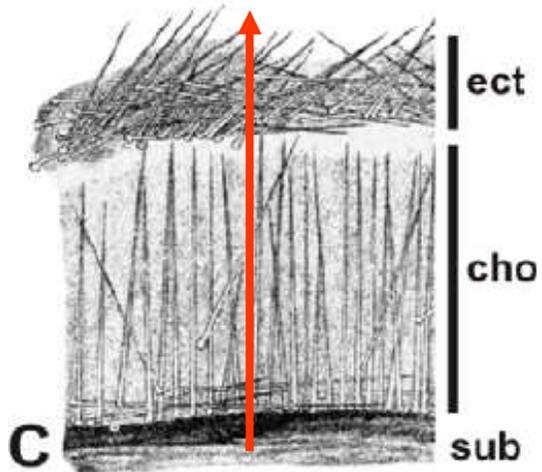
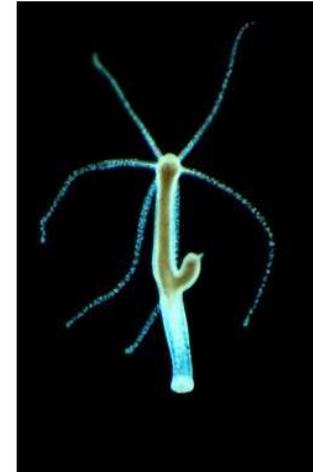
**Fig. 3 : Les axes de polarité.** Illustration à partir de l'exemple d'un téléostéen, animal à symétrie bilatérale. Les axes de polarité corporelle AP et DV sont inhérents à la bilatéralité ; le troisième axe de polarité corporelle (DG) doit son existence à la présence de structures qui ne se conforment pas à la symétrie bilatérale. Les autres axes de polarité sont internes (et non corporels) ; p. ex. l'axe de polarité proximo-distal de chaque nageoire.

