

## **Les concepts scientifiques.**

Les concepts ne sont pas des choses qui s'apprennent de façon statique, s'empilent et s'accumulent ; ce sont des outils intellectuels, destinés à résoudre une famille de problèmes, ceux qui caractérisent une discipline.

La formulation notionnelle constitue souvent le point d'arrivée du travail scolaire, tendu vers son émergence dans la classe ; un concept est plutôt un point de départ pour l'activité intellectuelle, car il confère un pouvoir explicatif nouveau à celui qui en maîtrise l'usage.

Les concepts ne se construisent pas dans l'artifice de situations épurées pour les besoins didactiques, pour se transférer ensuite sans problème ; ils prennent leur sens dans des situations-problèmes alors que les situations épurées ne sont que des détours provisoires, des facilités que l'on peut se donner, dont l'efficacité ne peut-être appréciée qu'au moment du retour à la complexité.

Les concepts ne viennent pas remplir le vide de l'ignorance, ni remplacer les erreurs par simple substitution ; ils transforment des idées et représentations préexistantes, par des ruptures et réorganisations conceptuelles, les erreurs n'étant que les révélateurs des modes de pensée sous-jacents.

### **Les concepts catégoriels, de type linguistique :**

Concept catégoriel = ensemble d'éléments (réfèrent : définition en extension) qui possèdent les mêmes attributs (caractéristiques qui définissent le signifié : définition en compréhension) et à qui on donne une étiquette (dénomination ou signifiant). Ils correspondent , dans la tradition aristotélicienne, à une sorte de "mise en ordre du réel" et ils s'appuient pour cela sur les catégories du réel, ce qui permet de les nommer aussi concepts empiriques ou linguistiques.

Au plan scolaire, c'est la maîtrise des attributs qui se révèle la plus défailante. La définition d'un concept est souvent donnée en extension, c'est-à-dire à partir d'exemples, et plus rarement en compréhension par l'explicitation des attributs. Clarifier les attributs essentiels des concepts et construire des situations pédagogiques visant leur apprentissage constituent une des tâches incontournables du maître.

### **Les concepts problématiques :**

Concept scientifique = outil intellectuel qui remplit une fonction opératoire dans l'interprétation de certaines observations ou expériences, permettant d'appréhender efficacement la réalité, et constituant un "instrument de théorie" pour la compréhension des phénomènes ; un concept fonctionnant toujours en relation avec d'autres concepts théoriques et techniques, il est un nœud dans un réseau de relations, cohérent et organisé, et non un élément disposé à côté d'autres par simple juxtaposition ; la formulation d'un nouveau concept peut révéler des contradictions, permettre de formuler différemment des questions dans d'autres domaines, ce qui implique un "bougé" dans des relations entre concepts, une modification des définitions.

Les concepts se construisent par le recueil d'informations, de connaissances ponctuelles, puis la comparaison de différentes informations. Les connaissances ponctuelles ne doivent pas constituer une fin en soi, même si les jeux culturels s'appuient dessus. Ces sont des points d'ancrage à partir desquels un savoir de plus haut niveau s'élabore. Elles doivent constituer le substrat, la substance, le matériau de construction des connaissances conceptuelles, les notions et à un niveau supérieur les concepts. Une notion se définit par la structure ou les idées générales qui caractérisent l'objet ou le phénomène étudiés. Par comparaison avec d'autres objets, d'autres phénomènes similaires, on cherche ce qu'ils ont en commun, ce qui nous permet de construire une définition générale abstraite qui ne fait plus référence aux exemples étudiés, et on la teste face à d'autres cas particuliers pour voir si ceux-ci répondent ou non à la définition élaborée.

## **Les modélisations graphiques de la structuration du savoir : la trame conceptuelle.**

Le choix constructiviste dans l'apprentissage va de pair avec un approfondissement épistémologique sur les domaines à enseigner. Cette analyse de la matière à enseigner consiste dans un premier temps à identifier, dans un champ notionnel donné, un ensemble de sous-concepts (ou notions constitutives du concept) en présence. La maîtrise du concept de Reproduction sexuée implique par exemple celle des notions d'œuf, de sperme, d'ovule, de fécondation... Ces notions constitutives délimitent ainsi le contenu avec précision. Cette analyse est effectuée sans référence à un niveau d'enseignement donné, puise ses objets dans un savoir scientifique de type universitaire, complété par une approche épistémologique et historique. Cette démarche d'analyse se caractérise donc dans un premier temps par la désarticulation du concept par l'émiettement en un nombre plus ou moins grand de notions constitutives, présentées sous la forme de phrases définitoires.

