

LE COFFRET DIDACTIQUE MANUEL D'UTILISATION



Interreg
ALCOTRA

Fonds européen de développement régional
Fondo europeo di sviluppo regionale



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

Version numérique



SOMMAIRE

INTRODUCTION

Le projet ALCOTRA, l'Aventure Géologique et le " Coffret Didactique	2
Comment est structuré le Coffret Didactique	3
Se préparer à l'utilisation	5

LES UNITÉS DIDACTIQUES

UD 0 – LE COFFRE DE SACCO ET MARTEL

Matériel disponible	8
Activité didactique	9
Notes didactiques	9

UD 1 – LE TEMPS GÉOLOGIQUE

Matériel disponible	13
Activité didactique	14
Notes didactiques	14

UD 2 – LES ROCHES DANS LE TEMPS ET DANS LES LIEUX

Matériel disponible	15
Activité didactique	19
Notes didactiques	19

UD 3 – LES PRINCIPES DE LA FOSSILISATION

Matériel disponible	25
Activité didactique	25
Activité expérimentale	26
Notes didactiques	30

UD 4– L'HISTOIRE DES ALPES

Matériel disponible	32
Activité didactique	32
Activité expérimentale	35
Notes didactiques	39

UD 5– LA FABRIQUE DU PAYSAGE ALPIN : érosion, transport et dépôt

Matériel disponible	46
Activité didactique	47
Activité expérimentale	50
UNE EXTENSION ou UNE VARIANTE de l'UD5 : LA SÉDIMENTATION	58
Notes didactiques	59

INTRODUCTION

I. Le projet ALCOTRA, l'Aventure Géologique et le " Coffret Didactique ".

Le « Coffret didactique » fait partie des actions prévues par le projet « L'Aventure Géologique, sur les traces de Federico SACCO et Édouard Alfred MARTEL » financé par les fonds du programme de financement transfrontalier Interreg ALCOTRA Italie France pour les années 2014 - 2020, Axe prioritaire-Priorité d'investissement-Objectif spécifique 3-1-1, III. ATTRACTIVITÉ DU TERRITOIRE, (6c) Préserver, protéger, promouvoir et développer le patrimoine naturel et culturel, 3.1 PATRIMOINE NATUREL ET CULTUREL : accroître le tourisme durable dans la zone ALCOTRA.

L'aventure géologique a pour objectif de valoriser et promouvoir les géosites, présentant un intérêt géomorphologique et paysager considérable qui témoignent de l'histoire des Alpes Occidentales sur les deux versants, français et italien.

Les nouvelles technologies permettront de délivrer de façon ludique les connaissances scientifiques et guideront le grand public dans son voyage dans l'espace et le temps à la découverte des géosites identifiés.

Ainsi, l'Aventure géologique propose une expérience touristique différente, durable et pédagogique.

A cette fin, certains musées et offices de tourisme deviendront des relais pour assurer une médiation culturelle et une promotion touristique de l'histoire des Alpes.

Par ailleurs, le projet permet la mise en réseau des connaissances scientifiques et une plus grande intégration des compétences réciproques.

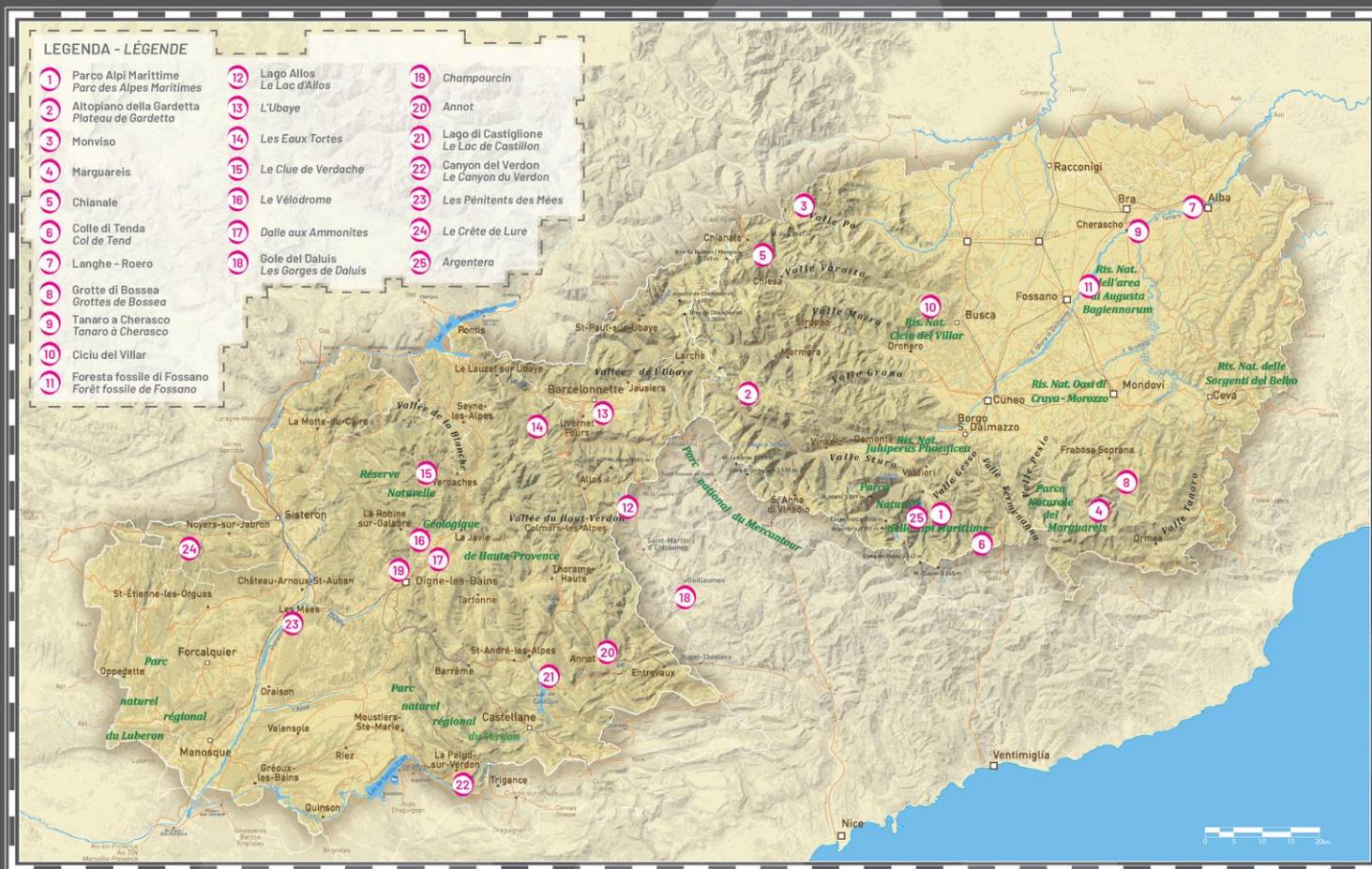
Enfin, les partenaires peuvent compter sur l'expertise et la renommée de l'UNESCO Géoparc de Haute-Provence.

La coordination générale du projet a été confiée au Conseil Départemental des Alpes-de-Haute Provence en tant que chef de file. Les autres partenaires sur le territoire français sont Provence Alpes Agglomération et la Commune de Les Mées, tandis que du côté italien ce sont l'Union des municipalités du Fossanese (Bene Vagienna, Genola, Salmour, S.Albano Stura, Trinità), la Fondazione Casa di Studio Federico Sacco, la Commune de Frabosa Soprana et la Commune de Cherasco.

Ci-dessous la liste des géosites concernés par le projet :

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1) Parco Alpi Marittime | 13) L'Ubaye |
| 2) Altopiano della Gardetta | 14) Les Eaux Tortes |
| 3) Mont Viso | 15) La Clue de Verdache |
| 4) Marguareis | 16) Le Vélodrome |
| 5) Chianale | 17) Dalle aux Ammonites |
| 6) Colle di Tenda | 18) Les Gorges du Daluis |
| 7) Langhe-Roero | 19) Champourchin |
| 8) Grotte di Bossea | 20) Annot |
| 9) Tanaro a Cherasco | 21) Le Lac de Castillon |
| 10) Ciciu del Villar | 22) Les Gorges du Verdon |
| 11) Foresta fossile di Fossano | 23) Les Pénitents des Mées |
| 12) Le Lac d'Allos | 24) Le Crête de Lure |
| | 25) Argentera |

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE



Comment est structuré le Coffret Didactique

Le « Coffret Didactique » est composé d'un coffret qui contient :

- **3 bannières graphiques autoportantes** : elles présentent les panoramas des géosites italiens et français et peuvent être utilisées par les enseignants/ encadrants pour expliquer les différents niveaux d'analyse de la géologie, de l'échelle millimétrique des fossiles à l'échelle kilométrique des panoramas, offrant un aperçu de certaines caractéristiques des territoires examinés.
- **6 Unités Didactiques (UD) + EXTENSION**, complètes avec des cartes graphiques plastifiées, des échantillons de roches provenant des géosites concernés et des fossiles de différentes régions du monde, du matériel utile pour des expériences pédagogiques, des sacs de matériau inerte "à usage unique".
- **1 paquet de matériel de réserve** (copies supplémentaires de certains éléments).
- **Ce manuel d'utilisation** en format papier et numérique.

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE



Se préparer à l'utilisation

Les UD s'adressent aux enfants de 8 à 12 ans. Elles se composent pour la plupart d'une partie informative/didactique et d'une partie expérimentale. Les formateurs pourront décider de façon autonome des UD à proposer et dans quel ordre en fonction du temps disponible, du nombre de participants et de leur niveau de connaissance de la géologie. Il est recommandé d'étudier successivement l'UD04 et l'UD05 afin de récupérer le matériau inerte.

Le coffret est conçu pour l'itinérance. Son utilisation ne nécessite pas d'environnement spécifique, toutefois, il est nécessaire de prévoir :

- une table suffisamment grande pour déposer le matériel ;
- de l'eau ;
- des matériaux inertes éventuellement manquants : sable, gravier, argile quartzreuse ou farine ;
- un endroit pour nettoyer et sécher le matériel utilisé lors des activités.

La distribution de chaque UD sera effectuée par un enseignant/ encadrant qui présentera :

- les informations générales concernant l'Aventure géologique à toute la classe ;
- l'objectif pédagogique aux participants ;
- l'expérience proposée.

La préparation de la session doit prévoir :

- le positionnement des 3 bannières graphiques derrière ou à proximité du bureau en début de séance ;
- l'utilisation de la nappe en plastique fournie ;
- la sortie du matériel nécessaire au développement de l'UD du coffret ;
- la mise à disposition d'eau et de torchons en cas d'éclaboussures ;
- la prise de notes (feuilles et crayons).



Conteneur BAS : UD5 Matériau inerte + UD5 Matériau inerte + UD3 Coquilles et récipients.



Conteneur MOYEN : UD2 Roches + UD2 Fossiles + UD4 Machines tectoniques.

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE



Conteneur **ARRIÈRE** : tous les tableaux et les grandes images + **ROLL-UP**

Espace **INTERMÉDIAIRE** : UD5 Structure de la Rivière Expérimentale

Conteneur **HAUT** : UD1 Objets + UD5 Objets + UD5 Rivière pièces + Matériel de support



Conteneur **SUPÉRIEUR** : UD3/4/5 Cartes + UD5 Lattes + UD0 Objets et images + UD4 Silhouettes + Manuel d'utilisation

LES UNITÉS DIDACTIQUES

UD 0 – LE COFFRE DE SACCO ET MARTEL

Temps estimé : 30 min environ (enseignement)

<p>Objectif général : Sensibiliser les participants à la vie de deux grands géologues et explorateurs du début du XX^{ème} siècle, en leur faisant découvrir les merveilles contenues dans le coffre.</p>	<p>Objectifs intermédiaires : Poser le contexte et libérer la curiosité pour aborder les UD successives, sensibiliser à la géologie et à la démarche scientifique. Favoriser la découverte du territoire transfrontalier et de ses grands paysages.</p>	<p>Objectifs opérationnels : Savoir identifier le territoire transfrontalier sur la France et l'Italie.</p>
--	--	--

Matériel disponible

- 1 reproduction d'un vieux parchemin
- 1 photo encadrée de Federico Sacco
- 1 photo encadrée d'Édouard Alfred Martel
- 7 photos historiques recto/verso représentant les deux géologues
- 1 carte géologique transfrontalière
- 1 cahier vieilli (pouvant servir de "journal de bord")
- 1 loupe rétractable
- 1 boussole ancienne
- 1 monocle ancien
- 1 marteau de géologue



Activité didactique

L'enseignant explorera cette première partie de matériel en expliquant qui étaient Sacco et Martel et pourquoi ils sont si importants pour la géologie et pas seulement italo-française. Il indiquera également comment ils étaient équipés à l'époque et comment ils menaient leurs recherches, les territoires explorés et les résultats de leurs recherches géologiques.

