CANTON DE VAUD
DÉPARTEMENT DE LA FORMATION ET DE LA JEUNESSE (DFJ)
SERVICE DES AFFAIRES CULTURELLES
*dp* • **n°13–2007**

# DES CAILLOUX RACONTENT LEUR HISTOIRE

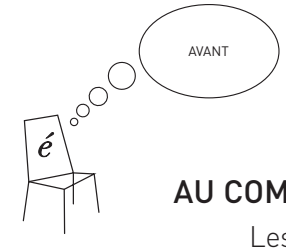
ÉCOLE-MUSÉE

Musée cantonal de géologie
Lausanne

Ce dossier pédagogique a été conçu principalement pour les élèves du CYP2. Moyennant quelques aménagements, ce dossier peut également être utilisé avec des élèves plus âgés ou plus jeunes.

# TABLE DES MATIÈRES


INFOS PRATIQUES POUR LES ÉCOLES ..... 2
LE MUSÉE CANTONAL DE GÉOLOGIE EN QUELQUES MOTS ..... 4
PLANS DES SALLES D'EXPOSITION ..... 5
STRUCTURE ET UTILISATION DU DOSSIER ..... 6

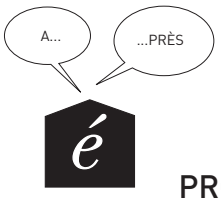





AU COMMENCEMENT ..... 8
Les temps géologiques ..... 8
Notion d'espace : mille fois plus grand que ..... 10
Fiche 1 ..... Les temps géologiques et l'histoire de la vie ..... 10

DÉCOUVERTE DES EXPOSITIONS ..... 12
UNIVERS ET PLANÈTE TERRE ..... 12
TECTONIQUE DES PLAQUES ET FORMATION DES ALPES ..... 13
MINÉRAUX ET ROCHES ..... 16
FOSSILES ET ÉVOLUTION ..... 18
LES ÈRES GÉOLOGIQUES ..... 21

FICHES ÉLÈVE ..... 27
Fiche 2 ..... L'Univers, le système solaire et la planète Terre ..... 27
Fiche 3 ..... La tectonique des plaques et les Alpes ..... 29
Fiche 4 ..... Minéraux et roches ..... 31
Fiche 5 ..... Des minéraux et des hommes ..... 33
Fiche 6 ..... Les fossiles et l'évolution ..... 35
Fiches complémentaires sur les ères géologiques ..... 37
Réponses aux fiches ..... 38



PROLONGEMENTS EN CLASSE ET A L'EXTÉRIEUR ..... 41
BIBLIOGRAPHIE, FILMOGRAPHIE, WEBOGRAPHIE ..... 45

# INFOS PRATIQUES POUR LES ÉCOLES

**Musée cantonal de géologie**

Adresse des expositions :
Palais de Rumine
Place de la Riponne 6
CH - 1005 Lausanne

Adresse postale :
Quartier UNIL – Dorigny
Bâtiment Anthropole
CH - 1015 Lausanne
www.unil.ch/mcg
musee.geologie@unil.ch
Tél. +41 (0)21 692 44 70
Fax +41 (0)21 692 44 75

**Horaires**

| | |
|---|---|
| Lundi-jeudi | 11h00-18h00 |
| Vendredi-dimanche | 11h00-17h00 |

Lundi fermé
Ouvertures spéciales (le lundi ou le matin avant 11h00) pour les classes sur demande au +41 (0)21 692 44 70.

**Tarifs**

| | |
|---|---|
| Adultes | Fr. 6.- |
| Etudiants, apprentis, AVS | Fr. 4.- |
| Groupes dès 6 personnes | Fr. 5.- |
| Jusqu'à 16 ans | Gratuit |
| Ecoles | Gratuit |

**Animations**

Visites commentées sur demande pour groupes et classes (en français ou en anglais) : Fr. 100.- pour la première heure et Fr. 50.- par heure supplémentaire, en plus des billets d'entrée.
Ateliers pour classes dès 8 ans « Chasse aux fossiles » ou « Monde des cristaux » sur réservation.

**A savoir**

Il est vivement conseillé à l'enseignant de visiter le musée avant de s'y rendre avec sa classe (entrée gratuite pour la préparation de la visite).
La présentation dans la collection permanente est susceptible de changer.
Lors de la visite, les élèves doivent être attentifs aux consignes de sécurité et de calme dans le musée :
les vitrines sont fragiles et il ne faut donc pas les toucher ni s'appuyer dessus, ni courir dans les salles.
Il faut prévoir des crayons, des gommes, des crayons de couleur, des sous-mains, et photocopier les fiches à l'avance.

Vestiaire (non surveillé) à disposition des écoles
au rez-de-chaussée du Palais de Rumine.

Cafétéria ouverte du lundi au samedi.
Pique-nique possible sur les escaliers intérieurs du Palais de Rumine. Par beau temps, il est conseillé de manger sur l'esplanade de la cathédrale à laquelle on accède directement depuis le Palais de Rumine grâce à une passerelle au dernier étage.

Le présent dossier pédagogique est téléchargeable sur www.ecole-musee.vd.ch et www.unil.ch/mcg.

## Accès

### En bus
Lignes 5, 6, 8, arrêt Riponne.
Lignes 1 et 2, arrêt Rue Neuve.

### En train
Depuis la gare : 20 minutes à pied (rue du Petit-Chêne, rue Saint-François, rue de la Madeleine) ou en bus (ligne 1 ou 5).

### Parking
Parking souterrain de la Riponne.

### Accès pour les personnes à mobilité réduite
Le Palais de Rumine est accessible aux personnes en fauteuil roulant par la cour nord.
Pour plus de renseignements ou obtenir un plan d'accès, veuillez téléphoner au +41 (0)21 316 33 10.
Le plan peut être téléchargé sur www.unil.ch/webdav/site/mcg/shared/Infos/Acces_Handicap.pdf.

# LE MUSÉE CANTONAL DE GÉOLOGIE EN QUELQUES MOTS

Le Musée cantonal est né en 1818 à la suite d'une souscription publique lancée pour acquérir la collection de minéraux d'Henri Struve (1751-1826). En 1874, le Musée cantonal se réorganise thématiquement (zoologie, botanique, géologie) et le Musée de géologie est ainsi officiellement créé dans l'ancien Evêché, occupé aujourd'hui par le Musée de design et d'arts appliqués contemporains (mudac).

En 1906, la construction du Palais de Rumine permet l'installation du musée, des laboratoires universitaires de géologie et minéralogie et de leurs bibliothèques spécialisées. Dès ce moment, une véritable symbiose « Musée-Université de Lausanne » s'institue et contribue au développement considérable des collections cantonales et au rayonnement international de l'enseignement et de la recherche, enseignement qui voit accourir à Lausanne les plus grands savants de l'époque.

Ce rapprochement entre le Musée de géologie et l'Université de Lausanne se poursuit en 1987, avec le déménagement des deux institutions sur le campus universitaire de Dorigny au bord du lac Léman et la mise en commun de leurs bibliothèques. Au sein de cette symbiose « recherche - enseignement - conservation et mise en valeur du patrimoine scientifique », le Musée de géologie, tourné vers le public avec ses 840m$^2$ d'expositions au Palais de Rumine, apparaît plus que jamais comme un pont entre les chercheurs et le grand public.

Il y a un siècle, des disciplines comme la minéralogie ou la paléontologie étaient très en vogue et nombre d'écoles possédaient des collections impressionnantes de minéraux et fossiles, dont une partie était fournie par le Musée de géologie.

Puis l'enseignement des sciences géologiques a été réduit à une maigre portion du programme scolaire, alors que la plupart des pays occidentaux en font une branche importante. En France, les sciences de la Terre tiennent un rôle aussi prépondérant que les sciences de la vie tout au long de la scolarité.

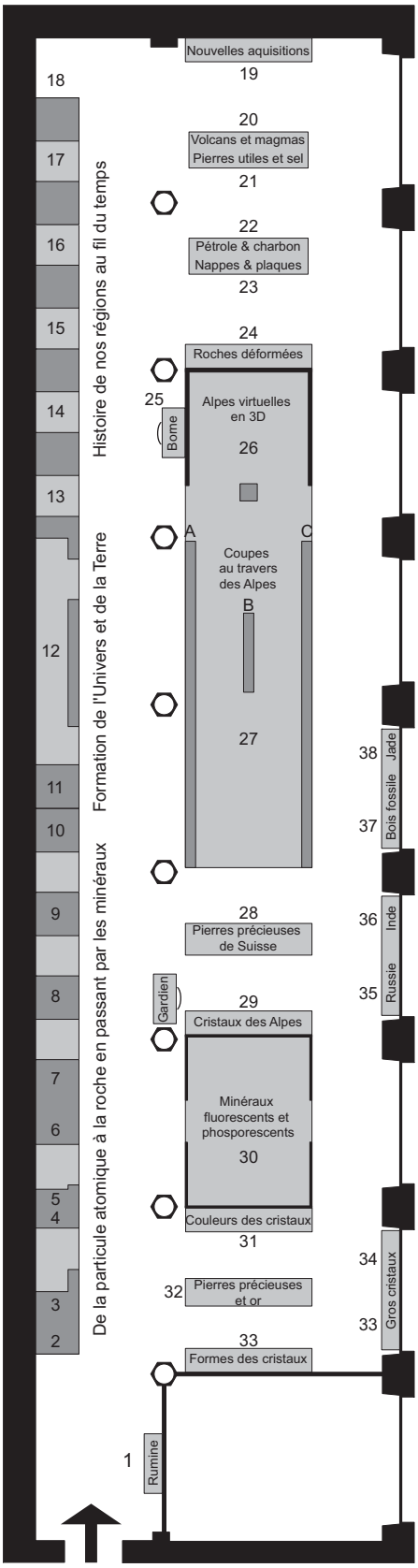
La situation est des plus paradoxales. En Suisse, nous vivons dans un paradis géologique, mais les enseignants ne sont pas formés pour transmettre ces connaissances à leurs élèves. Sur les bancs d'école, combien d'entre nous n'ont-ils pas appris cette sottise affirmant que le Jura, avec son doux relief, était une très vieille chaîne de montagnes, bien plus âgée que les Alpes ?

Le présent dossier pédagogique espère favoriser l'approche des sciences de la Terre dans les écoles et donner des repères et des outils aux enseignants pour répondre aux nombreuses questions que le règne minéral suscite chez l'enfant.

# PLANS DES SALLES D'EXPOSITION

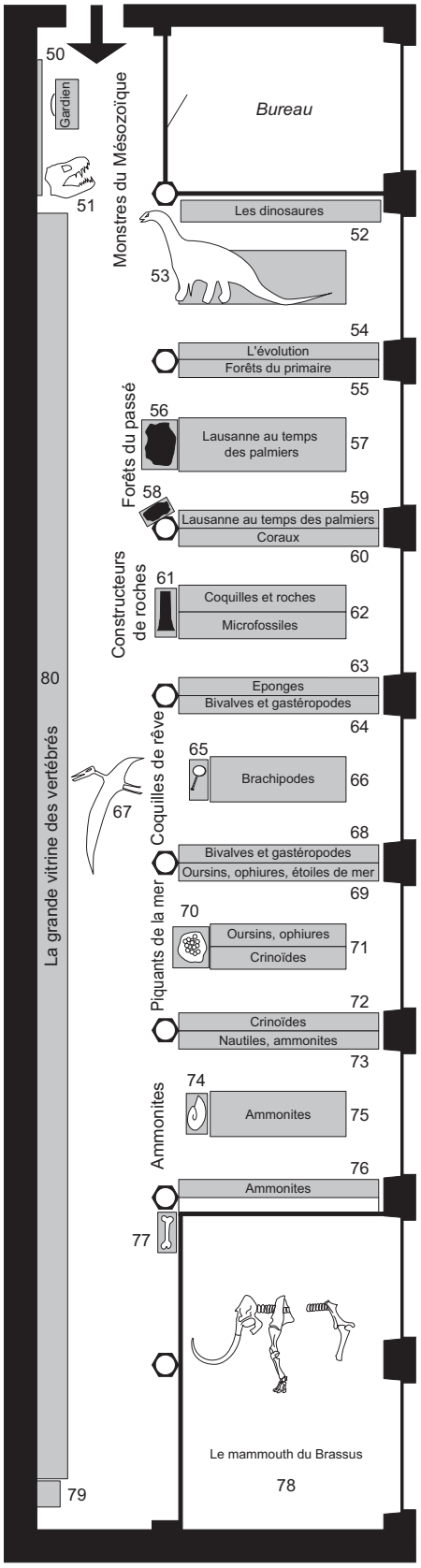
## Salle E. Renevier

Galerie de minéralogie et géologie régionale




## Salle Ph. de la Harpe

Galerie de paléontologie



# STRUCTURE ET UTILISATION DU DOSSIER

Le présent dossier est subdivisé en une partie « avant la visite » qui propose des activités à réaliser en classe sur les notions de temps géologique et d'espace. La partie « pendant la visite » présente une partie théorique destinée à l'enseignant où les principales thématiques des expositions sont expliquées. Cinq fiches-élève thématiques suivent cette partie théorique et quatre autres fiches, seulement disponibles sur Internet, viennent compléter les activités proposées pendant la visite. La partie « après la visite » propose une liste d'excursions et un éventail d'expériences à réaliser en classe pour approfondir la matière abordée par les fiches.

Compte tenu de la diversité des thématiques abordées, une visite préalable du musée par l'enseignant est recommandée pour choisir ce qu'il va montrer aux élèves et quelles fiches utiliser (entrée gratuite pour la préparation de la visite). La matière de ce dossier peut servir pour plusieurs visites.

Avant la visite, la classe peut être sensibilisée à l'exposition choisie par :
- la visite de grottes, de sources, de mines de sel, de gorges ;
- l'actualité : tremblements de terre, éruptions volcaniques ;
- l'observation de pierres, de cristaux ;
- la trouvaille ou l'observation de fossiles ;
- l'observation de blocs erratiques, l'écoute des légendes accompagnant celles-ci ;
- des questions sur le relief, les collines, les gravières ;
- l'observation de roches plissées ou couchées dans le paysage ;
- des films, des images, des discussions autour des dinosaures ;
- le mammouth, les hommes préhistoriques.

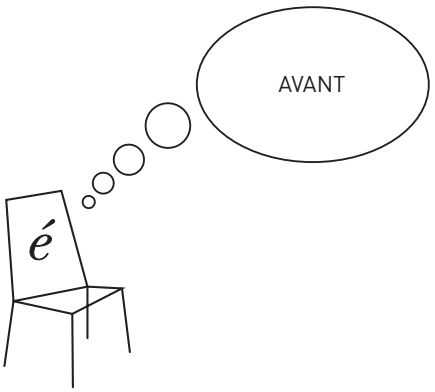
Pour le thème sur les roches et minéraux, les activités de maths « surfaces et solides » sensibiliseront les enfants aux formes et aux volumes. Pour la fiche sur la formation des Alpes, la connaissance des principales subdivisions géographiques de la Suisse (Jura, Moyen-Pays, Alpes) aidera les élèves.

Pour le chapitre sur les fossiles et l'évolution, on pourra familiariser les enfants avec la classification élémentaire des animaux (vertébrés-invertébrés, époque des reptiles, l'archéoptéryx n'est pas encore un oiseau, multiplication des mammifères, ...).

Pour aborder les différentes thématiques, il est utile de travailler les notions de temps et d'échelle préalablement. Ces deux notions font appel aux milliers, millions et milliards que les jeunes élèves aiment approcher, mais ne connaissent pas encore.

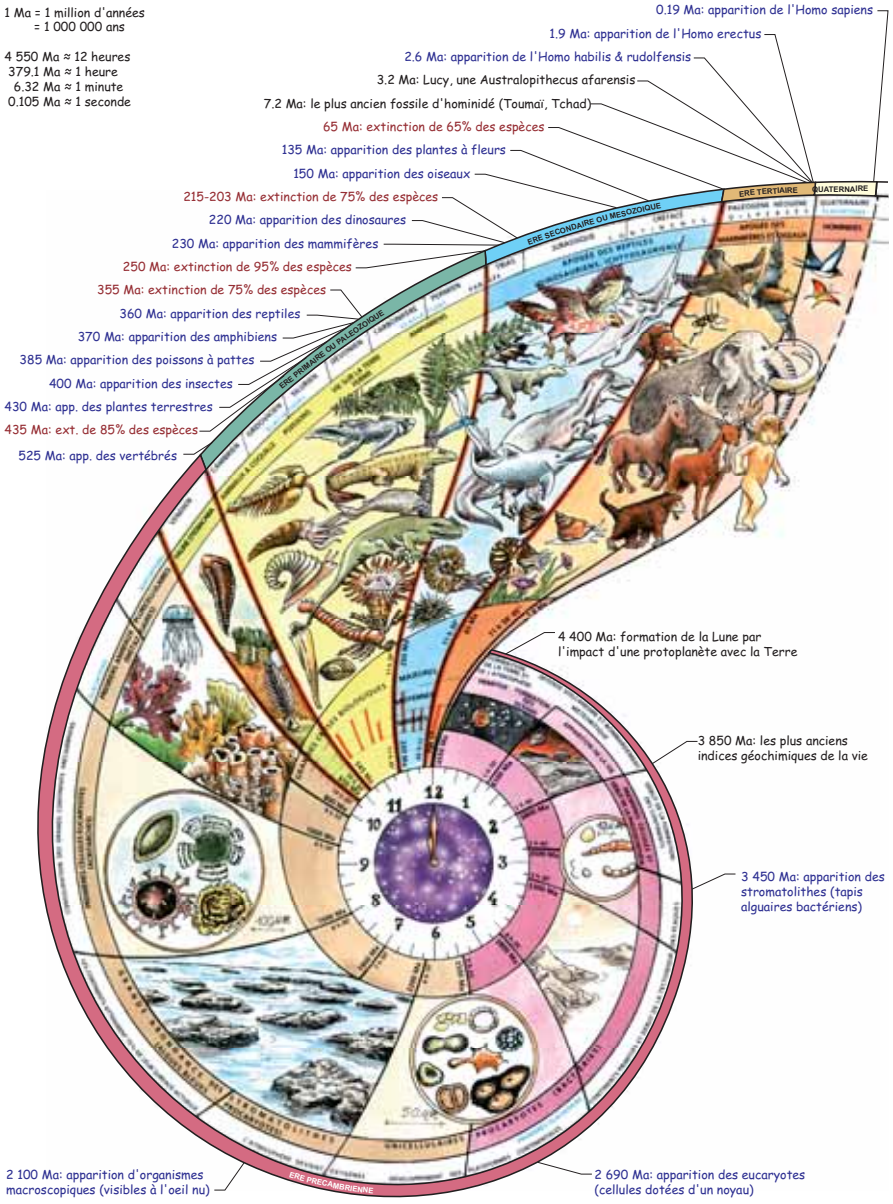
Une fois au musée, choisissez quelques thèmes différents, de préférence ceux qui seront repris en classe, pour éviter que les élèves ne se retrouvent tous devant la même vitrine. Les fiches sont données à de petits groupes d'élèves (2 ou 3), de façon à ce qu'ils puissent tous regarder sans se gêner, ni se bousculer, ni être tous au même endroit. Il est préférable de prévoir au moins un bon lecteur par groupe. Chaque élève ou groupe d'élèves doit avoir le plan des salles, car les numéros sur les fiches renvoient à ceux inscrits sur les plans.

