

Recherches sur la matière terrestre

dans le cadre du projet de diplôme *Corpora saltantia*

Emily Nirlo

Mastere spécialisé Création et technologie contemporaine

ENSCI - Les Ateliers, 2022

_Recherches sur le minéral et le vivant

**_Réalisation d'un schéma de la formation
du vivant sur Terre**

_Expérimentations de matières (extrait)

**_Réalisation d'une cartographie de matières
issue des expérimentations menées**

_Recherches sur le minéral et le vivant

Je questionne notre rapport au monde géologique tridimensionnel, infini, qui nous entoure, et me plonge dans ces nouveaux champs de recherche, que j'aborde sans bagage scientifique.

Ces recherches sont issues d'investigations dans différents corpus scientifiques, d'entretiens avec Deschmuck Gopaul, cristallographe à l'institut Pasteur, et Thomas Heams, auteur de Infravies., et d'échanges lors d'une table ronde éditoriale de la revue Techniques et cultures autour d'un numéro consacré au lithique

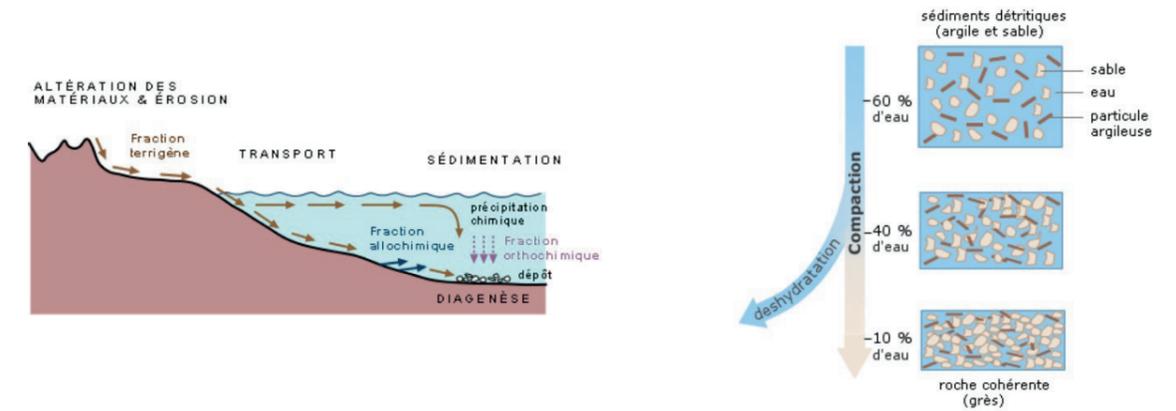
Formations rocheuses

Je m'intéresse à la constitution de la matière, à la mécanique des roches et à la géomorphologie structurale, j'étudie les différents types de roches sédimentaires, magmatiques, métamorphiques, et leur processus de formation, processus de sédimentation, de compaction, de cimentation, je m'intéresse notamment aux processus métamorphiques avec la recombinaison d'atomes en fonction des environnements de profondeur, de pression et de température qui vont déstabiliser et réorganiser leur structure.

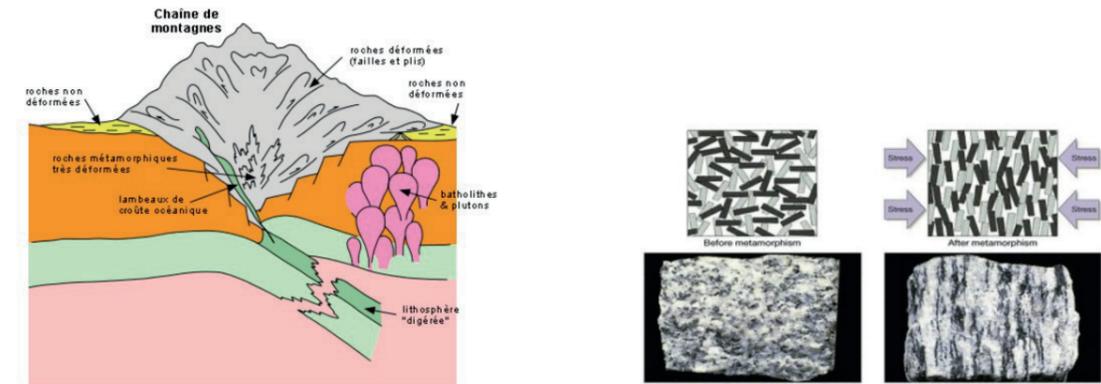
Je suis fascinée par le chemin parcouru par les roches, par leur formation, par les processus de stratification, par ces processus métamorphiques induisant la recombinaison d'atomes... Dans son processus de stratification, la pierre passe par des zones en fusion, des zones gazeuses, elle se stratifie couche par couche au fur et à mesure qu'elle traverse les différentes zones géologiques, comme des notes de musique qui traversent les lignes d'une portée, se densifiant, de gazéifiant, se liquéfiant...

Je trouve passionnant de se rendre compte qu'à travers ce processus de transformation, liée à l'instabilité des matières quand leur environnement change, c'est-à-dire régulièrement, pas à l'échelle d'un humain, mais à l'échelle spatio-temporelle d'une roche, et bien un diamant, lorsqu'il se retrouve à la surface de la Terre, n'est pas stable, il est dans un état qu'on appelle métastable, donc il n'est pas éternel, et un jour, ses molécules de carbone se seront recombinaisonnées et il deviendra du graphite, du charbon.

