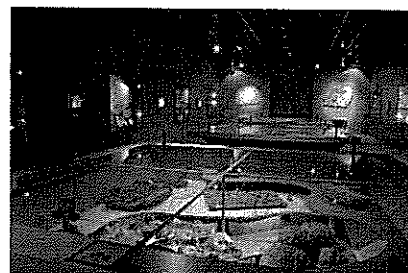


Muséum d'histoire naturelle de Grenoble

Paroles de terre



Dossier

Ouverture de la nouvelle salle d'exposition de longue durée

Réalisation de la Ville de Grenoble avec la participation financière
du Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, de la Région
Rhône-Alpes, du Département de l'Isère et du Fonds social européen

L' exposition

Et pourtant Elle tourne !

... mais, avant de tourner, notre Terre n'était qu'un immense nuage de poussières stellaires qui, après accréation, devint l'astre sur lequel la vie apparut, probablement il y a quelque 4 milliards d'années.

Le Muséum d'histoire naturelle de Grenoble, musée de France, retrace à partir de cet instant primordial l'extraordinaire histoire de la Vie sur la Terre, dans une salle nouvelle : **Paroles de Terre**, véritable grand livre en relief, sonore et animé. L'ouvrir, y entrer, c'est s'engager pour un très long voyage dans le temps, à la rencontre de formes belles, étranges, énigmatiques, disposées, accessibles, dans le "désordre" des découvertes paléontologiques.

101 pièces originales, provenant des plus grands sites fossilifères mondiaux, sont mises en scène dans cette nouvelle salle. Une muséographie contemporaine sobre, réfléchie pour le public le plus divers possible, où le mobilier et la mise en espace suggèrent l'indispensable carroyage cher au fouilleur professionnel, qui met en évidence la beauté, la force d'évocation du fossile encore enchâssé dans sa ganguie originelle.

Des rares preuves fossiles de l'existence de formes vivantes il y a 600 millions d'années, au spectaculaire crâne d'un énorme ours des cavernes d'il y a 30 000 ans, en passant par des trilobites gigantesques... des ammonites multiformes... des poissons caparaçonnés... des dinosaures à bec de perroquet... des *Confuciusornis* sans dent... des *Microstonyx major* encore poilus... chacun des spécimens ponctue, au hasard de leur rencontre, le parcours dans l'histoire de la vie sur la Terre.

Le prolongement de la découverte, de l'aspect esthétique, de l'émotion, du questionnement, s'effectue par le support de 8 écrans animés où sont développés des éléments de la connaissance scientifique concernant ces espèces. Des raquettes sonores diffusent en français et en anglais des informations sur l'évolution des grands groupes représentés aujourd'hui par les invertébrés, les végétaux, les poissons, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Un globe terrestre retrace par animation le lent et inexorable déplacement des continents depuis leur formation il y a 4 milliards d'années.

Cet ensemble unique en Rhône Alpes unifie le parcours muséographique de l'institution muséale, invitant le visiteur, adulte et jeune, à un grand voyage dans 8 salles, des origines de la vie à la disparition des espèces sur l'échiquier terrestre, en suivant les grandes étapes de l'Evolution, en s'arrêtant sur l'émergence des Alpes et la répartition des espèces animales alpines, en s'interrogeant sur les merveilleux trésors créés par les entrailles de la Terre, en pénétrant l'incroyable diversité des formes et couleurs des insectes, en méditant sur l'extinction récente et continuelle des espèces animales et végétales.



Sommaire

1- Introduction à l'exposition

2- Plan de la salle « Paroles de Terre »

3 - Liste complète des pièces présentées

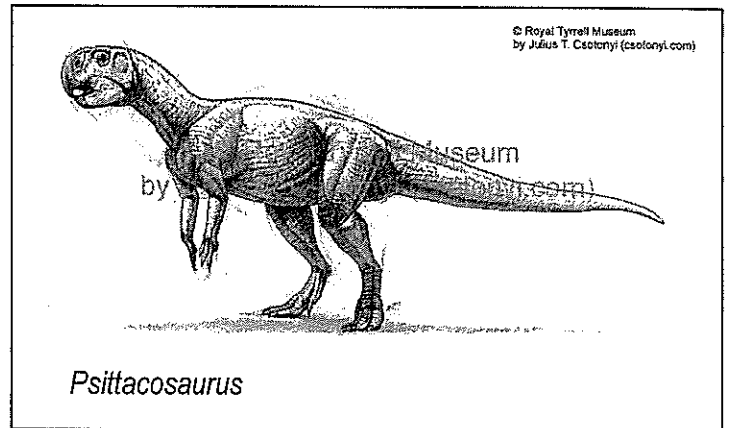
4 - Questions de Fossilisation : des réponses scientifiques à des questions d'enfants

5 -Le jeu du Gallator

6 - La fossilisation

7- La paléontologie

8 - Présentation détaillée de 9 pièces



9 - Informations complémentaires

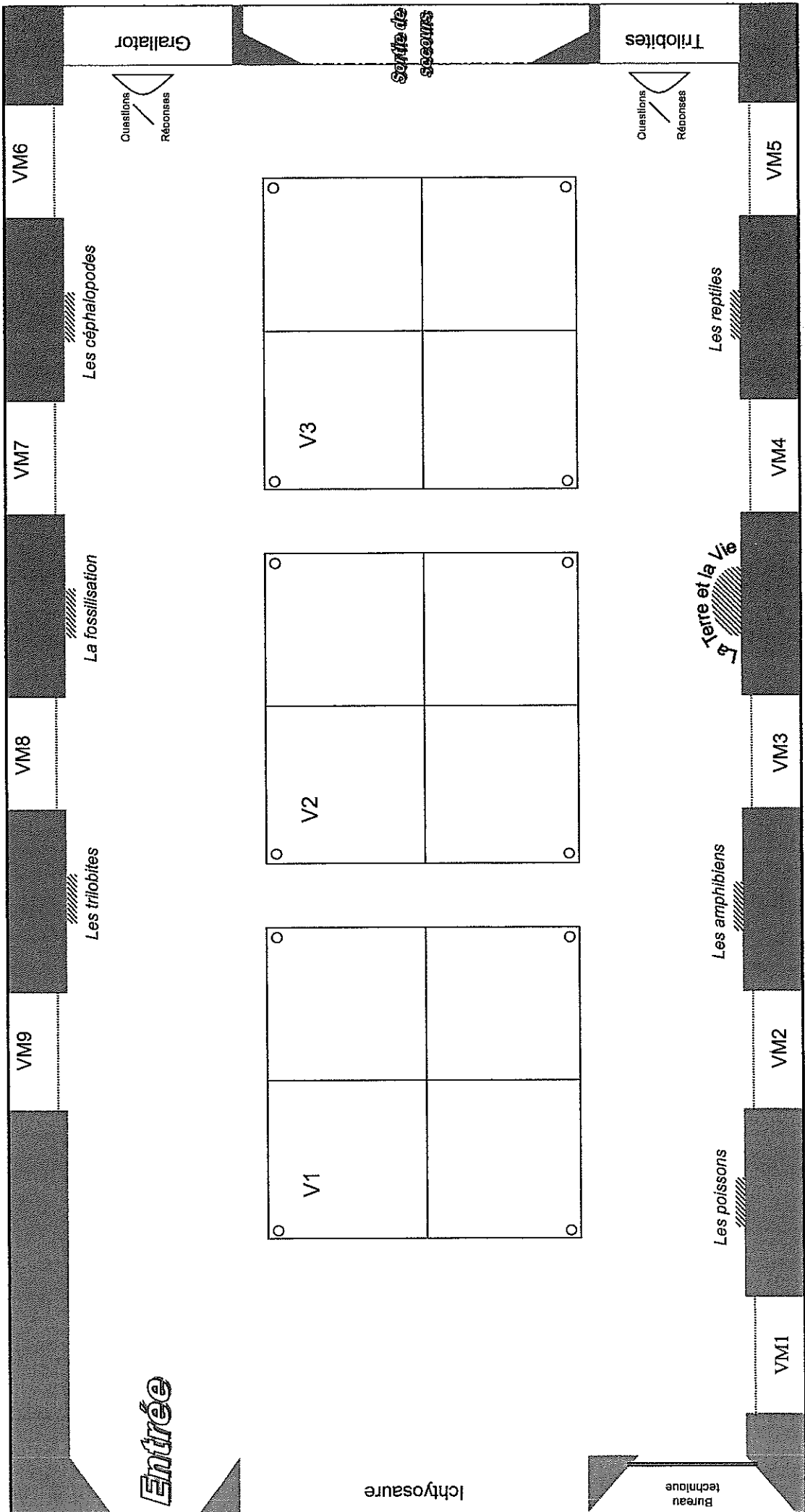
- Comparaison de l'ambre et du copal
- Faunes d'Ediacara et de Burgess
- Précisions sur les météorites

10 - Echelle des temps géologiques de la région grenobloise
(celle utilisée pour la salle Genèse des Alpes)

11- Multimédia (filmographie, bibliographie ,webographie)

12- Programmes scolaires en lien avec la salle « Paroles de Terre »

Retrouvez toute l'actualité du Muséum :
www.museum-grenoble.fr



Entrée

Bureau technique

Tribolites

Sortie de secours

Grillator

Questions
Réponses

Questions
Réponses

VM6

VM7

VM8

VM9

Les céphalopodes

La fossilisation

Les trilobites

V3

| | | |
|--------------------------|--|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| | | |

V2

| | | |
|--------------------------|--|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| | | |

V1

| | | |
|--------------------------|--|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| | | |

VM5

VM4

VM3

VM2

VM1

Les reptiles

La terre et la Vie

Les amphibiens

Les poissons

| Loca | Nom scientifique | Autre dénomination | Age nom | Age date | Provenance |
|--------------------|--|---------------------------------------|-----------------|------------------------|------------|
| V1 | Arthropode primitif | | Ordovicien inf. | 480 Ma | Maroc |
| | Barremites difficilis, Hemihoplites sp., Costidiscus recticostatus, Lytoceras sp., Macroscaphites yani, Phylloceras sp., Silesites seranonis | Ammonite | Crétacé inf. | 126 Ma | France |
| | Cyclobatis major | Raie | Crétacé sup. | 93 Ma | Liban |
| | Cyclomedusa sp. | Faune type Ediacaria, méduse | Précambrien | 600 Ma | Russie |
| | Dickinsonia sp. | Faune type Ediacara, ver primitif | Précambrien | 600 Ma | Russie |
| | Flysch à Helminthoides | Ichnofossile | Crétacé | 100 Ma | France |
| | Gafsachelys sp. | Tortue | Eocène | 40 Ma | Maroc |
| | Gneiss de Morton | | Précambrien | 3600 Ma | Etats-Unis |
| | Jorgia sp. | Faune type Ediacaria | Précambrien | 600 Ma | Russie |
| | Leanchoilia sp. | Faune de Burgess, crustacé | Cambrien | 520 Ma | Canada |
| | Megaoolithus sp. | Ponte de dinosaure | Crétacé sup. | 80 Ma | France |
| | Octahedrite IAB | Météorite | | Tombée il y a 6000 ans | Argentine |
| | Oviraptor sp. | Ponte de dinosaure | Crétacé sup. | 80 Ma | Chine |
| | Rhinopteraspis dunensis | Agnathe | Dévonien inf. | 395 Ma | Allemagne |
| | Rhynia sp. | L'une des premières flores terrestres | Dévonien inf. | 400 Ma | Ecosse |
| Stromatolithes | | Précambrien | 2000 Ma | Etats-Unis | |
| Tafilalichthys sp. | Placoderme | Dévonien inf. | 388 Ma | Maroc | |

| | | | | | |
|----|-----------------------------|------------------------------|----------------|-----------|------------|
| V2 | Confuciusornis sanctus | Oiseau | Crétacé inf. | 142 Ma | Chine |
| | Dinictis squalidens | Félin | Oligocène moy. | 29 Ma | Etats-Unis |
| | Merycoiodon culbertsonii | Artiodactyle à quatre doigts | Oligocène | 30 Ma | Etats-Unis |
| | Microstonyx major | Grand sanglier | Miocène sup. | 5 Ma | France |
| | Palaeochiropteryx tupaiodon | Chauve souris | Eocène moy. | 47 Ma | Allemagne |
| | Palaeolagus haydeni | Lièvre | Oligocène | 30 Ma | Etats-Unis |
| | Palaeotheriidae | Périssoactyle à trois doigts | Eocène sup. | 36 Ma | France |
| | Ursus spelaeus | Ours des cavernes | Pléistocène | 30000 ans | France |

| | | | | | |
|-------------------|------------------------------|----------------------------|-------------|------------|------------|
| V3 | Alethopteris sp. | Plante houillère | Carbonifère | 310 Ma | France |
| | Aracaceae | Palmier | Crétacé | 100 Ma | Madagascar |
| | Aracaceae | Palmier | Crétacé | 100 Ma | Madagascar |
| | Araucaria sp. | | Jurassique | 170 Ma | Etats-Unis |
| | Araucaria sp. | | Jurassique | 170 Ma | Etats-Unis |
| | Caesalpinia pecorae | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Equisetum sp. | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Equisetum sp. | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Graminée | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Leguminosites lesquereuxiana | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Lygodium kaulfussi | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Platanus wyomingensis | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Platanus wyomingensis | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Populus cinnamomoides | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Populus wilmattae | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Ptelea cassioides | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Rhus nigricans | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Sterculia coloradensis | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | Stigmaria sp. | Racine de Lepidodendraceae | Carbonifère | 310 Ma | France |
| | Stigmaria sp. | Racine de Lepidodendraceae | Carbonifère | 310 Ma | France |
| Stigmaria sp. | Racine de Lepidodendraceae | Carbonifère | 310 Ma | France | |
| Styrax transversa | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis | |
| Zelkova nervosa | Flore de la Green River | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis | |

VITRINES CENTRALES

| | | | | | |
|--------|--|---------------------------------------|-----------------|-----------|------------|
| VM1 | <i>Axelrodichthys araripensis</i> | Coelacanthe | Crétacé inf. | 105 | Bresil |
| | <i>Diplomystus sp., Knightia eoceana</i> | Actinoptérygien | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | <i>Eurypholis boissieri</i> | Actinoptérygien | Crétacé sup. | 93 Ma | Liban |
| | <i>Mioplosus labracoides</i> | Actinoptérygien | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | <i>Priscacara liops</i> | Actinoptérygien | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| VM2 | <i>Lepisosteus simplex</i> | Actinoptérygien | Eocène | 40 Ma | Etats-Unis |
| | <i>Otodus obliquus</i> | Requin | Eocène inf. | 53 Ma | Maroc |
| | <i>Pararaja expansa</i> | Raie | Crétacé sup. | 93 Ma | Liban |
| VM3 | <i>Bufo sp.</i> | Crapaud | Miocène sup. | 6 Ma | France |
| | <i>Discosauriscus austriacus</i> | Amphibien | Permien inf. | 265 Ma | Slovaquie |
| | <i>Psittacosaurus xinjiangensis</i> | Dinosaure à bec de perroquet | Crétacé inf. | 112 Ma | Mongolie |
| VM4 | <i>Keichousaurus hui</i> | Reptile marin | Trias moy. | 239 Ma | Chine |
| | <i>Nothosaurus sp.</i> | Tétrapode terrestre semi-aquatique | Trias sup. | 210 Ma | Chine |
| VM5 | <i>Rhamphorhynchus sp.</i> | Ptérosaure | Jurassique sup. | 150 Ma | Allemagne |
| | <i>Thalilua longicollis</i> | Plésiosaure | Crétacé sup. | 89 Ma | Maroc |
| | <i>Thalilua longicollis</i> | Plésiosaure | Crétacé sup. | 89 Ma | Maroc |
| VM6 | <i>Archaeogeryon peruvianus</i> | Crabe | Miocène | 15 Ma | Argentine |
| | <i>Polyptychoceras sp.</i> | Ammonite déroulée | Crétacé sup. | 85 Ma | Japon |
| | <i>Scyphocrinites elegans</i> | Crinoïdes | Silurien | 400 Ma | Maroc |
| | <i>Scyphozoa</i> | Méduse | Crétacé sup. | 70 Ma | France |
| | <i>Spiroceras orbigny</i> | Ammonite déroulée | Crétacé | 100 Ma | France |
| VM7 | <i>Archaeocidaris sp.</i> | Oursin | Pennsylvanien | 300 Ma | Etats-Unis |
| | <i>Asteridea</i> | Etoile de mer | Miocène inf. | 18 Ma | France |
| | <i>Gigantopecten restitutensis</i> | Coquille St-Jacques | Miocène inf. | 18 Ma | France |
| | <i>Tripneustes parkinsoni</i> | Oursin | Miocène inf. | 18 Ma | France |
| | <i>Vaquerosella norrisi</i> | Echinoderme | Miocène inf. | 20 Ma | Etats-Unis |
| VM8 | <i>Amphibia</i> | Piste d'amphibien | Permien | 270 Ma | France |
| | <i>Cedrela schimperi</i> | | Eocène | 45 Ma | Etats-Unis |
| | <i>Copal</i> | | Pléistocène | 2 Ma | Madagascar |
| | <i>Cybister explanatus</i> | Scarabée | Pléistocène | 12000 ans | Etats-Unis |
| | <i>Cyprinidae</i> | Actinoptérygien | Miocène sup. | 6 Ma | France |
| | <i>Geoteuthis muensteri</i> | Calamar | Jurassique | 150 Ma | Allemagne |
| | <i>Pecopteris arborescens</i> | Fougère | Carbonifère | 300 Ma | France |
| VM9 | <i>Acadoparadoxides briareus</i> | Trilobite | Cambrien moy. | 525 Ma | Maroc |
| | <i>Aeger sp.</i> | Crevette | Jurassique sup. | 150 Ma | Allemagne |
| | <i>Ampyx cf. priscus</i> | Trilobite | Ordovicien inf. | 480 Ma | Maroc |
| | <i>Anguillavus quadripinnis, Armigatus sp., Carpopenaeus sp.</i> | Anguille, actinoptérygien et crevette | Crétacé sup. | 95 Ma | Liban |
| | <i>Anisoptera</i> | Libellule | Jurassique sup. | 150 Ma | Chine |
| | <i>Ceratonurus sp.</i> | Trilobite | Dévonien | 375 Ma | Maroc |
| | <i>Dalmanites limulurus</i> | Trilobite | Silurien | 425 Ma | Etats-Unis |
| | <i>Dicranurus monstrosus</i> | Trilobite | Dévonien inf. | 395 Ma | Maroc |
| | <i>Eurypterus lacustris</i> | Scorpion aquatique | Silurien sup. | 415 Ma | Etats-Unis |
| | <i>Macrura</i> | Langouste | Crétacé sup. | 93 Ma | Liban |
| | <i>Niobe sp.</i> | Trilobite | Ordovicien | 450 Ma | Maroc |
| Au mur | <i>Asaphopsoidea sp.</i> | Trilobite | Ordovicien | 450 Ma | Maroc |
| | <i>Grallator maximus</i> | Dinosaure | Trias sup. | 209 Ma | France |
| | <i>Stenopterygius quadriscissus</i> | Ichtyosaure | Jurassique inf. | 180 Ma | Allemagne |

VITRINES MURALES

Questions de fossilisation

Les textes qui suivent sont des réponses scientifiques à des questions comme s'en posent des enfants de 8 à 12 ans en visite au Muséum.

1 – Qu'est-ce que c'est, un fossile ?

On nomme fossile tout reste, trace ou empreinte d'organisme vivant autrefois, animal ou végétal. Aujourd'hui on les trouve essentiellement conservés et enfouis dans les couches de roches sédimentaires. Le mot fossile vient d'un verbe latin : fouiller, creuser. Les fossiles sont étudiés en paléontologie (science nommée ainsi en 1825 par Ducrottoy de Blainville, et fondée par Cuvier).

2 - Où peut-on trouver des fossiles ?

Généralement dans des couches sédimentaires, c'est à dire des roches formées en grande partie d'une accumulation de débris d'autres roches ou des restes de végétaux et d'animaux. Ce sont souvent d'anciennes zones aquatiques.

Dans la région tu peux trouver des fossiles dans le Vercors ou la Chartreuse.

Attention on ne peut pas ramasser et collectionner n'importe quelle roche. Il faut respecter la réglementation.

3 - Comment se forme un fossile ?

Normalement les organismes vivants, lorsqu'ils meurent, sont entièrement détruits par des prédateurs, l'oxygène de l'air, les bactéries ou les champignons. Dans des conditions particulières ces organismes ou leurs traces sont conservés et deviennent des fossiles. Dans la plupart des cas cela se passe dans l'eau, de la vase ou des boues fines. Cela prend beaucoup de temps pour devenir de la pierre.

Dans tous les cas c'est l'ensemble sédiments + organismes qui se transforment en roche en même temps.

4 - Pourquoi on ne trouve pas des fossiles partout ?

La fossilisation dépend de la rapidité d'enfouissement, de la constitution de l'organisme (parties dures ou molles), des transformations chimiques dans les sédiments ou de la déformation des roches.

C'est très rare de trouver un fossile complet.

On les trouve parfois en faisant de grands chantiers : quand on creuse un tunnel, sur le tracé d'une autoroute ou l'exploitation d'une carrière. Les paléontologues les recherchent aussi activement dans des sites qu'ils choisissent d'après leurs connaissances.

5 - A quoi ça sert, un fossile ?

Certains fossiles sont utilisés pour dater une roche sédimentaire, reconstituer les grandes étapes de l'histoire de la Vie et de la Terre pendant 3.700.000.000 années.

Avec l'étude des fossiles on peut étudier les changements du climat, l'évolution de la vie et la tectonique (mouvement des plaques).

Les ammonites que l'on retrouve en montagne alors qu'elles ne vivaient que dans les mers montrent l'évolution du paysage.

Beaucoup d'animaux et de plantes ne sont connus qu'à l'état de fossile. Les trilobites vivaient dans la mer il y a 400.000.000 d'années. D'autres existent toujours depuis très longtemps comme les groupes des oursins ou des requins.

6 - Pourquoi les ammonites et les dinosaures ont disparu ?

Sur ce sujet tous les scientifiques ne sont pas d'accord, ils proposent des hypothèses différentes. Ces disparitions se font progressivement pendant des milliers d'années, elles sont souvent provoquées par des changements du climat. Certains proposent une chute de météorite, d'autres, l'éruption de grands volcans. Certainement que ces plusieurs causes ajoutent leurs effets. Les mammifères et les oiseaux déjà présents à l'époque en profiteront pour se développer sur toute la Terre. C'était il y a 65.000.000 d'années.

7 - Avant, il y avait des fossiles ?

Avant l'apparition de la vie sur Terre il n'y avait pas de fossiles. Les plus anciens fossiles connus s'appellent les stromatolithes (tapis de pierres en grec). Ils représentent l'activité des bactéries dans une mer chaude et peu profonde. Ils sont datés de 7 milliards d'années, alors que la Terre a 4,56 milliards d'années. Une très longue période de l'histoire de la planète s'est passée sans vie.

Aujourd'hui on peut voir des stromatolithes actuels se former en Australie.

8 - Comment connaît-on l'âge du fossile ?

Les scientifiques ont des outils, "des chronomètres atomiques", qui permettent de donner un âge assez précis aux roches.

Pour les hommes préhistoriques ou leurs dessins on utilise la technique dite du carbone 14. Quand les fossiles sont plus anciens il est possible d'utiliser d'autres éléments radioactifs comme le rubidium et le strontium.

Ce n'est pas toujours possible de dater ainsi un fossile alors on le compare aux autres qui lui ressemblent ou qui se trouvent à côté.

9 – Les fossiles sont-ils tous des pierres ?

Le plus souvent oui, on dit qu'ils sont minéralisés.

Mais dans certains cas très particuliers il est possible de retrouver un animal avec de la matière organique non minéralisée.

C'est le cas des mammouths et des rhinocéros dans les sols gelés en Sibérie.

Parfois des insectes ont été piégés dans la résine des arbres sur lesquels ils vivaient. On les retrouve des milliers d'années plus tard sous forme d'inclusion dans l'ambre de la Baltique, ou dans le copal.

Il existe d'autres circonstances dans lesquelles la matière organique a pu être conservée (schistes bitumineux par exemple).

10 – Est-ce que tous les être vivants peuvent devenir fossile ?

Presque tous ! Les eaux qui circulent dans les sédiments, riches en substances dissoutes, déposent des minéraux qui remplacent la matière organique disparue ou se substituent aux minéraux des **parties dures**.

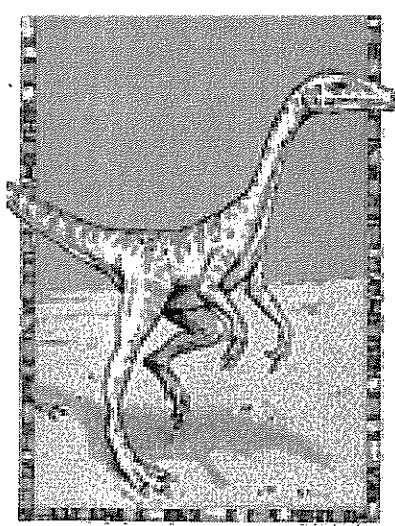
Les dents, os, coquilles, tests, carapaces, le bois ou les squelettes sont conservées de cette manière.

Parmi les minéraux de remplacement on trouve la silice, la calcite ou la pyrite.

Pour les empreintes de **parties molles**, c'est possible si le sédiment est très fin (vase, boue).

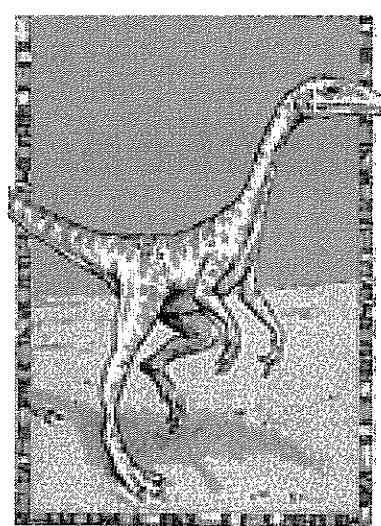
Un sanglier, des méduses, des vers, des poulpes, des feuilles, des plumes ont été conservées ainsi.

Le jeu proposé ensuite a pour objectif de montrer la rareté d'un phénomène : la fossilisation, par exemple celle d'empreintes laissées sur le sol ... C'est un jeu où l'on perd souvent !



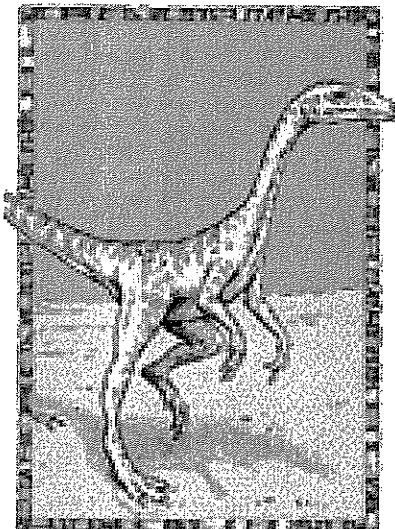
He las, un animal vient de se traîner sur ton empreinte et l'a effacée!

Perdu!



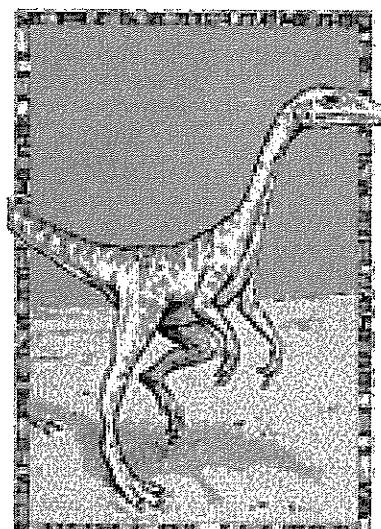
Beau temps, calme plat, ton empreinte est conservée aujourd'hui!

Rejoue!



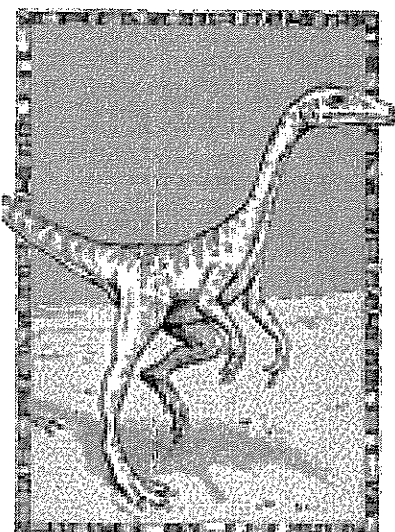
Hourra, une coulée de boue fine est doucement venue recouvrir ton empreinte!

