

Thème 1 : Une longue histoire de la matière

Classe : Première ES

Durée conseillée : 2 semaines

Nombre d'activités : 2

En rouge : Bilans à faire noter aux élèves

En bleu : Activités pratiques

En vert : Problématique et hypothèses



Chapitre 2 Les cristaux, des édifices ordonnés

Intro :

Les êtres vivants sont principalement composés de **matière organique** (glucides, lipides, protéines ...). Néanmoins, ils comprennent également de la **matière minérale** (calcium, magnésium...). Par exemple, un humain adulte comprend de l'ordre de 3 à 5 kg de matière minérale sous la forme d'os et dents. D'autre part, la matière minérale constitue la planète Terre et les roches. La formation des cristaux des roches dépend du type de roche (magmatique, sédimentaire...) mais aussi des conditions de formation (température).

Problématique : Comment les cristaux se forment-ils et interagissent-ils avec les êtres vivants ?

Plan :

- 1- Les cristaux au sein des êtres vivants
- 2- Les cristaux au sein des roches

I. Les cristaux des êtres vivants

Activité 4 - Les cristaux des êtres vivants

- Identifier les formes et molécules chimiques des cristaux
- Comprendre le lien entre structure du cristal et son rôle

1- Les coquilles et tests, des formes de protection

Les êtres vivants possèdent des cristaux qui ont diverses propriétés mécaniques. Ils sont souvent associés à des propriétés mécaniques telles qu'à la protection ou la résistance à la pression.

C'est le cas de la coquille d'êtres vivants marins (bivalves) et aussi des tests (coquilles d'êtres vivants microscopiques comme les foraminifères). La plupart des coquilles sont composées de calcite (CaCO_3). Elle s'organise en réseau cristallin ce qui permet la solidité. De plus, l'intérieur des coquilles est généralement formé de nacre : c'est une forme de calcite (aragonite) dans laquelle s'intègre de la matière organique (5%), ce qui rend le minéral très lisse afin de protéger le corps des mollusques.

Certains tests sont faits à partir de silice (Si_2O_2). C'est un cristal très solide et très stable. Il se dégrade beaucoup moins que la calcite (soluble dans l'eau acide). Ceci permet aux êtres vivants siliceux de vivre à plus de 2500 m au fond des océans.

Dans le cas de la coquille d'œuf, la calcite est construite sous la forme de cônes, résistants à la pression et qui ménagent des espaces laissant passer l'air.

2- Les squelettes assurent le soutien et la locomotion

Les Vertébrés possèdent un squelette interne (endosquelette) qui est formé d'os réunis par des articulations. L'os est constitué de cristaux d'hydroxyapatite de calcium ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). Ces cristaux, à section hexagonale, sont mélangés à des fibres de collagène, ce qui permet d'obtenir une structure rigide mais tolérant des pressions ou légères torsions. Ceci est dû à la fois à la forme du cristal (isodiamétrique) et aux stries formées au sein de l'os.

Le squelette assure donc le soutien et la locomotion (action des muscles).

3- Les cristaux de défense et de protection

D'autre part, de nombreux êtres vivants possèdent des cristaux permettant la défense. De nombreuses plantes comme la misère, la rhubarbe, l'épinard produisent des cristaux d'oxalo-acétate de calcium. Ces cristaux forment des baguettes très fines et urticantes (les raphides). Ces cristaux protègent les plantes contre les prédateurs (limace par ex). L'humain est peu sensible à ces cristaux, même s'il perçoit le caractère « rugueux » mais ils peuvent se retrouver sous forme de calculs rénaux dans les reins.

Certaines plantes utilisent la silice pour se protéger. C'est le cas de l'ortie qui possède des « poils » urticants qui sont composés d'une cellule allongée contenant un aiguillon (dard) en silice (qui comprend également de l'histamine et l'acide formique).

Enfin, certains cristaux permettent de moduler la couleur des êtres vivants (mimétisme). C'est le cas des cristaux de guanine des caméléons.

CONCLUSION :

La forme des cristaux et leur mélange avec des composés organiques (collagène de l'os) leur confère diverses propriétés : solidité, résistance à la pression, résistance à la dissolution, caractère lisse ou transparence ...