Avant de passer aux fiches, une visite libre de 5 à 10 minutes peut être un bon exercice pour familiariser les élèves à la lecture du plan et leur permettre de découvrir les principaux objets. Lorsque certaines questions sont difficiles, il faut conseiller aux élèves de les sauter, quitte à les reprendre à la fin. Enfin, il faut prévoir quelques photocopies de fiches supplémentaires pour celles et ceux qui auraient terminé leur fiche bien avant la fin de la visite.




## Les temps géologiques

Les subdivisions des temps géologiques ont été établies il y a plus d'un siècle, à une époque où les datations radiométriques, qui donnent un âge absolu, n'existaient pas. Souvent basées sur la Bible, les estimations de l'âge de la Terre tournaient autour de 6000 ans, et certains audacieux avançaient des âges en centaines de milliers d'années. C'est en datant des minéraux radioactifs contenus dans les météorites que l'âge de la formation du système solaire, et de ce fait de la planète Terre, a pu être établi à 4565 millions d'années (Ma).




Les temps géologiques comparés à une tour d'horloge. Une version mise à jour est téléchargeable sur www.unil.ch/mcg/page15576.html.

Les subdivisions correspondent à des événements de l'histoire de la vie, soit la disparition ou l'apparition de nouveaux organismes. Par exemple, la limite entre les ères précambrienne et primaire est marquée par l'apparition des trilobites, sorte d'araignées marines ; le passage de l'ère secondaire à l'ère tertiaire est marqué par l'extinction des ammonites. Les termes primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire sont devenus obsolètes, remplacés par Paléozoïque, Mésozoïque et Cénozoïque (tertiaire et quaternaire réunis). Cependant, surtout pour de jeunes écoliers, l'ancienne terminologie est plus facile à retenir et à orthographier.

Les ères sont à leur tour subdivisées en périodes, époques, étages, etc. C'est souvent le nom de la localité où des couches d'un certain âge sont bien exposées qui est utilisé pour la nomenclature. Ainsi, le Jurassique (-200 à -145 Ma) tire son nom de la chaîne du Jura qui est essentiellement composée de roches de cet âge. Comme la première échelle internationale des temps géologiques a été établie par Eugène Renevier, directeur du musée jusqu'en 1906, plusieurs noms d'étages portent des noms régionaux, comme l'Hauterivien ou le Valanginien d'après des localités neuchâteloises. L'âge exact des subdivisions des temps géologiques ne cesse d'être affiné par les méthodes de datation absolue, ce qui explique des chiffres parfois différents. Ainsi le début de l'ère primaire était donné vers 560 Ma, puis 550 Ma. Il est fixé aujourd'hui à 542 Ma.

La « machine  à remonter le temps » est un exercice qui compare les temps géologiques à des distances qu'on peut parcourir ou mesurer. On peut aborder ainsi la notion d'échelle, gros plan sur une courte période à l'échelle de l'enfant, jusqu'à l'élargissement au million d'années (Ma). C'est un travail à reprendre souvent, par étapes.

Une sortie intéressante est le Sentier du temps, à Chaumont près de Neuchâtel. Ce petit tableau (non exhaustif) peut aider à mettre cette démarche en place.

| Événements | Il y a environ | Choix de l'échelle | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 mètre = 1 an | 1 mètre = 1000 ans | 1 mètre = 1 Ma (million années) |
| Aujourd'hui (départ) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Naissance de l'enfant | 10 ans | 10 m | 1 cm | 0,01 mm |
| L'an 1000 | 1000 ans | 1 km | 1 m | 1 mm |
| La naissance de Jésus, an 0 | 2000 ans | 2 km | 2 m | 2 mm |
| Fin de la dernière époque glaciaire | 10000 ans | 10 km | 10 m | 1 cm |
| Les premiers hommes | 2,5 Ma | 2500 km | 2,5 km | 2,50 m |
| Naissance des Alpes | 30 Ma | 30 000 km | 30 km | 30 m |
| Fin des dinosaures | 65 Ma | 65 000 km | 65 km | 65 m |
| Début des dinosaures | 220 Ma | 220 000 km | 220 km | 220 m |
| Début de la vie | 3800 Ma | 3 800 000 km | 3800 km | 3,8 km |
| Naissance de la Terre | 4500 Ma | 4 500 000 km | 4500 km | 4,5 km |

Un autre exercice est proposé sur la fiche 1 (p. 10, réponses p. 38), qui met en relation les temps géologiques avec l'histoire de la vie.

## Notion d'espace : mille fois plus grand que...

La notion d'espace peut être abordée par les puissances de dix ou de mille. Un site Internet permet de zoomer d'un facteur 10 depuis une image de l'Univers jusqu'au quark en passant par la planète Terre (http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10).
Une autre approche peut se faire en classe avec un mètre : on permet à l'élève de réaliser le rapport à un millimètre, qui est mille fois plus petit.

| Ordre de grandeur en mètre | Objet |
|---|---|
| 0,000 000 000 000 000 001 | Electron et quark |
| 0,000 000 000 000 001 | Proton |
| 0,000 000 000 001 | Atome d'hydrogène |
| 0,000 000 001 | Diamètre de l'ADN |
| 0,000 001 | Taille d'une bactérie |
| 0,001 | Minéral dans un granite |
| 1 | Taille d'un rocher |
| 1000 | Hauteur d'une montagne |
| 1 000 000 | Diamètre de la Lune |
| 1 000 000 000 | Diamètre du Soleil |
| 1 000 000 000 000 | Distance entre Pluton et le Soleil |
| 1 000 000 000 000 000 | Une année lumière |
| 1 000 000 000 000 000 000 | 250 fois la distance à l'étoile la plus proche (Proxima Centauri) |
| 1 000 000 000 000 000 000 000 | Diamètre de la Voie Lactée |
| 1 000 000 000 000 000 000 000 000 | Diamètre du Superamas local |
| 1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 | Taille de l'Univers |

## FICHE 1
## Les temps géologiques et l'histoire de la vie

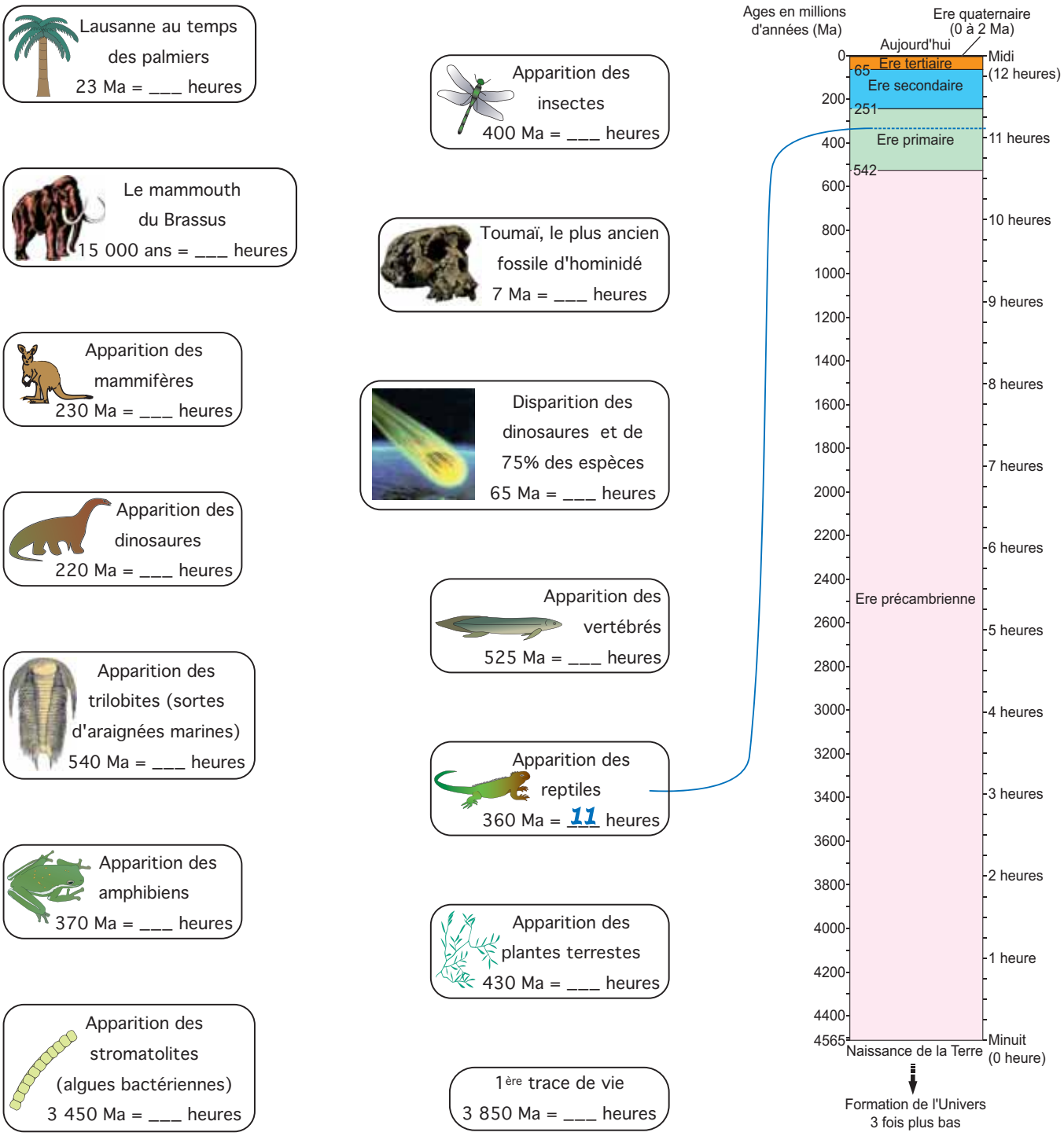
***Les temps géologiques se chiffrent en millions d'années (Ma). L'âge de la planète Terre est de 4,5 milliards d'années alors que l'homme moderne, ou Homo sapiens, n'est apparu qu'il y a 200 milliers d'années.***

*1 millier = 1000*

*1 million = 1000 milliers = 1 000 000*

*1 milliard = 1000 millions = 1 000 000 000*

Dans cet exercice, place les événements sur la ligne du temps. Utilise des couleurs différentes pour chaque image.




Pour mieux comprendre, on compare cette très grande durée à une demi-journée : la naissance de la Terre à minuit (0 heure) et aujourd'hui à midi (12 heures). Si tu y arrives, fais correspondre une heure à chaque événement.

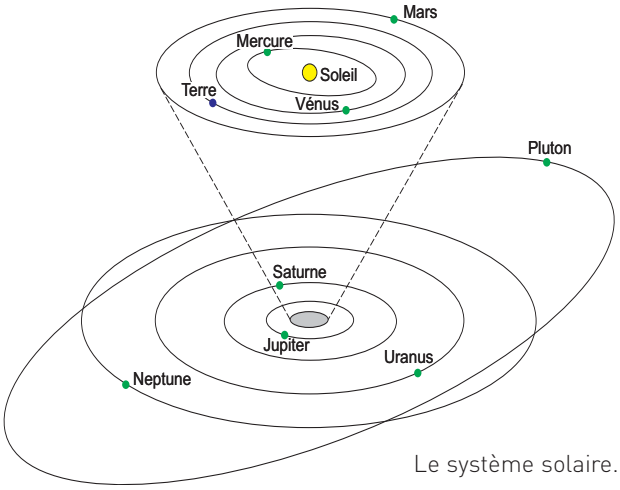
# UNIVERS ET PLANÈTE TERRE

FICHE 2 *L'Univers, le système solaire et la planète Terre*, p. 27
ACTIVITÉ *Les alvéoles des météorites*, p. 41

## Formation de l'Univers et du système solaire

L'Univers est né d'une explosion, le **big bang**, il y a environ 13 milliards d'années. En quelques fractions de seconde, l'énergie devient matière sous l'effet d'une grande explosion, puis se disperse. C'est le début de l'expansion de l'Univers. Puis la température descend à 3000 degrés et ces conditions permettent la naissance des étoiles. Quelques centaines de millions d'années plus tard, les amas d'étoiles fusionnent pour former les premières galaxies.

Il y a près de 5 milliards d'années, dans notre galaxie appelée **Voie Lactée**, un nuage de gaz et de poussières issu de l'explosion d'un astre s'est contracté en un corps dont la température s'est élevée à plusieurs millions de degrés. Une étoile s'est ainsi formée : notre soleil. Le reste de la matière s'est dispersé en un disque dont les éléments les plus lourds se sont rassemblés. Ainsi sont nées les planètes du système solaire. Entre Mars et Jupiter circule une foule d'astéroïdes, sans doute les restes d'une planète qui a explosé ou qui n'a pas pu se former. C'est de là que viennent une bonne partie des météorites qui tombent sur la Terre.




Le système solaire.

Les neuf planètes du système solaire sont Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton. Cette dernière a été récemment dégradée au statut de planète naine. Elles tournent toutes plus ou moins vite autour du soleil. La plus rapide est Mercure, la plus proche du soleil, qui en fait le tour en 87 jours. Et Pluton, la plus éloignée, met 249 ans pour faire un tour complet !

La Terre, quant à elle, met 365 jours et quelques heures pour faire le tour du soleil (une année). La Terre tourne aussi sur elle-même, et les saisons sont dues à l'inclinaison de son axe de rotation.

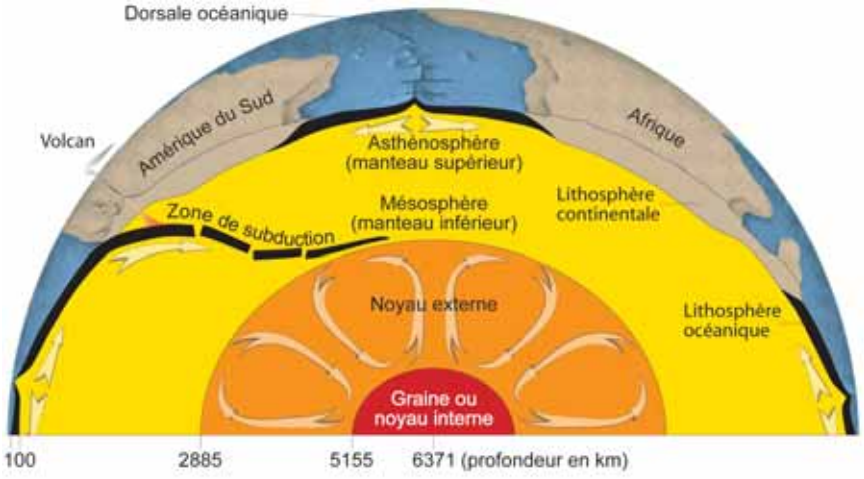
L'Univers, c'est surtout du vide. Pour le traverser et venir jusqu'à nous, la lumière des étoiles, malgré sa très grande vitesse, met des milliards d'années. Donc, plus on voit loin dans l'espace, plus on remonte loin dans le temps.

## Structure de la planète Terre

La Terre et ses paysages nous paraissent immuables, car notre vie n'est pas assez longue pour que nous puissions observer ses transformations continuelles, sauf quand la terre se met à trembler ou que les volcans se réveillent. Mais si on vivait quelques millions d'années, on pourrait observer le plissement des Alpes ou de l'Himalaya, assister à l'ouverture de la mer Rouge ou encore à d'impressionnantes éruptions volcaniques dans le massif Central.

L'**écorce terrestre** (ou **lithosphère)**, sur laquelle nous marchons, est une très fine pellicule (environ 100 km) à la surface du globe. Elle est composée de plusieurs **plaques** qui dérivent sur un **manteau** visqueux. C'est ce qu'on appelle la dérive des continents, ou **tectonique des plaques**. La partie supérieure de cette écorce, la **croûte**, peut être de deux types : soit continentale, soit océanique. Dans ce dernier cas, elle est composée surtout de basaltes, des roches sombres et assez denses. La croûte continentale, moins dense, est composée avant tout de granites et de gneiss. La croûte est plus épaisse sous les montagnes (70 km) que dans les plaines (30 km) et au fond des océans (10 km).

Sous l'écorce terrestre, on trouve le manteau (**asthénosphère** et **mésosphère**), composé de roches chaudes, denses et solides, animées de très lents déplacements, puis un **noyau externe** métallique et sans doute liquide, et enfin le **noyau interne** ou graine, à l'état solide. Il est constitué de fer presque pur avec un peu de nickel.




Structure du globe terrestre.

