

PALEONTOLOGIE EVOLUTIVE

**COMPTE RENDU DE
TRAVAUX PRATIQUES
AMIENS - DECEMBRE 2000**

Peu variés en ce qui concerne leur composition chimique fondamentale, les êtres vivants présentent une diversité morphologique considérable. Cette diversité n'affecte pas seulement les détails (il existe plusieurs millions d'espèces animales et végétales), elle est plus encore marquée par une différenciation profonde de nombreux types structuraux (les diverses classes et embranchements). Une telle multiplicité des types d'êtres vivants est le résultat de l'évolution biologique qui se déroule sur notre planète. De cette évolution, la paléontologie permet, grâce aux fossiles, de reconstituer les modalités.

Ainsi, chez les vertébrés, nous allons, à travers l'étude de cinq crânes d'hominidés, observer les différentes caractéristiques de l'hominisation, notamment la disparition des caractères simiens. Nous verrons aussi comment certains reptiles terrestres se sont adaptés à la vie aquatique. Enfin, nous étudierons les différents caractères évolutifs de certains invertébrés et nous verrons l'importance de l'étude des microfaciès et des microfossiles dans la détermination des paléoenvironnements.

I. L'HOMINISATION

Parmi les processus évolutifs engendrant la lignée des Hominidés à partir de celle des primates, l'acquisition de la bipédie et la disparition des caractères simiens sont les étapes les plus importantes de l'hominisation. A travers l'étude de 5 crânes (Proconsul, Australopithèque africanus, l'Homo Erectus, l'Homo Néandertalensis et l'Homo Sapiens Sapiens) nous allons illustrer les différentes phases de l'évolution des hominidés.

1. Le Proconsul

Le crâne du proconsul est le plus petit des crânes que nous allons étudier. Il possède des caractères simiens très marqués : son front et son menton sont fuyants, sa face est prognathe et sa mandibule est en V. Il possède 26 dents avec des canines très développées caractéristiques d'un régime alimentaire en partie carnivore. Sur l'arrière du crâne se trouve le trou occipital sur lequel était fixé la colonne vertébrale. Comme il n'y a pas d'angle sur l'arrière du crâne il ne possédait pas de muscle nucaux. Le proconsul n'était pas bipède et son mode de vie était arboricole. Par ces caractères simiens prononcé, le Proconsul est plus proche du singe que de l'Homme.

2. L'Australopithèque *africanus*

Comme chez tous les australopithèques, la morphologie du crâne des *A.africanus* montre qu'il s'agit là d'hominidés capables de mâcher des nourritures coriaces, comme on en trouve dans la savane. Les dents broyeuses sont grandes et robustes. Elles composent une batterie dentaire qui incorpore les molaires comme les prémolaires. Les canines des mâles ne dépassent pas, ou à peine, la hauteur des autres dents. Il n'existe plus de diastème, c'est à dire d'espace entre les dents pour loger les saillies des canines quand les mâchoires sont serrées comme c'est le cas pour le Proconsul. En effet la dentition antérieure, incisives et canines est réduite. La face est plus aplatie et en retrait. La voûte crânienne est arrondie et renferme un cerveau plus développé de l'ordre de 480 cm³. Ces caractères confèrent un air plus humain aux *A.africanus* comparés aux *A.afarensis*. Le trou occipital est plus avancé au niveau du crâne que celui du Proconsul, illustrant une avancé de la colonne vertébrale vers le milieu du crâne permettant un début de bipédie.

3. L'Homo *Erectus*

Le crâne d'Homo *Erectus* présente tous les caractères qui annonce l'Homme moderne, ce qui le distingue nettement des autres Hominidés antérieurs ou contemporains. Sa boîte crânienne domine l'ensembles du crâne. Le volume endocrânien atteint 800 cm³ soit plus que chez aucun autres hominidé, à l'exception des hommes les plus récent. Vue de dos la boîte crânienne présente une forme dite en « tente » car plus large à sa base qu'entre les bosses situées à la hauteur des os pariétaux. L'apparition des « bosses pariétales » révèlent un développement en hauteur du cerveau et l'expansion des aires corticales. L'appareil masticateur se réduit considérablement. La face n'occupe plus que 30% du volume du crâne comparé aux 45% chez les australopithèque. De profil, ce sont maintenant le nez et les dents de devant (région prémaxillaire) qui deviennent saillants. Si les pommettes (masséters) et les arcades sourcilières restent assez développées, les muscles temporaux se révèlent plus graciles. Leurs lignes d'insertion sur la boîte crânienne, ou « lignes temporales », sont écartées de part et d'autre du sommet du crâne. Dans son allure générale, le crâne d'H.*Erectus* préfigure le « lissage » des reliefs osseux, si caractéristique de notre crâne. Cela se retrouve au niveau de la nuque. Le double processus de développement cérébral et de

diminution de la face entraînent un meilleur équilibre de la tête au sommet de la colonne vertébrale et une régression des muscles de la nuque. Par ces caractéristiques, l'H.*Erectus* est le premier hominidé à se tenir parfaitement debout.

