

**Biologie et Evolution**

**des Invertébrés**

**BEI**

**Chp 1**

**Les**

**Fondamentaux de l'organisation**

**animale**

# **1 - Le règne animal**

- **unicellulaires**

**protistes**

- **pluricellulaires**

**métazoaires**



**Unicité**

- **de la structure cellulaire**

- **des bases de fonctionnement :**

**hétérotrophie**

**mobilité**

**\* hétérotrophie :**

**perte de la capacité à se**

**nourrir d'éléments simples**



**perte de pigments assimilateurs**



**Système sensoriel**

**Système musculaire**

**Synthèse moléculaire**

**hormones**

**enzymes**

**Règne animal :  $30 \cdot 10^6$  espèces**

**dont  $3 \cdot 10^6$  répertoriées**



**Classification**



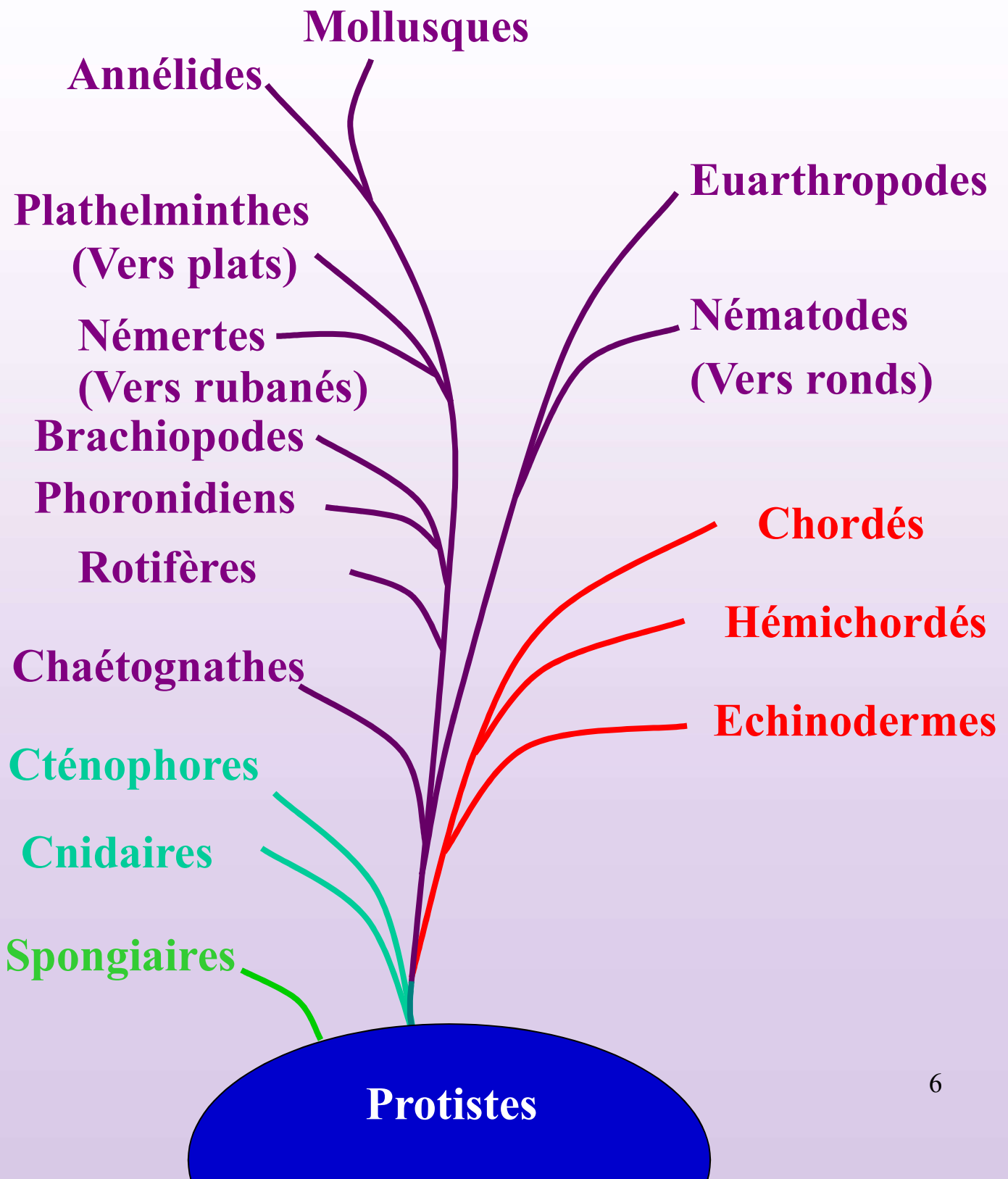
