



Tour de France 2026

Aide au commentaire géologique

par

Patrick De Wever, Pr émérite, MNHN, Paris

avec la collaboration de

Pierre Thomas, Pr émérite, ENS de Lyon

Olivier Dequinsey, Dr, agrégé SV-STU, DGESCO/ENS de Lyon



LÉGENDE / THE KEY

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| Grand Départ | Arrivée Finale |
| Ville ou ville départ | Stage en ligne |
| Ville ou ville arrivée | Stage |
| Stage | C.C. Individuel |
| Stage | Individuel time trial |
| Stage | C.C. par équipes |
| Stage | Road race trial |

Remerciements

Merci pour leur aide et/ou suggestions à Mireille Béal, Pr Guillaume Billet, Pr Sylvain Charbonnier, Dr Francis Duranthon, Grégoire Egoroff, Dr Sébastien Garnaud, Dr Damien Germain, Dr Pierrick Graviou, Dr Damien Huyghe, Dominique et Philippe Leroux, Pr Francis Meilliez, Michel Picard.

Un remerciement particulier à Karine Bozzacchi, pour sa confiance qui a bien facilité la tâche.

Texte téléchargeable sur les sites de



Société géologique de France



Planet Terre (ENS de Lyon)



Société géologique du Nord



Centre de Recherches, Paléontologie, Paris

Étape 1 – Samedi 4 juillet 2026

Barcelone > Barcelone – 19 km (clm)

Barcelone est encadrée par la chaîne de Collserola (massif montagneux) à l’Ouest, et bordée par la mer Méditerranée à l’Est.



Montserrat : à l’Ouest de Barcelone, est célèbre pour ses **falaises escarpées** et ses **piliers verticaux** de roches faites avec de gros galets (conglomérats). Ces formations résultent de l’érosion des Pyrénées, et offrent un paysage spectaculaire et unique dans lequel un célèbre monastère est abrité.

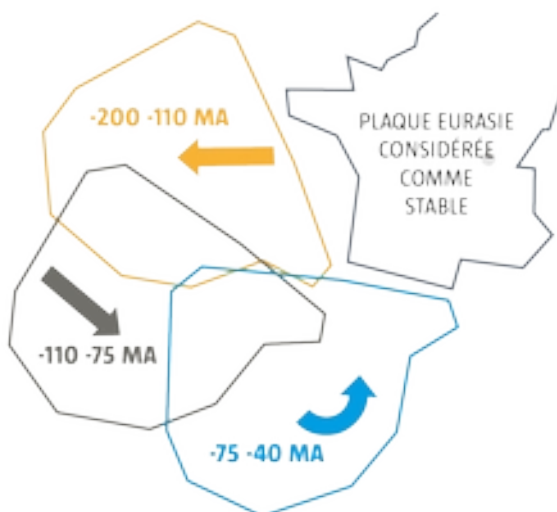
Le monastère bénédictin de Montserrat appuyé sur des parois de conglomérat.

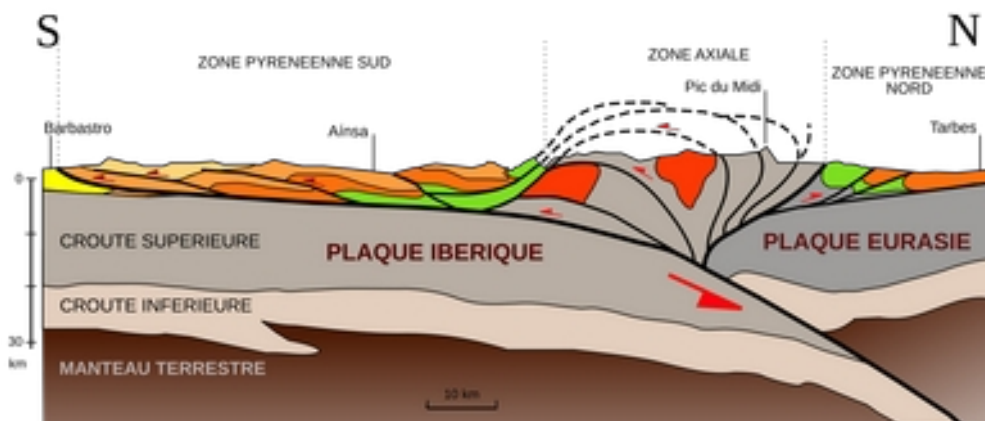
Barcelone, au Sud des Pyrénées. Cette chaîne de montagnes résulte de la collision entre la plaque Europe-Asie et la plaque Ibérique. La collision a été active entre la fin du Crétacé (80 Ma) et s’est terminée il y a 20 Ma, au Miocène. La plaque ibérique ne se déplace donc plus à l’heure actuelle vers l’Europe et les Pyrénées sont une chaîne inactive.

