



Organisation & Diversité du Monde Animal Numéro 1

CHANET B.

Département Systématique et Evolution, USM 603 MNHN, UMR 7138, CP26, Muséum National d'Histoire Naturelle, 57 rue Cuvier
75005 PARIS, France, chanet@mnhn.fr

Titre en anglais : Organisation and Diversity of Animal Kingdom. N° 1.

Mots-clés : *anatomie, phylogénie, animaux, enseignement.*

Keywords : anatomy, phylogeny, animals, teaching.

Abstract. *The purpose of this document is to expose the basis on the systematic and the anatomy of animals to biology students. Phylogenetically organized, it presents the major clades and their interrelationships; synapomorphies are indicated, homologies commented, some insights on the biology of organisms are specified.*

Résumé. Le but de ce travail est d'exposer les bases de la systématique et de l'anatomie des animaux à des étudiants en biologie. Organisé phylogénétiquement, il présente les clades principaux ainsi que leurs relations de parenté ; les synapomorphies sont indiquées, les homologies commentées et quelques aspects de la biologie des organismes présentés.

Mot de la rédaction. Ce travail se distingue des autres articles des C@C en ce qu'il ne présente aucune observation anatomique originale, c'est pourquoi il est publié via quatre numéros spéciaux. Les C@C sont ouverts à tout travail de diffusion de données anatomiques des animaux.

Ce travail a pour but de présenter les bases nécessaires en systématique et anatomie des animaux. Il correspond à ce que devrait maîtriser un étudiant en L2 de biologie des organismes en 2010. Au cours des dernières décennies, la classification du monde vivant a connu de grands bouleversements avec, entre autres, l'introduction des méthodes de l'analyse phylogénétique ; la position de certains groupes a été modifiée, l'interprétation de structures jugées jadis comme essentielles a été remise en question (le coelome, par exemple). Seuls certains groupes, les plus importants en termes de diversité et d'organisation, sont traités. Les connaissances présentées ici sont organisées selon la phylogénie des organismes.

La diversité du monde animal en question

Avec plus de 1,2 million d'espèces recensées actuellement, le monde animal présente une diversité importante. Cependant, de la nêpe à la limande, en passant par la girafe et l'arénicole, cette diversité n'est pas anarchique ; tous les cas de figure ne sont pas représentés dans la nature. Des organismes possédant des étuis cornés recouvrant des excroissances osseuses du crâne, des nageoires rayonnées et un squelette externe chitineux n'existent pas. En d'autres termes, la répartition des attributs, ou caractères observables, sur les organismes n'est pas aléatoire et l'étude de cette répartition met en évidence un ordre du vivant. Les organismes possédant des nageoires rayonnées ont tous un crâne, une colonne vertébrale, de la myéline... mais ne possèdent ni étui corné, ni squelette externe chitineux. De la même manière, trois paires de pattes ne se rencontrent que chez des espèces ayant par ailleurs des antennes, des yeux composés, un squelette externe chitineux et... n'ayant ni crâne, ni myéline, ni colonne vertébrale, ni nageoire rayonnée...

Ce sont des observations de ce type, couplées à d'autres comme celles du développement embryonnaire ou de l'étude comparée des séquences nucléotidiques, qui ont permis de reconstituer petit à petit cet ordre du monde vivant. Quelle en est sa forme ? Celle d'un buisson. Quel en est son support théorique ? La théorie de l'évolution.

La présence de points communs de structure entre les organismes est la preuve d'une parenté entre ceux-ci. Si deux espèces possèdent une coquille divisée en deux valves, droite et gauche, alors ces deux espèces partagent un ancêtre commun qui avait lui aussi cet attribut. Elles sont apparentées et ont évolué en parallèle depuis cet ancêtre commun, mais gardent la trace de celui-ci par les attributs ou caractères hérités.

Ainsi, la recherche, l'identification et la répartition des caractéristiques communes entre espèces constituent non seulement les objectifs de connaissances de ces deux documents, mais aussi, et surtout, les clés permettant de mettre en évidence la structure même du monde vivant issue de l'évolution biologique.

Les classifications modernes cherchent à présenter cette structure. Elles ont deux buts principaux : 1) classer les espèces, 2) reconstituer la phylogénie de ces espèces ou cours historique de l'évolution biologique des espèces concernées. Pour cela, il convient de connaître certaines notions d'anatomie des animaux et de systématique (= le domaine des sciences biologiques qui s'occupe de nommer et classer les espèces). Ce travail a pour but d'en exposer les grandes lignes.

Partie I. Méthodes & Matériel

A. Une classification fondée sur l'évolution biologique

1. Un changement dans la classification

La classification actuelle du monde vivant est dite phylogénétique, en ce que non seulement, elle classe les organismes, mais aussi retrace le cours historique, ou phylogénie, de l'évolution de ces organismes. La première vraie classification scientifique fut celle du suédois Karl von Linné (1707-1778). Le rôle de ce systématicien fut en effet essentiel pour établir les règles de la classification binomiale : chaque espèce est désignée par un binom, composé d'un nom de genre (en italiques ou souligné et avec une majuscule) et d'un nom d'espèce (en italiques ou souligné et avec une minuscule), exemple la langouste : *Palinurus elephas* [ce binom peut être complété par le nom du premier scientifique ayant décrit cette espèce ainsi que l'année de cette description : *Palinurus elephas* (Fabricius 1787)]. Cependant, depuis Linné, la classification du vivant a évolué. Ce systématicien avait pour but de tracer le plan divin, alors que les systématiciens modernes ont l'évolution biologique à l'esprit. Suite à la publication des travaux de Willi Hennig, en 1950, appliquant les principes énoncés par Charles Darwin en 1859, puis en 1871, la classification repose désormais sur l'analyse des relations de parenté, dites phylogénétiques, entre organismes. Dès lors, on ne regroupe plus des organismes en fonction de ce qu'ils font (nager, voler...) ou en fonction de ce qu'ils n'ont pas (absence de vertèbre, de patte ou de poumon...), comme cela était fait jadis. On les regroupe fondamentalement en fonction de ce qu'ils ont, c'est-à-dire en fonction des attributs ou caractères (morphologiques, anatomiques ou moléculaires) que ces organismes possèdent. Le partage d'au moins un de ces attributs est interprété comme le témoignage d'une ascendance commune et les organismes présentant cet attribut comme descendants d'un même ancêtre commun. Tous les descendants d'un même ancêtre commun sont regroupés dans un ensemble appelé clade ou groupe monophylétique (Fig. 1). Nombre des groupes traditionnels (invertébrés, agnathes, poissons ... (Fig. 2)) ne regroupent pas tous les descendants d'un même ancêtre commun : ils ne sont pas des clades et, dès lors, ils ne peuvent plus être utilisés dans une classification moderne.

2. Des caractères et leurs états

Dans la systématique moderne, les espèces sont regroupées sur la base du partage d'états évolués de caractère(s). Elle repose donc : 1. sur l'identification des états de caractères, 2. sur la répartition des états évolués de caractères.

Prenons un caractère : six pattes.

Au sein du monde animal, ce caractère a deux états: état 1. absence de six pattes, état 2. présence de six pattes.

Le premier état est fondé sur une absence ; il ne constitue pas un argument scientifique pour regrouper des espèces.

En revanche, le second état constitue une preuve, un argument scientifique pour regrouper des espèces. Ce dernier, l'état 2 - présence de six pattes - est interprété comme une innovation évolutive apparue chez l'ancêtre commun aux espèces possédant cet état de caractère. Il justifie leur rapprochement de ces espèces.

L'état 1 est appelé état primitif ou plésiomorphe.

L'état 2 est appelé état évolué ou apomorphe.

Un état apomorphe partagé entre plusieurs espèces est appelé une synapomorphie. Elle correspond à l'innovation évolutive apparue chez l'ancêtre commun à ces espèces. Une synapomorphie peut être morphologique, anatomique, histologique, cellulaire, chromosomique ou moléculaire.

Pour être un clade, encore appelé groupe monophylétique ou groupe naturel, tout groupe doit être justifié par au moins une synapomorphie.

Dans ce travail, des synapomorphies seront données pour chaque groupe dont il est fait mention. Un accent particulier sera mis ici sur les synapomorphies morphologiques, anatomiques et histologiques.

3. La nécessité de caractères homologues

L'identification des états de caractères est fondamentale. Toutefois, il s'agit de bien veiller à une chose : les caractères observés et utilisés doivent avoir la même structure. Il s'agit de ne comparer que des choses comparables : la patte antérieure droite d'un criquet n'a pas la même structure que la patte antérieure droite d'une grenouille, alors que celle-ci possède la même structure qu'une nageoire pectorale droite de cœlacanthe. Il faut utiliser des caractères de même structure, des caractères homologues.

La notion d'homologie, forgée par Richard Owen en 1843 et 1848, est fondamentale dans les sciences du vivant, en ce qu'elle constitue l'argument clé, la preuve scientifique de la parenté entre espèces. Deux organes sont homologues si ils ont la même structure, sont construits de la même manière, présentent les mêmes relations avec les autres organes et ont la même origine embryonnaire. Pour prendre un exemple classique, les membres antérieurs d'un pigeon, d'un rat, d'un dauphin, d'un homme et d'une vache sont homologues. Cette structure, le membre antérieur, est interprétée comme la trace de l'existence d'un ancêtre commun à ces espèces et duquel elles ont hérité un des attributs.

A l'échelle moléculaire, une similitude dans les séquences, quelquefois couplée à une même position de ces séquences dans le génome, permet de dire si des molécules biologiques (protéines, séquences nucléotidiques (sur l'ADN ou l'ARN)) sont homologues ou non.

4. La signification et la lecture d'un arbre

La lecture et l'analyse de la Figure 1 vous aideront à mieux saisir les concepts de la classification phylogénétique.

A et B sont étroitement apparentés, ils partagent un ancêtre commun proche (AC1). Leur plus proche parent est C, qui partage avec eux un ancêtre commun plus lointain (AC2). A, B, C, D et E partagent un ancêtre commun encore plus lointain (AC3). Cependant, le plus proche parent du groupe formé par A, B et C est inconnu : est-ce D ? est-ce E ? Leurs relations de parenté sont encore inconnues et sont représentées par un branchement multiple également appelé polytomie, traduisant l'incertitude existant à ce niveau. Seuls les groupes (A-B), ((A-B)-C) et (((A-B)-C)-D-E) sont des clades. Si on prenait en compte le groupe C-D, ce dernier ne serait pas un clade et ne pourrait être utilisé dans une classification moderne.

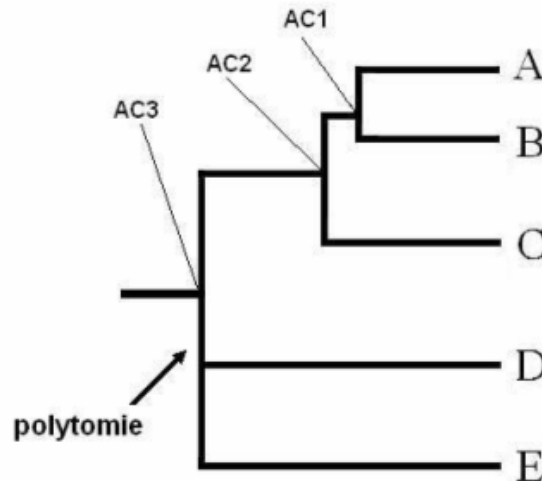


Figure 1. Exemple théorique d'arbre de relations de parenté entre 5 groupes A, B, C, D et E.

Par l'emboîtement successif des groupes monophylétiques, les organismes sont non seulement classés, mais leur histoire évolutive est également exposée. L'espèce A appartient successivement aux clades (A-B), ((A-B)-C) et (((A-B)-C)-D-E). En d'autres termes, elle partage des ancêtres communs successivement avec B, puis avec C puis avec D ou E.