Notes didactiques

Federico Sacco

1864-1949 Fondateur du Comitato Glaciologico Italiano.

Federico Sacco, originaire de Fossano, aimait son territoire au point de consacrer sa vie à la recherche des mystères de la Géologie, de la Paléontologie, de la Géographie Physique et de la Géomorphologie, de la Glaciologie, de la Géologie Appliquée et de la Spéléologie, autrement dit aux Sciences de la Terre. Au cours de sa carrière universitaire, il a été l'auteur de plus de six cents publications, dont des volumes, des mémoires et des articles. Il a largement contribué à l'élaboration de la Carte Géologique d'Italie. C'est à lui que l'on doit le traité le plus complet sur "*Il bacino terziario e quaternario del Piemonte*", riche de toutes les indications géomorphologiques, stratigraphiques et paléontologiques, et l'essai "*I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria*", son œuvre la plus impressionnante : divisé en 30 volumes, les 6 premiers écrits par son maître Luigi Bellardi, il examine des milliers d'espèces de coquillages fossiles. Expert des phénomènes glaciaires, il a mené des recherches fondamentales dans divers endroits des Alpes et des Apennins, en particulier en ce qui concerne le Mont Blanc, le Mont Rose, le Cervin, le Grand Paradis, Mont Viso et les Alpes maritimes. L'importance de ses recherches et de ses publications est inégalée dans ses domaines d'étude : on estime qu'il a analysé environ 40 000 km² de terrain et parcouru une distance égale à une fois et demie la circonférence de l'Équateur. Il fut également le premier grand vulgarisateur scientifique. Il participa à de nombreuses conférences et écrivit d'innombrables articles souvent richement illustrés pour des périodiques tels que le *Bollettino dell'Ufficio Geologico d'Italia*, la *Rivista del CAI*, l'*Universo*, *Natura*, *Giovane Montagna*, pour ne citer que les plus connus de l'époque. Il partageait l'amour pour la divulgation scientifique de la même manière que son homologue français contemporain, Édouard Alfred Martel, spéléologue, géographe et cartographe français, considéré comme le père de la spéléologie moderne et de l'hydrologie souterraine. Au cours de sa vie, Federico Sacco a reçu de nombreux titres honorifiques et a occupé des rôles prestigieux : membre de l'Accademia dei Lincei, Président du Regio Comitato Geologico, Professeur Honoraire au Politecnico di Torino, membre du Consiglio Nazionale delle Ricerche, membre honoraire de la Geological Society of London, de la Société Géologique de France, de la Société Géologique de Belgique.

BIOGRAPHIE

- 1864 · Il naît le 5 février à Fossano, près de Cuneo, de Giuseppe Antonio Sacco, médecin, et de Faustina Maria Quaglia, issue d'une illustre famille turinoise.
- 1883-1886 · Assistant au Museo di Anatomia Comparata (Musée de Anatomie Comparée) de l'Université de Turin.
- 1884 · Diplômé en Sciences Naturelles à l'Université de Turin.
- 1885 · Spécialisation en Géologie à l'Université de Turin.
 - Enseignant de Zoologie et de Botanique au Reale Istituto Tecnico.
- 1886 · Enseignant en Géologie ; assistant au Gabinetto di Geologia de l'Université de Turin (jusqu'en 1896).
 - Professeur chargé de la Paléontologie à l'Université de Turin (jusqu'en 1917).
- 1887 · Il dédie un horizon stratigraphique à sa ville, le Fossaniano (Pliocène piémontais).
- 1889 · Publication de la monographie «*Il bacino terziario e quaternario del Piemonte*».
 - Membre honoraire de la Société Belge de Géologie.
- 1890 · Membre de la Reale Accademia d'Agricoltura di Torino.

- 1895 · Fondateur de la Commissione per lo Studio dei Ghiacciai Italiani (Commission pour l'étude des Glaciers Italiens).
- 1898 · Chaire de Géologie à la Scuola di Applicazione per gli Ingegneri di Torino. (Professeur extraordinaire et Directeur du Cabinet et du Musée de géologie et de minéralogie).
- 1903 · Professeur et directeur du Museo di Geologia e Mineralogia, jusqu'en 1935, date à laquelle il se retire pour limite d'âge.
- 1904 · il conclut l'ouvrage en 30 volumes "*I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria*", commencé en 1872 par son Maître Luigi Bellardi, avec les 6 premiers volumes, et achevé par Sacco entre 1890 et 1904, riche de 12'299 illustrations.
- 1907 · Président de la Società Geologica italiana.
- 1910 · Publication de la Carte Géologique des Apennins septentrionaux et centraux (1: 500'000).
- 1911-1912 · Fondateur du magazine de science et astronomie « *Urania* ».
- 1914 · Membre de l'Accademia dei Lincei.
- 1915 · Vice-président du Comitato Glaciologico Italiano.
- 1918 · Membre de l'Accademia delle Scienze di Torino.
- 1922-1942 · Publication de 39 feuilles de la Carta Geologica d'Italia (échelle 1:100'000).
- 1924 · Pour la deuxième fois, président de la Società Geologica italiana.
- 1925 · Membre de l'Accademia dei Lincei et de la Société Géologique de France.
- 1925-1927 · Président de la section de Turin du Club Alpino Italiano.
- 1927-1943 · Président du Regio Comitato Geologico.
- 1935 · À sa retraite, il est élu professeur émérite au Politecnico di Torino.
- 1946-1948 Membre du comité consultatif de la Carta Geologica d'Italia.
- 1948 · Il décède le 2 octobre à Trofarello, près de Turin, à l'âge de 84 ans.

Édouard Alfred Martel

1859-1938 Père de la spéléologie moderne.

Édouard-Alfred Martel fut le « père de la spéléologie moderne », pionnier mondial de l'exploration, de l'étude et de la documentation des cavernes souterraines. Martel explora des milliers de grottes dans sa France natale et dans de nombreux pays. Il popularisa leur exploration scientifique mais aussi touristique, créa un vast fonds d'archives et fonda en 1895 la Société de Spéléologie, la première organisation dans le monde dédiée à la science des grottes.

Vie et exploration

Né le 1er juillet 1859 à Pontoise, dans le nord de la France, dans une famille d'avocats ; il a étudié au Lycée Condorcet à Paris. Dès son enfance, il se passionna pour la géographie et les sciences naturelles et, en 1877, il remporta le premier prix d'un concours de géographie. C'était un grand amateur des œuvres de Jules Verne.

A l'âge de 7 ans, en vacances avec ses parents, il visita les grottes de Gargas dans les Pyrénées.

D'autres voyages lui permirent de visiter l'Allemagne, l'Autriche et l'Italie.

En 1879, il visita la grotte de Postojna en Slovénie.

En 1886, après avoir accompli son service militaire, il obtint un diplôme de droit et devint avocat licencié au Tribunal de commerce de la Seine. Cependant Martel consacrait son temps libre et ses vacances à sillonner la France. Depuis 1883, il dirigeait des travaux sur les plateaux karstiques des Causses.

En 1888, il entama sa carrière spéléologique dans les gorges de Bramabiau dans le Gard. Avec ses compagnons il y découvrit un torrent souterrain typique des sols karstiques.

La même année, ils explorèrent la grotte de Dargilan.

En 1889, il visita la grotte de Padirac. Avec son cousin, il descendit à l'aide de cordes et atteignit une rivière souterraine à une profondeur de 100 mètres ; ils explorèrent cette rivière en canoë sur plus de deux kilomètres.

À l'époque, on descendait dans les grottes sombres avec une grosse corde, une bougie pour éclairer l'environnement et un chapeau de feutre au lieu des casques de protection actuels.

“Notre mine est piteuse et risible, paraît-il : vêtements déchirés, couverts d'une couche d'argile et de taches de bougie, chapeaux défoncés, mains tout écorchées : on dirait une équipe d'égoutiers, et Rupin tient absolument à braquer son objectif et à nous instantanéiser dans ce bel état”.

Extrait de « Le gouffre du puits de Padirac » d'Édouard-Alfred Martel, 1889.

Par la suite, Martel acheta la grotte de Padirac qu'il transforma en un lieu touristique de grand intérêt. En 1890, il épousa Aline de Launay, sœur de Louis de Launay, professeur de géologie et futur membre de l'Académie des Sciences. La collaboration avec son beau-frère fournit une base scientifique à ses publications, en particulier dans la revue « *La Nature* » dont ils furent rédacteurs successifs.

En 1894, il publia *The Abyss*, un livre de grand succès dans lequel il décrit les merveilles du monde souterrain ; il visita et répertoria plus de 230 grottes en France, Belgique, Autriche et Grèce.

En 1895, il organisa des expéditions en Irlande et en Angleterre. La même année, il fonda la *Société de Spéléologie*, la première organisation au monde dédiée à la science des cavernes avec son périodique « *Spelunca* ».

En 1896, il fut invité à visiter l'Autriche ; il explora plusieurs grottes de l'île de Majorque où il découvrit un grand lac souterrain. Durant cette période, les explorations s'intensifièrent dans les grottes des Causses, de Savoie, du Jura, de Provence et des Pyrénées ; il voyagea à travers toute l'Europe : la Belgique, la Dalmatie, la Bosnie, l'Herzégovine et le Monténégro où il suivit le cours de la Trebišnjica, l'une des plus longues rivières souterraines du monde.

En 1899, il quitta définitivement la vie professionnelle pour se consacrer à la recherche scientifique.

En 1902, le Parlement français promulgua la « loi Martel » pour la défense des eaux souterraines et pour la sauvegarde de l'hygiène des sources afin de prévenir la propagation des épidémies. (En 1891, Martel fut lui-même victime d'une intoxication en buvant à une source dans laquelle un cadavre de bovin était tombé ; son engagement pour la promulgation de la loi lui a valu le titre de « bienfaiteur de l'humanité »).

Il a été directeur de « *La Nature* » de 1905 à 1909 et membre de la « *Société de géographie* » dont il fut président de 1928 à 1931. En 1912, il se rendit en Amérique, dans le Kentucky, à Mammoth Cave. Entre 1888 et 1914 Martel explora environ 1 500 grottes.

Tout au long de sa vie, Martel a publié 19 livres et environ 780 articles.

Édouard Alfred Martel mourut le 3 juin 1938 à Saint Thomas La Guard, dans la Loire.

Il avait 79 ans.

Sa tombe se trouve au cimetière de Montmartre à Paris.

Il existe en France de nombreux monuments qui lui sont dédiés ainsi que des grottes et des musées dans le monde entier.

Le Sentier Martel dans les Gorges du Verdon est l'un des trekkings les plus fréquentés d'Europe.

HISTOIRE SIMPLIFIÉE DES ALPES

380-280 Ma Orogenèse hercynienne
65-2 Ma Orogenèse alpine
1,5 Ma-10 000 ans Glaciations

PALEOZOÏQUE (CARBONIFÈRE)

Avec l'orogénèse hercynienne, c'est-à-dire la collision entre Afrique-Europe et Amérique du Nord, le supercontinent Pangée naît. Climat chaud et humide. Les gneiss se forment par métamorphisme et les granites remontent et se refroidissent dans la croûte terrestre.

PALEOZOÏQUE (PERMIEN)

Activité volcanique continentale généralisée et érosion de la chaîne hercynienne.
Extinction biologique de masse de la fin du Permien.

MESOZOÏQUE (TRIAS)

La Pangée se déchire. Des lagunes, des roches évaporitiques et des récifs coralliens tropicaux se forment.

MESOZOÏQUE (JURASSIQUE)

L'océan alpin de la Téthys se forme et s'approfondit.
La dorsale océanique se développe

MESOZOÏQUE (CRÉTACÉ)

Début de la fermeture de la Téthys avec le rapprochement entre l'Afrique et l'Europe.

CENOZOÏQUE (Paléogène + Néogène) ou (TERTIAIRE)

Début du soulèvement des Alpes.
Subduction du fond océanique sous la plaque africaine.
Formation des bassins marins externes avec dépôt des Flysch à Helminthoïdes.
Évolution et comblement du Bassin Tertiaire Piémontais.

CENOZOÏQUE (QUATERNAIRE)

Glaciations alpines successives et chaleur interglaciaire actuelle.

UD 1 – LE TEMPS GÉOLOGIQUE

Temps estimé : 30 min environ (enseignement)

Objectif général :

Expliquer l'étendue de « l'échelle » du temps géologique.

Objectifs intermédiaires :

Placer les principaux facteurs de l'évolution le long de la ligne du temps.

Objectifs opérationnels :

Savoir comparer correctement l'histoire des Alpes et l'histoire récente par rapport à la ligne du temps.

