

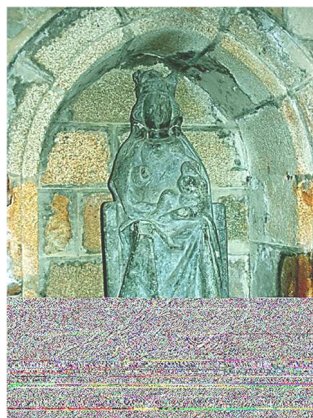
De La Porcherie à Encelade en passant par Europe

Une rareté géologique en sud Haute Vienne

Il est certainement arrivé à d'Arsonval de profiter de la douceur limousine en arpentant la campagne entourant La Porcherie. À 2 km du bourg, l'étang des Pierres du Mas représente un lieu idéal de méditation et de réflexion sur ce que nous offre la nature environnante. Mais ce lieu ne nous offre pas seulement une étendue d'eau entourée d'arbres dans un environnement vallonné. En effet, tout à côté de l'étang, se situe une lande sur laquelle la commune a aménagé un sentier d'exploration géologique où l'on peut admirer une rareté caractéristique de quelques endroits situés dans le sud de la Haute-Vienne : un affleurement de Serpentinite. En effet, sur la commune de La Porcherie, cet affleurement ne couvre qu'une surface de 25 ha. Parmi les sites les plus importants localisés dans le Sud de la Haute Vienne, nous retiendrons en parcourant la direction est-ouest : la lande des Pierres du Mas (25 ha, La Porcherie), la lande de la Villedieu (36 ha, Magnac-Bourg), la lande de la Ribière (12 ha, Château-Chervix), la lande de la Flotte et du Cluzeau (124 ha, Château-Chervix et Meuzac) et la lande de Saint Laurent (63 ha, La Roche-l'Abeille), soit au total 260 ha de landes serpentiniques. Ces affleurements sont les reliques d'un plancher océanique qui a disparu lors de l'édification de la Chaîne Hercynienne, il y a de cela, environ 350 millions d'années.

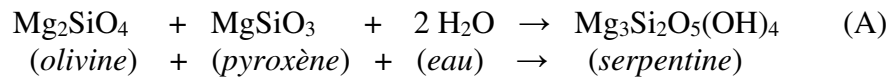
La Serpentine

Qu'est-ce que la serpentine ? C'est le nom collectif donné à une famille de minéraux appartenant aux *phyllosilicates* ou silicates lamellaires. Leur formule moyenne est $(Mg,Fe)_3Si_2O_5(OH)_4$. Les trois plus importants minéraux polymorphes qui forment la serpentine sont l'*antigorite*, le *chrysotile* (une forme d'*amiante*) et la *lizardite*. La couleur de la *serpentine* peut être décrite comme vert foncé léopardé de gris. La *serpentinite* est le nom donné à la roche constituée essentiellement de *serpentine* et d'un mélange d'olivine et de pyroxène, constituants naturels du manteau terrestre. Son nom provient de sa couleur, de son aspect semblable à celui d'écaillés et de son toucher qui évoque la peau d'un serpent. La *serpentinite*, parfois appelée *faux-jade* en joaillerie peut être taillée. L'église de La Roche-l'Abeille permet de découvrir une très belle statue de la vierge en *serpentine*, datant du XIV^e siècle. Si nous prenons un peu de hauteur, le *Zimbabwe* est certainement le pays où la concentration d'artistes sculpteurs en serpentine est la plus importante.



*Vierge en serpentine dans l'église de La Roche-l'Abeille (87)
et sculpture d'un Éléphant en serpentine provenant du Zimbabwe*

D'où vient la serpentine ? Elle résulte de la rencontre du magma sur lequel flotte la croûte terrestre avec l'eau de mer, comme les paragraphes ci-dessus le laissent pressentir. Une des réactions possibles est la suivante :



Dans l'équation ci-dessus, les atomes de magnésium (Mg) peuvent être remplacés en partie par des atomes de fer (Fe). La serpentine se forme donc de préférence au niveau des dorsales océaniques et résulte de l'interaction du magma constitué essentiellement d'*olivine* et de *pyroxène* avec l'eau de mer. À l'intérieur des terres, on ne peut trouver de la serpentine qu'aux rares endroits qui furent submergés par la mer.