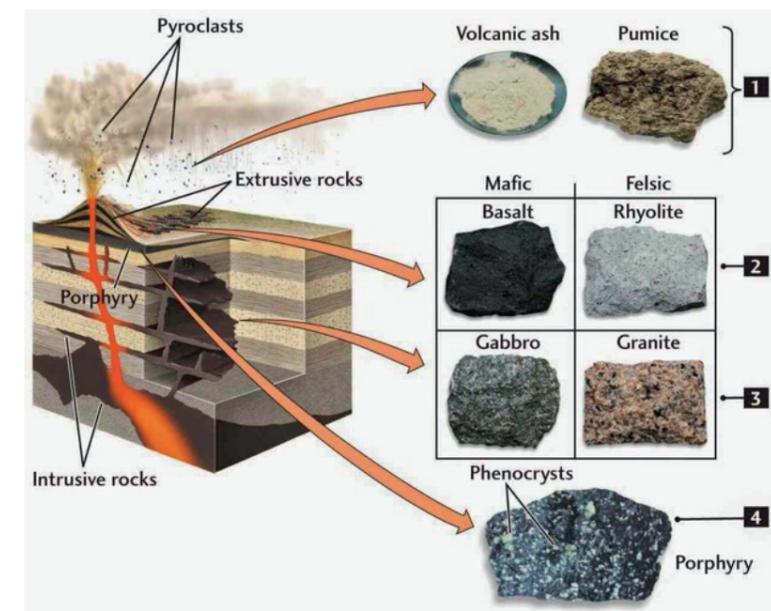
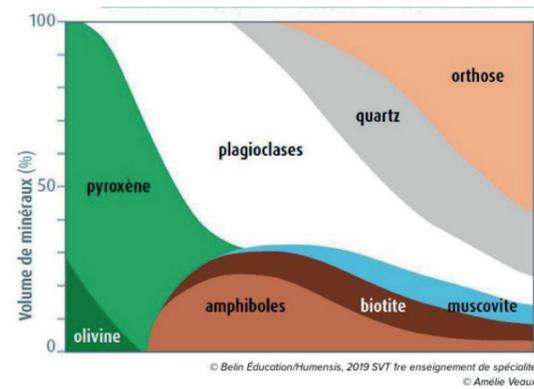
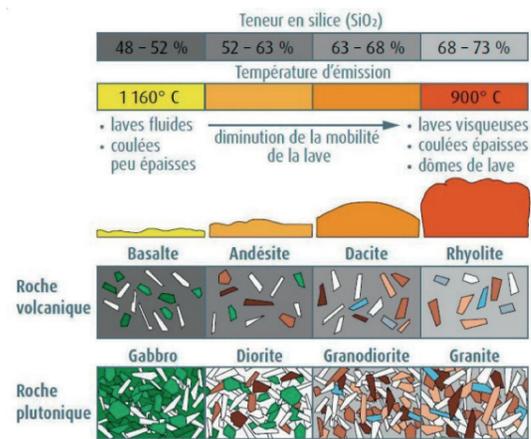
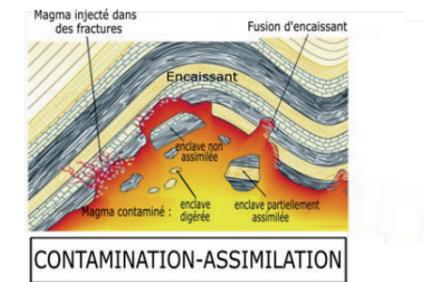
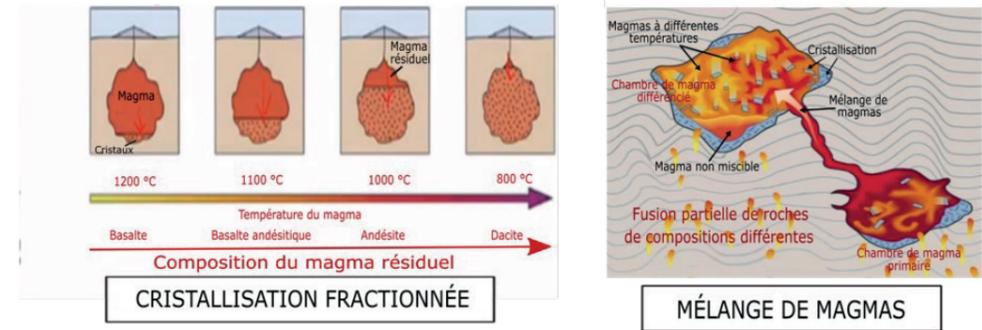
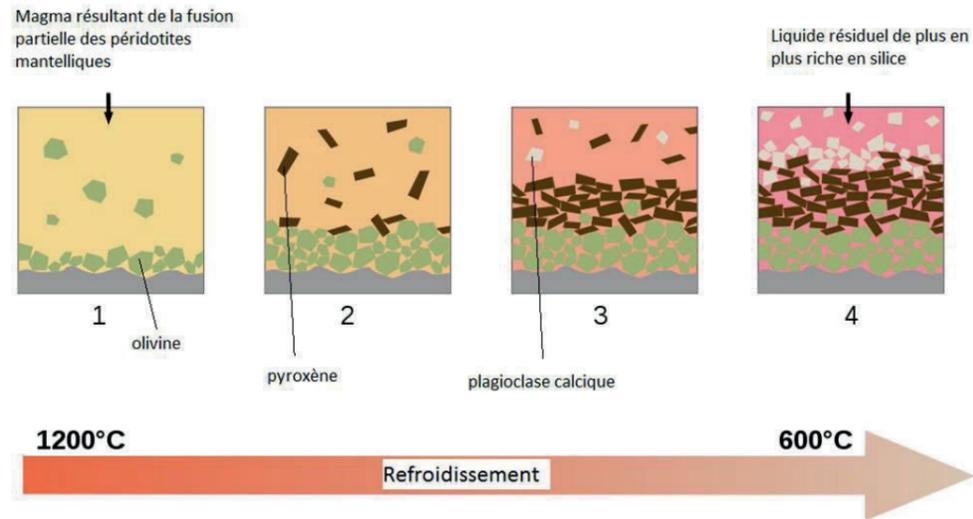
Formation des roches sédimentaires