Dans le détail, les groupes C-D ou B-C seraient des groupes paraphylétiques, car ils ne comprennent pas tous les descendants d'un ancêtre commun (reptiles, poissons en sont des exemples) ; le plus souvent ils sont construits sur des caractères plésiomorphes (absence de plumes et de poils pour les reptiles, absence de pattes et de poumons pour les poissons). Les groupes A-D ou B-D seraient des groupes polyphylétiques, car ils associent des ensembles non étroitement apparentés ; le plus souvent ils sont construits sur des convergences. Les groupes des pachydermes ou celui des palmipèdes sont des groupes polyphylétiques en ce que les caractères utilisés pour les définir (peau épaisse pour les pachydermes et pattes palmées pour les palmipèdes) sont apparus à plusieurs reprises. En effet, les pachydermes regroupaient les hippopotames, les rhinocéros et les éléphants... alors que l'étude de nombreux autres caractères (structure des pattes notamment) montrait que chacun d'entre eux était apparenté à d'autres groupes de Mammifères. Les palmipèdes regroupaient des oiseaux aux pattes palmées (cormorans, goélands, canards, pélicans ...) alors que ce caractère est une convergence.

Groupes paraphylétiques et polyphylétiques ne doivent pas (plus) être utilisés dans la systématique moderne.

5. Le système de classification

Les espèces vivantes sont classées dans des groupes emboîtés, chacun ayant un rang différent. Chaque groupe est aussi appelé taxon.

Taxon	Suffixe ou règle d'écriture*	Exemple : le gibbon noir (nom vernaculaire ou commun)
espèce	avec minuscule et italique ou souligné	<i>concolor</i>
Genre	avec majuscule et italique ou souligné	<i>Hylolates</i>
Famille	-dae	Hylobatidae
Ordre	-oïde	Hominoïdes
Classe		Mammifères
Embranchement ou Phylum		Vertébrés
Règne		Animal

*: pas toujours appliqué...

Quelquefois des taxons de rang intermédiaire sont introduits comme super-classe ou sous-ordre

Chacun de ces taxons doit être un clade. Cependant, l'arbre du vivant est encore en reconstruction et subsistent çà et là des noms de groupes non monophylétiques et des incertitudes montrées par des polytomies. La Fig. 2 expose la reconstitution actuelle de l'arbre de relations de parenté entre principaux groupes d'Animaux.

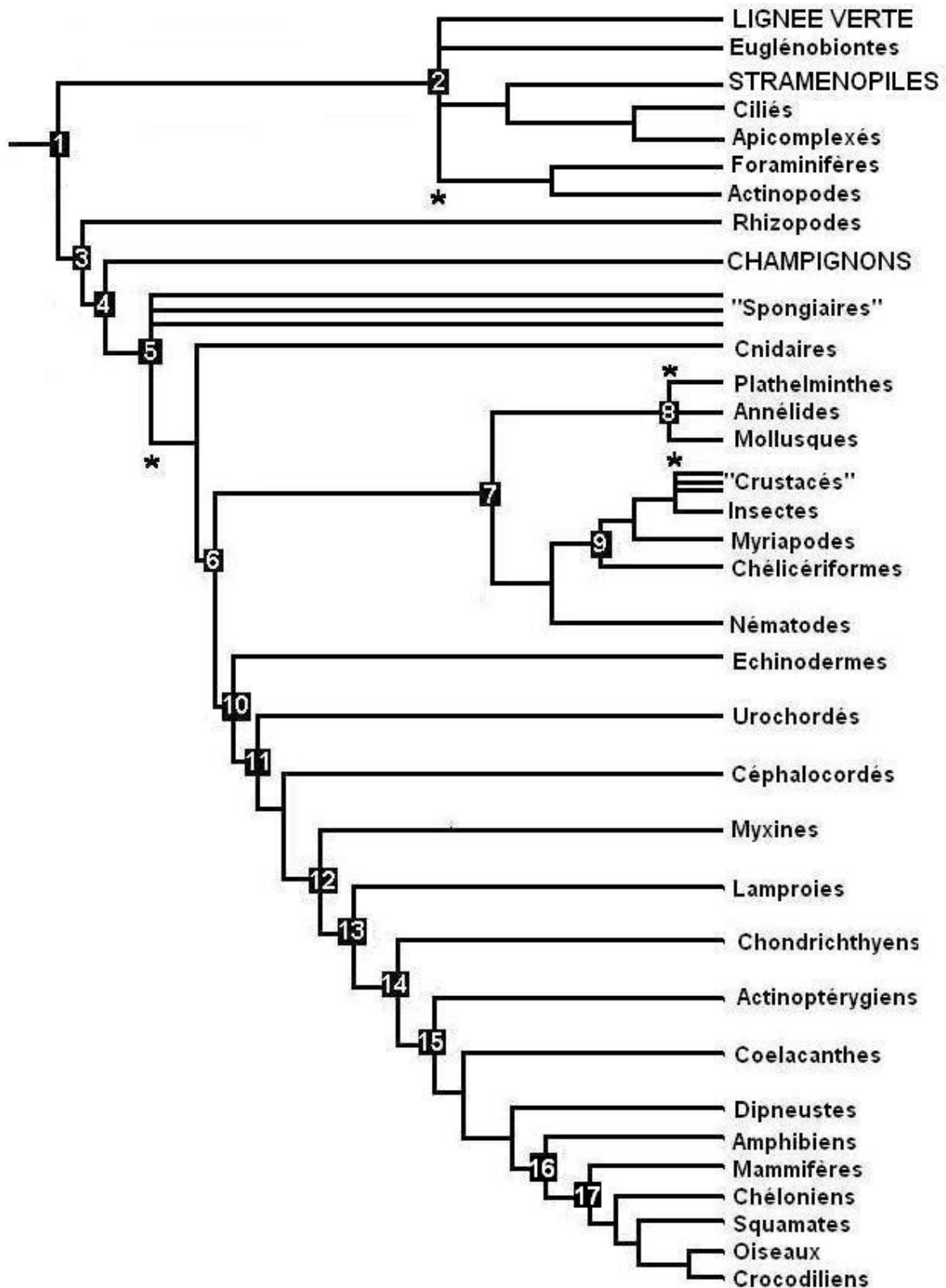


Figure 2

Figure 2. Arbre de relations de parenté entre principaux groupes d'Animaux.

L'arbre de la Figure 2 a été réalisé à partir des données de Lecointre et Le Guyader (2006). Les noms de groupes écrits en lettres capitales (LIGNEE VERTE, STRAMENOPILES, CHAMPIGNONS) n'appartiennent pas aux Animaux. Seuls les groupes d'Animaux traités ici sont présents et écrits en minuscules. De nombreux autres groupes (Brachiopodes, Chaetognathes, Cténophores, Bryozoaires, Onychophores, Priapuliers ...) existent. Pour connaître leur position phylogénétique et leurs caractéristiques principales il est possible de se référer à (Lecointre & Le Guyader, 2006). Les différentes polytomies (*), à la base de l'arbre ou à la base des Métazoaires, indiquent que les relations phylogénétiques à leur niveau sont encore incertaines. Les guillemets (") indiquent que les relations de parenté au sein du groupe sont problématiques. Les chiffres indiquent quelques clades (se reporter au tableau pour leur signification).

Tableau : clades de la Figure 2

N°	Noms de clades	Quelques synapomorphies
1.	Eucaryotes	chromosomes, membrane nucléaire, microtubules
2.	Bicontes	deux flagelles
3.	Unicotes	un seul flagelle
4.	Opisthochontes	cellules flagellées (dont gamètes) à flagelle propulseur, chitine
5.	Métazoaires	globules polaires durant ovogenèse, collagène
6.	Bilatériens	symétrie bilatérale, système nerveux central, mésoderme, synapses unidirectionnelles, complexes de gènes de développement HOX
7.	Protostomiens	système nerveux en position ventrale, blastopore donnant la bouche et l'anus, coelome formé par schizocœlie
8.	Spiraliens	segmentation de l'œuf de type spirale
9.	Euarthropodes	exosquelette aux pièces articulées, yeux composés
10.	Deutérostomiens	bouche en formation secondaire (le blastopore donnant uniquement l'anus), coelome formé par entérocoœlie
11.	Chordés	chorde dorsale
12.	Crâniates	crâne, squelette minéralisé à phosphate de calcium
13.	Vertébrés	vertèbres, rate et pancréas individualisés
14.	Gnathostomes	mâchoires, myéline, hémoglobine à 2 types de chaînes
15.	Ostéichthyens	os, sacs aériens (poumons, vessie natatoire) connectés au tube digestif
16.	Tétrapodes	4 membres locomoteurs, cou
17.	Amniotes	amnios

B. Problème de la définition d'animal

Qu'est-ce qu'un animal ?

La question peut sembler triviale, mais elle est pourtant digne d'intérêt ici. Puisque les réponses aux questions *Quels organismes place-t-on dans le groupe des Animaux ? Et quelle est leur structure ?* constituent l'essentiel de ce travail, il est important de définir les concepts et de savoir ce que cache ce terme si commun.

Un animal est un organisme eucaryote, hétérotrophe se nourrissant par ingestion (au moins par endocytose ou phagocytose) de matière organique élaborée par d'autres organismes. En cela, les Animaux se distinguent des Plantes qui réalisent la photosynthèse et des Champignons qui absorbent de la matière organique digérée en dehors de l'organisme. Toutefois, pour les Animaux unicellulaires la distinction n'est pas si simple et si on se réfère à l'arbre du vivant (Fig.2) on peut s'apercevoir que les Animaux, au sens de la définition donnée, ne constituent absolument pas un groupe naturel, c'est-à-dire un groupe comprenant tous les descendants d'un même ancêtre. Les Métazoaires (clade 5, Fig.2) sont plus apparentés aux Champignons, avec lesquels ils forment le clade des Opisthochontes (clade 5, Fig.2), qu'ils ne le sont des Foraminifères (membres des Bicontes avec les Ciliés et les espèces de la Lignée Verte) ou des Amibes (groupe des Rhizopodes), classiquement étudiés en biologie animale.

En conséquence, le terme animal est donc à la fois simple, complexe et riche de sens. L'employer dans le sens donné (animal est un eucaryote, hétérotrophe se nourrissant pas ingestion, au moins par endocytose ou phagocytose, de matière organique élaborée par d'autres organismes), tout en sachant que cela ne correspond pas à un clade, constituera le point de départ de ce travail.

Partie II. Plans d'organisation et caractéristiques

L'organisation générale de 25 organismes est exposée dans cette partie, le plan en est l'arbre phylogénétique et chaque groupe détaillé fait l'objet d'un chapitre. Dans chacun sont indiquées la position systématique, les synapomorphies du groupe considéré, l'organisation générale, la biologie et les grandes lignes de sa classification.

La liste de la page suivante indique l'organisation de la seconde partie de ce travail. Les noms de groupes traités sont en gras et précédés de la référence du numéro spécial des *Cahiers d'Anatomie Comparée*. Enfin, certains exemples d'espèces animales évoquées sont indiqués en italiques.

Il est souvent habituel de terminer les ouvrages de zoologie ou de biologie animale par le groupe des Vertébrés ; cela repose sur une vision linéaire du monde vivant et dont les Vertébrés seraient l'aboutissement. Or, cet agencement est méthodologiquement étranger aux sciences en ce qu'il construit une hiérarchie des êtres fondée sur la représentation qu'a le classificateur de sa propre espèce. Le monde vivant est divers en formes et en espèces ; différent ne signifie pas supérieur. Toute tentative de hiérarchiser des êtres vivants entre eux ne relève pas des sciences. C'est non seulement pour casser cette idée d' « *Echelle des Etres* », mais aussi pour terminer par le groupe systématique le plus abondant en termes d'espèces et de diversité que ce travail se clôt par un numéro traitant des Euarthropodes.