II. Les cristaux au sein des roches

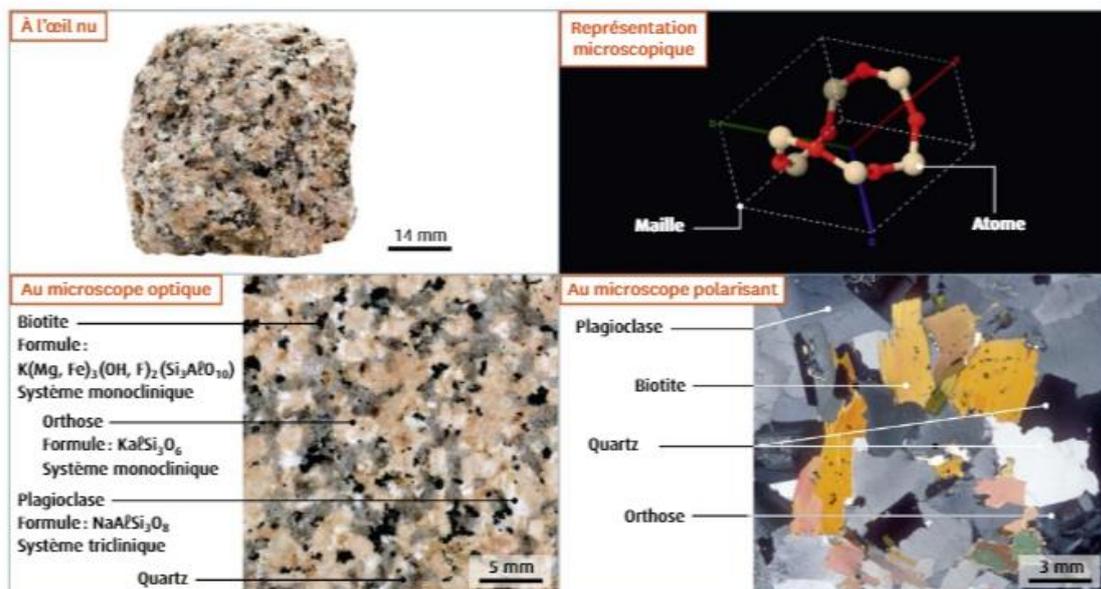
Activité 5 - Les cristaux des roches

- Identifier les minéraux au sein d'une roche
- Reconnaître des minéraux cristallisés et des minéraux amorphes
- Identifier une roche volcanique par rapport à une roche plutonique

1- Les roches, les minéraux et les cristaux (p37)

Une roche est formée de l'association d'un ou plusieurs minéraux. Par exemple, le granite est composé de 3 minéraux principaux : le quartz, le feldspath et le mica noir (biotite). Chaque minéral est défini par sa nature chimique (molécule) et peut exister sous différentes structures :

- structure cristalline ordonnée, comme le cristal de quartz (formé de silice Si_4O_8)
- structure amorphe sans ordre géométrique visible (pas de cristaux) comme le verre volcanique qui est également composé de silice.



DOC 3 Le granite observé à plusieurs échelles. Le granite est une roche qui forme l'essentiel de la croûte continentale de la Terre. Elle est constituée de plusieurs minéraux, dont de silice sous la forme de quartz.

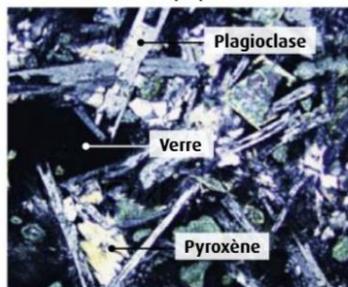
Le basalte résulte du refroidissement rapide d'un magma parvenu en surface : on parle alors de lave. Lorsque la lave s'épanche dans l'eau, les coulées prennent une forme en coussins qu'on appelle *pillow lavas*, dont la périphérie refroidit beaucoup plus rapidement que le cœur. Ces

structures contiennent du verre volcanique, composé des minéraux n'ayant pas eu le temps de cristalliser. Le verre est un solide amorphe, dans lequel les constituants sont assemblés sans ordre géométrique, et il apparaît donc en noir lorsqu'il est passé sous une lumière polarisée.

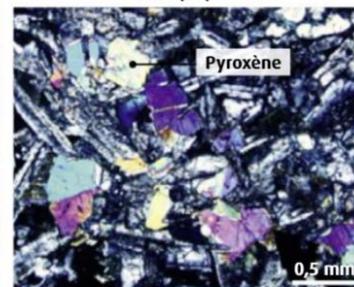
Un *pillow lava* sur le plancher océanique.



Périphérie du *pillow lava* au microscope polarisant.



Cœur du *pillow lava* au microscope polarisant.