Gagné!



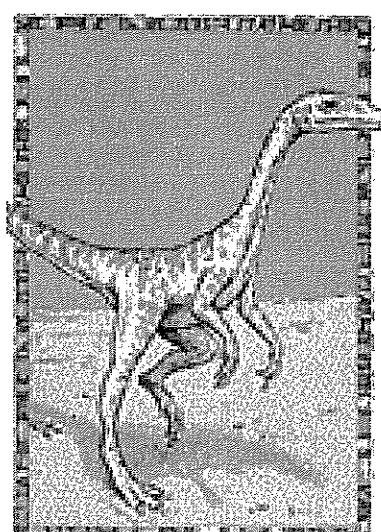
Ouf! une créature vient de s'accoupler avec sa copine juste à côté de ton empreinte, sans y toucher!

Rejoue!



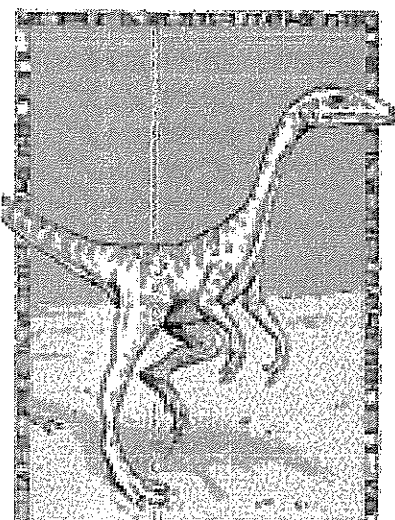
Hélas! Une forte tempête a créé trop de remous, ton empreinte est effacée!

Perdu!



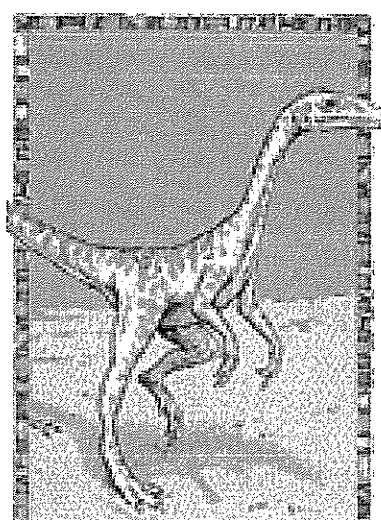
Une coulée de boue et de graviers est venue rouler sur ton empreinte et l'a effacée!

Perdu!



Ouf! malgré le mauvais temps, ton empreinte est conservée!

Rejoue!



Domage, la vase dans laquelle tu as marché est trop molle, ton empreinte s'est effacée!

Perdu!

La fossilisation



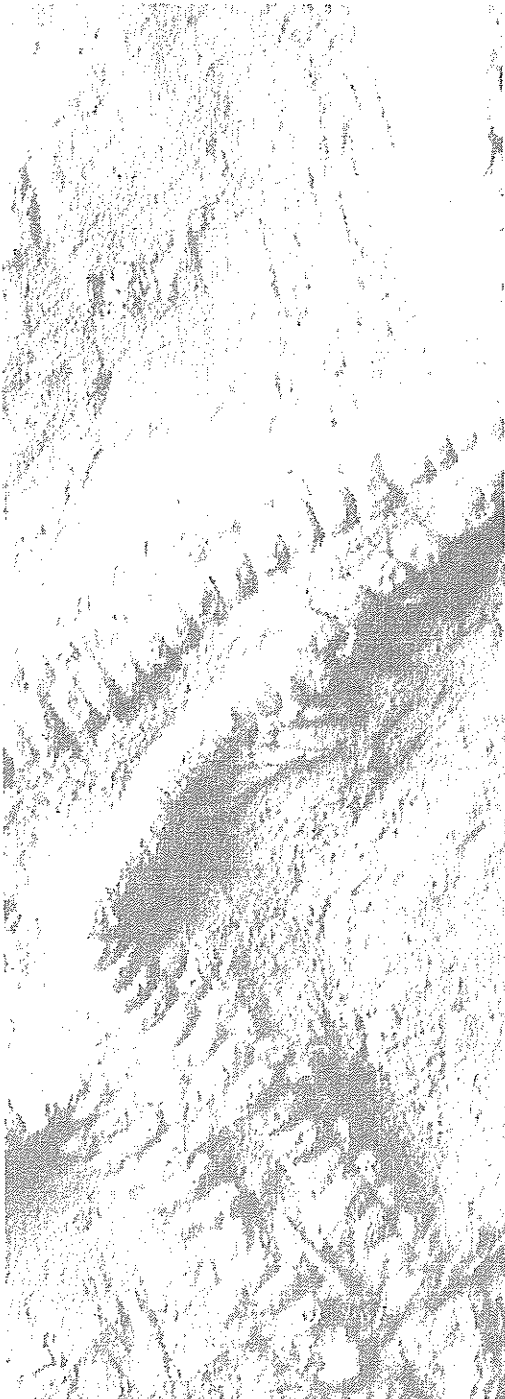
La fossilisation est un phénomène exceptionnel et le fossile qui en résulte est donc un objet original de grande valeur historique, scientifique et esthétique. Dès les premiers instants qui suivent sa mort, l'animal ou le végétal est naturellement et rapidement attaqué par des charognards, des herbivores, des insectes nécrophages, des bactéries,... Il subit aussi l'influence des paramètres physico-chimiques de l'environnement : circulation des eaux, variations de terrain, dessèchement des sols, .. oxydation, changements de température, acidité du milieu,... Pour espérer une bonne fossilisation, il faut une conjonction de circonstances particulières qui ne sont pas encore totalement explicitées :

- un enfouissement très rapide pour supprimer toute attaque de prédateurs,
- une protection contre l'action de l'oxygène, telle le développement d'un voile de microorganismes autour du spécimen ou le dépôt dans des vases profondes non oxygénées,
- une accumulation abondante de sédiments à grains fins
- une minéralisation par remplacement des molécules organiques par des substances minérales (calcium, silice, pyrite, phosphates, sulfates,...) ou par remplissage du vide créé par la dissolution des parties molles et/ou dures de l'individu.

L'action simultanée, totale ou partielle, de ces paramètres définit différentes formes de fossilisation :

- la fossilisation des traces d'activités physiques (gouttes de pluie par exemple) ou d'activités biologiques (pistes de reptation, terriers, galeries, empreintes de pattes, coprolithes, nids, ...),
- la fossilisation des parties dures : ce sont en général les coquilles, dents, carapaces, ossements,
- la fossilisation des parties molles qui sont représentées par les empreintes (exemple des invertébrés d'Ediacara et de Burgess), la minéralisation par phosphatisation et pyritisation sous l'action des bactéries, la momification (bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler de fossilisation) telle que celle que l'on observe dans l'ambre, la diatomite, le bitume, les tourbières, les glaces et plus rarement dans les milieux salins.

La paléontologie



Dès l'instant où l'homme acquit les capacités intellectuelles lui permettant d'analyser son environnement, il fut confronté à des rencontres pour le moins insolites et interrogatives : des restes d'ossement géant, des coquilles en abondance loin des eaux, des empreintes de corps d'animaux dans la roche, des traces de pas solidifiés sur le sol, des momies émergeant de tourbières et de sables, des corps sortant des glaces au dégel,... autant de rencontres qui stimulant l'imaginaire, favorisèrent l'apparition, au fil des millénaires, de nombreuses légendes et mythes qui perdureront jusqu'à des époques récentes.

Pourtant, dès l'Antiquité, des esprits cultivés et critiques émettent l'hypothèse que ces restes d'animaux diffèrent de ceux qu'ils côtoient. Cette hypothèse alors audacieuse sera écartée des siècles durant, en Occident, par la position de l'Eglise.

L'essor de la démarche scientifique au Siècle des lumières, au XVIII^{ème} puis au XIX^{ème} siècles, va fortement fragiliser ce dogmatisme.

Georges Cuvier, entré comme professeur en 1795 au Muséum national, remarquable observateur, consacra toute son existence jusqu'à sa mort en 1832 à accumuler, classer, comparer des milliers d'ossements provenant des sites géologiques de divers continents. Un travail immense qui en retour lui apportera, en plus de la certitude que les fossiles résultent d'une série d'extinctions provoquées par des événements catastrophiques, les éléments pour étayer l'hypothèse d'une évolution des espèces animales. Il ne franchira cependant pas le pas et restera un adepte du "fixisme", une théorie selon laquelle les espèces une fois créées par Dieu ne changent pas. En cela, il s'opposait à **Lamarck**, lequel réfutait l'hypothèse d'extinction par celle de transformation des espèces dans le temps sous l'influence de l'environnement.

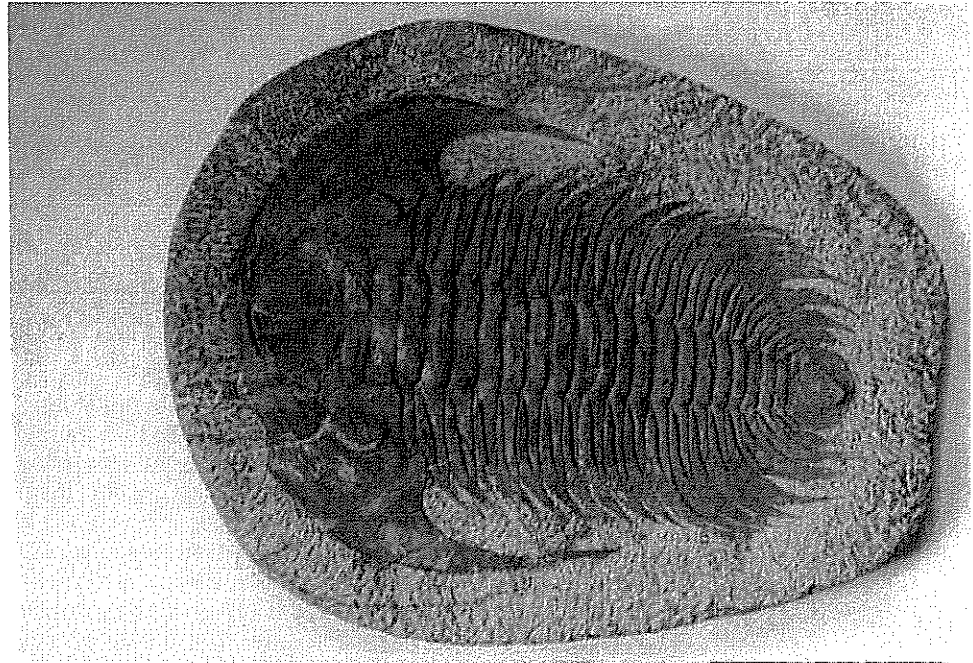
Quelques années après, **Charles Darwin**, en publiant une théorie novatrice avec son ouvrage "De l'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle", permet à la paléontologie qui signifie *discours sur le passé*, d'acquiescer toute sa dimension de discipline scientifique. L'unique science alors capable de fournir les preuves tangibles de l'évolution des êtres vivants et des grandes transformations qui affectèrent le monde animal et végétal depuis les premiers instants de la vie il y a quelques milliards d'années.

La paléontologie est aujourd'hui une science prospère et dynamique qui, associée à d'autres disciplines, la génétique et l'embryologie en particulier, révèle et explique les liens entre les êtres fossiles et vivants et permet de suivre ceux qui relient l'homme à ses origines animales.

Présentation détaillée de 9 pièces

1 - Arthropode, trilobite

Nom scientifique : *Acadoparadoxides briareus*



Aux premiers temps de "l'explosion de la vie" dans les océans, il y a 525 millions d'années, les trilobites, invertébrés aux membres articulés, connaissent déjà une forte expansion et une impressionnante diversité de forme et de taille. Ainsi cet **Acadoparadoxides briareus** atteint la taille respectable de 36cm cependant encore loin de certains qui affichent un record à 70cm ! Les trilobites rayonnant pendant 300 millions d'années disparaîtront brutalement sans descendant.

525

millions d'années

2 - Lys de mer, crinoïde, échinoderme

Nom scientifique : *Scyphocrinites elegans*

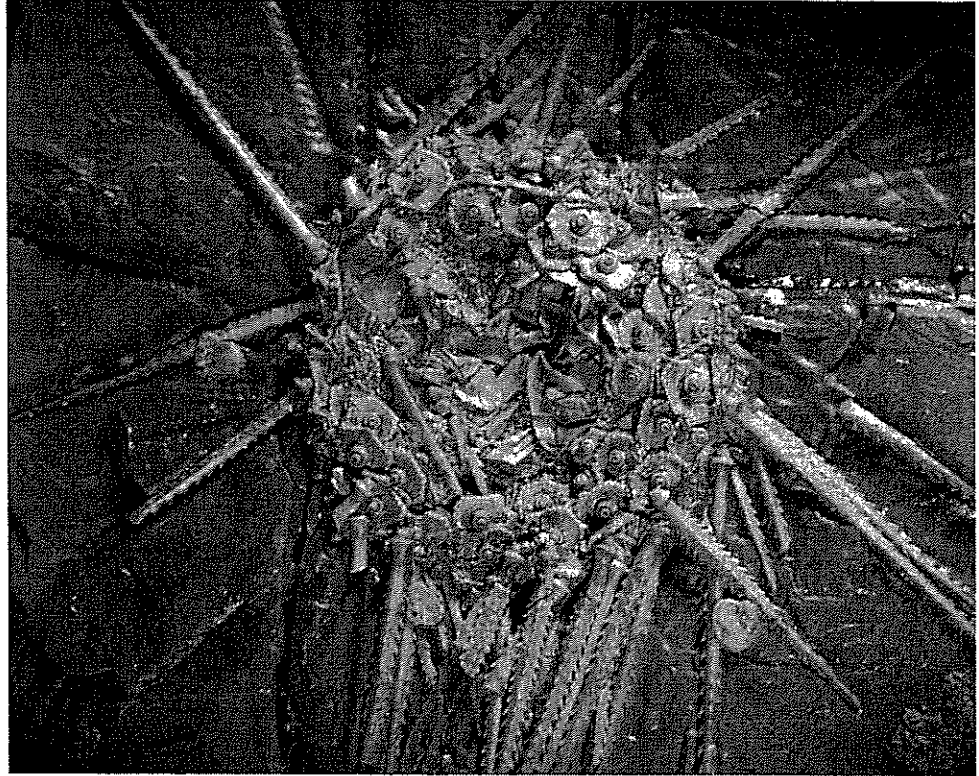


Des fleurs au fond des océans? Cela est possible et ces remarquables formes aux détails très visibles sont des "Lys de mer", ou crinoïdes ou comatules, animaux invertébrés qui autrefois pouvaient former de grandes prairies ondoyantes dans les eaux marines. Cette vue est un détail d'une pièce exceptionnelle de 117x73cm datée de 400 millions d'années provenant du Maroc, formation fossile due probablement à une cause accidentelle dans les fonds marins et à un enfouissement rapide des individus dans les sédiments fins calcaires.