On s'intéresse dans un deuxième temps à la réarticulation de ces notions par la recherche de relations logiques existant entre les notions constitutives du concept. Chaque notion peut être considéré comme un nœud à l'intersection de différents éléments connectés, nœud dont le niveau sera plus ou moins englobant, par généralisation, d'où l'idée de hiérarchie possible entre les notions. La logique peut s'intégrer dans une perspective descriptive de l'organisation d'un concept (définition des notions constitutives, délimitation des frontières), et/ou peut prendre une dimension dynamique, par l'émergence d'interactions entre les notions, de relations de causalité, pour tendre alors vers une analyse de type systémique dans laquelle des régulations, des rétroactions, des équilibres figureront le caractère fonctionnel d'un système organisé.

La modélisation graphique des relations qu'entretiennent les notions constitutives d'un concept peut prendre de nombreuses formes :

- la carte de concepts est un outil dont l'élaboration doit suivre les règles suivantes : isoler et choisir les notions constitutives pertinentes, sous la forme de termes isolés ou de syntagmes terminologiques, les hiérarchiser par niveaux ordonnés, puis les relier entre eux par des ponts ou des liens homogènes, souvent figurés explicitement.

- la trame conceptuelle, proposée par l'INRP, dont on trouve une première définition formulée par Giordan *"Ces trames ont pour fonction d'analyser la matière enseignée en mettant en relations internes et externes chacun des concepts ; les relations internes sont celles qui lient les notions constitutives de concepts à elles-mêmes, les relations externes celles qui lient un concept à ceux qui lui sont limitrophes."*

Concrètement, elle consiste en un réseau d'énoncés complets qui décrivent les notions constitutives, c'est-à-dire formulés sous forme de phrases, chaque énoncé devant être lu de manière indépendante. Ces énoncés sont destinés à expliciter et développer les points des programmes exprimés par de simples mots ou expressions laconiques contenu dans les programmes officiels. Ils permettent pour l'enseignant une mise à distance avec les contenus scientifiques, en faisant le point sur les notions constitutives du concept, en distinguant l'essentiel de l'accessoire, et en mettant en évidence la diversité des cheminements possibles. Il s'agit d'énoncés opératoires, c'est-à-dire reliés à des problèmes scientifiques auxquels ils sont une réponse, et non d'énoncés "déclaratifs", à la façon des définitions de dictionnaires. La trame n'apparaît pas comme un système hiérarchisé, mais les énoncés peuvent être hiérarchisés entre eux, chacun en englobant d'autres plus élémentaires, et l'ensemble se présentant comme un réseau orienté. Les énoncés isolés dans des étiquettes sont reliés par des traits ou des flèches dont la nature n'est pas explicitée. On peut simplement indiquer que cette liaison indique une implication logique entre au moins deux énoncés-notions (implication pouvant traduire une hiérarchisation), et non leur succession chronologique dans une progression d'enseignement.

- le réseau conceptuel est une représentation beaucoup moins bien définie car elle ne semble pas avoir fait l'objet d'une formalisation théorique jusqu'alors. Aucune technique définie ne permet l'élaboration des réseaux.

Ces outils ont pour objet de visualiser les concepts, l'interactivité et la hiérarchie des notions constitutives. Ils assurent une fonction d'organisation spatiale des connaissances relatives à des concepts. Cependant, seules les trames conceptuelles apparaissent, à l'heure actuelle, les plus adaptées à servir l'enseignant, parce que (1) les énoncés des trames sont destinés à expliciter et développer le contenu de certains éléments des programmes officiels de l'enseignement scientifique, et (2) les caractéristiques des trames, et par conséquent les règles d'élaboration sont clairement définies.

La trame, de par son caractère théorique, est construite assez largement, et semble s'éloigner des pratiques pédagogiques. Pourtant, elle doit pouvoir être confrontée aux cheminements pédagogiques mis en œuvre par les enseignants. Aussi, est-il possible d'organiser des trames par niveaux de scolarité, qui utilisent (1) un niveau de formulation des notions adapté et (2) des liens logiques qui s'appuient sur la résolution de problèmes scientifiques spécifiques du niveau choisi. Le passage d'une trame générale, établissant des liens logiques entre les énoncés à la suite d'une analyse historique et épistémologique de la matière, aux trames beaucoup plus locales qui résultent de la résolution d'un problème en classe, n'est pas si simple ni surtout à sens unique. Néanmoins, posséder cet outil apparaît indispensable pour l'enseignant, car comme le dit Meirieu, cela exige *"qu'il explore dans tous les sens les connaissances qu'il doit faire acquérir, comprenne leurs genèses et leurs logiques, prospecte toutes les ressources qu'elles offrent et cherche, surtout, toutes les entrées, tous les cheminements qui permettent d'y parvenir. Cette tâche n'est pas simple car elle impose la mise à distance avec son propre itinéraire d'apprentissage, une interrogation permanente des savoirs..."*. Ainsi, une trame conceptuelle est un outil de clarification de la matière à enseigner.