<i>C@C</i>		<i>exemple</i>
	Bicontes	
	Alvéolobiontes	
NS°1(1)	Apicomplexés	<i>plasmodium</i>
NS°1(1)	Ciliés	<i>paramécie</i>
	Rhizariens	
NS°1(1)	Foraminifères	
NS°1(1)	Actinopodes	
NS°1(1)	Euglénobiontes	<i>trypanosome</i>
	Unicontes	
NS°1(1)	Rhizopodes	<i>amibe</i>
	Opisthocontes	
	Métazoaires	
NS°1(1)	« Spongiaires »	<i>éponge</i>
	Eumétazoaires	
NS°1(1)	Cnidaires	<i>méduse</i>
	Bilatériens	
NS°1(2)	Deutérostomiens	
	Echinodermes	<i>oursin</i>
NS°1(2)	Chordés	
NS°1(2)	Urochordés	<i>ascidie</i>
	Céphalocordés	<i>amphioxus</i>
	Crâniates	
NS°1(2)	Vertébrés	
	Gnathostomes	
	Ostéichthyens	<i>sole</i>
	Tétrapodes	<i>crapaud</i>
	Amniotes	<i>rat</i>
	Chondrichthyens	<i>roussette</i>
	Protostomiens	
	Spiraliens	
NS°1(3)	Plathelminthes	<i>planaire</i>
NS°1(3)	Mollusques	<i>poulpe</i>
NS°1(3)	Annélides	<i>lombric</i>
	Ecdysozoaires	
NS°1(3)	Nématodes	<i>ascaris</i>
NS°1(4)	Euarthropodes	
	Chélicérates	<i>araignée</i>
NS°1(4)	Mandibulates	
NS°1(4)	Myriapodes	<i>iule</i>
	Pancrustacés	<i>crevette</i>
NS°1(4)	Hexapodes	<i>criquet</i>

Apicomplexés

Eucaryotes
Bicontes
Alvéolobiontes

Position systématique

Les Apicomplexés, ou Sporozoaires, constituent un groupe de 5000 espèces. Comme les Ciliés, ils appartiennent aux clades des Eucaryotes et successivement aux clades suivants :

- Bicontes, par la présence de deux flagelles chez les cellules libres flagellées.
- Alvéolobiontes, par la présence de vésicules sous-membranaires, les alvéoles, impliquées dans la réserve et la sécrétion de substances.

Les relations de parenté à l'intérieur du clade des Bicontes ne sont actuellement pas résolues, même si les Alvéobiontes sont plus apparentés aux Straménopiles qu'ils ne le sont des deux autres clades (Fig.2).

Synapomorphies

Les Apicomplexés possèdent :

- des centrioles organisés en 9 doublets de microtubules
- un sporozoïte, ou cellule infectieuse disséminante (Fig.3)
- un complexe apical, formé par la concentration d'organites (microtubules, vacuoles, fibrilles ...) à un pôle de la cellule.

Organisation

Les Apicomplexés sont des Eucaryotes unicellulaires ne possédant ni appareil locomoteur, ni appareil « buccal » différencié (Fig.3).

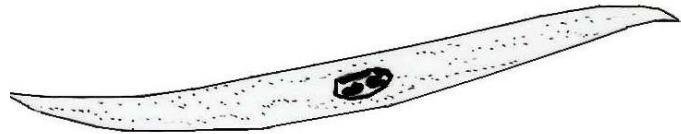


Figure 3. Sporozoïte d'agent du paludisme (*Plasmodium falciparum*). Longueur : 10 µm.

Biologie

Les Apicomplexés sont des parasites intracellulaires ou endosymbiontes : leur nutrition est osmotrophe. L'apicomplexé le plus célèbre est *Plasmodium falciparum*, agent du paludisme humain (maladie également appelée *malaria*). Plusieurs espèces de *Plasmodium* existent, chacune étant à l'origine d'une forme de paludisme. Le vecteur est le moustique femelle du genre *Anopheles*. Injecté à l'Homme (Fig. 4), le sporozoïte infeste les cellules hépatiques de l'hôte (on lui donne alors le nom de crypzoïtes, jusqu'à 5000 pour une cellule hépatique), s'y reproduit par schizogonie et est libéré par éclatement des cellules. Différencié en mérozoïte, il infecte les hématies, où il se multiplie et dont il fait, à terme, éclater la membrane plasmique. Cette libération est régulière et cause des poussées de fièvre cycliques (3 jours chez *P. falciparum*) caractéristiques des crises de paludisme (d'où le nom de *fièvre tierce* également donnée à la maladie). Dans le plasma, les mérozoïtes se différencient en gamontes ou cellules reproductrices. Tous (sporozoïtes, mérozoïtes...) échappent aux défenses immunitaires de l'hôte en pratiquant un camouflage antigénique, par renouvellement périodique des

antigènes de surface (des glycoprotéines) présents sur sa membrane cellulaire. La présence de parasites à l'état latent dans les cellules hépatiques peut entraîner des années après la primo-infection de nouvelles crises de paludisme. Depuis l'hôte humain, les gamontes peuvent infecter un moustique *Anopheles* lors d'une piqûre; la fécondation a lieu dans le tube digestif du moustique et est suivie d'un enkystement. Enfin, les sporozoïtes formés migrent de la musculature du tube digestif aux glandes salivaires d'où ils peuvent être réinjectés dans un être humain.

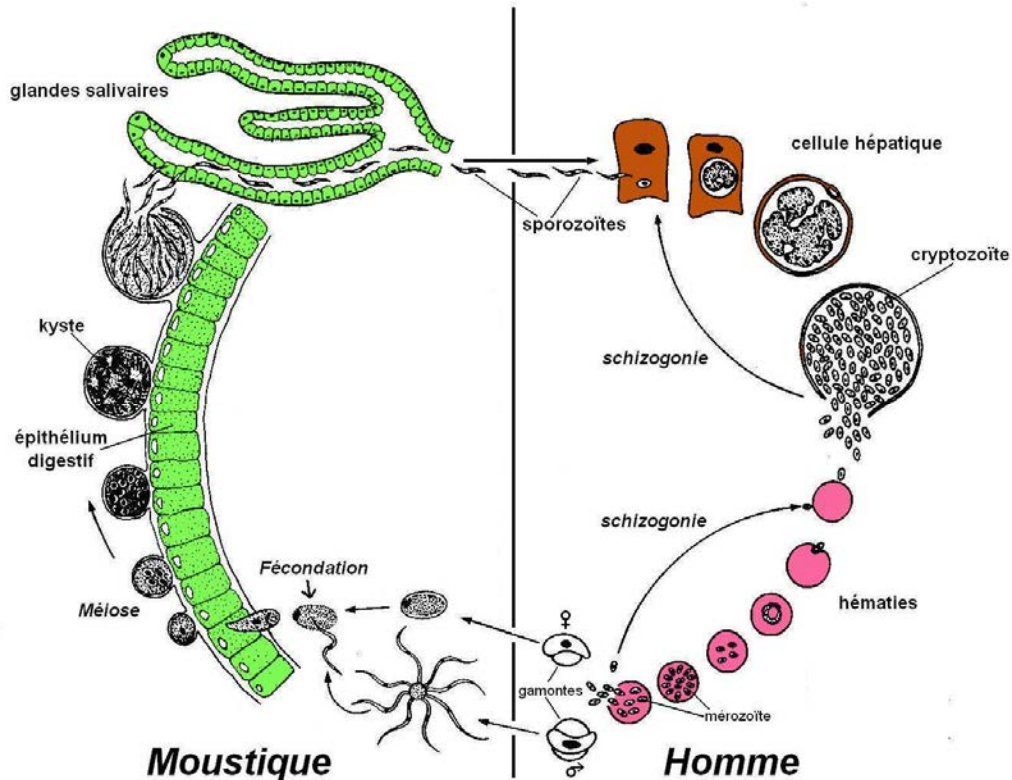


Figure 4. Cycle biologique d'un agent du paludisme (*Plasmodium falciparum*).

La schizogonie est un mode de multiplication asexuée durant laquelle la cellule subit plusieurs divisions nucléaires non suivies de cytotéièse ; cela aboutit à un stade plurinucléé, dont la cytotéièse libère simultanément un grand nombre d'individus mononucléés.

Exemples

agent du paludisme
agent de la toxoplasmose

Plasmodium falciparum
Toxoplasma gondii

Ciliés

Eucaryotes
Bicontes
Alvéolobiontes

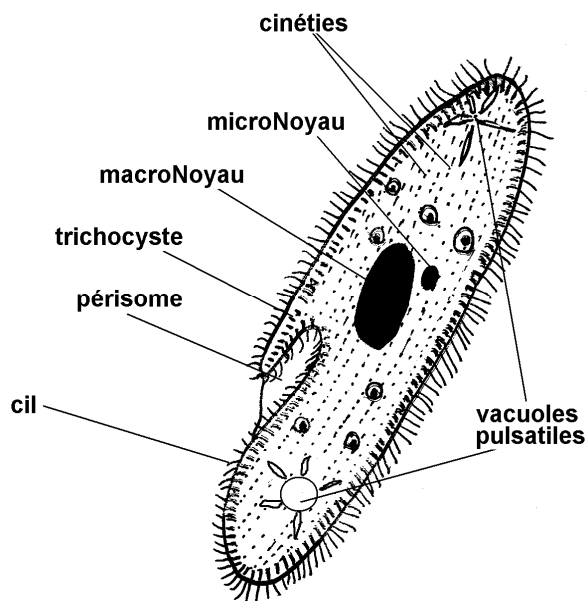
Position systématique

Les Ciliés constituent un large groupe de 8000 espèces. Ils appartiennent successivement aux clades des Eucaryotes, des Bicontes et des Alvéolobiontes.

Synapomorphies

Les Ciliés possèdent (Fig. 5) :

- deux noyaux, le microNoyau, avec des chromosomes, et le macroNoyau, sans chromosome mais avec de la chromatine dispersée.
- de nombreux cils vibratiles, dont la vibration est impliquée dans la locomotion et la capture des proies. La première de ces fonctions est assurée par des cils organisés en cinéties ou alignements longitudinaux, la seconde par une ciliature buccale entourant le périsme.
- une division cellulaire au plan de division perpendiculaire à l'axe antéro-postérieur de la cellule.



Organisation

La paramécie (*Paramecium caudatum*) est un des exemples de Ciliés les plus connus. Ce sont des organismes unicellulaires présentant diverses spécialisations comme le périsme, impliqué dans l'ingestion des particules alimentaires et l'élimination des déchets incompressibles et un système de vacuoles pulsatiles. Cette structure est cependant absente chez certaines formes ayant un mode de vie parasite.

Figure 5. Organisation d'une paramécie (*Paramecium caudatum*). Longueur. 100 μ m.

Biologie

Les Ciliés vivent dans les eaux marines et douces, stagnantes riches en matières organiques, pélagiques ou benthiques. Ils sont nageurs ou fixés, autonomes ou commensaux, peu sont parasites.

La locomotion des Ciliés est assurée par les battements coordonnés des cils vibratiles. Ils se nourrissent de toute sorte de matière organique présente dans leur milieu (débris végétaux, bactéries, autres unicellulaires...). L'ingestion des particules alimentaires et l'élimination des déchets incommestibles s'effectuent dans une région particulière à la ciliature spécialisée : le périsome. Le contenu du périsome est déversé dans une vacuole alimentaire au contenu acide. La membrane présente sur sa face interne une série d'organites de défense, au contenu dévaginable : les trichocystes.

L'essentiel de l'excrétion des déchets métaboliques (CO₂, NH₃) s'effectue par simple diffusion. Chez les espèces d'eau douce, la pression osmotique est régulée par un système de deux vacuoles pulsatiles (Fig. 5) battant alternativement (le rythme des pulsations augmente avec la température). Ces vacuoles sont reliées à un réseau de tubules en cul-de-sac, véritables canaux collecteurs drainant le hyaloplasme. Ce système évacue d'importantes quantités d'eau et maintient la pression osmotique.

Certaines espèces sont capables de s'enkyster lorsque les conditions du milieu deviennent défavorables.

Le macroNoyau (ou macronucleus) intervient dans la vie végétative de la cellule, il contient de la chromatine non organisée en chromosomes et des milliers de copies d'un petit nombre de gènes. En revanche, le microNoyau (ou micronucleus) a un rôle dans la reproduction ; il est diploïde et contient des chromosomes. Le macroNoyau se différencie à partir du microNoyau au terme de la conjugaison (Fig. 6) ; une élimination sélective d'ADN et des synthèses marquent cette différenciation. La conjugaison est un phénomène de sexualité, différent de la fécondation, sans fusion de noyaux, mais avec échange réciproque de microNoyaux. Elle intervient en général durant une période de crise (conditions environnementales défavorables). Selon les espèces, il peut exister entre des individus de taille différente (cas des vorticelles).

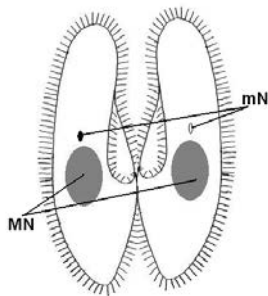
La division de la cellule par mitose est le principal mode de reproduction ; la division du microNoyau précède l'étirement en deux macroNoyaux. Si les conditions du milieu sont favorables, le rythme des divisions peut être de 5 à 6 par jour chez la paramécie. A ce mode de reproduction asexuée, s'ajoutent des phénomènes de conjugaison, c'est-à-dire des échanges de matériel nucléaire entre deux cellules (Fig. 6). Le bilan démographique est nul (deux cellules donnent deux cellules) et le patrimoine génétique est réorganisé.