**Systematique**

**Notion d'évolution**

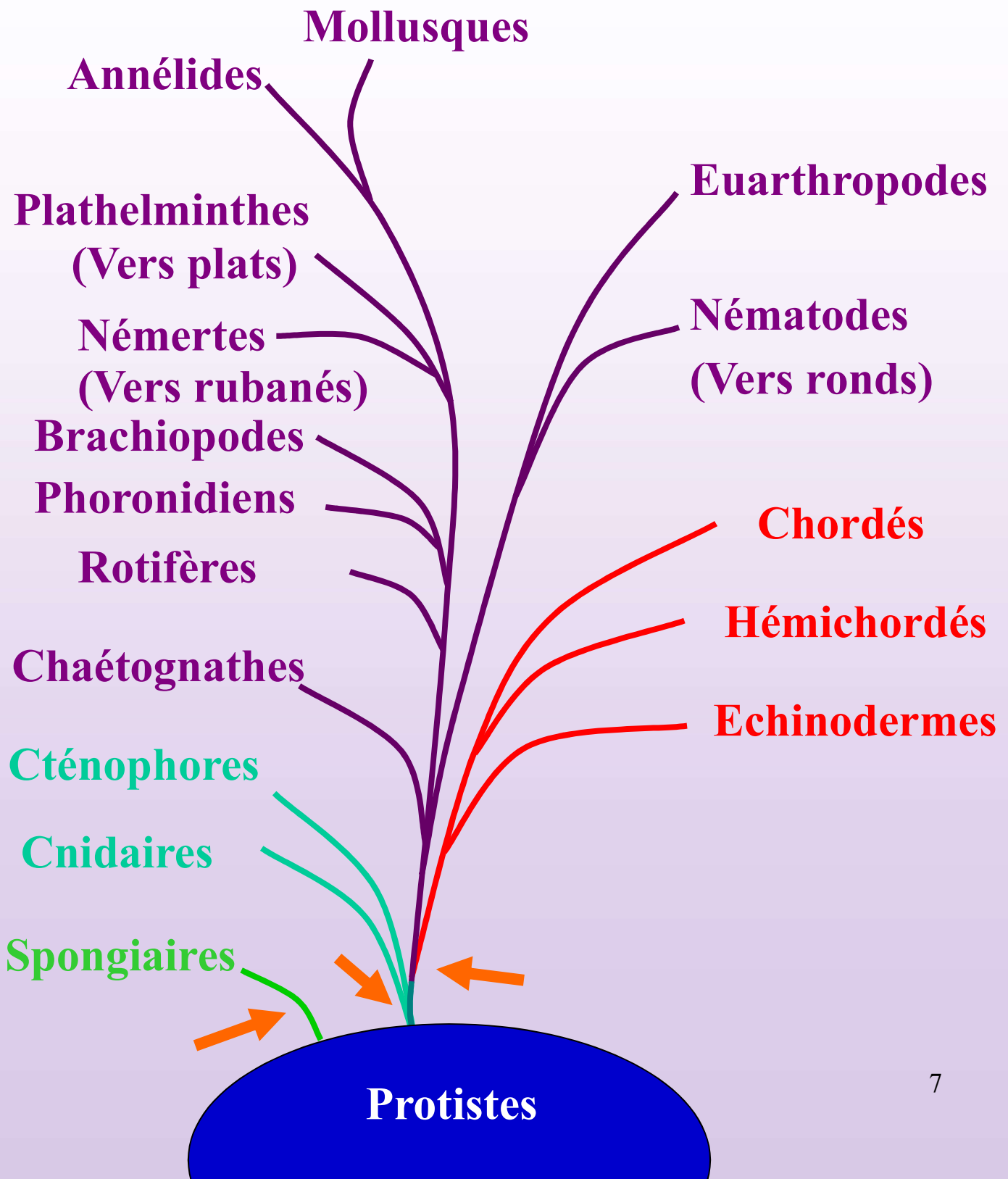


**Classification phylogénique  
(étude des lignées)**

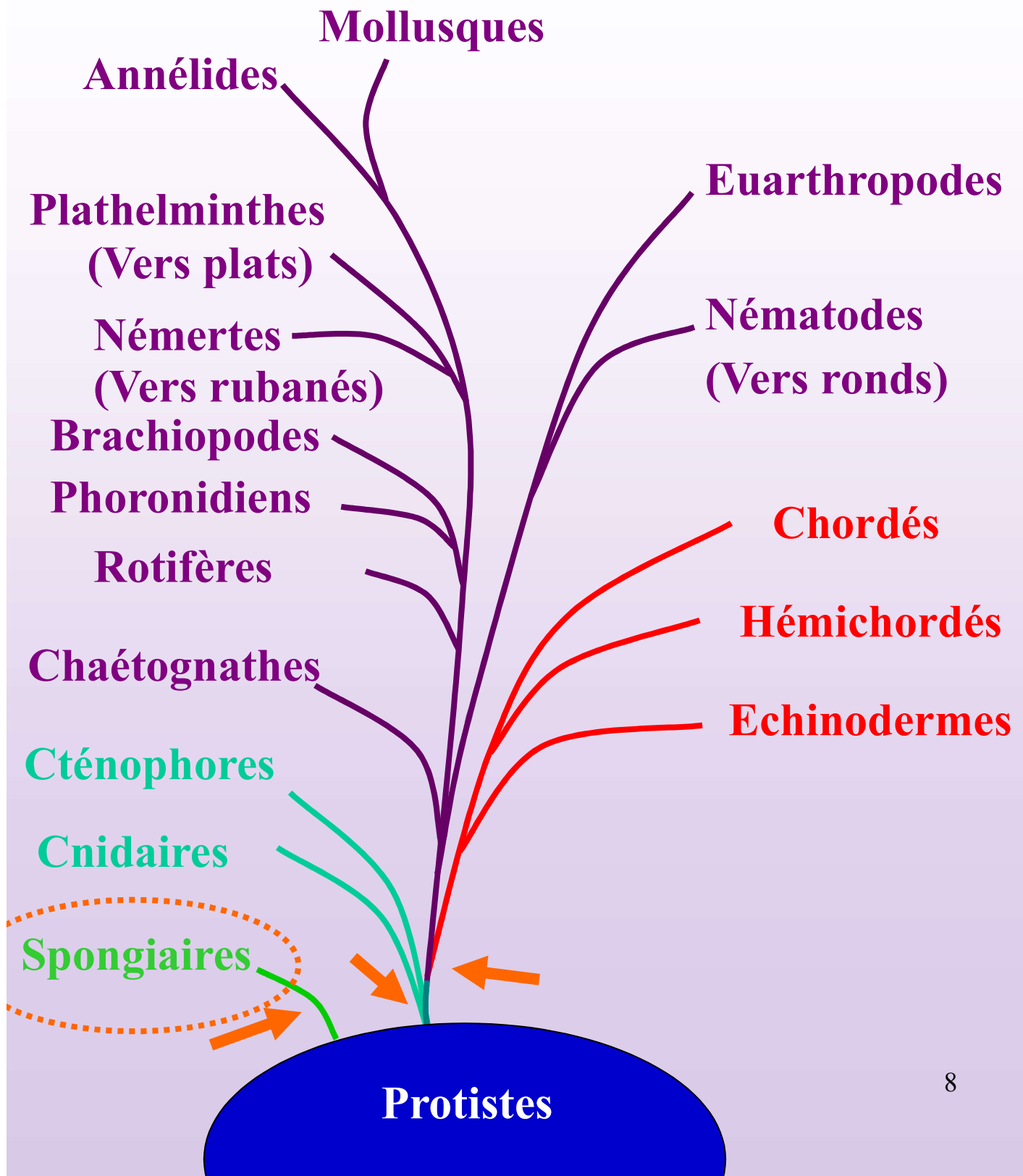
## 2 - Les lignées évolutives chez les métazoaires



## 2 - Les lignées évolutives chez les métazoaires

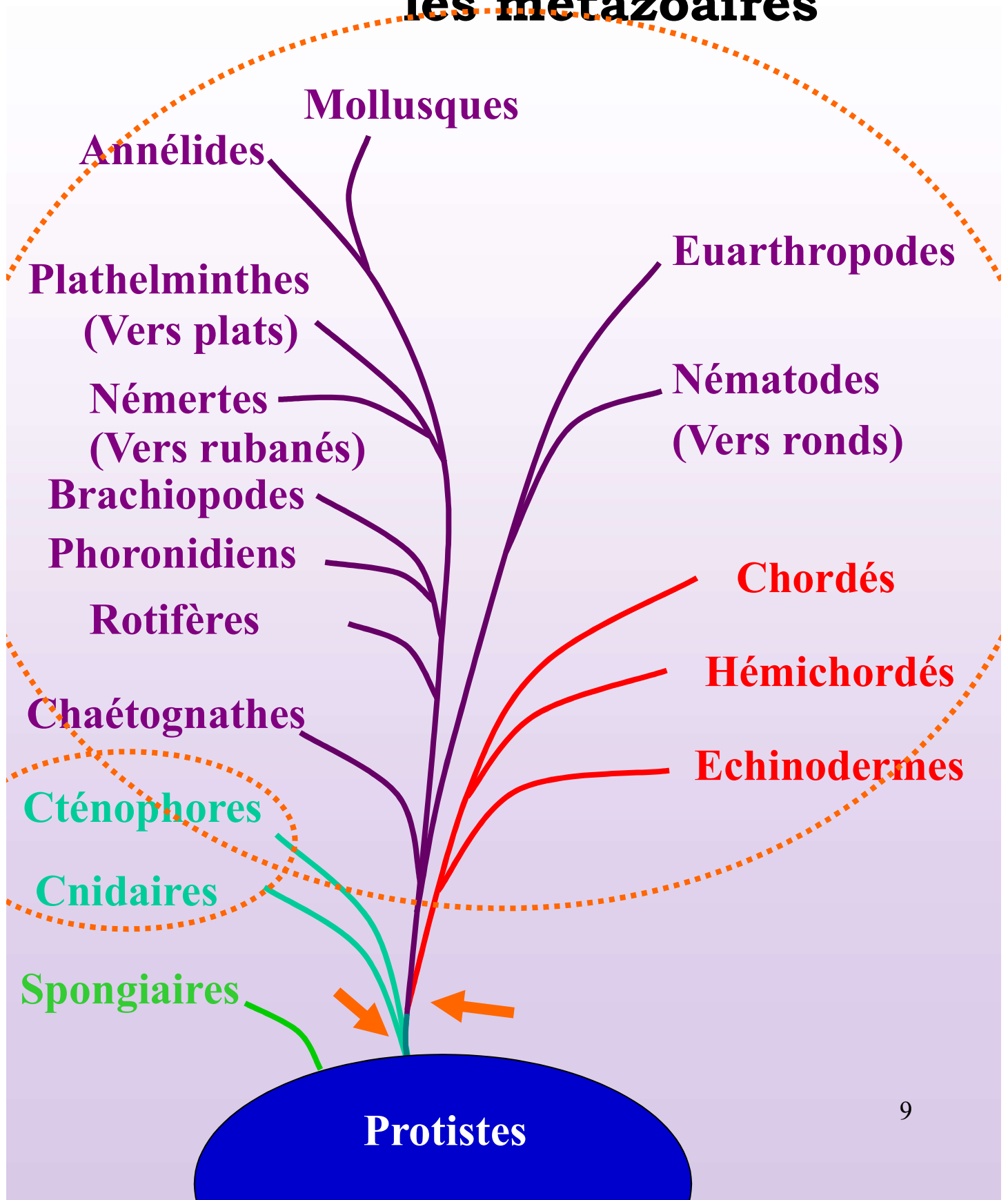


## 2 - Les lignées évolutives chez les métazoaires

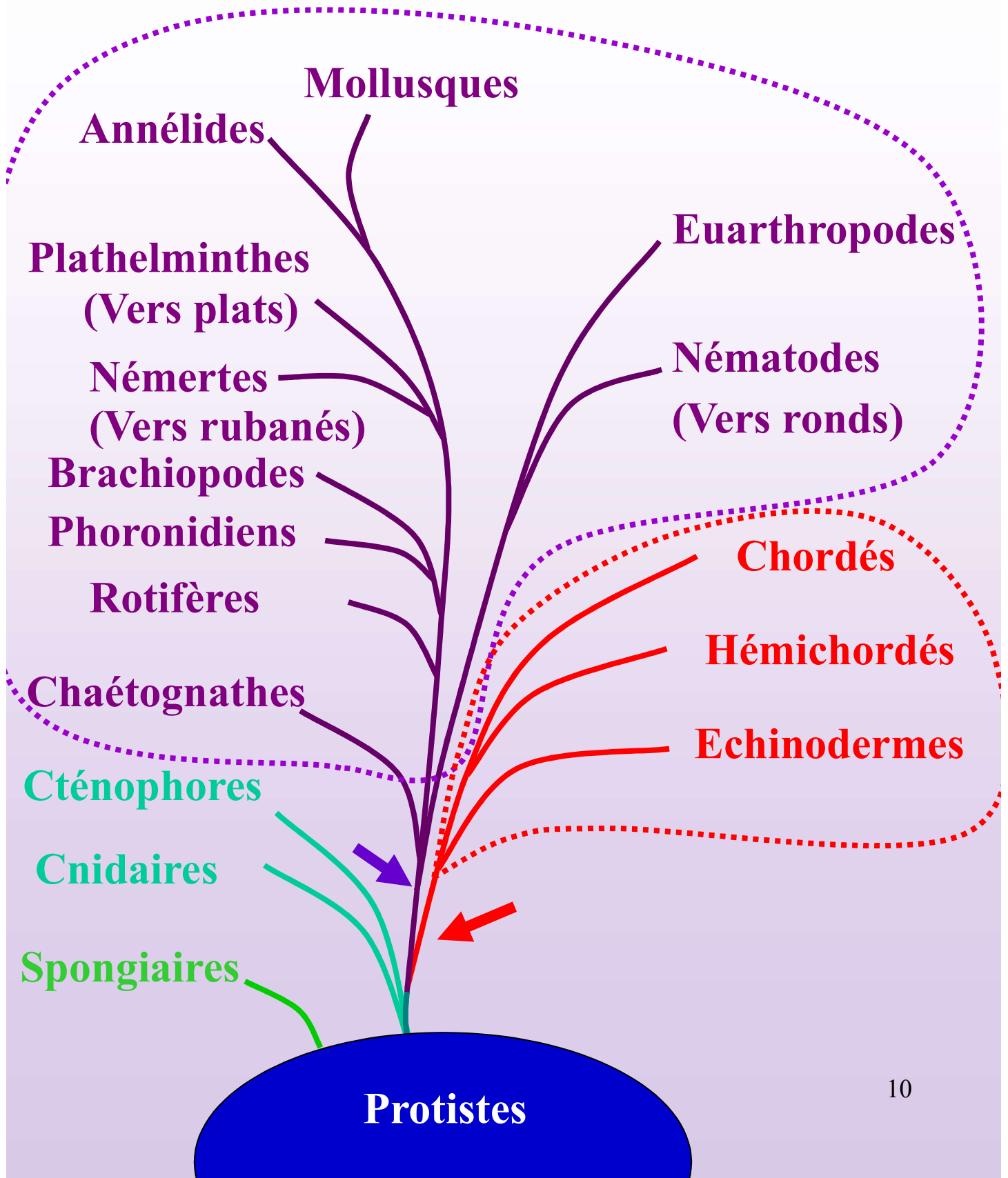




## 2 - Les lignées évolutives chez les métazoaires



## 2 - Les lignées évolutives chez les métazoaires



### **3 - les fonctions de base**

#### **a) l'osmorégulation**

**Eau : élément de base des  
cellules**

**⇒ 90% de la masse**

**stable**



- responsable du volume cellulaire**
- milieu réactionnel pour toutes les réactions métaboliques**