400
millions d'années

3 - Echinoderme, oursin

Nom scientifique : *Archaeocidaris sp.*



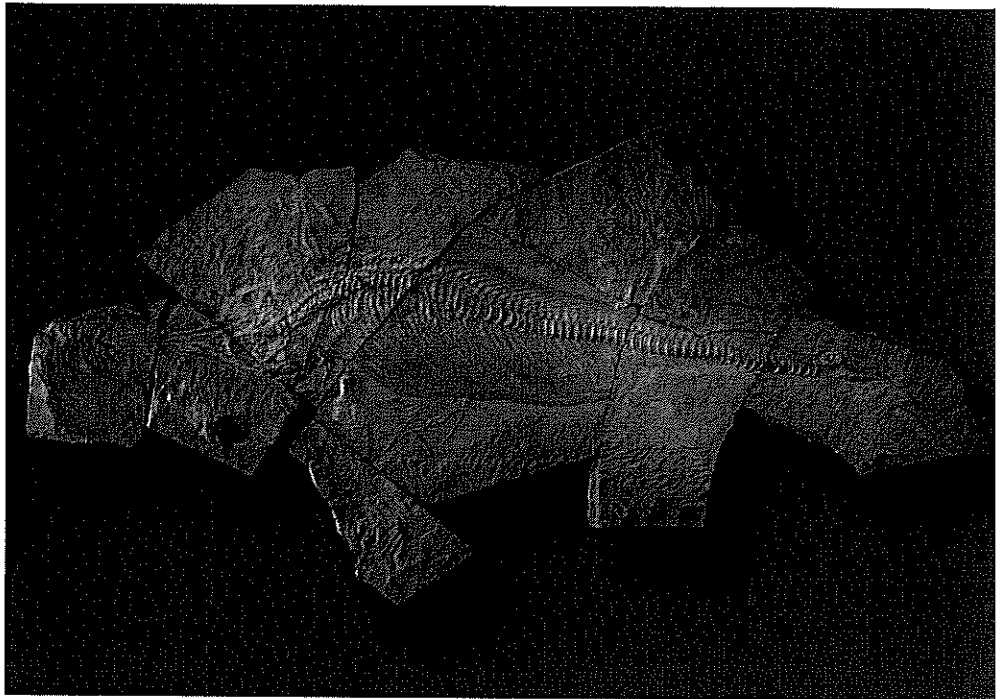
Les oursins bien connus des imprudents baigneurs et des fins gourmets ont apparemment des ancêtres qui leur ressemblent fort. Ainsi, ce superbe **Archaeocidaris sp**, détail d'une plaque de 26 x 17 cm, extrait des roches carbonées aux USA, daté de 300 millions d'années, laisse percevoir de remarquables piquants ouvragés et déjà probablement très efficaces contre les prédateurs.

300

millions d'années

4 - Ichtyosaure

Nom scientifique : *Stenopterygius quadriscissus*



Ce grand "poisson lézard" de 3 m de long est un **ichtyosaure** semblable par convergence à nos dauphins actuels qui ne sont eux cependant en rien des reptiles marins, mais bien des mammifères. Le site de Holzmaden en Allemagne a livré un nombre important de ces reptiles disparus dans un état de conservation qui a permis aux scientifiques de préciser leur contour morphologique, leur mode de reproduction vivipare et leur régime alimentaire en partie constitué de mollusques. Certaines parties molles bien conservées ont même permis d'en préciser la couleur, vert-brun !

200
millions d'années

5 – Crustacé, crevette

Nom scientifique : *Carpopenaeus sp.*

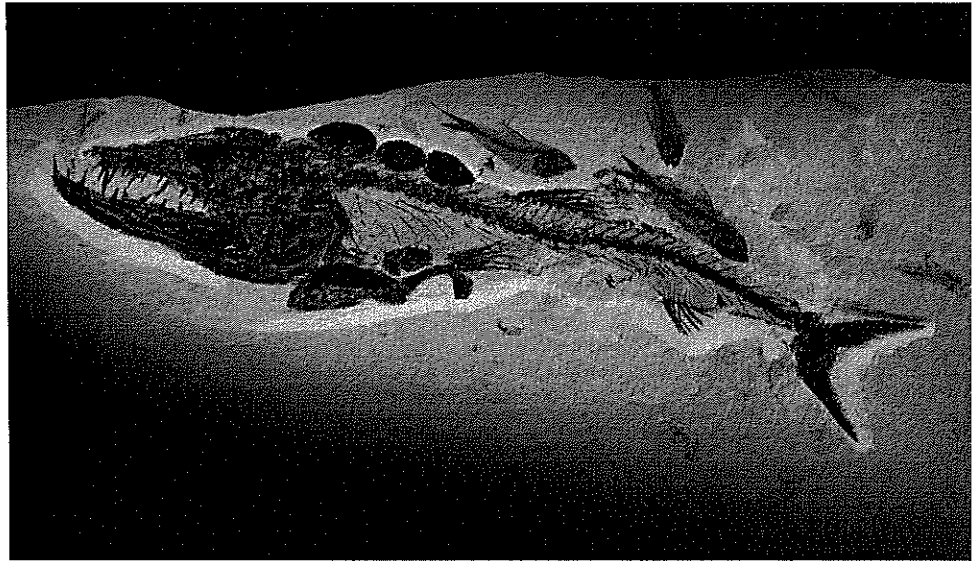


Les carrières de Hakel au Liban sont célèbres depuis plusieurs siècles par l'excellence des reproductions de formes animales livrées par la roche calcaire. Ce détail d'une grande plaque montre la fidélité de reproduction de l'anatomie de **crevettes** saisies dans leurs derniers instants de vie, probablement par suite de l'intoxication de leur milieu de vie il y a 95 millions d'années.

95
millions d'années

6 - Poisson

Nom scientifique : *Eurypholis boissieri*



90 millions d'années, ce remarquable poisson prédateur, **Eurypholis boissieri**, s'est échoué sur les fonds marins, entouré peut-être de quelques unes de ses proies habituelles, dans un lieu aujourd'hui célèbre au Liban pour la grande qualité de fossilisation des spécimens animaux et plus particulièrement des poissons.

90
millions d'années

7 - Chauve-souris

Nom scientifique : *Palaeochiropteryx tupaiodon*



Messel, en Allemagne, site classé par l'UNESCO n'est plus à présenter tant la finesse de la fossilisation dans les schistes bitumineux a permis l'extraction d'animaux de facture exceptionnelle, au squelette intact et aux parties molles parfois encore présentes . Ce **Paleochitopteryx tupaiodon** laisse deviner au seul énoncé de son nom qu'il s'agit d'une chauve souris archaïque, l'une des espèces les plus anciennes jamais découvertes, datée de 47 millions d'années.

47
millions d'années

8 - Coquille Saint-Jacques

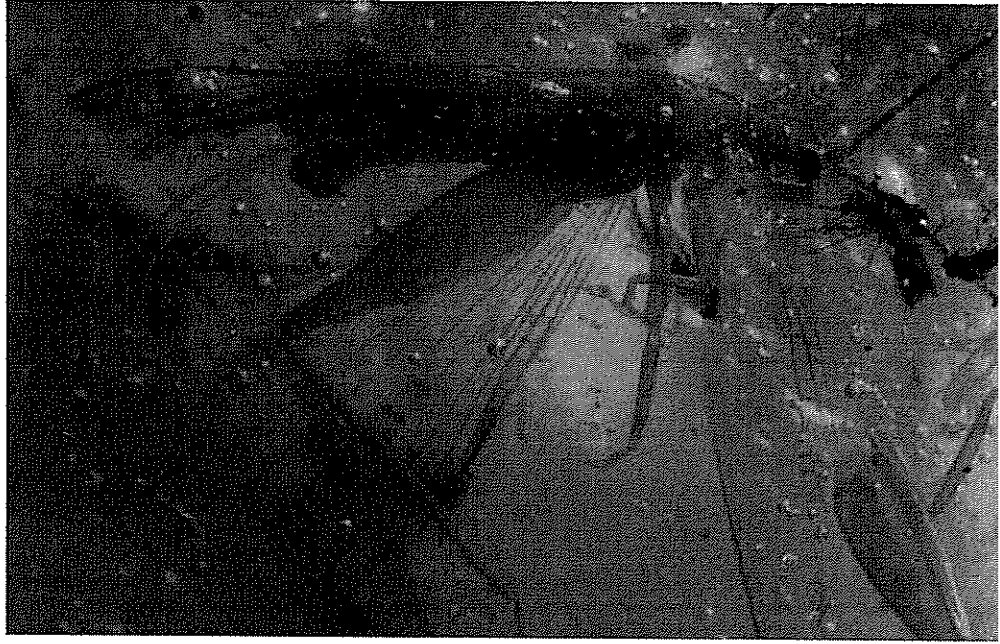
Nom scientifique : *Gigantopecten restitutensis*



Les carrières de Lacoste dans le Vaucluse en France sont certes connues pour leur exploitation de roches calcaires aux grains très fins mais aussi de tous les paléontologues qui y ont extrait de remarquables fossiles. Cette grande plaque de 90 x 70 x 17 cm est la réplique fidèle de l'entassement il y a 18 millions d'années de coquilles Saint Jacques géantes, au nom très évocateur de *Gigantopecten restitutensis*.

18
millions d'années

9 - Insecte dans du copal



Copal, ambre, pour le non spécialiste la différence n'est pas évidente. Hors une couleur plus claire pour le copal, la différence porte sur les espèces végétales qui produisent ces deux résines: des pins pour l'ambre et des légumineuses pour le copal. La question se pose aussi de savoir comment a pu se faire l'inclusion d'animaux vifs et robustes apparemment saisis dans une attitude de non résistance ! La question est toujours sans réponse affirmée et l'hypothèse la plus souvent retenue serait un écoulement très rapide de la résine accompagnée de production de gaz toxiques ! Cette magnifique **sauterelle** piégée il y a 2 millions d'années peut aussi faire rêver ceux qui espèrent retrouver son ADN intact.

2

millions d'années

Ambre ou Copal ?

Attardez-vous devant la vitrine et repérez les pièces...
Est-ce de l'Ambre ou du Copal ?
Quels critères retenir pour les différencier ?

Ce qui est identique :

-Dans les deux cas il s'agit de substance organique : résines naturelles végétales (oléorésines), dans lesquelles on peut trouver des inclusions d'insectes (surtout dans l'ambre, pour des raisons d'ancienneté paléontologique) et de végétaux (surtout dans le copal comme celui de Madagascar).

-Ces deux sécrétions se caractérisent par une cassure conchoïdale (= en forme de coquillage) et l'absence de clivage interne.

-Au-delà de leur point de fusion, qui est variable, ces sécrétions se transforment en pâte élastique et malléable, propriété utilisée par les spécialistes pour agglomérer de petits échantillons en un morceau plus gros et plus solide, lequel aura une valeur marchande plus importante, à moins qu'il ne soit destiné à la fabrication des bijoux.

Ce qui est différent :

Ces résines fossiles naturelles ne proviennent pas des mêmes espèces végétales :

L'ambre est la production exclusive de Gymnospermes.

L'ambre est une résine fossile daté généralement de 22 à 50 M.A. provenant de plusieurs conifères antiques: Araucarias (*Agathis*) pour l'ambre du Liban; Ifs, cyprés, Araucarias, Pins (*Pinus succinifera*) pour l'Ambre de la Baltique. L'ambre constitue un témoignage de la présence de grandes forêts de conifères, qui, à l'oligocène, s'étendaient à travers toute l'Europe du Nord.

La couleur de cette résine se rapproche de celle du cognac.

Pour en savoir plus

Les ambres sont classées selon l'abondance d'acide succinique* qu'elles contiennent dans leur gangue fossile.

Sur l'échelle de Mohs*, la dureté de l'ambre de la Baltique est comprise entre 2 et 2.5, elle peut parfois atteindre 3, ce qui favorise alors le travail des joailliers.

L'ambre natif répond par une fluorescence naturelle positive lorsqu'il est soumis à un rayonnement ultraviolet de grande (3.650 Å) ou de courte (2.537 Å) longueur d'onde en devenant bleu, vert, rouge ou blanc. Exposée au moins une semaine sous un fort rayonnement ultraviolet, l'ambre deviendra pulvérulent, à la différence d'un plastique. Elle est insoluble dans l'alcool.

La présence de certains insectes en inclusion dans l'ambre est utilisée par les chercheurs en raison de la relation spatiale entre l'arbre et l'animal.

L'ambre reste un corps léger par rapport aux autres minéraux, et peut flotter dans l'eau saturée de sel, ce qui explique, en partie, la dispersion des zones de dépôt le long des rivages marins. L'ambre est souvent transporté par l'eau, loin de son lieu originel de formation (et constitue alors des dépôts secondaires).

Du point de vue géographique c'est surtout dans les régions baltes, (bords de la Baltique et dans les terres) que l'on retrouve les dépôts marins d'ambres. Mais l'ambre existe aussi en plusieurs endroits selon des affleurements qui ne sont jamais industriels.

Remarque : D'un point de vue purement scientifique, l'ambre est une substance organique durcie et stabilisée (lors d'une réaction chimique qui débute sur l'arbre antique et qui va se poursuivre dans les sédiments) durant une évolution qui procède lentement : au moins deux millions d'années. Cette modification chimique (réaction de polymérisation) est à tort assimilée au processus de la fossilisation par minéralisation, lequel procède systématiquement par un remplacement inéluctable des matières chimiques initiales (=substitution moléculaire intégrale).

Pour l'ambre, le terme de fossilisation peut être consacré dans le langage populaire. Mais l'ambre, à l'inverse d'être fossile (= substitué), conserve effectivement les inclusions organiques piégées et, dans une certaine mesure, leur ADN antique.