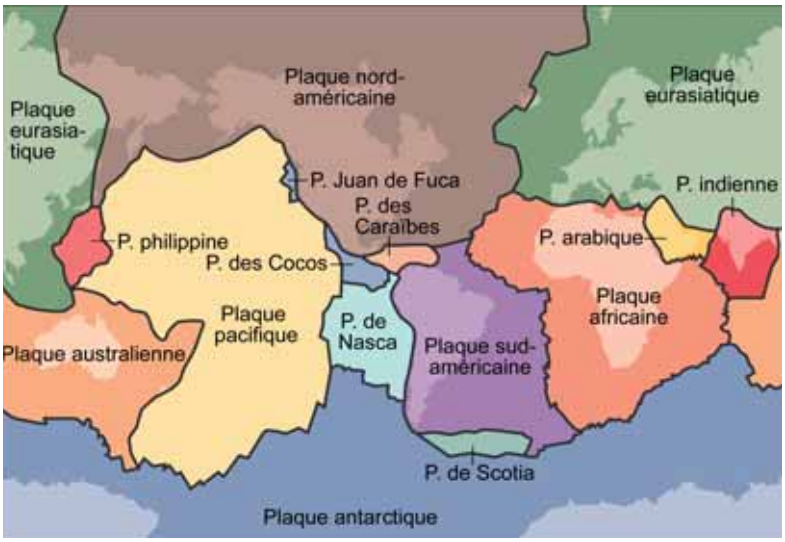
Pour les élèves, on peut comparer la Terre avec un œuf : le jaune correspond au noyau, le blanc au manteau et la coquille à l'écorce terrestre.

# TECTONIQUE DES PLAQUES ET FORMATION DES ALPES

FICHE 3 *La tectonique des plaques et des Alpes,* p. 29
ACTIVITÉS *La dérive et la collision des plaques tectoniques,* p. 41

## Des continents à la dérive

Aujourd'hui la surface de la Terre est divisée en sept grandes plaques tectoniques, avec plusieurs autres microplaques. Une plaque tectonique peut être entièrement océanique, comme la plaque pacifique, mais le plus souvent elle est à la fois continentale et océanique.

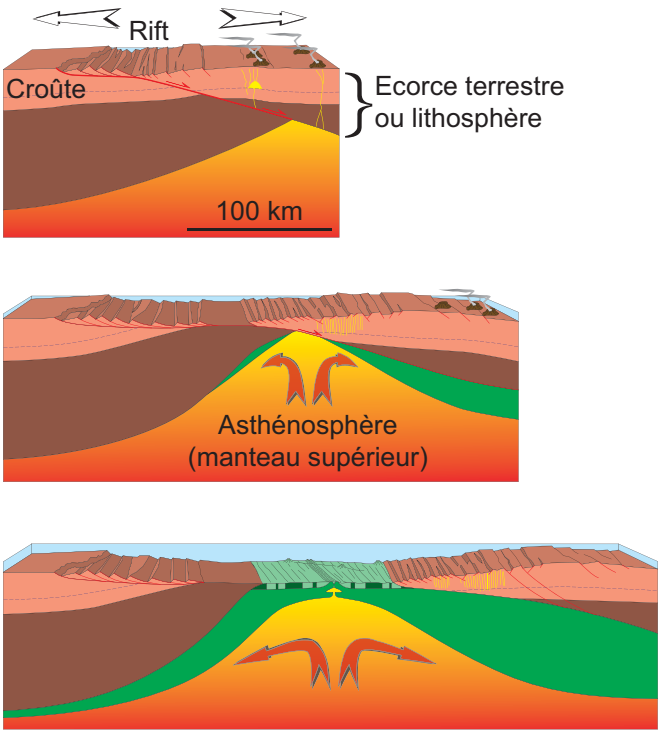



Les plaques tectoniques aujourd'hui.

Les bordures des plaques tectoniques sont le site privilégié des séismes et des volcans. Ces manifestations sont différentes si la limite entre les plaques est en extension ou en compression.

Lorsqu'un continent se scinde en deux, il se forme en surface un bassin d'effondrement appelé **rift**. Avec la poursuite de la séparation des deux plaques, l'asthénosphère se rapproche de la surface et produit du magma le long d'une longue chaîne volcanique, appelée **dorsale océanique**. Au fur et à mesure de l'écartement des plaques, un plancher océanique formé de laves basaltiques est ainsi constitué. En profondeur, cette plaque océanique s'épaissit progressivement.

A force de s'épaissir avec des roches lourdes, le plancher océanique devient, après quelques dizaines de millions d'années, plus dense que l'asthénosphère. Il tend alors à s'effondrer dans le manteau le long d'une zone dite de **subduction**. En s'effondrant, il aspire littéralement la plaque voisine qui vient ainsi le chevaucher. C'est ce phénomène qui est le principal moteur de la tectonique des plaques, et non des cellules de convections comme présenté dans les ouvrages anciens.

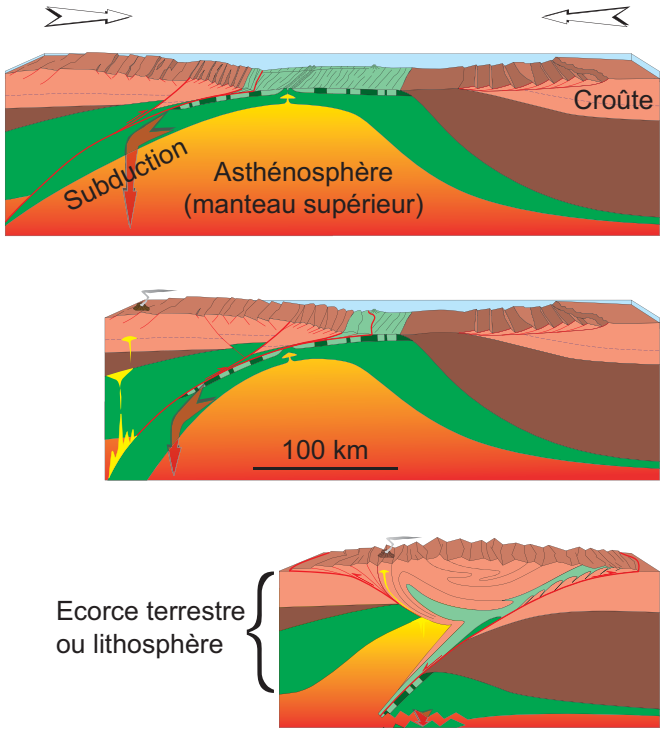



Du rift à l'océan.

En s'enfonçant dans le manteau, la plaque en subduction génère de la vapeur d'eau qui va entraîner la fusion des roches sus-jacentes et aboutir ainsi à du volcanisme. Au bout de quelques dizaines de millions d'années, la partie océanique de la plaque en subduction est entièrement « avalée » et il s'ensuit une collision continentale qui va engendrer une chaîne de montagnes.

La vitesse de déplacement des plaques tectoniques est de l'ordre de quelques centimètres par année. La plus rapide atteint 16 cm/an. C'est la vitesse à laquelle poussent nos ongles. Cela paraît peu, mais après dix millions d'années, cela fait quand même 1600 km.

Outre le volcanisme et les séismes, la tectonique des plaques est en partie à l'origine des variations du niveau marin et des changements climatiques. Elle joue aussi un rôle dans l'histoire de la vie, avec une évolution différenciée de la faune et de la flore sur des continents isolés les uns des autres.



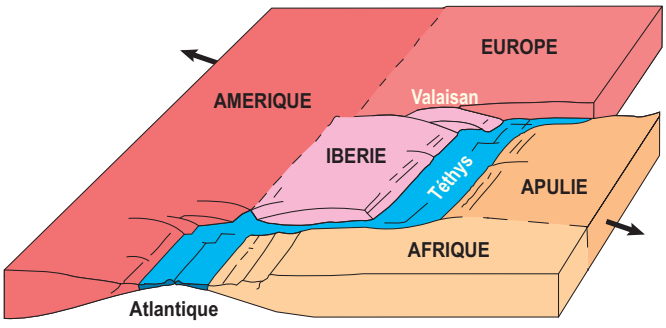

De l'océan aux montagnes

## La formation des Alpes

Bien avant les Alpes, au moins deux chaînes de montagnes se sont succédé au cours de l'ère primaire et ont disparu par érosion, permettant ainsi à la mer d'envahir nos régions au début de l'ère secondaire. L'histoire de la chaîne alpine résulte des mouvements des plaques tectoniques depuis le début de cette ère, il y a environ 250 millions d'années. A cette époque, la **Pangée**, vaste et unique continent à la surface du globe, se fragmenta et l'Europe fut progressivement séparée de l'Afrique par la naissance de l'océan **Téthys**, aujourd'hui disparu.

La Terre, il y a 250 millions d'années

Il y a un peu plus de 100 millions d'années, les mouvements des plaques s'inversèrent et l'Afrique commença à se rapprocher de l'Europe. La croûte océanique de la Téthys, relativement lourde, s'enfonça dans les profondeurs du manteau jusqu'à la **collision** de l'**Europe** et de l'**Afrique**. En fait, des microcontinents (**Ibérie** et **Apulie**) et un petit océan supplémentaire (le **Valaisan**) se sont trouvés pris entre ces deux continents comme le montre le bloc-diagramme ci-contre.




La future région alpine

Cette collision de continents, il y 40 millions d'années, entraîna par chevauchements et plissements la formation du relief alpin, aussitôt soumis à l'érosion. Le produit de cette érosion, charrié par des rivières, alimenta les plaines situées de part et d'autre des Alpes : ces dépôts sédimentaires constituent la **molasse**. L'Afrique continuant à migrer vers le nord, les Alpes poursuivirent leur formation et les plis du **Jura** en sont une des dernières manifestations (il y a 12 à 5 millions d'années).

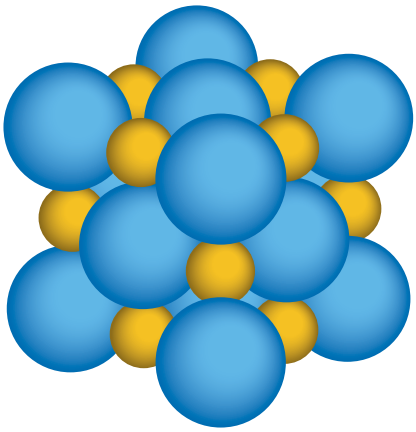
Par la suite, le relief fut encore modelé par le passage des glaciers pour aboutir aux paysages qui nous sont aujourd'hui si familiers. Mais le mouvement des plaques tectoniques se poursuit et nos paysages sont ainsi en perpétuel changement à l'échelle des temps géologiques.

## MINÉRAUX ET ROCHES

FICHE 4 *Minéraux et roches,* p. 31
FICHE 5 *Des Minéraux et des hommes,* p. 33
ACTIVITÉS *Géologie, stratigraphie,érosion* et *Minéraux et roches,* p. 41

Les **minéraux** sont des substances chimiques naturelles solides, dont l'assemblage constitue les roches. Ils se forment par **cristallisation**, comme la glace qui se forme à partir de l'eau. Le phénomène de cristallisation dépend principalement de la pression et de la température.

Presque tous les minéraux présentent des formes géométriques parfaites : ce sont des cristaux qui peuvent mesurer de quelques millièmes de millimètres, comme les argiles, à une dizaine de mètres comme certains quartz. Dans un cristal, les atomes ou les molécules sont régulièrement ordonnés, créant ainsi de minuscules briques, les mailles élémentaires. Empilées dans les trois directions de l'espace, cette infinité de minuscules briques définit un solide doté de formes géométriques variées, spécifiques à chaque minéral. Lorsqu'un cristal a de la place pour se développer, il constitue des polyèdres réguliers, mais lorsqu'il manque d'espace, il remplit failles ou trous de manière plus compacte.

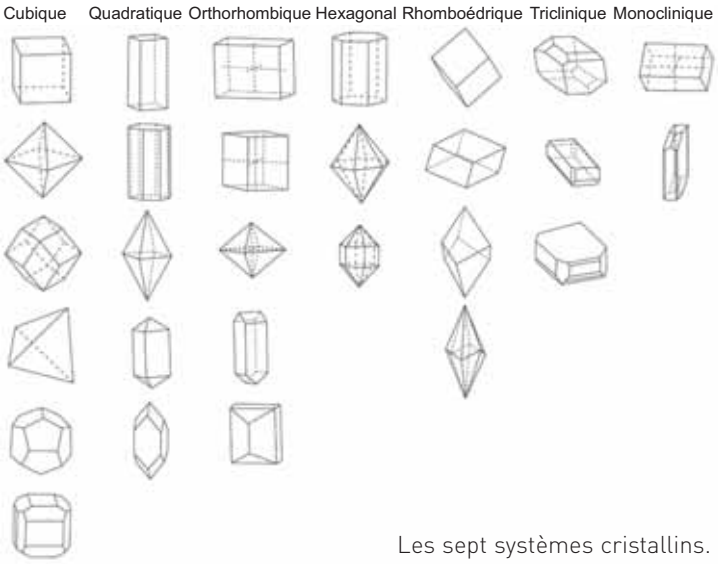


Structure d'un cristal de sel gemme, formé d'atomes de sodium (petites sphères) et de chlore (grosses sphères). Pour ce minéral, la disposition régulière des atomes engendre une forme cubique.

On distingue les cristaux :

- par leur **système cristallin**, c'est-à-dire par la forme des polyèdres qu'ils construisent, toujours identiques pour un minéral donné (cubes pour le sel, prismes pour le gypse, rhomboèdres pour le quartz) ;
- par leur **dureté**, c'est-à-dire le degré de compaction des minuscules briques au sein du cristal : plus les briques sont compactes, plus le minéral est dur ;
- par leur **trace** ou leur poudre, la couleur de la marque qu'ils laissent lorsqu'on les utilise comme un crayon sur une feuille blanche ou sur de la porcelaine blanche non émaillée ;
- leur **couleur**, qui résulte généralement de la présence d'éléments chimiques colorants

(cuivre, fer, chrome, cobalt, etc.) ; toutefois le critère de la couleur peut être ambigu dans certains cas (la tourmaline peut être multicolore).



Les sept systèmes cristallins.

On distingue trois types de **roches** d'après leur mode de formation :

- les **roches ignées** (venues du feu) sont issues de magmas. Les différences proviennent de leur composition chimique et de la vitesse à laquelle elles se sont refroidies. Ainsi, un même magma peut donner une roche avec des cristaux très visibles comme le granite lorsque le refroidissement est très lent, ou une roche à cristaux microscopiques lorsque le refroidissement est rapide comme la rhyolite, voire un verre sombre non cristallisé comme l'obsidienne. Pourtant, dans ces exemples, la composition chimique de la roche est identique !
- les **roches sédimentaires** (sédiment = dépôt de matières minérales) proviennent du dépôt de matières dissoutes ou en suspension dans l'eau ou même dans l'air (cendres volcaniques). Au cours du temps, ces dépôts se compactent et se solidifient par cimentation pour former des roches. On distingue :
  - les roches **détritiques** comme les conglomérats, grès (molasse) et marnes résultent de la compaction respectivement de graviers, galets, sables et argiles ;
  - les roches **organogènes,** comme le calcaire ou le charbon, résultent de la sédimentation de restes animaux ou végétaux ;
  - les roches **évaporitiques**, sel et gypse principalement, sont issues de l'évaporation de l'eau de mer ou de l'eau douce : les sels minéraux auparavant dissous se déposent en couches successives.

  - les **roches métamorphiques**, préexistantes, ont été transformées par réchauffement et/ou augmentation de pression. C'est typiquement le cas dans les chaînes de montagnes où des roches formées en surface peuvent être entraînées en profondeur par les mouvements tectoniques. Leurs minéraux se transforment sans fondre pour autant et la roche devient différente. L'âge des roches métamorphiques est souvent double : époque où la roche s'est formée, époque(s) durant laquelle (lesquelles) elle s'est déformée ou (re)cristallisée. Les roches métamorphiques présentent souvent une structure feuilletée (à ne pas confondre avec les couches des roches sédimentaires), appelée schistosité. Un schiste est une roche dont les feuillets se détachent facilement alors qu'un gneiss est une roche plus métamorphosée dont les feuillets ne se délitent pas.

Les roches de la façade du Palais de Rumine sont sédimentaires (calcaires), celles des colonnes ignées (granite) et celles des escaliers extérieurs métamorphiques (gneiss). De nombreux fossiles de coquillages sont visibles sur les grosses boules des rampes d'escaliers.

Un dépliant disponible auprès des gardiens décrit les principales pierres utilisées dans le Palais.

# FOSSILES ET ÉVOLUTION

FICHE 6 *Les fossiles et l'évolution,* p. 35
ACTIVITÉS *Moulage de fossile* et *L'évolution,* p. 43

Qu'est-ce qu'un fossile ? Pour le géologue, est réputée « **fossile** » toute trace de vie laissée dans le terrain (feuille morte, coquillage sur le sable, empreintes de pas dans la boue, ...!). Un fossile, c'est un être vivant dont on garde la trace après sa mort, ce qui demande des conditions particulières, comme un enfouissement rapide. Le plus souvent, la chair d'un animal sera dévorée par des charognards et se décomposera, et même s'il reste des os, ceux-ci seront progressivement réduits en poussière.

Les escaliers dans le Palais de Rumine sont truffés de terriers fossiles de crustacés (cf. dépliant Rumine).

Ce sont les parties dures, ossements ou coquilles, qui se fossilisent le mieux. On peut aussi trouver des moulages de coquilles, des traces d'activités comme des empreintes de pas ou des terriers, marqués sur des surfaces molles qui ont durci et se sont pétrifiées. Au cours de l'enfouissement, il arrive que la coquille se dissolve et soit ensuite remplacée par la précipitation d'un minéral.

Des conditions exceptionnelles permettent parfois de préserver des parties molles, comme les insectes piégés dans de l'ambre (de la résine fossile) ou les mammouths de Sibérie congelés dans le pergélisol. Mais les molécules d'ADN se dégradent néanmoins rapidement, en quelques dizaines de milliers d'années.

Un binoculaire dans la salle de paléontologie permet d'observer des insectes pris dans l'ambre.