# Un seul axe de polarité corporelle

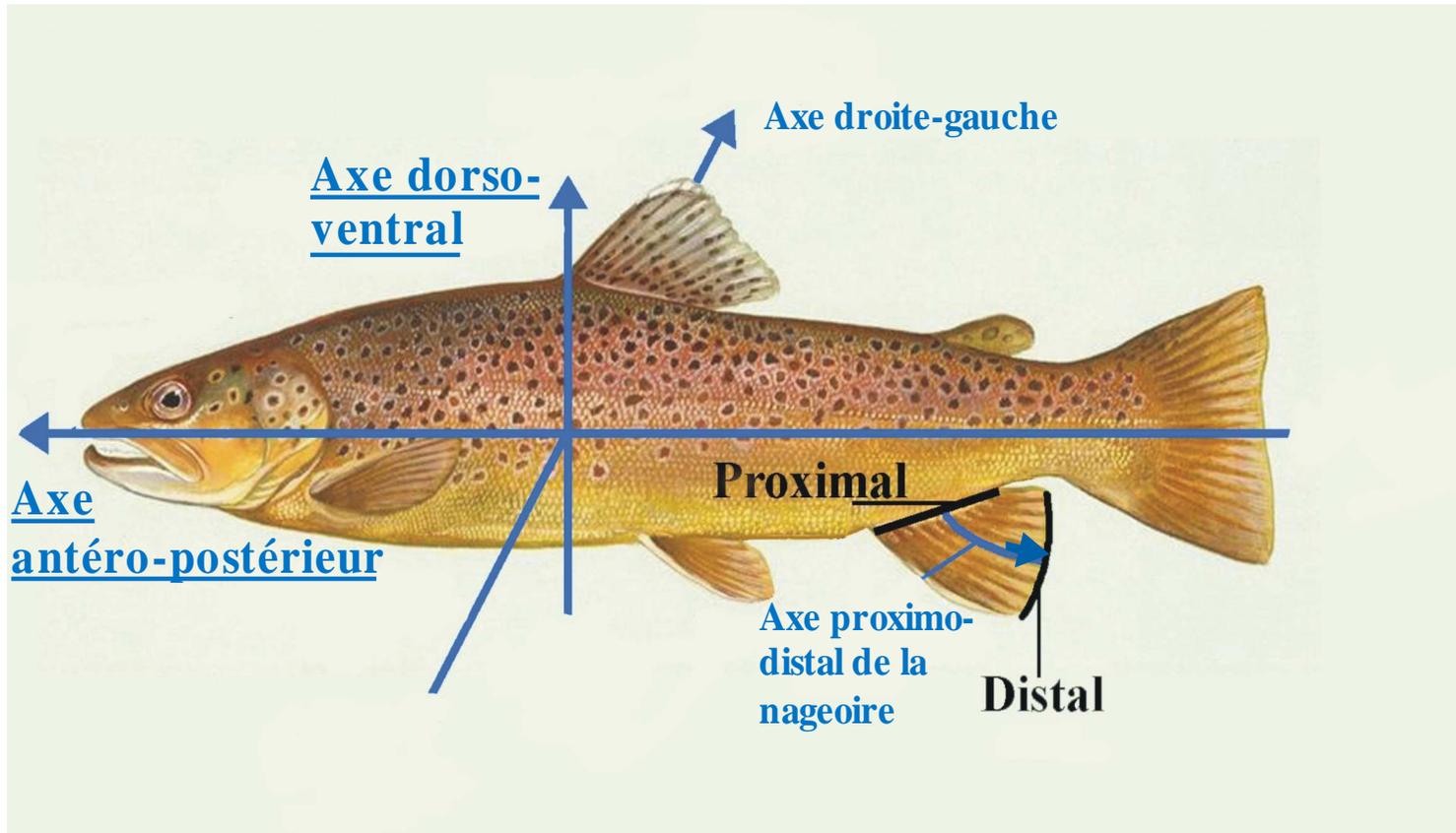
## Animaux asymétriques

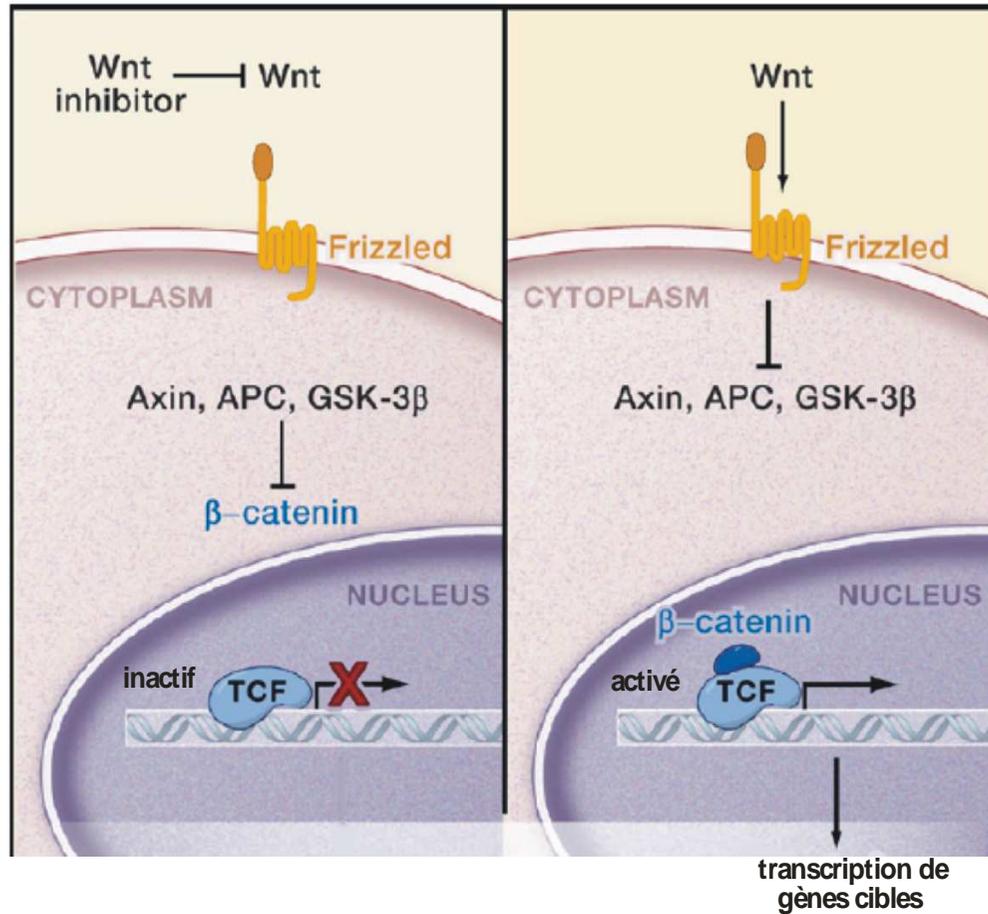


## Animaux à symétrie cylindrique et à symétrie radiaire

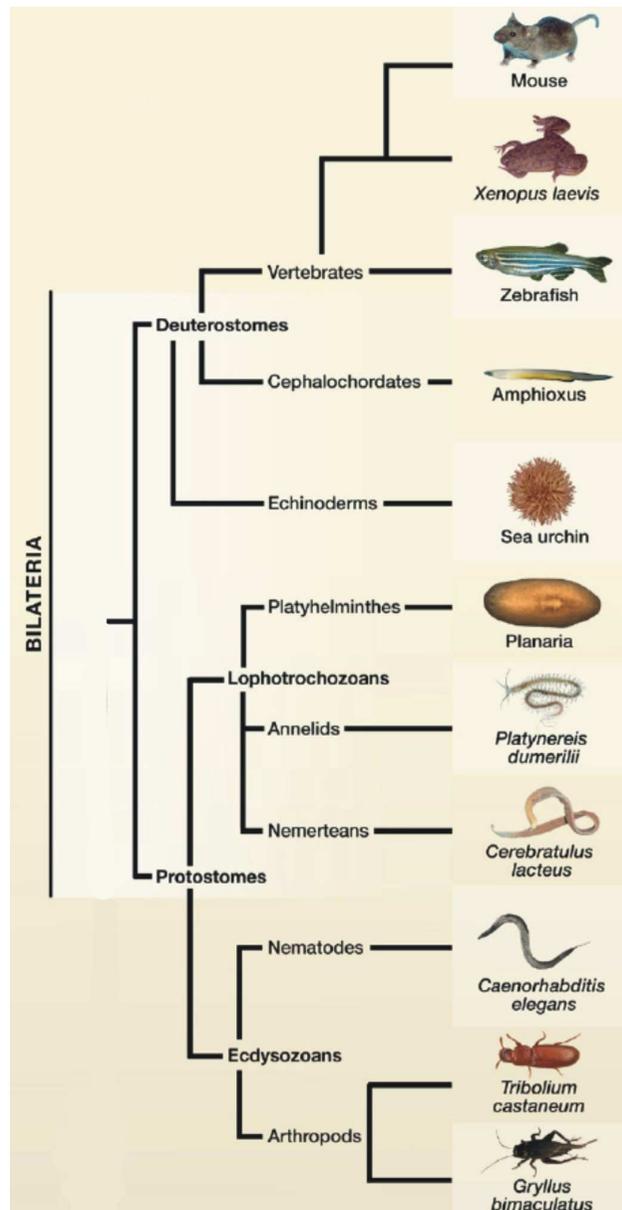


Deux axes de polarité corporelle  
=  
animaux à symétrie bilatérale



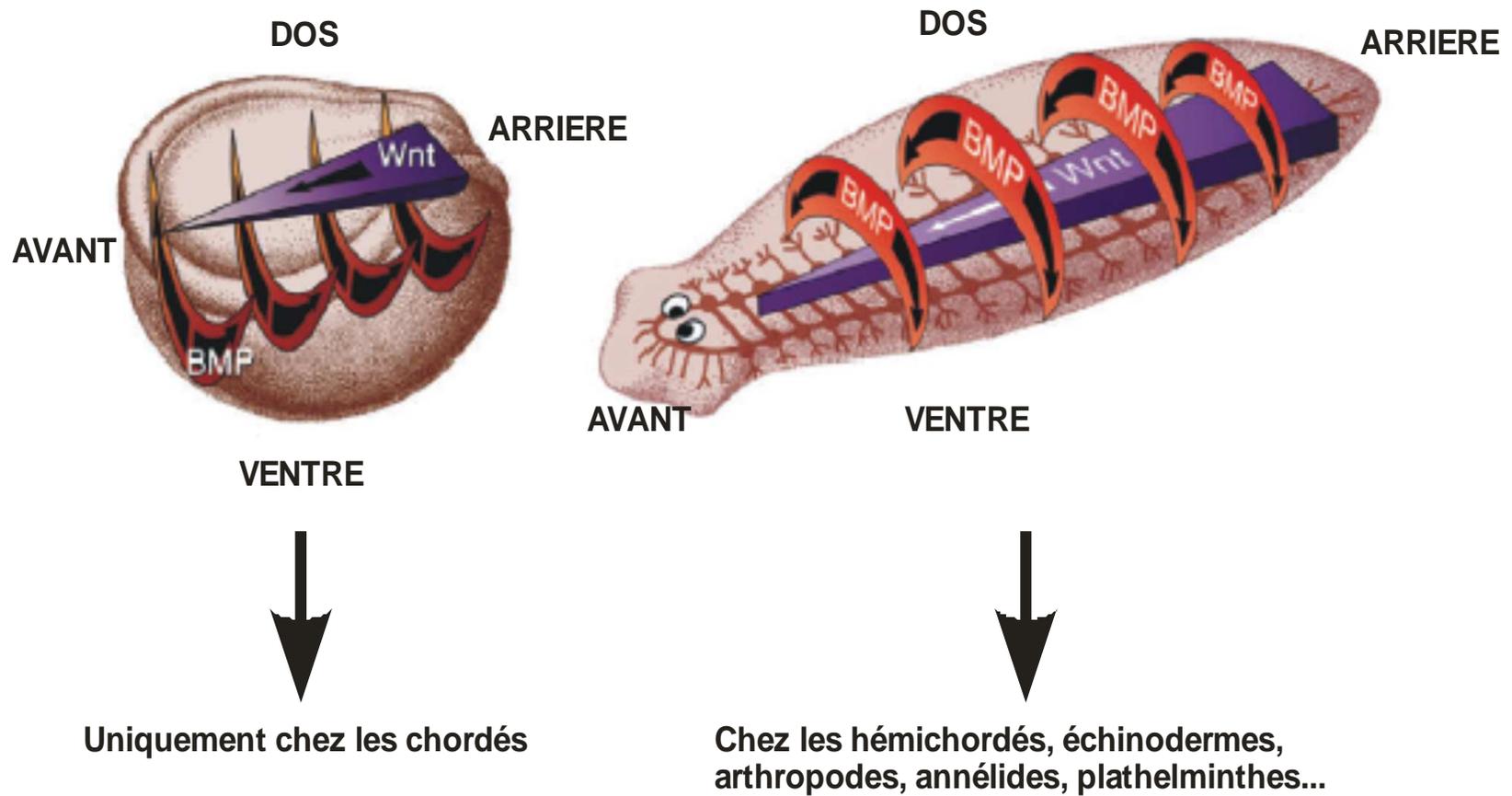


**Fig. 4 : Représentation simplifié du fonctionnement de la voie Wnt $\beta$ -catenin** A gauche, en l'absence de ligand Wnt, la voie est inactive. A droite, activation de la voie en présence de ligand Wnt dans l'espace extra cellulaire. D'après Petersen & Reddien (2009).



**Fig. 5 : Bilan des espèces de *Bilateria* pour lesquelles il existe des données expérimentales indiquant un rôle de la voie Wnt  $\beta$ -catenin dans la mise en place de l'axe