Matériel disponible

- 1 ruban blanc de 5 mètres avec des encoches pour marquer le temps
- 1 image de la Terre « *Boule de lave* »
- 1 volcan (modèle jouet)
- 1 récipient bleu pour l'eau
- 1 algue ornementale
- 1 image de la Terre « *Boule de neige* »
- 1 ammonite (modèle jouet)
- 1 fossile de trilobite (réplique)
- 1 marmotte (modèle jouet)
- Des dinosaures (modèles jouets)
- Des hommes préhistoriques (modèles jouets)
- 1 mini globe terrestre gonflable



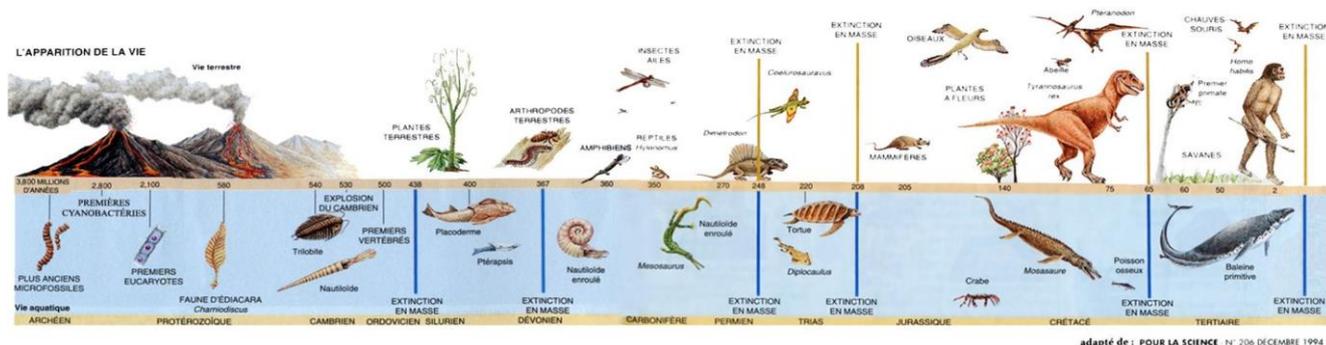
Activité didactique

L'enseignant déroulera le ruban représentant une ligne du temps de 4600 millions d'années sur le sol (ou l'enroulera en spirale sur la table).

Le but est de positionner correctement chaque objet sur l'âge géologique correspondant.

- Il y a 4'600 millions d'années > naissance de la Terre « *Boule de lave* » (impression sur forex)
- Dans la période intermédiaire positionner:
 - le Volcan (modèle jouet)
 - la formation des lacs et des océans (récipient bleu avec l'eau)
- Il y a 3'800 millions d'années > naissance de la vie (les algues)
- Il y a 700 millions d'années > la super glaciation, Terre « *Boule de neige* » (impression sur forex)
- Il y a 520 millions d'années > apparition des premiers organismes multicellulaires (fossile de trilobite)
- Il y a 230 millions d'années > apparition des dinosaures (modèles jouets)
- Il y a 200 millions d'années > apparition des ammonites (modèles jouets)
- Il y a 65 millions d'années > disparition des dinosaures, diversification des mammifères (marmottes jouets)
- Il y a 2 millions d'années > apparition de l'homme (modèles jouets)
- Aujourd'hui > voici la Terre (globe terrestre gonflable avec des animaux)

Notes didactiques



L'histoire de la Terre est l'histoire d'une planète complexe et dynamique en constante évolution depuis son origine. C'est une histoire aux proportions épiques aux effets spéciaux incroyables avec des milliards de figurants. Sur le ruban du temps nous avons représenté les phases allant de la naissance de notre planète, il y a environ 4,6 milliards d'années, à sa constitution actuelle formée de trois enveloppes concentriques sphériques : noyau, manteau et croûte. L'écoulement du temps est représenté en millions d'années. Dans les unités suivantes nous verrons que les principales étapes de l'histoire de la Terre sont divisées selon l'Échelle des temps géologiques avec les noms des ères (simplifiés ici en Paléozoïque, Mésozoïque, Cénozoïque) et des périodes (Carbonifère, du Permien, Trias, Jurassique, Crétacé, etc...). Dans l'unité dédiée à la tectonique des plaques, nous parlerons des mouvements des continents, de l'ouverture et de la fermeture des océans, de la formation des chaînes de montagnes là où les continents entrent en collision. Nous nous concentrerons sur les principales étapes de l'histoire de la vie sur notre planète. De l'apparition des premières cellules sans noyau (procaryotes), il y a environ 3,8 milliards d'années, à l'apparition d'organismes multicellulaires et la diversification progressive des organismes marins, pour arriver à la colonisation de la surface terrestre. A partir de 450 millions d'années, les végétaux puis les animaux colonisent progressivement la terre. Plantes terrestres, insectes, amphibiens, reptiles, mammifères, oiseaux vont progressivement apparaître à la surface de la Terre, transformant complètement notre planète. A la fin de la colonne du temps apparaît enfin l'humanité, la dernière protagoniste de l'histoire de notre planète, pour le meilleur et pour le pire. Deux millimètres sur une Histoire de 4,6 mètres de long !

UD 2 – LES ROCHES DANS LE TEMPS ET DANS LES LIEUX

Temps estimé : 60min (enseignement)

<p>Objectif général <i>Découverte des roches, de leurs différentes familles, leur histoire et leur localisation. Découverte des fossiles.</i></p>	<p>Objectifs intermédiaires <i>Savoir observer, manipuler, comparer, déduire, situer dans le temps et sur le territoire.</i></p>	<p>Objectifs opérationnels <i>Identification des roches collectées, comparaison avec les échantillons présents, identification de leurs propriétés et de leur famille d'origine, transfert vers leur environnement de dépôt, lien avec le paysage actuel.</i></p>
--	--	---

Matériel disponible

Activité didactique

- 1 Tableau de classification des roches le long de la ligne du temps.
- 1 Carte générale du territoire transfrontalier.
- 7 Fossiles extraterritoriaux :
 - **K1** *Hexagonaria* sp., *Devonien*, Région du Sahara region, Maroc.
 - **K2** Fossil de végétal, *Carbonifere*, Pennsylvanie.
 - **K3** Calcaire crinoidal, *Devonien*, Tafilalet, Alnif, Maroc.
 - **K4** Belemnite, *Jurassique*, Peterborough, GB.
 - **K5** *Choffatia* sp., *Jurassique-Callovien*, St.Laon, Vienne, France.
 - **K6** *Echinolampas appendiculata*, *Eocene*, New Bern, Caroline du Sud, USA.
 - **K7** *Otodus obliquus*, *Eocene*, Maroc.
- 16 échantillons de roches versant italien :
 - **I1** Granite.
 - **I2** Gneiss.
 - **I3** Andésite.
 - **I4** Porphyroïde.
 - **I5** Conglomérat de quartz.
 - **I6** Quartzite.
 - **I7** Craie.
 - **I8** Calcaire à petites cellules.
 - **I9** Dolomite.
 - **I10** Calcaire.
 - **I11** Peridotite.
 - **I12** Serpentinite.
 - **I13** Gabbro.
 - **I14** Basalte.
 - **I15** Jaspe.
 - **I16** Calcschiste.

- 10 échantillons de roches versant français :
 - **F1** Charbon. Anthracite. *Carbonifère (Stéphanien moyen)*. Clues de Verdaches, Vallée du Bès. Continental, plaine alluviale marécages.
 - **F2** Gypse blanc finement recristallisé. *Trias supérieur (Keuper)*, Esclangon, Vallée du Bès. Evaporite, lagunaire.
 - **F3** Péelite « rose ». *Trias supérieur*. Esclangon, Vallée du Bès. Continental.
 - **F4₁** Calcaire noir. *Jurassique inférieur. (Hettangien)*, Vallée du Bès, Tanaron. Marin, plateforme externe.
 - **F4₂** Calcaire beige ou « calcaire tithonique ». *Tithonien*. Blégiers, Haute Bléone idem Vallée du Bès. Marin, bassin.
 - **F4₃** Calcaire blanc ou « Calcaire Blanc de Provence ». *Tithonien*. Gorges du Verdon (Galetas). Marin, plateforme récifale.
 - **F5** Marnes noires. *Jurassique inférieur (Toarcien)*. La Robine sur Galabre, Vallée du Bès. Marin, bassin, hypoxique.
 - **F6** Marnes noires ou « Marnes bleues ». *Crétacé inférieur (Aptien-Albien)*. Prads-Haute-Bléone. Marin, bassin.
 - **F7** Grès d'Annot. *Oligocène*. Prads-Haute-Bléone. Marin, bassin d'avant pays.
 - **F8** Marnes gréseuses rouges de la « Molasse rouge ». *Oligocène*. Annot. Continental, plaine alluviale, zone de battement de nappe.
 - **F9** Microconglomérat. *Aquitainien*. Valensole, pont du Galetas, aval de Gorges du Verdon. Base du bassin continental de Valensole.
 - **F10** Grés. *Burdigalien*. Esclangon, Vallée du Bès. Bassin marin, fond de golfe.
 - **F11** Poudingue. *Quaternaire (Würm)*. Esclangon, Vallée du Bès. Continental, fluviatile.
- 1 jeu avec 18 cartes « environnements »
 - Magma / Magma, Vulcano continentale / Volcan continental, Fiume / Rivière, Deserto / Désert, Laguna evaporitica / Lagune évaporitique, Foresta tropicale umida / Forêt tropicale humide, Spiaggia / Plage (2x), Laguna desertica/lagune désertique, Barriera corallina / Récif corallien (2x), Mare profondo / Mer profonde (2x), Vulcano di dorsale oceanica/ Volcan de dorsale océanique, Alpi / Alpes, Frana sottomarina / Eboulement sous-marin, Fondo marino basso / Bas-fonds marins, Ghiacciaio / Glacier, Fiume intrecciato / Rivière en tresses;
- 1 jeu avec 11 cartes « panoramas actuels » avec les photos des géosites italiens
 - Parco Alpi Marittime (1), Altopiano della Gardetta (2), Monviso (3), Marguareis (4), Chianale (5), Colle di Tenda (6), Langhe-Roero (7), Grotte di Bossea (8), Tanaro a Cherasco (9), Ciciu del Villar (10), Foresta fossile di Fossano (11);
- 1 jeu avec 15 cartes « panoramas actuels » avec les photos des géosites français
 - Digne-les-Bains (20), Les Eaux Tortes (14), Le Lac d'Allos (12), Le Canyon du Verdon (23), Les Pénitents les Méés (24), Le Vélodrome (16), Annot (21), Le Crête de Lure (25), Le Lac de Castillon (22), L'Ubaye (13), Dalle aux Ammonites (17), Champourcin (19), Les Gorges de Daluis (18), Argentera (26), Les Clues de Verdaches (15).
- 1 jeu avec 9 cartes « fossiles animaux et végétaux » italiennes:
 - Empreinte de Archosaure, Belemnite, Calcaire vermiculé, Coquillages, Coraux, Polype de corail, Crinoïdes, Larves de libellules, Pecten.
- 1 jeu avec 8 cartes « fossiles animaux et végétaux » français.
 - Coraux, Fougère arborescente, Gryphées, Huître géante, Ammonite *Mortoniceras fallax*, Pecten, Pentacrines, Rudistes.
- 10+3 loupes.

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

Solution

	Primaire		Secondaire				Tertiaire				
	Carbonifère	Permien	Trias	Jurassique	Crétacé	Paléocène	Éocène	Oligocène	Mocène	Pliocène	Quaternaire
Fossiles et pierres	K1, K2 I1, I2 F1	I3, I4, I5, I6	K3, I7, I8, I9, I10 F2, F3	K4, K5, I11, I12, I13, I14 F4, F4 ² , F4 ³ , F5	I15, I16 F6		K6, K7				
Environnement	Magma	Volcan continental, Rivière, Désert	Plage, Lagune évaporitique, Récif de corail	Volcan de dorsale océanique	Mer profonde	Alpes		Bas fonds marins, Récif de corail	Mer profonde, Glissement de terrain sous-marin	Plage, Forêt tropicale humide	Glacier, Rivière en tresses
Panorama	26,15	18	19	17,13	25,22		21		23,16	24	20,14,12
Cartes fossiles	Fougères arborescentes		Coraux	Gryphées, Pentacrine	Mortoniceras fallax, Rudistes	Hûtre géante			Pecten		



Solution avec fiches françaises + fossiles

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE



Solution avec fiches françaises + roches italiennes



Solution avec fiches françaises + roches françaises

Activité didactique

L'enseignant présentera le « Tableau de la classification » en insistant sur le fait que le temps exposé est une très petite fraction du temps géologique de la Terre et illustre les principales caractéristiques des trois périodes.

Il distribue ensuite les échantillons de roches et de fossiles, les cartes « environnements », les cartes « panoramas actuels » et les cartes « fossiles animaux et plantes », ainsi qu'une loupe.

Le professeur invite à observer les échantillons de roche avec la loupe puis il demande aux élèves de les déposer dans les cases selon la période géologique en suivant la ligne du temps.

À la fin l'enseignant corrige la disposition des roches.