Par ailleurs, lorsque les situations d'apprentissages sont conçues à partir des questions d'élèves, des situations-problèmes créées par l'enseignant, celui-ci peut prévoir quelles sont les notions susceptibles d'être atteintes. S'il dispose d'une trame conceptuelle, il pourra effectuer un repérage des itinéraires possibles et effectuer des choix en fonction de ses objectifs. La trame constitue dans ce cas un outil prévisionnel. A partir de la trame conceptuelle locale, il lui sera possible de prévoir de façon raisonnée une progression pédagogique. Cette progression pourra prendre la forme d'une trame prévisionnelle.

Au terme d'un ensemble d'activités de classe, l'enseignant peut construire en bilan, le réseau des apprentissages effectués ; il construira alors des trames-bilans de l'action pédagogique effectuée. La trame conceptuelle servira alors d'outil de référence pour concevoir ces moments de structuration, et d'outil de régulation lui permettant de réorienter les activités suivantes, d'explorer de nouveaux itinéraires, d'élargir le champ conceptuel.

Ainsi 'la logique des concepts' apparaissant dans les trames conceptuelles permet d'ajuster 'la logique pédagogique'.

## Concept de volcan

Un **volcan**, relief de forme conique, est un point à la surface du globe par où sort du magma lors d'une **éruption**.

Le **cône volcanique** se construit par accumulation successive des produits issus du volcan.

Les produits émis par un volcan lors d'une éruption sont des coulées de lave liquide, et des projections de roches solides, de lave liquide se solidifiant très rapidement (cendres, bombes), et de gaz (vapeur d'eau, dioxyde de carbone, gaz soufrés).

Il existe deux grands types de volcan :  
- les volcans rouges, à **éruptions effusives** calmes (nombreuses coulées de lave), relativement peu dangereuses ;  
- les volcans gris, à **éruptions explosives** violentes (nuées ardentes, cendres), relativement dangereuses pour les populations par leur soudaineté et leur rapidité.

La **lave** est du magma qui arrivant à la surface du globe, perd une partie ou la totalité de ses gaz.

Les **éruptions volcaniques** sont, avec les séismes, des événements remarquables, parfois catastrophiques, témoignant d'une activité intense de la planète Terre.

Les **roches volcaniques** se forment par un refroidissement très rapide de la lave.

Le **magma** est un matériau à l'état liquide très chaud (1000 °C à 1500 °C) provenant des profondeurs de la terre (fusion de matériaux du manteau).

Le magma contient des **gaz dissous** qui, lors du refroidissement rapide, peuvent se trouver prisonniers dans des bulles, conservées ainsi dans de nombreuses roches volcaniques.

Les magmas se forment par fusion partielle du manteau en différents points, et à différentes profondeurs du globe.

La pression des gaz dissous dans le magma est le moteur des éruptions volcaniques.

La composition chimique, la teneur en gaz et la température du magma font varier les propriétés physico-chimiques du magma (pression, viscosité), et donc les caractéristiques de l'éruption (effusive ou explosive).

Une éruption volcanique est précédée par l'ascension à travers des fissures, de magma provenant d'un **réservoir, ou chambre magmatique** relativement superficiel (quelques km de profondeur).

L'ascension du magma depuis la chambre vers la surface s'accompagne, sous l'effet de la poussée du magma, de **séismes** locaux dus à la fracturation des roches et d'un bombement de l'édifice volcanique, signes annonciateurs d'une éruption imminente.

Le magma qui alimente la **chambre magmatique** provient de régions plus profondes de la croûte ou du manteau.

Lorsque le magma se rapproche de la surface, la chute de pression qui suit entraîne la formation de bulles de gaz et leur échappement vers le haut, entraînant le magma et provoquant l'éruption, comme dans une bouteille de Champagne.

Une éruption volcanique correspond à la vidange du réservoir magmatique ; l'éruption s'arrête lorsque la pression des gaz ne permet plus la remontée du magma, provoquant l'obturation des fissures par refroidissement des matériaux.

Le volcanisme est lié à la **dynamique du globe terrestre**.

Le **volcanisme sous-marin** est plus important que le volcanisme aérien : son activité est visible sous la forme d'épanchements en forme de coussins au niveau des **rifts des dorsales médio-océaniques** qui courent au fond de l'ensemble des océans du globe.

Le **volcanisme aérien** compte des édifices volcaniques imposants, et se répartit sur la ceinture de feu du Pacifique + les îles de la Sonde et des Antilles, et l'Italie (volcans gris explosifs), selon quelques alignements de volcans au coeur des océans Atlantique, Pacifique, et Indien (volcans rouges effusifs), et d'autres isolées dans l'Est africain (rift naissant), et en Islande (émergence du rift médio-Atlantique).