Formation des roches métamorphiques

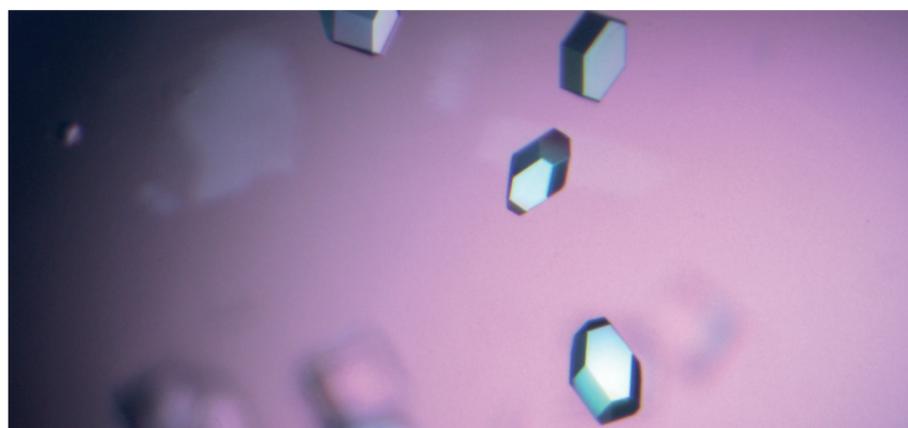
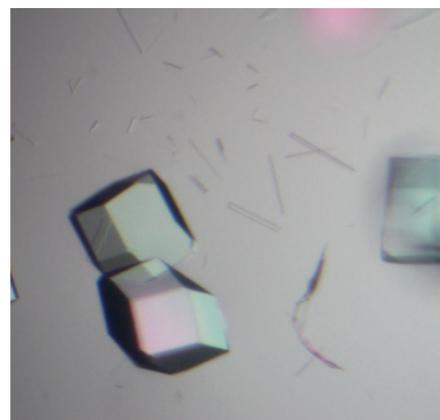


Formation des roches magmatiques





Solution de blanc d'œuf avec formation cristalline de protéine de Lyso-



Cristallognèse

Je m'intéresse aussi aux phénomènes de cristallisation, et plus particulièrement, à certain phénomènes de cristallisation mettant en lumière la présence simultanée de matières minérales, comme dans la formation de cristaux de certains environnements formés à partir de protéines biologiques, comme dans notre propre ADN (?), mais dans le corail formant son exosquelette à partir de lien protéinique, à la spécificité des structures minérales, à cette force catalytique d'organisation des atomes dans l'espace, obéissant à la loi très dure de l'univers, se structurant dans l'inflexibilité la plus totale de la géométrie des atomes, à cet ordre absolu du monde minéral.



Dans cette observation de formation cristalline de protéine à l'intérieur d'une solution de blanc d'œuf, ayant subis des conditions particulières, nous savons que nous sommes entrés dans un monde minéral, car les nids formés par la précipitation présentent des traits saillants. Il n'existe pas, dans le monde minéral, de flexibilité, telle qu'elle existe dans le monde biologique. Le monde minéral est géométrie... il est la marche forcée, mécanique des atomes.

Ici, une protéine de blanc d'œuf, le Lysozym, a été rendue cristalline dans des conditions particulières de pression, de concentration, et de température. On perçoit autour, de nombreuses défailances, tentatives de formations cristallines avant que le cristal ne parvienne à se former. Par le déploiement d'une grande quantité d'énergie, les atomes et les molécules libres ont été tractés pour se rapprocher et former ensemble un cristal. L'apparition d'un cristal, relève ainsi du miracle.

Certains cristaux sont faits de molécules, d'autres sont fait d'atomes. Ici nous observons un cristal d'une molécule qui s'appelle le Lysozym, fait d'une protéine de matière vivante biologique. Peut-être ne s'agit-il pas pour autant de matière vivante, ou bien peut-être faudrait-il redéfinir ce qu'est le vivant...

La cristallogénèse s'opère par trois étapes :

L'attraction : nous avons d'abord une solution de molécules éloignées, puis par phénomène d'évaporation on sature la solution, et on rapproche les molécules qui s'attirent, comme une rencontre (sans attirance, sans mouvement, sans rencontre, rien ne se passe...). Un micro-noyau se forme, appelé la nucléation; celui-ci va imposer une certaine forme.

Le nombre de valence : une fois attirées les molécules font se tenir les unes aux autres, en fonction de leur nombre de commets, qui de peut être que de 2,4 ou 6 faces (le nombre 5 est exclu car il ne permet pas une translation à l'infini).

La géométrie : on optimise ces contacts dans une certaine géométrie ; ici, nous sommes dans un six faces ; toutes les autres agglomérations ne formeront alors que des six faces.

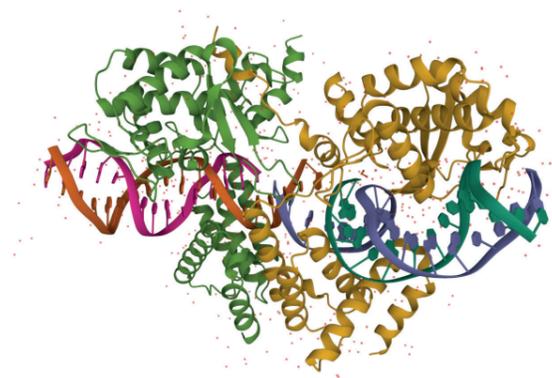
La translation

Pour se reproduire, le minéral opère une translation, se formant en 2, 4 ou 6 faces, et ne peut par cette géométrie de valence s'agencer qu'avec le nombre de faces déterminé lors de la nucléation. Lorsque l'on rentre dans ces conditions de pression, de concentration, de température, nous obéissons à cette loi dure de l'univers ; minéral est la marche forcée mécanique des atomes, elles est automatique.