Le copal est la production de plantes à fleurs (Angiospermes).

(Selon cette acception plusieurs résines fossiles devraient en théorie changer de vocable : résines mexicaines, dominicaines, françaises, américaines, birmanes, etc..)

Le copal est une oléorésine fossile ou sub-fossile qui provient d'une espèce végétale qui est classée dans les fabacées (légumineuses) : *Hymenaea Verrucosa* ou (*H.Courbaril*) *Caesalpiniaideae* que l'on trouve en Afrique de l'est (Tanzanie, Kenia, Mozambique, Madagascar, Zanzibar...)

La couleur de cette résine se rapproche de celle du champagne.

Pour en savoir plus

Le nom de copal vient de : « *copalli* », mot d'origine aztèque qui signifie encens, bien que les matières les plus communes soient surtout originaires d'Afrique.

Les oléorésines les plus anciennes identifiées à ce jour sont de type copal. Les résines Copalites autrichiennes, allemandes, italiennes... ont 230 M.A. !!!

Sur l'échelle de Mohs*, la dureté du copal est de 1, c'est donc une substance très tendre, ce qui explique qu'il ne soit pas communément utilisé en joaillerie. Il est soluble dans l'alcool, l'éther et l'acétone et se liquéfie à 150°C. Soumis à un rayonnement ultraviolet, il a une fluorescence blanche.

Le copal était utilisé dans l'Égypte antique; les anneaux royaux de Toutankhamon étaient ornés de scarabées en copal.

Actuellement, l'utilisation du copal est surtout industrielle. Les résines sub-fossiles et contemporaines sont alors fondues pour produire des essences que plusieurs procédés permettent de mêler à l'huile de lin ou à l'essence de térébenthine pour élaborer des vernis gras et quelques enduits utilisés pour le bois.

Si le copal est surtout originaire d'Afrique notons que quasiment toutes les régions du monde présentent leurs gisements (étant entendu que le copal provient des plantes à fleurs).

Remarque concernant les faux : En raison du prix parfois très élevé de certains échantillons proposés à la vente, plusieurs contrefaçons imitent l'ambre et également le copal insectifère.

Pour identifier les contrefaçons, il est loisible de réaliser de nombreux tests, avec une convergence d'indices assez rapide... Et, le test d'une fluorescence positive en lumière noire sera assurément le procédé le plus simple et le plus immédiat pour déceler la possible contrefaçon.

Ensuite, le critère le plus profitable à rechercher dans le fossile pour expertiser la pierre authentique sera de retrouver le hâle blanc qui entoure continuellement l'inclusion organique fossile.

Les faussaires NE SAVENT PAS REPRODUIRE cette marque des ambres authentiques. Le hâle blanc (ou voile laiteux qui entoure l'inclusion animale et/ou végétale) est le résultat d'un dégazage qui est révélé par d'infimes bulles de gaz dans la matrice. CE CRITERE EST INFAILLIBLE pour authentifier un fossile vrai d'une vulgaire copie ou même une contrefaçon très perfectionnée.

Glossaire :

*** L'échelle de Mohs :**

C'est l'échelle de dureté relative des minéraux. Cette échelle est découpée en 10 unités.

On notera qu'un cristal de carbone récemment découvert en Sibérie surpasse par sa dureté le niveau 10 qui constituait la limite admise par tous comme infranchissable de la dureté des minéraux !

*** L'acide succinique :**

L'acide succinique (HOOC-CH₂-CH₂-COOH) est un constituant essentiel du cycle de Krebs, cycle de respiration et de catabolisme des végétaux.

Cet acide est responsable de l'odeur balsamique caractéristique qui se dégage lors du ponçage de l'ambre ou de sa combustion.

Les ambres sont depuis toujours classés sur la quantité relative de ce composé dans la matrice des résines fossiles, mais, il se pourrait, que la substance puisse apparaître et se concentrer via la fermentation de la cellulose et ainsi fausser les hypothèses des affinités botaniques.

Pour aller plus loin :

Le livre : "Ambre : Miel de fortune et mémoire de vie" par Eric Geirnaert

Le premier magazine libre de droit consacré à l'ambre :

<http://ambre.jaune.free.fr/index.html#mag>

[eric_geirnaert@hotmail.com]

La faune d'Ediacara.

Il s'agit d'un groupe d'animaux fossiles datant du précambrien, découverts en 1946 dans les collines d'Ediacara au nord de l'Australie.

Les animaux groupés sous ce terme comprennent aussi des spécimens trouvés sur d'autres sites : Afrique du sud, Sibérie, Europe du nord ouest, Canada.

Cette faune a vécu durant la dernière époque du précambrien (vendien) daté de 550 à 580 millions d'années.

Caractéristiques

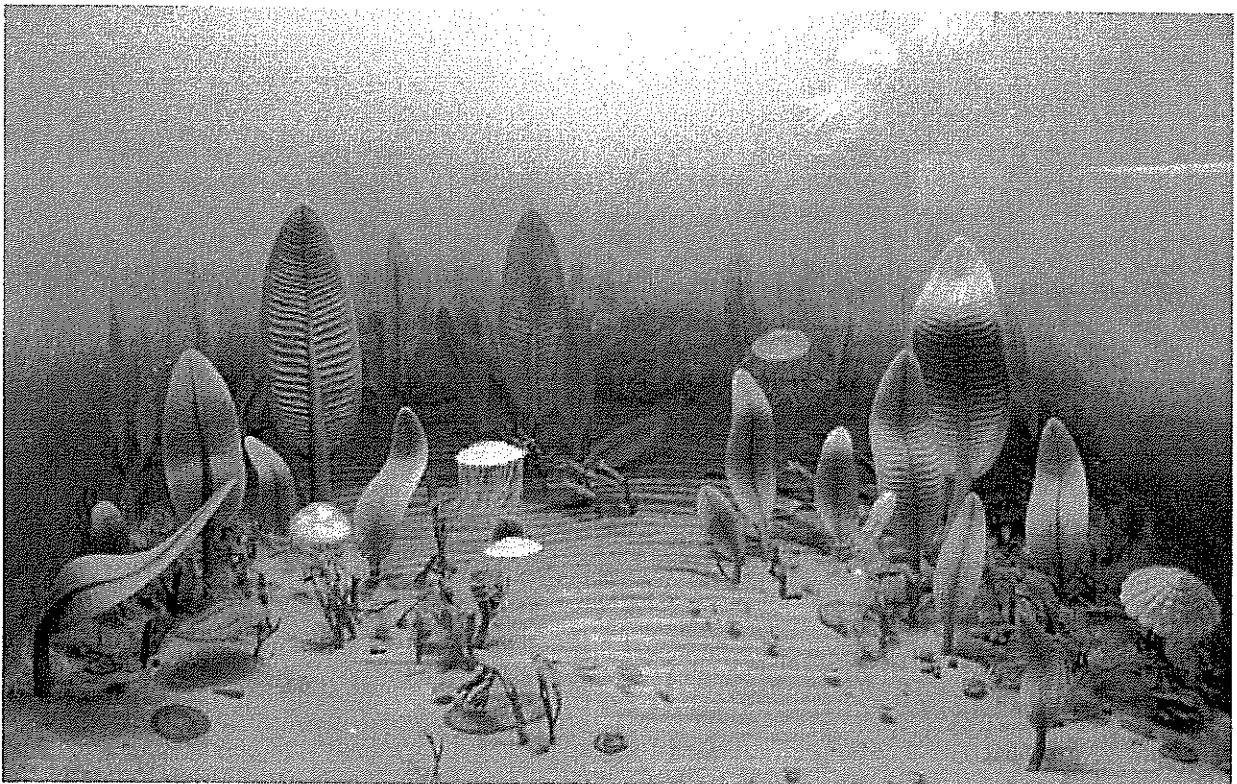
Ce sont les premiers témoins du développement des **métazoaires** (êtres vivants possédant **plusieurs cellules**, formant des **feuilletés différenciés**).

Ce sont des animaux à corps mou dont la conservation fût facilitée par l'existence d'un tégument résistant. Cette faune vivait au bord de plages sableuses, dans de l'eau peu profonde, proche des rivages.

Diversité

Les soixante espèces marines représentées partagent une morphologie proche : corps large et plat. Celles vivant sur le fond ressemblaient à des galettes, celles qui se tenaient dressées, à des plumes. (Certaines peuvent être classées parmi les méduses d'autres parmi les éponges.)

La faible concentration en dioxygène à cette époque explique cette grande surface, en effet les échanges se faisaient directement à travers la surface du corps. Il n'y avait pas de système de transport mais une simple diffusion de cellules à cellules.



La faune de Burgess

C'est un ensemble d'animaux fossiles contenus dans des roches datant du cambrien moyen (520 millions d'années). Les schistes de Burgess, situés dans les montagnes rocheuses du Canada, furent découverts en 1909. Ils sont célèbres pour avoir fourni des fossiles en grand nombre et bien conservés. On trouve aussi des fossiles de cette époque au Groënland et en Chine dans le Yunnan.

Ce sont des fossiles d'espèces appartenant à de nombreux embranchements. Ceci montre que la diversification des animaux est très ancienne, et on parle d'**explosion cambrienne** à propos de cette diversification: 46% des groupes actuels existent dès le Cambrien.

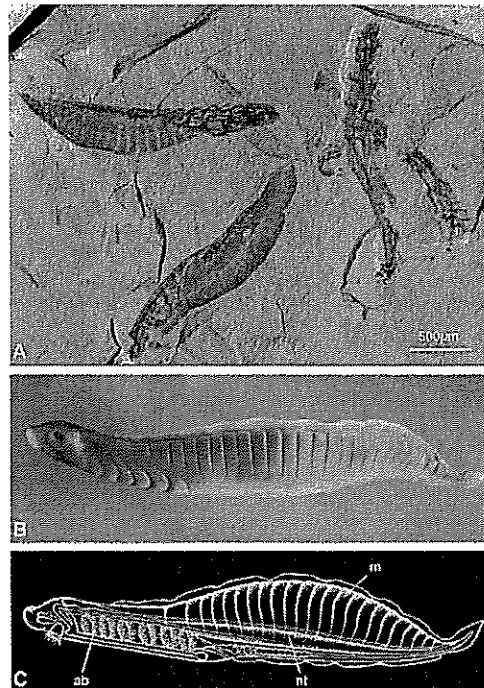
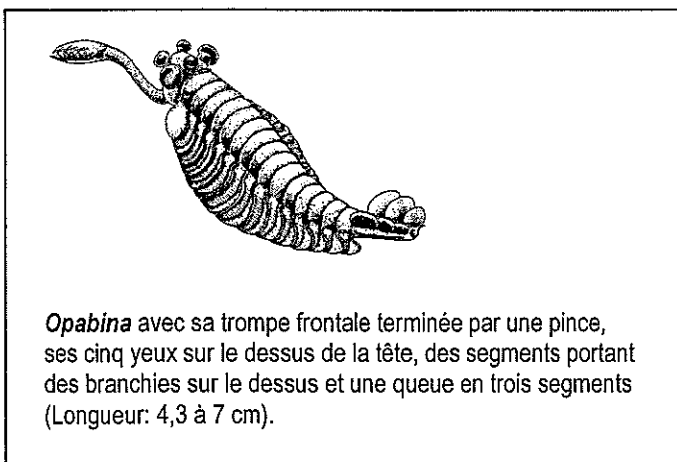
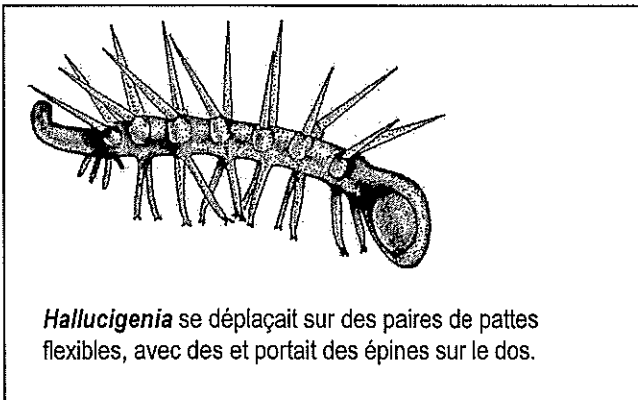
On trouve des Arthropodes, notamment des crustacés, ainsi que les célèbres trilobites qui n'ont pas d'équivalent actuel. On trouve aussi des Spongiaires, des Vers, des Brachiopodes, des Echinodermes et un Cordé primitif. On a trouvé en Chine une forme très ancienne qui semble même posséder un crâne et un squelette (Haïkouichtys) !

On trouve aussi des embranchements qui ne possèdent pas de membres actuels, qui se sont donc éteints sans laisser de descendance.

Théorie évolutive

Il est difficile de faire sur des restes anciens et rares des reconstitutions exactes qui permettraient des comparaisons avec les espèces actuelles. Ceci est à l'origine d'une discussion sur les mécanismes de l'évolution, avec plusieurs hypothèses qu'il s'agit d'étayer. L'une d'entre elle (évo-dévo, qui relie l'évolution d'une espèce au milieu où il vit et à son développement embryonnaire) explique en partie l'explosion cambrienne par plusieurs facteurs : un enrichissement en dioxygène permettant des formes de vie plus actives, plus mobiles, qui se nourrissent plus ; des relations prédateurs proies qui auraient favorisé les formes à coquille ou squelette externe ; les gènes (Hox) responsables du développement qui ont pu être un peu modifiés tout en entraînant d'importants changements de forme.

3 exemples:



Haikouella

fossile trouvé en Chine, vieux de 520 millions d'années, appartient à l'embranchement des Cordés (ou Chordés) car il possède une notocorde (lamelle cartilagineuse dorsale). L'embranchement des cordés s'est diversifié en donnant les vertébrés.

La première vitrine centrale nous permet d'admirer une météorite (une sidérite) tombée il y a 6000 ans en Argentine. Que nous racontent les météorites sur notre planète ?

Précisions sur les météorites

Un corps céleste devient une météorite lorsqu'il rentre en contact avec la surface terrestre. Dans 99 % des cas, il s'agit d'un fragment d'astéroïde après une collision, dans d'autres cas il s'agit d'éléments de la nébuleuse primitive, à l'origine du système solaire.

En moyenne, 150 tonnes de matière extraterrestre frappent la terre chaque jour. Pour une grande majorité, il s'agit de micrométéorites dont la taille varie entre 0.05 et 0.5 mm. Une grande proportion est vaporisée entre 100 et 20 km d'altitude. Sur les quelques tonnes restantes qui atteignent le sol, les 2/3 plongent dans les océans et le reste est le plus souvent perdu.