antéro-postérieur, au cours du développement**

Il s'agit toujours d'une activation de la voie au **pôle postérieur** ; souvent accompagnée de la production d'inhibiteurs de Wnt au pôle antérieur (p. ex. chez les vertébrés, l'amphioxus, la planaria). D'après Petersen & Reddien (2009).



**Fig. 6 : Rôle des voies Wnt et BMP (= dpp) dans la spécification, respectivement, de l'axe AP et de l'axe DV, chez les Bilateria.** Noter que la voie BMP est active au pôle ventral chez les chordés, alors qu'elle l'est au pôle dorsal chez l'ensemble des autres *Bilateria*, ce qui représente l'un des arguments en faveur d'une inversion de l'axe dorso-ventral chez les chordés. D'après Niehrs (2010).

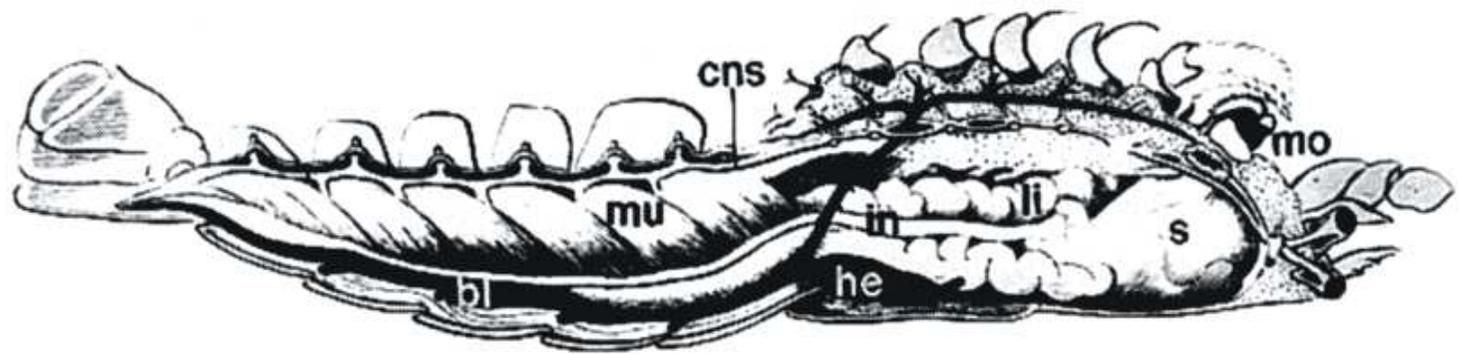
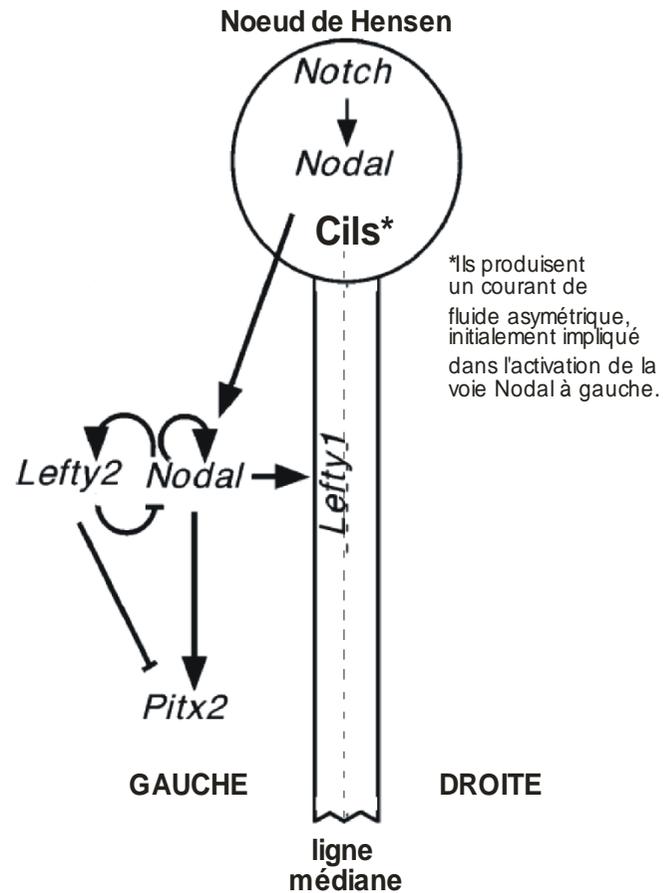
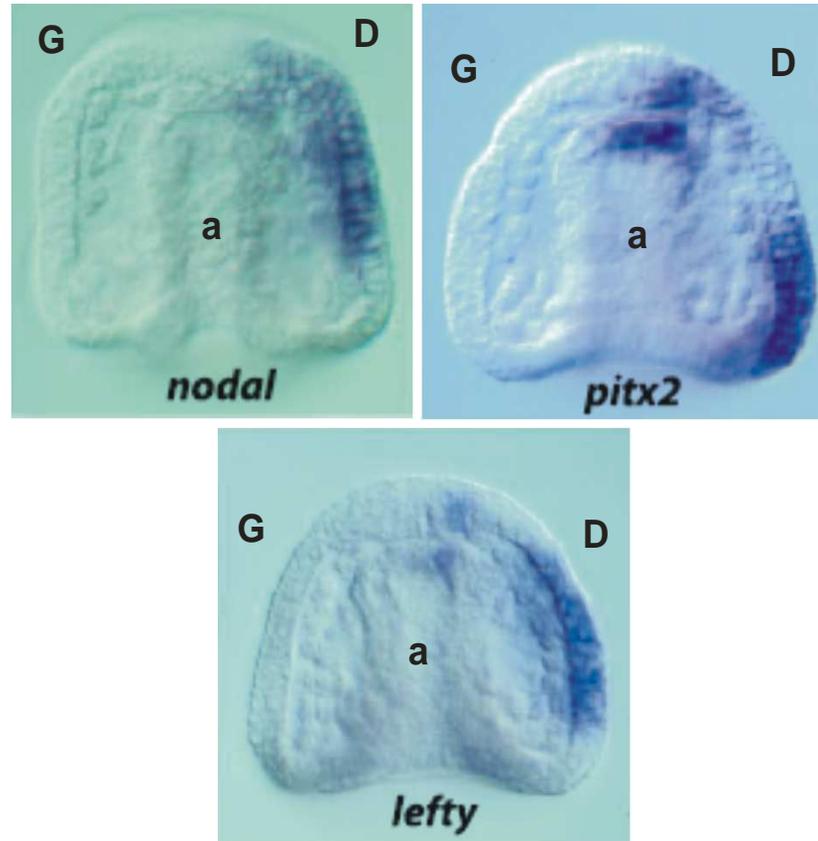