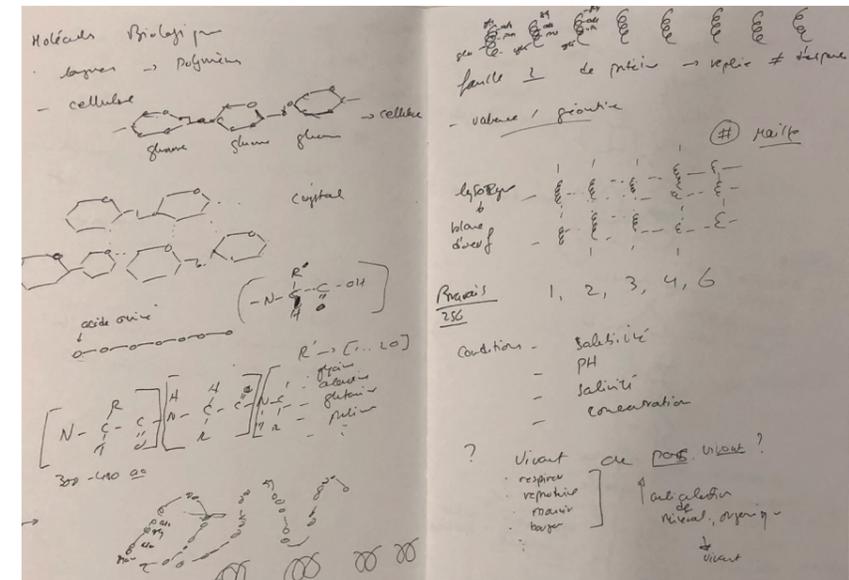
L'organisation, la valence et la géométrie déterminent ainsi la structure du cristal ; à partir d'une même matière, différentes compositions peuvent avoir lieu. Par exemple, le carbone peut adopter deux formes, le diamant ou le graphène (que l'on connaît dans la mine de crayon).

Diffraction de la lumière

Le cristal est une matière si bien organisée qu'elle est capable de diffracter la lumière de manière organisée dans l'espace. Les seules structures capables de dévier la lumière de façon organisée, sont en effet les réseaux, que ce soit un réseau macroscopique (rangée d'arbres alignés,...), ou bien, au niveau microscopique avec un réseau d'atomes. Le réseau étant périodique, la lumière sera donc elle aussi organisée de façon périodique.



Structure de protéine, série d'acides aminés.
Les rubans dessinent la trajectoire des molécules.



Démonstration de structuration cristalline

Le vivant, une capacité à produire des structures

Par ailleurs, sur la définition du vivant, on peut définir le vivant par une capacité à stocker, à utiliser et à transmettre de l'information, un certain type de complexité, une certaine forme d'ordre. Chercher les origines du vivant, c'est donc chercher à comprendre comment la matière minérale du monde a produit les structures, les fonctions, les classes de molécules.

Définition de la vie dans le monde minéral et dans le monde organique

Ma recherche a été nourrie et agitée par la vive discussion qui existe et qui est d'ailleurs très contemporaine dans les domaines scientifique, philosophique, et anthropologiques, autour de la définition du monde vivant pour le monde minéral, de la frontière entre le minéral et l'organique. En effet on sait que des structures telles que des cristaux, d'argile notamment, peuvent avoir des propriétés de reproduction, de variation, d'hérédité et d'adaptativité, propriétés qui sont souvent citées pour décrire des structures vivantes : donc cela montre une certaine plasticité du minéral, mais aussi l'influence réciproque du vivant et du minéral ; d'ailleurs, la Terre comportait 1500 espèces minérales avant l'apparition de la vie, et 43 000 depuis. Il y a donc une influence croisée et pérenne du biologique et du géologique est le prolongement de cette origine.

Et comme nous le dit le minéralogiste François Farges, professeur au Museum d'histoire naturelle, il y a un cercle évolutif dans les minéraux qui est curieusement comparable à celui du cycle du vivant : les minéraux cristallisent, ils se forment à un moment donné, ils existent à un moment donné, et après ils sont déstabilisés, pour ensuite se recombinaison et s'adapter à leur nouvel environnement et former d'autres espèces minérales ; et il y a tout un cycle, qu'on appelle le cycle géochimique, qui est un immense recyclage, et la Terre en surface est le résultat de ce recyclage depuis la formation de la terre il y a 4,5 milliards d'années.

Donc, je comprends que les cailloux que l'on observe à la surface de la Terre, sont des agrégats de cailloux, des fers et des cuivres mélangés, des minéraux impurs, qui ont refroidi, et qui ont traversé dans des temps très longs la tridimensionnalité de la Terre

Climat

Ces événements chimiques étant directement liés au climat, je comprends aussi que le climat, l'atmosphère, les phénomènes météorologiques sont aussi un mouvement atomique, le climat est formé par la rencontre et la réaction des atomes, et le mouvement des atomes de la Terre et ceux de la stratosphère est complètement interconnecté, et que nous sommes pris dans ce mouvement. Et en cela, peut-être peut-on considérer le climat comme une matière. Je ne l'ai pas encore lu mais je pense que c'est à cela que fait référence Hyperobjets, de Timothy Morton parlant de l'hyperobjet climatique.

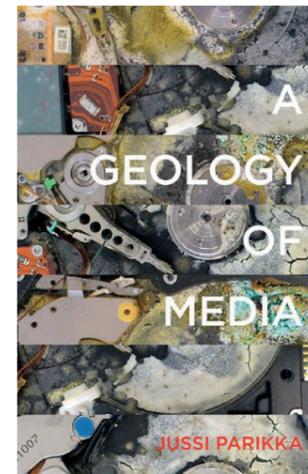
Espace-temps

Je m'intéresse à la notion d'espace-temps; aux différentes échelles d'espace-temps des mondes géologiques (donc minéraux, organiques) et biologiques.

