IMAGE DE LA SEMAINE

2025 – 19

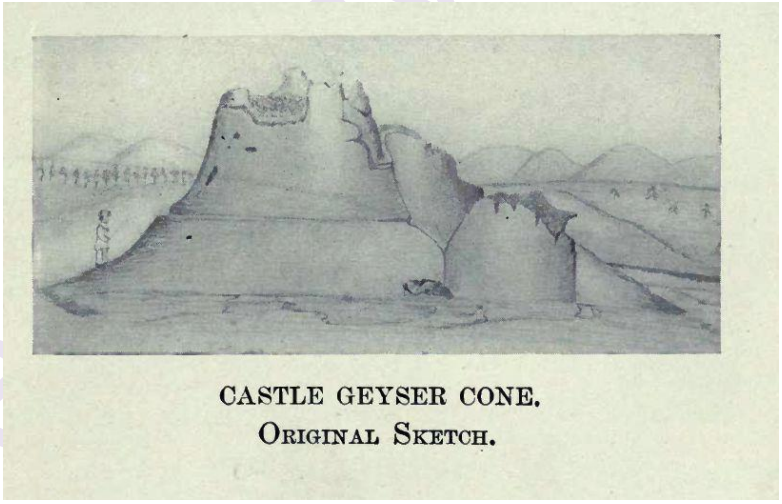
HYDROTHERMALISME CONTINENTAL

Dans le parc national de Yellowstone, les geysers ne manquent pas ! Voici, dans le* Upper Geyser Basin*, un vieux geyser décrit pour la première fois en 1870 et nommé par ses découvreurs* Castle Geyser Cone*, pour sa taille et son apparence de vieux château-fort en ruines, avec son donjon, ses tours et ses remparts. 150 ans plus tard, les épanchements à répétition ont modifié l'allure de ce cône de 4 mètres de haut et près d'une dizaine de large. L'occasion de discuter de cet hydrothermalisme continental… © Y.B. Clermont

prepas-bio

• **Castle Geyser Cone**

Distribution de quelques geysers « célèbres » du Bassin Supérieur le long de la rivière *Firehole.* Sur 2 kilomètres de long et 500 m de large, on compte près de 150 geysers de toutes tailles, dont certains sont à activités prédites. Un tableau lumineux, au *Visitor Center*, vous indique à + /- 60 minutes - parfois moins - la prochaine éruption ! Sur le cliché (*© Google Earth*, image Airbus 2025), les traînées rouges (en réalité jaune orangé) que laissent les bactéries thermophiles sur les graviers de geysérite de couleur blanchâtre sont des marqueurs de l'activité des différents sites.


CASTLE GEYSER CONE.
ORIGINAL SKETCH.

Gravure d'époque (1874) de *Castle Geyser* : l'aspect ruiniforme d'un château-fort…

Le schéma d'éruption de *Castle Geyser* est actuellement établi sur une période de 12-13 heures. L'eau est alors projetée à près de 25 mètres de hauteur et le jet dure une bonne quinzaine de minutes. Il est suivi d'une émission de vapeur de plus d'une demi-heure, émission très bruyante. A chaque éruption, le cône s'enrichit de nouveaux dépôts de geysérite.

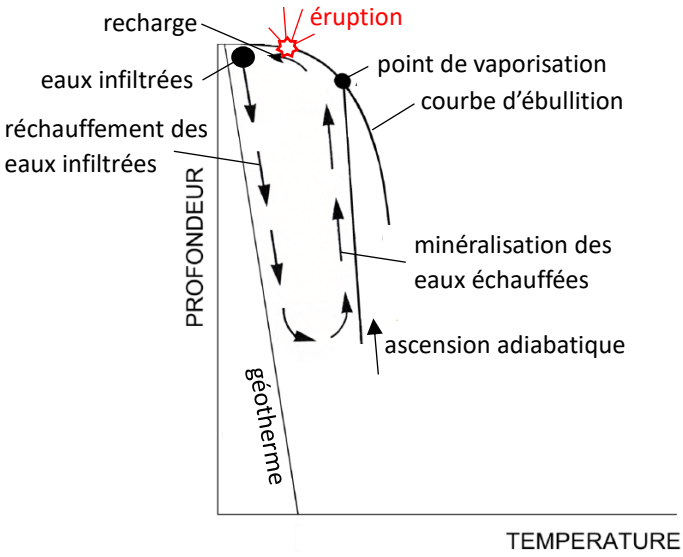
Cette chronologie des éruptions peut cependant changer : *Castle Geyser* a des éruptions majeures et mineures, selon la durée de l'éruption et si l'éruption se termine - ou non - par une phase vapeur : les éruptions mineures s'arrêtent pendant les 15 à 20 premières minutes de la phase d'eau et perturbent le