Exemples

paramécie
vorticelle

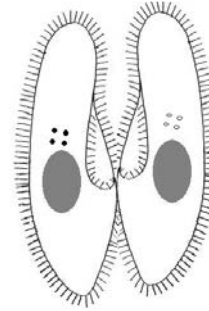
Paramecium caudatum
Vorticella campanula
Tetrahymena pyriformis

1. Accolement des Ciliés par les péristomes



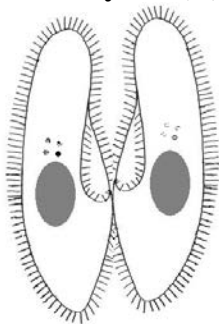
mN: microNoyau
MN: macroNoyau

2. Méiose des microNoyaux (2N)

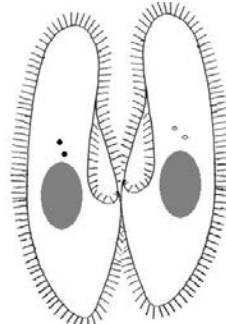


à ce stade
apparition des
chromosomes
des microNoyaux

3. Dégénérescence de 3 microNoyaux (N)

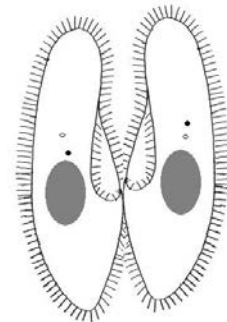


4. Division des microNoyaux (N)

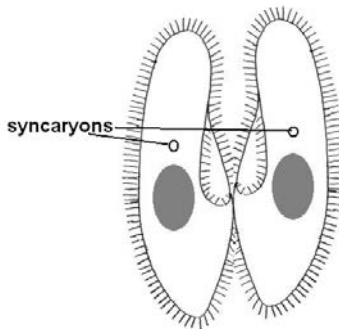


transformation
des
microNoyaux
(N) en pronucléi

5. Echange des pronucléi

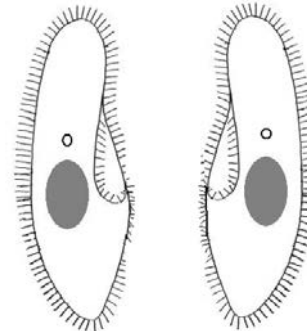


6. Formation d'un noyau de conjugaison

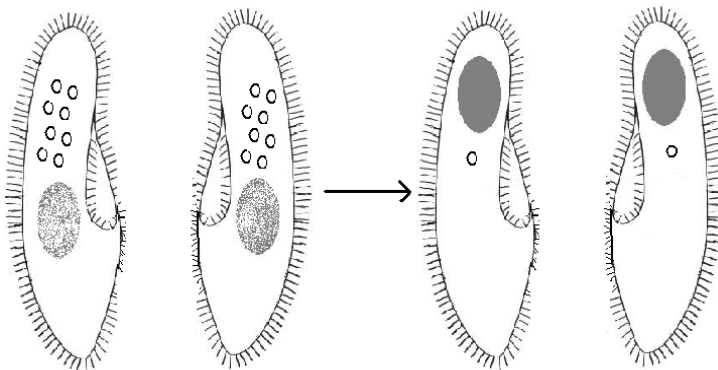


le syncaryon, ou noyau
de conjugaison (2N)
est formé par fusion
des deux pronucléi

7. Séparation des conjugués



8. Divisions post-gamiques



- dégénérescence du
macroNoyau et
formation de 8
microNoyaux identiques
- reformation d'un
macroNoyau à partir de
4 microNoyaux : l'un
persiste, devient le
microNoyau de la
nouvelle cellule, les 3
autres dégènèrent.

Figure 6. Les phases de la conjugaison chez un Cilié

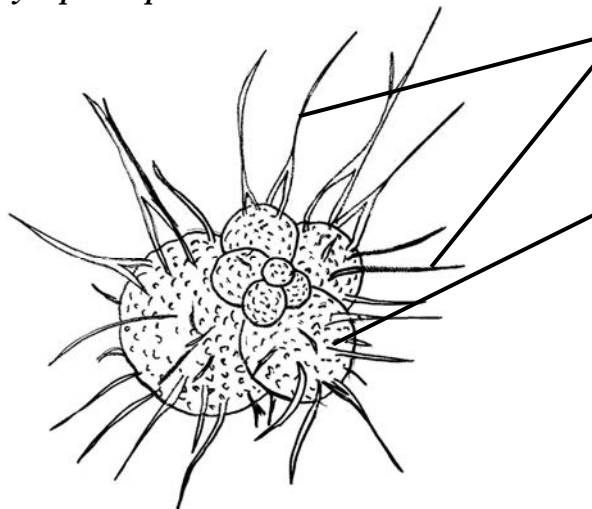
Foraminifères

Eucaryotes
Bicontes
Rhizariens

Position systématique

Les Foraminifères forment un groupe diversifié d'Eucaryotes unicellulaires placé avec les Actinopodes dans le clade des Rhizariens, groupe à la position incertaine au sein des Bicontes (Fig. 2).

Synapomorphies



- filipodes : fins et très nombreux prolongements cytoplasmiques, pseudopodes, sortant du test par des petits trous, les foramens (d'où le nom de Foraminifères).
- test glycoprotéique, secondairement recouvert de calcite ou de débris agglomérés, formant des loges dont le nombre augmente au cours de la vie de l'organisme.

Figure 7. Une globigérine. Le test est pluriloculaire avec des loges globulaires ordonnées en spirale. Diamètre : 0,5 mm.

Organisation

L'organisme vit dans un test, dont la structure varie selon les espèces : il peut être perforé ou non, uniloculaire ou pluriloculaire, avec disposition des loges en une, ou deux files, en peloton ou enroulées.

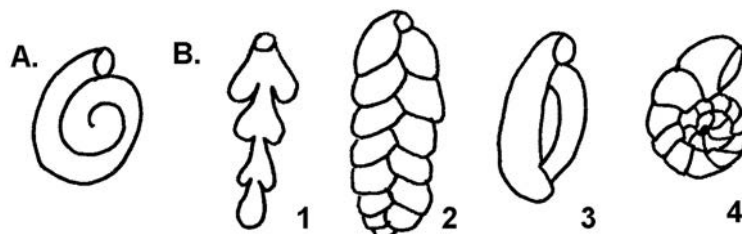


Figure 8. Diversité des tests de Foraminifères. A) uniloculaire et spiralé. B) pluriloculaire : 1. une file, 2. deux files, 3. en peloton, 4. enroulé. La taille globale de chacune est généralement voisine du millimètre.

Biologie

Présents uniquement en milieu marin, l'essentiel des Foraminifères est benthique avec quelques formes planctoniques. Ils consomment des organismes planctoniques qu'ils attrapent avec leurs filipodes. Le cycle biologique et la sexualité sont complexes avec alternance de phases haploïde et diploïde et dimorphisme sexuel nucléaire. Les gamètes sont pluriflagellés.

Importants acteurs de la sédimentation carbonatée, ils ont de surcroît un grand intérêt stratigraphique (ce sont d'excellents fossiles stratigraphiques, l'immense majorité des Foraminifères connus est constituée d'espèces exclusivement fossiles) et paléoclimatique (par analyse des isotopes de l'oxygène présent dans la calcite des tests).

Exemples

Globigérines

Globigerina pachyderma
Globigerinoides ruber

Actinopodes

Eucaryotes
Bicotes
Rhizariens

Position systématique

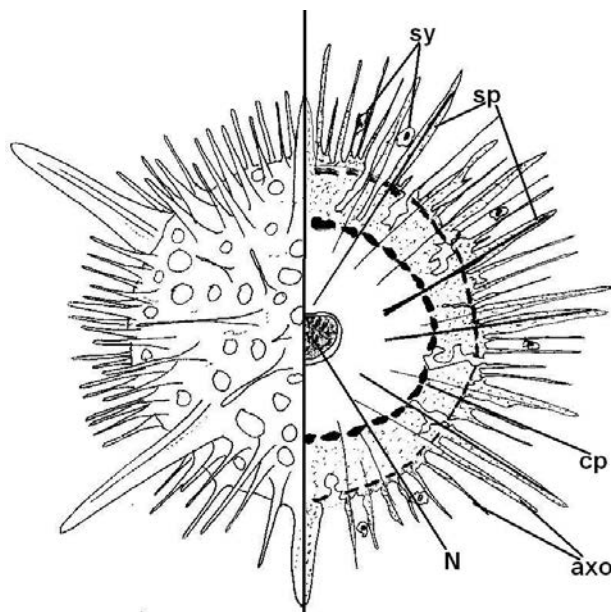
Les Actinopodes forment sans doute un groupe paraphylétique d'Eucaryotes unicellulaires placé avec les Foraminifères dans le clade des Rhizariens, groupe à la position incertaine au sein des Bicotes (Fig. 2).

Synapomorphies

Les Actinopodes possèdent (Fig. 9) :

- un test intracytoplasmique siliceux (quelques formes à test constitué de sulfate de strontium) composé de spicules ornementés.
- des axopodes : pseudopodes soutenus par l'axonème, axe central faisceau central de microtubules.

Organisation



La taille est inférieure au millimètre, la symétrie est sphérique : la cellule est organisée en couches concentriques avec :

- une capsule centrale perforée (cp) contenant le noyau (N) dans une couche cytoplasmique gélatineuse.
- une partie périphérique située sous le test intra-cytoplasmique, formé de spicules (sp).
- une partie extérieure, ou ectoplasme, aux tests formés par les axopodes (axo) et pouvant héberger des symbiotes photosynthétiques (sy).

Figure 9. Actinopode : à gauche, morphologie externe, à droite, schéma simplifié d'une coupe observée au MET.

Diamètre de la cellule : 200 μ m

Biologie

Les Actinopodes sont principalement pélagiques et marins, quelques formes dulcicoles existent (Héliozoaires Fig. 10). Les axopodes augmentent la surface en contact avec l'eau et jouent donc un rôle dans la flottaison de l'animal. Ils consomment des organismes planctoniques qu'ils attrapent par phagocytose au moyen de leurs axopodes. Des symbiontes (Fig. 9) peuvent être hébergés dans les axopodes. Le cycle biologique comprend des reproductions sexuée et asexuée.

Parmi les Actinopodes, les Radiolaires sont des acteurs de la sédimentation siliceuse, l'accumulation de leurs tests forme les radiolarites, roches sédimentaires souvent bathyales.

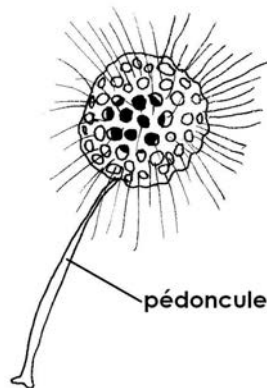


Figure 10. Exemple d'Hélizoaire
Diamètre de la cellule : environ 30µm

Classification

Acanthaires
Héliozoaires
Radiolaires

Euglénobiontes

Eucaryotes
Bicontes
Rhizariens

Position systématique

Les Eugénobiontes rassemblent des groupes d'Eucaryotes jadis disséminés dans la classification :

- Euglénophytes (ex. euglènes, c'est-à-dire des organismes considérés auparavant comme des algues)
- Kinétoplastidés (ex. trypanosomes)
- Pseudociliés

Comme tous les Bicontes, ils ont deux flagelles (malgré quelques réductions d'un des flagelles chez certaines espèces). Ce sont également des Rhizariens, groupe à la position incertaine au sein des Bicontes (Fig. 2).

Synapomorphies

Les Euglénobiontes possèdent :

- des mitochondries aux crêtes discoïdes
- des microtubules corticaux

Organisation

L'organisation du trypanosome est ici présentée plus en détail (Fig. 11).

Le trypanosome est un unicellulaire possédant une mitochondrie, unique, tubulaire et géante, qui occupe une grande partie du volume cellulaire. Un des deux flagelles est relié à la membrane cellulaire sur toute sa longueur et forme une membrane ondulante.