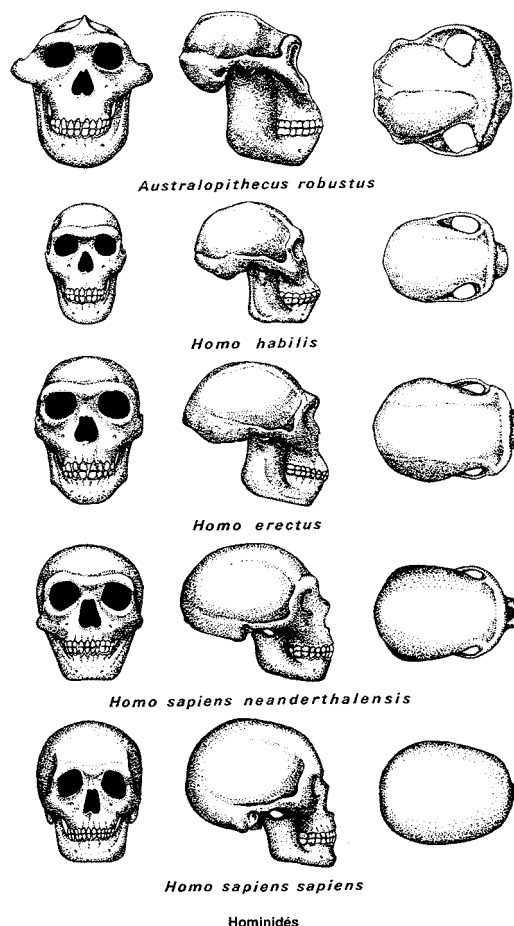
4. L'Homo Néandertalensis

Sur le crâne de l'H.*Néandertalensis* les pommettes ont complètement disparu, lissant la partie moyenne de la face. L'avancée des arcades dentaires est telle que, vu de profil, un espace sépare la dernière molaire (dent de sagesse) de la branche montante de la mandibule (espace rétromolaire). La longue et volumineuse boîte crânienne renferme un cerveau d'une capacité moyenne de plus de 1600 cm³, soit 15 à 20% de plus que chez l'homme actuel. L'étirement du crâne se retrouve au niveau du renflement de l'occipital qui forme un « chignon » osseux. Vu de dos, la boîte crânienne a une forme en « bombe » (sa plus grande largeur se situe à mi-hauteur). L'H.*Néandertalis* possède donc encore quelques caractères simiens. Cependant l'étude du crâne d'un H.*Néandertalis* âgé de 5 ans comparé à celui du même Hominidé adulte met en évidence l'évolution de ces caractères avec l'âge. En effet, le crâne de l'H.*Néandertalensis* enfant est caractérisé par l'absence de torus sus-orbitaire, une mâchoire inférieure et supérieure en U, et un front droit. L'adulte lui, présente un torus sus-orbitaire, une mâchoire supérieure en V, un front fuyant et un chignon occipital (son crâne est allongé vers l'arrière). Mais l'H.*Néandertalensis* conserve une bipédie parfaite à tout âge caractérisé par un trou occipital bien arrondi placé au milieu du crâne permettant ainsi à ce dernier de reposer sur la colonne vertébrale. Cet équilibre rend ainsi inutile les muscles nucaux qui ont disparu : l'angle à l'arrière de la boîte crânienne est très faible par rapport à celui de l'Homo.*Erectus*. La boîte crânienne demeure ainsi plus haute.

5. L'Homo Sapiens Sapiens

L'H.*Sapiens Sapiens* possède de nombreuses similitudes avec l'H.*Néandertalensis* enfant : il n'a pas de torus sus-orbitaire, sa mâchoire est en U et sa face est plate. Sa mâchoire est plus fine, son front est relevé et son volume crânien est légèrement plus important. De plus, il ne possède pas de chignon occipital. Sa tête ne s'étire donc pas vers l'arrière, l'H.*Sapiens Sapiens* est donc un brachycéphale. Les caractères simiens n'apparaissent pas avec l'âge. Sa bipédie est parfaite et son trou occipital est agencé de la même manière que celui de l'H.*Néandertalensis*. Il n'a donc pas de muscle nuchal.

Par l'étude de crânes de 5 types hominidés on peut dire que l'hominisation est caractérisée par la disparition des caractères simiens. On observe une évolution au niveau de la dentition (réduction des canines et apparition de nouvelles dents comme les molaires et prémolaires) caractéristique d'un changement de régime alimentaire. Le torus sus-orbitaire et le prognathisme disparaissent. Le volume du crâne augmente et le trou occipital s'avance permettant d'obtenir la bipédie.



Quelques reconstitutions de crânes osseux typiques, en vues frontale, latérale et supérieure.

II. LES REPTILES ET LEUR EVOLUTION

Bien que les reptiles montrent des adaptations à la vie dans tous les milieux (marin, lacustre, terrestre, aérien), nous allons étudier l'évolution des caractères adaptatifs des reptiles d'une vie terrestre vers une vie aquatique à partir de la comparaison de 3 fossiles reptiliens : le Saphéosorus, le Pleurosaurus et l'Ichtyosaurus. Les données sont répertoriées dans le tableau ci dessous :

	Sapheosorus	Pleurosaurus	Ichtyosaurus
CVPS (cm)	14,5	29	22
MA (cm)	7,5	7	9,5
MP (cm)	11,5	9	4
CVPS/MA	1,9	4,1	2,3
CVPS/MP	1,3	3,2	5,5
Longueur crâne (cm)	4,5	7,5	26
Position des orbites	Médiane	Médiane	Arrière
Nombre de vertèbres présacrées	25	48	49
Nombre de phalanges à chaque doigt	4 avec griffes	4 avec griffes	18 à 20
Lieu de vie	Terrestre	Terrestre et Aquatique	Aquatique
Lieu de ponte	Terrestre	Terrestre	Aquatique
Mode de locomotion	Marche	Reptation et nage	Nage

CVPS : Distance base du crâne au bassin.

MA : Membre Antérieur.

MP : Membre Postérieur.

Le tableau ci-dessus nous montre que, pour passer d'une forme terrestre à une forme aquatique, les caractères adaptatifs sont :

- Recule des orbites oculaires vers l'arrière.
- Allongement du museau.
- Multiplication des vertèbres présacrées.: plus le nombre des vertèbres présacrées est élevé, plus le tronc est mobile et par conséquent mieux adapté aux déplacements en milieux aquatiques.
- Réduction des membres postérieurs par rapport aux membres antérieurs : ce qui facilite le déplacement sous marin.
- Transformation des pattes en nageoires.