Fig. 7 : Homard dessiné "à l'envers" par Geoffroy St Hilaire (1822).

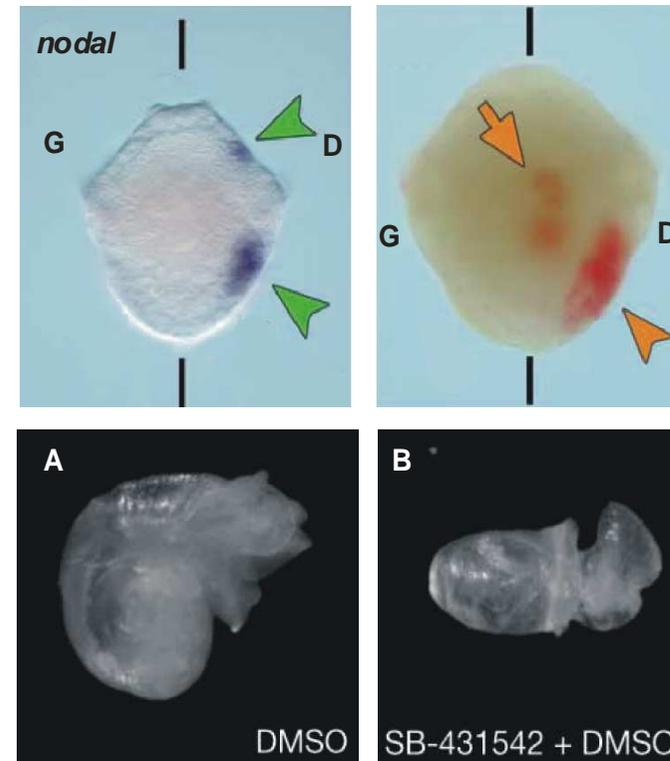


**Fig. 8 : Rôle de la voie Nodal dans la spécification de l'axe droite/gauche chez la souris.**

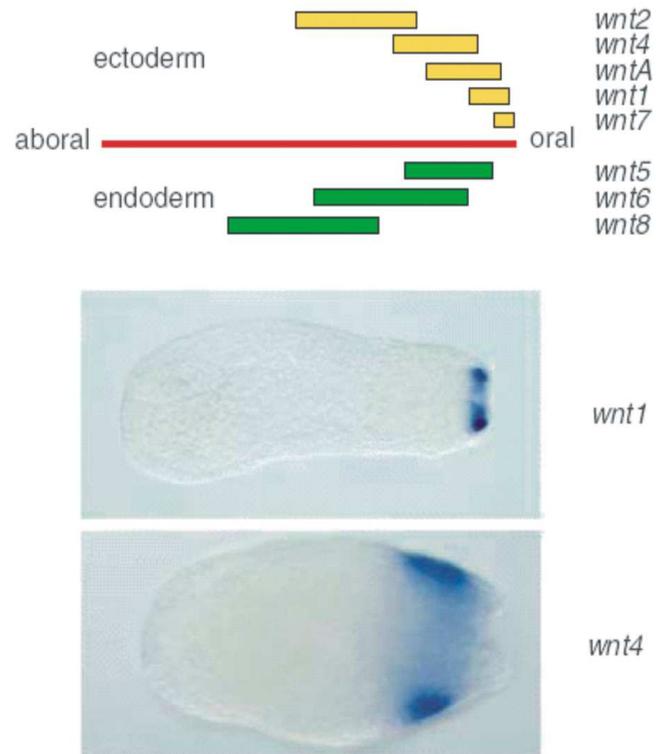
Nodal est une protéine-signal sécrétée extracellulairement. Les gènes *Lefty1*, *Lefty2* et *Pitx2* sont des facteurs de transcription cibles de la voie Nodal. D'après Schier (2003).