**relation teneurs  
intracellulaire/extracellulaire**



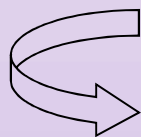
**Force osmotique**

⇒ **tendance à la modification de la  
teneur intrac.**

**Mais**

**Mécanismes compensateurs**

 **régulation**



**osmorégulation**

# **Mécanismes compensateurs**

**= lutte contre**

**- les mouvements d'eau:**

**imperméabilisation des  
téguments**

**- les échanges ioniques**

### **3 - les fonctions de bases**

#### **b) La respiration**

**aérobie obligatoire**

**(sauf exception)**

**O<sub>2</sub>**



**stockage d'énergie : ATP**

**(mitochondrie : Cycle de Krebs**



**synthèse constitutive**

**(collagène)**

**Acquisition de O<sub>2</sub>**



**respiration**

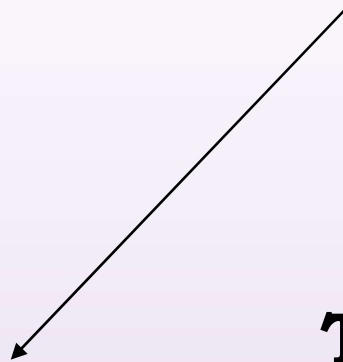
**associée à l'excrétion du CO<sub>2</sub>**

**déchets du métabolisme  
énergétique**

# Grande disponibilité de O<sub>2</sub>

↳ prise directe dans l'environnement

↳ à travers une surface d'échange spécialisée ou non



**Tégument externe**

**Invaginations**

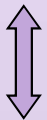


**ou**

**excroissances**

**contraintes**

**de taille**



**Surfaces respiratoires**

### **3 - les fonctions de bases**

#### **c) la nutrition et l'énergie**

**autres éléments de la constitution  
de réserve énergétique**

**Règne animal : hétérotrophie**

**Nutrition = molécules complexes**

- protéines**
- glucides**
- lipides**

**Synthétisées par d'autres  
organismes vivants**

**Non assimilables par les cellules**

 **dégradation obligatoire**

**molécules simples**

**= nutriments**



# **digestion : plusieurs étapes**

**↳ adaptation/spécialisation  
dans une cavité = atrium**

**- ingestion :**

**\* système de préhension**

**\* système de broyage**

**- digestion *sensu stricto*:**

**\* action enzymatique**

**dégradation**

**\* extracellulaire**

**- absorption :**

**\* cellules spécialisées**

**souvent suivie par une digestion  
intracellulaire**

# Selon les modalités de la nutrition

↳ utilisation d'aliments de +/- grande taille

## Digestion extracellulaire :

↳ aliments de grande taille

↗ quantité disponible



Progrès évolutif

## Ingestion excédentaire /

besoins énergétiques



Stockage intracellulaire

## **2 formes principales de stockage :**

- lipide : + énergétique**

**mais difficilement**

**disponible**

- glucide : glycogène**

**10 X moins énergétique**

**Mais utilisable**

- rapidement**

- en absence de O<sub>2</sub>**

**(voie de la glycolyse)**



**Utilisation quasi-universelle chez  
les animaux**

**absence de O<sub>2</sub>**

**Anaérobiose :**

**fonctionnement cellulaire  
modifié**

**- intensité d'activité élevée**

**→ apports insuffisants**

**= anaérobiose fonctionnelle**

**- milieux anaérobiques**

**→ parasites**

**- modifications**

**environnementales**

**→ exondation**

**= anaérobiose**

**environnementale**

**Autres formes de stockages  
secondaires :**

**phosphagènes**



**Libération du groupement  $\text{P}$**

**$\text{ADP} \longrightarrow \text{ATP}$**

**Utilisable en anaérobiose**

**≠ évolutive**

**-Phosphoarginine chez la plupart  
des invertébrés**

**-Phosphocréatine chez les  
vertébrés et qq invertébrés**

**cœlomates**

**Aucun avantage sélectif connu**

## Utilisation de l'énergie :

- **croissance**

  - synthèse protéique**

- **métabolisme énergétique**

  - lié à la consommation en  $O_2$**

### \* **Fonction de la taille**

  - souris : 1,6 mL  $O_2$ /g/h**

  - homme : 0,2 mL  $O_2$ /g/h**

  - éléphant : 0,07 mL  $O_2$ /g/h**

  - ⇒ **Augmentation du taux  
métabolique/activité**
  - ⇒ **plus faible  
quand la taille augmente**

**Avantage sélectif : survie en  
absence de nourriture** 22

**Mais**

**force proportionnellement plus grande chez les organismes de petite taille**



**Contrainte de la taille**

• **Forte** ↗ **volume**

**plus faible** ↗ **de la surface**

↳ **Surfaces d'absorption proportionnellement plus faibles**

**Mise en place de replis ou de villosités**

**•Insuffisance de la diffusion pour l'alimentation des cellules internes**

**- nutriments**

**- O<sub>2</sub>**

**Mise en place de systèmes de transport circulants**

**Augmentation de la taille**



**complexification des organismes**



## 3 - les fonctions de bases

### d) l'excrétion

#### Molécules azotées toxiques



#### élimination directe

↳ milieu aquatique → diffusion

#### Stockage et transformation avant élimination

\* Urée

\* acide urique

↳ tous milieux

## **4 - La pluricellularité**

**Protozoaires : unicellulaires**

**animaux les plus simples**



**pas de problèmes intercellulaires**

- liaison**
- communication**

**Métazoaires : 1er niveau de complexification**

**Liaisons intercellulaires:**

- directes par des protéines adhésives**
- via des matrices extracellulaires**

**Homogénéité chez tous les métazoaires**

**Sauf les spongiaires**

**groupe à part**

## **5 - La symétrie bilatérale**

**Commune mais pas obligatoire**

### **a) les « non bilatéraux »**

**Caractérisés par**

**2 couches cellulaires :  
faible différenciation**

**Simple**  $\longrightarrow$  **primitifs ?**

- **spongiaires sans symétrie**
- **cnidaires à symétrie radiaire**

**aquatiques  
benthique et/ou  
planctonique  
(Pas de déplacement actif)**



## **α) particularité des spongiaires**

**Pas d'organisation des cellules en  
tissus épithéliaux**

**(pb des liaisons intercellulaires)**

**Pas de cellules nerveuses vraies**

**Pas de cellules musculaires vraies**

**Mais animaux vrais car**

- hétérotrophie**
- diploïdie (reproduction par  
haploïdie)**
- phase de développement  
embryonnaire**
- synthèse de glycogène**
- excrétion de  $\text{NH}_3$**
- liaisons intercellulaires  
collagène**

## **Origine des métazoaires:**

**dérivent de protistes non  
séparés après mitose.**



**Colonies**

**Coordination des mouvements  
flagellaires**

**Protistes : Choanoflagellés**



**Proximité génétique vérifiée par  
ARNr 18S.**

## $\beta$ ) Cnidaires : diblastiques

à épithélium vrai



- endoderme
- ectoderme



Mise en place de

- cellules nerveuses



équipement sensoriel

- cellules musculaires
- cellules glandulaires



digestion extracellulaire

Entre les 2 épithéliums :

mésoglée = espace intérieur

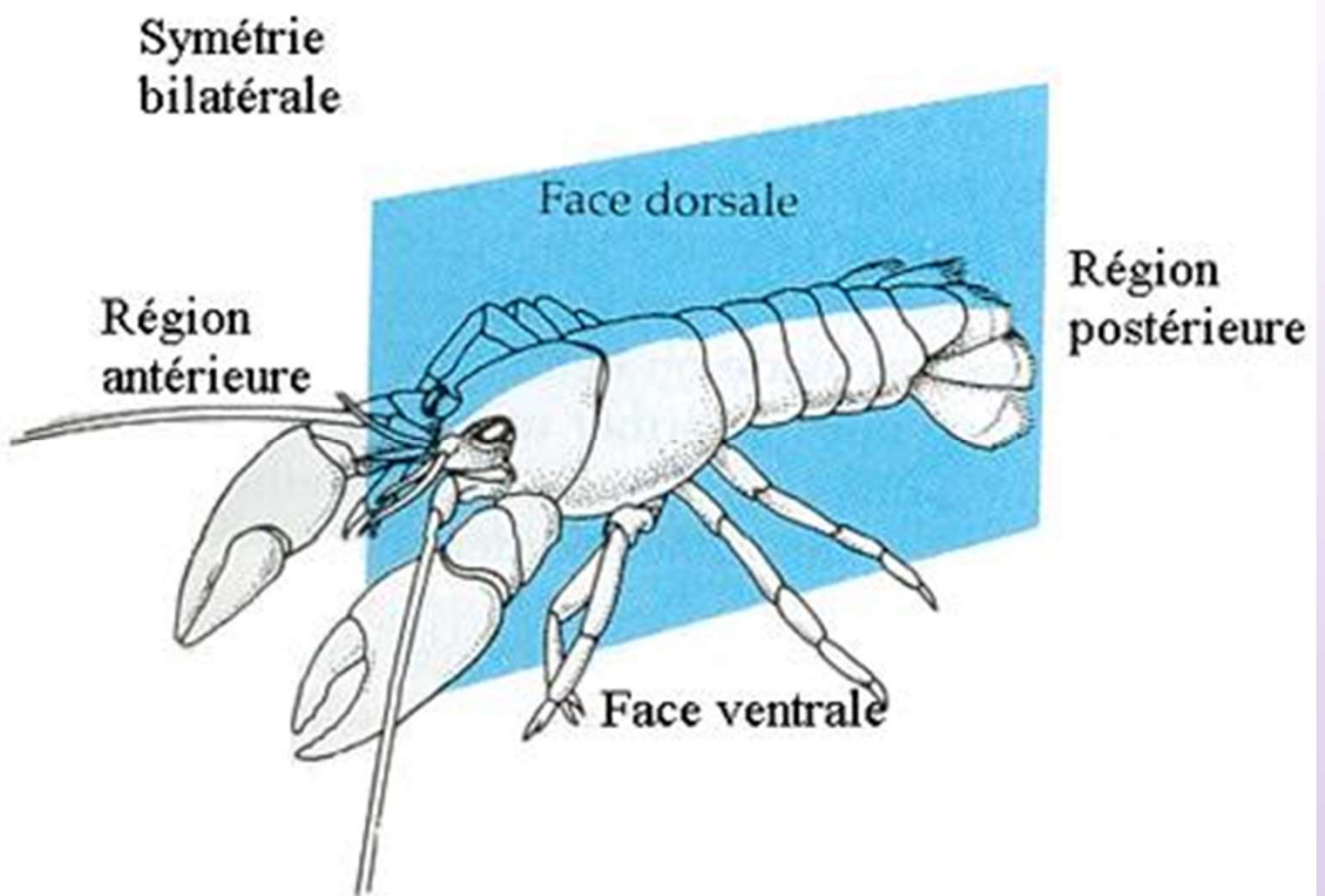
diffusion :