L'enseignant invite ensuite à disposer dans l'ordre les cartes « environnements », les cartes « panoramas actuels » et les cartes « animaux et plantes fossiles », dans les lignes prédisposées, en fonction de la période géologique.

À la fin l'enseignant corrige la disposition des cartes.

En conclusion l'enseignant effectue une analyse mettant en liaison les roches avec l'environnement qui les a générées, avec les fossiles trouvés et les panoramas des géosites actuels. Il utilisera la « Carte générale du territoire transfrontalier » pour la géolocalisation.

Notes didactiques

LES ROCHES ITALIENNES - LA CROÛTE CONTINENTALE

Roches : Gneiss

Âge : 400 millions d'années.

Type : roche métamorphique « acide ».

Composition primaire : quartz, feldspath et mica.

Genèse : transformation de magma granitique ou de sédiments siliceux.

Où : massif Dora-Maira, massif Argentera-Mercantour.

Environnement :

Le gneiss est une roche métamorphique dont la composition minéralogique est similaire à celle du granite ou des roches sédimentaires dont elle est issue. Les roches d'origine ne sont plus reconnaissables en raison des températures élevées et des pressions auxquelles elles ont été soumises lors des collisions successives entre les plaques continentales pendant l'orogénèse hercynienne (380-280 millions d'années) et alpine (65-2,6 millions d'années).

Roches : Granite

Âge : 280 millions d'années.

Type : roche magmatique intrusive.

Composition primaire : quartz, feldspath potassique, plagioclase, mica biotite.

Genèse : refroidissement d'un magma acide à l'intérieur de la croûte continentale.

Où : Massif Argentera-Mercantour.

Environnement :

Le granite est une roche constituée de grains macroscopiques de cristaux formés au cours du lent refroidissement d'un magma en remontée à l'intérieur de la croûte terrestre, poussé à la surface lors de l'orogénèse hercynienne à l'origine de la formation du supercontinent Pangée.

Roches : Andésite

Âge : 280-250 millions d'années.

Type : roche magmatique effusive.

Composition primaire : plagioclase, biotite.

Genèse : volcans continentaux effusifs à écoulement assez fluide.

Où : Domaine Briançonnais.

Environnement :

La Pangée eut une vie relativement courte. Des fractures se formèrent dans la croûte terrestre. Le magma qui remonta fut à l'origine de volcans aux éruptions d'abord fluides et de composition basique intermédiaire (andésites), puis de plus en plus explosives et acides (rhyolites, dacites, porphyroïdes). Le supercontinent Pangée se divisa et les phases distensives successives donnèrent naissance à l'océan alpin au nord de l'océan téthysien.

Roche : Porphyroïde

Âge : 280-250 millions d'années.

Type : roche magmatique effusive.

Composition primaire : quartz, feldspath alcalin, biotite, feldspathoïdes.

Genèse : volcans continentaux relativement effusifs à phases explosives.

Où : Domaine Briançonnais

Environnement :

L'évolution d'une chambre magmatique passe des laves fluides telles que les andésites à des laves de plus en plus acides et visqueuses menant à une activité volcanique explosive. Les différents types de magmas témoignent du changement du chimisme, avec des rhyolites, dacites, porphyres et les porphyroïdes (ignimbrites).

Roche : Conglomérat de quartz (Verrucano alpin)

Âge : 250 millions d'années.

Type : roche sédimentaire.

Composition primaire : clastes de quartz blanc, rose, vulcanite violette ou verte.

Genèse : galets de rivière dans un environnement désertique.

Où : Domaine Briançonnais, couvertures du massif Dora-Maira.

Environnement :

La fin du Permien est marquée par l'apparition d'un nouveau type de roches, dont des galets de rivière, avec des clastes volcaniques de couleur verte ou violette d'abord, puis de quartz rose et enfin de clastes de quartz blanc. Ils indiquent la présence d'une plaine alluviale dans un environnement aride, entourée de volcans et de la chaîne des montagnes hercyniennes en phase d'érosion et de démantèlement

Roche : Quarzite

Âge : 249 millions d'années.

Type : roche sédimentaire faiblement métamorphisée.

Composition primaire : grains de quartz arrondis.

Genèse : sables de plage et du delta fluvial.

Où : Domaine Briançonnais, couvertures du massif Dora-Maira.

Environnement :

La transition du Permien au Trias est marquée par la plus grande extinction biologique de masse sur la planète, causée par les éruptions volcaniques et le réchauffement climatique. Le quartzite est une roche constituée de nombreux grains de quartz arrondis cimentés par un léger métamorphisme. Ces derniers constituaient le sédiment sableux lorsque celui-ci se déposait dans un désert, sur le delta d'une rivière ou sur une plage côtière. Dans les couches terminales de la succession, sur celle qui devait être autrefois une grande zone plane périodiquement envahie par les marées dans le Val Tanaro et sur le plateau de la Gardetta dans la Valle Maira, ont été trouvées les empreintes fossiles laissées par le passage des archosaures, des reptiles du Trias ancêtres des dinosaures.

Roche : Gypse

Âge : 247 millions d'années.

Type : roche sédimentaire chimique, évaporite.

Composition primaire : sulfate de calcium $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$.

Genèse : plaines désertiques côtières avec lagunes très salées en évaporation.

Où : Domaine Briançonnais, couverture sédimentaire du massif Argentera-Mercantour.

Environnement :

Le gypse cristallise par évaporation de l'eau de mer dans un lagon fermé aux eaux peu profondes, dans un environnement au climat aride et chaud. Le gypse est un sulfate de calcium (CaSO_4) qui se dépose à partir d'une saumure salée après le calcaire (CaCO_3) et avant le chlorure de sodium (NaCl).

Roche: Cargneule (ou calcaire vacuolaire)

Âge : 247 millions d'années.

Type : roche sédimentaire chimique, évaporite.

Composition primaire : carbonate de calcium CaCO_3 .

Genèse : plaines désertiques côtières avec lagunes très salées en évaporation.

Où : Domaine Briançonnais, couvertures sédimentaires du massif Argentera-Mercantour.

Environnement :

La Cargneule est toujours associé au gypse, étant formé dans le même environnement lagunaire en forte évaporation. Les cavités contenaient des niveaux stratifiés de sels plus solubles tels que le gypse et le sel gemme, dissous ensuite au cours de l'orogénèse et des charriages alpins. Les évaporites indiquent la présence, au début du Trias, d'un rift continental qui marquait la ligne de fracture alpine de la Pangée.

Roche : Calcaire

Âge : 245-50 millions d'années.

Type : roche sédimentaire organogène.

Composition primaire : carbonate de calcium CaCO_3 .

Genèse : lagunes avec récifs coralliens sous climat tropical et sédiments de mer ouverte.

Où : Dominio Piemontese dei Calcescisti (Zone Liguro-Piémontaise avec Schistes Lustrés), Domaine Briançonnais, revêtements sédimentaires du massif Argentera-Mercantour.

Environnement :

Avec le Trias moyen, le démantèlement et le démembrement de la Pangée se poursuivent avec la formation de bras de mer peu profonds divisant les continents qui s'éloignent. Un climat chaud de type tropical crée les conditions idéales pour le développement des récifs coralliens sur de grandes plates-formes carbonatées près de la ligne de la côte, avec alternance de calcaire et de dolomies. Les calcaires de mer ouverte sont plutôt constitués de coquilles d'organismes planctoniques, de foraminifères ou par la précipitation chimique directe du carbonate de calcium sur le fond marin. On peut trouver dans ces roches des fossiles de milieu marin.

Roche : Dolomie

Âge : 245-200 millions d'années.

Type : roche sédimentaire organogène.

Composition primaire : double carbonate de calcium et magnésium $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$.

Genèse : lagunes avec récifs coralliens en climat tropical.

Où : Dominio Piemontese dei Calcescisti (Zone Liguro-Piémontaise avec Schistes Lustrés), Domaine Briançonnais, revêtements sédimentaires du massif Argentera-Mercantour.

Environnement :

Caractérisées par une couleur claire (à moins d'une dolomitisation chimique secondaire sur des calcaires en phase d'émersion), elles se distinguent des calcaires par la présence d'atomes de magnésium dans leur structure moléculaire.

Pour les reconnaître il suffit de verser quelques gouttes d'acide chlorhydrique dilué : s'il s'agit de calcaire, une mousse effervescente de bulles de dioxyde de carbone (CO₂) se forme ; dans le cas de la dolomite, la réaction, plus légère, n'a lieu que si la roche est chauffée. Les dolomites ne se forment que dans le milieu marin d'un lagon, pas en pleine mer ; elles donnent donc une indication de faible profondeur confirmée par la présence de fossiles d'organismes qui préfèrent les fonds marins atteints par la lumière du soleil.

LES ROCHES ITALIENNES - LA CROÛTE OCÉANIQUE

Roche : Péridotite

Âge : 150 millions d'années.

Type : roche magmatique intrusive, ultramafique.

Composition primaire : olivine, pyroxène.

Genèse : magma du manteau supérieur.

Où : Dominio Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi (Zone liguro-Piémontaise avec Schistes Lustrés et Ophiolites).

Environnement :

Les péridotites se forment dans le manteau terrestre, il est donc rare de les voir à la surface. Leur remontée est favorisée par l'orogénèse alpine, lorsque des lambeaux de la croûte océanique et de sa base profonde sont déchirés et amoncelés dans la chaîne de montagnes. Les volcans de la dorsale océanique sont alimentés par ces magmas. Les températures et les pressions qu'ils subissent pendant le métamorphisme les transforment généralement en serpentinites : dans les Alpes du bas Piémont nous les retrouvons avec de vastes affleurements sur le Monte Musinè dans la province de Turin et dans la Valle Erro entre Sassello et Acqui Terme.

Roche : Serpentinite

Âge : 150 millions d'années.

Type : roche métamorphique ultrabasique.

Composition primaire : serpentine, magnétite.

Genèse : transformation du magma du manteau supérieur.

Où : Dominio Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi (Zone Liguro-Piémontaise avec Schistes Lustrés et Ophiolites).

Environnement :

La serpentinite est la roche métamorphique typique d'une dorsale océanique. Elle donne son nom au groupe de pierres vertes appelées ophiolites (où ophis en grec signifie serpent) : ses nuances de vert et sa surface lisse au toucher rappellent en effet la peau d'un serpent. Elle peut avoir des fibres de chrysotile, communément connu sous le nom d'amiante. La transformation métamorphique en serpentinite se produit déjà à basses températures (200° C) et pressions (2-4 Kbar), au contact avec l'eau de l'océan qui hydrate et oxyde les magmas profonds déjà solidifiés.

Roche : Gabbro

Âge : 150 millions d'années.

Type : roche magmatique intrusive.

Composition primaire : pyroxène, feldspath, plagioclase.

Genèse : refroidissement d'un magma basique dans la chambre magmatique de la dorsale océanique

Où : Dominio Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi (Zone Liguro-Piémontaise avec Schistes Lustrés et Ophiolites).

Environnement :

Le gabbro est l'équivalent océanique du granite continental. La différence réside dans la composition du magma, provenant directement du manteau et donc pauvre en silice (« basique ») pour le gabbro, contaminé par les silicates de la croûte terrestre et donc riche en silice (« acide ») pour le granite. Leur apparence est similaire, avec de gros cristaux qui ont pu se développer grâce au lent refroidissement du magma à l'intérieur de la chambre magmatique.

Dans les affleurements du Mont Viso, le pyroxène peut être remplacé par l'amphibole, formant un gabbro smaragdite, avec un contraste chromatique particulier entre les cristaux blancs du plagioclase et les verts vifs des amphiboles.

Roche : Basalte

Âge : 150 millions d'années.

Type : roche magmatique effusive.

Composition primaire : pyroxène, plagioclase, olivine.

Genèse : coulée de lave des volcans de la dorsale océanique.

Où : Dominio Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi (Zone Liguro-Piémontaise avec Schistes Lustrés et Ophiolites).

Environnement :

Le basalte provient du refroidissement rapide d'un magma fluide à composition basique ; dans une dorsale océanique l'éruption se produit généralement dans un environnement sous-marin, générant des structures typiques à pillow (coussin), nom donné pour la forme arrondie que la lave solidifiée prend en contact avec l'eau de mer. Des masses entières de pillows révèlent le flanc des volcans sous-marins. La couleur du basalte peut varier du vert au brun selon le degré d'oxydation. Avec le métamorphisme, ils peuvent être transformés en prasinites.

Roche : Jaspe

Âge : 150 millions d'années.

Type : roche sédimentaire marine.

Composition primaire : silice.

Genèse : sédimentation en mer profonde de radiolaires ou de gel de silice.

Où : Dominio Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi (Zone Liguro-Piémontaise avec Schistes Lustrés et Ophiolites).