III. MACROPALEONTOLOGIE EVOLUTIVE

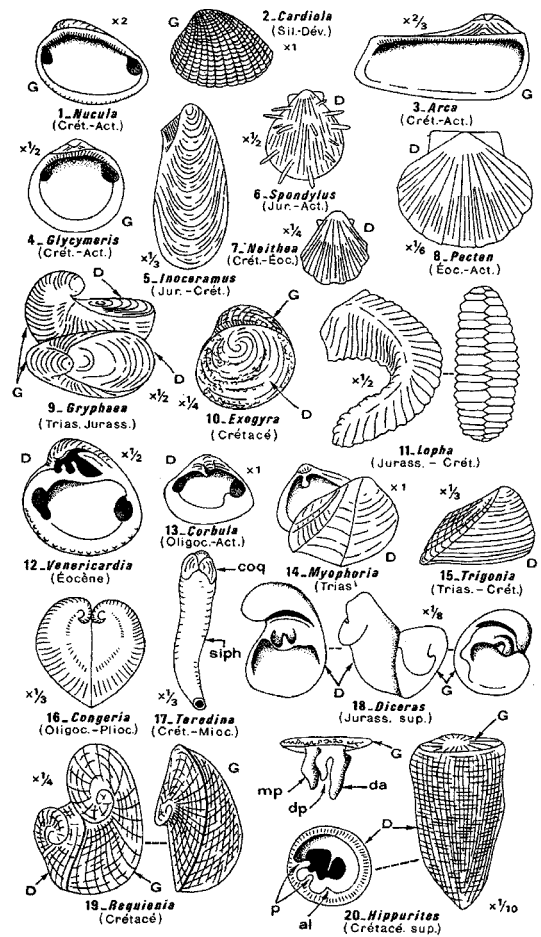
Nous allons maintenant étudier certains macrofossiles d'invertébrés et caractériser leur évolution. En effet, selon les espèces, la morphologie évolutive change et des critères apparaissent ou disparaissent.

1. Les Lamellibranches (ou bivalves)

Les Lamellibranches sont composés d'une coquille à deux valves avec charnière dorsale. Leur tête n'est pas différenciée, on les dit acéphale alors que leur pied est généralement bien développé. Le manteau est composé de deux lobes qui entourent les

organes de l'animal. La charnière présente souvent une dissymétrie avec un certain nombre de dents, et un ligament qui oblige les valves à revenir en position fermée quand l'animal est en vie. Ces deux caractères sont à la base de la classification des Lamellibranches. Le crochet peut-être dirigé vers l'avant (forme prosogyre) ou vers l'arrière (forme opistogyre). Le corps mou des Lamellibranches a une symétrie bilatérale : plan de symétrie parallèle aux deux valves. Ils se nourrissent par filtration à l'aide d'un tamis : les branchies. La chambre palléale est traversée par un courant d'eau entretenu par le mouvement de ces branchies qui contrôlent le flux entrant et le flux sortant par deux siphons. C'est à l'aide d'un ou plusieurs muscles qu'ils referment les deux valves de leur coquille.

Les Lamellibranches représentent une dégénérescence du plan mollusque : il s'agit d'une simplification évolutive (réversion). En effet, ils se sont adaptés à un mode de vie sédentaire. Ils peuvent évoluer en conservant une forme larvaire à l'âge adulte (néotenie). Dans ce cas, le pied change de fonction et les branchies peuvent être remplacés par des poumons : c'est une adaptation à la vie terrestre (ex : Salamandres). Au niveau des muscles, les Lamellibranches ont évolués d'une forme isomyaire (deux muscles de taille identique) vers une forme anisomyaire (deux muscles de tailles différentes) puis monomyaire (un seul muscle) : c'est dans ce cas une évolution par simplification. Les dents disparaissent chez les formes à habitat très protecteur (Lamellibranches perforants ou fouisseurs) comme les huîtres. La symétrie est aussi affectée par l'évolution. En effet, d'une double symétrie (parallèle et perpendiculaire aux valves), on arrive à une symétrie unique parallèle aux valves issue d'une réduction d'un des bords puis vers une dissymétrie totale avec perte d'un muscle. Cette évolution de symétries est couplée avec la perte des dents. La radiation adaptative des Lamellibranches est donc la suivante. A partir d'une forme taxodonte (dents nombreuses indifférenciées), on passe à une forme hétérodonte (dents inégales peu nombreuses différenciées) par une évolution simplifiante liée au nombre de dents et complexifiante au niveau de la forme des dents. Puis, de cette forme hétérodonte, on arrive à une forme schizodonte (dents fendues en deux) et pachyodonte (dents énormes et épaisses). Parallèlement à cette lignée, on observe à partir des taxodontes une évolution vers de pseudotaxodontes (beaucoup de dents asymétriques) et vers les isodontes (dents de même taille de part et d'autre du ligament) ou les huîtres (plus de dent). Mais ce qu'il faut retenir de l'évolution des Lamellibranches est cette simplification évolutive par perte de caractères : la réversion.