Biologie

La biologie de ces organismes est diverse, car, d'une part, les euglènes sont des organismes photosynthétiques (le chloroplaste provenant d'une endosymbiose secondaire avec un unicellulaire chlorobionte) sensibles à la lumière grâce à une organelle photosensible, d'autre part, les trypanosomes sont des parasites pouvant nager librement dans les eaux et enfin les Pseudociliés sont marins, benthiques et consommateurs de bactéries et de Diatomées.

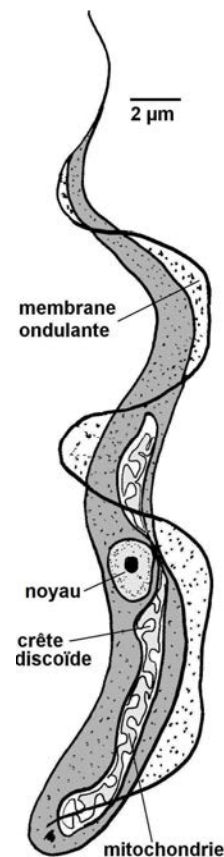


Figure 11. Organisation d'un trypanosome

Les Kinétoplastidés les plus connus sont les leishmanies (agent des maladies humaines appelées leishmanioses, dont le *kala-azar*) et les trypanosomes. Les premiers sont des endoparasites des cellules endothéliales et leucocytes véhiculés entre humains et certains moustiques. Les seconds sont les agents des trypanosomiases (touchant les Mammifères) : la maladie du sommeil (causée par plusieurs espèces dont *Trypanosoma gambiense* (cycle à la Fig. 12)), et la maladie de Chagas (*Trypanosoma cruzi*). La première, trypanosomiase africaine, est transmise par la glossine ou mouche tsé-tsé (*Glossina palpalis*) ; la seconde, trypanosomiase américaine, par des punaises (genres *Rhodnius* et *Triatoma*).

Chez toutes deux, le parasite effectue son cycle biologique (Fig. 12) chez deux espèces : un insecte piqueur et un mammifère. Chez l'insecte, il est présent dans le tube digestif et les glandes salivaires, chez le mammifère infecté, il est présent dans l'appareil circulatoire.

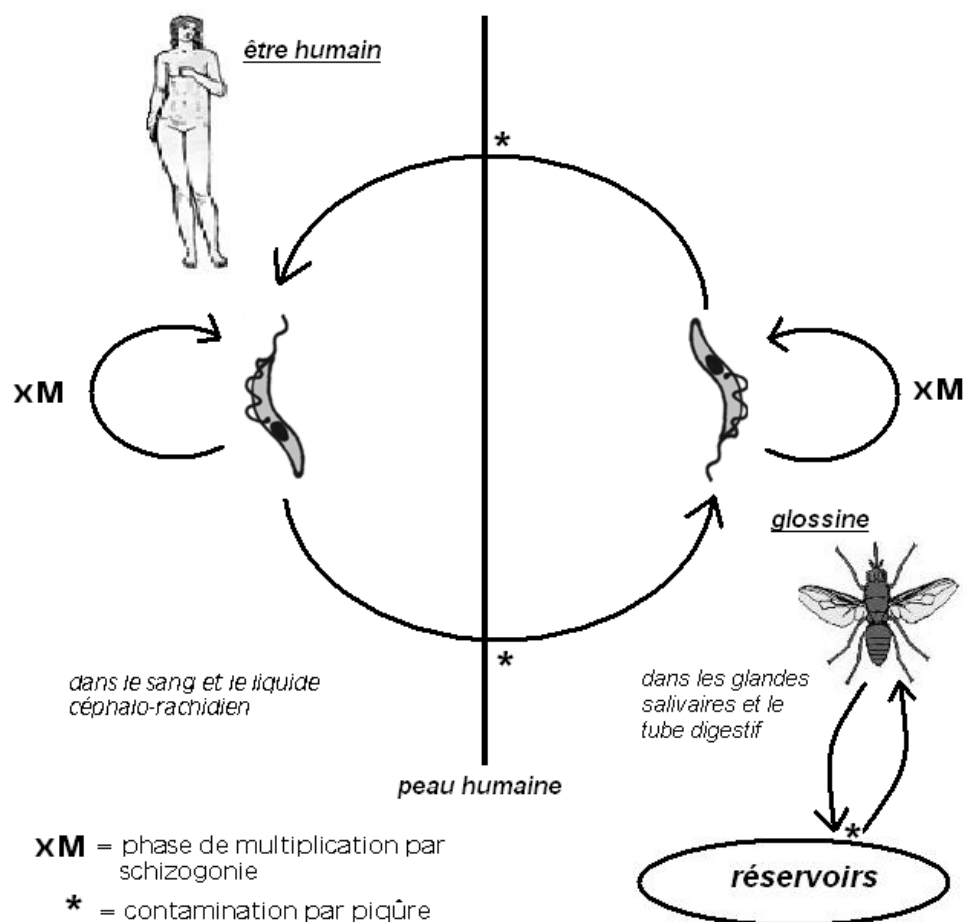


Figure 12. Cycle biologique d'un trypanosome (*T. gambiense*).

La glossine peut infecter d'autres mammifères qui deviennent dès lors des réservoirs de l'agent pathogène de la maladie du sommeil.

Le trypanosome se multiplie par schizogonie dans la glossine, migre vers les glandes salivaires d'où il peut être transmis à l'être humain. Dans les tissus sous cutanés, il peut à nouveau se multiplier par schizogonie et ensuite gagner le sang et le liquide

céphalo-rachidien. La trypanosomiase africaine entraîne une somnolence, la maladie du sommeil, par méningo-céphalite ainsi que des atteintes viscérales. La trypanosomiase américaine entraîne des atteintes viscérales, musculaires, cardiovasculaires et peut même déclencher une agression auto-immune par production d'anticorps libres dirigés contre les cellules occupées par le parasite.

Tout comme le *Plasmodium*, les trypanosomes échappent aux défenses immunitaires de son hôte en pratiquant une variation des antigènes de surface (des glycoprotéines) présents sur leurs membranes cellulaires.

Classification et exemples

Euglénophytes

Euglène

Euglena gracilis

Kinétoplastidés

Trypanosomes

Trypanosoma cruzi

Trypanosoma congolense

Pseudociliés

Rhizopodes

Eucaryotes
Unicotes

Position systématique

Les Rhizopodes sont des Eucaryotes Unicotes par la présence d'un seul flagelle.

Synapomorphies

Les espèces de ce groupe sont très polymorphes (Fig. 13), avec par exemple formation de thèques selon les phases du cycle biologique, ce qui rend difficile la définition du groupe sur des critères directement observables. Les synapomorphies définissant le groupe sont moléculaires, mais la monophylie du groupe demande encore à être étayée. La présence de pseudopodes serait une des synapomorphie du groupe, mais dans ce cas, il y aurait convergence avec d'autres groupes.

Le pseudopode (Fig. 14), encore appelé lobopode, est une expansion du cytoplasme permettant à l'animal, non seulement de se déplacer par une locomotion de type amiboïde, mais aussi d'ingérer les particules alimentaires par phagocytose.

Organisation

Les Rhizopodes, ou Amibes, sont des organismes unicellulaires, de taille comprise entre 0,3 et 1 mm, et sans forme définie (le terme amibe vient du grec *amoibê* qui signifie transformation).

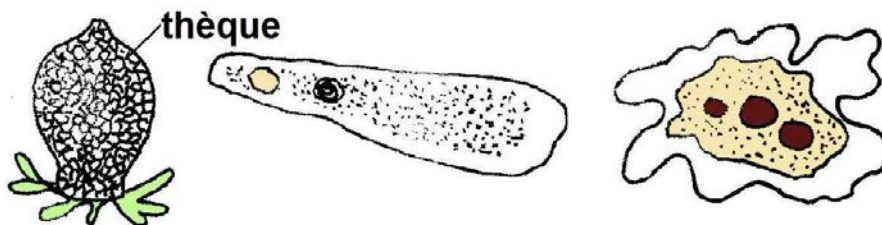


Figure 13. La diversité des Rhizopodes.

Longueur: de l'ordre de quelques centaines de microns pour chaque.

Le cytoplasme présente deux aspects différents (Fig. 14) :

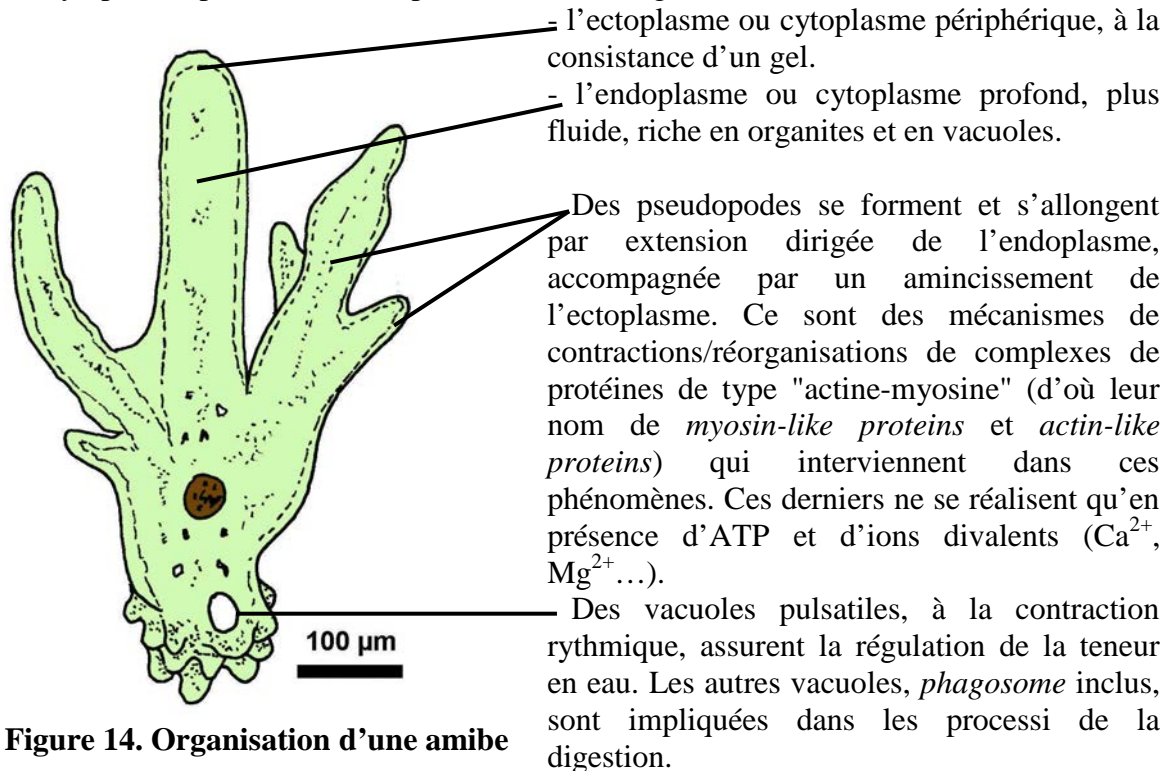


Figure 14. Organisation d'une amibe

Biologie

Les Rhizopodes sont des organismes détritivores, bactériovores vivant dans des milieux riches en matières organiques comme le sol et tous les milieux aquatiques (notamment en eau douce). Certains sont parasites de Mammifères et les agents d'affections humaines graves (comme l'amibiase). Ces formes peuvent pénétrer dans les tissus conjonctifs, les tuniques musculaires lisses du tube digestif et former des kystes dans le foie. L'attaque de la muqueuse intestinale par l'amibe peut provoquer des hémorragies. La forme libre du parasite se nourrit alors des hématies de son hôte.

La digestion est intracellulaire par formation d'une vacuole digestive, le phagosome, provenant de la fusion des vésicules lysosomiales. L'excrétion des déchets s'effectue par exocytose.

La reproduction est asexuée, sans phénomène sexuel connu. Différents types de mitose (avec ou sans disparition des nucléoles et/ou de la membrane nucléaire...) peuvent être observés chez différentes espèces.