Le média géologique

À travers la lecture de *A geology of media*, de Jussi Parikka, permettant de comprendre les médias à travers le prisme des temps profonds, je perçois aussi l'échelle géologique de la Terre, comme matière première de nos supports culturels, de nos médias, matière donnant à voir et à entendre, de la tablette d'argile à l'extraction des minerais, déterritorialisée, devenant matière culturelle, destinée aussi par nos déchets technologiques, à être à nouveau territorialisés dans nos couches terrestres, ce qui parle de notre impact sur la géologie de la Terre.

Je comprends aussi dans cet ouvrage que le principe même d'étendre le principe de la vie à des processus non organiques, principe donc très couramment convoqué dans les différents corpus que j'ai pu parcourir, découle en de la philosophie de Gilles Deleuze et Félix Guattari : la vie consiste en des motifs dynamiques opérant des variations et des stratifications. Et la stratification est en soi une articulation vivante : les intensités de la terre, les dynamiques de cette matière instable est renfermée dans les strates : c'est un processus de capture, d'emprisonnement ; c'est l'organisation de la vie moléculaire non organique en agrégats. Ainsi vie et stratification sont directement, avec Deleuze et Guattari, interconnectés.



Abiogénèse, origine du vivant

Plus particulièrement je m'intéresse, d'abord à travers la lecture de Infravies de Thomas Heams, aux premières dynamiques ayant conduit à la vie, et à l'ancrage du monde biologique dans le monde minéral : comment d'un monde chimique, nous avons basculé dans un monde biologique. Je comprends ainsi que les molécules se sont formées à partir de la minéralité, à partir des agrégats de blocs cosmiques qui constituaient la Terre primitive alors abiotique ; et que la matière vivante a pour origine ces roches ; notre origine est donc matérielle.

Il n'y a donc plus dans mon esprit rupture entre un monde minéral d'un côté et un monde organique de l'autre, et le seuil entre le monde minéral et le monde organique s'efface.

Le vivant ne s'est donc en effet pas autonomisé du monde minéral, et on ne peut donc pas dire que la vie « apparaît ». Et je cite Thomas Heams, la question n'est pas de savoir pourquoi autre chose que des cailloux existe et pourquoi la vie apparaît, mais de comprendre ce qu'il y a de minéral dans la vie, ce qu'il y a de caillou en nous, en chacune des formes vivantes.

Et je me passionne alors pour l'origine du vivant, l'abiogénèse ; Et je tente de comprendre ça, c'est-à-dire l'évolution vers la vie sur Terre au travers d'une succession d'événements chimiques qui se déroulent sur des millions d'années à partir d'un monde purement minéral, qui est celui que l'on rencontre dans le reste de l'univers, dans les 300 milliards de systèmes solaires de notre Voie lactée, dans les 2 Milliards de galaxies que compte l'univers...

Comment, par la recombinaison d'atomes de poussières cosmiques constituant l'atmosphère de la Terre primitive, transportés par les pluies alors formées avec le refroidissement de la Terre, un monde organique a commencé à se former dans l'océan primitif de la Terre, et a évolué vers un monde biologique...

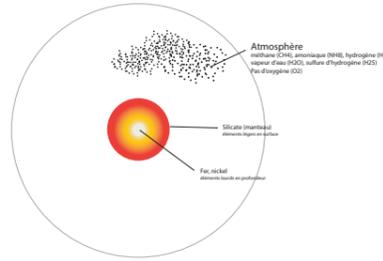
Cela m'a permis aussi de prendre conscience de vertigineuse rareté que représente la vie à l'échelle de l'univers ; et cela me paraît paradoxalement apaisant, comme si cela permettait de relativiser, de comprendre que cette vie fait en fait partie de l'histoire du monde minéral, et qu'ils sont liés directement.

**_Réalisation d'un schéma de la formation
du vivant sur Terre**

Schéma de la formation du vivant sur Terre

M'appuyant sur différents corpus scientifiques, je réalise ici un schéma permettant de mettre en lumière la bascule d'un monde chimique vers un monde organique puis biologique.

Big bang, formation de l'univers
13,7 Ma



Composition de la Terre primitive

La terre primitive est une boule de lave chaude composée de fer et de nickel en profondeur, et de silicate en surface.

Composition de l'atmosphère primitive

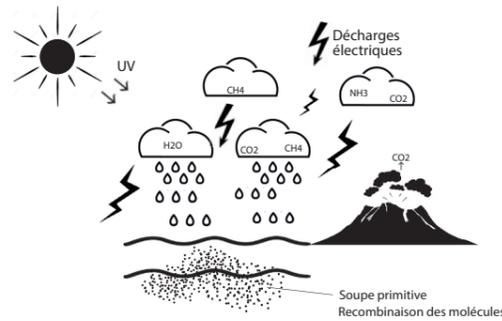
L'atmosphère primitive est constituée de méthane, d'ammoniac, de sulfure d'hydrogène et de vapeur d'eau (il n'y a pas encore la présence d'oxygène).



SUBSTANCE INORGANIQUE

Terre primitive
4,5 Ma

Formation de l'océan primitif
3,8-4 Ma



Refroidissement de la surface terrestre et formation de l'océan primitif

La vapeur d'eau va peu à peu refroidir la surface terrestre; des nuages se forment, formant des pluies qui vont inonder les zones de plaine.

Avec ce refroidissement, l'eau cesse de s'évaporer, ce qui conduit les pluies à la former un océan primitif.

Ce refroidissement provoque également d'importants orages.

Des ruptures dans la fine surface terrestre refroidie forment des plaques fluctuantes qui vont bouger, au fil des milliards d'années, sur la masse molle de la Terre en fusion (tectonique des plaques).



SUBSTANCE ORGANIQUE SIMPLE

Recombinaison des atomes dans l'océan primitif et formation des premières substances organiques simples.

Les atomes contenus dans l'atmosphère primitive et véhiculés par la pluie se recombinaient alors dans cet océan primitif, formant d'autres compositions de molécules.