La plaque ibérique, initialement en face de la Bretagne, est descendue vers le Sud, a tourné sur elle-même puis est venue emboutir le Sud de la France (la plaque Europe-Asie).

MA = millions d’années

Lors de la collision, un bourrelet s’est créé : les Pyrénées.





Coupe géologique des Pyrénées centrales : la plaque ibérique plonge sous la plaque eurasiatique. Le raccourcissement dû à la collision entraîne la remontée (surrection) des couches profondes. L'érosion pendant 40 millions d'années enlève les couches les plus surélevées (traits en pointillés).

Sagrada Familia

Art nouveau et monde microscopique : les radiolaires

L'Art nouveau, fin du XIX^e et du début du XX^e siècle, s'appuie sur l'esthétique des lignes courbes, couleurs, ornements, inspirés de la **nature**, non seulement en ce qui concerne l'ornement, mais aussi d'un point de vue structurel. Né en réaction aux dérives de l'industrialisation et la reproduction sclérosante des grands styles, ce mouvement a connu un rapide développement international.

Étant l'un des premiers à dessiner une multitude de coquilles (microscopiques ou non), fleurs, méduses, dans un but scientifique, **Ernst Haeckel** peut être considéré comme un précurseur de l'Art nouveau.

Réaliser l'unité de l'art et de la vie, tel était l'objectif déclaré de l'Art nouveau. Prendre la nature comme référence, c'est alors réagir contre le rationalisme du début de l'ère industrielle. Barcelone s'illustre par des monuments art nouveau, parmi lesquels ceux de l'architecte **Antoni Gaudí**, avec la célèbre basilique de la *Sagrada Familia* dont la construction, commencée en 1882 n'est pas achevée.



La Sagrada Familia (Barcelone, Espagne) de A. Gaudi, est inspirée de formes de la nature © Bernard Gagnon CC BY-SA 3.0

La façade de la Passion de la Sagrada Familia, Barcelone, Espagne s'affiche comme inspirée des radiolaires © Bernard Gagnon CC BY-SA 3.0



Détail de vitraux vus de l'intérieur qui évoquent clairement les agencements de pores de radiolaires. © Paolo da Reggio [domaine public]

Coupole principale à l'intérieur de la Sagrada Familia qui s'appuie sur ses piliers comme des segments de radiolaires se prolongent par des épines © Poniol60 [CC BY-SA 3.0]



Radiolaires ayant inspiré Gaudi pour les ornements et la structure de sa Sagrada Famliia (E. Haeckel)

Pour souligner cette relation entre l'architecture et le monde microscopique, une exposition avait été consacrée à ces organismes dans la basilique.

Antonio Gaudi
Un centenaire et une consécration

Le Tour de France, à sa manière, salue le centenaire de la mort d'Antonio Gaudi (25 juin 1852 - 10 juin 1926). En ce mois de juin sera inaugurée la plus haute tour, la « Tour de Jésus ». La présence du Pape Léon XIV est annoncée. La plus grande de ses aiguilles de pierre en spirale est coiffée d'une monumentale croix en trois dimensions dans le plus pur style gaudien. Elle devrait culminer à 172,5 mètres de hauteur, redessinant la ligne d'horizon de la capitale catalane.

Pour certains fidèles, l'étonnant bâtiment témoigne de la foi exceptionnelle de son auteur, dont ils réclament la béatification.