nutriments

O<sub>2</sub>

## 5 - La symétrie bilatérale

### b) les «bilatéraux » Plan unique de symétrie



## **5 - La symétrie bilatérale**

### **b) les «bilatéraux »**

#### **Plan unique de symétrie**

**Mais aussi**

- endoderme**
- ectoderme**
- mésoderme**

**≠ mésoglée**

**Bilateria ou triblastiques**

**Organisation plus complexe :**

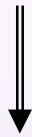
- \* mise en place d'un mésoderme**
- \* définition d'une face ventrale orientée vers le substrat**
  - d'une région antérieure**
  - développement de la tête**



## **2 axes de polarité:**

- antéropostérieur**
- dorso-ventral**

## **Fondamentalement actifs**



## **Déplacements libres**

### **\* Tube digestif**



**dans le plan de symétrie**

**2 orifices**

- bouche céphalique**
- anus postérieur**

### **\* organisation des cellules**

**nerveuses**



**Systeme nerveux central  
(SNC)**

# **$\alpha$ ) Acquisition de l'organisation bilatérale**

**précoce**

**Origine embryologique**

 **réponse à un signal externe**

**- autres cellules**

**- gravité**

 **Architecture moléculaire précise**

## **Ex : drosophile**



**détermination dès le stade  
ovocytaire**



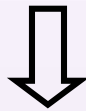
**Interaction  
ovocyte/cellules nourricières  
folliculaires**

## **β) Acquisition de l'organisation antéro-postérieure**

**Message moléculaire maternel**

**= ARNm**

**Cellules nourricières**



**région antérieure de l'ovocyte**



**traduction après fécondation  
et 1<sup>eres</sup> divisions**



**Gradient de la protéine traduite**



**région antérieure de  
l'organisme**

**Autre gène : même action en région  
postérieure<sup>36</sup>**

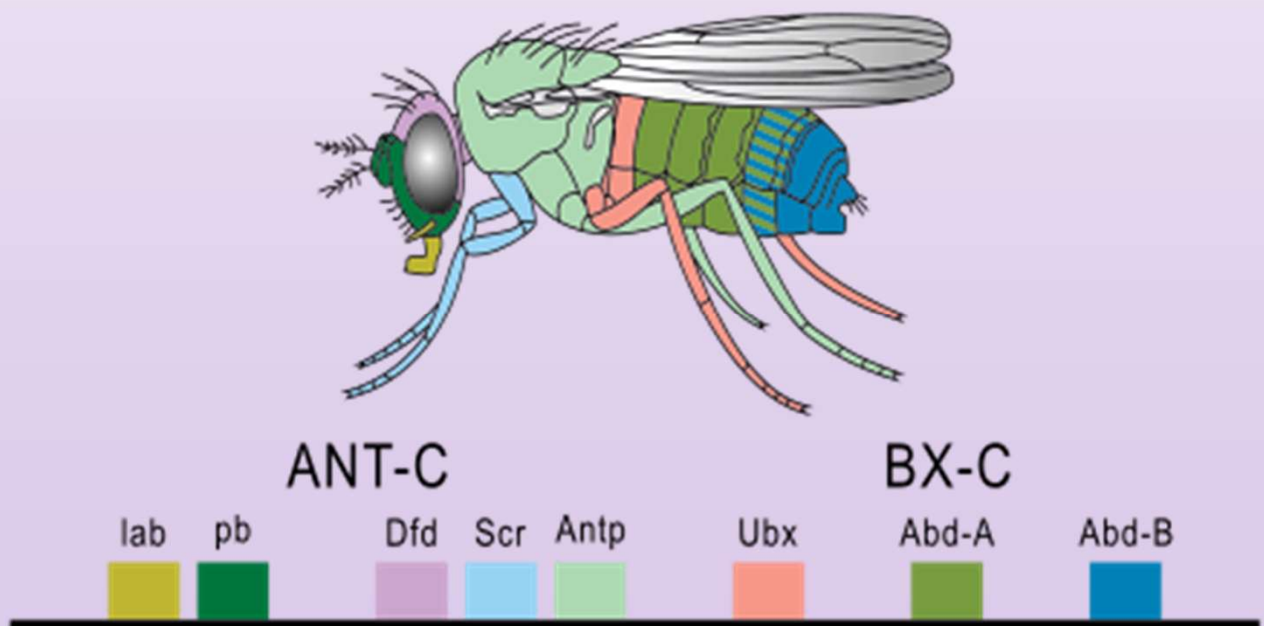
# Action de ces protéines

↳ **contrôle de gènes zygotiques en cascade**

## définition des grandes régions

**Parmi eux :**

**- homéotiques : définissent le positionnement des organes**



## **γ) Acquisition de l'organisation dorso-ventrale**

**déterminisme moléculaire**

**Ex : drosophile : gène « ventral »**

**à effet maternel**

**Répartition ARN homogène**

**dans l'œuf**

**Mais**

**Traduction ventrale uniquement**



**contrôle sur des gènes antagonistes**



**stimule des gènes de**

**ventralisation et de neurogénèse**

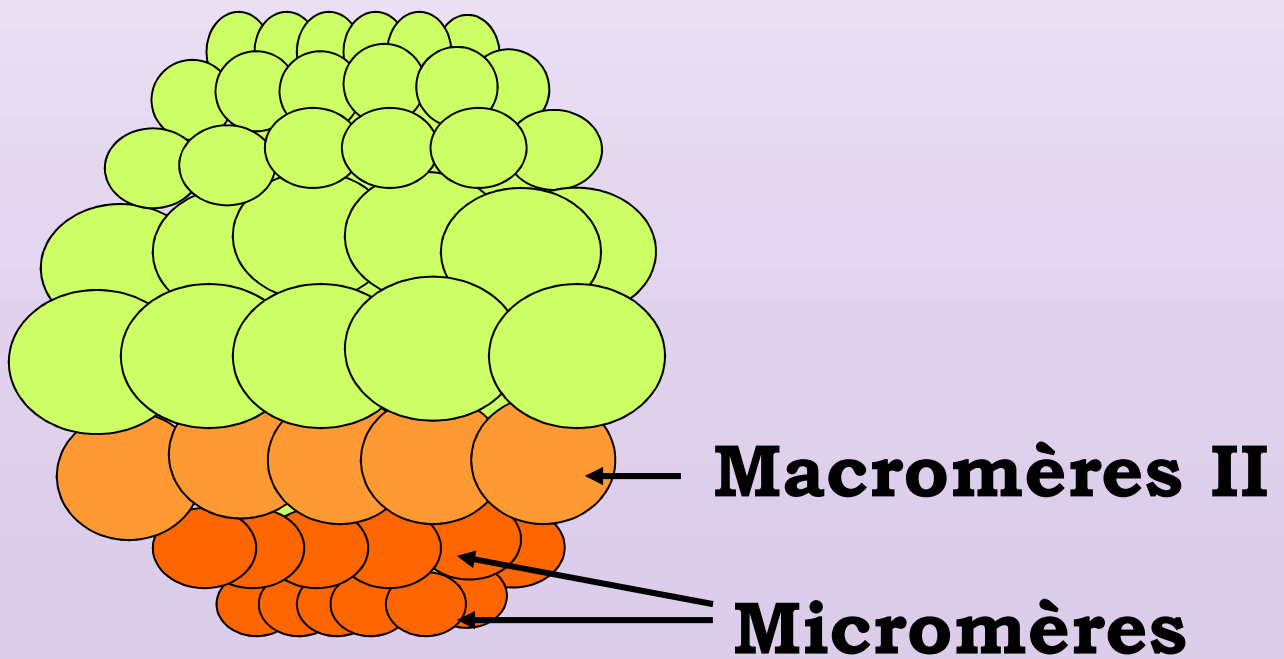


**inibe des gènes de**

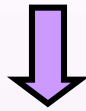
**dorsalisation**

## 6 ) Formation du mésoderme

- \* **Liée à l'acquisition de la bilatéralité**
- \* **Dérive de la région végétative de l'embryon**
  - **Micromères**
  - **Macromères II**