La lithosphère (couche externe du globe, rigide) est découpée en **plaques** qui se déplacent les unes par rapport aux autres.

Le déplacement des plaques lithosphériques provoque des séismes et des éruptions volcaniques, souvent dans les mêmes régions.

Les remontées de magma se situent à la frontière entre deux plaques lithosphériques qui se rapprochent (**subduction** engendrant des chaînes de montagne ou des arcs insulaires au **volcanisme explosif**), ou qui s'écartent (rifts médio-océaniques, fossés d'effondrement), ou au niveau d'un **point chaud** sous une lithosphère océanique qui génère un **volcanisme effusif**.

L'émission de lave au niveau du rift est responsable de l'**expansion du plancher océanique**.

L'alternance de phases actives, les éruptions, et de phases de sommeil témoigne de l'**activité discontinue** du volcan.

La chaleur interne du globe terrestre, moteur de sa dynamique, produit des **mouvements de convection** des matériaux du manteau qui génèrent les déplacements des plaques lithosphériques.

Les mouvements de convection dans le manteau, par l'**ascension de matériaux chauds** engendrent une remontée du manteau et une émission de magma **au niveau des rifts**, et par la **plongée de plaques lithosphériques océaniques froides (subduction)** sous d'autres plaques sont à l'origine d'un magma de composition particulière riche en vapeur d'eau (fusion partielle du manteau et de matériaux de la plaque océanique riches en eau), spécifique des éruptions explosives.

La roche volcanique type est le **basalte**. Mais il existe différentes roches volcaniques, résultant de la nature chimique du magma.

La Terre est principalement solide, en particulier dans le manteau : l'augmentation de la température qui tendrait à faire fondre les matériaux, ne prévaut pas sur l'augmentation de la pression qui conserve les matériaux à l'état solide.

## Concept de séisme

La pression augmentant avec la profondeur et les matériaux terrestres étant compressibles, leur densité augmente avec la profondeur.

La vitesse d'une onde augmente avec la densité.

La vitesse d'une onde est plus élevée en milieu rigide qu'en milieu fluide, ductile.

La vitesse des ondes sismiques augmente de manière continue sur de larges intervalles de profondeur mais présente par ailleurs des variations brusques, révélatrices de discontinuités majeures au sein du globe.

Les ondes sismiques L progressent à la surface du globe.

Les ondes sismiques P et S se propagent à l'intérieur du globe.

Les ondes sismiques P, premières à être enregistrées, sont des ondes longitudinales ou de compression. Les ondes sismiques S, secondes à être enregistrées, sont des ondes transversales ou de cisaillement.

Les ondes libérées lors d'un séisme (ondes sismiques), se propagent de manière concentrique selon une 'onde de choc' sphérique de diamètre plus en plus grand.

Le tracé d'un séisme enregistré par un sismographe, ou sismogramme, révèle trois groupes principaux d'ondes sismiques : les ondes premières P, secondes S, et de Love et Raleigh L.

Prévision : les sismologues connaissent les zones à haut risque sismique, mais sont incapables de prévoir quand aura lieu une catastrophe sismique.

L'épicentre est le point de la surface du globe à la verticale du foyer.

Toutes les ondes sismiques partent du foyer du séisme au même instant.

Les ondes de cisaillement ne traversent pas les matériaux liquides.

Les séismes et les éruptions volcaniques sont les manifestations perceptibles de l'activité du globe terrestre.

Outre les séismes dus aux tensions exercées sur les roches du sous-sol, la Terre peut également trembler lorsque l'homme fait exploser des charges dans le sous-sol, lorsque des roches s'effondrent, lors de l'impact d'une grosse météorite, ou dans un volcan lors de la montée du magma.

La sismologie est la science des tremblements de terre ; les géologues qui étudient les séismes sont des sismologues.

Un séisme est un mouvement bref du 'sol' dû à l'arrivée d'ondes transmises dans le globe à partir d'un point appelé foyer (hypocentre, source).

Les sismologues étudient les séismes à l'aide d'appareils très sensibles (sismographes) qui enregistrent de façon continue tous les ébranlements du sous-sol.

Prévention : pour protéger les populations contre les conséquences d'un séisme, on peut construire des bâtiments capables de résister aux secousses et aux déformations ; les personnes vivant dans les zones à risque doivent suivre des règles de sécurité.

Sur le million de séismes enregistrés par an, quelques-uns seulement sont violents et ont des conséquences dramatiques.

La chaleur interne du globe terrestre, moteur de sa dynamique, produit des mouvements de convection des matériaux du manteau qui génèrent les déplacements des plaques lithosphériques.

Le foyer d'un séisme est le point de rupture des roches.