On touche des fossiles tous les jours, sans le savoir, car il y en a dans la plupart des roches sédimentaires, dont les calcaires de nombreux murs et constructions. Mais le public n'admire que ceux qui sont les plus parlants et les plus spectaculaires, même si, pour le paléontologue, les microfossiles sont riches d'informations. Ainsi, la craie est entièrement constituée de coccolithophores, du plancton végétal protégé par une carapace minérale. Il y a ainsi 10 milliards de fossiles dans un bâton de craie !

La paléontologie est la science qui étudie les fossiles, à cheval entre géologie, zoologie et botanique. Cette étude permet de constater qu'il existe, pour chaque époque, des animaux ou des végétaux différents, dont on peut suivre l'évolution. Ainsi, les «bons fossiles», recherchés par les géologues, permettent de dater la roche dans laquelle ils se trouvent, car ils évoluent rapidement au fil des millénaires. Ce n'est pas le cas de tous les fossiles, certains n'ont pratiquement pas changé au cours du temps, comme les limules, et ne permettent donc pas de datation précise.

Coccolithophore
Taille: 0,0006 mm.

Comme en botanique et en zoologie, leurs noms sont en latin. On indique le nom du genre (ensemble auquel le fossile appartient) et celui de l'espèce (des caractères plus précis). Le *T. rex* fait partie du genre *Tyrannosaurus* et de l'espèce *rex* (ce qui signifie « roi tyran des reptiles »).

## L'évolution

La spirale ADN.

En 1859, Charles Darwin ignorait l'existence des gènes lorsqu'il publia son célèbre ouvrage *L'origine des espèces par la sélection naturelle*. Aujourd'hui la génétique a non seulement confirmé l'hypothèse de Darwin, mais elle permet aussi de mieux l'expliquer.

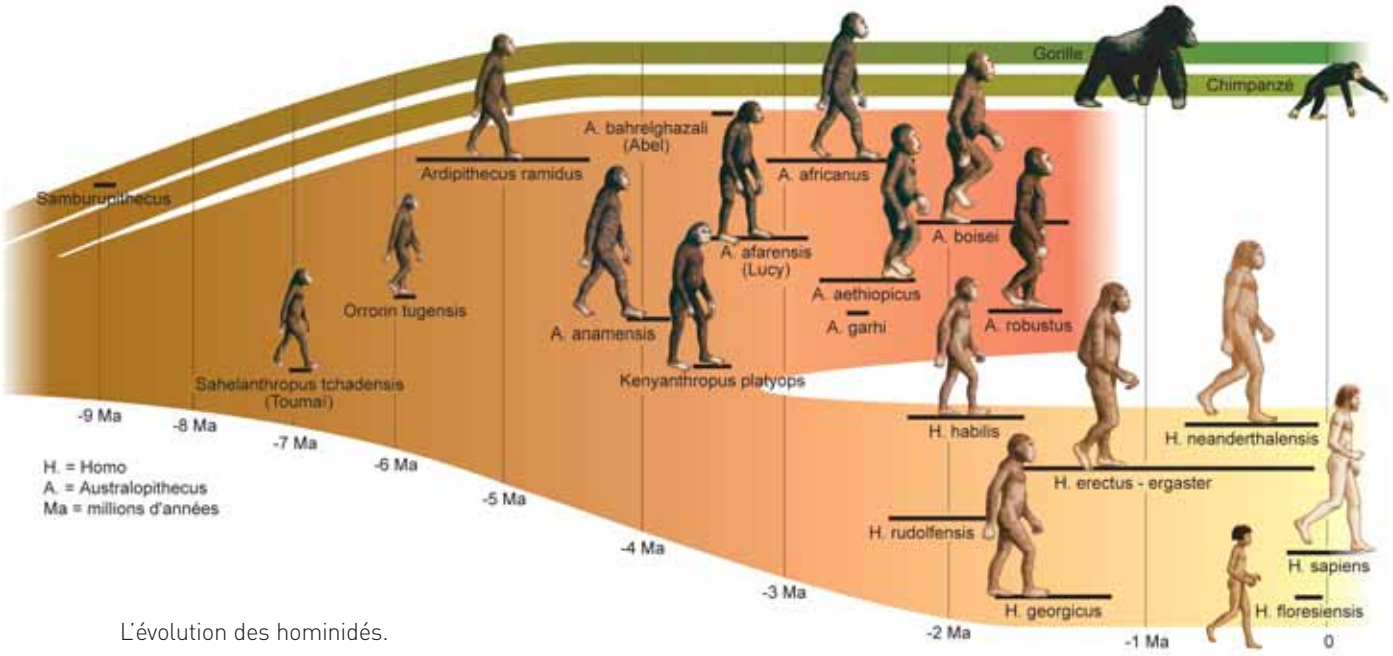
En principe, lorsqu'un organisme simple se reproduit en se divisant en deux (mitose), son ADN, molécule en forme de double spirale qui codifie le génome, devrait être identique chez ses deux descendants. Or il se produit souvent des erreurs de copie ou mutations de cet ADN qui engendreront des descendants quelque peu différents de leur ancêtre. En cas de reproduction sexuée (méiose), des différences supplémentaires se produisent puisque l'ADN du descendant est formé pour moitié par le génome de sa mère et, pour l'autre moitié, par celui de son père.

Dans la plupart des cas, une modification génétique n'aura aucun impact, puisque seule une petite partie de l'ADN semble être utilisée et les organismes complexes sont aussi capables de réparer certaines mutations. Dans les autres cas, la mutation génétique empêchera le développement normal de l'embryon qui décédera ou qui survivra, mais avec un handicap. Et très occasionnellement, une mutation pourra engendrer une modification qui donnera à l'organisme un avantage sur ses congénères. Et si cet avantage se transmet à ses descendants, la sélection naturelle les favorisera. Une nouvelle espèce peut ainsi apparaître.

Les mutations sont le fruit du hasard et l'évolution n'a pas de direction prédéterminée, la sélection naturelle choisissant les organismes les plus adaptés à l'environnement. Mais ce qui peut être un avantage dans certaines conditions, comme la grande taille des dinosaures, peut s'avérer un désavantage lorsque les conditions changent, comme en période de disette qui favorisera les petits organismes au détriment des plus gros. L'homme moderne n'est pas un aboutissement de l'évolution puisqu'il continue à évoluer (accroissement de sa taille et de son tour de taille !).

La paléontologie humaine a connu de sérieux bouleversements aux cours de ces dernières décennies. L'évolution des **hominidés** (primates bipèdes) n'est plus vue comme linéaire (australopithèque -→ Homo habilis -→ Homo erectus, ...) mais plutôt buissonnante : l'australopithèque **Lucy** n'est pas une aïeule directe de la lignée humaine, mais une « grand-tante » située sur la branche évolutive des australopithèques, parallèle à celle du genre

Homo. La théorie de « l'East side story », soit une apparition des hominidés dans les savanes de l'Afrique de l'Est, ne tient plus la route avec la découverte de **Toumaï**, vieux de 7 millions d'années, au cœur du désert tchadien. L'intelligence n'est plus considérée comme liée à la taille du cerveau avec la découverte de l'**Homo floresiensis**, dont le cerveau n'est pas plus grand que celui d'un chimpanzé, mais qui utilisait pourtant des outils sophistiqués. Sa découverte a amené à quatre le nombre d'espèces humaines qui vivaient conjointement il y a seulement 30 000 ans (H. floresiensis, H. erectus, H. neanderthalensis & H. sapiens).




L'évolution des hominidés.

Le développement de la génétique permet de mieux expliquer les différences entre l'homme moderne et le chimpanzé. Ce dernier est notre plus proche cousin primate : nous partageons 99 % de notre patrimoine génétique. L'homme adulte présente un crâne semblable à celui du bébé chimpanzé, il est doté d'une face plate et sans arcades sourcilières. Il n'a pas le museau projeté vers l'avant, ni de grandes canines, ni des crêtes osseuses sur le crâne, comme le chimpanzé adulte. La pilosité de l'homme correspond à celle du stade fœtal du chimpanzé, avec un corps dépourvu de poils, mais un crâne velu. L'homme serait ainsi une sorte d'avorton de chimpanzé !

Une telle évolution s'explique par la mutation de certains gènes régulateurs de la croissance qui ne s'expriment plus chez l'homme. Cette modification génétique, appelée **néoténie**, a permis à l'homme de conserver, au stade adulte, un cerveau relativement volumineux par rapport au corps. De plus, cela lui a permis de prolonger nettement sa durée d'apprentissage par rapport au chimpanzé, qui, lui, n'acquiert quasiment plus de connaissances dès l'âge de sept ans.

# LES ÈRES GÉOLOGIQUES

Sur www.unil.ch/mcg; rubrique « Pour les Profs », il est possible de télécharger:
FICHE 7 *Les ères précambrienne et primaire : du microbe au reptile*
FICHE 8 *L'ère secondaire ou l'âge d'or des grands reptiles*
FICHE 9 *L'ère tertiaire ou Lausanne au temps des palmiers*
FICHE 10 *L'ère quaternaire : glaciations et mammouths*
Pour en savoir plus, voir ici p. 37.

## L'ère précambrienne : du début de la vie à son foisonnement

Le Précambrien (-4565 à -542 Ma) couvre approximativement 90 % des temps géologiques, soit plus de 4 milliards d'années de l'histoire de la Terre. Mais l'ère précambrienne est mal connue (les fossiles de cette période sont très rares) car de nombreuses roches ont subi une forte érosion ou du métamorphisme (transformations des roches sous les effets combinés de la pression et de la température dues à leur enfouissement dans les profondeurs de l'écorce terrestre). Ainsi, pendant longtemps, les géologues ont cru que les roches du Précambrien étaient dépourvues de fossiles, ce qui explique la nomenclature des ères suivantes : primaire, secondaire, ...

Notre planète Terre était certes invivable à ses débuts, il y 4565 Ma, puisqu'elle s'est formée par l'intégration de météorites et de comètes. La pluie d'astéroïdes s'est progressivement calmée, mais de nombreuses éruptions volcaniques ont pris le relais. Vers -4400 Ma, une protoplanète est entrée en collision avec la Terre et les débris projetés dans l'espace se sont rassemblés pour former la Lune.

Après cet événement, les océans ont recouvert la Terre avec de l'eau issue des gaz volcaniques et de la glace des comètes qui ont heurté la Terre. L'atmosphère était très riche en méthane et totalement dépourvue d'oxygène. Les premières traces de vie datent de -3850 Ma : ce ne sont pas des fossiles, mais des atomes de carbones. Ils ont été analysés dans un gneiss du Groenland et portent une signature chimique typique d'organismes vivants. On ignore toujours si la vie a démarré toute seule sur Terre (théorie de la soupe primitive) ou si elle est d'origine extraterrestre. Des bactéries, transportées par une météorite, sont capables de survivre à leur voyage dans l'espace et à leur impact sur Terre.

Les plus anciens fossiles découverts à ce jour sont des stromatolites, des colonies de cyanobactéries, vieilles de 3500 Ma. Les stromatolites produisent par photosynthèse de minuscules cristaux de calcite qui forment des tapis ou des dômes. Les premiers fossiles d'eucaryotes (cellules dotées d'un noyau) remontent à -2700 Ma et les premiers organismes visibles à l'œil nu à -2100 Ma. Vers -580 Ma, apparaît, à Ediacara en Australie, une faune d'animaux énigmatiques ressemblant à des plumes posées sur le fond marin. Ces premiers organismes complexes ont tous disparu juste avant le début de l'ère primaire.

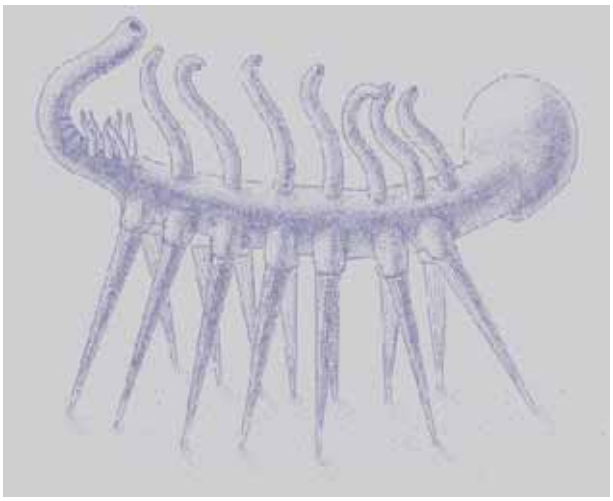
La faune étrange d'Ediacara.

## L'ère primaire ou l'explosion de la vie

L'ère primaire (ou Paléozoïque, -542 à -251 Ma) marque l'explosion de la vie : c'est à son début que la plupart des embranchements zoologiques connus actuellement apparaissent. Ce soudain foisonnement de vie est probablement lié à l'oxygène. Au cours de l'ère précambrienne, l'oxygène libéré par la photosynthèse était aussitôt absorbé par l'oxydation du fer dissous dans l'eau de mer. Une fois tout le fer oxydé, l'oxygène a pu commencer à s'accumuler dans l'atmosphère et ainsi favoriser le développement de la vie.

Ce foisonnement de formes de vie a été remarquablement enregistré dans les sédiments de Burgess au Canada. En particulier, divers arthropodes, dont les fameux trilobites, sortes d'araignées marines, sont apparus à ce moment-là avec d'autres formes de vie aujourd'hui disparues, comme *Hallucigenia*.

Le début du Primaire est aussi marqué par le développement de coquilles chez les mollusques et chez d'autres invertébrés comme les brachiopodes et les ancêtres des oursins. Les premiers vertébrés sont apparus vers -525 Ma, avec des poissons dépourvus de mâchoires, proches des lamproies actuelles.



Hallucigenia, un organisme sans descendant.

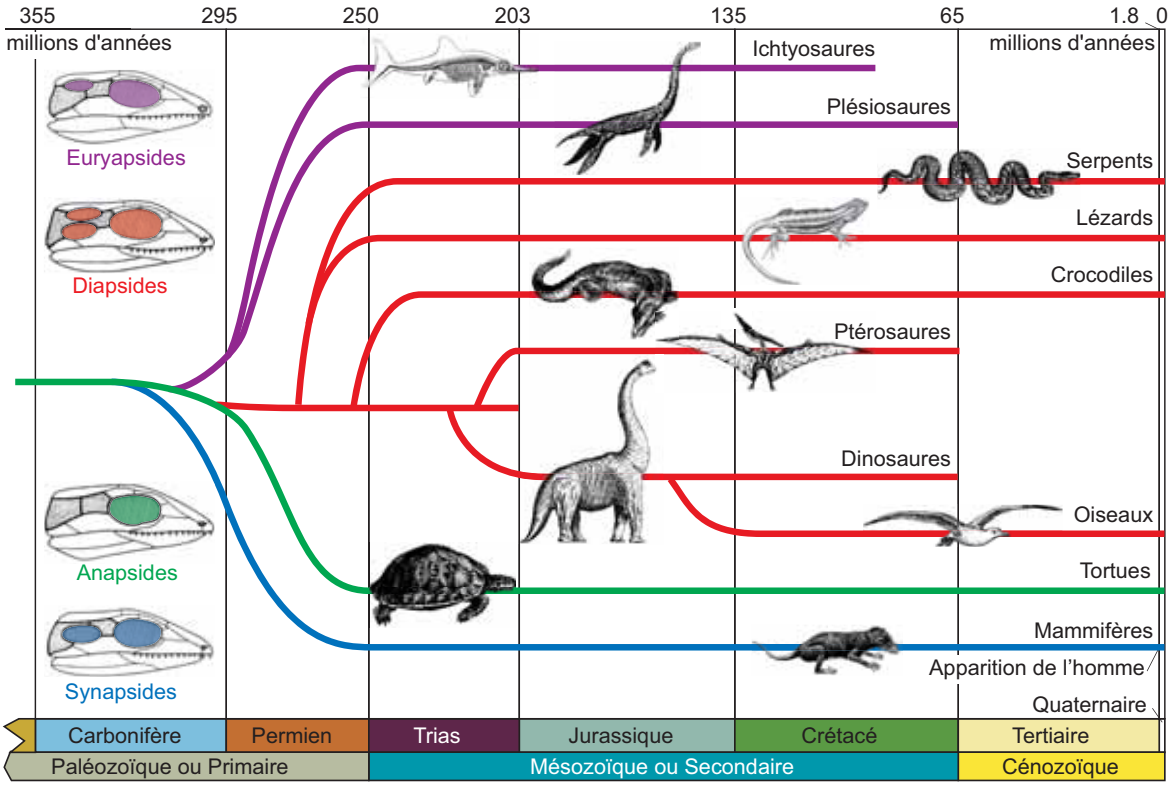
Pendant plus de 3 milliards d'années, la vie était exclusivement marine. La colonisation des terres a dû débuter avec des formes qui ne laissent pas de traces fossiles, comme les champignons. Les premières plantes terrestres sont apparues il y a 430 ma et les premiers insectes il y a 400 Ma. Vers -385 Ma, certains poissons ont commencé à développer des pattes et vers -370 Ma, ils ont pu respirer hors de l'eau : c'étaient les premiers amphibiens. Peu après, vers -360 Ma, certains amphibiens ont développé des œufs à coquille qu'il n'était plus nécessaire de pondre dans l'eau : c'étaient les premiers reptiles.

Au cours de l'époque **Carbonifère** (-359 à -299 Ma), un climat chaud et humide a favorisé le développement de vastes forêts et de marécages de gymnospermes : fougères, prêles arborescentes, etc. Les plantes à fleurs n'apparaîtront que plus tard, vers -135 Ma. Les libellules abondaient et pouvaient atteindre une envergure de plus de 70 centimètres. La sédimentation des restes de végétaux dans les marécages a produit d'importantes couches de charbon en Amérique, en Europe et en Asie. Les mines de charbon ou d'anthracite du Valais datent de cette époque.

L'ère primaire a connu plusieurs grandes extinctions, mais la plus destructrice est celle qui marque le passage à l'ère secondaire. 95 % des espèces ont alors disparu à tout jamais. Les causes de cette catastrophe sont encore débattues : météorite, volcanisme intense en Sibérie, baisse du niveau marin, etc.