**Construction très variable**  
**toujours précoce**



**Tissus organisé : mésoderme**  
**≠ mésoglée**

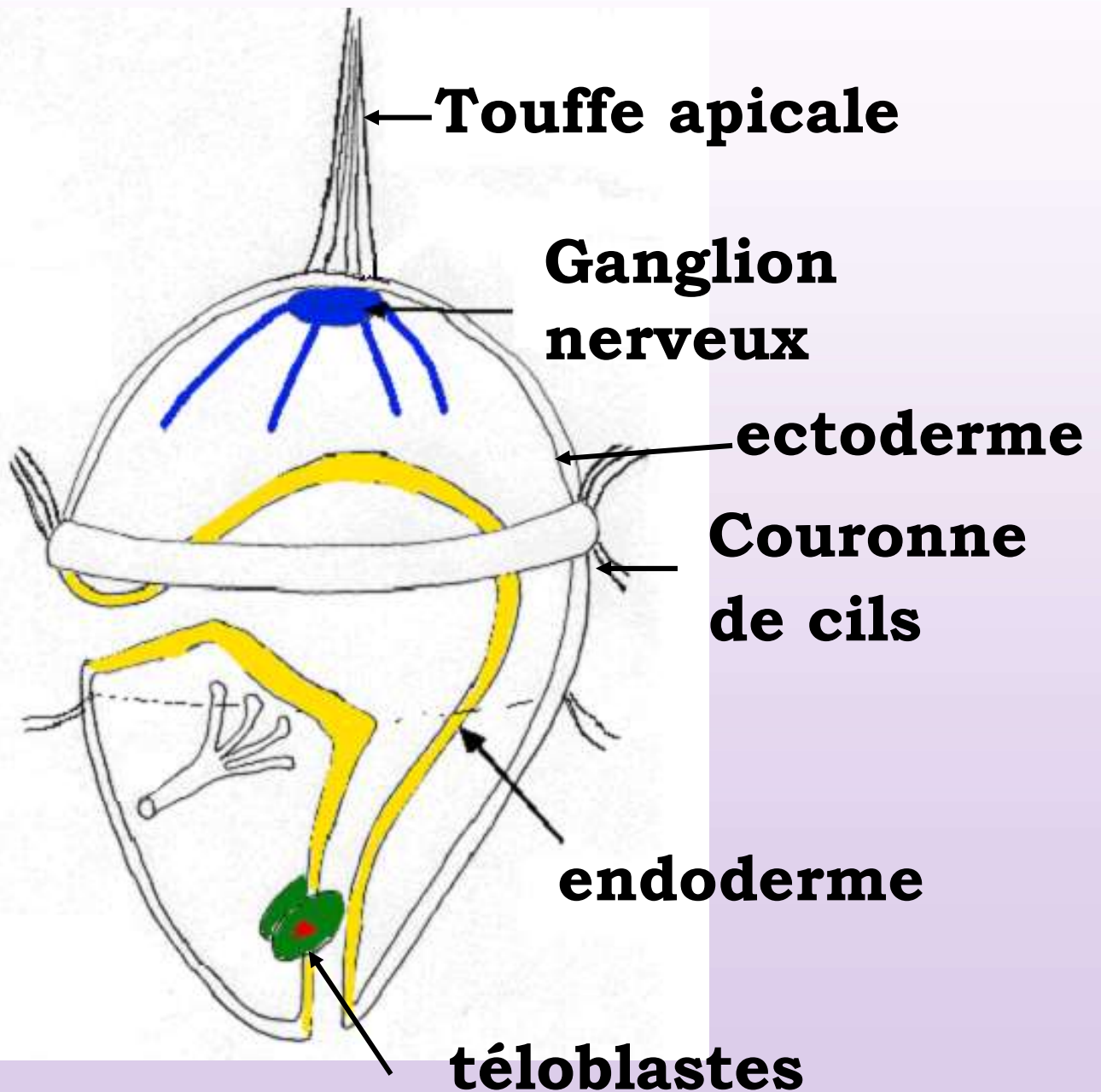
- ↳ **proportion importante de l'organisme**
- ↳ **grande potentialité**