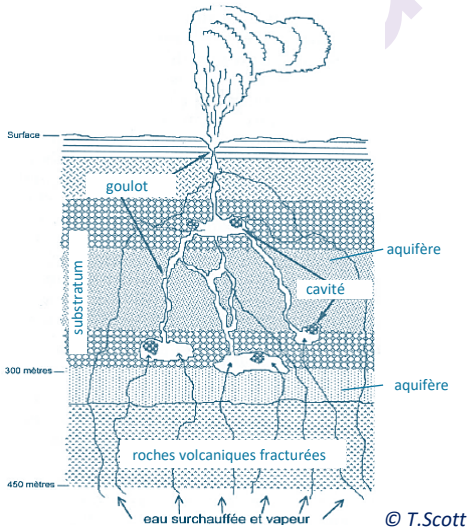
système, et on ne peut plus savoir si la prochaine éruption sera mineure ou majeure et, si c'est une éruption majeure, quel sera le délai. *Castle Geyser* est considéré comme un des plus vieux geysers du Parc, avec une datation du cône d'un peu plus de 1 000 ans (^{14}C) mais son soubassement est considéré beaucoup plus ancien (près de 5 000 ans ?).

Tout autour du geyser, de petites piscines naturelles, de couleur jaune, turquoise ou bleu nuit, parfois en ébullition permanente et aux eaux très chaudes (souvent 90 °C) et acides, complètent l'activité hydrothermale du site. L'ébullition de ces petits bassins étonne souvent les visiteurs : pourquoi un tel bouillonnement alors que les pancartes affichent une eau à 90 ou 93°C ? Ils oublient simplement que le Bassin Supérieur est à une altitude de 2 200 mètres…

- **Le fonctionnement du geyser**

L'activité éruptive d'un geyser tient au passage d'une eau soumise à des transferts de chaleur et qui entre en ébullition. Dans l'(les) aquifère(s) situé(s) au-dessus d'une source de chaleur (dans le cas de Yellowstone, une chambre magmatique), les eaux hydrothermales, échauffées (=> moins denses), remontent vers la surface et libèrent peu à peu les gaz initialement dissous : un mixte liquide et vapeur est alors atteint.





© T.Scott Bryan, modifié

D'une façon un peu simpliste, on peut dire que la dilatation induite par le changement d'état détermine l'émission du jet, dès lors que la pression au sein des conduits dépasse celle imposée par la colonne d'eau sus-jacente. A la condition qu'un évent pré-existe en surface : si ce n'est pas le cas, le couvercle du système explose et une partie du mélange liquide-vapeur est expulsée d'une façon plus marquée. L'éruption dure peu (quelques minutes à une heure) car les conduits du système hydrothermal se remplissent très vite lorsque l'éruption est initiée et se chargent d'une eau plus froide qui se réchauffera peu à peu… jusqu'à la prochaine vaporisation.

- **L'hydrothermalisme de Yellowstone**

Yellowstone est installé sur un point chaud dont l'activité est connue depuis le Miocène. Le panache est ancré à la limite du manteau supérieur et la croûte qu'il traverse est affectée par une distension de direction SW-NE, distension qui a favorisé le système volcanique de *Snake River* connu depuis 15 Ma (*Mc Dermitt field*, au SW) jusqu'à la région de Yellowstone (2.1- 0,64 Ma au NE). Yellowstone est caractérisé par une caldeira dont les contours actuels ont été établis il y a environ 640 000 ans. Cette caldeira est située à l'aplomb d'une chambre magmatique proche de la surface (environ 4 kilomètres) et au-dessus de laquelle on retrouve un aquifère dont la température est estimée à 200-300 °C vers 2 kilomètres de profondeur, surmonté d'une voire deux nappes superficielles alimentées par les eaux de pluie, le ruissellement et *Firehole River*. Les conditions sont donc réunies pour mettre en place un hydrothermalisme continental.