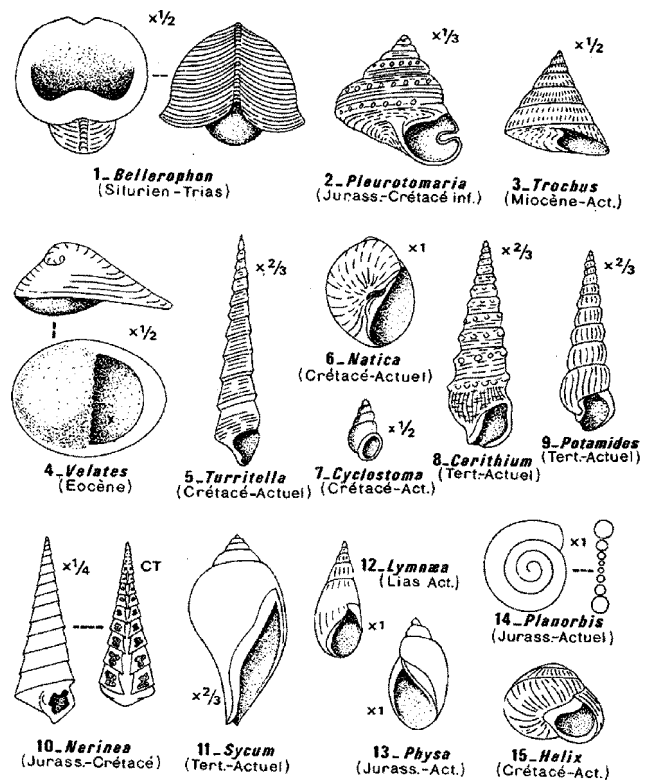


Bivalves
 Paléotaxodontes (1) – Cryptodontes (2) – Pteriomorphes (3 à 11, avec : 7 et 8 : Pectinidés, 9 à 11 : Ostréidés – Paléohétérodontes (14 et 15) – Hétérodontes (12 et 13, 16 à 20, avec : 18 à 20 : Rudistes) – D : valve droite – G : valve gauche. Sur la fig. 17 : coq : coquille – siph : siphon calotifié. Sur la fig. 20 : al : arête ligamentaire – da : dent antérieure – dp : dent postérieure – mp : insertion du muscle postérieur – p : piliers. Tous ces Bivalves sont marins, excepté *Congeria* (16) et *Teredina* (17) cantonnés dans les eaux douces ou saumâtres.

2. Les Gastéropodes

Une coquille de Gastéropode est dissymétrique par une torsion de 180°. Le pied est très développé et sert à la fixation ou à la reptation de l'animal. La tête est bien différenciée et possède des yeux, des tentacules et une radula. La coquille univalve peut-être trochospiralée

(enroulement sur le côté) ou planispiralée (enroulement central symétrique). Les Gastéropodes sont regroupés en deux formes : la forme holostome (le siphon n'a pas fait d'empreinte sur la coquille : ouverture ronde) et la forme siphonostome (le siphon est marqué sur la coquille : ouverture avec échancrure(s)). Les formes opisthobranches ont les branchies dirigées vers l'arrière alors que les formes prosobranches ont les branchies vers l'avant. Le sac viscéral éloigné du pied et de la tête permet à l'animal de se rétracter. La coquille est un moyen de protection des prédateurs. Elle est enroulée autour d'un axe (enroulement dextre ou senestre).



Gastropodes

Quelques exemples. Archéogastropodes (1 à 4) – Mésogastropodes (5 à 10) – Néogastropodes (11) – Pulmonés (12 à 15) – Genres marins : 1 à 6, 8 (parfois saumâtre), 10 et 11 – Genres d'eaux douces ou saumâtres : 7, 9, 12 à 14 – Genre terrestre : 15.

Du point de vue évolutif, les Gastéropodes ont été soumis à une évolution qui a eu lieu au stade larvaire. A ce stade, la cavité maléale est amenée en position frontale par une flexure de 180°. Le mollusque est donc devenu asymétrique. Les formes les plus anciennes, les archéogastropodes sont proches des Monoplacophores (ancêtre commun à tous les mollusques). Ils évoluent vers les prosobranches (branchies vers l'avant) puis vers les monobranches (une seule branchie). Ils conquissent les continents par vagues successives (clades) en transformant leur branchie restante en poumon. Ces vagues ont lieu au Carbonifère, Jurassique, Crétacé et à l'Eocène. Ils s'adaptent d'abord aux eaux douces puis à la vie terrestre. Au Crétacé, la vague est constituée des Helicidae (escargots). Les opisthobranches évoluent vers une forme terrestre au Tertiaire. Parallèlement à cette évolution par conquête des continents en perdant une branchie puis en transformant la branchie restante en poumon, des Gastéropodes initialement herbivores deviennent carnivores, c'est le cas des Coengast.

3. Les Céphalopodes

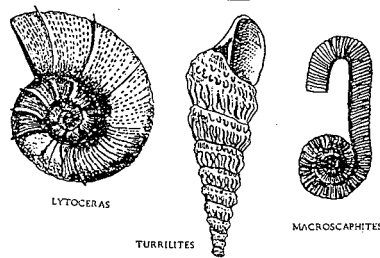
Les Céphalopodes présentent une dissymétrie bilatérale avec une tête différenciée et la présence de tentacules. La coquille peut être externe (ex : Nautilus), interne (ex : Sèche) ou absente (ex : Pieuvre). Lorsque la coquille est externe, elle est divisée en loges et l'animal vit dans la dernière. Dans ces loges, un gaz permet à l'animal de se stabiliser dans l'eau. Un siphon sert à expulser de l'eau brutalement et permet à l'animal de se déplacer. Ce siphon s'étend du protoconque à la chambre d'habitation. Les cloisons peuvent être concaves vers l'avant (forme procoelle) ou convexes vers l'arrière (opisthocoele). La position du siphon peut varier (centrale, ventrale ou dorsale) ainsi que son orientation, siphon retrosiphonné (tourné vers l'arrière) ou prosiphonné (tourné vers l'avant). Le système de cloisons couplé au siphon est appelé appareil hydrostatique. L'entonnoir, replis de la cavité palléale, leur sert à expulser de l'eau et de se déplacer rapidement vers l'arrière. Sur la coquille extérieure, on observe des sutures. Les Céphalopodes sont divisés en deux groupes : les dibranchiaux (2 branchies, formes à coquille interne) ou tétrabranchiaux (4 branchies, formes à coquille externe) : ces caractères sont à la base de la classification des Céphalopodes. En paléontologie, on les

divise en 4 groupes : les Nautiloïdes, les Bactritoïdes, les Ammonoïdes et les Colleoïdes. Le groupe des Colleoïdes diffère quelque peu par la morphologie puisque son squelette est en trois parties : le rostre (puit conique vers l'extérieur), le phragmocône (ensemble de loges traversées par un siphon) et le proostacum (lame mince en position dorsale).