La planète manquante

Plusieurs milliers de planétoïdes dont la masse cumulée ne dépasse pas 5% de la Lune gravitent dans une zone située entre Mars et Jupiter appelée la **ceinture d'astéroïdes**. A cause des fortes perturbations gravitationnelles induites par la plus grosse planète du système solaire (la masse de Jupiter est 318 fois plus grande que celle de la Terre), les astéroïdes n'ont jamais pu s'agglomérer pour former une planète. Lors de leur révolution autour du soleil, ces corps entrent fréquemment en collision. Ces fragments seraient alors déviés et leur nouvelle trajectoire peut croiser celle de la Terre. La proximité de Jupiter serait donc responsable de l'existence des astéroïdes, donc de nombreuses météorites.

Objets Volants Identifiés

En entrant dans l'atmosphère terrestre, les fragments d'astéroïde subissent des forces de frottement portant leur température superficielle à plusieurs milliers de degrés. C'est à l'aspect qu'engendre cette fusion partielle de la croûte que l'on peut reconnaître une météorite. Les angles sont arrondis et l'aspect général est relativement lisse.

Les météorites sont classées en trois principaux groupes.

- 92 % sont des *pierres* ou *aérolithes*. Ce groupe présente une grande analogie (densité, composition) avec les basaltes ou gabbro terrestres.

Elles comprennent les chondrites (85%), qui renferment de minuscules sphérules, les chondres (0,1 à 5 mm) mélanges de silicates, métaux, sulfures et verre ; certaines renferment du carbone, dont une partie sous forme de molécules organiques.

- 6 % sont des *fers* ou des *sidérites*. Constituées pour une très grande part de fer et de nickel, leur densité est très élevée (près de 3 fois celle d'un granite). (Selon leur teneur en nickel, les sidérites présentent des figures de Widmanstätten plus ou moins importantes.) La météorite présentée ici en fait partie.
- 2 % sont des météorites mixtes ou *lithosidérites*. Elles contiennent autant de silicate que de métal.

Certaines météorites restent en dehors de cette classification. Il s'agit de fragments provenant de Mars et de la Lune. En 2002, on comptait 26 météorites martiennes et 17 lunaires.

Une rencontre peu probable

La plus grosse météorite retrouvée pèse près 60 tonnes. Toujours en place, cette sidérite fut découverte en 1920, enfoncée de 2 mètres dans un champ à Hoba (Namibie).

Il existe des témoignages de "chutes en direct". Certaines ont même été filmées. C'est le cas pour la météorite de Peekskill (Est des USA) tombée en 1992. Cet objet de 11 Kg a laissé un trou dans la chaussée de 15 cm après avoir traversé le coffre d'une voiture.

En arrivant à près de 63 000 km/h, il reste souvent peu de chose de la météorite. Ce sont surtout les indices qui permettent de reconstituer les événements. Evidemment un cratère de 1200 m de diamètre ne passe pas inaperçu. Mais tous les "trous" circulaires ne sont pas des cratères fossiles(ou astroblièmes). D'autre part, les processus géologiques (mouvements lithosphériques, érosion) effacent la partie visible des cratères. L'observation de la roche au point de chute est indispensable. Sous la violence du choc, le substrat rocheux est en partie transformé en verre. Les quartzites et les calcaires sont modifiés dans leur structure et présentent des déformations lamellaires visibles sous microscope.

Rassurez-vous, les statistiques sont formelles. La probabilité d'être percuté par une météorite de 1 mg est, pour un véhicule de 3 m de long, inférieure à une fois par an. Cet impact ne perce pas la paroi. Le risque d'une rencontre dangereuse est donc négligeable.

Que nous apprend l'étude des météorites ?

Un scénario de la naissance de notre planète

Grâce à leur étude des météorites, et à leurs observations en astronomie, les scientifiques ont reconstitué le scénario probable de la naissance de notre planète : dans les premiers 100 millions d'années après la naissance de notre étoile, Soleil (4,568 milliards d'années), la matière formant la nébuleuse primitive autour de cette étoile s'est condensée, en grains de plus en plus gros, puis en planètes, par gravitation. (Cette gravitation continue de s'exercer lorsque des météorites chutent sur la Terre.)

Grâce aux météorites, des connaissances sur la composition de la planète Terre

On estime que les chondrites sont des corps célestes dont la composition est la plus proche de celle de la planète Terre dans sa globalité. On arrive donc, connaissant la composition des roches de surface, à calculer la composition en éléments présents dans le noyau terrestre : elle se rapproche de celle des sidérites comme celle qui est présentée dans le premier carré de la salle Paroles de Terre.

Une hypothèse sur l'origine de la vie

Les météorites contiennent toutes du carbone, en particulier, dans les chondrites carbonées, sous forme de molécules organiques. On estime à 500 T de carbone par an la quantité de carbone qui arrive sur la planète par les météorites ou les micrométéorites. Ce flux a été encore bien plus important dans le premier milliard d'années d'existence de la planète, et on estime que la Terre a alors reçu l'équivalent de 150 fois la masse actuelle du carbone biologique recyclable. Il n'est donc plus exclu que ces premières molécules carbonées d'origine extraterrestre soient une origine probable des premières réactions chimiques à l'origine de la vie !

Une des causes possibles d'extinctions

Les dinosaures et ammonites, ainsi que bien d'autres espèces disparues à la fin du crétacé (-65 millions d'années) auraient été victimes de la chute d'un astéroïde dont on a trouvé l'impact dans le golfe du Mexique ; on a trouvé d'autres impacts de la même époque, qui seraient dues à une collision entre astéroïdes 95 millions d'années auparavant. En fait, d'autres phénomènes sont aussi largement en cause : des éruptions volcaniques majeures, ayant eu un impact sur le climat. Mais d'autres extinctions seraient peut-être aussi liées en partie à des chutes de météorites.

La genèse des Alpes

Echelle des temps géologiques dans la région de Grenoble : à compléter

| Eres Ages | Périodes | Epoques | Etages | Evènements géologique | Traces biologiques et géologiques |
|---|--------------------|---|---|---|--|
| Quaternaire (cénozoïque) - 2 Ma | néogène | Holocène Pléistocène | | Glaciations | Outils Galets striés Homo |
| Tertiaire (cénozoïque) - 65 Ma | néogène | pliocène miocène | | Erosion des Alpes naissantes Paroxysme du plissement alpin | Galets d'érosion |
| | paléogène | oligocène éocène paléocène | | Plissement alpin | Diversification des oiseaux et des mammifères |
| Secondaire (mésozoïque) - 250 Ma | crétacé | supérieur inférieur | | Fermeture de l'océan alpin | Fin des dinosaures Ammonites |
| | jurassique | supérieur moyen inférieur | oxfordien callovien toarcien | Apparition de la croûte océanique | 1 ^{er} oiseaux 1 ^{ère} plantes à fleurs |
| | trias | | | Ouverture de l'océan alpin Mer alpine peu profonde | 1 ^{er} dinosaures |
| Primaire (paléozoïque) - 570 Ma | permien | | | Volcanisme Erosion, pénéplaine | Formation de la houille |
| | carbonifère | | | | Fougères arborescentes |
| | dévonien | | | | Sortie des eaux |
| | silurien | | | Soulèvement de la chaîne Hercynienne | Trilobites. Explosion des formes de vie |
| | ordovicien | | | | |
| | cambrien | | | | |
| Précambrien Protérozoïque Archéen - 3800 Ma Hadéen - 4800 Ma | Ediacarien | | | Faune d'Ediacara | |
| | | | | | 1 ^{ère} formes de vie |

1 - films (documentaires enfants et tous publics)

Documentaires BBC / France Télévision

Sur la terre des dinosaures (6 épisodes)

Sur la terre des monstres disparus (6 épisodes)

Sur la terre des géants

L'odyssée de l'espèce (France3)

La planète miracle 1 et 2 (18 épisodes), Série franco-japonaise.

Les enquêtes de la Luciole (Cap canal) :

C'est quoi un fossile ?

C'est pas sorcier :

L'évolution, les coulisses du Muséum.

Sur les traces des dinosaures.

Les mammouths : la parole est à la défense.

Le dernier charbon.

Tous au charbon.

2 - bibliographie

Les fossiles racontent le passé, Aliko, Circonflexe

Les ammonites, BT nature, PEMF

Les réserves naturelles géologiques, BT nature, PEMF

La Terre : pierres et fossiles, Larousse.explore

Les fossiles témoins de l'évolution, pour la science, Éditions Belin

Le livre de la vie, Éditions du Seuil de Stephan Jay Gould

Sur les traces de Spéléa, BD de Y.Juvin d'après B. Caillat, CPIE / PNR du Vercors.

Le temps des dinosaures, les yeux de la découverte, Gallimard

3 - webographie (quelques idées)

http://www.grenoble.iufm.fr/depart/svt/ressources/fossiles_et_fossilisation/ACCUEIL.htm

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/>

<http://www.diffusion.ens.fr/> (les must du savoir)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Fossile> (l'encyclopédie participative)

<http://www.cnrs.fr/cnrs-images/sciencesdelaterreaulycee/> (pour réviser les cours)

http://www.chez.com/guillou/presentation/fossile/fossile_f.htm (schéma de fossilisation)

<http://www.sst.unil.ch/Musee/expos/itiner/ammonites/> (histoire d'ammonites)

<http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/table.matiere.html> (un cours complet)

Programmes scolaires en lien avec la salle Parole de Terre

Une visite au Muséum, en plus de toutes les activités de langage qu'elle permet de mettre en œuvre, permet de viser les compétences suivantes:

(Extrait des textes officiels: **socle commun des compétences et connaissances**)

Culture humaniste: donner à chacun l'envie d'avoir une vie culturelle personnelle par (...) la fréquentation de musées...

Autonomie et initiative: développer la capacité des élèves à apprendre tout au long de la vie.

Dans le socle commun, la salle Parole de Terre permet de construire la connaissance visée (culture scientifique):

"Chacun doit connaître les caractéristiques du vivant: unité du vivant et évolution des espèces."

Ecole maternelle et primaire

Dans les nouveaux programmes, les fossiles ne sont pas officiellement un outil d'étude, par contre les élèves peuvent admirer et décrire, raconter (dernières traces et agonie du calamar, empreintes du Grallator, ponte de l'Oviraptor par exemple) et découvrir des êtres vivants qui ont disparu dans un passé lointain !

Collège

Cinquième:

Géologie externe: évolution des paysages

Connaissances: "Les roches sédimentaires peuvent contenir des fossiles: traces ou restes d'organismes ayant vécu dans le passé. Les observations faites dans les milieux actuels, transposés aux phénomènes du passé, permettent de reconstituer certains éléments des paysages anciens. Les roches sédimentaires sont donc des archives des paysages anciens."

Capacités: "Rechercher l'information utile, l'analyser la trier afin de déterminer un organisme fossile à partir d'une clé de détermination; rechercher l'information utile et mobiliser ses connaissances en situation afin de replacer un organisme fossile dans la classification actuelle ; mettre en œuvre un raisonnement pour décrire les conditions et le milieu de dépôt d'un sédiment ancien ."

Quatrième:

Activité interne du globe:

"Les **plaques** sont mobiles les unes par rapport aux autres et leur mouvement modifie la surface du globe... La collision des continents engendre des déformations et aboutit à la formation des chaînes de montagne.

Troisième (programmes 2007/2008)

Toute la partie intitulée: **Evolution des organismes vivants et histoire de la Terre**

Lycée

Seconde

Cellule, ADN et unité du vivant

« Parenté et diversité des organismes. Les vertébrés présentent des similitudes anatomiques qui se traduisent par un plan d'organisation commun....Les similitudes...conduisent à la notion d'origine commune des espèces. »

Terminale S

Approche du temps en biologie et géologie

La recherche de parenté chez les vertébrés – l'établissement de phylogénie.

Salle Genèse des Alpes

En plus de nous raconter l'**histoire géologique des Alpes** (voir activité de reconstitution), cette salle permet de comprendre la **démarche du géologue**, qui passe de l'indice (roche, fossile...) à la reconstitution du paysage, et d'approcher la **difficile notion du temps en géologie**.

Les indices des géologues

Les **fossiles** donnent une indication sur le **milieu** de vie des animaux disparus, et leur succession permet de constater leur **évolution**. Certains de ces fossiles sont utilisés pour la **datation** des roches qui les contiennent.

Les **roches** portent en elles des informations sur les conditions de leur formation.

Les **roches sédimentaires** (calcaires, marnes, grès, évaporites...) résultent d'un dépôt au fond d'une eau plus ou moins agitée, plus ou moins profonde.

Les **roches magmatiques** résultent du refroidissement d'un magma, les cristaux alors formés sont d'autant plus gros que le refroidissement est lent. Les **roches volcaniques** (ex : basalte) renferment des cristaux de petite taille ainsi que du verre, figé sans cristalliser. Les **roches plutoniques** (ex : granite) ne possèdent que de gros cristaux visibles à l'œil nu.

Les **roches métamorphiques** (ex : gneiss) sont d'anciennes roches ayant subi des déformations dues à de fortes variations de pressions et températures, signe qu'une roche a été enfouie à grande profondeur, ou bien s'est retrouvée soumise à un écrasement de grande force. On retrouve ces déformations à l'échelle du paysage dans les plis et dans les failles.

Le temps en géologie

Le temps semble élastique et déformé en géologie : on connaît beaucoup de choses sur les périodes les plus récentes, qui sont aussi les plus courtes, et il s'est passé de très longues périodes (précambrien) sur lesquelles on a peu d'évènements à raconter. L'observation de l'échelle des temps est l'occasion d'en discuter. On pourra faire remarquer que les dinosaures ne sont pas des animaux préhistoriques (fausse idée courante y compris dans certains livres), et aller voir les vrais animaux préhistoriques dans la dernière vitrine du parcours.

On pourra proposer des activités supplémentaires pour tenter de « mesurer » les différences de durée.