## L'ère secondaire ou l'âge d'or des grands reptiles

L'ère secondaire (ou Mésozoïque, -251 à -65 Ma) a été dominée par de grands reptiles tant sur terre que dans les mers ou dans les airs. La terrible hécatombe de la fin de l'ère primaire a en fait favorisé l'apparition de nombreuses nouvelles espèces qui rencontraient alors bien peu de concurrence. Les nouvelles apparitions les plus fameuses sont les **dinosaures**, qui se caractérisent par le fait de marcher sur leurs pattes droites, et non repliées comme les autres reptiles. De nombreux ouvrages de vulgarisation parlent à tort de dinosaures volants ou marins, car ce n'étaient que des animaux terrestres. Les reptiles volants sont des **ptérosaures** et les reptiles marins, entre autres, des **ichtyosaures** ou des **plésiosaures**.




Les reptiles se sont scindés en quatre sous-classes définies par le nombre et par la position des cavités du crâne : les euryapsides, reptiles marins aujourd'hui disparus; les diapsides qui comprennent les serpents, les lézards, les crocodiles, les reptiles volants, les dinosaures et leurs descendants les oiseaux ; les anapsides ou tortues et les synapsides à l'origine des mammifères.

Les dinosaures ne sont donc pas définis par leur taille, qui pouvait atteindre 40 mètres avec l'*Argentinosaurus*. Certains dinosaures ne devenaient pas plus grands qu'un poulet au stade adulte, comme le *Compsognathus*, exposé dans la grande vitrine des vertébrés. Ce dernier est un proche cousin de l'*Archæopteryx*, un dinosaure à plume, ancêtre des oiseaux.

Au cours de l'ère secondaire, les Alpes n'existaient pas et une vaste mer recouvrait l'ensemble de la Suisse. Seules quelques régions étaient occasionnellement émergées. Comme les dinosaures sont des animaux terrestres, ils n'ont guère eu l'occasion de s'épanouir dans notre pays. Ce phénomène explique la rareté de leurs fossiles dans nos régions,

à l'exception du Jura où de nombreuses empreintes de pas ont été découvertes dans des sédiments d'anciennes plages.

Le seul squelette entier de dinosaure trouvé en Suisse, à Frick dans le canton d'Argovie, est le *Plateosaurus engelhardti*, dont une réplique est exposée dans la galerie de paléontologie. Vieux de 215 millions d'années, le platéosaure, dont la taille pouvait atteindre 10 mètres, est un ancêtre des grands sauropodes herbivores comme le *Diplodocus* ou le *Brachiosaurus*.

Une réplique d'un crâne de *Tyrannosaurus rex* est aussi exposée. Avec une longueur de 13 mètres et un poids de 8000 kilos, le T. rex est un des plus grands dinosaures carnivores. C'est le *Giganotosaurus* avec ses 14 mètres qui détient le record. Le tyrannosaure vivait en Amérique du Nord, mais possédait de proches cousins en Eurasie, à l'instar du *Tarbosaurus bataar* de Mongolie.

Le T. rex est apparu il y a 70 Ma et a disparu il y a 65 Ma dans une des pires catastrophes que la Terre ait connue : l'impact d'une météorite de 10 kilomètres de diamètre près du Mexique. Outre un séisme de magnitude 12, un tsunami avec des vagues de plus de 300 mètres de haut, une onde de choc d'air incandescent s'est propagée tout autour de la planète, brûlant les forêts et leurs habitants. Le soleil a ensuite été masqué pendant des mois ou des années par les poussières projetées dans l'atmosphère. Nombre d'organismes ont péri de froid ou de faim. Puis un puissant effet de serre s'est établi en raison du gaz carbonique libéré par la combustion des forêts, provoquant une élévation de la température de l'eau de mer fatale au plancton et à la chaîne alimentaire marine.

L'impact de la météorite a généré un tsunami gigantesque.

Au total, ce sont 75 % des espèces, tant animales que végétales, tant marines que terrestres, qui ont disparu à tout jamais à la fin de l'ère secondaire. Outre la météorite, d'importants épanchements volcaniques en Inde ainsi qu'une baisse généralisée du niveau marin ont également contribué à cette hécatombe.

## L'ère tertiaire ou Lausanne au temps des palmiers

Après l'hécatombe de la fin de l'ère secondaire, le plus gros animal survivant ne dépassait pas 25 kilos. Sur terre, la disparition des dinosaures a permis aux mammifères de s'épanouir, avec parfois des animaux étranges comme le *baluchithérium*, un rhinocéros géant

de 6 mètres de haut et de 30 tonnes. Dans les airs, les oiseaux prennent le relais des ptérosaures et dans les mers, les requins profitent de la disparition des grands reptiles marins.

Dans nos régions, l'ère tertiaire (la plus grande partie du Cénozoïque, -65 à -1.8 Ma) est caractérisée par la formation de la chaîne alpine. Après s'être écartée de l'Europe pendant l'essentiel de l'ère secondaire, la plaque Africaine a commencé à migrer vers le nord il y a 100 millions d'années. La microplaque Adriatique, poussée par l'Afrique, est venue chevaucher la plaque Européenne, créant moult plis et failles. Une fois le plancher océanique disparu par subduction, la collision continentale a engendré la formation d'un relief.

Ce relief est aussitôt soumis à l'érosion dont le produit (boue, sables, graviers) vient alimenter des bassins sédimentaires de part et d'autre des futures Alpes : c'est la formation des couches de la **molasse**. Ces bassins sont tantôt marins, tantôt terrestres, sous un climat subtropical. Une mince couche de bentonite à Crissier, formée par l'accumulation de cendres volcaniques, témoigne d'un épisode volcanique dans les régions avoisinantes.

La molasse de la région lausannoise s'est avérée être un fantastique gisement de fossiles de cette époque, plus précisément aux alentours de -20 à -25 Ma. Les grands travaux d'urbanisation du XIX$^{e}$ siècle et de la première partie du XX$^{e}$ siècle ont permis aux paléontologues de récolter des milliers de fossiles de palmiers, de séquoias, d'acacias, d'érables, de rhinocéros, de tapirs, de crocodiles ou d'hippopotames primitifs. Une vitrine dans la galerie piétonne du Tunnel présente des spécimens trouvés sur place.

Le paysage lausannois, il y a 20 à 25 millions d'années. Au premier plan des tapirs primitifs et à l'arrière plan, les Alpes naissantes.

Plusieurs animaux étranges ont été trouvés dans la molasse suisse, comme le *Dinotherium*, un éléphant fossile, le *Felsinotherium* proche du lamantin, le *Carcharodon megalodon*, un cousin géant du grand requin blanc ou l'*Anthracotherium valdense*, un cochon-hippopotame primitif. Ce dernier fut décrit par le médecin **Philippe de la Harpe**, à qui la salle de paléontologie est dédiée. Ce dernier offrait des récompenses aux ouvriers des mines de charbon de l'Ouest lausannois qui lui ramenaient des fossiles.

Les derniers millions d'années de l'ère tertiaire sont affectés par une baisse de la température, peut-être due à la surrection des chaînes alpines et himalayennes qui auraient modifié la circulation atmosphérique.

## L'ère quaternaire : glaciations et mammouths

A l'ère quaternaire (fin du Cénozoïque, -1.8 à 0 Ma), le refroidissement amorcé à l'ère tertiaire se poursuit avec l'établissement des calottes polaires. Il faut noter que, pendant 90 % de l'histoire de la Terre, le climat a été plus chaud qu'aujourd'hui, sans glaces aux pôles et avec un effet de serre prononcé. Le refroidissement de l'ère quaternaire a été marqué par une succession de glaciations entrecoupées de périodes plus chaudes : les interglaciaires. Ces alternances s'expliquent par des phénomènes astronomiques appelés cycles de Milankovitch. L'ellipse que décrit la Terre autour du soleil tend à devenir un cercle tous les 100 000 ans. L'axe de rotation de notre globe, aujourd'hui incliné à 23°, oscille entre 22° et 24° tous les 41 000 ans. Un troisième cycle de 21 000 ans vient encore s'ajouter aux deux précédents. C'est l'effet additionné de ces trois cycles qui a engendré la succession de glaciations et d'interglaciaires, une succession, dans le détail, plus complexe que les « âges glaciaires » : Donau, Günz, Mindel, Riss et Würm.

Le futur Léman, il y a 18 000 ans: à l'arrière plan les Tours d'Aï et au premier plan un troupeau de mammouths laineux.

Contrairement à une idée reçue, toute la Terre n'était pas recouverte de glace, seules les régions nordiques comme la Scandinavie ou les reliefs élevés comme les Alpes et le Jura l'étaient. Outre l'ère quaternaire, notre planète n'aurait connu que deux autres périodes glaciaires, il y a 300 et 630 Ma.

La dernière glaciation, le Würm, a été à son maximum, il y a 22 000 à 25 000 ans. Des glaciers recouvraient presque toute la Suisse, seuls les sommets alpins émergeaient de cette mer de glace. Le glacier du Rhône, qui se terminait près de la ville de Lyon, atteignait l'altitude de 1400 mètres dans la région lausannoise. C'est ce glacier qui a creusé la cuvette lémanique, le Rhône s'écoulant via Chamonix avant les glaciations. Outre l'érosion du relief, les autres traces laissées par le passage des glaciers sont importantes : blocs erratiques, stries glaciaires, moraines et terrasse lacustres sur tout le Plateau suisse.

Il y a environ 15 000 ans, les glaciers ont fondu à basse altitude à la suite du réchauffement et permis à une végétation de steppe de s'établir. Mammouths, rennes, élans, chevaux et d'autres représentants de la faune froide, comme le rhinocéros laineux vinrent pâturer dans nos contrées. Vers -12 000 ans, une nouvelle phase de réchauffement fit disparaître les steppes en faveur de forêts et les mammouths migrèrent vers le nord, où leurs derniers représentants disparurent il y a 3700 ans.

L'ère quaternaire vit aussi l'avènement du genre *Homo* en Afrique et l'apparition d'animaux étranges en Amérique du Sud, comme le *Panochtus*, un tatou de 3 mètres ou le *Megatherium*, un paresseux géant.

## FICHE 2
## L'Univers, le système solaire et la planète Terre

***L'Univers s'est créé suite au big bang, une sorte d'explosion phénoménale à l'origine de l'espace, du temps et de la matière. Plus tard, à la suite de l'explosion d'une étoile, les poussières et les gaz qui en résultèrent se condensèrent pour former notre système solaire. En se refroidissant, notre planète s'est structurée en plusieurs couches.***

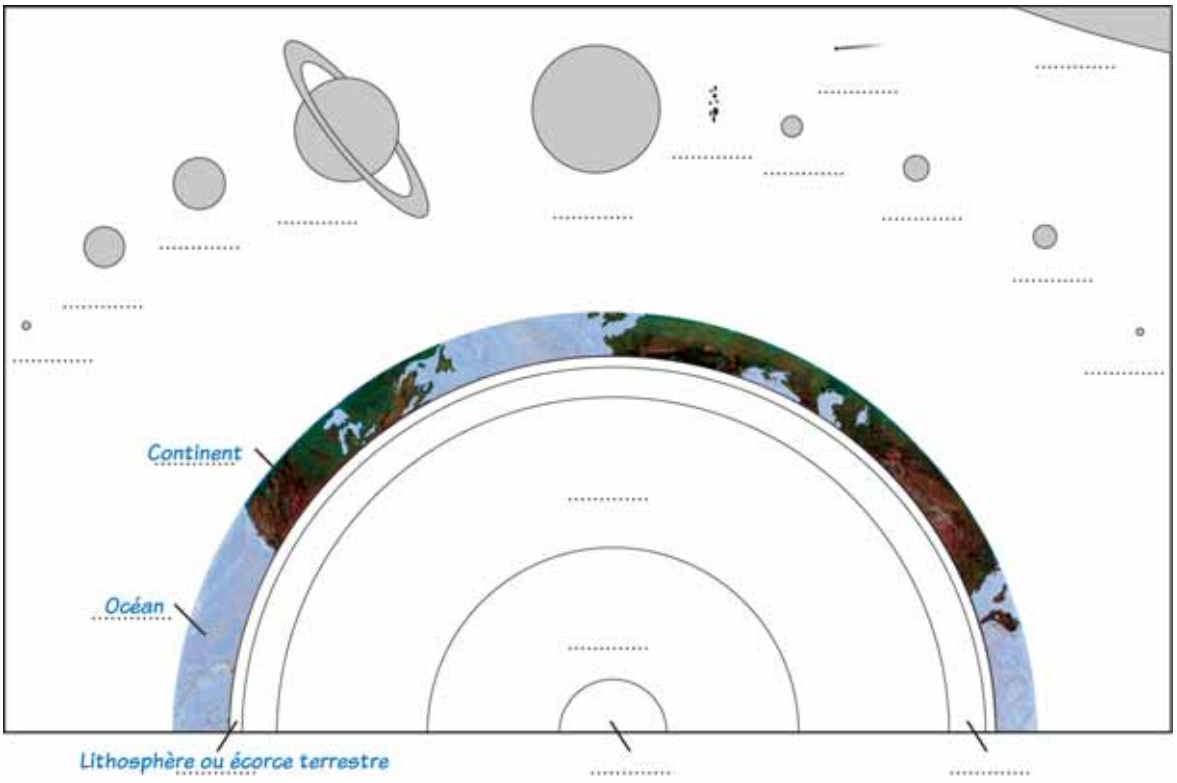
Niche 12 : lis les explications à l'entrée de la niche et trouve les âges suivants :

- la naissance de l'Univers : _____ milliards d'années.
- la naissance de notre galaxie, appelée la Voie Lactée : _____ milliards d'années.
- la naissance du système solaire (notre Soleil et ses planètes) : _____ milliards d'années.

Calcule, si tu y arrives : la planète Terre est donc environ ___ fois plus jeune que l'Univers.

Sur ce dessin du système solaire, ajoute le nom des planètes que tu vois sur la grande image.

La Terre est composée de plusieurs couches. Observe bien comment elle est faite, puis colorie cette coupe de la Terre. Cherche le nom de ces différentes parties et écris-les sur le dessin. Tu trouveras tous ces noms dans les entrées de la niche.




Sur la coupe de la Terre, observe maintenant l'écorce terrestre, aussi appelée lithosphère. Est-elle partout de la même épaisseur ? Que remarques-tu à certains endroits ?

_____

_____

Maintenant, si tu regardes les grandes coupes des Alpes (27), tu verras aussi la croûte terrestre en plus grand. Et tu trouveras des ressemblances avec ce que tu viens de noter.

Niche 12 : observe ce gros caillou noir bizarre. Eh bien, c'est _____ qui vient de la ceinture d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter. Il est couvert de petits creux, des alvéoles. Pourquoi ?

_____.

Quel est son poids ? _____ kilos.

Vitrine 10 : tu trouveras d'autres météorites. Quel est le poids de ce matériel extraterrestre qui arrive chaque jour sur Terre ? _____ tonnes (1 tonne = 1000 kilos).

As-tu déjà vu passer une météorite ? A quoi ressemblait-elle ?_____

Est-ce qu'une météorite s'est déjà écrasée en Suisse ?_____

Tu peux même caresser une tranche d'extraterrestre sur le bord de la vitrine. Comment est sa surface ?_____.

A quoi ressemble la matière dont elle est faite ?_____.

En fait, le noyau solide au centre de la Terre est probablement composé de la même matière.

Lucarnes à côté de cette vitrine 10 : tu trouveras des petits fragments de la planète Mars. Comment cette météorite martienne est-elle arrivée sur Terre ?

_____

_____

Salle Philippe de la Harpe, vitrine 54 : deux autres météorites sont exposées. Une avec l'origine de la vie, parce que_____

_____

La deuxième avec la disparition des dinosaures, parce que_____

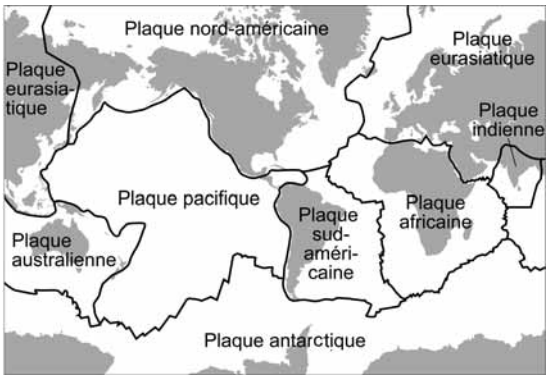
_____

_____

Dans la vitrine 4, il y a une chambre à brouillard qui permet de visualiser le passage de minuscules particules, comme des électrons ou des muons. Leur sillage ressemble aux traces laissées par un avion dans le ciel. Certaines de ces particules proviennent de la radioactivité naturelle terrestre et d'autres de l'espace (Soleil, rayonnement cosmique). Penses-tu que ton corps est aussi traversé par ces particules ? _____.

# FICHE 3
## La tectonique des plaques et les Alpes

***Les continents sont comme de vastes radeaux qui dérivent à la surface du globe. En fait, c'est toute la partie extérieure de la Terre, l'écorce terrestre, ou lithosphère, qui se déplace très lentement sous forme de grandes plaques : ce phénomène s'appelle tectonique des plaques ou dérive des continents. Des océans se créent là où des plaques se séparent et les montagnes naissent là où elles se rencontrent et se chevauchent.***




Niche 12 : tu trouveras dans un coin des images de la dérive des continents au cours du temps. Complète les phrases suivantes :

Il y a 225 millions d'années

Il y a 100 millions d'années

Il y a 40 millions d'années

Aujourd'hui

Au début de l'ère secondaire, il y a _____ millions d'années, presque tous les _____ se sont retrouvés réunis pour former une vaste terre émergée, appelée Pangée. Ce continent unique s'est ensuite cassé en deux parties principales : au nord, l'Amérique du Nord et l'Eurasie (Europe et Asie); et au sud, l'Amérique du Sud, l'_____, l'Inde, l'Australie et l'Antarctique.