Le Limousin faisant partie de la branche sud de la Chaîne Hercynienne (qui s'est mise en place entre 360 et 290 millions d'années BP, soit durant le Carbonifère). Les affleurements de *serpentinite* sont donc relativement rares et se situent, dans le sud de la Haute-Vienne, le long d'une ligne qui va de La Roche l'Abeille à La Porcherie. La *serpentinite* (basique) se distingue des *granits* (acides) qui les entourent par la végétation qu'elle abrite. Les ajoncs rabougris et la végétation très peu développée mais très spécifique, contrastent très curieusement avec le reste du paysage fait de forêts et de prairies très vertes au printemps. Par exemple, la *notholène de Marantha* est une petite fougère méditerranéenne des chaos rocheux, notée en Limousin uniquement sur les affleurements de *serpentinite*.



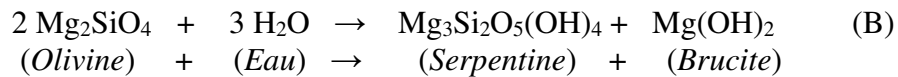
A gauche : La Notholène de Marantha (Source : Pelouses et landes serpentinicoles du Sud Haute Vienne, Conservatoire régional des espaces naturels du Limousin)

A droite : Bruyères fleuries dans la lande du Cluzeau, sur les communes de Meuzac et de Château-Chervix (source : détours en Limousin)

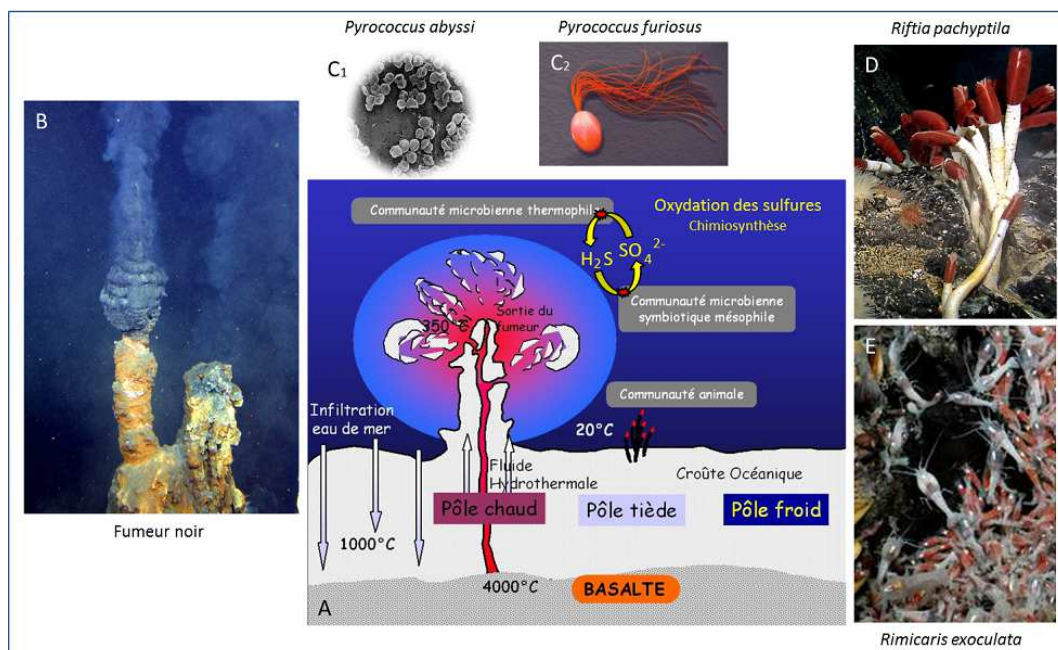
La Serpentinisation

Le manteau terrestre, sur les 400 premiers kilomètres, est constitué d'un assemblage de minéraux dominés par l'olivine (Mg_2SiO_4). Cet assemblage de minéraux est appelé *péridotite*. Les péridotites contiennent aussi, en moindre proportion, d'autres silicates de magnésium appelés *pyroxènes* (par exemple : l'*enstatite* MgSiO_3), ainsi que des *spinelles* (par exemple : la *magnétite* Fe_3O_4). Lorsque l'eau de mer atteint la *péridotite*, elle réagit avec l'*olivine* et avec les *pyroxènes* pour former de la *serpentine* suivant l'équation ci-dessus (A). C'est le processus de *serpentinisation*. Lorsque la péridotite est complètement serpentinisée, on appelle la roche obtenue *serpentinite*.