Cette recombinaison conjuguée à la présence des rayons ultraviolets, de la pluie et des décharges électriques provoquées par les orages vont former les premières substances organiques simples (acides aminés, acides gras, polysaccharides...)

AA

Arrêt de la pluie et réchauffement de la Terre

Le refroidissement de la croûte terrestre va peu à peu stopper le phénomène d'évaporation de l'eau, conduisant à un arrêt de la pluie et à un réchauffement de la Terre.

Le processus d'évaporation de l'eau reprend alors.



SUBSTANCE ORGANIQUE COMPLEXE

Ce réchauffement de la Terre va, permettre dans l'océan primitif la déshydratation des molécules qui vont ainsi pouvoir former entre elles des liaisons (synthèse par déshydratation ; anabolisme) et former des molécules beaucoup plus complexes (protéines, lipides, monosaccharides...), formant des composés organiques.

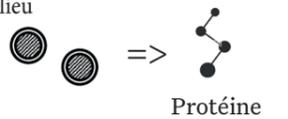


COACERVATS

Ces composés organiques vont peu à peu être embrassés par une membrane aqueuse, précurseur de la membrane plasmique, formant ainsi une protection d'un milieu interne envers un milieu externe.

+ADN

VIE



L'ADN va permettre la formation du premier être vivant unicellulaire procaryote (sans noyau)

Cet organisme unicellulaire se nourrit, et fait de l'anaérobiose (il n'y a pas d'oxygène); il fait de la fermentation alcoolique => augmentation de CO₂)

Reproduction => Mutation => variabilités de cellules

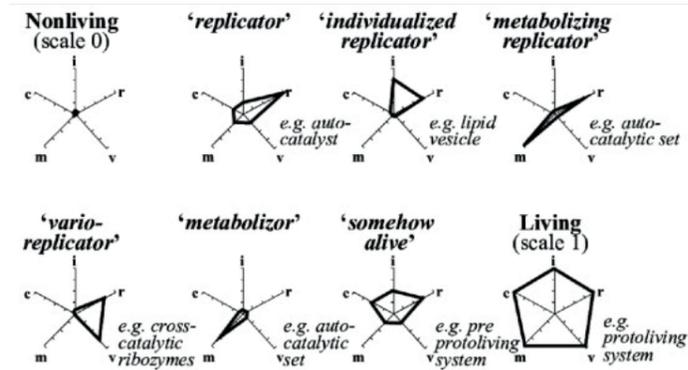
Quelques cellules vont commencer à faire la différenciation et qui vont être capables d'utiliser le soleil et le CO₂ pour produire de l'énergie : c'est la photosynthèse. Celle-ci va permettre de libérer de l'oxygène (O₂) puis de l'ozone (O₃)

Cet oxygène est toxique pour les cellules anaérobiques : 90% des organismes meurent.

Homo Sapiens
300 000

Prochain sujet sur la liste...

« L'endroit de naissance de la proto-vie : le rôle des minéraux secondaires dans la formation des métallo-protéines à travers les interactions eau-roche des roches archéennes »



SpringerLink

Prebiotic Chemistry | Published: 03 April 2019

The Birthplace of Proto-Life: Role of Secondary Minerals in Forming Metallo-Proteins through Water-Rock Interaction of Hadean Rocks

Kazumi Yoshiya , Tomohiko Sato, Soichi Omori & Shigenori Maruyama

Origins of Life and Evolution of Biospheres **48**, 373–393 (2018) | [Cite this article](#)

632 Accesses | 2 Citations | 1 Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

The surface of Hadean Earth was mainly covered with three types of rocks—komatiite, KREEP basalt and anorthosite—which were remarkably different from those on the modern Earth. The water-rock interaction between these rocks and water provided a highly reducing environment and formed secondary minerals on the surface of the rocks that are important for producing metallo-enzymes for the emergence of primordial life. Previous studies suggested a correlation between the active site of metallo-enzymes and sulfide minerals based on the affinity of their structures, but they did not discuss the origin of metallic elements contained in these minerals which is critical to understanding where life began. We investigated secondary minerals formed through water-rock interactions of komatiite in a subaerial geyser system, then discussed the relationship between the active site of metallo-enzymes and secondary minerals. Instead of komatiite, we used serpentinite collected from the Hakuba Happo area, Nagano Prefecture in central-north Japan, which is thought to be a modern analog for the Hadean environment. We found several minor minerals, such as magnetite, chromite, pyrite and pentlandite in addition to serpentine minerals. Pentlandite has not been mentioned in previous studies as one of the candidates that could supply important metallic elements to build metallo-enzymes. It has been shown to be a catalyst for hydrogen generation possibly, because of structural similarity to the active site of hydrogenases. We consider the possibility that nickel-iron sulfide, pentlandite, could be important minerals for the origin of life. In addition, we estimated what kinds of minor minerals would be obtained from the water-rock interaction of these rocks using thermodynamic calculations. KREEP basalt contains a large amount of iron and it could be useful for producing metallo-enzymes, especially ferredoxins—electron transfer enzymes, which may have assisted in the emergence of life.

Expérimentations de matières (extrait)

Objectif

Observer comment deux matériaux de différents états interagissent.

Inspiration

L'envie est de voir se produire des événements forts dans la rencontre entre les matières.



Expérimentation

N° 2

Matériaux

Appareil de terre texturée liée avec du latex liquide et texturée.

Mise en œuvre

Le latex liquide est versé sur la surface.