**Fig. 9 : Expression asymétrique des gènes *nodal*, *pitx2* et *lefty* dans une gastrula d'oursin.**  
 L'embryon est vu de face, avec le blastopore en bas. D = côté droit ; G = côté gauche ; a = archentéron. D'après Duboc & Lepage (2008).

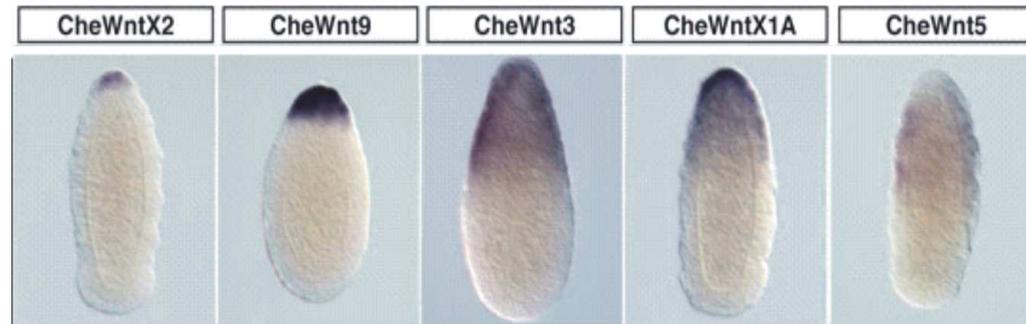


**Fig. 10 : Voie Nodal et asymétrie droite/gauche chez un gastéropode.** En haut, expression de *nodal* et de *pitx2* dans la larve trochophore (présentée de face avec l'organe apical en haut ; G = côté gauche ; D = côté droit). En bas, effet du traitement par un inhibiteur de la voie Nodal. A - larve véligère témoin (traitement avec uniquement du tampon DMSO) ; B - larve véligère obtenue après incubation de l'embryon dès le stade 2 cellules en présence d'une molécule (SB-431542) connue pour inhiber la voie Nodal. On obtient une larve à coquille droite (non spiralée), donc dépourvue d'asymétrie droite/gauche. D'après Grande & Patel (2009).



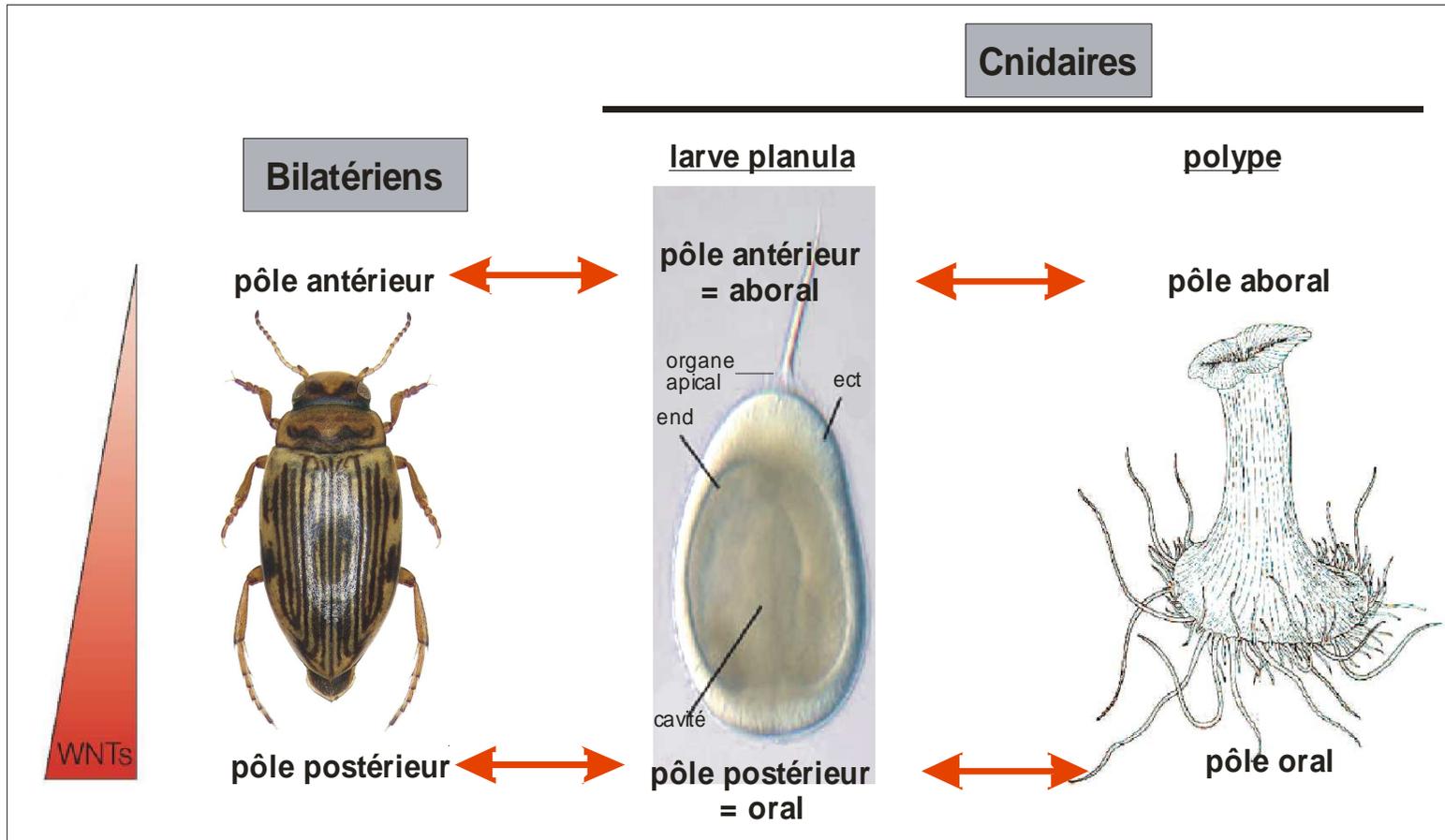
**Fig. 11 : Expression des gènes Wnt dans l'embryon de l'anémone de mer *Nematostella vectensis*.**

Les données concernent l'embryon après la gastrulation (= jeune larve planula). En haut, domaines d'expression des différents Wnt de *Nematostella*, le long de l'axe oral/aboral de la planula. Certains de ces gènes sont exprimés dans l'ectoderme (en haut de la barre), les autres dans l'endoderme (en bas de la barre). En bas, exemples d'hybridations *in situ* pour deux gènes Wnt, dans la jeune larve planula (le pôle postérieur, qui est aussi le pôle oral, est à droite). D'après Guder et al. (2006).