La *serpentine* est donc un silicate magnésien riche en eau, dont la formule est : $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$. Elle peut également contenir du fer, mais en faibles quantités. Le fer contenu dans les olivines et les pyroxènes est le plus souvent libéré au cours de la *serpentinisation* et forme des minéraux accessoires comme la magnétite. De plus, la magnétite formée catalyse la réaction de serpentinisation. Il peut également former de la *brucite*, de formule $Mg(OH)_2$ pouvant contenir du fer en remplacement partiel du magnésium. La formation de magnétite à partir du fer en excès consomme de l'oxygène à partir de l'eau et s'accompagne donc d'un dégagement d'hydrogène. Il existe de nombreuses réactions de *serpentinisation* possibles, dont nous en avons donné une ci-dessus. En voici une autre possible :



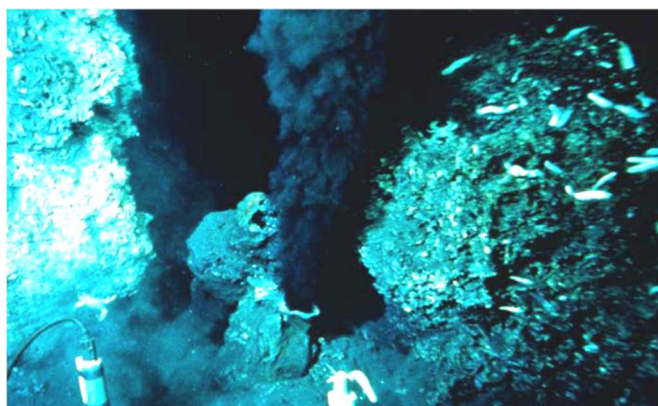
La serpentinisation est exothermique. La chaleur dégagée par la serpentinisation complète de 1 kg de péridotite est de 250 kJ, de quoi élever la température d'un litre d'eau d'environ 50 degrés dans des conditions ordinaires de température et de pression. Elle s'accompagne également d'un changement de densité de la roche. Une péridotite non serpentinisée a une masse volumique d'environ 3300 kg.m^{-3} . Celle d'une *serpentinite* est d'environ 2600 kg.m^{-3} . Cette diminution de la densité implique une augmentation de volume, ce qui provoque l'apparition de structures type « ville fantôme » à la rencontre de deux plaques océaniques. Auprès des sources hydrothermales chaudes, s'échappent des gaz contenant H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 , (fumeurs noirs), gaz réactifs qui, joints à la température plus élevée de l'eau environnante, amènent un foisonnement de la vie. La couleur noire des gaz qui s'échappent des entrailles de la terre, vient de ce qu'ils sont chargés de sulfures de fer et de manganèse.



© Pierre Vauclore, Institut de biologie structurale de Grenoble. (A) Représentation schématique d'une source hydrothermale océanique. Ces sources se développent le long des dorsales médio-océaniques (Océans Pacifique, Atlantique et Indien), entre 700 m et 4000 m de profondeur, dans des zones à forte activité volcanique. (B) Fumeurs noirs et structure de type « ville fantôme », formée de serpentinite, roche moins dense, donc plus volumineuse que la péridotite sous-jacente. (C) Les pyrococcus sont des archées (1 à 2 micromètres de diamètre), qui se développent idéalement à 100°C, sous des pressions extrêmes pouvant atteindre 420 kg/cm^2 . (D) Riftia Pachyptila, vers géant pouvant atteindre 2 m de long, qui vit à proximité des cheminées hydrothermales, dans des zones de température allant de 5 à 25°C. (E) Rimicaris exoculata, crevette aveugle, mesurant environ 5 cm, vivant près des cheminées hydrothermales de la dorsale médio-Atlantique, dans des zones de température allant de 10 à 30°C, formant des communautés d'environ 2500 individus par m^2 . L'existence des fumeurs noirs, des structures minérales de type « ville fantôme » et du foisonnement de vie qui les accompagnent, a été découverte en 1977.