# Ex : Annélides

## évolution larvaire

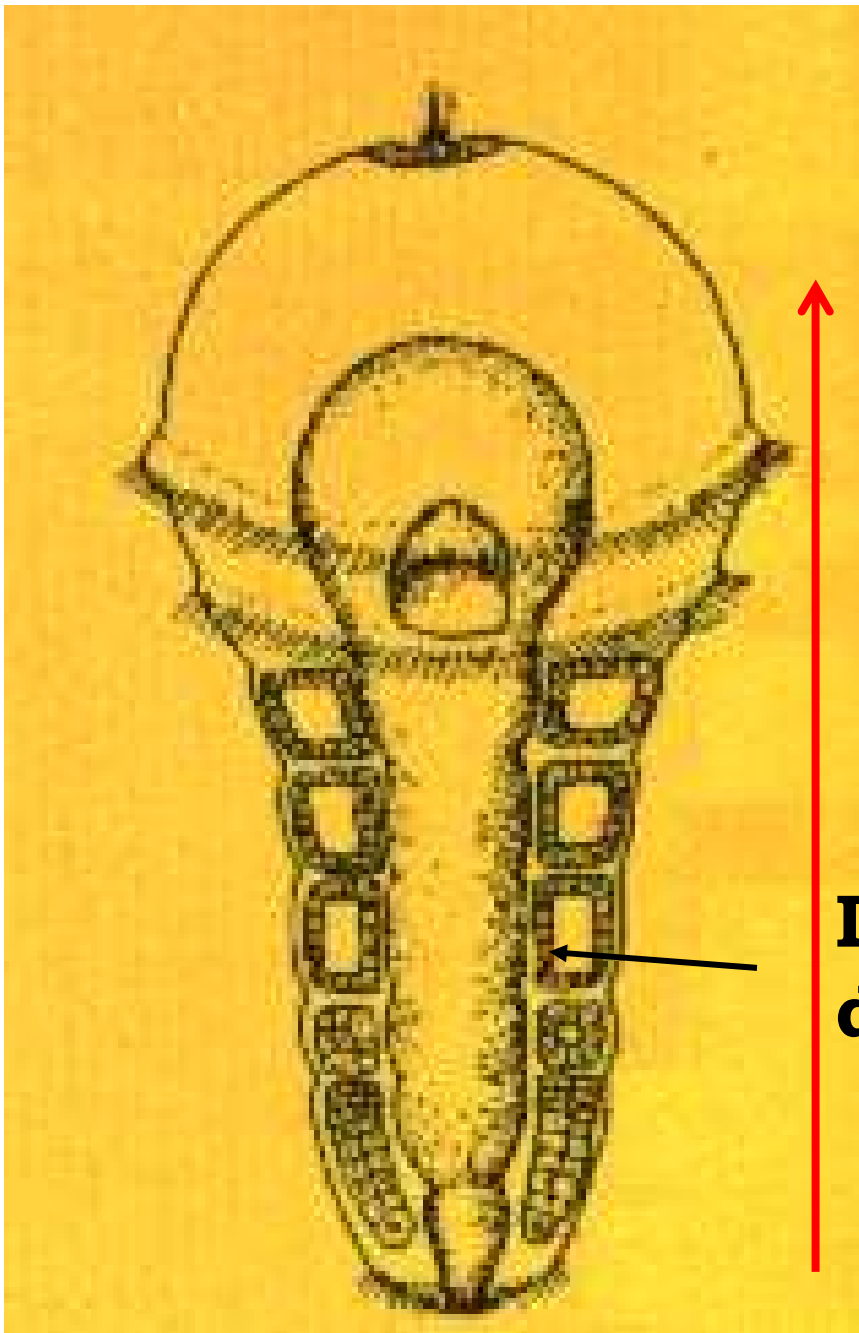
### larve trochophore



**En région postérieure :**

**grandes cellules**

# Divisions cellulaires



**Croissance  
longitudinale**

**Développement  
du mésoderme**

**vers l'avant**



**Bandes  
mésodermiques**

**entre l'endoderme et l'ectoderme**

## **Importances évolutives**

**associées**

### **\* céphalisation**

**organisation des mouvements**

 **prédation**

### **\* Plan sagittal**

**organes éloignés      pairs**

**organes sur l'axe      impair**

**ex : SNC**

**grande concentration de cellules**

 **coordination**

## **7) Développement du cœlome**

**Cœlome: cavité emplie de liquide et limitée par le mésoderme**

**Extension variable selon les groupes**

- rôle hydrostatique**
- excrétion**
- fonction génitale**

**↳ communication du cœlome avec le milieu extérieur**

## 7) Développement du cœlome

**Cœlome: cavité emplie de liquide et limitée par le mésoderme**

**Extension variable selon les groupes**

- rôle hydrostatique
- excrétion
- fonction génitale
- transport de nutriments

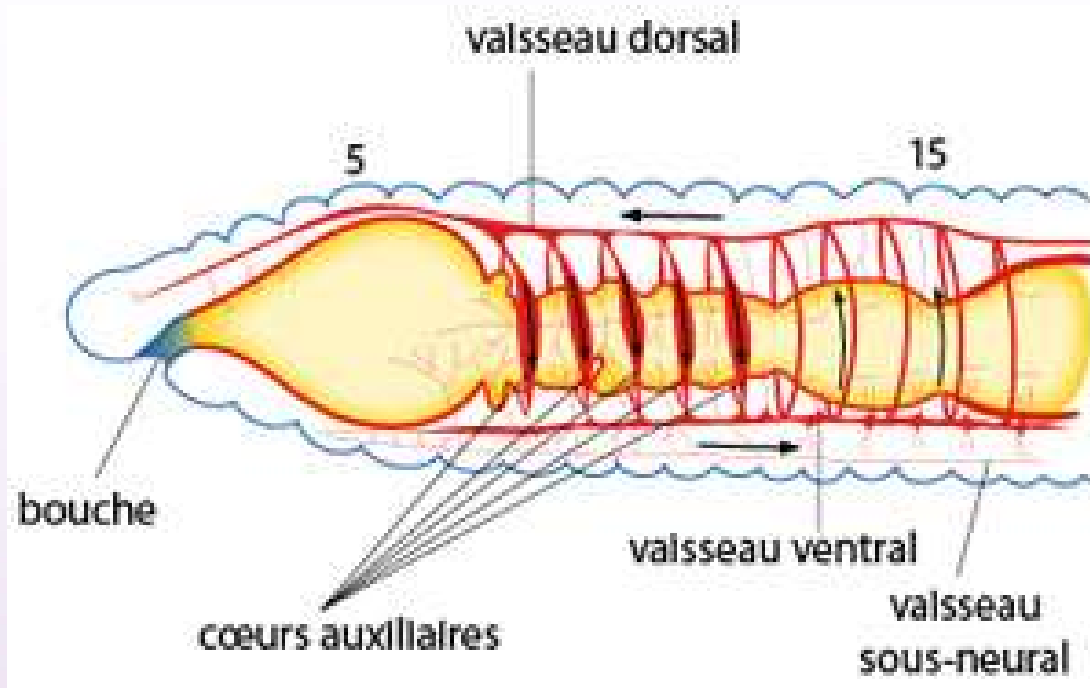
**$O_2 / CO_2$**

**Associé à**

**Syst. cardiovasculaire contractile**  
**→ dérivé du blastocœle**

# Syst. cardiovasculaire contractile

**Ex : annélides**



**Blastocœle comblé par le  
mésoderme**

**sauf**

**au voisinage de l'endoderme  
en région dorsale et ventrale**



**Vestiges blastocoeliens**

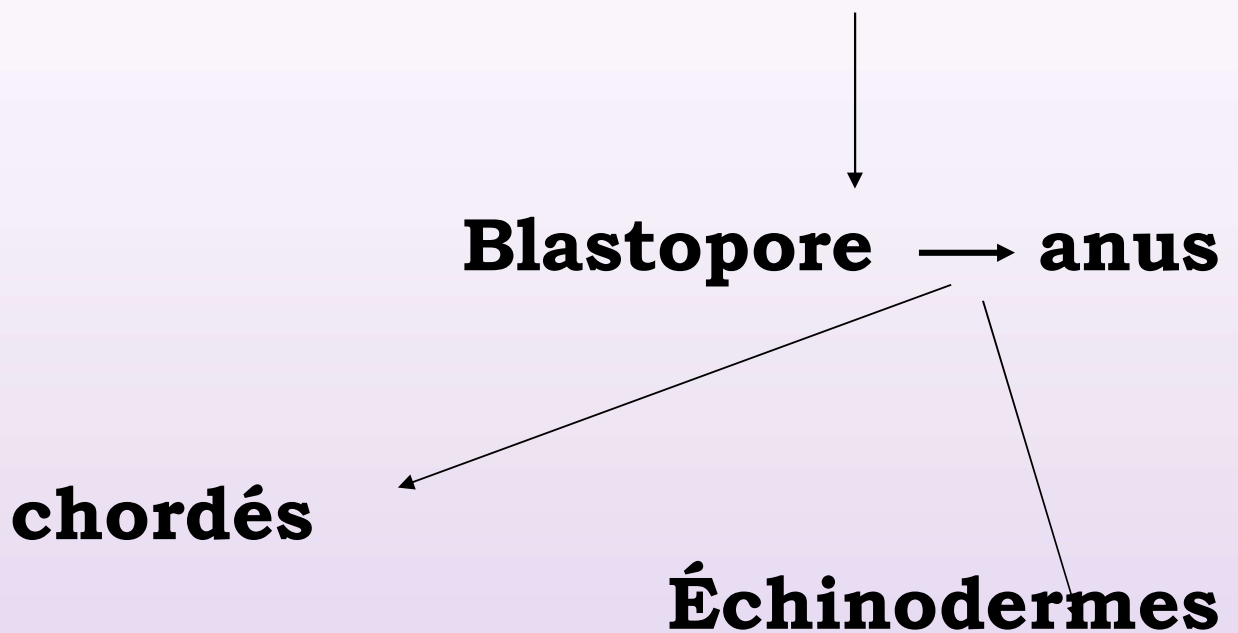
**organisation en canaux**

## 8 ) les lignées de coelomates

**2 lignées :**

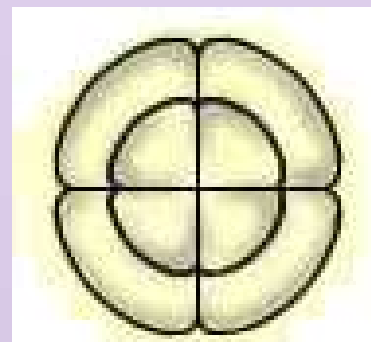
**Protostomiens**

**Deuterostomiens**



**Développement embryonnaire à  
clivage radiaire**

**Stade 8 cellules  
vue de dessus**



## 8 ) les lignées de coelomates

**2 lignées :**

**Protostomiens**

**deuterostomiens**

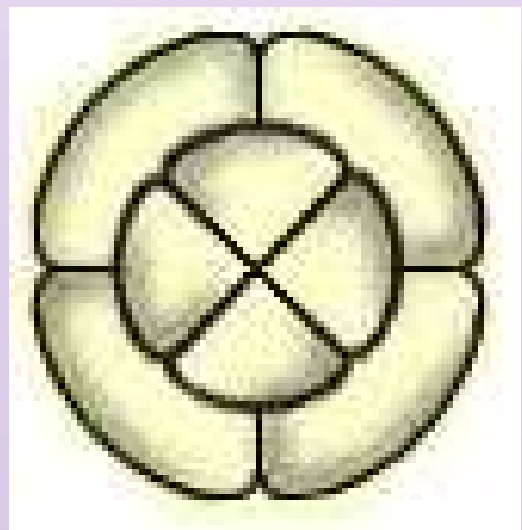


**Formations de la bouche et de  
l'anus variables**

**Développement embryonnaire à  
clivage spirale**

**Stade 8 cellules**

**Vue de dessus**





## 8 ) les lignées de coelomates

**2 lignées :**

**Protostomiens**

**deuterostomiens**



**Études moléculaires**



**2 sous lignées**

**\* Lophotrochozoaires**

**Annélides**

**Mollusques**

**\* Ecdysozoaires**

**Arthropodes**

## **9) La segmentation**

**Répétition d'unités +/- identiques  
le long de l'axe antéro-postérieur**