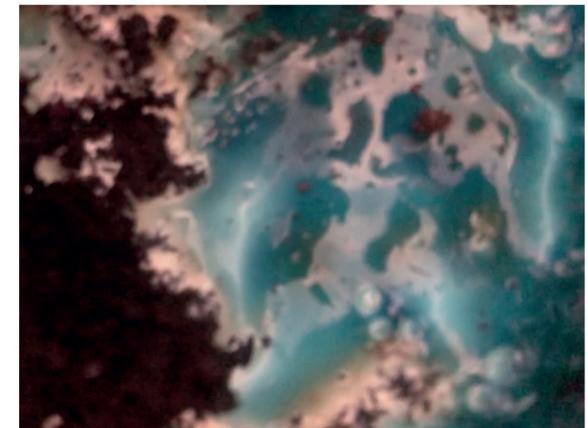
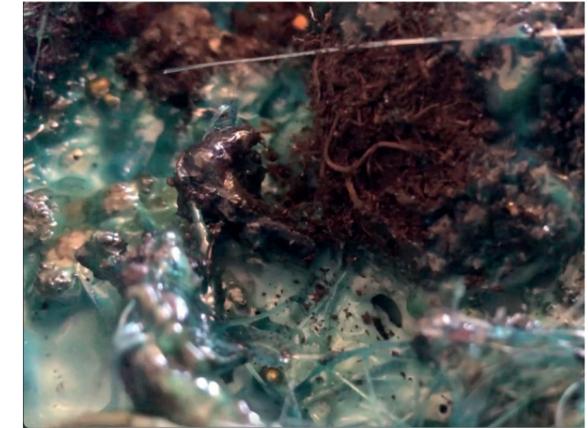
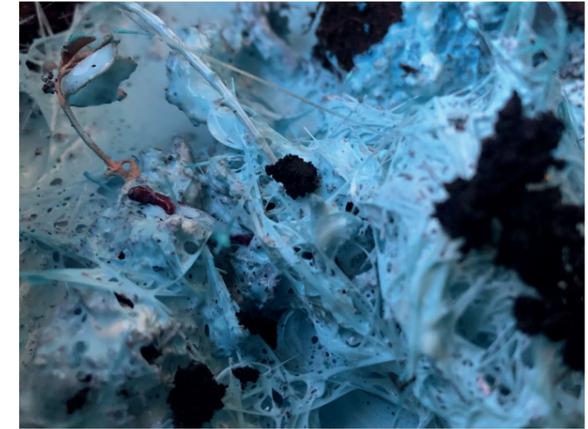
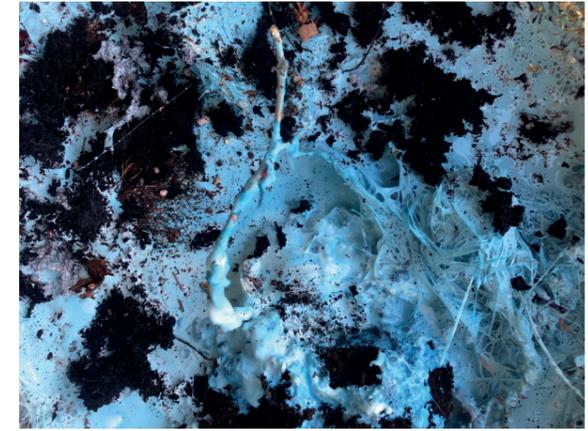
Observation

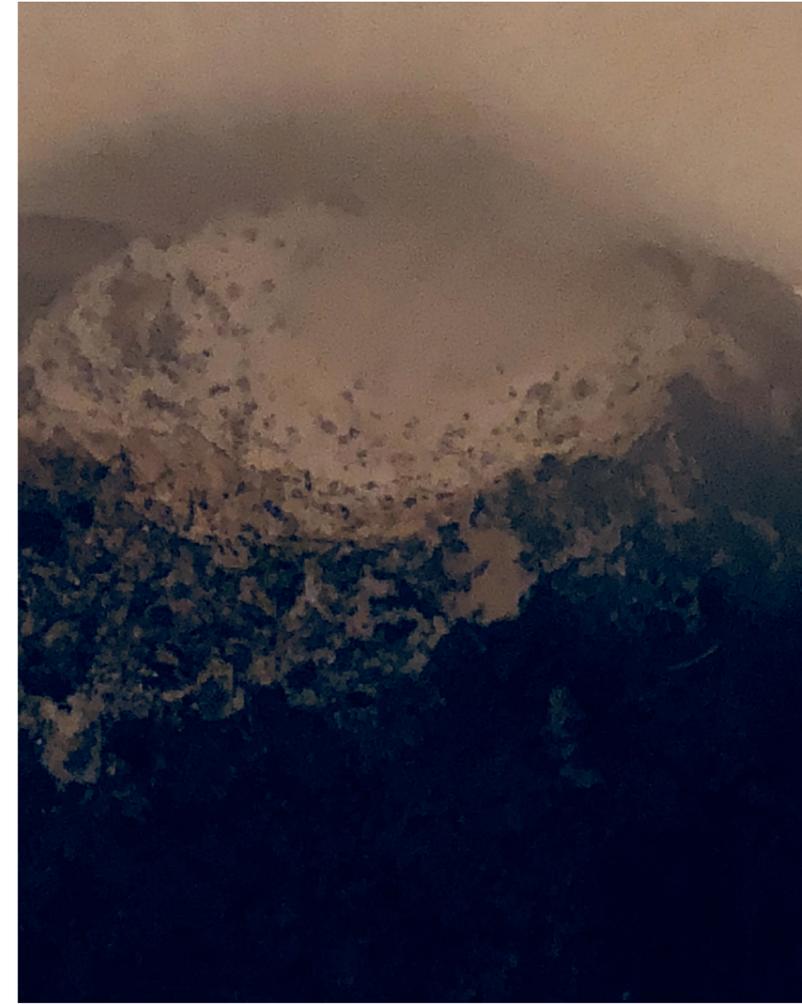
Le latex est très visqueux / il vient napper les surfaces qu'il rencontre et se fixe rapidement à son environnement. Les bulles qui résultent du versement rapide du latex confère à l'appareil un aspect poreux.

Différentes nuances de couleurs apparaissent au fur et à mesure du séchage du latex.

Conclusion

Le latex n'a pu pénétrer les cavités de la maquette en raison de sa très forte viscosité. Cette expérience demande donc à être menée avec une matière





Objectif

Observer l'interaction entre deux matières d'états différents.
Intégration de matière biologique dans un *appareil* minéro-organique.