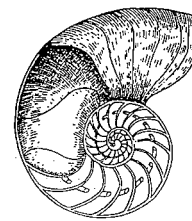
L'ancêtre des Céphalopodes est le Monoplacophore. L'évolution s'est faite dans le sens où la coquille s'est refermée et les cloisons sont apparues. A l'origine, il existe trois types de coquille : droites (orthocône), arquées (cystocône) ou enroulées (nautilocône, origine des Nautiloïdes). Ces formes ont évolué au cours du temps puisque la meilleure façon de nager est d'être enroulé. En effet, le centre de gravité de l'animal est au centre de la coquille. Parallèlement à la lignée des Nautiloïdes, les Bactritoïdes sont à l'origine des Colleoïdes et des Ammonoïdes, on dit que c'est un groupe charnière. L'innovation principale des Bactritoïdes est la création de formes enroulées (évolutes et involutes). Il existe toutes les formes intermédiaires au Dévonien. A partir des Bactritoïdes, les Ammonoïdes représentent le plus grand groupe en variété et le succès du type enroulé. L'évolution des Nautiloïdes se fait par complexification du système de cloisons et adaptation aux milieux plus profonds (la coquille est plus solide en s'allongeant). En effet, du stade Goniatite (cloison en zigzag), on passe au stade Cératite (selles et lobes qui s'allongent et se replient) puis au stade Ammonite (sutures persillée plus complexe). Ce passage se fait par un système de ramification : un seul genre passe une crise et on observe alors une alternance de disparition apparition. C'est la radiation adaptative qui correspond à la diversification à partir d'un groupe (exploitation des niches écologiques libérées lors d'une crise). Cependant, certaines formes déroulées apparaissent : c'est dans ce cas une réversion (groupe des Lytoceratides). Les Colliloïdes, issus des Bactritoïdes ont passé la crise crétacé tertiaire. Leur évolution est basée sur la réduction du rostre, l'internalisation de la coquille, la réduction du phragmocône puis la disparition de la coquille. L'innovation majeure des Céphalopodes est donc la création de l'appareil hydrostatique et son perfectionnement couplée avec les formes enroulées plus propices à la nage et aux grandes profondeurs avec le développement de cloisons persillées. De plus, ils ont concentré leur système nerveux à l'avant de l'animal.

DIVERSES FORMES DE COQUILLES

D' AMMONOÏDES

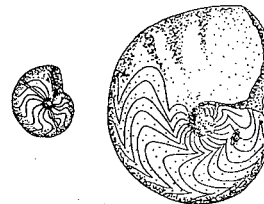


NAUTIL ACTUEL
coupe longitudinale

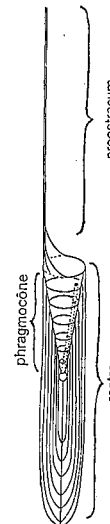
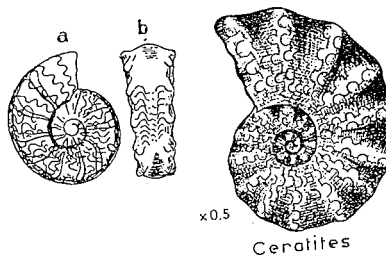


SCHEMA D'UNE
COQUILLE DE BELEMNITE

LES GONIATITOÏDES



LES CERATITOÏDES

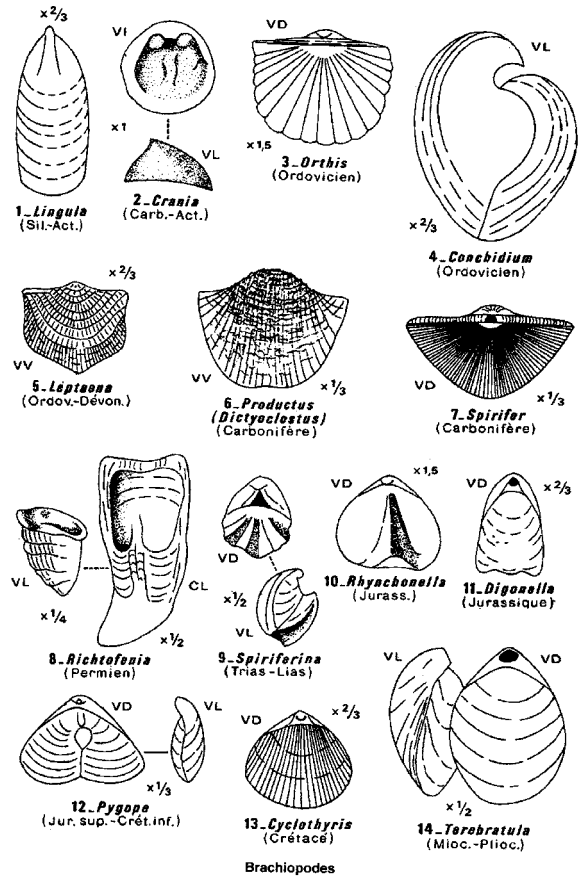


4. Les Brachiopodes

Les Brachiopodes sont exclusivement marins. Leur corps est protégé par une coquille constituée de deux valves (ventrale et dorsale) de taille différentes. Ces valves sont symétriques dans un plan perpendiculaire à l'ouverture de ces valves. La valve ventrale peut présenter une ouverture : le foramen destiné à la sortie d'un pédoncule pour la fixation. Les Brachiopodes possèdent un organe appelé lophophore constitué de deux bras couverts de tentacules et de cils vibratiles qui sert à la nutrition et à la respiration. Cet organe forme le brachiosquelette, il peut être en bandelette ou spiralé. C'est la valve dorsale qui porte cet

organe ainsi que les fossettes alors que la valve ventrale porte les dents de l'animal. L'animal peut être libre ou fixé.