**= métamères**

**présente dans toutes les lignées de  
bilateria**

**- Lophotrochozoaires**

**Annélides**

**- Ecdysozoaires**

**Arthropodes**

**- Deutérostomiens**

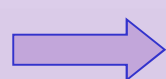
**Vertébrés**

**Apparue une seule fois**



**Ancêtre commun segmenté**

**Mais plusieurs modalités**



**différences évolutives**

**\* fondamentalement mésodermique**

**- Annélides**

**d'abord ventrale puis dorsale**

**se forme à partir du coelome**

**devient ectodermique**

**affecte le SNC**

**- Vertébrés**

**d'abord dorsale puis ventrale**

**reste mésodermique**

**\* fondamentalement ectodermique**

**- Arthropodes**

**visible sur la cuticule**

**devient mésodermique**

# a) Signification fonctionnelle de la segmentation

**double :**

**\* locomotion**

**\* collecte de nourriture**

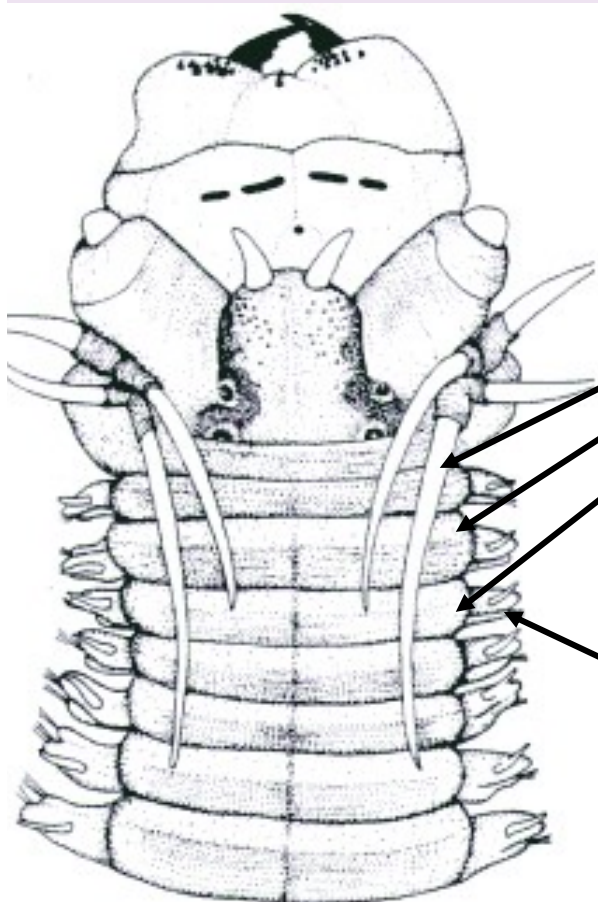
**Ex : Annélides**

**Polychètes errantes**

**↳ locomotion**

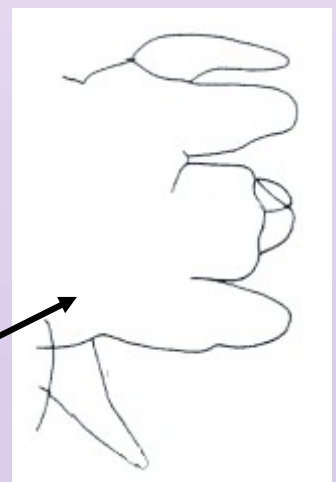
**développement de la**

**segmentation**



**métamères**

**parapodes**



## a) Signification fonctionnelle de la segmentation

**double :**

**\* locomotion**

**\* collecte de nourriture**

**Ex : Annélides**

**réduction de la locomotion**

**↳ réduction de la segmentation**



**Polychètes  
sédentaires**

**Parapodes  
modifiés**



**filtration**

## **b) Absence de segmentation**

**Perte secondaire fondamentale**

**tendance à la sédentarité**

- souvent parasite**
- vie fixée**

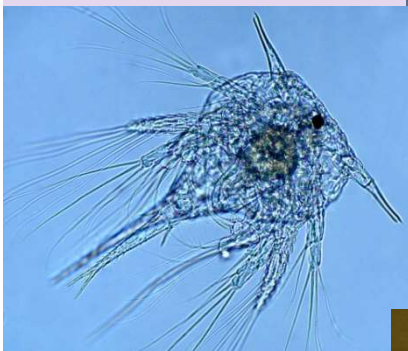


## **b) l'absence de segmentation**

### **Perte secondaire fondamentale**

### **tendance à la sédentarité**

- souvent parasite**
- vie fixée**





## **Ex : Arthropodes**

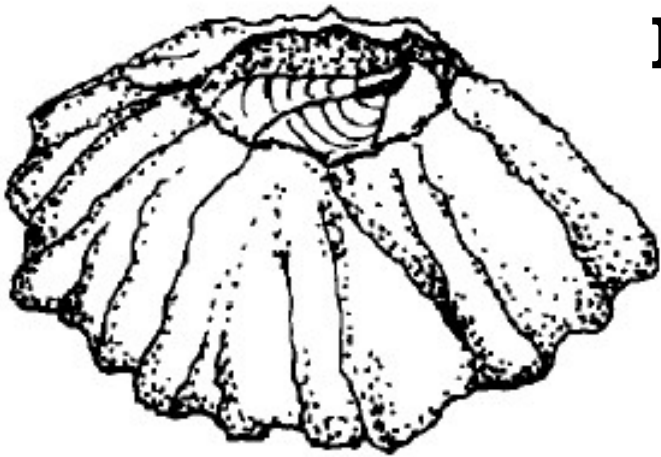
### **cirripèdes**



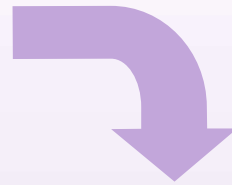


# Ex : Arthropodes

## cirripèdes



**Locomotion réduite**



**Segmentation**

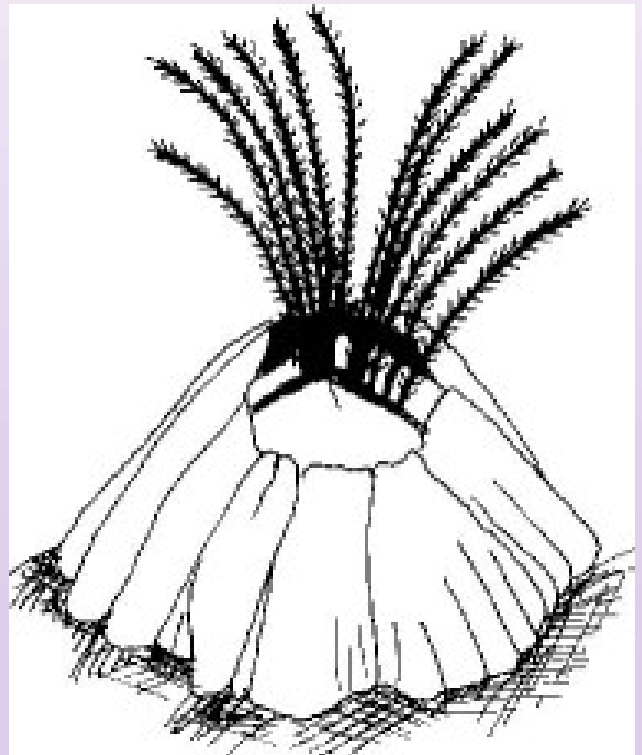
**réduite**

**Cirres plumeuses**



**Filtration:**

**alimentation**



**Ex : Arthropodes**

**sacculine : parasite d'autres  
crustacés**