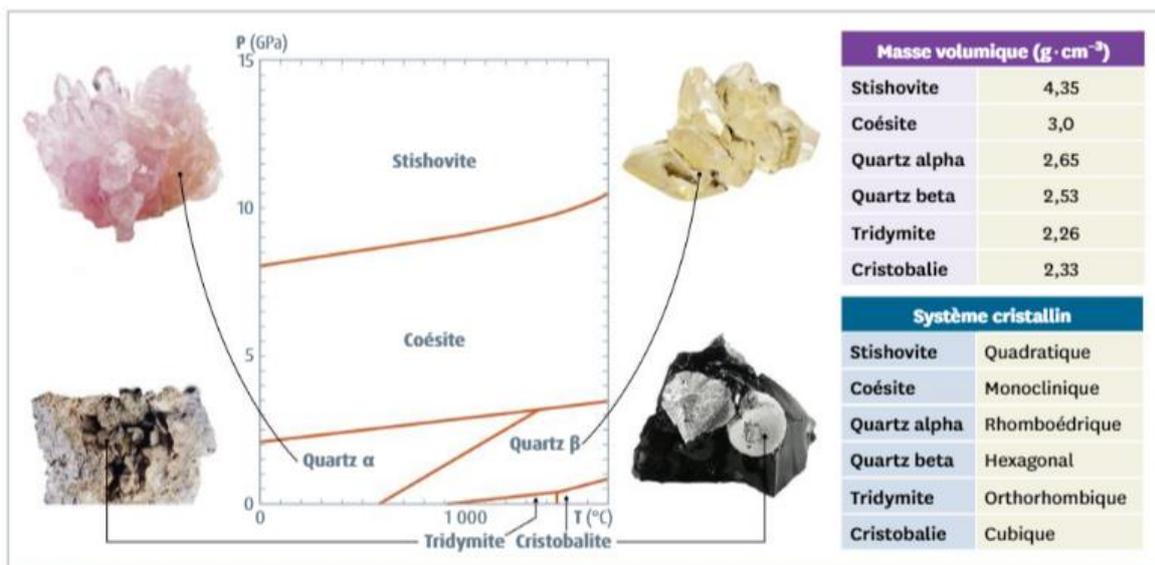
DOC 4 Composition des *pillow lavas*.

Documents p37 (BELIN)

2- Les conditions de formation des cristaux (p36)

Deux paramètres principaux modulent la formation des cristaux dans les roches magmatiques :

- la **pression** : plus la pression est forte, plus la maille cristalline est serrée et plus la densité augmente. Par exemple, du quartz (silice) a une densité de 2,65 alors que la coésite (silice également mais à plus forte pression) a une densité de 3.
- la **température** : plus la température est faible, plus le refroidissement est rapide et plus les cristaux seront petits. A l'inverse, plus la température est élevée, plus le refroidissement est lent et plus les cristaux seront grands. La cristallisation de la vanilline observée au microscope montre ce phénomène de façon comparable aux roches : c'est une modélisation.



DOC1 Les différentes formes cristallines de la silice. La silice, de formule chimique SiO_2 , est un minéral qui cristallise sous différentes formes selon les conditions de pression et de température. Des études expérimentales menées en laboratoire ont permis de connaître ces conditions.

Document 4p36 (BELIN)

Température T de refroidissement	Observation en lame mince
$T = 60\text{ °C}$	
$T = 30\text{ °C}$	
$T = 5\text{ °C}$	
$T = 0\text{ °C}$	Non observable au microscope (amas blanchâtre, opaque)

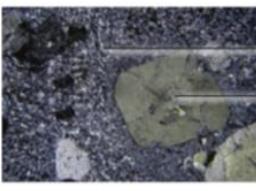
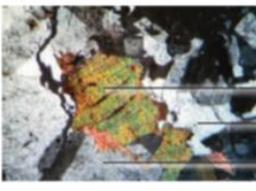
Document 2p41 (BORDAS)

3- Les différents types de roches magmatiques

Les roches magmatiques sont issues d'un magma : c'est de la roche fondue (en fusion). Le magma se forme en profondeur (100 km env.) et remonte vers la surface. Lorsque le magma refroidit suffisamment, les cristaux et les roches magmatiques se forment. Selon les conditions de refroidissement du magma, on pourra obtenir différents types de roches :

- Des roches magmatiques plutoniques : elles sont produites en profondeur par un refroidissement lent, ce qui forme de gros cristaux (structure grenue). Par exemple, le granite ou le gabbro.
- Des roches magmatiques volcaniques : elles sont produites en surface par un refroidissement rapide, ce qui forme des cristaux de petite taille (structure microlithique). De plus, une partie de la roche ne cristallise pas et reste amorphe : c'est de la pâte ou du verre. Par exemple : la rhyolite ou le basalte.

Remarque : Dans certains cas, on obtient même des roches magmatiques volcaniques entièrement formée de matrice amorphe : on obtient alors une structure vitreuse (verre). Par exemple, l'obsidienne.

	Observation à l'œil nu	Observation au microscope optique polarisant (x 40)
Obsidienne (structure vitreuse) roches volcaniques		 <p>refroidissement très rapide, aucun minéral n'a le temps de cristalliser → VERRE</p> <p>Verre</p> <p>Inclusion</p>
Rhyolite (structure microlithique)		 <p>Verre + feldspaths</p> <p>Quartz</p> <p>refroidissement rapide, minéraux incomplètement cristallisés → VERRE et cristaux de petite taille</p>
Granite (structure grenue) roche plutonique		 <p>refroidissement lent, minéraux complètement cristallisés → gros cristaux tous jointifs</p> <p>Biotite</p> <p>Quartz</p> <p>Feldspath</p>

Conclusion :

Les roches contiennent des minéraux caractéristiques selon leur nature chimique (composition, formule chimique). Les roches magmatiques possèdent des cristaux dont la structure et la taille nous renseignent sur les conditions dans lesquelles elles se sont formées : en profondeur (roche plutonique), en surface (roche volcanique).