Les principaux changements relevés chez les Brachiopodes nous montrent que la morphologie de la coquille évolue et que l'appareil brachial tend à se complexifier chez la plupart des Brachiopodes. Les Brachiopodes ont évolués de manière quantique. L'effectif de l'espèce était initialement grand. Une crise a fortement réduit cet effectif et la libération de niches écologiques a engendré l'essor d'une nouvelle espèce. En effet, par consanguinité, l'espèce a pu évoluer très rapidement et l'espèce finale est différente de l'espèce initiale. Il existe désormais entre ces espèces une barrière d'interfécondité. Dans certaines familles de Brachiopodes, on note des clades. Nous avons donc au sein de ces Brachiopodes deux sortes d'évolution : l'évolution anagénétique quantique et l'évolution cladogénétique quantique.



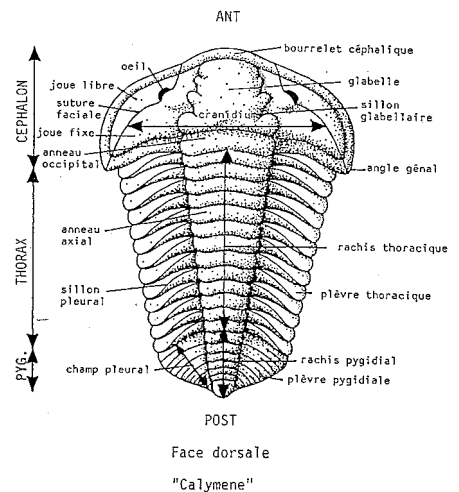
CL : coupe longitudinale - VD, VI, VL, VV : vues dorsale, interne, latérale, ventrale.

5. Les Arthropodes (Trilobites)

Les premiers Trilobites apparaissent au Cambrien : leur corps mou est recouvert d'une carapace articulée segmentée en anneaux. Les muscles sont au contact du squelette et plus du substrat. Les yeux possèdent des cellules jointives ou non et leurs permettent d'avoir une image en mosaïque pour certains, d'autres sont aveugles. Sur un même anneau, ils possèdent deux paires de pattes. Les pattes supérieures (exopode, le système respiratoire est au bout des pattes) possèdent les branchies alors que les pattes inférieures (endopode) servent à se déplacer et à ramener les nutriments vers les branchies. Le corps des Trilobites est formé de trois parties : le cephalon, le thorax et le pygidium. Le cephalon possède un renflement médian, la glabelle, ainsi que deux joues libres et fixées délimitée par une ligne de suture de part et d'autre de cette glabelle. Le thorax est lui aussi segmenté en plèvres et rachis. C'est sous ce thorax que sont positionnés les pattes. Le pygidium est le résultat de la fusion des derniers anneaux du thorax. Les Trilobites peuvent avoir des épines fixées sur les plèvres.

On note une première radiation adaptative des Trilobites au Cambrien inférieur et une seconde au Cambrien moyen qui correspond à l'adaptation à la vie sur la plate-forme (transgression marine). Puis, à l'Ordovicien, le déclin des Trilobites commence, malgré l'émergence de formes enroulées capables de se protéger, avant une extinction définitive au Permien. L'évolution des Arthropodes s'est faite par perte de cellules visuelles et vers des formes aveugles vivant dans les grands fonds des océans (moins de prédateur que sur la plate-forme). Des formes avec des épines en plus des pattes sont par ailleurs mieux adaptées à la vie sur les récifs. En plus de ce caractère, les Trilobites vont acquérir une suture propariale et la glabelle va se

Trilobite en vue dorsale, Morphologie du squelette



dilater. La disparition de ces récifs lors de la crise Permien/Trias éliminera définitivement les Trilobites. Mais il existe d'autres Arthropodes comme des insectes ou crustacés qui sont encore des formes actuelles.

6. Les Echinodermes

Les Echinodermes vivent uniquement dans les océans. Ils possèdent une symétrie d'ordre 5 (pentaradiaire). Le mésoderme (épiderme) secrète les pièces du squelette et les spicules. Ils peuvent être libres (elentérozoaires) ou fixés (pelmatozoaires). La tige des formes fixées est aussi à symétrie d'ordre 5 et est constituée d'anneaux (entrouques) qui se superposent. Cette tige est longue et couplée avec de très longs bras en milieu abyssale alors qu'en milieu récifal, la tige est courte et les bras rétrécis. Les formes libres peuvent être régulières ou irrégulières.

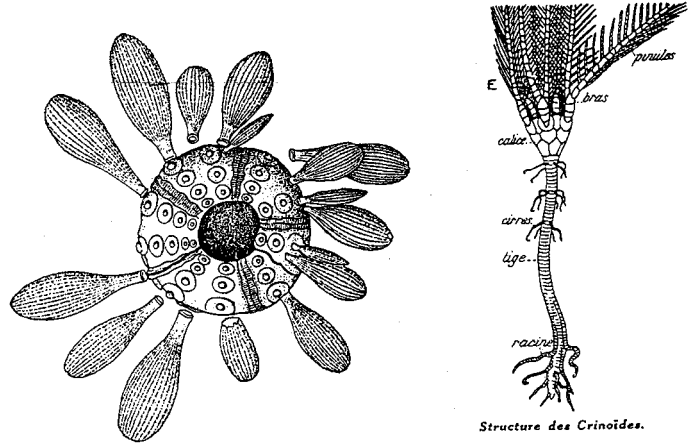


Figure 9.15 *Tylocidaris florigemma* (Cret), showing club-shaped stabilising spines, some of which are still in position.