Le tracé d'un séisme enregistré par un sismographe, ou sismogramme, donne des indications sur la puissance d'un séisme et permet de situer son épiceintre.

La répartition des séismes n'est pas due au hasard : les régions montagneuses, la Ceinture de Feu du Pacifique et les dorsales médio-océaniques sont les principales régions sismiques du globe ; elles bordent des régions exemptes de séismes.

L'intensité d'un séisme sur l'échelle de Richter (ou magnitude) traduit sa puissance, c'est-à-dire l'énergie libérée par le séisme ; son intensité sur l'échelle de Mercalli traduit sa violence, c'est-à-dire les effets plus ou moins destructeurs d'un séisme.

La violence d'un séisme diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'épicentre car l'amplitude d'une onde sismique s'atténue avec la distance.

La puissance libérée au foyer du séisme se répartit à la surface de la sphère représentant l'onde de choc du séisme, sphère dont le volume et donc la surface augmente au fur et à mesure de la propagation de l'onde de choc ; la puissance par unité de surface diminue au cours de la propagation de l'onde, donc l'amplitude d'une onde sismique s'atténue avec la distance.

Les tensions qui affectent les roches du sous-sol sont dues au rapprochement, à l'éloignement ou au coulisement de deux plaques tectoniques.

L'existence des séismes révèle que les plaques tectoniques sont rigides.

Un sismographe est si sensible qu'il est capable d'enregistrer les ondes sismiques d'un séisme dont l'épicentre se situe à des milliers de km.

Il se produit dans la partie externe de la Terre des mouvements provoquant des déformations (failles, plis) et engendrant des séismes.

Un séisme est le résultat de tensions (compression, extension) qui affectent les roches du sous-sol en les déformant, indice d'une accumulation d'énergie ; la déformation atteint un seuil au-delà de laquelle les roches rompent brutalement, ce qui libère l'énergie accumulée qui se répartit alors à la surface d'une 'onde de choc' sphérique de diamètre de plus en plus grand.

Tout comme un matériau rigide se casse préférentiellement en un endroit fragile, les séismes se situent dans des régions présentant de nombreuses failles.

Le foyer d'un séisme se situe entre 1 et 700 km de profondeur, les plus fréquents étant superficiels, jusqu'à 60 km de profondeur.

Le déplacement des plaques tectoniques est dû aux mouvements de convection existant dans le manteau solide et plastique.

La Terre est principalement solide, en particulier dans le manteau : l'augmentation de la température qui tendrait à faire fondre les matériaux, ne prévaut pas sur l'augmentation de la pression qui conserve les matériaux à l'état solide.

La partie superficielle solide et rigide du globe (croûte et manteau externe) est découpée en plaques tectoniques, et est limitée à sa base par une zone où la matière est solide et plastique.

La Terre est une sphère hétérogène formée de plusieurs couches (la croûte ou écorce, le manteau, et le noyau) séparées par des discontinuités.

L'enregistrement d'ondes sismiques d'un séisme dont l'épicentre se situe à des milliers de km suggère que la Terre est principalement solide.

## Concept de cycle de l'eau

L'eau des nuages donne des **précipitations** : pluie, neige ou grêle.

La région où les précipitations ont lieu diffère de l'endroit où l'évaporation s'est déroulée.

Une partie de l'eau des précipitations **ruisselle** sur les surfaces imperméables.

L'eau de ruissellement finit par être canalisée, **s'écoulant** sous forme de torrents, rivières et fleuves.

L'eau s'écoule vers des **lieux de stockage** : des étangs, des lacs, et en fin de course des mers et des océans.

Une partie de l'eau des précipitations **s'infiltré** dans les sols et sous-sols poreux et perméables.

L'eau du sous-sol constitue l'eau souterraine, formant essentiellement des **nappes phréatiques**.

Une partie de l'eau d'évaporation du sol peut donner naissance à de la rosée, du givre.

Les plantes absorbent l'eau et les sels minéraux par les racines.

L'eau de ruissellement **érode** les surfaces rocheuses et les sols, entraînant les débris minéraux (attaque physique) et les matériaux dissous (dégradation chimique) vers le bas des pentes.

Dans l'atmosphère, la vapeur d'eau se **condense** en fines gouttelettes d'eau pour former des nuages ou du brouillard.

L'eau retenue par le sol alimente les plantes.

Le vent pousse la vapeur d'eau et les nuages.

En s'infiltrant dans le sol et le sous-sol, l'eau **dissout** des sels minéraux.

La transpiration foliaire entraîne une succion de l'eau vers le haut de la plante donc la circulation de l'eau (la sève) par des **vaisseaux**. dans la plante, et en conséquence son absorption par les racines.

Une partie de l'eau du sol remonte en surface par capillarité et s'évapore.

L'eau liquide **s'évapore** à la surface des étendues d'eau.