Inspiration

The desire is to observe events occur that are similar to the different rock formation processes.

Expérimentation

N° 6

Matériaux

Lait demi-écrémé, terreau, bicarbonate de sodium.

Mise en œuvre

La terre est placée dans le compartiment perforé d'un cuit-vapeur. Ce récipient est placé au centre d'un large faitout, contenant le lait. La plaque de cuisson est alors mise en route au thermostat le plus élevé.

Observation

Le lait porté à ébullition subit une forte pression et devient mousseux; son niveau augmente très rapidement et, telle une éruption commence à se répandre à l'intérieur du récipient perforé.

Une vapeur constante s'échappe du liquide chauffé dû au phénomène de vaporisation portant le liquide à son état gazeux.

Un premier appareil commence alors à se former entre le lait encore très liquide, pénétrant la terre.

Au fur et à mesure que ces coulures s'accumulent en une forme d'îlot de matière stagnante, telle une matière magmatique, le lait commence à former un manteau de plus en plus compacte au fur et à mesure qu'il se déshydrate et qu'un processus de stratification est observé.

La surface est cordée, montrant des bourrelets superposés et entrecroisés, et la croûte superficielle de la coulée est déformée par l'avancée du magma laiteux au centre de la coulée.

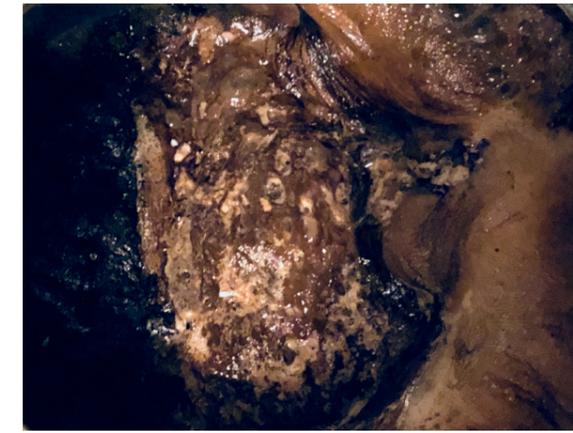
La carbonisation de ce manteau le long des parois entraînant son durcissement, se fixe en différentes coulures. On y observe un phénomène d'incorporation de substances étrangères, la terre, par le liquide. Un second appareil marbré se forme alors.

Le mélange des matières provoque cet aspect marbré, faisant ainsi penser au marbre dont les marbrures sont générées par le mélange des différents sédiments dans le processus métamorphique.

Conclusion

Cette expérience a permis d'observer la combinaison de deux matières d'états différents et non habituellement assimilées, ainsi que d'observer deux phénomènes de solidification (coulées cordées ou marbrées).

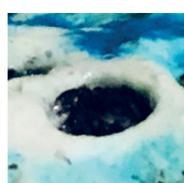
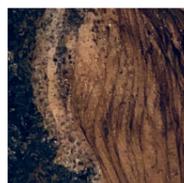
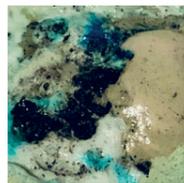
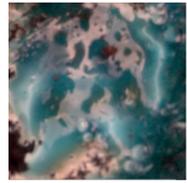
Cette expérience nécessite d'être portée à des matières de composition minérale ou cristalline afin d'appréhender des phénomènes naturels observés dans les formations rocheuses. Il serait également intéressant de faire varier la typologie matières incorporées lors du durcissement, faisant ainsi varier la typologie des marbrures observées



**_Réalisation d'une cartographie de matières
issue des expérimentations menées**

Tableau périodique de matières

J'ai cherché ici à expliciter les liens que je fais entre les matières que j'utilise dans mes expérimentations avec le vocabulaire que j'utilise dans mes observations.



Coulée

Carbonization

Manteau

Stagnant

Combinaison

Marbrure

Coulure

Parois

Fixation

Pression

Appareil

Superposé

Entrecroisé

Cordée

Assimilé

Absorption

Liquide

Accumulation

Vapeur

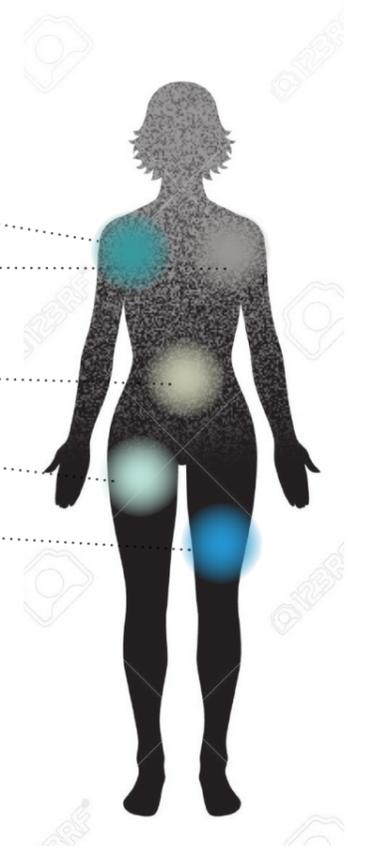
Mousse

Cratère

Cartographie de matières

Je pousse ici ces liens vocabulaire-matières, ouvrant vers une proposition mettant en lien la constitution chimique du corps humain.

Cordée
Coulée
Carbonization
Manteau
Stagnant
Combinaison
Marbrure
Coulure
Parois
Fixation
Pression
Appareil
Superposé
Entrecroisé
Assimilé
Absorption
Liquide
Accumulation
Vapeur
Mousse



Recherches sur la matière terrestre

dans le cadre du projet de diplôme *Corpora saltantia*

Emily Nirlo

Mastere spécialisé Création et technologie contemporaine

ENSCI - Les Ateliers, 2022