**pas de déplacement**

**pas de capture de nourriture**



**pas de segmentation**

## **10) la céphalisation**

**= mise en place de la tête**

**Souvent associée à la  
segmentation**

**Présente chez**

- Annélides**
- Mollusques**
- Arthropodes**

### **a) Les Annélides**

**2 éléments indépendants**

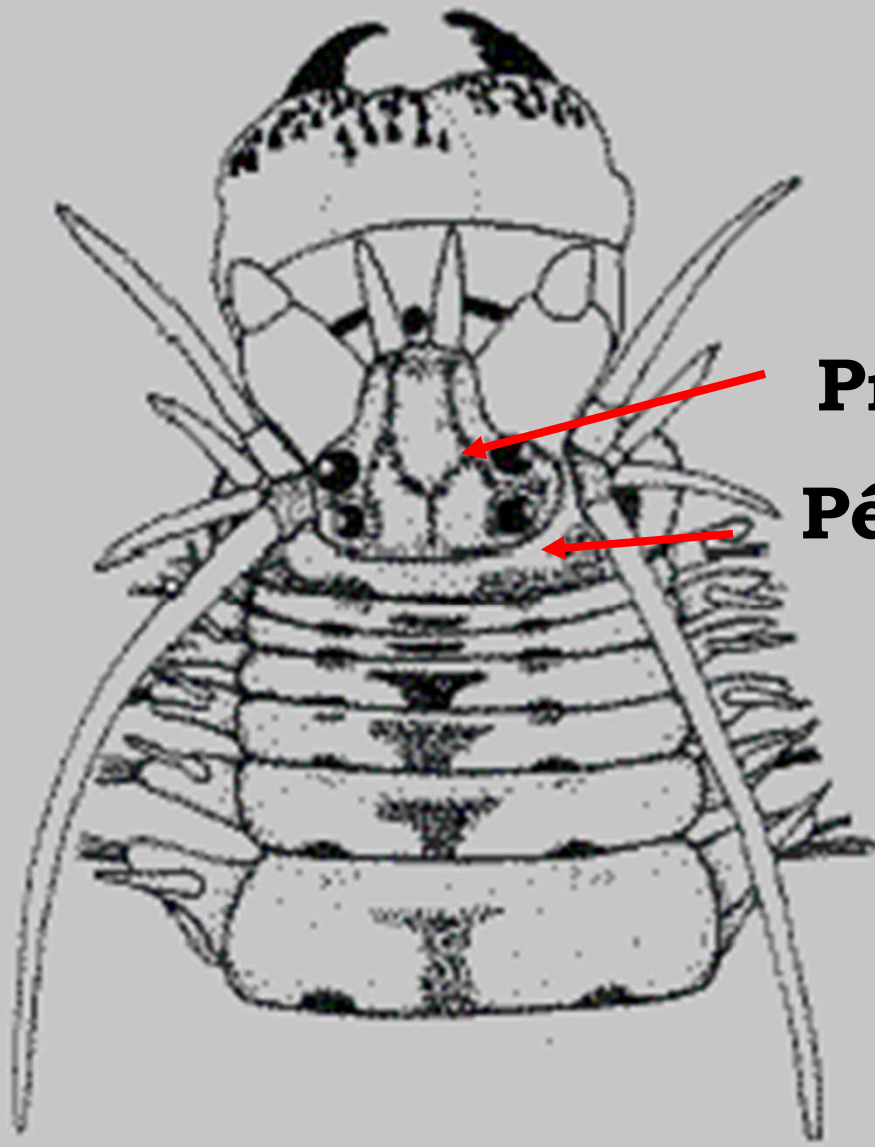
**prostomium + péristomium**

**préoral**

**Bouche**

**organes**

**sensoriels**



**Prostomium**

**Péristomium**

**Ex : annélides polychètes**

**Trompe  
dévaginée**

**machoire**

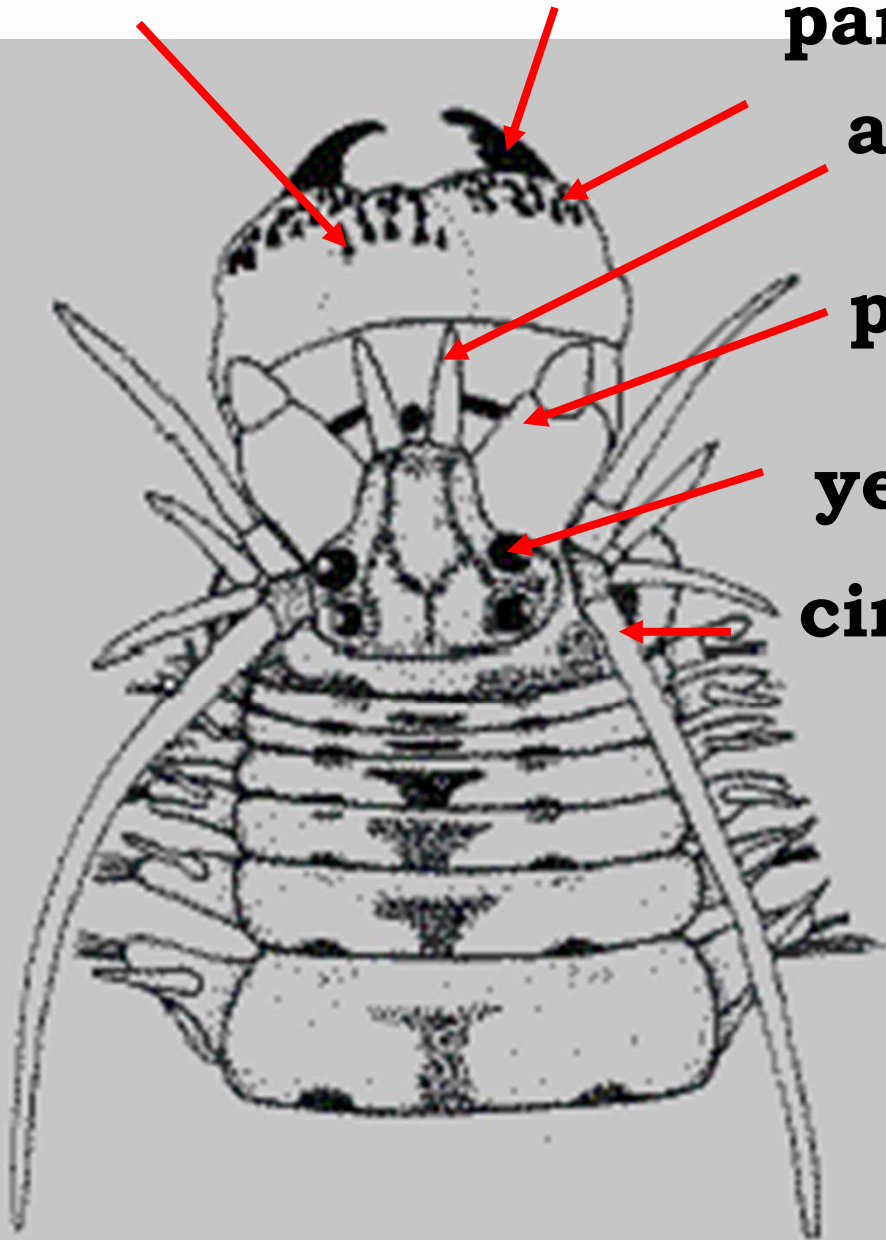
**paragnathes**

**antennes**

**palpes**

**yeux**

**cirres**



# **Tendance à l'allongement vers l'arrière**

## **Annélides oligochète**

### **Lombric**



**achètes : sangsue**

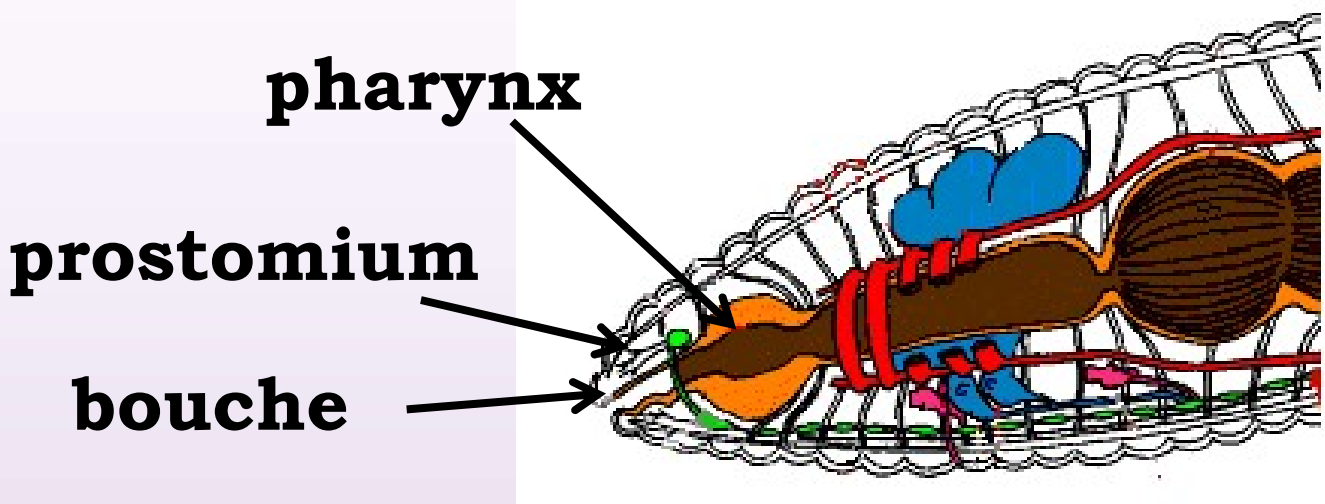


**fixation:  
ventouse**

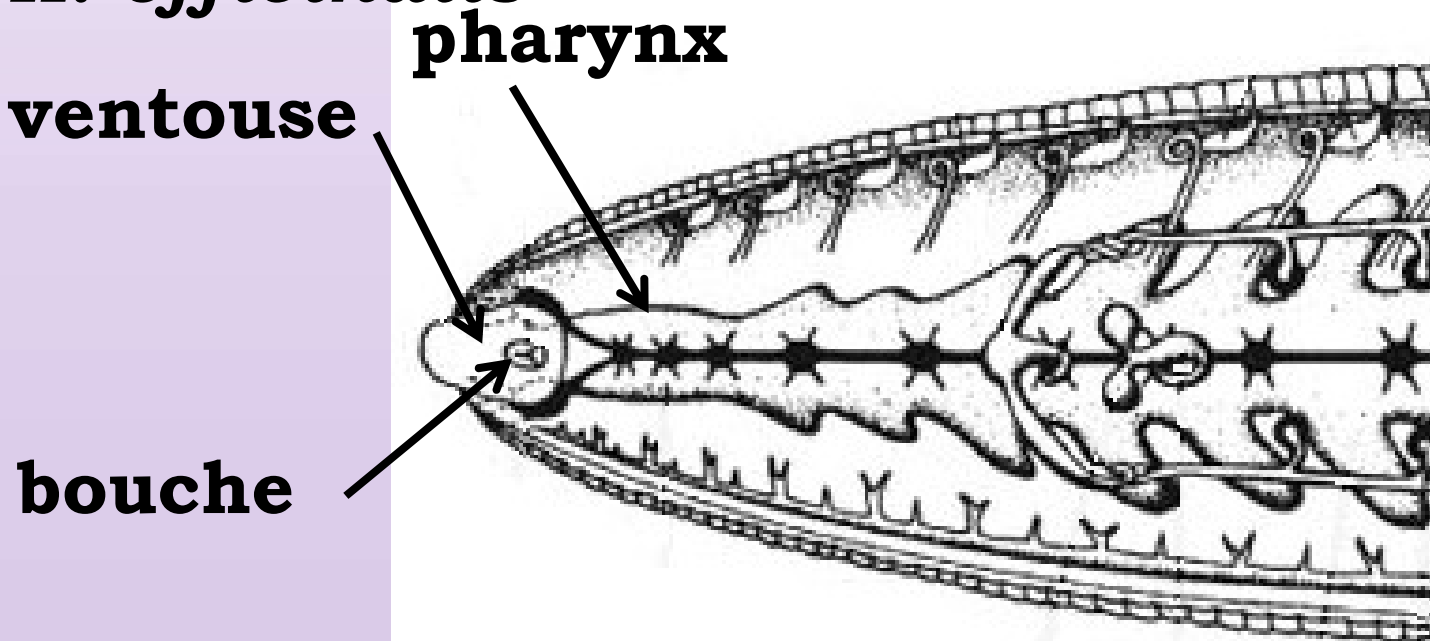
# Tendance à l'allongement vers l'arrière

développement du tube digestif antérieur: pharynx

*L. terrestris*



*H. officinalis*





## **b) Les Mollusques**

**Parfois rudimentaire**

**Voir absente**

**ex :bivalves**



**Parfois développée**

**ex gastéropodes**



**céphalopodes**



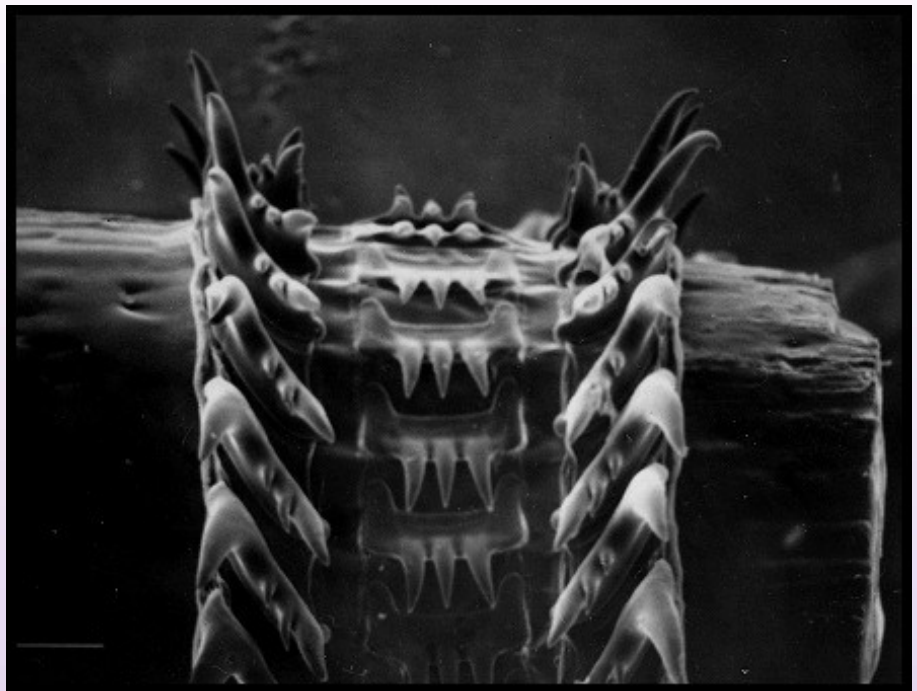


## **b) Les Mollusques**

**Porte la bouche**

**organe spécifique**

**radula**



**Liaison étroite tête - pied**

**Tête = prolongement antérieur du  
pied**

## c) les Arthropodes

### Complexité maximale chez les protostomiens

6 éléments :

Tête = acron → yeux  
+ 5 métamères fusionnés

↓  
5 paires d'appendices  
céphaliques

- bien différenciée  
insectes



- soudée au tronc

⇒ céphalothorax

décapodes



## **d) Les récepteurs sensoriels**

**portés par la tête**

**⇒ grande diversité**

**mais unité fonctionnelle**

**↳ Pas de caractère phylogénique**

**Neurone : enregistrement d'un  
stimulus extérieur**

**= transduction**

**↳ Codage en potentiel électrique**

**↳ transmission aux centres  
nerveux**

# **Sensibilité**

- cils**
- microvillosités**

**adaptations secondaires**

**Concentration en organes**

**Ex : photoréception**

**2 types d'organisation de l'œil**

- Œil à rétine simple**

**Mollusques**

**Annélides**

- Œil à rétine composée**

**Arthropodes**