Les plantes utilisent l'eau pour fabriquer de la matière, transporter des substances, et maintenir un port dressé.

L'**atmosphère**, enveloppe gazeuse entourant le globe terrestre, contient plus ou moins de vapeur d'eau selon le climat, la saison, les conditions locales.

L'eau d'écoulement **transporte** les débris minéraux vers l'aval des cours d'eau.

L'eau à la surface du globe est essentiellement liquide et salée (océans, 97,4%). L'eau douce restante est principalement solide (inlandsis et glaciers, 77,0%), ou liquide et souterraine (22,3%), les rivières et lacs ne représentant que 0,7%, et la vapeur d'eau atmosphérique une quantité infime.

L'eau liquide s'évapore davantage dans les pays chauds que dans les pays froids.

L'eau sort par les stomates des feuilles sous forme de vapeur : c'est la **transpiration foliaire** ou **l'évapotranspiration**.

La **sédimentation** est une accumulation de sédiments, par la chute de particules solides sous l'effet de leur propre poids.

Les débris minéraux transportés **sédimentent** dans des eaux calmes, c'est-à-dire où la capacité de transport faiblit (ex : rive convexe de méandre, plage), notamment des lieux de stockage (lacs, océans).

Lorsque la température est inférieure à 0°C dans les nuages, la **solidification** des fines gouttelettes d'eau donne des cristaux de neige ou des grêlons.

Dans les régions froides (montagnes, zones polaires), les précipitations neigeuses prédominent ; elles peuvent s'accumuler et former de la glace (glacier, inlandsis).

Un réchauffement entraîne la fonte de la neige ou de la glace, qui se transforme en eau liquide (**fusion**).

On trouve l'eau sous **trois états** dans la nature : solide (neige, glace), liquide, et gaz (vapeur d'eau).

L'eau à la surface du globe est essentiellement liquide et salée (mers et océans).

Le cycle de l'eau nécessite des transformations physiques de l'eau (évaporation/condensation, fusion/solidification).

Les volcans rejettent de la vapeur d'eau dans l'atmosphère.

Une **roche sédimentaire** se forme lorsque les sédiments sont compactés sous l'effet de leur poids, ce qui entraîne une perte d'eau, une cimentation et une cristallisation possible des sédiments.

La quantité d'eau rejetée par une plante ou qui s'évapore du sol ou d'une étendue d'eau augmente avec une augmentation de la surface (foliaire, de l'étendue d'eau,...), de l'agitation de l'air, et/ou de la température.

## Concept de Fossile

Le fossile est la trace ou le reste d'un organisme (animal ou végétal) conservé dans une roche.

Le fossile peut être une partie dure (rarement molle) conservée avec ou sans modification chimique. Le plus souvent, ce n'est qu'un moulage externe ou interne.

Le fossile fait partie du faciès de la roche qui le contient.

Associé à d'autres, le fossile permet de reconstituer le paléomilieu dans lequel il vivait.

Les fossiles sont des témoins de l'évolution des êtres vivants (ex : fossiles appartenant à un même groupe d'êtres vivants mais à des époques différentes).

L'établissement de la chronologie relative des terrains et la reconstitution des paléogéographies successives permet de connaître l'histoire sédimentaire de la Terre.

Les fossiles se rencontrent essentiellement dans les sédiments qui se sont déposés dans l'eau.

Le fossile est composé de matière minérale (et plus rarement organique).

Le fossile peut se transformer avec la roche par métamorphisme.

Le fossile peut apparaître à l'occasion d'un forage ou d'une mise en affleurement par suite de mouvements du sous-sol ou de l'érosion des couches sus-jacentes.

Le faciès d'une roche est à la fois le résultat de l'origine et des transformations qu'elle a subies.

L'étude des associations de fossiles contenus dans les roches constitue la paléontologie.

Une roche sédimentaire provient d'un dépôt de constituants chimiques, et/ou détritiques dans un fluide (air ou eau).

Associée à la stratigraphie (étude des strates sédimentaires), la paléontologie permet de savoir quelles sont les strates les plus anciennes et quelles sont les plus récentes (chronologie relative).

Pour se fossiliser, un organisme doit être enfoui très rapidement dans un sédiment (vase ou sable) qui le protège de la destruction.

Les fossiles les plus anciens que l'on connaisse remontent à plus de 3 500 millions d'années.

Un fossile marin sur la terre ferme signifie que la roche dans laquelle on le trouve s'est formée par dépôt dans la mer.

A partir des fossiles, les paléontologues peuvent reconstituer la silhouette des animaux et parfois leur mode de vie.

Le fossile peut être détruit avec la roche par l'érosion.