Environnement :

Il est très rare de rencontrer des niveaux de jaspe dans les montagnes de Cuneo alors qu'il affleure en abondance au-dessus des roches basaltiques du fond de l'océan dans les Apennins ligures. La couleur rouge lie-de-vin de cette roche, due à la présence de fer et de manganèse, est frappante. Il s'agit de l'accumulation à de grandes profondeurs de spicules microscopiques d'éponges ou de coquilles siliceuses de radiolaires et de diatomées, organismes unicellulaires de plancton animal et végétal ; la consolidation de gels siliceux produits par les fines émissions volcaniques déposés sur le fond marin à plus de 4 000 mètres de profondeur peut aussi être à l'origine de cette roche.

Roche : Calcschiste (Schistes Lustrés en Français)

Âge : 150 millions d'années.

Type : roche métamorphique.

Composition primaire : carbonate de calcium et silice.

Genèse : transformation métamorphique de sédiments avec des calcaires et des argiles.

Où : Dominio Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi (Zone Liguro-Piémontaise avec Schistes Lustrés et Ophiolites).

Environnement :

Les calcschistes/schistes lustrés sont des roches métamorphiques dérivées de sédiments marins à l'origine marneux et profonds, constitués d'un mélange variable de carbonates et d'argiles. L'aspect typique du calcschiste est une couleur gris foncé avec une patine argentée due à la présence de mica (produit métamorphique des argiles). Ils sont également responsables de l'aspect folié dense de la roche qui détermine sa schistosité. Compte tenu de leur grande plasticité, on peut observer les plis formés dans les niveaux de calcschistes lors du soulèvement des Alpes.

LES ROCHES FRANÇAISES

- 1) Charbon : anthracite du Carbonifère (Stefanian moyen) 300 millions d'années, Clues de Verdaches, vallée du Bès. Origine continentale, plaine alluviale de marécages.
- 2) Gypse blanc finement recristallisé, Trias supérieur (Keuper) 230 millions d'années, Esclangon, vallée de Bès. Origine : Évaporites marines de lagunes côtières.
- 3) Pélite rose du Trias supérieur environ 210 millions d'années, Esclangon, vallée de Bès. Origine continentale.
- 4 - Calcaires jurassiques :
 - 4₁) Calcaire noir du Jurassique inférieur (Hettangien) 200 millions d'années, vallée de Bès, Tanaron. Origine : Sédiment marin de plate-forme externe.
 - 4₂) Calcaire beige du Jurassique supérieur (Tithonien) 145 millions d'années, également appelé "Calcaire tithonique", Haute Bléone et vallée de Bès. Origine : Sédiments marins du bassin.
 - 4₃) Calcaire blanc du Jurassique supérieur (Tithonien), également appelé "Calcaire Blanc de Provence", Gorges du Verdon (Galetas). Origine : Sédiments marins de plate-forme interne/récif corallien.
- 5) Marnes noires du Jurassique inférieur (Toarcien) 180 millions d'années : marnes compactes non altérées, également appelées "Marnes en plaquettes", La Robine sur Galabre, vallée du Bès. Origine : Sédiments marins de bassin calme et/ou profond, peu oxygénés.
- 6) Marnes noires du Crétacé inférieur (Aptien-Albien) 100-125 millions d'années, également appelées "Marnes bleues", Prads Haute Bléone ; marnes compactes et schisteuses. Origine : Sédiments marins de bassin calme et profond.
- 7) Grès d'Annot, Oligocène 35 millions d'années, Prads-Haute-Bléone. Origine : Sédiments détritiques marins du bassin d'avant-pays.
- 8) Marnes gréseuses rouges de l'Oligocène environ 30 millions d'années, également appelées "molasses rouges" ; marnes compactes et marnes détritiques. Origine : Sédiments continentaux de plaine alluviale.
- 9) Microconglomérat du Miocène (Aquitaniens) 22 millions d'années, pont de Galetas, en aval des Gorges du Verdon. Origine : Base du bassin continental de Valensole.
- 10) Grès du Miocène (Burdigalien) 18 millions d'années, Esclangon, vallée du Bès. Origine : Sédiments d'un fond d'un golfe marin.
- 11) Poudingue (conglomérat) du Quaternaire, avec galets et ciment sableux, glaciation du Würm. Esclangon, vallée du Bès. Origine : Sédiment continental fluvial.

UD 3 – LES PRINCIPES DE LA FOSSILISATION

Temps estimé : 30 min environ (enseignement) + 30 min environ (pratique).

Objectif général	Objectifs intermédiaires	Objectifs opérationnels
Expliquer les principes de la fossilisation.	Savoir observer, déduire et lire une chronologie logique. Comprendre certains aspects chimiques de la transformation de la matière.	Principes de fossilisation et sédimentation. Principes de formation du calcaire. Notion de paléoenvironnement géologique (mer, climat tropical). Notion de tectonique / plissement des couches terrestres. Notion d'érosion.

Matériel disponible

Activité didactique

- 1 « Tableau général sur les principes de la fossilisation », complète, pour l'enseignant.
- 10 « Tableau général sur les principes de la fossilisation », vide, pour les élèves.
- 10 séries de silhouettes des 6 états de l'ammonite : vivante, morte, coquille déposée, coquille enfouie, coquille comprimée, coquille découverte.
- 10 séries de silhouettes des 6 états de l'ichtyosaure : vivant, mort, squelette déposé, squelette enfoui, squelette comprimé, squelette découvert.

Activité expérimentale

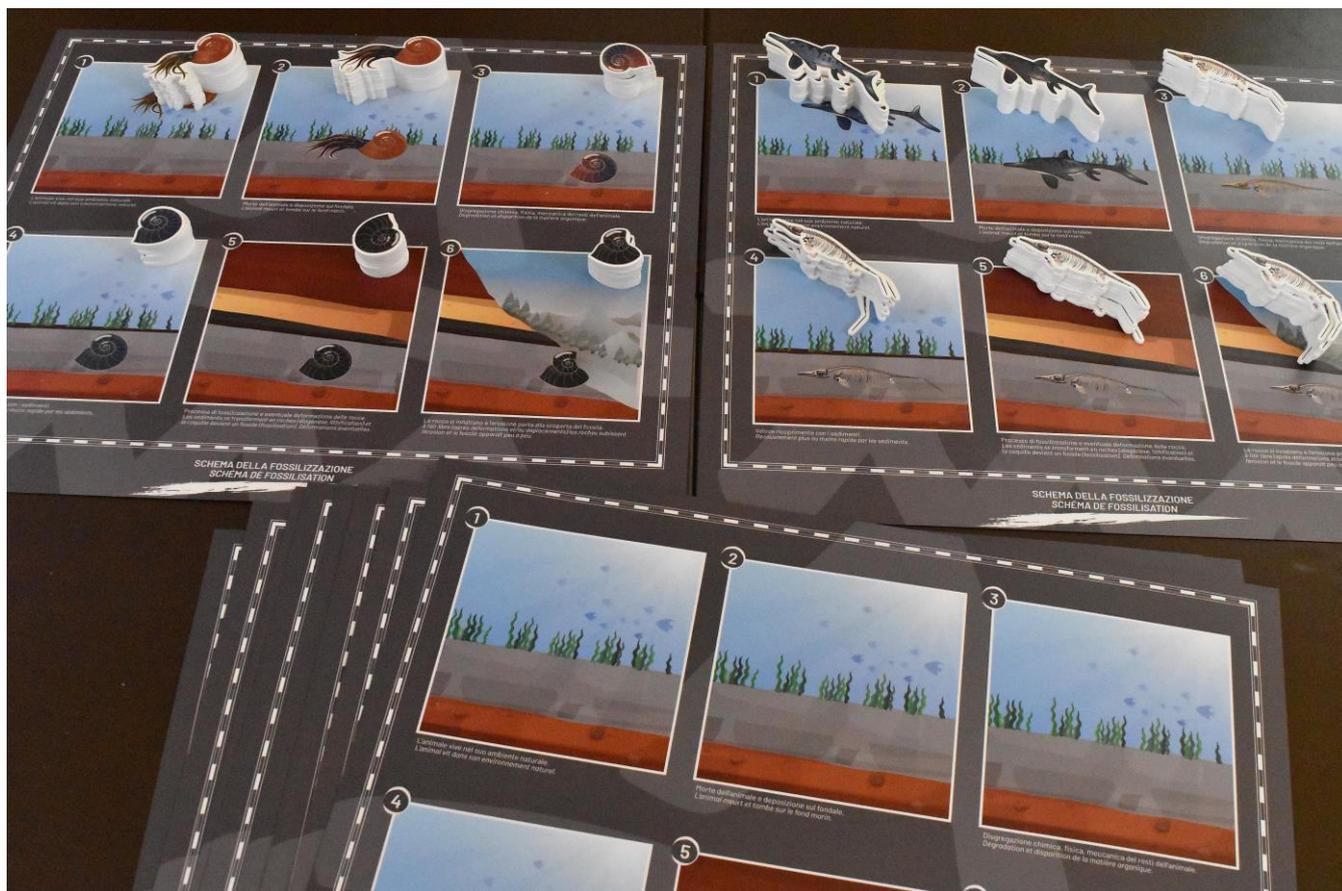
- 10 récipients en plastique.
- 1 paquet de coquillages.
- 1 paquet de 10 mini entonnoirs.
- Mise à disposition de sable et d'eau.

Activité didactique

Selon l'âge des enfants, l'enseignant peut décider de commencer par le tableau complet, en utilisant le « Tableau général sur les principes de la fossilisation » complète, ou de distribuer le « Tableau général sur les principes de la fossilisation » vide à chaque participant.

L'objectif est de positionner correctement les silhouettes des 6 états de fossilisation en comparant ensuite avec le Tableau complet.

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE



En haut à gauche le Tableau complet avec la solution concernant l'ammonite (et les silhouettes à remettre aux élèves). En haut à droite le Tableau complet avec la solution concernant l'ichtyosaure (et les silhouettes à remettre aux élèves). Dessous les tableaux vides à remettre aux élèves. Pour répondre, prêter attention aux petites différences chromatiques et de forme entre les silhouettes.

Activité expérimentale

Chaque élève versera une couche de sable d'environ 1 cm dans son propre récipient puis ajoutera 2 cm d'eau. Il fera ensuite tomber des coquillages qui se déposeront sur le fond en simulant (très rapidement) l'action de la chute et de l'amoncellement de mollusques morts ou l'action des marées ou des courants sous-marins qui entassent les coquilles dans des canaux sous-marins.

À ce stade, on ajoutera lentement du sable en observant comment il enfouit les coquillages et fait monter le niveau d'eau dans le récipient.

Par ailleurs, chaque participant simulera l'élévation du flanc d'une montagne due à l'orogénèse :

1. Prendre un deuxième récipient plus grand ;
2. En se plaçant au-dessus de ce dernier, incliner le premier récipient de façon à ce que l'eau coule dans le deuxième ;
3. Noter comment le sédiment reste compact et a du mal à se détacher du réservoir. Les extrémités des premiers coquillages apparaissent ;

Chaque élève simulera ensuite l'effet de l'érosion de la pente en versant l'eau sur le sédiment. Cela amènera progressivement les autres coquillages à la surface.

REMARQUE

À la fin de la session, il faudra extraire et nettoyer les coquillages et faire sécher le sable.

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

1 Matériel à utiliser dans l'expérience.



2 Remplir le récipient avec un centimètre de sable et le tasser un peu.



3 Verser lentement de l'eau dans le récipient en utilisant l'entonnoir.



4 On obtient ainsi la simulation d'un fond marin sableux.



L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

5	<p>On verse les coquillages sur le sable, simulant les effets d'une tempête : les vagues et les courants sous-marins transportent et amoncellent les coquillages dans des canaux sous-marins.</p>	
6	<p>Une couche de coquillage est ainsi formée.</p>	
7	<p>On poursuit la sédimentation marine en versant encore du sable...</p>	
8	<p>...jusqu'à recouvrir complètement la couche de coquillages.</p>	

9	On remarque à travers le récipient la stratification sable - coquillages - sable.	
10	En inclinant le récipient on simule le soulèvement des montagnes avec l'eau de la mer qui se retire.	
11	Le sédiment de sable et les coquillages réapparaissent.	
12	En maintenant le récipient incliné, on verse encore de l'eau en simulant un nouveau ruissellement dû à des pluies et des orages. On remarque ainsi comment l'érosion ramène progressivement les autres coquillages à la surface.	