Les formes d'Echinodermes ont évolué en fonction du lieu de vie : les pics que certains possèdent seront larges sur des récifs alors qu'ils seront fins sur milieu vaseux. Le nombre de pores diminue en fonction du nombre de plaque. Les formes libres évoluent vers des formes en cloches puis plates dans des milieux peu profonds. La bouche a migrée vers l'avant et disparaît ensuite.

Mais le moteur de l'évolution est l'alternance de crises et périodes de prospérité. En effet, une crise provoque la disparition de nombreuses espèces et libère des niches écologiques qui serviront à l'essor des espèces qui ont réussies à passer cette crise. De plus, les nombreuses crises ont été propices aux carnivores puisqu'ils ne sont pas dépendant du phytoplancton largement touché par ces crises répétées. Ceci explique le paradoxe de la prolifération des formes horizontales.

III. MICROFACIES CARBONATES ET MICROPALÉONTOLOGIE.

Les faciès carbonatés sont composés d'au moins 50% de CaCO_3 qui peut être sous plusieurs formes : la calcite et la dolomite. La calcite peut en plus être sparitique ou micritique. La micrite ne polarise pas puisque les grains ont une taille inférieure à $4 \mu\text{m}$ (tâches grises et noires). La sparite peut être sous forme rhomboédrique (avec des clivages à 120° en section basale), en mosaïque (agrégats de cristaux transparents les uns dans les autres) ou fibreuse. Elle est en lumière polarisée analysée de couleur blanche d'ordre supérieur. La sparite fibreuse est caractérisée par la pseudo croix noire de la calcite. La sparite en mosaïque est le plus souvent issu d'une recristallisation diagénétique.

Nous allons étudier dans un premier temps les textures et structures des microfaciès carbonatés et dans un deuxième temps les microfossiles que l'on peut y rencontrer.

1. Analyse texturale des faciès carbonatés

Nous pouvons noter les grandes structures du calcaire selon sa composition texturale de la roche carbonatée. Les différentes textures sont les suivantes selon la classification de Folk :

- Intraclaste : fragments de sédiments carbonatés pénécemporain du sédiment qui le contient et remanié sur place ou à faible distance (vase remaniée par des courants). Les intraclastes sont des galets de micrite dans le faciès. Il n'y a pas de structure interne et les formes sont quelconques.
- Pellet (ou pelote en français) : boulette de diamètre inférieure à 0,2 mm (le plus souvent entre 0,04 et 0,1 mm), de calcaire cryptocristallin souvent riche en matière organique, car en grande partie d'origine fécale, sans aucune structure interne visible, et pouvant constituer l'essentiel de certains calcaires. Si le diamètre dépasse 2 mm, on passe dans le domaine des intraclastes.
- Oolithes : petites sphères de diamètre de 0,5 à 2 mm en moyenne, dont le centre est un débris et dont l'enveloppe est formée de minces couches donnant une structure concentrique à laquelle peut se superposer une structure radiaire affectant toutes les enveloppes, ou quelques-unes seulement. Les oolithes sont le plus souvent calcaires. Si le diamètre est supérieure à 2 mm, on l'appellera pisolite (ou pisolithe).
- Bioclastes : tout élément fossile entier ou le plus souvent en fragment, d'origine animale ou végétale, ayant été transporté ou non. Le terme s'applique essentiellement aux débris fossiles à test carbonaté, et implique en général que les fossiles sont pénécemporains du sédiment dans lequel il se trouvent. N'en font pas partie les organismes dont les tests groupés en position de vie donnent des calcaires construits. Nous avons des exemples d'Echinodermes fixés en milieu calme ou autre fossiles de Trilobites, Céphalopodes...

Toutes ces textures sont fonction du milieu de dépôt, de la faune et de la flore présentes au moment du dépôt et de l'agitation du milieu.

2. Analyse structurale des faciès carbonatés

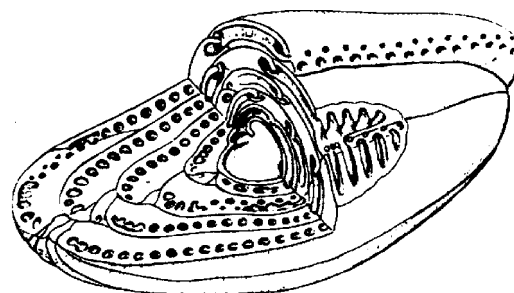
Les éléments vu précédemment sont agencés entre eux et avec la matrice d'une certaines manières définies par la classification de Dunham :

- Composants organiques liés entre eux durant le dépôt : boundstone. (calcaires construits)
- Composants organiques non liés entre durant le dépôt :
 - en absence de particules fines : grainstone.
 - en présence de particules fines :
 - si les grains sont jointifs : packstone
 - si les grains sont non jointifs : wackestone pour moins de 20% de boue et mudstone pour plus de 20% de boue.

De plus, nous pouvons relier les structures de cette classification au milieu de dépôt. En effet, un faciès grainstone correspond à un milieu bien lavé avec une énergie moyenne à forte (estran, plage). Le ciment dans ce cas est en général de la sparite. Par ailleurs, un faciès packstone aura un ciment micritique et le milieu de dépôt sera calme. Un faciès wackestone correspond à un milieu encore plus calme (structure flottante et ciment micritique). Le faciès mudstone est issu d'un milieu encore plus calme puisque les boues (particules très fines) sont en pourcentage supérieur au faciès wackestone, on parlera ici de décantation d'un bassin.