**NIVEAUX DE FORMULATION POUR L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE** (repris de «**Contribution à la définition de modèles didactiques pour une approche de la géologie à l'école élémentaire et dans la formation des maitres.**» 2ème éd. C.R.D.P. de Poitou-Charente.)

Pour chacun des concepts organisateurs, les formulations des notions proposées sont classées en trois niveaux de complexité croissante, et tiennent compte :

1. Des formulations des enfants épurées de ce qu'elles peuvent contenir d'ambigu, d'anthropomorphique ou de référence au vivant.
2. Des contenus de la science géologique formée.

	<b>VOLCAN</b>	<b>MONTAGNE</b>	<b>TERRE</b>
<p><b>Niveau 1</b> La notion est appréhendée dans son apparence la plus superficielle : * pour les phénomènes, un seul facteur est envisagé, l'eau le plus souvent ; * les facteurs temps et énergie ne sont jamais évoqués.</p>	<p>Il existe des volcans à certains endroits de la Terre. Ils manifestent une activité de la Terre. Ils rejettent de la lave. Les volcans forment des reliefs "en bosse" de forme variable différent d'une montagne.</p>	<p>Les montagnes sont formées de roches et sont très hautes.</p>	<p>C'est une boule dans l'univers.</p>
<p><b>Niveau 2</b> Plusieurs facteurs et éléments intervenant sur un phénomène ou entrant dans la composition d'un objet sont pris en compte. On voit apparaître les notions intuitives d'énergie et de temps.</p>	<p>L'éruption produit des laves, des gaz et s'accompagne éventuellement de projections et de produits solides (cendres, bombes, etc.). La lave en se refroidissant donne naissance à des roches. La coulée se refroidit plus vite en surface.</p>	<p>Avant la montagne, il y avait la mer. Petit à petit, la mer a été chassée et les montagnes se sont élevées. Les montagnes s'usent sous l'action de l'eau et du gel (érosion) et finissent par disparaître en surface.</p>	<p>C'est une planète du système solaire constituée de matériel rocheux, entourée d'une atmosphère.</p>
<p><b>Niveau 3</b> L'ensemble des facteurs ou éléments est envisagé et "nommé". Le temps est exprimé en durée. Les phénomènes chimiques commencent à être évoqués.</p>	<p>Dans le volcan, les coulées se superposent. Il se passe parfois beaucoup de temps entre la mise en place de deux coulées, la première subissant une altération avant d'être recouverte par la suivante. Les volcans sont situés principalement dans les zones d'écartement ou de rapprochement des plaques qui sont aussi des zones de tremblements de terre. Les volcans contribuent à la formation de la croûte terrestre.</p>	<p>Il faut plusieurs millions d'années pour qu'une montagne se forme grâce à des poussées dans une zone où deux plaques se rapprochent. Cela s'accompagne de tremblements de terre.</p>	<p>L'écorce terrestre dont la partie supérieure rigide forme les plaques, se casse (tremblements de terre, volcans). Sous cette écorce se trouvent d'autres matériaux. Plus on pénètre à l'intérieur de la terre, plus la température augmente, plus les matériaux sont lourds (denses).</p>

## NIVEAUX DE FORMULATION POUR L'ECOLE ELEMENTAIRE

	ROCHE	PROPRIETES DES ROCHES	AFFLEUREMENT	FOSSILE
<p><b>Niveau 1</b> La notion est appréhendée dans son apparence la plus superficielle : * pour les phénomènes, un seul facteur est envisagé, l'eau le plus souvent ; * les facteurs temps et énergie ne sont ja mais évoqués.</p>	<p>C'est un caillou, une pierre, un rocher.</p>	<p>Les roches n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques.</p>	<p>On ne peut voir des roches en place qu'en certains endroits : les affleurements.</p>	<p>C'est une empreinte sur une roche.</p>
<p><b>Niveau 2</b> Plusieurs facteurs et éléments intervenant sur un phénomène ou entrant dans la composition d'un objet sont pris en compte. On voit apparaître les notions intuitives d'énergie et de temps.</p>	<p>Les roches constituent les paysages dont elles forment le sous-sol et les plantes poussent dans le sol qui les recouvre. Dans la nature, des roches différentes forment des paysages différents. En observant les roches, on remarque qu'elles ne sont pas toutes pareilles. Certaines contiennent des fossiles, des minéraux visibles. Elles peuvent montrer des modifications de leur surface (altération). Les hommes utilisent les roches et modifient les paysages.</p>	<p>On peut dégager un certain nombre de propriétés qui permettent de les comparer.</p>	<p>En ces endroits elles ont été dégagées naturellement (érosion) ou artificiellement (extraction).</p>	<p>C'est une trace ou un reste d'être vivant (animal ou végétal) dans une roche. Il a fallu que les organismes soient recouverts et emprisonnés rapidement par des sédiments en train de se déposer, évitant ainsi leur décomposition, et que ceux-ci durcissent pour former la roche qui contient les fossiles.</p>
<p><b>Niveau 3</b> L'ensemble des facteurs ou éléments est envisagé et "nommé". Le temps est exprimé en durée. Les phénomènes chimiques commencent à être évoqués.</p>	<p>Les roches sont les constituants de l'écorce terrestre. Elles sont formées de minéraux cristallisés ou non. Elles ont des propriétés différentes. Elles affleurent à la surface de la terre ; on les voit bien dans les montagnes où elles apparaissent soulevées et parfois plissées. Elles se prolongent partout en profondeur, sous les montagnes, sous les plaines, sous les océans. Au cours des temps géologiques, les unes se forment à la surface de la terre, par dépôt, les autres, en profondeur, certaines par fusion ou d'autres par l'apparition de nouveaux cristaux. Les roches ne sont pas immuables. Elles subissent toutes des transformations au cours des temps géologiques.</p>	<p>Les diverses propriétés des roches s'expliquent par leur composition chimique et leur histoire. Ces propriétés conditionnent leur mode d'altération et leur utilisation par l'Homme.</p>	<p>Un affleurement ne constitue qu'une partie d'un ensemble caché : le sous-sol.</p>	<p>La fossilisation nécessite un temps très long (à l'échelle des temps géologiques). Les fossiles que l'on trouve aujourd'hui sont des témoins de la vie du passé. Ils permettent de reconnaître une couche récente par rapport à une couche plus ancienne et d'envisager l'histoire des êtres qui vivaient dans les temps géologiques (évolution).</p>