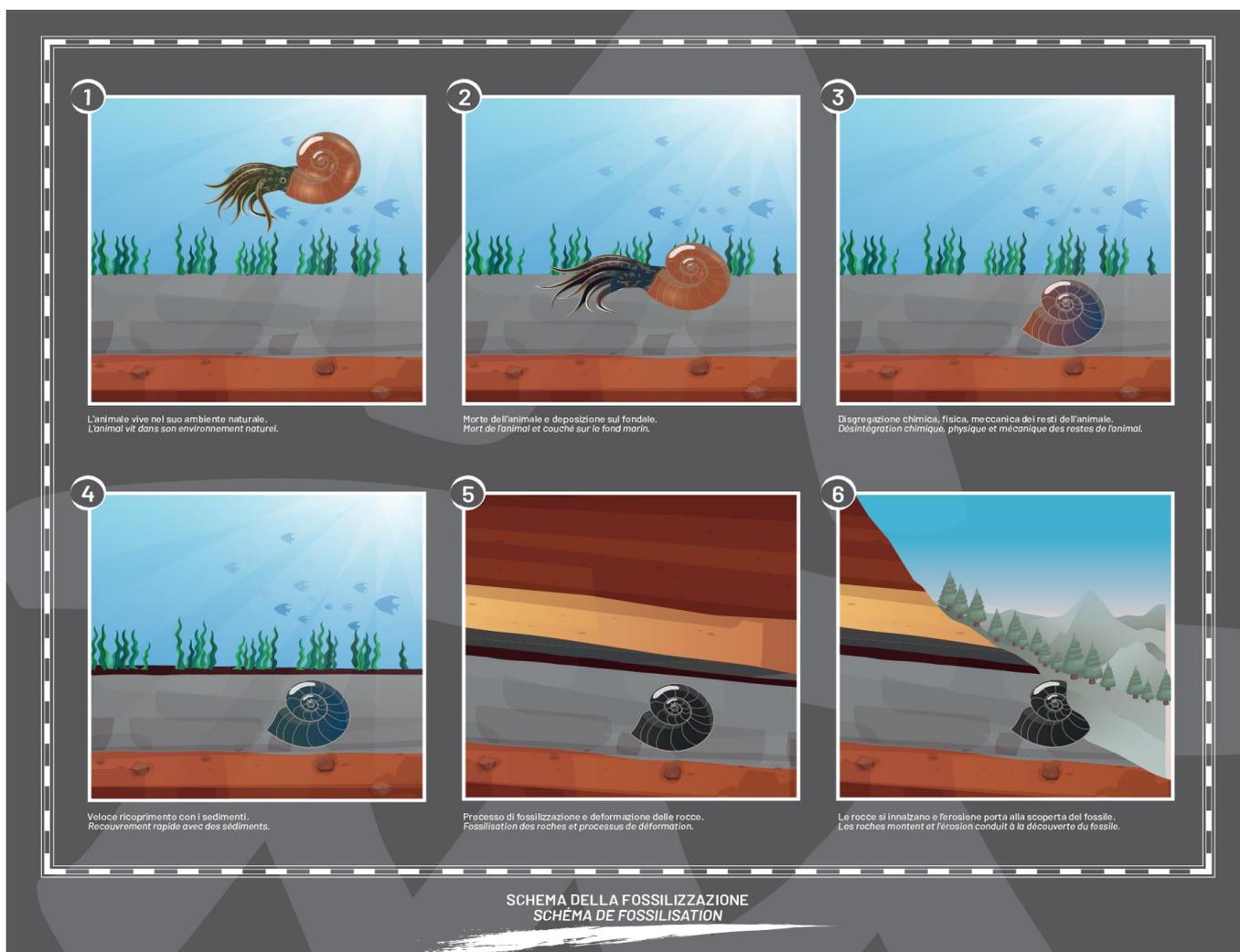
Notes didactiques

Regarde au fond de la mer : comment se forme un fossile

La paléontologie est la science qui étudie les êtres vivants du passé qui ont laissé des traces (empreintes, traces, coprolithes, ...) ou dont le corps a été préservé en devenant un fossile.

Un fossile ne se forme que dans des conditions tout à fait exceptionnelles : suite à un enfouissement rapide de l'organisme (inondations, tempêtes, éboulements sous-marins, ...), lorsqu'il meurt dans un environnement sans oxygène ou encore lorsqu'aucun animal ne peut l'atteindre pour manger ses restes (marécages, tourbières, sables mouvants, plaines sous-marines aux eaux stagnantes, ...).

Cela signifie que seule un petit pourcentage d'êtres vivants a pu se transformer en fossiles : la plupart n'a jamais laissé de trace. Nous n'avons donc aucune idée du nombre et de la diversité des communautés biologiques dans tous les écosystèmes. C'est pourquoi la découverte de chaque fossile ou de toute une communauté fossilisée est un fait exceptionnel pour la science : cela équivaut à un éclair dans la nuit qui l'illumine comme par magie, en nous offrant une photographie du passé et de nouvelles connaissances sur l'évolution de la vie.



1) Les squelettes ou les coquilles, qui sont des « objets durs », facilitent la formation de fossiles, mais dans de très rares cas, des empreintes d'êtres à corps mou (méduses, « vers », insectes, ...) ont pu être conservées.

2) Il est important que l'enfouissement se fasse rapidement avec un sédiment fin de préférence.

- 3) Généralement les parties molles se disparaissent rapidement tandis que les os ou les coquilles subissent une recristallisation au fil du temps, se transformant en minéraux plus résistants (carbonates, siliceux, phosphates, pyrite, carbone)
- 4) Le poids des sédiments qui s'accumulent sur le corps écrase les squelettes/coquilles et les déforme.
- 5) Au fil des temps géologiques, le sédiment se transforme en roche plus ou moins compacte.
- 6) Le soulèvement des montagnes ramène les fonds marins à la surface ; l'érosion émiette la roche et met au jour le fossile. Qui aura la chance de passer par là et de le remarquer ?



Exemple dans la nature d'une couche de coquillages emprisonnés au milieu de sédiments sablonneux ; affleurement photographié le long de la rivière Stura à Cervere (en aval de Fossano)

Fossiles

Les roches sont les témoins de l'histoire passée de la Terre.

Chaque type de roche nous révèle l'environnement dans lequel elle s'est formée : il peut s'agir du magma d'un volcan ou du sédiment déposé au fond d'une rivière, d'un lac ou de la mer. Une roche peut aussi nous raconter comment elle a été soulevée et ramenée à la surface par la collision entre les plaques tectoniques. À l'intérieur des roches sédimentaires nous pouvons trouver des fossiles, c'est-à-dire ce qui reste des êtres vivants ou des traces qu'ils ont laissées lors de leur passage sur terre. La fossilisation est un phénomène délicat et très rare : même une goutte de pluie d'une tempête ancienne peut laisser une trace (dans ce cas elle fait partie des traces sédimentaires) ou l'empreinte du corps d'une araignée ou d'une libellule emprisonné dans une boue très fine. Le paléontologue, qui est un spécialiste des fossiles, ne part pas uniquement à la recherche d'énormes squelettes de dinosaures : au contraire il peut s'émouvoir à la découverte d'une graine ou d'une feuille, ou de galeries creusées par de petits animaux dans un fond marin très profond. Les fossiles sont merveilleux, ce n'est pas pour rien qu'ils fascinent les enfants et que déjà l'homme préhistorique les conservait comme des pièces précieuses. Grâce à eux on réalise comment les êtres vivants ont changé au fil du temps. Les phénomènes évolutifs et les changements climatiques et environnementaux continus les ont forcés à s'adapter à de nouveaux environnements ou à migrer vers des territoires plus paisibles tandis que d'autres organismes en profitaient pour occuper la niche écologique abandonnée. Les transformations de la Terre sont le moteur de l'évolution de la vie : des mers s'ouvrent, des océans se ferment, des montagnes se soulèvent, la circulation des eaux et des vents change, le climat se modifie constamment. Le pétrole et le charbon aussi sont des fossiles, et leur disponibilité est limitée.

UD 4– L'HISTOIRE DES ALPES

Temps estimé : 30 min environ (enseignement) + 30 min environ (pratique).

Objectif général <i>Découvrir et comprendre Les trois principales périodes géologiques.</i>	Objectifs intermédiaires <i>Comprendre les mouvements continus de la Terre - planète vivante.</i>	Objectifs opérationnels <i>Comprendre la tectonique des plaques et la présence d'un océan précédant la formation des Alpes (suite à la collision des plaques tectoniques).</i>
---	---	--

Matériel disponible

Activité didactique

- 1 « Tableau Planisphère » avec les contours de deux phases principales et la ligne du temps géologique.
- 1 repère du temps, à placer sur la ligne du temps.
- 8 silhouettes de : Amérique du Nord, Amérique du Sud, Eurasie, Afrique, Italie, Inde, Antarctique, Australie.
- « Tableau général sur l'histoire géologique des Alpes ».

Activité expérimentale

- 5 kits « Machine tectonique ».
- Mise à disposition de sable, gravier, argile ou farine.

Activité didactique

L'enseignant expose le « Tableau Planisphère » sur lequel sont tracés les contours de la première et de l'actuelle configuration des plaques tectoniques : le supercontinent Pangée (il y a 250 millions d'années) et les 5 continents actuels.

L'enseignant distribue aux élèves les silhouettes des continents puis il place le repère du temps sur la première case (il y a 250 millions d'années). Il demande ensuite à chacun de placer sa silhouette sur le tableau afin de recomposer le puzzle de la Pangée. Les contours dessinés sur le tableau facilitent le positionnement des silhouettes.

L'enseignant déplacera ensuite le repère du temps sur l'ère suivante (Pangée 250 millions, Jurassique 140 millions, Crétacé 90 millions, Paléogène 60 millions, Aujourd'hui) et demandera aux élèves de déplacer leur silhouette de manière cohérente. On arrivera ainsi à la situation actuelle avec l'identification des 5 continents.

De cette façon il sera possible de reconnaître les correspondances entre les côtes continentales, d'illustrer l'apparition et la disparition de la fameuse « mer des Alpes / Téthys » et de préparer les élèves à la naissance des Alpes suite au choc et à la montée des fronts tectoniques.

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE



Situation initiale. Pangée, avec toutes les silhouettes reliées entre elles.



Jurassique. Les continents commencent à se détacher les uns des autres.



Crétacé. La dérive des continents se poursuit.



Paléogène. La dérive des continents se poursuit.



Situation actuelle.

Activité expérimentale

L'activité expérimentale permet de comprendre le phénomène de l'élévation de l'arc alpin par la compression des plaques. Chaque élève pourra réaliser l'expérience en prenant l'un des 5 kits « Machine tectonique ». Il versera l'une au-dessus de l'autre 4 couches de matériaux différents : sable, gravier, argile quartzeuse ou farine. Chaque élève pourra choisir la superposition souhaitée, avec 2 ou 3 matériaux ou même avec un seul matériau. Il faudra ensuite comprimer lentement à l'aide du piston tout en observant l'effet sur le matériau.

L'enseignant fera observer comment chaque matériau réagira à la compression. Il utilisera les différentes couleurs des matériaux pour expliquer les phénomènes de montée et de retournement, en soulignant les analogies avec la genèse de l'arc alpin avec l'aide du « Tableau général de l'histoire géologique des Alpes ».

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

1 Matériel à utiliser pour l'expérience.



2 Verser et compacter une petite couche de sable en l'écrasant avec le tampon fourni.



3 Répéter l'opération avec une petite couche d'argile (ou de farine).



4 Répéter l'opération avec une deuxième couche de gravier.



5 Répéter l'opération avec une deuxième couche d'argile (ou de farine).



6 Répéter l'opération avec une troisième couche de gravier.



7 Répéter l'opération avec une troisième (et dernière) couche d'argile (ou de farine). Compacter la stratigraphie obtenue.



8 Commencer lentement la compression avec le piston, en observant la formation d'ondulations (plis) et de fractures (failles) le long des différentes couches superposées.



9	S'arrêter après chaque centimètre de compression et analyser les effets sur les couches qui commencent la phase de montée (orogénèse).	
10	Continuer la compression. Noter les premières fractures qui se forment sur la surface de la couche supérieure.	
11	Continuer la compression et noter : <ul style="list-style-type: none"> ▪ l'élévation des cuspides ; ▪ l'élargissement (distension) des fissures en surface ; ▪ le glissement avec superposition des couches plus profondes. 	
12	Continuer la compression jusqu'à la moitié du récipient et commenter la situation finale.	