Étape 2 – Dimanche 5 juillet 2026

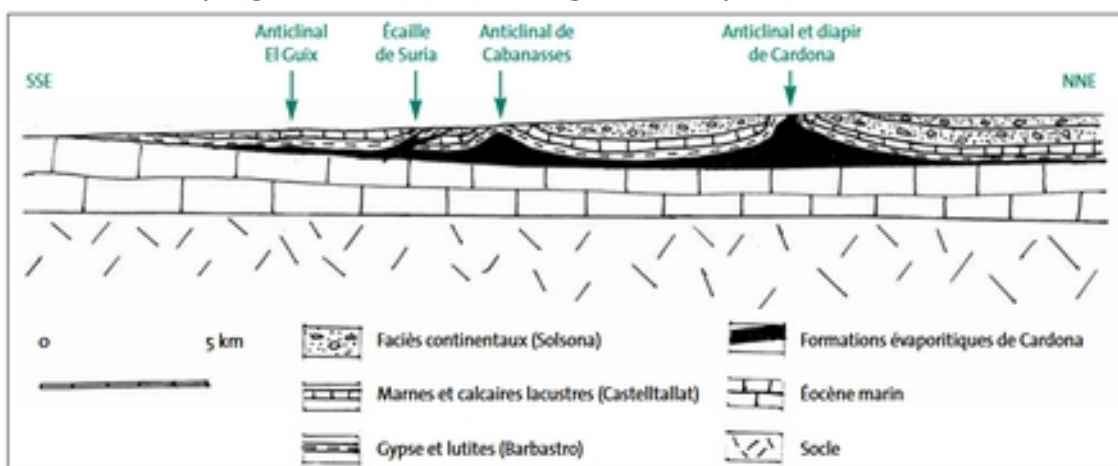
Tarragone > Barcelone – 182 km

On longe beaucoup la côte.

Après le Col de Begues : on longe **plusieurs grandes carrières de pierres de construction, de granulats et cimenterie** (encore après Valirana).

Un peu plus à l'Ouest (à une cinquantaine de km), le bassin sédimentaire de l'Èbre, s'étend de la Navarre à la Catalogne. Vers –60 à –50 millions d'années (Tertiaire - Paléogène) se sont déposés des sédiments marins. Par la suite (vers –30 Ma, Éocène), le bassin n'a plus été connecté à la mer et un lac s'est formé. Soumis à une très forte évaporation. Se sont alors déposées des évaporites (sédiments **hyper-salés** tels que sel gemme, gypse, potasse...). Vers –25 Ma, ces formations salines sont recouvertes par des sédiments continentaux rougeâtres.

Le plissement pyrénéen a affecté le bassin de l'Èbre. Des remontées de sel, de gypse, se sont formées (diapirs), parfois jusqu'en surface, permettant leur exploitation et/ou piégeant localement du gaz ou du pétrole.



Parc naturel de Collserola (juste avant le retour dans la conurbation de Barcelone)

Étape 3 – Lundi 6 juillet 2026

Granollers > Les Angles – 196 km



Gerri de la Sal

Des gisements de sel : biens culturels

Du côté espagnol, tout près de la frontière Sud de l'Andorre, existent de petits gisements de sel gemme (âge triasique, –250 millions d'années), comme à Gerri de la Sal, exploité par dissolution *in-situ*.



Gerri de la Sal : village espagnol
© J. Renalias [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Depuis l'époque romaine la production de sel a été une activité importante dans le village. Après un déclin, des salines ont été ouvertes et, en 1996, celles-ci ont été déclarées **biens culturels** d'intérêt national dans la catégorie des monuments historiques et sont désormais visitables.