Les eaux émises en surface au niveau du Bassin Supérieur sont très chargées en silice (306 ppm – 390 ppm), très sodiques, dépourvues de calcium et les teneurs en Cl^- et HCO_3^- sont +/- importantes selon les secteurs. Cette composition reflète la nature lithologique du substratum percolé, à dominante volcanique.

- **La geysérite et les dépôts algaires associés**

La geysérite correspond à une forme de silice (silice amorphe hydratée) : les eaux infiltrées se réchauffent, et la silice s'exprime par un polymorphe autre que le quartz, instable à haute température. Lors de l'arrivée en surface des eaux « chargées » en silice, les changements de pression et de température déterminent la précipitation de cette silice sous forme de dépôts dont l'aspect change selon la proximité avec l'évent. Autour de ce dernier, la geysérite forme des concrétions +/- massives, parfois litées voire grumeleuses. Un peu plus loin, ces dépôts sont plus hétérogènes, stratifiés, souvent liés à divers détritus et autres éléments terrigènes apportés par les eaux de ruissellement. La geysérite la plus pure, sorte d'opale, se retrouve donc sur les bords immédiats de l'évent. L'eau qui reste dans l'évent peut-être opalescente sinon d'un bleu plus ou moins intense, résultant de la diffusion de la lumière au sein d'une eau encore chargée de silice en suspension.

D'autres couleurs : jaune, rouge-orangé, bleu, vert…, s'ajoutent souvent au blanc-gris de la geysérite. Il s'agit de biofilms de cyanobactéries, bactéries photosynthétiques ou non, archées…, souvent extrémophiles, et/ou de leurs produits qui viennent s'installer entre les concrétions ou les tapisser d'une sorte d'enduit +/- visqueux. Parmi ces extrêmophiles, on retrouvent des thermophiles voire des hyperthermophiles pouvant supporter des températures dépassant les 80°C, des acidophiles ou encore des thermo-acidophiles !

Et en France (métropolitaine) ?

Un des plus célèbres « geysers » situé en métropole est celui de Vals-les-bains (Ardèche). Les puristes parlent davantage de source intermittente… et jaillissante : il est situé dans un contexte de gradient géothermique insuffisant pour porter à ébullition l'eau sous-jacente et si un jaillissement se produit, c'est davantage à cause de la pression de dégazage du dioxyde de carbone dissous dans l'eau : lorsque la pression du gaz est suffisamment importante, l'eau s'échappe de la poche où est accumulé le gaz, jaillit, ne dépassant pas quelques dizaines de dégrés, guère plus. On qualifie parfois cette source intermittente de « geyser à CO_2 ».
La source de Vals-les-Bains donne une d'eau bicarbonatée sodique et gazeuse. Il s'agit d'un jaillissement naturel, qui se fait à travers un forage artificiel…, et dont la fréquence est contrôlée par la municipalité (un jaillissement toutes les 6 heures) ! Le jet peut atteindre quelques mètres et l'éruption dure quelques minutes.
D'autres manifestations de ce type sont connues en France, notamment en Auvergne, dans la région de Sainte-Marguerite et de Bellerive sur Allier, au Sud-Est de Clermont-Ferrand.
Si vous souhaitez observer un jaillissement plus « champêtre », moins artificialisé (et encore…), vous pouvez vous rendre à quelques kimomètres de là, en rive droite de l'Allier, à Lignat (commune de St Georges-sur-Allier). La source intermittente est installée au niveau d'une ancienne meule de grès, l'eau jaillissante en son centre après quelques « gargouillis » annonciateurs. En 1982 (date du cliché ci-dessous), l'endroit n'était pas aménagé et quelques vieilles personnes venaient y remplir de temps à autres leurs bidons d'une eau gazeuse, ferrugineuse, à laquelle on prêtait quelques vertus (apaisante et fertilisante…, disait-on !). Jaillissement de quelques dizaines

de centimètres, toutes les 10-12 minutes, pendant une minute tout au plus. Aujourd'hui, la source est balisée, aménagée sommairement (marches d'accès en bois, meule étanchéifiée, entourée d'une dalle cimentée et d'un cadre en bois).

© H. Rebours

prepas-svt / prepas-bio