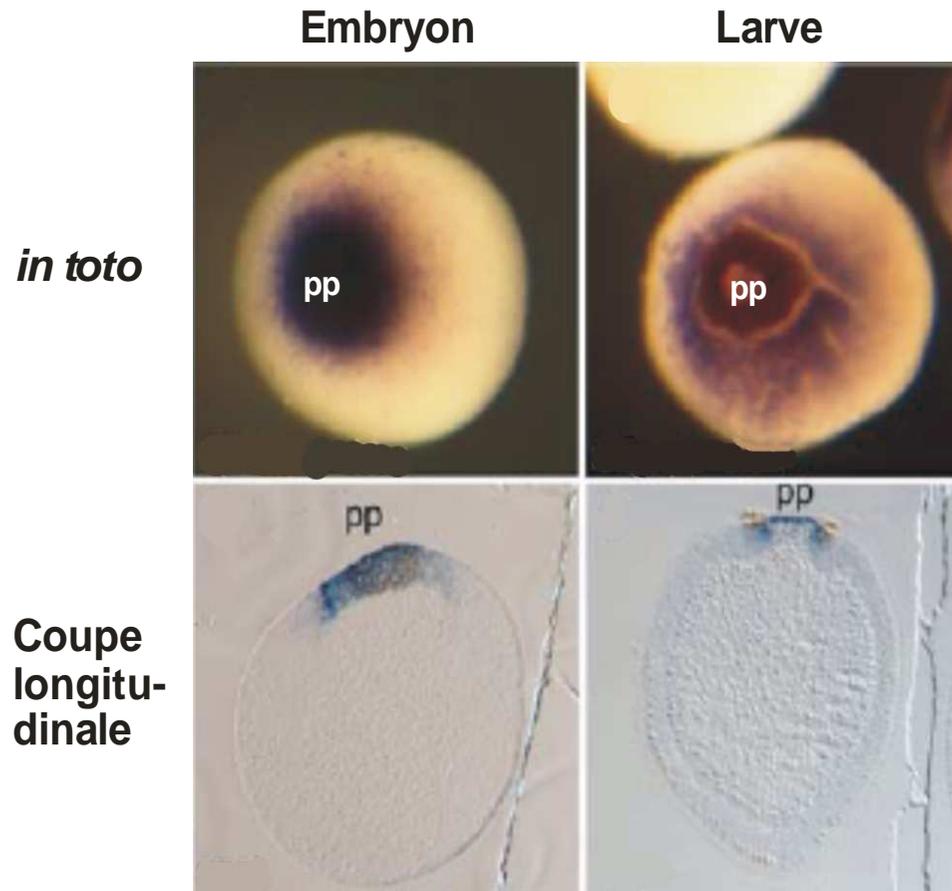


**Fig. 12 : Expression de cinq gènes Wnt dans la larve planula de l'hydrozoaire *Clytia hemisphaerica***

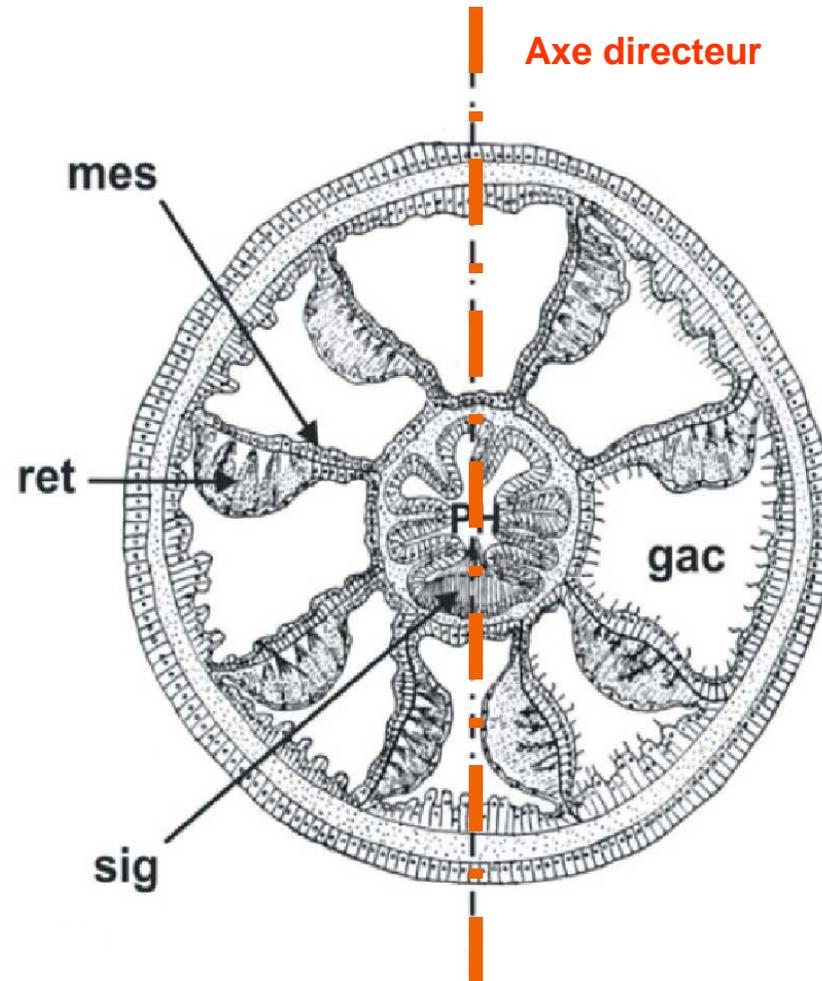
Le pôle postérieur (= pôle oral) de la larve est en haut dans toutes les images. D'après Momose et al. (2008).



**Fig. 13 : Hypothèse sur les homologies entre les pôles le long de l'axe principal du corps entre les *Bilateria* et les cnidaires, basée sur le gradient d'activité de la voie Wnt.** Photo de la planula issue de Rentsch et al. (2008).