Les Amériques se sont écartées de l'Europe et de l'Afrique en ouvrant un océan. Lequel ?
_____.

L'Inde, l'Australie et l'Antarctique se sont séparés de l'Afrique donnant ainsi naissance à l'océan _____. En se déplaçant vers le nord, l'Inde est entrée en collision avec le continent eurasien, ce qui a entraîné la formation des montagnes de l'_____.

L'Afrique a glissé vers le nord et sa collision avec l'Europe a donné naissance à des montagnes que tu connais : les _____.
Avec la tectonique des plaques, certains continents sont restés longtemps isolés, comme des vastes îles. Ceci a favorisé l'évolution d'animaux que l'on ne trouve que sur un continent, comme les _____ d'Australie ou les lamas d'_____.

Regarde les trois grandes coupes (27). Elles représentent des tranches verticales à travers la Suisse. Les couleurs représentent les plaques tectoniques et les grands ensembles de roches, un peu comme une maquette en pâte à modeler. La coupe C représente la région des Alpes il y a 100 millions d'années. Tu vois, c'était presque tout plat. Colorie les grands ensembles, en respectant les couleurs.

Colorie aussi la coupe B et note le nom des ensembles de la coupe C que tu y retrouves.
Que s'est-il passé au cours de ces 100 millions d'années entre les coupes C et B ?

_____

_____

Que sont devenus les deux océans ?

_____

_____

Va à la vitrine 23 où les restes de l'océan Téthysien sont représentés en vert foncé et en noir. Où se trouvent-ils ?

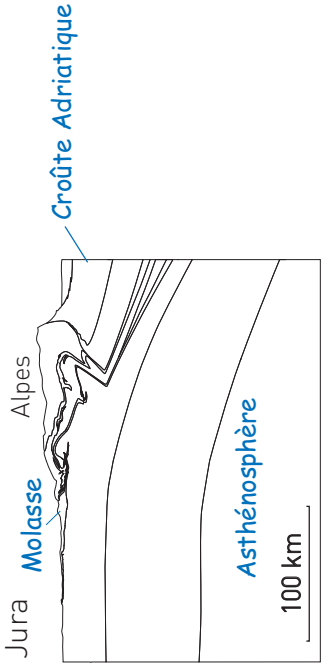
_____.

Coupe B: des deux côtés des Alpes, tu vois une nouvelle couleur. Laquelle ? _____. Cette couleur représente la molasse dont les roches sont formées à partir de débris de pierres (sédiments) arrachés aux Alpes, transportés par les rivières et déposés dans des lacs ou des mers. Les vitrines 57 et 59 montrent des fossiles trouvés dans ces roches. Quels fossiles?

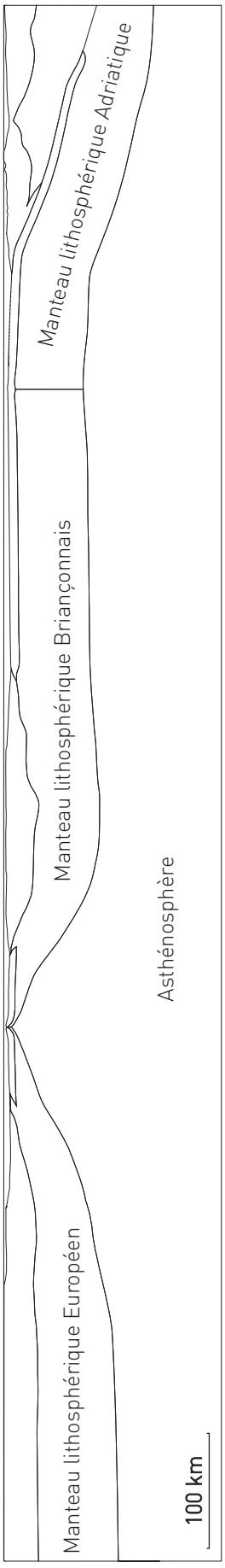
_____

_____

**Coupe (B) des Alpes aujourd'hui**



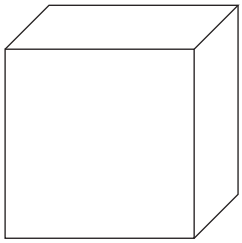

**Coupe (C) des futures Alpes, il y a 100 millions d'années**



# FICHE 4
# Minéraux et roches

***Les minéraux sont des cristaux formés par un arrangement d'atomes. Les atomes sont de minuscules particules de matière comme le silicium, le fer ou l'oxygène. Les roches sont toutes constituées de minéraux. Dans la plupart des roches, les cristaux sont généralement trop petits pour distinguer leurs faces caractéristiques, souvent lisses et brillantes.***

Entre dans la salle Renevier et fais un tour pour admirer les _____ de toutes les _____ (33 sur le plan) et de toutes les _____ (31).

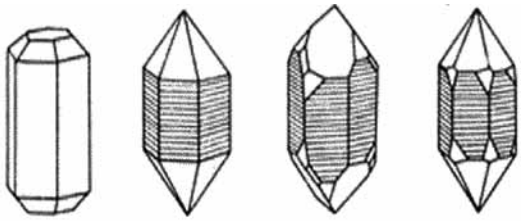


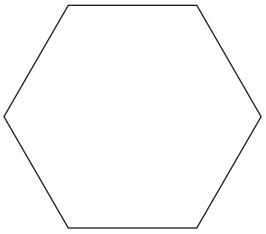
Ce volume est un _____.

Dans la vitrine 21, tu verras des minéraux brillants et dorés qui ont cette forme, ce sont des cristaux de _____.
**Leur forme est absolument naturelle, elle n'a pas été taillée par l'homme !** Si les cristaux ont assez de place pour se former, ils vont prendre des formes géométriques caractéristiques.

Si tu cherches dans la vitrine, tu trouveras d'autres minéraux qui cristallisent en cube comme _____.

Ces volumes sont construits à partir d'une autre forme ; ils font partie du système « hexagonal » (hexa = six en grec).





Cette surface est un _____.

Dans la pièce sombre (30), tu verras des minéraux sous une lumière ultraviolette. Quelles sont leurs superbes couleurs ?

_____

C'est un minéral, la fluorite, qui a donné le nom « fluorescence » à ce spectaculaire phénomène lumineux.
Vitrine 32 : tu peux voir des fluorites de couleurs différentes. Quelles sont ces couleurs ?

_____

Différents éléments peuvent influencer la couleur d'un minéral. Par exemple, le fer peut teinter un cristal en vert sombre. Trouve d'autres colorants d'après les textes des vitrines 6 et 31 :

| Colorant | Couleurs |
|---|---|
| Fer | Vert sombre |
| | |
| | |
| | |

| Colorant | Couleurs |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |

Dans la niche 9, il y a une roche appelée granite : de quels minéraux est-elle faite ?
_____.

Comment s'est formé ce granite ? Tu trouveras la réponse à la vitrine 20._____

_____.

Toujours à la vitrine 20, celle avec l'image du volcan, tu trouveras une roche faite avec les mêmes minéraux que le granite, mais qui a pourtant l'air très différente.
C'est une

_____.

Pourquoi cette différence ?

_____

_____.

Vitrine 22 : certaines roches sont formées à partir des débris d'autres roches. Ces débris sont transportés par les rivières et se déposent au fond de lacs ou de mers. Trouve l'échantillon intitulé « Les couennes de Châtillens ». Comment est-il fait ? Dessine-le :

_____

_____.

Chaque couche a été formée par un dépôt différent.
Quelle est la couche la plus ancienne ?

_____.

On appelle ces dépôts des sédiments, et la roche ainsi formée une roche sédimentaire.

Vitrine 24 : dur comme un roc ! Est-ce vrai ? Cette expression s'applique en fait mal aux roches. Les forces tectoniques sont tellement gigantesques qu'elles peuvent déformer les roches. Comment ? Et dessine deux roches déformées :_____

_____.

Vitrine 62 : certaines roches peuvent être entièrement constituées par des fossiles, comme les calcaires à coraux. Tu connais bien une de ces roches, blanche, tendre et utilisée à l'école. Elle est constituée par l'accumulation de plantes fossiles microscopiques, des coccolithophores, qui font partie du plancton (très petits organismes qui flottent dans la mer). Cette roche est la

_____

_____.

## FICHE 5
## Des minéraux et des hommes

***Une très grande partie de nos matières premières proviennent des roches, comme les métaux, le ciment, l'eau ou le pétrole. C'est d'ailleurs le métier du géologue que de trouver les sites les plus favorables pour exploiter ces matières.***

De nombreuses matières premières sont contenues dans des minéraux, qu'on appelle alors minerai. Ainsi, l'aluminium est extrait de la bauxite, un minerai rouge, que tu peux voir dans les petites lucarnes murales près du numéro 7 sur ton plan. Trouve, pour les objets ci-dessous, le minéral et la matière première dont ils proviennent :

Le _____,
utilisé pour des filaments d'ampoule, est extrait du minerai
_____.

Le _____
dont on fait des balles de fusil
provient du minerai
_____.

Le _____,
dont on produit des clous,
est extrait du minerai
_____.

Le _____ que
l'on trouve dans les thermomètres provient du minerai
_____.

Certaines roches sont des sources d'énergie, comme le charbon, le pétrole ou l'uranium. Où a-t-on exploité des mines de charbon dans le canton de Vaud (vitrines 22, 55, 56 et 58) ?

_____

_____.

Vitrine 55 : tu vois trois roches qui se ressemblent, mais qui sont différentes. Les trois peuvent servir de combustible.

La première vient des Etats-Unis, c'est de _____,
vieille de _____ millions d'années.
La deuxième vient de Belmont, près de Lausanne,
c'est de _____, vieille de _____ millions d'années.
La troisième vient d'Irlande, c'est de _____,
vieille de ____ millions d'années.

Les hydrocarbures (vitrine 22) sont constitués d'hydrogène et de carbone, comme le pétrole, le gaz naturel, le bitume ou l'asphalte. Lesquels exploitait-on avant 1860 et pourquoi faire ?_____

_____.

Pourquoi n'aimait-on pas le pétrole ou le gaz à cette époque?_____

_____.

Qu'avons-nous découvert en 1962 dans le forage d'Essertines ? _____.

Vitrines 21 et 22. Chaque image représente une utilisation des roches. Complète les phrases :

C'est un _____ _____ de 1923 qui se trouvait à _____.

Au XX[e] siècle, l'utilisation des pierres de construction a fortement diminué avec l'apparition du _____.

Cet homme est en train de creuser une galerie de _____ pour en extraire du _____.

Cet outil sert à creuser un puits. Il s'appelle _____ et permet de trouver de _____ ou _____.

Le _____ de cuisine de Bex provient d'une roche formée par _____ de l'eau de mer.

Certaines bordures de trottoir proviennent de blocs _____ du massif du Mont Blanc.

Une autre source d'énergie est la radioactivité produite par certains éléments comme l'uranium. Il se désintègre en émettant des particules que tu peux visualiser autour d'un minéral contenant de l'uranium dans la vitrine 4. Que se passe-t-il près de ce minéral ?

_____.

Les géologues recherchent certains minéraux de nuit avec une lampe ultraviolette, car ils sont fluorescents. Va dans la chambre noire (30) et observe quelles couleurs de fluorescence produisent les minéraux contenant du fluor (fluorure) : _____; de l'uranium (uranyle) : _____; et du tungstène (tungstate) : _____.

Mets-toi maintenant dans la peau d'un bijoutier qui doit confectionner la couronne du roi. Tu trouveras dans les vitrines 28 et 32, ainsi que dans les lucarnes près de la vitrine 8, les minéraux nécessaires. Colorie la couronne en indiquant le nom du minéral que tu as choisi et son pays d'origine :

| Couleur | Minéral | Pays d'origine |
|---|---|---|
| | *Or* | *Aubonne, Suisse* |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

# FICHE 6
# Les fossiles et l'évolution

***Les organismes vivants sont en constante évolution. Ils se transforment lentement au gré des générations. Toi-même tu es un peu différent de tes parents. Après des milliers de générations, ces différences peuvent devenir importantes et aboutir à l'apparition d'une nouvelle espèce.***

Normalement, seules les parties dures des organismes se fossilisent, comme les os ou les coquilles. Tu verras sous le microscope (nº 65 sur le plan) une exception à cette règle. Ce sont des fossiles de _____, conservés dans de _____, qui est de la résine fossile.

Vitrine 80 : tu y verras beaucoup de fossiles, avec des noms compliqués : ce sont leurs noms en latin. Mais si tu regardes tout en haut, tu verras d'autres étiquettes, en français cette fois, et qui te permettront de comprendre comment sont classés ces fossiles.

Note le nom de chacune de ces grandes catégories, en commençant par le fond de la salle. Trouve pour chacune un animal qui y appartienne, écris son nom :

| Catégorie | Animal |
|---|---|
| Poisson | Gyrodus hexagonus |
| | |
| | |
| | |
| | |

Tous les animaux classés là sont des _____ : ils ont un squelette avec une colonne vertébrale. Dans les vitrines en face, tu verras des coquilles, des oursins, des ammonites; ceux-là n'ont pas de colonne vertébrale, ce sont des_____.

Dans la vitrine 80, tu trouveras deux fossiles d'un archéoptéryx, surnommé le dinosaure à plume. Compare cet animal avec le squelette du platéosaure (53) et aussi avec un oiseau (vitrines dans les escaliers entre les deux salles) en remplissant les cases du tableau :

| A observer | Platéosaure | Archéoptéryx | Oiseau |
|---|---|---|---|
| Dents | | | |
| Peau (poils, écailles, plumes) | | | |
| Queue | | | Plumes sans os |
| Doigts des mains | 5 doigts | | |

Que penses-tu de cette comparaison ? _____.

Les vitrines 73 à 76 sont consacrées aux ammonites qui sont qualifiées d'« horloges géologiques ». Pourquoi ? _____.

Dans la vitrine 54, tu vois des crânes, et en bas, un arbre généalogique de nos proches ancêtres.

Avant les hommes modernes, on parle d' _____. Toute une branche, en rouge, s'est éteinte il y a plus d'un million d'années. C'est la branche des _____.

En vert, tu vois deux branches de nos plus proches cousins, les _____ et les _____. Qu'est-ce qui différencie l'*Homo sapiens* (ou l'homme moderne) des autres primates ? _____.

Observe les différences entre ces quatre hominidés (l'arcade sourcilière est la partie osseuse juste au-dessus des yeux); les couleurs n'ont pas d'importance.

| A observer | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nom | | | | Homo floresiensis |
| Age | | | -200 000 à -30 000 ans | |
| Arcade sourcilière | Très marquée | | | |
| Os du nez | | Absent | | |
| Taille du cerveau | | | Très gros | |

D'après les crânes et le texte explicatif de l'arbre généalogique, complète le tableau ci-dessous:

| A observer | | | |
|---|---|---|---|
| Nom | Homo sapiens | | |
| Canines | | Courtes | |
| Arcade sourcilière | Absente | | |
| Os du nez | Présent | | |
| Museau | | | Très en avant |
| Calotte (dessus du crâne) | | Lisse | |
| Poils et peau | Cheveux et peau lisse | | |

Que peux-tu en conclure ?_____.

## FICHES COMPLÉMENTAIRES SUR LES ÈRES GÉOLOGIQUES

Quatre fiches complémentaires et leurs réponses sont disponibles sur Internet : www.unil.ch/mcg, rubrique « Pour les profs ».

### Fiche 7. Les ères précambrienne et primaire : du microbe au reptile

Un des buts de cette fiche est de faire découvrir à l'élève les formes de vie primitive au travers de certains fossiles caractéristiques. Un exercice un peu semblable à la fiche 1 sur les temps géologiques est proposé : il faut situer différents fossiles des ères précambrienne et primaire sur une échelle des temps géologiques. Cet exercice est suivi de questions concernant l'origine de la vie, la faune étrange de Burgess (à l'origine des principaux embranchements actuels) et la luxuriante période Carbonifère.

### Fiche 8. L'ère secondaire ou l'âge d'or des grands reptiles

C'est la fiche préférée des élèves, puisqu'elle traite des dinosaures et des autres monstres de l'ère secondaire, comme le ptérosaure et l'ichtyosaure, un reptile marin. Ils réaliseront la très longue durée du règne des dinosaures par rapport à la brève présence de l'homme sur Terre. Différentes questions et des dessins les familiariseront avec les dinosaures de Suisse et ils découvriront la cause de leur brusque disparition.

### Fiche 9. L'ère tertiaire ou Lausanne au temps des palmiers

Après la disparition des dinosaures, les mammifères et les plantes à fleurs se sont épanouis au cours de l'ère tertiaire. Les élèves apprendront que la molasse de Lausanne est un gigantesque gisement de fossiles de cette époque : palmiers, séquoias, acacias, rhinocéros, crocodiles, hippopotames primitifs, etc. Cette fiche ainsi que la suivante permettent d'aborder en classe les notions de changements climatiques.

### Fiche 10. L'ère quaternaire : glaciations et mammouths

La première partie de la fiche porte sur la star du musée : le mammouth du Brassus et le lieu de sa découverte, le climat, sa dentition, son âge, etc. Les élèves découvriront aussi la faune contemporaine du mammouth, dont un bison des steppes pêché en mer du Nord et des animaux étranges de climats plus chauds. Quelques questions traitent de la présence du dernier glacier à Lausanne.

# RÉPONSES AUX FICHES

## FICHE 1 – Les temps géologiques et l'histoire de la vie

Si l'on veut être très précis : 1 heure (h) = 380 Ma, 1 minute (') = 6.3 Ma, 1 seconde (") = 100 000 ans.