Exemples

agent de l'amibiase hépatique humaine

Entamoeba histolytica

Amoeba proteus

Chaos diffluens

« Spongiaires »

Eucaryotes
 Unicotes
 Opisthocontes
 Métazoaires

Position systématique

A ce jour, le groupe classique des Spongiaires - ou Eponges ou encore Porifères - est un groupe paraphylétique : les analyses morphologiques et moléculaires n'ont mis en évidence aucune synapomorphie pour celui-ci. Les taxons principaux des Spongiaires - Démosponges, Hexactinellides et Calcarea - occupent une position incertaine à la base des Métazoaires (Fig. 2). Ce sont des Opisthocontes, par la présence de cellules flagellées flagelle propulseur, et des Métazoaires en ce qu'ils possèdent des globules polaires et du collagène.

Organisation

Le corps d'une éponge est formé par un sac ouvert par des orifices (Fig. 15). Il n'y a pas réellement d'organe différencié, aucun système nerveux n'a été décrit chez les Eponges, aucun comportement élaboré n'a été identifié. Leur taille varie de quelques centimètres à plusieurs décimètres.

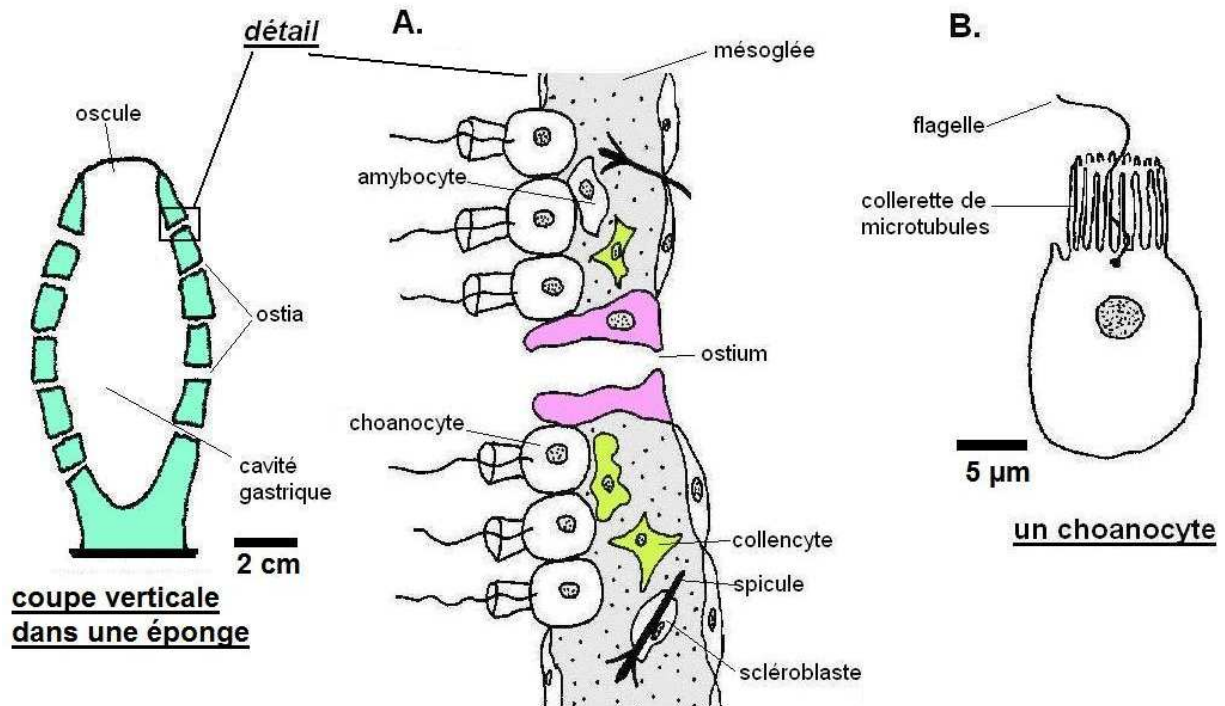


Figure 15. A. coupe dans la paroi d'une éponge. B. détail de la collerette d'un choanocyte.

Ce sac ne présente aucune symétrie proprement dite, il est formé par l'accolement de deux feuillets cellulaires ; l'organisation des Spongiaires est donc de type diploblastique (un terme valide en tant qu'adjectif, mais plus en tant que nom de groupe dans la systématique phylogénétique). Entre ces deux feuillets se trouve une gelée polysaccharidique, appelée mésoglée, dans laquelle divers types cellulaires peuvent être rencontrés (Fig. 15A) :

- collencytes (cellules élaborant la mésoglée)
- amyocytes (cellules mobiles totipotentes)
- scléroblastes (cellules synthétisant les spicules), provenant de la différenciation d'amyocytes.

Le feuillet interne possède des cellules particulières : les choanocytes (Fig. 15A et B). Le choanocyte n'est pas particulier aux Spongiaires, car on le retrouve chez certains Eucaryotes unicellulaires. Le corps est perforé d'une multitude d'orifices ou pores (d'où leur ancien nom de Porifères), reliés à des chambres (10000 chambres par mm³, chacune contenant une centaine de choanocytes, dans une petite éponge). Chez beaucoup d'espèces, un (ou des) orifice(s) principal(aux), l(es) oscule(s), permette(nt) l'évacuation du flux sortant.

Le squelette est constitué par un réseau diffus de structures rigides, les spicules (Fig. 16), présentes dans la mésoglée, dont l'ensemble assure une relative rigidité corporelle. Leur composition varie d'un groupe à l'autre :

- siliceuse chez les Démosponges et les Hexactinellides
- calcaire chez les Calcarea, encore appelées Eponges calcaires.

La forme et l'architecture des spicules (Fig. 16) sont caractéristiques d'espèces et peuvent avoir une importance pour la systématique des Spongiaires.

Chez l'éponge de toilette (*Spongia officinalis*), le squelette est composé de spongine (une protéine fibreuse, très proche du collagène).

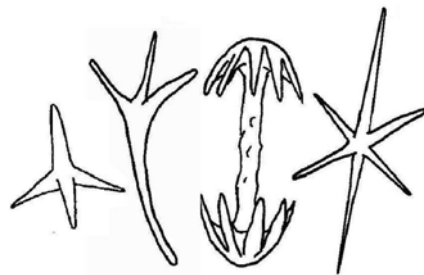


Figure 16. Quelques types de spicules. Longueur : de l'ordre de quelques centaines de microns

Trois types d'organisation - ascon, sycon, leucon - sont connus (Fig. 17), sans que chacun ne puisse être réellement rattaché à une groupe systématique de Spongiaires. Le plus complexe, le type leucon, se rencontre chez tous les Démosponges et certaines Calcarea. Cette compartimentation, avec individualisation de chambres vibratiles chez les formes sycon et leucon, aboutit à une augmentation des surfaces d'échanges et de filtration.

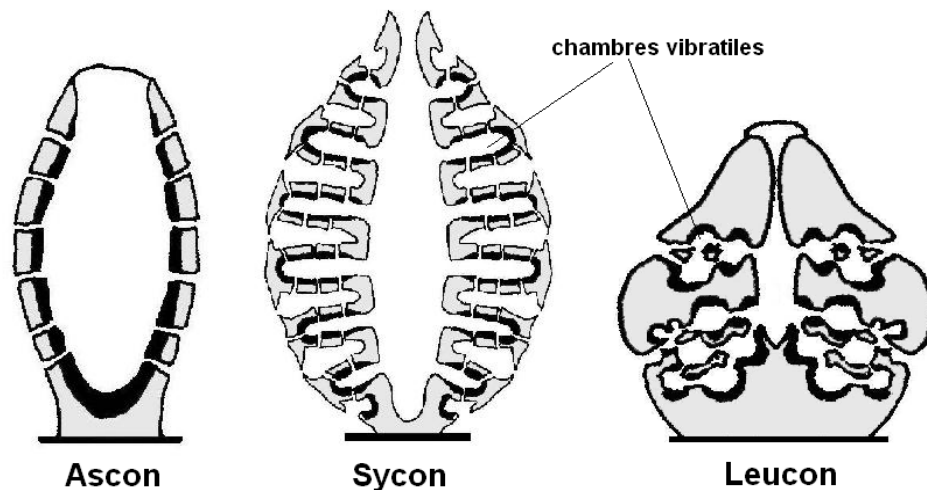


Figure 17. Schéma des types d'organisation des Eponges. La zone épaisse noircie représente le choanoderme (=couche cellulaire formée par les choanocytes).

Biologie

Les Spongiaires sont des organismes pluricellulaires, fixés, aquatiques (eaux marines et douces, tropicales et polaires, littorales et abyssales).

La nutrition et les échanges avec le milieu extérieur s'effectuent par filtration d'un courant d'eau traversant l'organisme (entrée par les ostia et sortie par l'osculum). Ce mouvement unidirectionnel de fluide est assuré par les battements des flagelles des choanocytes. Au niveau de ces choanocytes s'effectue l'absorption des éléments nutritifs (bactéries, dinoflagellés, débris organiques...). L'évacuation des déchets métaboliques s'effectue par le procédé inverse. Certaines espèces abritent des symbiotes ou même des commensaux aussi différents que des bactéries, des algues ou des animaux unicellulaires et même des crevettes. L'O₂ diffuse directement du milieu vers les cellules. Les seuls mouvements propres dont certaines Eponges sont capables correspondent à ceux impliqués dans une gestion du flux d'eau (gonflement, étalement, contraction...); ils impliquent une coordination et une communication entre cellules. Certaines formes peuvent cependant se balancer au gré des courants. Fixés, les Spongiaires ne peuvent fuir des prédateurs : ils ont en revanche développé tout un florilège de molécules toxiques, activement étudiées actuellement en recherche pharmaceutique.

L'hermaphroditisme est très fréquent et de grandes variations existent au sein du groupe quant aux modalités de reproduction. Le déroulement suivant peut être retenu :

Les spermatozoïdes sont directement libérés dans le milieu, alors que les ovocytes restent dans la mésoglye. La fécondation est indirecte, avec absorption des spermatozoïdes par un choanocyte, qui, à son tour, devient cellule charriante, s'accroche à un ovocyte et y injecte un spermatozoïde.

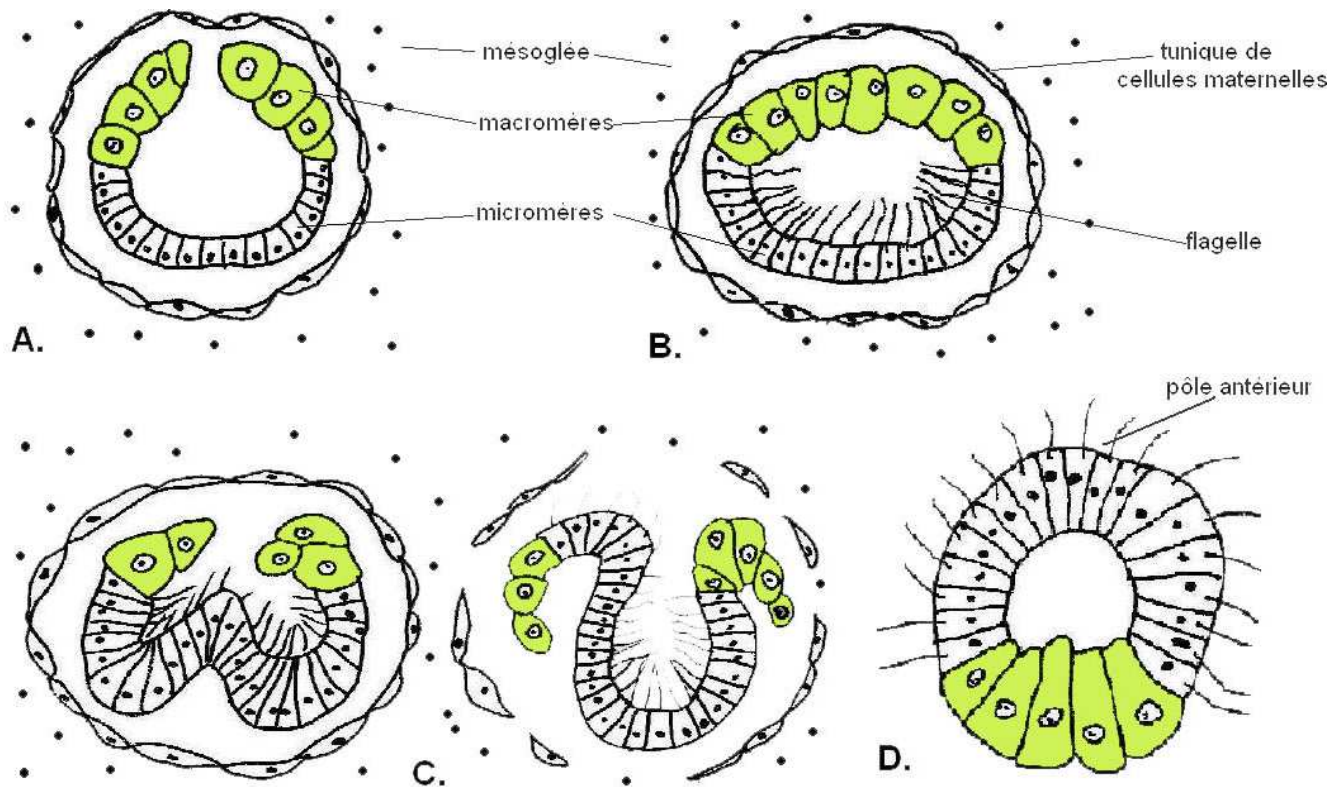


Figure 18. Les principales étapes du développement d'une éponge calcaire (*Grantia compressa*). A. Croissance dans l'éponge mère, B. Stade stomoblastula, C. Inversion des surfaces et libération, D. Stade amphiblastula.