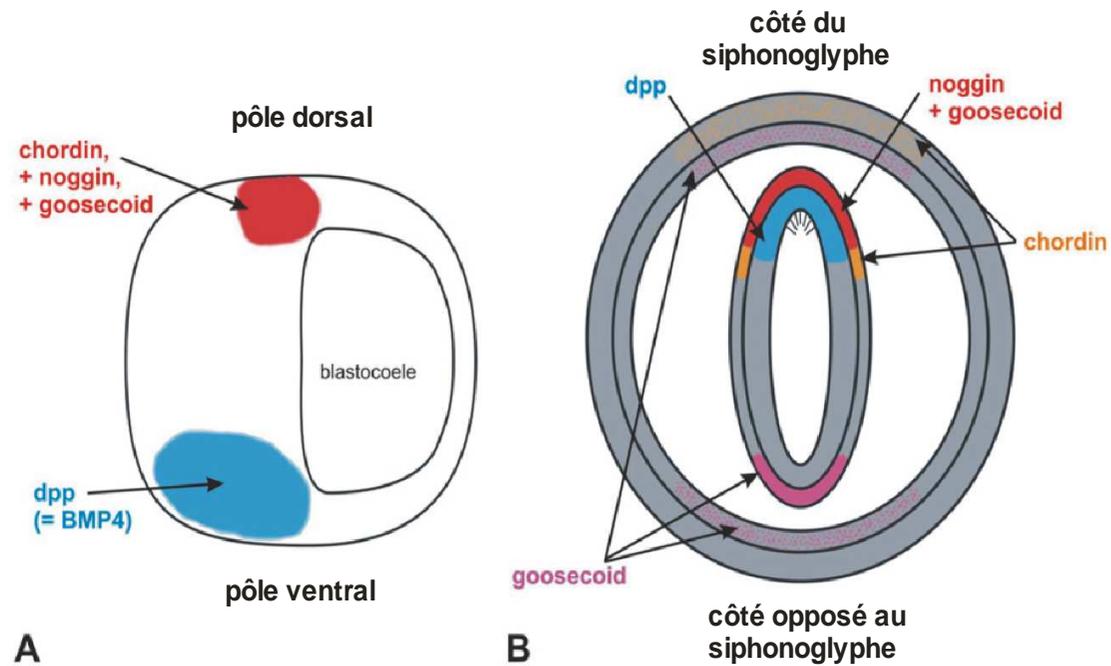


**Fig. 14 : Expression d'un gène Wnt dans l'embryon (après gastrulation) et dans la larve parenchymula chez la démosponge *Amphimedon queenslandica*. pp = pôle postérieur. D'après Adamska et al. (2007).**