La Terre ayant 4,57 milliards d'années, si on traduit cette durée en 150 secondes, ou en 150 pas à parcourir, avec une règle de trois approximative, on peut positionner ces jalons de l'histoire de la Terre :

| |
|--|
| Naissance de la terre : 4,57 milliards d'années, 0 secondes, 0 pas |
| Naissance de la vie (microorganismes) 3,8 milliards d'années, 23 secondes, 23 pas |
| Naissance de nombreux groupes, vertébrés, arthropodes : 540 millions d'années, 132 secondes, 132 pas |
| Conquête de la terre ferme : 450 millions d'années (Ma), 135 secondes, 135 pas |
| Grandes forêts houillères : 345 Ma, 138 secondes, 138 pas |
| Grande extinction, les trilobites disparaissent : 250 Ma, 141 secondes, 141 pas |
| Extinction des dinosaures et des ammonites : 65 Ma, 147 secondes, 147 pas |
| Formation des Alpes : 40 Ma, 149 secondes, 149 pas |
| Apparition de l'Homme moderne, début de la Préhistoire : 200 000 ans, 150 secondes, 150 pas. |

(Si on veut faire figurer le Big Bang (explosion de matière à l'origine de notre univers) 13 milliards d'années, on devra encore reculer de 450 pas derrière la naissance de la Terre...)



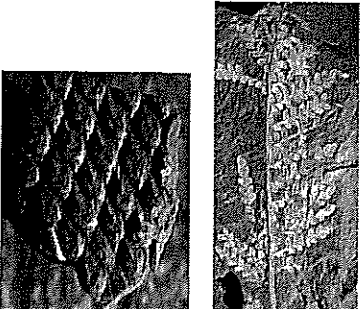

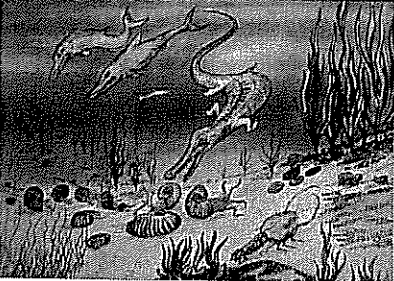
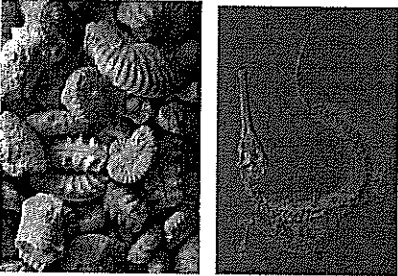
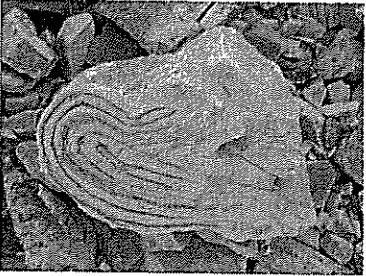

Notre région au cours des temps géologiques

La salle Genèse des Alpes te permet de reconstituer les grands traits de l'histoire géologique de notre région: retrouve, pour chaque ère géologique, le paysage qui lui correspond, les indices que les géologues ont trouvé pour le savoir, le récit géologique ; tu trouveras la durée de chaque ère sur l'échelle chronologique au début du parcours.

Ecris la lettre de l'étiquette choisie dans chaque case ; plus tard tu pourras découper et coller correctement tes étiquettes.

| Eres | Paysage dans notre région | Indices des géologues (roches, fossiles) | Récit |
|---------------------------------------|---------------------------|--|-------|
| Ere primaire Durée : | 1 | 2 | 3 |
| Ere secondaire Durée : | 4 | 5 | 6 |
| Ere tertiaire Durée : | 7 | 8 | 9 |
| Ere quaternaire Durée : | 10 | 11 | 12 |

Etiquettes à placer dans les bonnes cases

| | | |
|--|---|---|
| <p>a</p> <p>L'Homme s'installe dans la région et modifie le paysage.</p> | <p>b</p>  | <p>c</p>  |
| <p>d</p>  | <p>e</p> <p>L'océan est fermé, les roches sont déformées et s'élèvent en altitude : les Alpes se soulèvent.</p> | <p>f</p>  |
| <p>g</p>  | <p>h</p>  | <p>i</p> <p>La région est couverte de forêts bordant des lacs.</p> |
| <p>j</p>  | <p>k</p> <p>La région est couverte d'un océan où vivent des animaux marins.</p> |  |

Histoire géologique des Alpes

(Solutions au tableau : 1l ; 2d ; 3i ; 4g ; 5h ; 6k ; 7c ; 8j ; 9e ; 10f ; 11b ; 12a)

Ere primaire ou paléozoïque : -540 à -250 Ma.

Une chaîne de montagne se forme, puis s'érode : la chaîne hercynienne. Au Carbonifère, les forêts se développent et accumulent de la matière végétale qui n'est pas recyclée, c'est celle qu'on prélève dans les mines d'antracite. Les arbres à bois, à fleur, à graine n'existent pas encore. Ce sont de gigantesques fougères ou prêles, qui de nos jours dépassent rarement le mètre.

Ere secondaire ou mésozoïque : -250 à -65 Ma

La région est couverte d'une mer plus ou moins profonde, et de la croûte océanique finit même par se former. Les vitrines concernant cette période sont nombreuses, car les roches que nous avons sous les yeux (calcaires de Chartreuse et du Vercors) en proviennent et nous ont fourni de nombreux fossiles marins. C'est le cas du crocodile *Steneosaurus*, sorte de gavial des lagunes ; des nombreuses ammonites, sortes de pieuvres logées dans une coquille enroulée ; des rostrés de belemnites, équivalents des « os » de seiches ; du lis de mer, animal voisin des oursins et étoiles de mer malgré son allure végétale ; de coquillages de mollusques bivalves, les rudistes, typique des calcaires durs de Chartreuse et du Vercors.

Ere tertiaire ou début du cénozoïque : -65 à -2 Ma

Les Alpes se soulèvent par la fermeture de l'océan alpin et la rencontre des continents africain et européen ; les pressions qui en résultent rompent les roches (failles), les déforment (plis) ou changent même la disposition et la nature des minéraux qu'elles contiennent (roches métamorphiques). En bordure de l'arc alpin des dépôts continuent (sables, graviers à l'origine de la molasse).

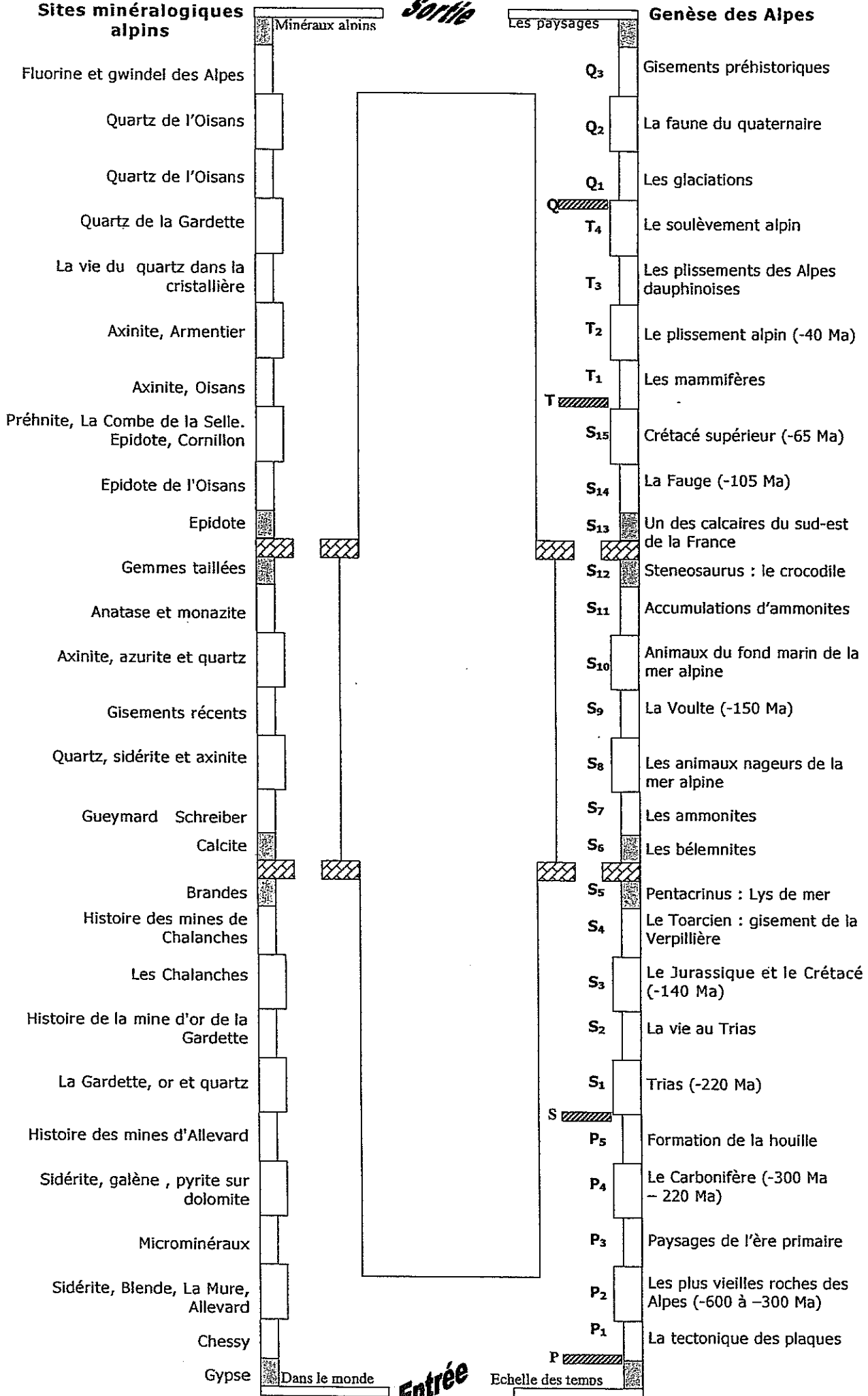
Ere quaternaire ou fin du cénozoïque: -2Ma à nos jours !

Des glaciations se succèdent et les glaciers modelent le relief des vallées ; l'Homme à son tour va venir s'installer et modifier le paysage comme on peut le constater dans les tous derniers clichés !

Sites minéralogiques alpins

Sortie

Genèse des Alpes



Entrée

La genèse des Alpes

Echelle des temps géologique dans la région de Grenoble : à compléter

| Ages | Eres | Périodes | Epoques | Etages | Evènements géologiques dans la région (extension,...érosion ...soulèvement etc ...) | Traces biologiques et géologiques importantes | |
|-------------|-----------------------------|---------------|---------------------------|-----------|---|---|--|
| Actuel | Quaternaire (cénozoïque) | | | | | | |
| -2Ma | | | | | | | |
| - 65 Ma | Tertiaire (cénozoïque) | Néogène | Pliocène | | | | |
| | | | Miocène | | | | |
| | | Paléogène | Oligocène | | | | |
| | | | Eocène | | | | |
| | | | Paléocène | | | | |
| -248Ma | Secondaire (mésozoïque) | Crétacé | Supérieur | | | | |
| | | | Inférieur | | | | |
| | | Jurassique | Supérieur | Oxfordien | | | |
| | | | Moyen | Callovien | | | |
| | | | Inférieur | Toarcien | | | |
| | | Trias | | | | | |
| | | -590Ma | Primaire (paléozoïque) | Permien | | | |
| Carbonifère | | | | | | | |
| Dévonien | | | | | | | |
| Silurien | | | | | | | |
| Ordovicien | | | | | | | |
| Cambrien | | | | | | | |
| -590Ma | Précambrien | Protérozoïque | | | | | |
| | | Archéen | | | | | |

GENESE DES ALPES

FICHE DE TRAVAIL

Il y a 4,5 milliards d'années naissait la_____.

↳ ERE I (_____ millions d'années = Ma) .

De nombreuses montagnes s'élèvent à la place de la France, c'est la chaîne_____.

A l'époque carbonifère, apparaissent les forêts_____
il y a _____ Ma.

↳ ERE II (_____ Ma)

La chaîne Hercynienne a disparu et Grenoble se situe sous la mer. Le fossile en spirale de l'_____ est le témoin de cette période.

Pendant ce temps sur terre de grands vertébrés appelés, les _____
étaient les maîtres du monde.

↳ ERE III (_____ Ma)

De nombreuses _____ plissées nous indiquent une collision entre l'Europe et l'Afrique, à cette période naissent les_____. Par un phénomène de compression, les sédiments marins du fond de l'océan alpin deviennent de grands massifs calcaires comme la Chartreuse ou le_____.

↳ ERE IV (_____ Ma)

C'est à cette époque qu'apparaissent les premiers_____ préhistoriques.

D'immenses_____ recouvrent la région et creusent de profondes vallées.

Houillère - Dinosaures - Hercynienne - Roches - Alpes - Ammonite - Vercors - Hommes - Glaciers
Terre - 280 - 230 - 570 - 2,5 - 65 -

Le plissement des Alpes dauphinoises.

Le plissement des Alpes dauphinoise débute à la fin de l'ère Secondaire, au Crétacé supérieur il y a 80 Ma. A cette époque, l'océan alpin s'engloutit par subduction sous sa bordure continentale orientale, alors située bien au-delà de l'emplacement actuel de Turin, cette bordure pouvant être considérée comme une avancée du domaine africain. Le trop-plein d'eau océanique est rejeté vers les futures régions de Briançon et de Grenoble, qui sont donc alors assez profondément immergées.

A l'Eocène inférieur, il y a 60 millions d'années, l'océan alpin disparaît. Il reste quelques traces de son fond sous la forme de roches volcaniques basaltiques nommées les ophiolites. La marge "africaine" qui s'avance vers l'ouest fonctionne comme un bulldozer et refoule ces roches volcaniques sur la marge "européenne" qui commence à se raccourcir surtout au voisinage de la zone de collision, l'actuelle frontière franco – italienne.

Les sédiments du fond de l'océan, décollés et expulsés vers l'ouest, s'ajoutent à ceux qui recouvraient le bord de cette marge européenne et qui se décollent à leur tour en donnant les premières nappes de charriage en mouvement vers l'ouest.

Dans cette direction, le contrecoup de la collision fait se soulever la future région grenobloise dont la mer est ainsi chassée définitivement.

A l'Eocène supérieur, il y a 40 millions d'années, l'écrasement dû à la collision des deux marges s'accroît et gagne vers l'ouest. La future région de Briançon est affectée et les sédiments marins qui venaient de s'y déposer sont mis à sec, plissés et charriés.