## NIVEAUX DE FORMULATION POUR L'ECOLE ELEMENTAIRE

	ALTERATION	EROSION	TRANSPORT	SEDIMENTATION
<p><b>Niveau 1</b> La notion est appréhendée dans son apparence la plus superficielle : * pour les phénomènes, un seul facteur est envisagé, l'eau le plus souvent ; * les facteurs temps et énergie ne sont jamais évoqués.</p>	<p>Une roche mise à nu s'altère (en surface ou dans les fissures) ; elle peut changer d'aspect (couleur, compacité...).</p>	<p>L'eau use et creuse les roches et les montagnes.</p>	<p>L'eau entraîne les galets. Le vent soulève le sable. Le glacier transporte des pierres.</p>	<p>Les matériaux se déposent et s'entassent.</p>
<p><b>Niveau 2</b> Plusieurs facteurs et éléments intervenant sur un phénomène ou entrant dans la composition d'un objet sont pris en compte. On voit apparaître les notions intuitives d'énergie et de temps.</p>	<p>Les altérations s'effectuent sous l'action de facteurs externes (eau, température...). Elles aboutissent à des changements de propriétés.</p>	<p>Au cours des temps, sous l'action de l'eau, du vent, du gel, les montagnes s'usent et s'éboulent. Quand un paysage est formé de plusieurs roches, celles qui sont les plus dures restent en relief.</p>	<p>Il faut beaucoup d'eau et de courant pour emporter les pierres et les rouler. Les grosses pierres sont emportées moins loin que les petites.</p>	<p>Pierres, sables et particules boueuses s'empilent et forment des couches petit à petit. Ils peuvent ensevelir des restes d'êtres vivants qui deviennent des fossiles.</p>
<p><b>Niveau 3</b> L'ensemble des facteurs ou éléments est envisagé et "nommé". Le temps est exprimé en durée. Les phénomènes chimiques commencent à être évoqués.</p>	<p>L'altération est une dégradation chimique des roches, qui s'effectue sous l'influence du couvert végétal. Elle est facilitée par l'état de fracturation de la roche. En surface elle participe à la formation du sol.</p>	<p>Au cours des millions d'années, les éléments naturels et la végétation fragmentent, désagrègent, dissolvent les roches fissurées. Les éléments minéraux se mêlent aux débris organiques pour former le sol. Le sol recouvre les roches proprement dites : le sous-sol. Les éléments solubles résultant de l'altération des roches sont emportés par l'eau. Si le sol est détruit, les fragments de roches sont aussi emportés. L'érosion s'attaque ainsi à tous les reliefs et tend à les aplanir.</p>	<p>L'eau et le vent peuvent déplacer très loin de leur lieu d'origine des matériaux très fins.</p>	<p>Au cours des millions d'années, les sédiments s'accumulent dans des bassins. Les plus anciens sédiments se trouvent au niveau inférieur. L'étude de la succession des couches de sédiments permet de retrouver les conditions géographiques de leurs dépôts. Il devient donc possible de reconstituer les paysages qui se sont succédés en ce lieu.</p>

*Antenne IUFM de PAU  
Département des Sciences de la Vie et de la Terre*

*mars 2003*