L'embryon se développe dans le corps de l'adulte entouré par une tunique de cellules maternelles (Fig. 18). Une blastula captive, ou stomoblastula, se forme avec des cellules aux flagelles tournés vers l'intérieur. Cette blastula se retourne comme un doigt de gant, les flagelles « internes » devenant « externes », et est libérée dans le milieu. La blastula libre, ou amphiblastula, nage et se fixe par son pôle antérieur. A ce stade, commence une gastrulation, avec migration des cellules de sorte que :

macromères → feuillet externe
micromères → feuillet interne

De la sorte, un tube digestif es différencié.

Chez certaines espèces, la fixation s'effectue après la gastrulation. Les larves jeunes présentent un géotropisme négatif et un phototropisme positif, ces tropismes s'inversent juste avant la fixation sur le substrat.

Les capacités de multiplication asexuée et de régénération sont importantes, avec formation de gemmules dont les cellules sont totipotentes. Ces formes sont libérées à la mort de l'éponge et jouent un rôle essentiel dans la dissémination des espèces et la colonisation des milieux.

Classification et exemples

Démosponges
éponge de toilette

Spongia officinalis
Halichondria panicea

Calcarea

Grantia compressa

Hexactinellides

Euplectella aspergillum

Les relations de parenté entre ces trois groupes demeurent incertaines, voir p.26.

Cnidaires

Eucaryotes
 Unicotes
 Opisthocontes
 Métazoaires
 Eumétazoaires

Position systématique

Les Cnidaires sont les Eumétazoaires les plus basaux, ces derniers partagent notamment les caractères suivants :

- une cavité digestive différenciée
- un système nerveux
- deux feuilletts embryonnaires : ectoderme et endoderme
- une matrice extracellulaire avec du collagène et différenciation d'une lame basale
- des jonctions-gap

Remarque : Classiquement, les Cnidaires étaient regroupés avec les Cténophores ou Cténaïres dans le groupe des Cœlentérés. La position phylogénétique des Cténaïres est loin d'être clarifiée et aucune synapomorphie anatomique ou cellulaire claire n'a été montrée à ce jour entre ces deux groupes.

Synapomorphies

Les Cnidaires possèdent des cnidocytes (Fig. 19A et B) :

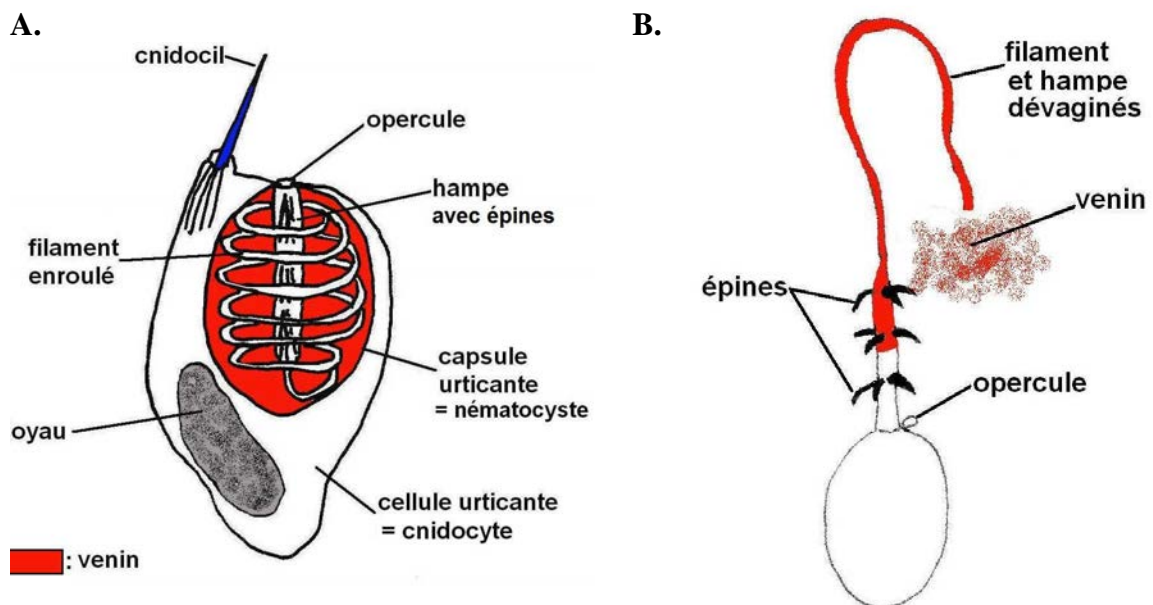


Figure 19. A. Structure d'un cnidocyte. B. Dévagination du nématocyste. Longueur : de l'ordre de quelques centaines de microns

Les cnidocytes sont des cellules urticantes spécialisées renfermant une vésicule, le nématocyste, contenant un harpon et du venin. L'ensemble se dévagine après stimulation du cnidocil (Fig. 19B). Les Cnidaires possèdent également :

- une musculature d'origine ecto-endodermique
- un cycle de reproduction par alternance d'une phase polype et d'une phase méduse, avec de nombreuses variations sur ce cycle de base (Fig. 26)
- une larve de type planula (Fig. 26) ciliée, planctonique et nageuse.

Organisation

Le groupe est très divers (près de 9000 espèces actuelles) avec des formes fixées et des formes libres. Toutes cependant répondent à un même schéma général (Figs. 20, 21 (A et B), 22, 23, 24 et 25) correspondant à un sac ouvert et dont l'enveloppe est constituée de deux couches cellulaires séparées par une substance anhiste (= sans tissu organisé) : la mésoglée (Figs. 20, 21 et 23).

Le feuillet cellulaire le plus externe - l'ectoderme - contient des cnidocytes et des cellules épithélio-musculaires ; le plus interne - l'endoderme - contient des cellules digestives et sécrétrices.

Sur la face basale de l'ectoderme, des neurones forment un authentique système nerveux avec un réseau de cellules nerveuses (Fig. 23) reliées par des synapses pouvant fonctionner dans les deux sens. Ces neurones forment un anneau circulaire et peuvent être reliés à des organes sensoriels différenciés (Fig. 21A) sensibles à la lumière (taches photosensibles), à la pesanteur (statocystes)... Ces organes sont appelés des rhopalies chez certaines méduses (*Aurelia* sp).

Le corps des Anthozoaires présente un cloisonnement radiaire de la cavité gastrique en 6 (Hexacoralliaires) ou 8 compartiments (Octocoralliaires) chez les espèces actuelles.

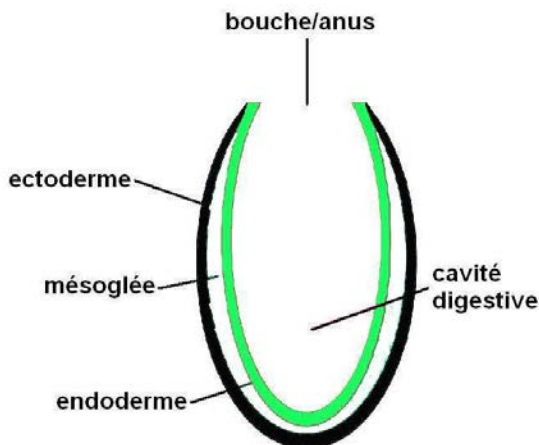


Figure 20. Schéma très simplifié de l'organisation d'un cnidaire - vue en coupe verticale.

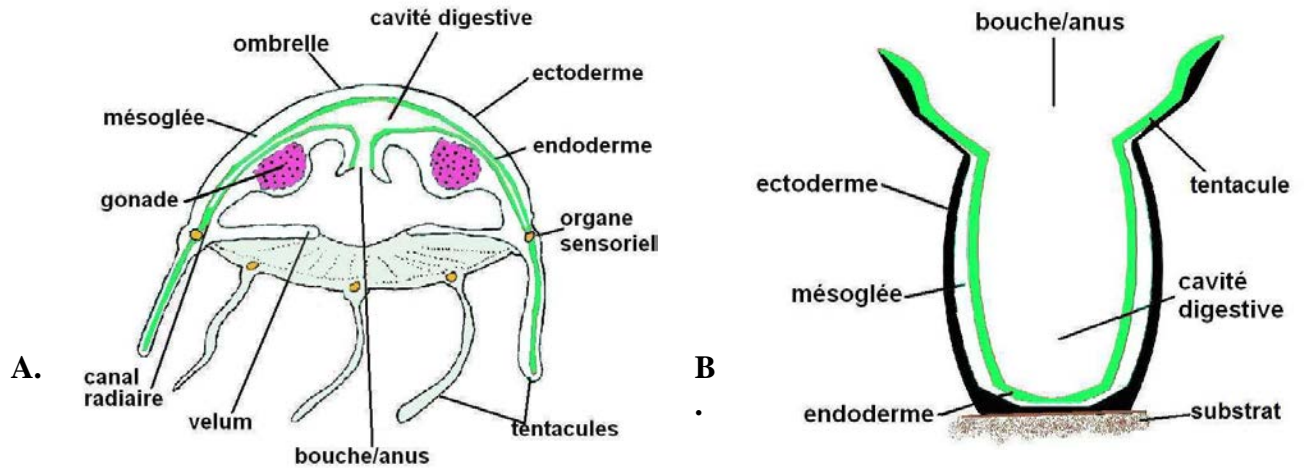


Figure 21. A. Coupe verticale schématique dans une méduse. Diamètre : 10 cm
 B. Coupe verticale schématique dans un polype. Hauteur : 1 cm.

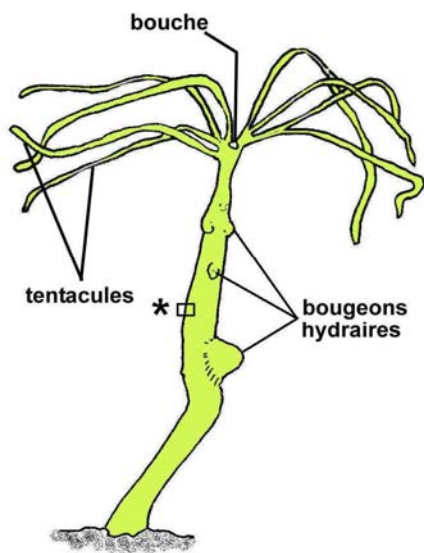


Figure 22. Un hydraire : l'hydre d'eau douce (*Hydra viridis*).
 Longueur : 5 mm.

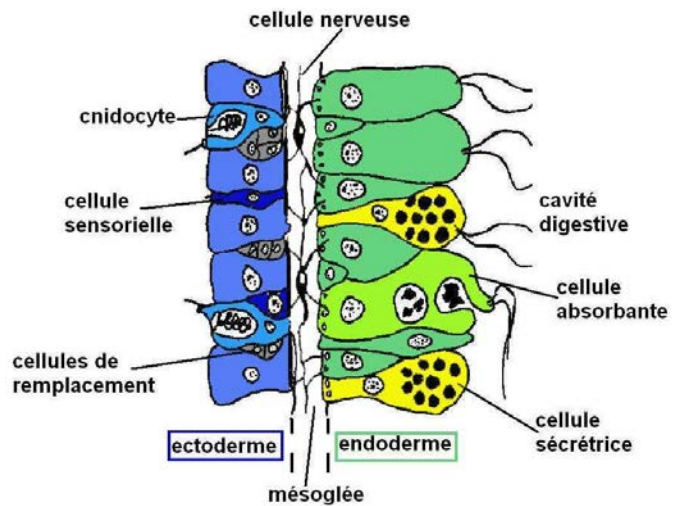


Figure 23. Coupe dans les tissus d'une hydre (zone * de la Fig. 22).