Au Miocène supérieur, il y a 10 millions d'années, la contraction persiste et gagne la future région de Grenoble. À ce stade, tout le domaine alpin est maintenant plissé et se soulève lentement, rejetant la mer vers l'ouest dans une dépression périalpine, la future vallée du Rhône. Inversement, les parties de la chaîne les plus anciennement plissées, côté italien, commencent à s'affaisser : le bassin de Pô prend naissance.

Durant le Quaternaire, la contraction s'est encore accentuée, ainsi que les mouvements verticaux qui en sont la conséquence et qui peuvent être soit des affaissements (plaine du Pô) soit des soulèvements qui donnent naissance aux massifs géographiques actuels, par exemple le massif de Belledonne.

La cicatrice de l'ancien océan alpin n'est plus qu'une étroite bande de roches longeant la plaine du Pô, à laquelle s'ajoutent quelques témoins conservés par l'érosion au sommet de l'empilement des nappes tel que le massif du Chenaillet près du col du Mongenèvre.

Age de la Terre

L'âge de la Terre a d'abord été évalué par l'étude littérale de la Bible. Un religieux anglais a même calculé la date exacte de la création, en remontant la généalogie des personnages bibliques ! Il a obtenu un âge de l'ordre de 6.000 ans.

Buffon le premier a tenté de faire une mesure scientifique. En supposant que la Terre avait été créée chaude, les roches étant à l'état liquide, il a calculé combien de temps il leur aurait fallu pour se refroidir jusqu'à leur température actuelle. Il a ainsi obtenu un âge de 75.000 ans, ce qui était difficile à croire pour les mentalités de l'époque. C'était donc un très grand progrès, malgré une valeur très inférieure à la réalité. En fait, Buffon avait trouvé 3 millions d'années, mais il n'avait pas osé le publier...

Un anglais a ensuite utilisé une autre méthode : il a supposé que les sédiments se déposaient à vitesse constante au fond des mers, et connaissant la vitesse actuelle et l'épaisseur atteinte, il en a simplement déduit combien de temps ce dépôt avait duré. Il a obtenu 96 millions d'années, valeur encore insuffisante, mais constituant un pas de plus vers la solution du problème.

Autre détermination (anglaise aussi), autre méthode : au départ, il n'y avait pas d'océans. Ils se sont déposés par condensation de la vapeur d'eau après refroidissement suffisant de la Terre. C'était donc de l'eau douce ; le sel a été transporté ensuite dans les océans par les fleuves, qui lessivent les sols et dissolvent le sel qu'ils contiennent. On sait mesurer la quantité d'eau arrivant chaque année dans les mers, et en supposant constante la quantité de sel qu'elles y amènent, il est facile de déterminer le temps passé pour atteindre la salinité actuelle. Cette méthode elle aussi a donné une valeur de l'ordre de 95 millions d'années. Ceci est un peu gênant, puisque cette méthode semble conforter la précédente...

Plus tard, lord Kelvin a recalculé le temps mis par la Terre pour se refroidir, après avoir fait des expériences sur des boules de roches chauffées, et a obtenu entre 20 et 400 millions d'années...

Tous ces chercheurs ne savaient pas que la chaleur interne de la Terre, comme celle des autres planètes telluriques, est d'origine *radiogénique* (? ! *Radiogénique* : engendré par la radioactivité des éléments naturels qui se désintègrent). La chaleur primordiale a été évacuée depuis très longtemps, mais les désintégrations de l'uranium en particulier produisent de la chaleur qui maintient la température. Donc, si l'idée était bonne, elle ne pouvait mener à une valeur correcte !

Il nous faut considérer la décroissance radioactive : prenons par exemple l'uranium 235, qui se désintègre en plomb 207, avec une période de 710 millions d'années. Chaque atome radioactif est susceptible de se désintégrer à tout instant, mais on ne peut pas savoir quand il le fera. Comme on ne peut pas attendre patiemment (des millions d'années...) en scrutant un atome particulier, on observe une grande quantité d'atomes à un instant donné, puis cette même masse un peu plus tard. On calcule combien d'atomes se sont désintégrés entre temps. On en déduit ce qu'on appelle la période d'un élément radioactif : c'est le temps au bout duquel la moitié des atomes se seront désintégrés.

Pour l'uranium 235, ce temps est de 710 millions d'années. Au bout de 710 millions d'années, on trouvera donc deux fois moins de cet uranium. Au bout de 710 nouveaux millions d'années, il ne restera plus que la moitié de la moitié, donc le quart... Par contre, la concentration de plomb va augmenter, puisqu'il se forme à partir de l'uranium. Si on détermine le rapport de plomb et d'uranium, on peut en déduire l'âge de la roche. Les valeurs ainsi trouvées sur des roches de l'écorce terrestre sont de l'ordre de 4 milliards d'années.

Mais la Terre s'est constituée avant, puis elle s'est différenciée (chute vers le centre des éléments lourds qui ont formé le noyau, montée en surface des éléments légers qui ont formé la croûte). Ce qu'on a obtenu est donc l'âge de la croûte terrestre, pas l'âge de la Terre.

Actuellement, on connaît des roches dans l'ouest du Groenland dont l'âge est de 3,9 milliards d'années. Mais l'âge de la croûte terrestre est encore plus élevé, il est de l'ordre de 4,7 milliards d'années. Pourquoi ? Parce que la surface du globe a été transformée après sa formation, par le bombardement des météorites qui erraient en abondance dans les parages de la Terre à l'époque. Lorsque les météorites se sont faites plus rares, les roches ont pu se stabiliser. Cet âge est comparable avec celui des plus anciennes roches lunaires, et celui des météorites. On gardera en mémoire que le système solaire globalement est âgé d'environ 5 milliards d'années. On étudiera plus tard la formation du système solaire.

Un autre indicateur nous vient des météorites : certaines parties (chondres) se sont formées à haute température (1.400°). Donc lorsque la Terre était encore chaude, non différenciée. En utilisant la même méthode de datation sur les chondres, on obtient un âge de 4,6 milliards d'années. C'est l'âge du système solaire, au moment de la formation des planètes (chaudes).

Durée de l'année, le calendrier

La durée astronomique de l'année, c'est celle qui influe sur notre vie quotidienne, car elle fixe la position du Soleil par rapport à la Terre, et donc les saisons. Elle était d'une importance primordiale pour les Egyptiens anciens, car la crue fécondatrice du Nil se produisait très régulièrement à la même époque par rapport au Soleil. Les anciens Egyptiens se sont donc vite préoccupés de la durée de l'année, et ils ont trouvé la valeur 365,25 jours il y a plus de 4.000 ans ! Malgré cet exploit, leur calendrier ne comportait que 365 jours, et dérivait très vite par rapport aux saisons...

Ce résultat a été atteint par l'observation d'un phénomène astronomique dépendant fortement de la position de la Terre sur son orbite : le lever héliaque de Sirius. Une étoile, ici Sirius, se trouve à certaine époque de l'année derrière le Soleil, donc invisible de la Terre. Puis, à mesure que la Terre tourne autour du Soleil, elle va peu à peu se dégager de sa lumière, et devenir visible à nouveau. C'est ce moment que l'on appelle lever héliaque de l'étoile (du nom grec du Soleil, Hélios). Les Egyptiens ont très tôt remarqué que la crue du Nil survenait peu de temps après le lever héliaque de Sirius, et donc ils ont observé précisément ce phénomène. Ils ont eu accès à la durée de l'année par là. L'erreur sur le lever héliaque est d'une journée seulement, bien plus faible que par tout autre moyen d'observation courant.

Jules César a voulu établir un calendrier précis, et il en a chargé l'astronome Egyptien Sosigène. Celui-ci a donc défini une année commune de 365 jours, trop courte. Il a prévu une année anormale, comportant un jour de plus, donc 366. En prenant 3 années communes suivies d'une année longue, on obtient en 4 ans : $3 \times 365 + 366 = 1.461$ jours. Ceci fait une moyenne de 365,25 jours, le but est atteint.

Il fallait savoir à quelle date ajouter le jour supplémentaire. Dans le calendrier latin, le mois était divisé en périodes nommées Nones, Ides et Calendes. De plus, les jours étaient numérotés à l'envers... On parlait ainsi du 6^{ème} jour avant les calendes de mars, en latin : *sexto ante calendas martii*. Et c'est justement celui-là qu'on a décidé de doubler, ce qui fait que le jour supplémentaire s'est appelé tout naturellement *bis sexto ante calendas martii*, en abrégé *bis sexto*. C'est l'origine du mot bissextile. Plus tard, le jour ajouté a été repossé à la fin du mois de février.

La règle julienne est : "les années dont le millésime est divisible par 4 sont bissextiles".

Malgré tout, la durée astronomique de l'année, ou *année tropique*, n'est pas exactement de 365,25 jours, mais plus précisément de 365,2422 (l'année tropique est l'intervalle de temps qui sépare deux équinoxes de printemps successifs). Bien sûr, la différence est faible, mais quand on l'accumule pendant des siècles... C'est ainsi qu'un peu avant 1582, le pape Grégoire XIII a trouvé insupportable le décalage qui s'était creusé entre le calendrier et les saisons réelles. Il a décidé d'y mettre bon ordre, et donc de donner une nouvelle définition de l'année.

Voyons comment :

La valeur précise 365,2422 est plus courte que la valeur de 365,25 ; la différence est $365,25 - 365,2422 = 0,0078$ jour. C'est très faible, mais l'erreur en un siècle est 100 fois plus grande, donc de 0,78 jour. On remarque que 0,78 est à très peu près $3/4$ de jour (0,75). Donc l'erreur est de $3/4$ jour par siècle, ce n'est encore pas un entier. Prenons maintenant une période de 4 siècles : l'erreur sera de $4 \times 3/4 = 3$ jours !

Donc l'année du calendrier julien est trop longue de 3 jours en 400 ans ; il faut supprimer trois jours du calendrier en 400 ans. Puisqu'on ajoute des jours (les bissextiles), on va tout simplement en ajouter un peu moins, d'où la règle grégorienne :

"les années séculaires (comme 1600, 1700, 1800, 1900, 2000...) sont bissextiles si leur millésime est divisible par 400 ; les autres le sont si leur millésime est divisible par 4".

Ainsi, la règle julienne est conservée pour presque toutes les années, donc la modification est insensible. Par contre, les années séculaires, qui étaient toutes bissextiles avant, ne le sont plus qu'une fois sur quatre, et la correction est donc bonne. Ainsi 1600 et 2000 ont été bissextiles, mais 1700, 1800 et 1900 ne l'ont pas été (alors qu'elles auraient dû l'être si on avait conservé le calendrier julien).

En 1582, le calendrier avait déjà dérivé de 10 jours. Grégoire XIII a décidé de supprimer 10 jours pour rétablir l'équinoxe de printemps au 21 mars. C'est ainsi que le lendemain du jeudi 4 octobre 1582 a été le vendredi 15 octobre ! Cette réforme n'a pas été adoptée partout en même temps. Les Russes ne l'ont pas acceptée, et ce n'est qu'au moment de la Révolution d'octobre (qui a donc eu lieu en novembre...) qu'ils ont changé de calendrier.

Il faut ajouter que le calendrier Julien puis le calendrier Grégorien, sont à la fois solaire et lunaire. En effet, l'un des principaux problèmes du calendrier a été la détermination de la date de Pâques. Or Pâques doit survenir le premier dimanche qui suit (strictement) la première pleine lune de printemps. Ceci fait intervenir la lune dans notre calendrier, mais c'est un problème complexe que nous ne traiterons pas ici.

A propos de calendrier, pourquoi dit-on "renvoyer aux calendes grecques" ? ... Il n'y a jamais eu de calendes dans le calendrier grec ! Cette locution vient d'une expression romaine : "ad calendas græquæ solvere" dont la signification est plus précisément "payer aux calendes grecques". Elle s'appliquait aux mauvais payeurs dans la Rome antique.

Les pierres de constructions du Muséum de Grenoble

La pierre (ou marbre) de l'Echaillon. Ce très beau calcaire blanc a été employé non seulement dans la construction mais dans la statuaire car il se sculpte et se polit très bien. Il s'agit du faciès corallien du Jurassique supérieur (distinct donc du faciès « tithonique » des environs mêmes de Grenoble) : en fait, bien que formant la proue du Vercors vers le N, il appartient par ses faciès au Jura, l'Echaillon étant le point ou l'un de ces derniers chaînons jurassiens vient se fondre dans les chaînes subalpines.

Comme pour l'Urgonien, il montre tous les intermédiaires entre les sédiments du récif lui-même, plus ou moins noduleux, voire pseudo-bréchiques, avec de nombreux fossiles caractéristiques de ce milieu de sédimentation : coraux, oursins à piquants énormes, mollusques à teste épais (Rudistes) pour résister au choc des vagues, etc., et les faciès très fins, homogènes, résultant de la précipitation chimique du CO₃Ca.

La couleur, en cassure et en patine, est blanche (« Echaillon blanc »), mais certains bancs contiennent un peu d'oxyde de fer et offrent de ce fait une teinte légèrement rosée, c'est « l'Echaillon rose » des carriers, que l'on peut voir dans les sculptures du porche de St André, ou les colonnettes de la porte du temple protestant de la rue Hébert. Ce faciès rose est souvent noduleux ou bioturbée, et donc moins homogène que pour l'Echaillon blanc.

Les carrières étaient à ciel ouvert sur la face nord du promontoire mais il y avait aussi de grandes galeries souterraines, dont deux sont encore visibles, l'une au niveau de la plaine, l'autre plus haut située, à l'extrémité d'une rampe très raide sur laquelle montaient et descendaient des wagonnets style Decauville.

L'exploitation débute à l'époque romaine (vestiges d'outils du 1^{er} siècle) puis cesse à la fin du 17^e siècle, par épuisement des parties faciles d'accès. De cette époque ancienne, datent quelques colonnes et chapiteaux de la crypte St Laurent, ainsi que la chapelle en encorbellement de l'ancien palais du Parlement, construite en 1500. L'exploitation reprend en 1848 grâce à la construction de la route.

De nombreux monuments de Grenoble l'attestent : colonnades du jardin des plantes au Muséum, portail et escalier sculpté de l'ancien musée de peinture place de Verdun, socle du monument du Centenaire de la Révolution française, place Notre Dame, fontaines des Halles, place Ste Claire. La réputation de ce matériau fut telle qu'il fut largement exporté hors du Dauphiné et notamment à Paris (Opéra), dès le développement du chemin de fer.

Les carrières et les ateliers annexes, très importants, fermèrent en 1939.

(D'après Jacques Debelmas)