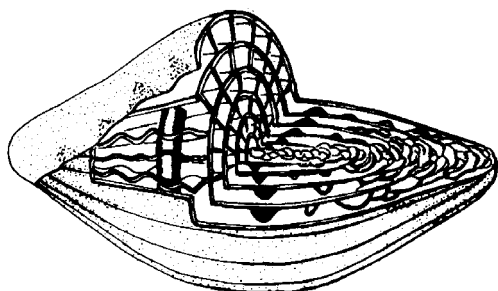
3. Les microfossiles rencontrés dans ces faciès

Alvéolines : Foraminifères miliolidés à structure complexe, dont la taille, en moyenne de quelques mm, peut parfois atteindre 10 cm. Leur squelette, de nature calcaire, est constitué par une lame formant une spirale divisée en loges par des cloisons primaires méridiennes, elles-mêmes subdivisées en logettes par des cloisons secondaires. A la différence des fusulines, leur test ne comporte qu'une couche. Ce sont des organismes de mer chaude et peu profondes.



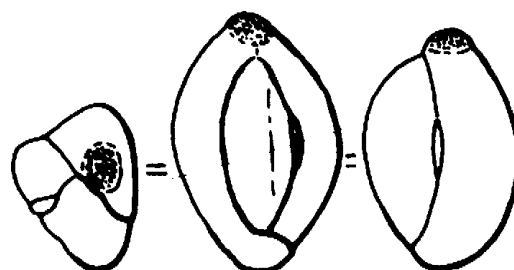
Alvéoline de l'Eocène

Fusulines : Foraminifères pluriloculaires, fusiformes ou sphériques, de taille allant de 1 à 70 mm, composés d'une lame calcaire enroulée en spirale, divisée en loges par des cloisons méridiennes, lesquelles sont parfois elles-mêmes recoupées en logettes par des cloisons transverses. La muraille comporte deux couches, parfois revêtues de dépôts secondaires. La couche externe est mince et sombre ; la couche interne est plus épaisse, parfois claire et perforée, parfois caractérisée par des poutrelles perpendiculaires à la surface du test. Cette structure en couche les différencie des Alvéolines tertiaires, qui ont une forme extérieure assez analogue. Ce sont des organismes marins de zones peu profondes et chaudes. Leur teinte en lame mince est gris clair et elles sont formées de sparite. Les cloisons sont en désordre (cloisons inégales) et le test est microgranulaire.



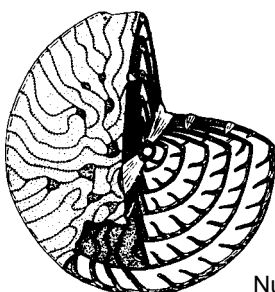
Fusuline du Cambrien au Permien

Miliolés : Foraminifères pluriloculaires dont les loges, au moins les dernières, s'arrangent typiquement selon une symétrie axiale d'ordre 2, 3 ou 5. Ce sont des formes marines surtout d'eaux peu profondes et chaudes, mais on les trouve dans des eaux relativement froides ou profondes (leur test est presque uniquement siliceux). Elle s'accommodent aussi de milieux à faible salinité.



Miliolés de l'Eocène

Nummulites : Foraminifère pluriloculaire à test discoïdal enroulé en spirale et divisé par des cloisons. Les nummulites ont une taille moyenne de 5 à 10 mm, mais peuvent atteindre 10 cm. Leur structure interne est facilement observable en les chauffant fortement puis en les jetant dans l'eau froide, car elles se fendent généralement selon leur plan équatorial. Leur coquille est involute divisée par des cloisons renforcées par des piliers. Elles forment l'essentiel de certaines roches. Les espaces situés entre les cloisons en lame mince sont en général remplis de micrite.



Nummulite de l'Eocène/Oligocène à l'actuel

Une analyse texturale et structurale d'un faciès nous renseigne sur le paleoenvironnement de celui-ci : milieu dans lequel vivaient les êtres vivants fossilisés. Mais il ne faut pas oublier que toutes les traces de la vie dans un environnement ne passent pas à l'état de fossile, le passage de la thanatocénose à la thaphocénose est sélectif.

Nous avons donc étudié, à travers ces exemples, l'évolution de nombreuses espèces, tant vertébrées qu'invertébrées, dans des milieux différents et à des échelles diverses. C'est par l'intermédiaire d'innovations biologique que les êtres vivants au cours de l'histoire de la Terre ont pu coloniser les différents milieux (océans, terres, air). Les hommes, par l'acquisition de la bipédie ont pu coloniser tous les continents alors que les reptiles ont pu s'adapter à tous ces milieux. L'étude des macrofossiles nous a présenté deux types d'évolution : complexifiante et simplifiante, elle est en plus graduelle ou quantique. La dernière partie de ce rapport nous a montré qu'à partir de la micropaléontologie et de l'étude des microfaciès, nous pouvons reconstituer un paléoenvironnement dans lequel se sont fait les dépôts.

Nous avons vu que les espèces actuelles avaient traversé de nombreuses crises et que celles-ci ont sélectionné les espèces les mieux adaptées aux nouvelles conditions de vie. Dans cette perspective, nous pouvons nous interroger sur la suite de l'évolution des espèces. En effet, l'homme modifiant les conditions climatiques de la Terre, qu'elles sont les espèces qui vont pouvoir s'adapter à celles-ci ? Et l'homme en fera-t-il parti ?

ANNEXES

Les dessins présentés en annexe sont ceux réalisés pendant la séance de travaux pratiques d'Amiens.

Sources:

- *Cours de paléontologie*, Loïc Segalen
- *Cours de paléontologie évolutive*, Jacques Farbre
- *Dictionnaire de géologie*, Foucault et Raoult, Ed. Dunod
- *Principe de paléontologie*, Babin, Ed. Armand Colin
- *Paléontologie des invertébrés*, Enay, Ed. Dunod
- *Les microfossiles*, Enay, Ed. Dunod
- *Les fossiles témoins de l'évolution*, Ed. Pour la science