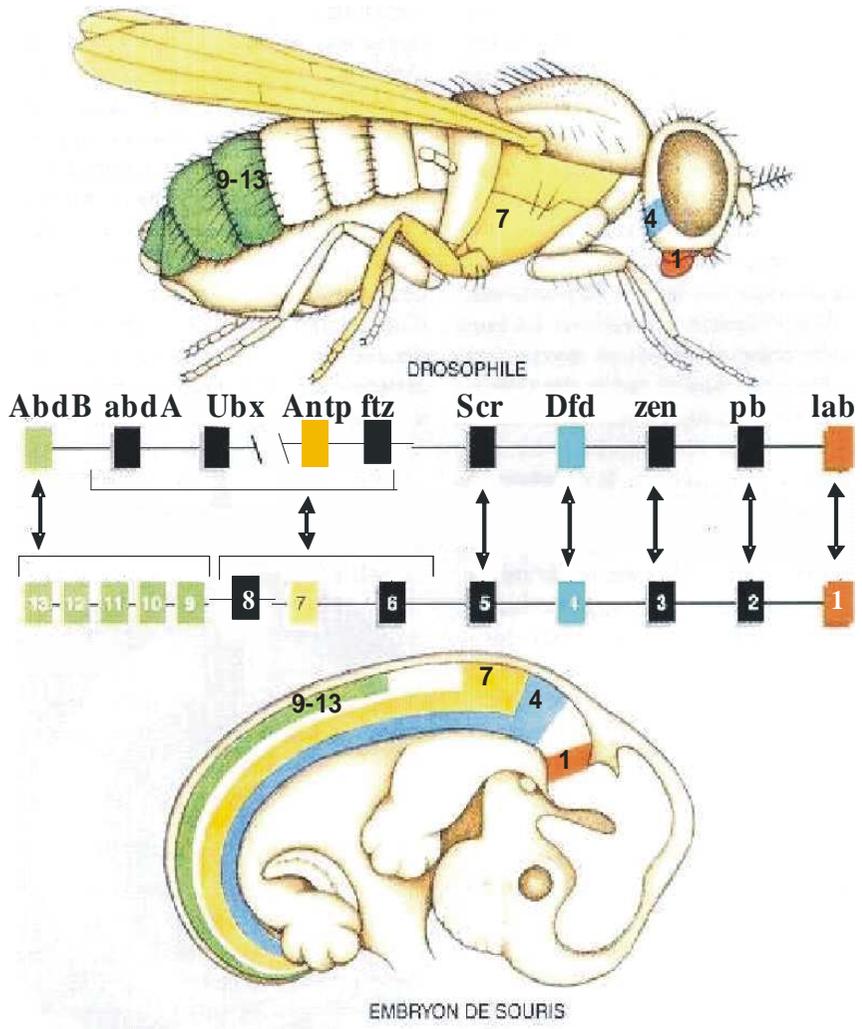


**Fig. 15 : Bilatéralité de l'anatomie interne du polype chez un anthozoaire** (*Corallium rubrum*, octocoralliaires).

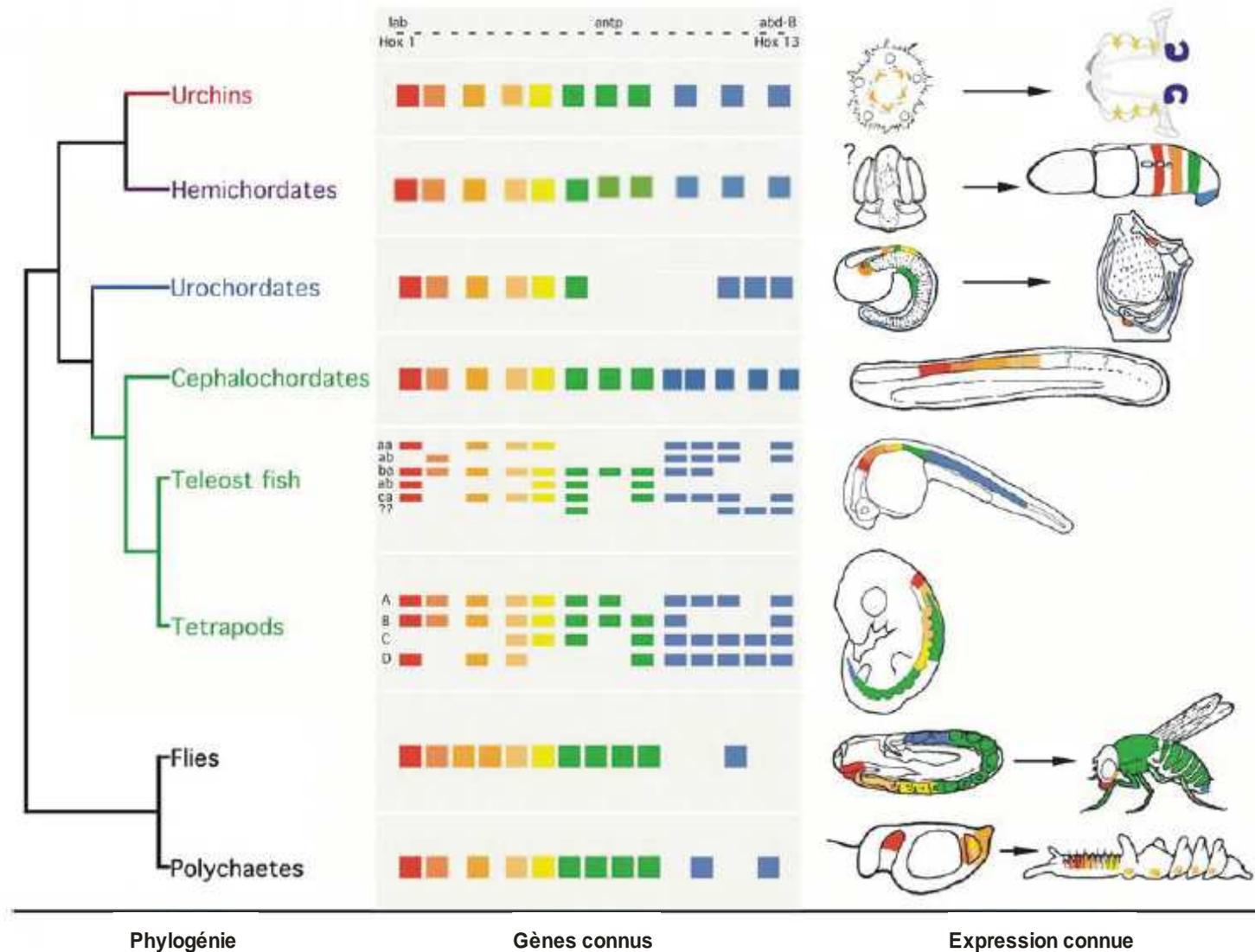
La ligne en pointillés représente le plan de symétrie bilatérale (et du même coup, le second axe de polarité qui est appelé "axe directeur").  
 gac : cavité gastrique; mes : mésentère ; ret : muscle rétracteur ;  
 PH : lumière du pharynx ; sig : siphonoglyphe. D'après Hyman (1940).



**Fig. 16 : Comparaison des domaines d'expression de plusieurs gènes impliqués dans la spécification de l'axe dorso-ventral dans l'embryon d'amphibien (A) et de leurs homologues dans la planula de l'anémone de mer *Nematostella vectensis* (B) en coupe transversale au niveau du pharynx.** Remarque: *N. vectensis* est une anémone possédant un seul siphonoglyphe et de ce fait présentant une bilatéralité. D'après Manuel ( 2009b).

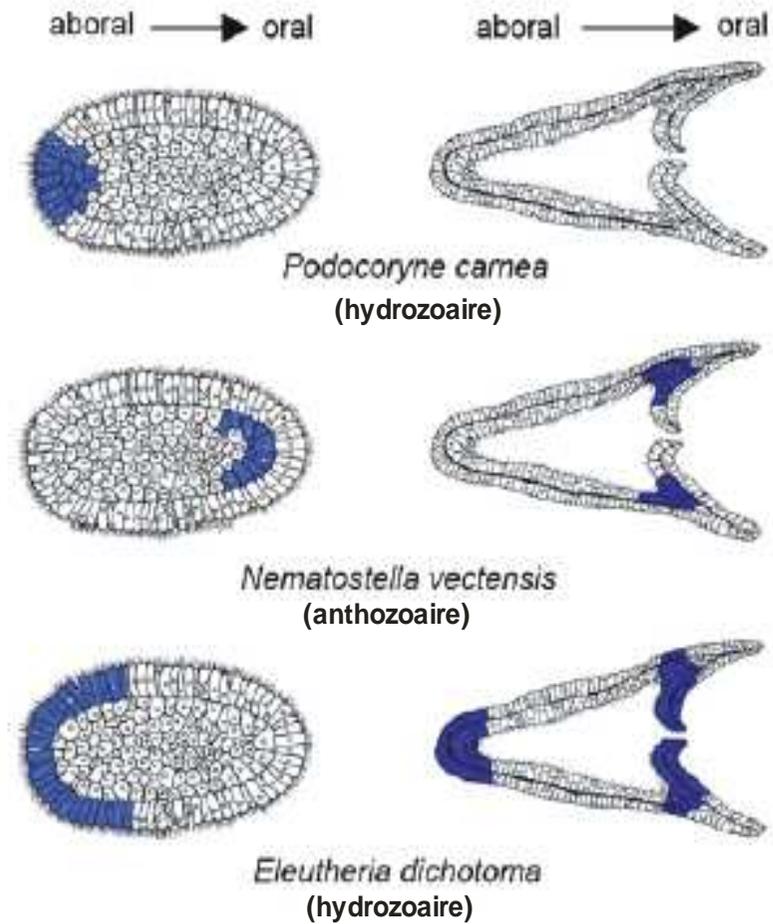


**Fig. 17 : Comparaison de la structure du complexe de gènes Hox et des domaines d'expression de quatre des gènes, entre la drosophile et la souris.**  
 Les numéros sur les dessins correspondent aux numéros indiqués pour les gènes de la souris.



**Fig. 18 : Résumé des données concernant les complexes Hox et l'expression des gènes Hox chez les échinodermes, hémichordés, urochordés, céphalochordés, vertébrés, arthropodes et annélides.**

D'après Swalla (2006). Noter que depuis cette publication, la phylogénie des chordés a été révisée (urochordés groupe-frère des vertébrés).



**Fig. 19 : Comparaison de l'expression du gène Hox1 (= labial) chez trois cnidaires différents, à des stades de développement comparables : à gauche : larve planula ; à droite : jeune polype.**

L'orientation (oral / aboral) est la même pour les trois espèces. Il est à noter que chez une quatrième espèce (l'hydrozoaire *Clytia hemisphaerica*), aucune expression du gène Hox1 n'est détectée dans la larve planula. D'après Kamm et al. (2006).