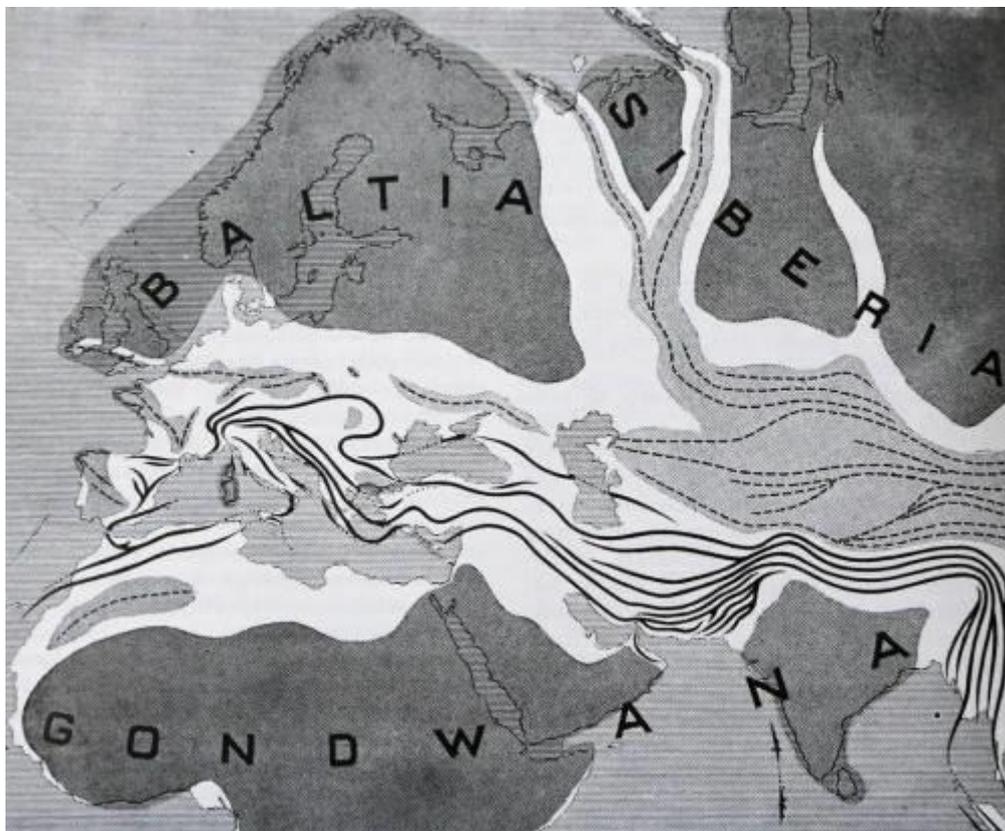
13 Noter comment, malgré une compression presque homogène sur tout le front, la densité et la granulométrie différentes des couches génèrent des mouvements différents : des collines et des zones de dépressions.



Notes didactiques

LES ALPES

Les Alpes sont la cicatrice de la collision entre les plaques continentales de l'Afrique et de l'Europe qui s'est produite au cours des 65 derniers millions d'années. Elles s'étendent sur une longueur de 1 200 km et une largeur variable entre 100 et 400 km. Elles ne sont en réalité qu'une portion de la grande chaîne montagneuse qui part du Maroc en Afrique et s'étend au-delà de l'Himalaya en Asie, témoignant du grand affrontement, en cours aujourd'hui encore, entre le Sud (Afrique, Péninsule Arabique, Inde) et le nord (Europe, Asie) du monde.



Dessin de Federico Sacco qui met en valeur la cicatrice de la chaîne alpine-himalayenne (lignes noir foncé)

L'HISTOIRE DES ALPES

Envie de découvrir la Géologie des Alpes ?

Admirez tout d'abord le panorama des montagnes qui nous entourent. Les roches les plus anciennes se trouvent là-haut, c'est un voyage dans le temps de plus de 300 millions d'années : nous sommes dans les Massifs Cristallins de l'Argentera et de Dora-Maira.

A cette époque se formait un seul grand continent appelé Pangée.

La force du magma, qui depuis des millénaires poussait par le bas, forme des lignes de fracture qui divisent la Terre en différents endroits : la Pangée se divise en plusieurs continents qui partent à la dérive.

C'est d'abord l'océan Atlantique central qui s'ouvre ; avec lui un bras de mer latéral appelé Téthys qui sépare l'Afrique de l'Europe, les éloignant l'une de l'autre. La Téthys est l'océan qui se trouvait là où sont les Alpes aujourd'hui.

Il se développe au Mésozoïque (il y a 250 à 65 millions d'années), s'étendant du Maroc à l'Himalaya actuels en passant par les Alpes. Sur ses fonds se déposent des sédiments argileux et calcaires en milliers de mètres d'épaisseur. La vie marine est florissante : des myriades d'organismes, une fois morts, sont enfouis et préservés sous forme de fossiles. Dans les zones centrales plus profondes se développe une dorsale volcanique océanique (tout comme aujourd'hui dans l'océan Atlantique).

Le lent mouvement des plaques continentales se poursuit au sud et au nord avec l'ouverture de l'océan Atlantique sud et nord : cela amène l'Europe et l'Afrique à pivoter et à se rapprocher à nouveau jusqu'à la collision frontale.

Avec la fin de l'Ère Mésozoïque, un puissant mouvement de compression déclenche l'émergence des Alpes. Les grandes zones continentales commencent à se rapprocher les unes des autres : l'Afrique, l'Arabie et l'Inde au sud, l'Europe et l'Asie au nord. Prises comme dans un étau géant, les couches marines faites de différents sédiments sont obligées de se froisser, de se plisser et de se soulever. L'immense Téthys primitive rétrécit de plus en plus jusqu'à devenir la petite Méditerranée actuelle.

Que se passe-t-il lorsque deux continents entrent en collision renfermant ce qui était un océan ? L'une des deux plaques doit nécessairement glisser sous l'autre, tandis que des montagnes s'élèvent à la surface.

Le soulèvement des Alpes se fit progressivement, sur des millions d'années. Pendant le Cénozoïque, lors de leur surrection, de vastes étendues de mer se développèrent encore dans la plaine du Pô sur le versant italien et autour du bassin du Rhône sur le versant français.

Avec la dernière période du Quaternaire, la chaîne alpine est abaissée à plusieurs reprises par des actions externes : l'air, l'eau, le gel et les oscillations du niveau de la mer exercent des érosions et des incisions toujours plus profondes.

Les montagnes se recouvrent de glaciers d'où seuls émergent les sommets les plus hauts ; le niveau de la Méditerranée monte et descend selon les fluctuations du climat ; l'érosion sur les montagnes s'accélère et les glaciations opèrent comme un sculpteur qui modèle son œuvre, créant ce labyrinthe de vallées, de canyons et de paysages tel qu'il se présente à nous aujourd'hui.

Ceci est la brève Histoire des Alpes dont les roches ont enregistré tous les événements des 300 derniers millions d'années.

LES ROCHES DES ALPES

Pour comprendre les mouvements des continents dans le passé, les géologues appliquent les principes de la Tectonique des Plaques qui considèrent la Terre comme une planète vivante : la remontée du magma profond provoque des fissures qui déchirent la croûte superficielle donnant ainsi naissance aux océans.

Si le magma monte et les plaques s'écartent, quelque chose doit descendre et se rapprocher, voire disparaître : voilà ce qui se passe là où les continents entrent en collision. L'une des deux plaques doit nécessairement glisser sous l'autre tandis qu'en superficie des montagnes se soulèvent.

Ceci est aussi l'histoire des Alpes dont les roches ont enregistré tous les événements au cours des 300 derniers millions d'années.

Il y a 300 millions d'années

Le supercontinent Pangée se forme lorsque l'Europe et l'Afrique entrent en collision à plusieurs reprises avec l'Amérique du Nord.

Les roches les plus anciennes des Alpes de Cuneo gardent dans leur mémoire la formation des montagnes, appelée orogénèse hercynienne. Pour les voir, il faut se rendre aux Massifs Cristallins de l'Argentera ou au Dora-Maira, à deux endroits distincts de la chaîne alpine. Leurs cœurs de granite et de gneiss nous renseignent sur les magmas profonds qui se sont infiltrés entre deux croûtes continentales en collision. C'est ainsi que Pangée naissait !



Photos de granite et de gneiss - Panorama de la Valle Gesso (Rifugio Questa).

Il y a 250 millions d'années

Dès sa formation, les fractures qui vont causer le morcellement de la Pangée sont évidentes. Les volcans sur les continents crachent d'énormes quantités de lave pendant plusieurs millions d'années : aujourd'hui ces laves sont des roches d'andésites, de rhyolites, de porphyroïdes. L'énorme activité volcanique est à l'origine de la plus grande catastrophe écologique jamais vue : l'extinction de 96% des espèces marines ! La cause en fut l'extrême pollution de l'air et de l'eau, suivie du réchauffement climatique dû aux émissions volcaniques d'anhydride de carbone dans l'atmosphère.

Cette tragédie du passé vous rappelle-t-elle quelque chose ?



Photos des andésites et des porphyroïdes - roches au premier plan autour du Lago della Meja (entre les Valli Maira, Grana et Stura).

Il y a 245 millions d'années

Le paysage est composé de volcans, de déserts, de rivières, de plages, de lagunes côtières arides où l'eau de mer s'évapore : roches de type quartzite, conglomérats, roches évaporitiques, comme les gypses et calcaires vacuolaires racontent ces paysages torrides. C'est sur ces anciennes plages que des traces de reptiles triasiques ancêtres des dinosaures ont refait surface en 2008 : on les appelle des Archosaures. De magnifiques traces de leur passage ont été conservées sur le plateau de Gardetta dans la Valle Maira.



Photo de conglomérats de quartz, quartzites, gypses, petits calcaires - panorama du plateau de la Gardetta.

Il y a 240 millions d'années

Survoler la région des Alpes à cette époque était une émotion extraordinaire, c'était une succession de récifs coralliens et d'atolls tropicaux qui émergeaient d'une mer bleu turquoise. Les calcaires et les dolomites nous parlent de ces merveilleux environnements avec des fossiles épars de coquillages, de coraux, d'ammonites et d'autres animaux marins dans des roches durcies.



Photo paysages karstiques calcaires - panorama du Marguareis depuis la Via del Sale della Limone-Monesi.

Il y a 150 millions d'années

Alors que du côté français il y a encore de vastes mers tropicales peu profondes, dans les Alpes du côté de Cuneo s'ouvre le gouffre de l'océan Téthys avec de grandes profondeurs et une dorsale océanique formée par des chaînes de volcans sous-marins. Les Ophiolites du Mont Viso et du Monte Beigua à la frontière avec la Ligurie en sont les témoins : le groupe des ophiolites, c'est-à-dire les roches magmatiques « du serpent » (*ophys* en grec), est représenté par des péridotites, des serpentinites, du gabbro et des basaltes.



Photo serpentine, gabbro, basalte - Panorama Monviso depuis le Colle di Sampeyre.

Il y a 100 millions d'années

Des boues de mer très profonde continuent de se déposer autour des volcans de la dorsale océanique que le soulèvement des Alpes transformera en calcschistes/schistes lustrés. L'océan Atlantique se fracture vers le nord et vers le Sud : l'Europe et l'Afrique commencent à pivoter en sens inverse et entrent inévitablement en trajectoire de collision. L'océan Téthys se referme, son bord oriental s'enfonçant sous la plaque africaine.



Photo calcschistes - panorama de Chianale dans le Val Varaita.

Il y a 65 millions d'années

L'Afrique et l'Europe entrent en collision et le soulèvement des Alpes commence. L'orogénèse alpine porte à la surface d'impressionnantes épaisseurs de roches qui forment des montagnes. Sous la poussée, des blocs entiers de roches se plient, se fendent, se chevauchent sur le front extérieur de la chaîne en direction de la France ; du côté piémontais les roches sont exhumées de grandes profondeurs où les températures élevées et les pressions les cuisent jusqu'au métamorphisme.



Photo de roches pliées - Monte Mondolè.

Il y a 30 millions d'années

Dans une première période la poussée entre les plaques se poursuit vers la France, tandis qu'au cours des 30 derniers millions d'années le mouvement s'inverse et se dirige vers le Piémont. Le phénomène, appelé par les géologues « rétro-charriage des Alpes » aura des répercussions importantes dans la rotation antihoraire de la Corse et de la Sardaigne, dans le soulèvement des Apennins et dans la formation de la Plaine du Pô avec le Bassin Tertiaire Piémontais qui comprend les Langhe et le Roero. Aujourd'hui encore les Alpes poursuivent leur lent soulèvement comme en témoignent les fréquents tremblements de terre dans les montagnes de Cuneo.



Photos des Langhe vues du ciel.

Il y a 2 millions d'années

Si, aujourd'hui, nous pouvons admirer la beauté des Alpes, c'est parce qu'au cours des 2 derniers millions d'années le climat s'est refroidi à plusieurs reprises au point de les recouvrir d'épaisses couches de glace qui descendaient du haut des vallées jusqu'au débouché vers la plaine. Tels d'énormes sculpteurs, les glaciers brisaient les roches, les lissaient en passant dessus, les entraînaient vers le bas en les entassant dans les moraines glaciaires.

Avec l'œuvre finale des glaciations, le panorama alpin naît ; ce spectacle naturel que vous pouvez admirer à chaque fois que vous allez à la montagne.



Photo panorama glaciaire sur le Monte Chersogno en Valle Maira.

UD 5– LA FABRIQUE DU PAYSAGE ALPIN : érosion, transport et dépôt

Temps estimé : 60 min environ (enseignement) + 60 min environ (pratique).