De nombreuses formes développent une vie coloniale avec, quelquefois, différenciation d'individus qui réalisent une fonction précise (Fig. 24). Ce polymorphisme des polypes produit des individus différents sur un même organisme (Fig. 24) : gastrozoïdes à rôle nourricier, gonozoïdes à rôle reproducteur, voire dactylozoïdes à rôle défenseur. Chez la physalie ou galère portugaise (*Physalia physalis*) ou la veille (*Velella velella*), il y a production d'un flotteur caréné pouvant dériver, poussé par les

vents, à la surface de l'océan (Fig. 25). Chez les Madréporaires (= Coraux), les polypes forment des colonies et produisent un squelette calcaire ; les tentacules sont reliés à des faisceaux de muscles longitudinaux.

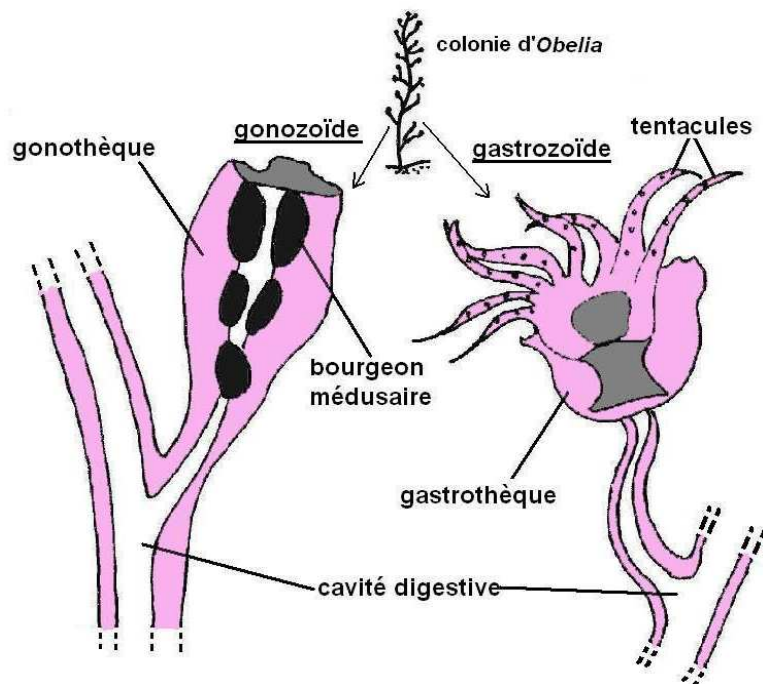


Figure 24. Polymorphisme des polypes chez un Hydraire (*Obelia geniculata*).
Longueur de la colonie : 2 cm.

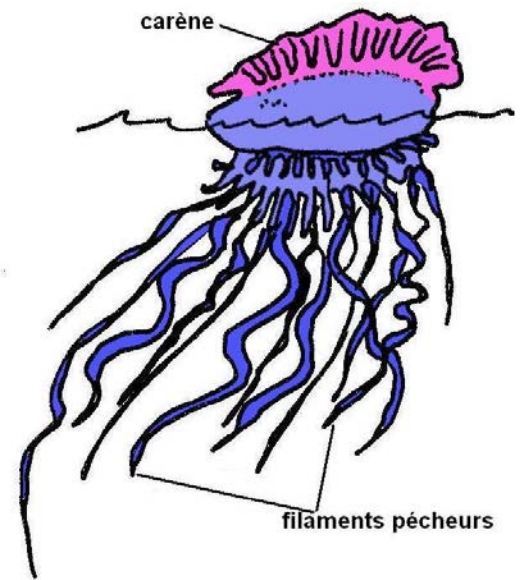


Figure 25. Un organisme colonial : La physalie (*Physalia physalis*).
Longueur du flotteur : 40 cm.

Biologie

Animaux aquatiques, des formes libres, comme les méduses, jusqu'aux coraux en passant par les formes arborescentes ornant les algues, rochers et coquilles du littoral (Fig. 24), les Cnidaires sont généralement marins, avec quelques formes dulcicoles comme l'hydre d'eau douce (*Hydra viridis*, Fig. 22) ou des méduses d'eau douce (*Craspedacusta sowerbyi*, méduse des étangs introduite accidentellement en France).

Les Cnidaires sont des prédateurs de petits animaux (variables selon la taille du prédateur: d'organismes planctoniques pour les formes les plus discrètes à de petits téléostéens pour les plus grandes méduses), qu'ils paralysent par inoculation du venin des cnidocytes et saisissent grâce à leurs tentacules.

Leur taille varie de quelques millimètres à plusieurs dizaines de mètres avec des méduses pélagiques aux très longs filaments (les plus grands Eumétazoaires actuels sont des méduses pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres de l'extrémité d'un tentacule à l'autre). En revanche, chaque individu des espèces coloniales mesure à peine un centimètre, mais chaque colonie peut former des ensembles au moins décamétriques (cas des formations récifales).

La symbiose est un phénomène important chez les Cnidaires avec notamment les Chlorobiontes unicellulaires (cas des Zooxanthelles, présentes dans les tissus de nombreuses espèces de coraux et conditionnant leur survie en zone photique). Plusieurs

cas de commensalisme sont connus : avec des Pancrustacés (bernard-l'hermite/anémone) ou des Téléostéens (poisson clown/anémone). La digestion se déroule dans la cavité digestive (= gastrale).

Les formes libres sont planctoniques en ce qu'elles se laissent porter par les courants et sont incapables de nage active ; seules des contractions musculaires rythmiques confèrent quelques mouvements à l'ombrelle.

L'accumulation des squelettes calcaires des polypes morts des Madréporaires forme le sous-bassement des récifs coralliens.

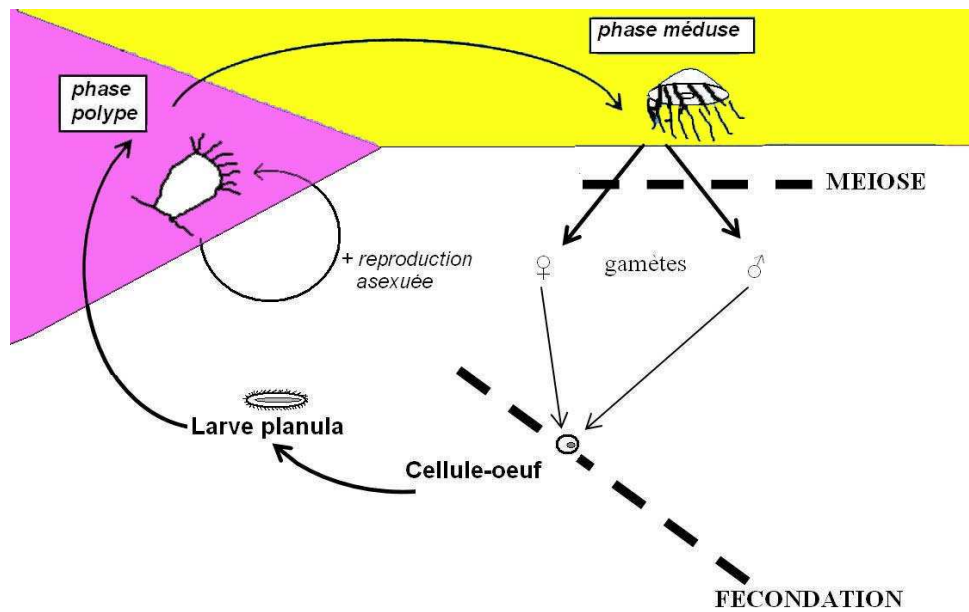


Figure 26. Cycle biologique d'un cnidaire

Généralement, le cycle biologique alterne deux phases (Fig. 26) : une phase polype (Fig. 21), où l'animal vit fixé et peut se reproduire de manière asexuée par bourgeonnement, et une phase méduse, où l'animal est libre, planctonique, porteur de gonades. Les méduses produisent des gamètes libérés en pleine eau. A la suite de la fécondation, les larves sont de type planula, elles se fixeront pour donner de nouveaux polypes. Les capacités de reproduction asexuée et de régénération tissulaire sont multiples et importantes (Figs. 22, 24 et 26). Cependant, ce cycle présente de nombreuses variations avec, selon les espèces, diminution voire disparition d'une des deux phases. Chez les Hydrozoaires, la phase polype est dominante. Chez les Scyphozoaires, la phase méduse est dominante ; la larve planula se fixe et donne un polype bourgeonnant transversalement en de très nombreuses petites méduses autonomes ; ce processus est nommé la strobilisation (Fig. 27). Chez les Anthozoaires, la phase polype est exclusive.



Figure 27. La strobilisation chez *Aurelia sp.*
Diamètre : de l'ordre d'un centimètre

Toujours selon les espèces, il peut y avoir hermaphrodisme ou gonochorisme. Le mode de vie en colonies est apparu plusieurs fois : chez les Hexacoralliaires, les Octocoralliaires, les Hydraires et les Scyphozoaires.

Classification et exemples

Hydrozoaires

hydre d'eau douce
physalie

Hydra viridis
Physalia physalia

Scyphozoaires

Aurelia sp

Anthozoaires

Octocoralliaires
corail rouge

Corallium rubrum

Hexacoralliaires

Actinaires
Madréporaires

anémone de mer
coraux

Actinia sp
Acropora sp

Remerciements C. Guintard (ENVN, Nantes, France), C. Cauchie (Lycée Louis Pasteur, Hénin-Beaumont, France) et plusieurs anciens étudiants.

Orientations bibliographiques :

En ce qui concerne les classifications modernes, le très complet et moderne :

LECOINTRE G. et LE GUYADER H. (2006). Classification phylogénétique du vivant. BELIN.

Les ouvrages suivants sont plus anciens et ne respectent pas toujours les règles de la classification moderne, en cela ils sont à utiliser avec précaution. Cependant, des données anatomiques fines, complètes et fondamentales y sont rassemblées.

BEAUMONT A. (2000). Biologie animale. Des Protozoaires aux Métazoaires épithélioneuriens, tome 1 & 2. DUNOD.

BEAUMONT A. (2000). Biologie animale. Les Cordés. Anatomie comparée des Vertébrés. DUNOD.

BEAUMONT A. et CASSIER P. (1998). Biologie animale. Des Protozoaires aux Métazoaires épithélioneuriens, tome 1 & 2. DUNOD.

GRASSE P.-P. *et al.* (1961). Précis des Sciences biologiques. Zoologie I. Invertébrés. MASSON.

GRASSE P.-P. *et al.* (1965). Précis des Sciences biologiques. Zoologie II. Vertébrés. MASSON.

HEUSSER S. et DUPUY H.G. (2008). Atlas de biologie animale, 1 : Les grands plans d'organisation. DUNOD.

HEUSSER S. et DUPUY H.G. (2008). Atlas de biologie animale, 2 : Les grandes fonctions. DUNOD.

MEGLITSCH P.-A. (1973). Zoologie des Invertébrés. I. Protistes et Métazoaires primitifs. DOIN.

MEGLITSCH P.-A. (1974). Zoologie des Invertébrés. II. Des Vers aux Arthropodes. DOIN.

MEGLITSCH P.-A. (1975). Zoologie des Invertébrés. III. Arthropodes Mandibulés et Deutérostomiens. DOIN.

VERON G. (2002). Organisation et classification du règne animal. Sciences Sup série Aide-mémoire. DUNOD.

Pour les données biologiques, même si les données purement systématiques sont d'un niveau inégal :

CAMPBELL N.A. et REECE J.B. (2004). Biologie. DE BOECK.

TURQUIER Y. (1990). L'organisme dans son milieu. 1. Les fonctions de nutrition. DOIN.

TURQUIER Y. (1994). L'organisme dans son milieu. 2. L'organisme en équilibre avec son milieu. DOIN.

Pour citer ce travail : Chanet B., Organisation & Diversité du Monde Animal. *Cahiers d'Anatomie Comparée*, 2010 (NS°1(1)): 1-37. C@C All rights reserved.