Mammouth : 15 000 ans = midi (- 0,1"). 1ers insectes : 400 Ma = 11h (-3'). Palmiers à Lausanne: 23 Ma = midi (-4'). Toumaï : 7 Ma = midi (-1'). 1ers mammifères : 230 Ma = 11h (+24'). Disparition des dinos : 65 Ma = midi (-10'). 1ers dinos : 220 Ma = 11h (24'). 1ers vertébrés : 525 Ma = 11h (-23'). 1ers trilobites : 540 Ma = 11h (-25'). 1ers reptiles: 360 Ma = 11h (+3'). 1ers amphibiens : 370 Ma = 11h (+2'). 1ères plantes terrestres : 430 Ma = 11h (- 8'). 1ers stromatolites : 3450 Ma = 3h (+5'), 1ère trace de vie : 3850 Ma = 2h (-8').

Cet exercice met en évidence la très longue durée de l'ère précambrienne, durant laquelle la vie est restée exclusivement marine et de très petite taille. Il montre aussi à quel point de « vieux » animaux comme les dinosaures sont en fait très récents.

## FICHE 2 – L'Univers, le système solaire et la planète Terre

15 ; 12 ; 4,5 (ou 4,565) ; 3.

Planètes, etc., de gauche à droite : Pluton, Neptune, Uranus, Saturne, Jupiter, ceinture d'astéroïde, Mars, comète, Terre, Vénus & Mercure. En haut à droite: le Soleil.

Coupe de la Terre : de l'extérieur à l'intérieur : lithosphère (écorce terrestre), asthénosphère (manteau supérieur), mésosphère (manteau inférieur), noyau externe (liquide), graine ou noyau interne (solide).

L'écorce terrestre est plus épaisse sous les continents (100-200 km) que sous les océans (30-100 km). Des morceaux d'écorce plongent dans le manteau. Il y a des volcans au milieu des océans.

Une météorite (de Gibeon) ; fusion par échauffement lors du passage dans l'atmosphère ; 120 kilos.

100 tonnes par jour ; oui, une étoile filante ; oui, entre autres à Chervettaz, dans le canton de Vaud en 1901.

Métallique, avec des lignes droites entrecroisées ; du métal.

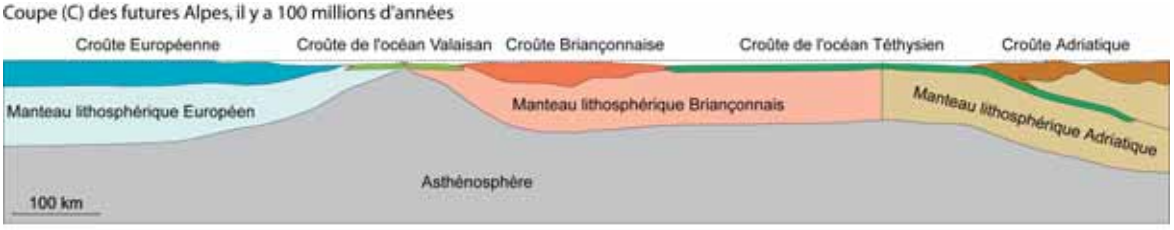
En étant éjecté de Mars par l'impact d'une météorite.

1. Les scientifiques ne savent toujours pas si la vie a démarré sur Terre ou si elle a été amenée sur Terre par une météorite ou une comète. 2. Les dinosaures, avec 75 % des autres espèces, ont disparu à la suite de l'impact d'une météorite de 10 kilomètres de diamètre au Mexique il y a 65 millions d'années (séisme, tsunami, boule de feu autour de la terre, cendres dans l'atmosphère, période froide, effet de serre, réchauffement des océans).

Oui, si ces particules peuvent traverser les murs, elles peuvent aussi traverser ton corps.

## FICHE 3 – La tectonique des plaques et les Alpes

250 Ma ; continents ; Afrique ; l'océan Atlantique ; Indien ; Himalaya ; kangourous ou koalas ; Amérique du Sud.



L'intensité des couleurs correspond aux différentes couches: les couleurs claires représentent les manteaux lithosphériques et les couleurs foncées les croûtes. Les 2 croûtes océaniques (Valais et Tethys) sont en vert.

La principale différence est un très fort raccourcissement : la plaque Adriatique a chevauché l'océan Téthys, avant de passer par-dessus le microcontinent Briançonnais et l'océan Valaisan. Ces éléments tectoniques ont aussi été plissés et un relief s'est formé.

L'essentiel de la croûte des océans a été englouti en profondeur par subduction, il ne reste près de la surface que quelques lambeaux replissés.

Entre Zermatt et le pied du Cervin.

Jaune. Palmiers, acacias, séquoias, canneliers, érables, peupliers, etc. pour la flore et pour la faune : escargots, crocodiles, tortues, rhinocéros, anthracothères (cochon-hippopotames primitifs), etc.

## FICHE 4 – Minéraux et roches

Cristaux ou minéraux ; formes ; couleurs.

Cube ; pyrite ; carollite, galène, almandin (grenat), fluorite, sphalérite, halite (sel gemme), cuprite, bétafite, etc. Hexagone.

Des couleurs « fluo » : vert, bleu, violet, orange, jaune, etc. Fluorites : vert, vert pâle, violet, jaune.

Fer : vert sombre (aussi rouge bordeaux suivant le degré d'oxydation). Cuivre : bleu, vert. Cobalt, manganèse, chrome : rose, violacé, rouge vif. Uranium : jaune vif et orange. Chrome : vert, orange, rouge-orange. Vanadium : vert, bleu. Fer et titane : bleu. Mercure : rouge. Plomb : gris, etc. La radioactivité naturelle, des bactéries ainsi que des phénomènes optiques influencent aussi la couleur des minéraux.

Assemblage de cristaux (quartz, feldspaths, micas, ...). Par la lente cristallisation d'un magma au sein de la croûte terrestre. Rhyolite ; c'est une lave qui s'est refroidie très rapidement et seuls de minuscules cristaux ont eu le temps de se former.

Ressemble un peu à du lard, avec une alternance de couches noires et grises. La couche la plus ancienne est la plus basse.

Les roches sont déformées de manière cassante près de la surface (formation de failles) et plastique en profondeur (formation de plis).

Craie.

## FICHE 5 – Des minéraux et des hommes

Tungstène ; scheelite (et muscovite). Plomb, galène. Fer, hématite. Mercure, cinabre.

Principales mines de charbon vaudois : vallon de la Paudèze (Paudex, Pully, Belmont), région d'Oron (Châtillens, Maracon), Corsier-sur-Vevey, Pays-d'Enhaut.

L'anthracite, -320 Ma. Houille (= charbon au sens strict ; au sens large, le charbon regroupe l'anthracite, la houille, la lignite et la tourbe), -27 Ma. Tourbe, 0 Ma (actuel).

Bitume et asphalte ; graissage des roues de chars, ciment, médecine, calfatage des bateaux, etc. Car ces produits sont dangereux : risques d'explosion et d'incendie. 100 tonnes d'huile d'excellente qualité et quelques milliers de mètres cube de gaz naturel.

Puits ou forage de pétrole ; Arnex (Vd). Béton. Mine ; charbon. Trépan de forage ; l'eau ou du pétrole. Sel ; évaporation. De granite (erratique).

Des traînées en jaillissent de manière radiale; elles sont dues à la désintégration des atomes radioactifs.

Violet ; jaune verdâtre. Blanc crème.

La liste exhaustive des possibilités est trop longue ; on peut néanmoins remarquer que certains pays sont riches en pierres de joaillerie (Brésil, Madagascar, Afghanistan, Pakistan, Sri Lanka, Thaïlande, etc.) et on en trouve même en Suisse, dont de l'or dans la plupart des rivières du Moyen-Pays.

## FICHE 6 – Les fossiles et l'évolution

D'insectes surtout (aussi d'autres arthropodes). Ambre.

Poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux, mammifères. La liste des animaux est trop vaste pour figurer ici, mais tous les noms dans cette vitrine à l'ancienne sont en latin.

Vertébrés. Invertébrés.

| A observer | Platéosaure | Archéoptéryx | Oiseau |
|---|---|---|---|
| Dents | Nombreuses | Très petites | Aucune |
| Peau (poils, écailles, plumes) | Ecailles | Plumes | Plumes |
| Queue | Longue avec os | Os et plumes | Plumes sans os |
| Doigts des mains | 5 doigts | 3 doigts | Pas de doigt |

Les oiseaux sont des descendants des dinosaures, du type de l'Archéoptéryx.

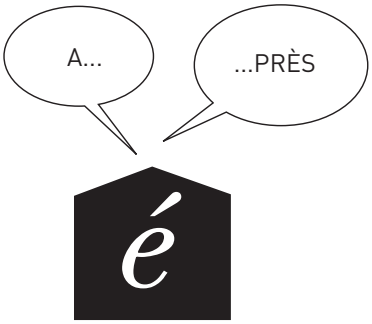
Les ammonites ont évolué très rapidement. La durée de vie d'une espèce est ainsi très courte, ce qui permet d'attribuer une datation très précise à la couche qui la contient.

Hominidés. Australopithèques. Gorilles, chimpanzés. La bipédie.

| Nom | Sahelanthropus tchadensis (Toumaï) | Australopithecus afarensis (Lucy) | Homo neanderthalensis | Homo floresiensis (Hobbit) |
|---|---|---|---|---|
| Age | -7,2 Ma | -3,9 à -2,9 Ma | -200 000 à -30 000 ans | -95 000 à -13 000 ans |
| Arcade sourcilière | Très marquée | Marquée | Marquée | Peu marquée |
| Os du nez | Absent | Absent | Présent | Absent |
| Taille du cerveau | Très petit | Petit | Très gros | Minuscule |

| Nom | Homo sapiens (homme moderne) | Bébé chimpanzé | Pan troglodytes (chimpanzé mâle) |
|---|---|---|---|
| Canines | Courtes | Courtes | Grosses et longues |
| Arcade sourcilière | Absente | Très peu marquée | Très marquée |
| Os du nez | Présent | Absent | Absent |
| Museau | Peu marqué | Peu marqué | Très en avant |
| Calotte (dessus du crâne) | Lisse | Lisse | Crête osseuse |
| Poils et peau | Cheveux et peau lisse | Fœtus : cheveux et peau lisse | Poils partout |

L'homme moderne ressemble beaucoup plus au bébé chimpanzé qu'au chimpanzé adulte (évolution par néoténie).




# PROLONGEMENTS EN CLASSE ET A L'EXTÉRIEUR

Le maître reprend les fiches faites au musée. Les activités suivantes à faire en classe ou à l'extérieur sont proposées pour compléter cette visite (ou l'amorcer).

## La Terre et l'Univers

Les alvéoles des météorites sont dues à l'échauffement lors du passage dans l'atmosphère terrestre. On peut expérimenter l'échauffement dû au frottement en frottant ses mains l'une contre l'autre, en les frottant contre une table... L'échauffement par frottement est l'un des premiers moyens utilisés pour allumer du feu.

## La dérive et la collision des plaques tectoniques

Des plaques de glace sur une flaque gelée en sont un bon exemple. La peau qui flotte sur le lait est plus dense que le lait et tend à sombrer, un peu comme les planchers océaniques qui plongent et s'enfoncent dans le manteau terrestre.

Observer les cartes qui montrent la dérive des continents, depuis la Pangée jusqu'à aujourd'hui. On pourrait en faire un puzzle.

Essayer de retrouver les noms des continents actuels dans le puzzle des plaques tectoniques à l'époque où elles étaient toutes réunies en un seul continent.

## Géologie, stratigraphie, érosion

Commencer par montrer une carte géologique.

Avec de la pâte à modeler de différentes couleurs, chaque couleur représentant une roche, empiler plusieurs couches de couleurs et d'épaisseurs différentes. Entailler en biais (comme une vallée aux flancs en pente), les couleurs formeront des V encastrés les uns dans les autres. Si on plisse l'ensemble et on coupe la surface des plis, on voit apparaître les couleurs sous-jacentes, de même que l'érosion dénude des roches enfouies.

Forer et retirer une carotte : faire un trou dans les couches successives pour en retirer une carotte aux couleurs des couches, l'idéal pour sortir le morceau est un couteau rond pour enlever le cœur des pommes.
Paléontologue : la fouille.
Voir le classeur d'histoire 4P.

Dans une caisse à sable, on peut expérimenter la stratigraphie, en colorant différentes couches, en y mettant des « fossiles », feuilles, coquillages. On peut essayer les plissements avec une feuille de plastique sous les couches de sable (délicat).

Stratigraphie aussi avec une pile de feuilles ou de couvertures, on peut alors les plisser facilement, mais il est impossible de les « éroder » pour retrouver les « fossiles ».

L'érosion.
Voir le classeur de géographie 4P.
Expériences à faire dans une caisse à sable ou sur un tas de sable, une "rivière" qui creuse, emportant et déposant des sédiments. Cela permet d'aborder le cycle géologique, orogenèse (surrection des montagnes), érosion et transport des matières arrachées à la montagne, sédimentation, compression des sédiments, fossilisation, avant une nouvelle orogenèse qui sera, à son tour, attaquée par l'érosion.
Fissuration des roches avec le gel : fendre une bouteille en la remplissant d'eau qu'on fait geler.

## Minéraux et roches

Reconnaître des roches et des minéraux: essais de dureté : certains minéraux durs (quartz, diamants) raient l'acier du marteau de géologue ou d'un couteau, la plupart des autres (calcite) sont rayés par ce même acier. Certains, comme le gypse, sont rayés avec un ongle.

Essais de couleur : les minéraux marquent un papier (ou mieux : de la porcelaine non vernie) d'un trait de couleur.

Dissolution du calcaire : une goutte d'acide sur une roche contenant du calcaire la fait mousser. Expérience intéressante, mais attention à l'acide !

Calcaire au fond d'une casserole ou d'une bouilloire : à observer après cuisson de l'eau. Observer aussi sa dissolution avec du vinaigre.

Source : verser lentement de l'eau sur une éponge posée sur une soucoupe ; lorsqu'elle est saturée, l'eau s'écoule dans la soucoupe. Voir aussi classeur de géo. 4P, pp. 19-22.

Créer des stalactites : mettre de l'eau dans laquelle on aura dissous un maximum de carbonate de soude dans deux bocaux ; prendre un brin de laine, aux extrémités duquel on aura attaché un trombone (poids), et qu'on laissera tremper largement dans les deux bocaux; sous le fil, entre les deux bocaux, mettre une assiette. En quelques jours, une stalactite se formera sur le fil, et une stalagmite se déposera dans l'assiette.

Créer des cristaux :

Avec du sel : dissoudre dans un bocal d'eau (l'évaporation est plus rapide si le bocal est large) autant de sel que possible. Si l'eau est chaude, on peut y dissoudre plus de sel.
En mettant le bocal sur un radiateur, l'évaporation est rapide, mais on ne pourra voir que quelques très petits cristaux, à la loupe, le sel reste en grosse masse.
Plus l'évaporation sera lente, plus on obtiendra des cristaux intéressants.
Les cristaux de sel sont cubiques. Si on ajoute une goutte d'urine, ils seront octaédriques (voir les formes des cristaux, p. 17).

Avec du sucre : dissoudre autant de sucre que possible dans un bocal, environ 200 g de sucre pour 50 g d'eau (comme pour le sel). Attacher un ou deux fils de coton (fils pelucheux)

à une baguette posée en travers du bocal, et laisser dans un endroit tranquille. Au bout de quelques jours, on verra de petits cristaux se former sur les fils, cristaux qui vont continuer à se développer tant qu'il y aura assez de sucre dans la solution pour qu'il se dépose.

Avec du sulfate de cuivre (se trouve en pharmacie) : dissoudre 50 g de sulfate de cuivre dans 1 dl d'eau très chaude, laisser reposer dans un endroit tranquille. Après environ deux heures, de petits cristaux se seront formés au fond du bocal. En choisir un, l'attacher à un fil tenu par une baguette au-dessus d'un bocal contenant une nouvelle solution de sulfate de cuivre (75 g pour 1,5 dl d'eau). En un jour, il grossira déjà. Recommencer plusieurs fois, avec une nouvelle solution, pour continuer à le faire grossir.

### Moulages de fossiles

Moulage et restes fossilisés :
Au fond d'un pot ou d'une assiette, sur une couche de plâtre, placer un objet à fossiliser qui laissera un vide, vide qu'on comblera plus tard avec la pâte à modeler et un autre objet (coquille par exemple) qui restera.
Recouvrir de plâtre et tasser.
Attendre que le plâtre sèche (au moins une heure).
Couper le plâtre en deux. Remplir le vide avec de la pâte à modeler, mais laisser la coquille.
Refermer le moule et bien appuyer.
Ouvrir le moule pour trouver les deux fossiles.

Fossiles d'empreintes.
Faire des empreintes sur le plâtre et les laisser sécher, puis les recouvrir de sable.
« Eroder » le sable avec de l'eau jusqu'à dégager les empreintes.