Et alors ! Europe et Encelade

Quelle est la relation entre *Europe*, 2ème satellite galiléen de Jupiter à peine plus petit que notre lune et *Encelade*, petit satellite de Saturne de 500 km de diamètre (6 fois moins qu'*Europe*) ? Eh bien, c'est que ces deux satellites sont recouverts de glace et, au-dessous de cette couche de glace, on soupçonne (avec de solides arguments) l'existence d'une épaisseur d'eau liquide avant de rencontrer un cœur de péridotite. En effet, la sonde Cassini a observé lors de survols programmés entre 2005 et 2010, des geysers issus du voisinage du pôle sud d'Encelade, geysers formés principalement d'eau mélangée à des gaz (CO₂, H₂S, CH₄, ...), des composés organiques et à une essence de gaz naturels. Encelade serait recouverte d'une couche de neige d'une centaine de mètres d'épaisseur, ce qui indique qu'il neige sur Encelade depuis au moins 100 millions d'années. Enfin, Encelade orbite au centre de l'anneau E de Saturne. Cet anneau, extrêmement tenu, le plus fin et le plus étendu des anneaux de Saturne, est instable sur une échelle de temps de 100 000 ans et donc est alimenté en permanence par les particules solides éjectées d'Encelade. *Europe* est également un satellite recouvert d'une épaisseur de glace de quelques km flottant sur un océan d'eau liquide d'environ 100 km d'épaisseur. Un manteau de silicates est en contact avec l'eau liquide et enfin au centre, il y aurait un noyau de fer. *Europe* a été survolée par la sonde Galileo de 1995 à 2003, sonde qui a mis en évidence l'existence de geysers au-dessus du satellite.



Fumeurs noirs © Futura science.

Outre les espèces déjà citées, on peut y rencontrer : des palourdes de 30 cm (Calyptogena Magnifica, Bathymodiolus thermophilus), des crabes blancs, et de nombreuses espèces extrêmophiles au taux d'endémisme élevé. Certains y voient l'origine de la vie sur la terre et extrapolent (peut-être un peu rapidement) que les mécanismes à l'origine de la vie peuvent se reproduire dans d'autres mondes.

Donc, pour l'instant, *Europe* et *Encelade* sont les seuls satellites, possédant sous une croûte de glace, une épaisseur d'eau liquide en contact avec un manteau de silicates. L'existence, sur ces deux satellites de structures minérales de type ville fantôme, due à l'interaction de l'eau et de l'olivine pour donner de la serpentine ne fait aucun doute. La possibilité de voir la vie se développer du fait de l'énergie disponible en raison de l'existence de fumeurs noirs est beaucoup plus aléatoire. Alors, la meilleure façon de le savoir est d'y aller ! Des chercheurs (très optimistes) voient même des poissons nager dans les océans d'*Europe* (alors qu'on n'en voit pas dans les océans terrestres au voisinage des fumeurs noirs !). La possibilité unique d'*Europe* d'être une destination spéciale pour les futures sondes destinées à rechercher une vie extraterrestre nécessite tout de même une certaine préparation. Il serait effectivement plus raisonnable de se forger une expérience en organisant une expédition pour forer 4 km sous la calotte glaciaire antarctique en direction du lac Vostok.

Une expédition à destination d'*Europe* pose encore des problèmes presque insurmontables qui ont limité sérieusement les tentatives de la lancer : distance considérable, influence gravitationnelle de Jupiter rendant coûteux en énergie le maintien d'une orbite stable, haut niveau de radiations nécessitant une protection renforcée, sans compter la profondeur de l'océan à explorer : 100 km, comparés aux 10 km maximum des océans terrestres !

Nous voici maintenant arrivés à la fin d'un voyage qui nous a menés de la modeste campagne environnant la petite patrie d'Arsène d'Arsonval aux confins d'un monde merveilleux que nos petits-enfants exploreront peut-être un jour prochain !

Pierre Perrot
perrot9@gmail.com