<p>Objectif général Comprendre les dynamiques des paysages en perpétuelle.</p>	<p>Objectifs intermédiaires Observation, déduction, logique.</p>	<p>Objectifs opérationnels. Comprendre les facteurs d'érosion, les agents atmosphériques chimiques, le ruissellement et les risques naturels, la planification de l'utilisation du sol, l'action du temps.</p>
---	---	---

Matériel disponible

Activité didactique

- 1 « Tableau de la montagne à la mer ».
- 1 jeu de 20 cartes « stade » par type de roche : granite, calcaire de surface, argile noire, calcaire de profondeur, grès. (Cartes colorées par famille).
- 1 jeu de 15 cartes « facteur » avec les principaux phénomènes érosifs : vent, pluie, transport fluvial, gel/dégel, gravité. (Cartes couleur saumon).

Activité expérimentale

- 1 « Parcours fluvial » à monter, en plastique avec plan incliné.
- 1 récipient en plastique.
- 10 entonnoirs.
- 10 pulvérisateurs.
- 1 paquet de cure-dents.
- Mise à disposition de sable, d'argile, de gravier fin.
- Mise à disposition d'eau.



L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

Activité didactique

L'enseignant expose le « Tableau de la montagne à la mer ». Il explique le concept d'érosion, de transport (par gravité) et d'accumulation qui « de la montagne mène à la mer » les débris de plus en plus petits (en surface comme en profondeur) jusqu'à ce qu'ils forment les plages. Les élèves devront ensuite composer le parcours de l'érosion en positionnant correctement les cartes « stade » d'une famille (par ex : argiles) dans les cases appropriées sur le Tableau. Entre les cartes « stade », ils placeront les cartes « facteur » afin de présenter la relation de cause à effet. Cela peut être répété pour chacune des 5 familles, en distinguant l'érosion superficielle de l'érosion en profondeur.

Ci-dessous le bon positionnement.



Le tableau de jeu avec des cartes « facteur » couleur saumon et des cartes « stade » colorées par type de roche.

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE



Positionnement de la famille Calcaire de profondeur (couleur turquoise).



Positionnement type Grès (couleur orange).

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE



Positionnement type Argile (couleur vert fluo).



Positionnement type Calcaire (couleur rose).



Positionnement type Granite (couleur bleu clair).

Activité expérimentale

L'activité pratique consiste à démontrer comment se déroule l'érosion, le transport et le dépôt des sédiments en utilisant le parcours d'une rivière sur un plan incliné. Le récipient supérieur doit être rempli du matériau mixte récupéré de l'activité expérimentale UD4. Nous verserons de l'eau dessus à l'aide du pulvérisateur, du gobelet puis du seau. Nous observerons comment l'écoulement de l'eau déclenche le processus d'érosion en entraînant et en accumulant le matériau en aval, près des anses, et en le déposant là où l'inclinaison ou la vitesse de l'eau diminue.

L'eau trouble sera recueillie dans le récipient à placer en fin de parcours, simulant ainsi la présence d'un lac ou d'une mer.

L'enseignant pourra décider d'observer le comportement érosif des autres matériaux inertes disponibles. Il pourra aussi simuler le ralentissement du phénomène érosif en plantant des cure-dents dans la partie haute du parcours pour démontrer le rôle de protection des arbres sur les sols dans la nature.

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

- 1 Matériel à utiliser dans l'expérience :
- rivière expérimentale.
 - cure-dents.
 - Eau.
 - Matériau inerte mixte (dérivé de l'UD04) ou gravier, sable, argile (ou farine).



- 2 Assembler les différentes pièces de la « rivière expérimentale ». Insérer les lattes dans les fentes parquées. Placer le récipient dans la partie finale.



- 3 Positionner le parcours à méandres en commençant par la portion la plus en aval. Vous pouvez choisir librement dans quel ordre positionner les trois formes disponibles. Assurez-vous que la rainure s'insère bien sur la latte.



- 4 Positionner la deuxième portion en vous assurant qu'elle se superpose à la portion précédente et que la rainure s'encastre bien sur la latte correspondante.



L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

5 Positionner la troisième portion en vous assurant qu'elle se superpose à la portion précédente et que la rainure s'encastre bien sur la latte correspondante.



6 Positionner le récipient supérieur en vous assurant qu'il se superpose à la portion précédente et que la rainure repose sur la latte correspondante.



7 Le parcours fluvial est ainsi prêt. En agissant sur les lattes vous pourrez moduler les pentes pour chaque portion. Commencer l'expérience avec une pente douce et continue.



8 Prendre le matériau récupéré de l'UD04 ou celui du sac de matériau Mixte.



L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

9 Remplir le récipient supérieur pour simuler le sédiment de matériau inerte dissous sur les versants de la montagne.



10 Prendre le pulvérisateur et arroser le sédiment : on simule ainsi une pluie légère et on observe comment celle-ci déplace peu ou pas le sédiment.



11 Prendre le petit entonnoir pour verser l'eau simulant une pluie plus intense : on constate que le sédiment commence à glisser vers le bas, en particulier l'argile et le sable, tandis que le gravier s'arrête vite, là où la pente est moindre ou si une anse le gêne sur le parcours.



12 Continuer à simuler la pluie pour donner plus de consistance au phénomène de délavage qui transportera en aval les granulométries plus petites et les matériaux plus légers.



L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

- 13 Avant que le sédiment du récipient supérieur ne se termine, arrêter de verser de l'eau.
- On remarquera que :
- Le sédiment s'est accumulé principalement dans les trois premières parties de la rivière.
 - Le sédiment s'est accumulé là où il a rencontré des obstacles.
 - L'eau a presque disparu du parcours, en allant s'accumuler dans le récipient placé en dessous.



- 14 Simuler maintenant une forte perturbation telle qu'une averse orageuse. Verser l'eau directement du récipient en provoquant une inondation.



- 15 Noter qu'il n'y a presque plus de sédiment dans la première portion et qu'une grande partie du gravier (la granulométrie la plus grosse) s'est arrêtée le long du parcours, alors que le sable et l'argile se déposent au fond de la mer ou du lac (le récipient terminal).



- 16 Essayer maintenant d'accentuer la pente en insérant d'autres lattes de support dans leurs fentes. Faites cette opération lentement et soigneusement afin de ne pas détruire le parcours ou faire tressauter le matériau inerte déjà déposé.



L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

- 17 Continuer à verser l'eau en observant que les sédiments sont entraînés beaucoup plus rapidement vers les portions basses du parcours.



- 18 Après avoir fini de verser l'eau, observer les différences de répartition selon les différences du parcours de la rivière.



- 19 Couvrir à nouveau le sommet de la montagne de sédiments mixtes (récipient supérieur). Planter quelques arbres (cure-dents) en profondeur dans le sédiment.



- 20 Reprendre l'arrosage des sédiments avec le pulvérisateur (bruite) pour constater qu'une fois encore il ne se passe pratiquement rien.



L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

21 Verser l'eau avec l'entonnoir (pluie plus intense), le délavage commence et porte un peu de sédiment et quelques arbres vers la vallée.



22 Noter comment les arbres sont très efficaces contre l'érosion.



23 Recommencer à verser l'eau directement du petit seau principal pour simuler une averse orageuse provoquant une inondation. Même si quelques arbres seront tombés et trainés en aval, de nombreux arbres sont encore solidement à leur place, bien droits ou inclinés, empêchant l'érosion du sédiment.



24 Noter enfin que, par rapport à la situation précédente, une grande quantité du sédiment est restée dans la partie supérieure du parcours : l'action de retenue des arbres a aussi ralenti la vitesse et la violence de l'eau.



25 Concentrons-nous maintenant sur le récipient terminal qui représente notre petite mer ou lac.
L'extraire soigneusement sans le secouer et observer l'effet provoqué par une inondation. Noter d'abord à quel point l'eau est trouble en raison de l'argile présente dans le sédiment mixte, tandis que le sable et le gravier se sont rapidement déposés sur le fond. Le matériau végétal mélangé aux débris flotte.



26 En laissant le récipient au repos pendant quelques minutes, on peut observer comment le sédiment s'est déposé au fil des différents lessivages. Sur la droite, correspondant à la zone du delta fluvial et des plages, il y a du sable et du gravier. Un escarpement incliné vers le large s'est également formé, plus mince vers la gauche.
Avec le temps les particules fines en suspension se déposent et recouvrent le sable : avec une épaisseur plus réduite vers la côte, plus importante vers la mer, comme dans les lacs et au fond de la mer où seules les boues se déposent au large.
Le phénomène reproduit ce qui se passe lors des inondations ou des éboulements sous-marins appelés « turbidites » (à cause de la turbidité de l'eau) ou flysch (qui en Suisse signifie « versant glissant »).



27 Avec le temps, les fines particules en suspension continuent de se déposer sur le fond et l'eau devient progressivement plus limpide.
Le phénomène se reproduira lors de l'inondation (ou du glissement de terrain sous-marin) successive, créant ainsi des alternances de sables et d'argiles typiques des turbidites des Langhe ou des Flysch à Helmintoids en France.



UNE EXTENSION ou UNE VARIANTE de l'UD5 : LA SÉDIMENTATION

L'expérience suivante, analogue à la précédente, permet d'expliquer l'alternance de sédiments grossiers sableux (arénacés) et argileux fins que l'on observe souvent entre les couches marines et lacustres.

1	Prendre un récipient et le remplir à moitié d'eau de manière à représenter un lac ou la mer.	
2	Verser dedans le sédiment mixte de gravier, sable et argile pour simuler une inondation ou un glissement de terrain sous-marin. On constate que l'eau devient immédiatement trouble en raison de l'argile très légère, tandis que le gravier et le sable sont les premiers à se déposer sur le fond.	
3	Après 30 minutes environ, l'argile en suspension se dépose également, formant une fine couche claire au-dessus du sable foncé.	
4	Après 60 minutes, tandis que l'eau redevient limpide, on voit que le sédiment argileux qui recouvre le sable est devenu plus épais.	

Notes didactiques

L'érosion et la sédimentation sont des processus complémentaires qui enlèvent des matériaux d'une zone de la surface de la Terre et les déposent dans une autre. Avant d'être déposé, le matériau érodé est généralement transporté pendant un certain temps et sur une certaine distance, souvent par le même agent (eau ou vent) qui a provoqué l'érosion. Au fil des époques, les activités de l'homme ont provoqué une érosion massive du sol.

L'ÉROSION

L'érosion subaérienne comprend tous les types d'érosion qui se produisent sur les sols exposés à l'atmosphère. Les matériaux rocheux exposés sont souvent modifiés par des processus chimiques ou mécaniques (tels que l'altération de la surface), puis transportés. Les principaux agents de l'érosion subaérienne sont la gravité, l'eau de ruissellement, la glace (en particulier sous forme de glaciers), le vent et les vagues de la mer sur les côtes.

L'érosion par gravité se produit lorsque des irrégularités de la surface, telles que les pentes des montagnes, permettent à la gravité de transporter vers le bas les fragments de roche produits par l'altération.

L'érosion provoquée par les eaux courantes, ou érosion fluviale, ajoute aux effets de l'action dissolvante ceux de l'énergie cinétique de l'eau de ruissellement et l'action abrasive des fragments de roche transportés par le liquide en mouvement. L'érosion se produit principalement dans les périodes d'apport exceptionnel en eau, lors d'averses orageuses ou de perturbations moins intenses mais prolongées dans le temps, parfois des semaines. Les rives sont érodées, minées par le courant, en particulier le long des côtés externes des coudes, tandis que le sédiment se dépose à l'intérieur des coudes là où la vitesse est plus faible, en particulier à la fin de la crue lorsque le débit d'eau diminue.

LE PROCESSUS DE SÉDIMENTATION

La sédimentation, c'est-à-dire le processus d'accumulation des sédiments, se produit lorsqu'un agent fluide (généralement l'eau ou le vent) est contraint de déposer sa charge. Le dépôt peut se produire pour des raisons physiques : lorsqu'une masse de sédiments qui se déplace par gravité le long du flanc d'une colline atteint la base de la pente ou qu'un courant d'eau ou d'air ralentit à cause d'un obstacle.

Le dépôt des sédiments par gravité se produit lorsque les pentes diminuent réduisant ainsi la vitesse du moyen qui les transporte ou lorsque le débit d'eau dans la rivière diminue, et avec lui la capacité de transport de la matière solide.

Le dépôt se produit aussi dans les eaux calmes : les océans, les lacs et les mers où la gravité fait sédimenter les particules solides qui forment les couches de sables et d'argiles sur le fond. Dans les océans les particules fines les plus communes sont les coquilles des micro-organismes qui vivent près de la surface (plancton), la poussière transportée par l'air et les rivières ou par les éboulements sous-marins appelés courants de turbidité qui entraînent en profondeur les sables les plus superficiels, alors que les argiles se déposent lentement, comme dans les expériences que nous avons reproduites.

L'AVENTURE GÉOLOGIQUE

Textes et photographies: Enrico Collo et Davide Borra
Révision scientifique: Marie-Jo Soncini et Marco Pavia
Traduction française: Charlotte Debeunne, avec la révision technique par Violaine Bousquet et Davide Olivero
Graphique: No Real Interactive srl, avec les contributions de Cossima production – Marc Bouley