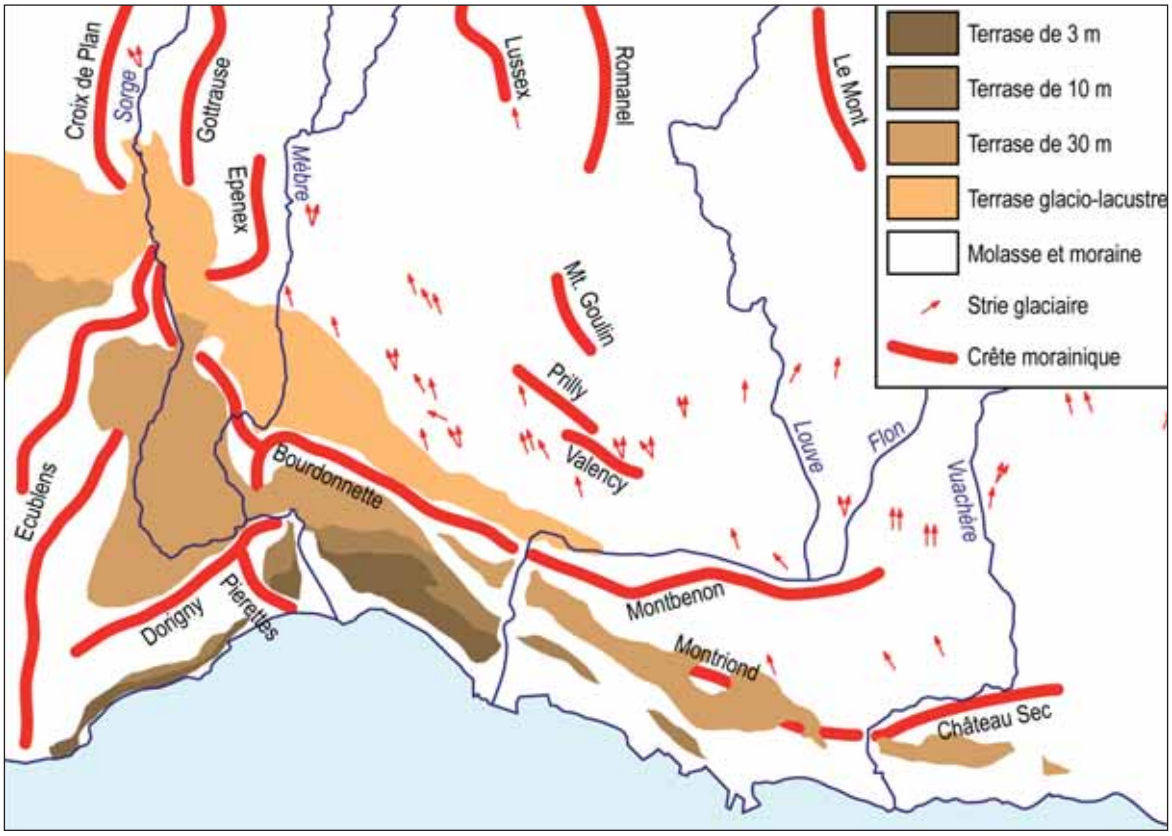
D'autres expériences faciles et intéressantes à faire : ascension liquide, volcans paisibles ou colériques, mesurer la force des séismes, etc... dans le livre *Le cœur de la Terre, Sciences en poche, les petits débrouillards*, Paris, Albin Michel Jeunesse, et d'autres expériences dans *50 expériences pour découvrir notre planète*.

### L'évolution

Dans le classeur d'histoire 4P, le chapitre 2, consacré aux premiers hommes, donne quelques repères sur l'évolution des hommes. On trouve à la page 25 un grand tableau des ancêtres préhistoriques, et la page d'élève n°1 s'intitule : une galerie d'ancêtres. Plusieurs activités sont proposées, faire du feu, comparer les outils, l'australopithèque Lucy, vivre à l'époque glaciaire, ...

Les glaciers laissent des marques : fabriquer un glacier (bloc de glace) en congelant de l'eau avec quelques cailloux (en laisser dépasser quelques-uns), du sable et du gravier, puis faire glisser ce bloc de glace en appuyant fortement sur une planche de bois tendre : on observera les stries sur le bois. En laissant dépasser des cailloux, observer que la glace colle à la pierre : ce qui permet de comprendre l'érosion par arrachement lorsque le glacier avance. L'expérience classique de la bouteille qui se fend lorsque l'eau y gèle permet, elle, de comprendre la fracturation des roches due au gel. Et en laissant fondre notre bloc

de glace, on retrouvera les matériaux qu'on y a mis, à l'endroit où la glace fond (transport). Pour comprendre la position des moraines par rapport au glacier, un coup de balai dans un tas de sable laisse les mêmes tas : deux moraines latérales et une frontale.




Traces des glaciations dans la région lausannoise.

## Excursions

La géologie est une science de terrain, les sorties permettant aux élèves d'observer la réalité complètent (ou amorcent) cette étude.

Un paragraphe de la biblio-graphie est consacré aux descriptions d'itinéraires.

Le Sentier du temps, à Chaumont (Neuchâtel), est une bonne illustration des durées géologiques.

Au Marchairuz, on visitera la maison du Parc, on pourra parcourir l'un des quatre itinéraires géologiques.

Les grottes de Vallorbe, les Mines de sel de Bex, les Mines d'asphalte du Val-de-Travers (la Pesta - tél. : +41 (0)32 863 30 10), le sentier des mines du Mont-Chemin (Valais) sont des buts de course d'école appréciés et intéressants.

Traces des dernières glaciations : où trouver des moraines dans la région ?

On peut voir un peu partout des blocs erratiques, plus ou moins gros. Les plus gros sont signalés sur les cartes topographiques au 25 000 e. On peut souvent y voir des stries glaciaires.

Autour des constructions récentes, de gros blocs sortis des chantiers sont souvent déposés sur les pelouses ou à l'entrée de chemins réservés aux piétons.

La pierre à Cambot, dans les bois de Vernand-Dessous, près de Romanel-sur-Lausanne, est un magnifique bloc erratique (www.unil.ch/mcg/page15568.html).

Fossiles : observer murs et marches d'escalier ; il est courant de trouver des fossiles dans les calcaires utilisés dans la construction. Les calcaires sont eux-mêmes des fossiles, coraux, squelettes de plancton, coquillages et restes divers broyés en sable avant d'être minéralisés (roche biodétritique). Le dépliant *Les entrailles du Palais de Rumine* en donne de nombreux exemples.

# BIBLIOGRAPHIE

Les documents disponibles à la Médiathèque de la Haute Ecole Pédagogique (HEP) sont signalés par un astérisque.

Au sein des groupes, certaines publications y sont réunies quand elles traitent d'une thématique similaire.

## Passionnant pour néophytes

*MICHEL François, *Roches et paysages : reflets de l'histoire de la Terre*, BRGM, 2005, 255 p.

Simple et complet, ce document de géologie générale est illustré de schémas et de photos, il pourra être consulté aussi par les élèves.

## Ouvrages généraux

*BISHOP A.-C., HAMILTON W.-R., WOOLLEY A.-R., *Guide des minéraux, roches et fossiles: toutes les merveilles du sol et du sous-sol*, Delachaux et Niestlé, 2005, 336 p.
*SCHUMANN Walter, *Guide des pierres et minéraux*, Delachaux et Niestlé, 1989, 384 p.

Ces deux guides permettent de reconnaître les différentes roches, forme, chimie, provenance, utilisation.

BUFFETAUT Eric, *Dinosaures, enquête sur une disparition*, Hachette, Phare, 2000, 128 p.

Découvrir comment une catastrophe cosmique a dévasté le monde vivant, les hypothèses et les preuves des causes des extinctions massives de la fin de l'ère secondaire.

*AUF DER MAUR Franz, ANDRE Robert, *Trésors du sol suisse (n° 1 et 2), cristaux - or - mines, & fossiles - pétrole*, Lausanne, 24 Heures, 1987, 128 p.
*ENCYCLOPEDIE DU PAYS DE VAUD, tome 2, *Une terre, ses origines, ses régions*, Lausanne, 24 Heures, 1973, 192 p.

Ces volumes contiennent des chapitres consacrés à l'histoire géologique, aux mines et aux richesses du sol, aux glaciers et aux époques glaciaires, aux eaux, grottes et gouffres, aux catastrophes naturelles dans notre région.

« Derborence », in **LA SALAMANDRE*, n° 116 (avec un mini-guide sur les roches)
« Le Jura », in *GEO*, n°137 (1990)

Ces revues grand public donnent une information intéressante sur la géologie de ces deux régions. *Géo* contient un dépliant montrant le Jura et les dessous du paysage.

*PROST André, *La Terre : 50 expériences pour comprendre notre planète*, Belin, 1999, 128 p.

Comment bricoler pour expérimenter et mieux comprendre les phénomènes chimiques, magnétiques ou thermiques, les déformations des roches, l'influence du vent, des eaux, du gel dans les paysages.

**Tableau mural des ères géologiques*.

Ce document classique permet de placer ères, vie, évolution et événements géologiques dans le temps. A la Médiathèque de la HEP, il existe également en format A4 pouvant être mis à disposition des élèves.

## Publications du Musée cantonal de géologie

Une série de dépliants thématiques (mammouth, cristaux, roches du Palais de Rumine, monstres du Mésozoïque) sont disponibles dans les salles ou sur Internet (www.unil.ch/mcg/page14839.html).

MEISSER Nicolas et Patricia, *Cristal de roche*, 1997, 68 p.

Cette brochure explicative accompagne l'exposition de la salle Renevier et apporte de nombreux renseignements complémentaires sur le monde merveilleux des cristaux.

SEPTFONTAINE Michel, *Fossiles, archives de la vie*, 1993, 24 p.

Plaquette de l'exposition permanente de paléontologie.

SEPTFONTAINE Michel, *Belles et utiles pierres de chez nous*, 1999, 48 p.

Pierres de construction et d'ornementation de notre sous-sol.

## Pour ceux qui veulent en savoir plus

BURRI Marcel, *Connaître les roches en Valais*, Martigny, Pilet, 1987, 160 p.

LABHART Toni, DECROUEZ Danielle, *Géologie de la Suisse*, Delachaux et Niestlé, Les compagnons du naturaliste, 1998, 212 p.

* MARTHALER Michel, *Le Cervin est-il africain ?*, L.E.P., 2001, 96 p.

WEIDMANN Marc, *Petite géologie lausannoise, Lausanne au temps des palmiers*, Ville de Lausanne, Les cahiers de la forêt lausannoise 2, 1987, 40 p.

Ces ouvrages présentent l'histoire géologique des Alpes découverte à travers leur géologie actuelle.

FOUCAULT Alain, RAOULT Jean-François, *Dictionnaire de géologie,* Masson, 2005, 337 p.

Dictionnaire agrémenté de nombreux schémas qui explique les termes utilisés en géologie.

TROMPETTE Roland, *La Terre, une planète singulière*, Belin, 2003, 303 p.

Initiation aux sciences de la Terre, ce livre s'appuie sur de nombreuses illustrations, il présente notre planète comme un système dans lequel chaque élément est dépendant des autres.

## Descriptions d'itinéraires, observations dans le terrain

*AUBERT Daniel, *Guide géologique de la Vallée de Joux*, Feuille d'Avis de la Vallée de Joux, 1997, 64 p.

MARCHANT Robin et GROSJEAN Grégory, *Roches et paysages du Parc jurassien vaudois*, Parc Jurassien vaudois, 2004, 88 p.

Géologie du Jura illustrée et itinéraires de découverte entre Givrine, Marchairuz et Vallorbe permettent de mieux comprendre ces paysages.

BENEDETTI Sandro & DECROUEZ Danielle, *Sentier des dinosaures, Finhaut*, Espace Mont-Blanc, 1998, 64 p.

*Sentier du Temps*, Office du Tourisme neuchâtelois

*Un sentier d'évasion le long du Flon (de la Chandelar et du Flon Morand)*, Les Cahiers de la forêt joratoise n° 4 (et n° 8).

Ces brochures présentent les excursions correspondantes, en y incluant faune, flore et autres thèmes intéressants.

*DECROUEZ Danielle, JORDAN Peter, AUF DER MAUR Franz, *Géotopes, un voyage dans le temps*, MPA et Pro Natura, 2003, 208 p.

Vingt itinéraires géologiques en Suisse, roches, mines et minéraux, fossiles, eaux souterraines, pour découvrir la géologie dans le terrain. Plusieurs excursions sont possibles avec une classe.

MATHIEU D., *Le Haut-Jura de crêts en combes, guide des curiosités géologiques du parc naturel du Haut-Jura (F)*, BRGM, 1988.

Le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) a publié plusieurs guides géologiques de régions françaises, histoire et itinéraires géologiques, qui permettent d'aborder la géologie en se promenant et en observant les paysages.

MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE DE LA VILLE DE GENEVE, *Les balades d'Alice, 40 idées pour découvrir le monde souterrain en Suisse et en France voisine,* Genève, 2003.

## Pour les élèves

PINCE Robert et Hélène, *Copain de la terre*, Toulouse, Milan Jeunesse, coll. Copain, 2005, 256 p.

LISAK Frédéric, *Copain des montagnes*, Toulouse, Milan Jeunesse, coll. Copain, 2005, 272 p.

*PINCE Robert, *Copain des sciences*, Toulouse, Milan Jeunesse, coll. Copain, 2003, 295 p.

Les livres de la série "Copain", documents imagés, contenant des chapitres brefs et complets, avec des explications simples et de nombreuses expériences et activités pratiques, trouvent heureusement leur place dans une bibliothèque de classe.

Collection *LAROUSSE.EXPLORE*, Paris, Larousse.
Cette collection aborde des sujets différents (terre, pierres et fossiles ; dinosaures ; Univers ; volcans et tremblements de terre) de façon ludique, proche d'un écran informatique.

Collection *LES YEUX DE LA DECOUVERTE*, Paris, Gallimard.

LINDSAY William, *Les animaux préhistoriques*, 2001

MILNER Angela, NORMAN David, *Le temps des dinosaures*, 2003

SYMES R.F., *Roches et minéraux*, 1991.

HARDING R.R., SYMES R.F., *Pierres précieuses*, 2002.

TAYLOR Paul, *L'énigme des fossiles*, 1989.

Cette collection se présente comme une encyclopédie de référence. Ce sont des documents complets et bien illustrés.

DE PANAFIEU Jean-Baptiste, *Dinosaures et autres animaux préhistoriques*, Toulouse, Milan, 2005.

Histoire du monde animal sur la Terre, depuis l'origine de la vie.

*ETCHEMENDY Marijo, *Histoires... de pierre, histoires... de terre, Le Moutard 18* , et **Découverte en famille*, supplément au n° 18, Lyon, Guide du Moutard, 1998.

Petit guide complet et pratique. A la Médiathèque de la HEP, plusieurs exemplaires sont disponibles en même temps pour une classe.

PARKER Steve, *Entrez dans la planète Terre*, Paris, Gründ, 1995.

Photos, schémas et transparents rendent ce document attrayant.

## Moyens d'enseignement officiels

*Classeur de CE 1 - 2 - 3P*

Dans les opportunités et amorces proposées, « Une coupure d'eau », p. 85, aborde les questions de sécheresse, d'inondation, d'alimentation en eau, d'où vient l'eau et où va-t-elle? et « Une cathédrale », p. 163, aborde la notion de matière, la pierre, utilisée dans la construction.

*Classeur de géographie 4P*

Chapitres sur les eaux, le relief, les activités humaines (mines de sel, carrières, mines).

*Classeur d'histoire 4P*

Etude 1, la fouille archéologique, notion de stratigraphie, de fossiles, étude 2, les premiers hommes, et étude 3, la vie des chasseurs de renne, fin de l'époque glaciaire, mammouth, etc.

*Classeurs de maths*

CYP2, module 6, surfaces et solides.

*Livre de lecture 4P*

Pp. 136-137 et fiche de grammaire COROME, p. 67 : les volcans.

## FILMOGRAPHIE

Le musée propose des dossiers pédagogiques sur les films documentaires qu'il projette dans le cadre du Ciné du Musée (www.unil.ch/mcg/page15291.html).

« C'est pas sorcier » (www.cestpassorcier.com).

Une émission scientifique éducative de France 3, adaptée aux enfants, permet de comprendre divers phénomènes avec des moyens simples, vivants et imagés.

| | |
|---|---|
| *L'espace :* | pleins feux sur le système solaire ; les sorciers décrochent la lune ; la tête dans les étoiles ; les comètes et les astéroïdes. |
| *Les phénomènes géologiques*: | la traversée du désert ; l'oasis, une escale dans le désert ; les volcans, le grand show !; l'Etna sous haute surveillance ; volcans, séismes et tout le tremblement. |

## WEBOGRAPHIE

www.unil.ch/mcg

Site du Musée cantonal de géologie de Lausanne. Rubrique « Géosciences pour tous » : un grand choix d'informations géologiques sur notre région. Rubrique « Pour les profs » : exercices sur les fossiles, les fossiles régionaux, l'échelle des temps géologiques, propositions d'excursions ainsi que des liens sur les sites pédagogiques en géosciences : Objectif-Terre, SagaScience, le Petit Bazar, etc.

www.grotte.ch

Grottes, cavernes et lacs souterrains de Suisse. De nombreuses informations utiles pour la géologie, la spéléologie ou encore la géographie.

www.ville-ge.ch/musinfo

Museum d'histoire naturelle de Genève.

ÉCOLE-MUSÉE

© Ecole-Musée / Canton de Vaud 2007

DÉPARTEMENT DE LA FORMATION ET DE LA JEUNESSE – SERVICE DES AFFAIRES CULTURELLES

| | |
|---|---|
| Coordination | Ana Vulić |
| Dossier | Monique Ramos (Ecole le Bluard, Morges) et<br>Robin Marchant (Musée cantonal de géologie, Lausanne) |
| Collaboration | Nicolas Meisser (Musée cantonal de géologie, Lausanne) |
| Crédits illustrations | Musée cantonal de géologie (Stefan Ansermet et Robin Marchant) sauf aux pages 9 (L'horloge des temps géologiques: modifié d'après les Réserves Naturelles de France), 15 (La future région alpine, MARTHALER Michel, *Le Cervin est-il africain?*, Lausanne, L.E.P., 2001), 20 (La faune étrange d'Ediacara, GOULD, S.J., *Le sourire du flamand rose*, Paris, Seuil, 1985 et Hallucigenia, GOULD, S.J., *La vie est belle*, Paris, Seuil, 1989) et 22 (Impact de la météorite: www.nasa.gov). |
| Relecture | Corinne Chuard |
| Mise en forme | Anne Hogge Duc |
| Impression | Centre d'édition de la Centrale d'achats de l'Etat de Vaud (CADEV) |
| Remerciements | à Céline Albert, stagiaire en muséologie |

Le présent dossier pédagogique est téléchargeable sur www.ecole-musee.vd.ch et www.unil.ch/mcg.

Couverture — Galets du delta de l'Aubonne : toute une panoplie de roches transportées depuis le Valais par les glaciers et ensuite par les rivières.

canton de vaud
LIBERTÉ ET PATRIE

Les dossiers pédagogiques (dp) sont produits par le Service des affaires culturelles (SERAC), Département de la formation, de la jeunesse et de la culture du Canton de Vaud (DFJC).