Fond-Romeu, sur le cœur de chaîne Granites et four solaire

Le **four solaire d’Odeillo**, 50 m de haut, 60 de large et 30 de profondeur, a été mis en service en 1969. Sa puissance thermique est d’un mégawatt, et il atteint 3 300 °C ! **Un des deux plus grands fours solaires du monde.**

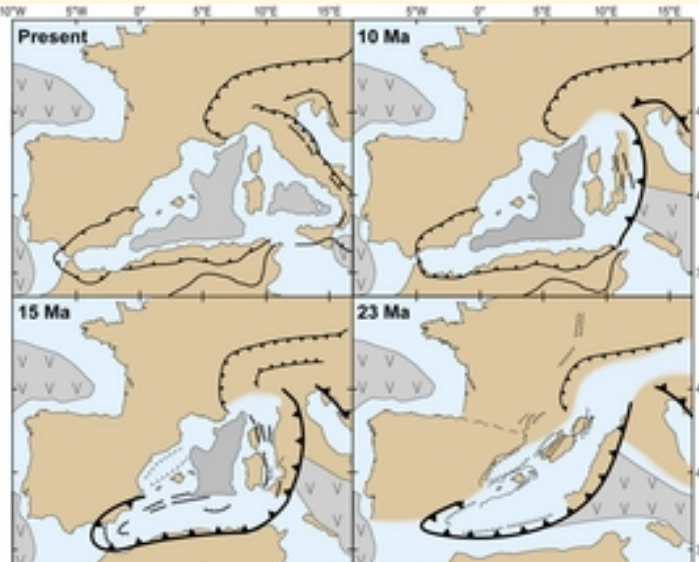
Le four solaire d’Odeillo a servi de modèle dans le monde entier, démontrant le potentiel de l’énergie solaire et ses multiples applications.



Le contexte du four solaire d’Odeillo et ses miroirs (en 2007)

Des Pyrénées inactives et pourtant en élévation !

Les Pyrénées sont à l’heure actuelle une chaîne de montagne où la tectonique compressive n’est plus active depuis 20 Ma. Pourtant les Pyrénées orientales se sont **soulevées de près de 1 000 m depuis 10 Ma**. Ceci est dû à l’ouverture du Golfe du Lion. Initialement la Corse et la Sardaigne étaient rattachées au Sud de la France et à la Catalogne respectivement, constituant la terminaison orientale de la chaîne pyrénéenne. Elles se sont détachées du continent depuis une vingtaine de millions d’années. À cause de cela, du manteau chaud est venu se placer sous les Pyrénées orientale, induisant son soulèvement progressif sans que de la tectonique compressive n’intervienne.



Rotation de la Corse et de la Sardaigne depuis 23 millions d’années (d’après Lacombe et Jolivet 2005, modifié)

Étape 4 – Mardi 7 juillet 2026

Carcassonne > Foix – 182 km



Juste avant Espéraza.

Rennes-le-Château

La commune de Rennes-le-Château fait partie du massif des Corbières, un chaos calcaire formant la transition entre le Massif central et les Pyrénées.

La commune a été rendue célèbre par l'abbé Bérenger Saunière, curé qui, à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, entreprit à ses frais des travaux de rénovation et d'embellissement de l'église et de ses abords. Divers auteurs ont émis l'idée qu'il aurait trouvé un **trésor** en 1885 dont l'origine reste mystérieuse.



Vue du domaine de l'abbé Saunière. © Mairie de Rennes-le-Château — Travail personnel, CC BY-SA 4.0

Espéraza, musée Dinosauria

À Rennes-le Château ont aussi été trouvés des œufs de dinosaures dans les marnes rouges du Crétacé (–71 à –66 Ma). Ces œufs sont maintenant visibles au musée **Dinosauria**, spécialisé dans le domaine des dinosaures, situé dans la commune voisine d'Espéraza.

À Dinosauria sont visibles jusqu'à 35 espèces différentes de dinosaures, sous forme de squelettes ou de modèles reconstitués grandeur nature.

La haute vallée de l'Aude recèle le **plus important gisement de dinosaures de France**. Chaque année, les paléontologues extraient leurs ossements et leurs œufs des roches de la région.



Ampelosaurus ataxis du grec Ampelos (vignes) et de Atax le nom latin du fleuve Aude. Il a en effet été retrouvé dans le vignoble de Limoux. © Jens Lallensack, cc-by-sa 3.0

Ce squelette de « dinosaure des vignes de l'Aude » est le plus complet des dinosaures de cette taille (douze mètres de long) découverts en France.

Espéraza : une relation vignes et dinosaure

- * une blanquette de Limoux appelée « Cuvée des dinosaures »
- * un dinosaure baptisé « *Ampelosaurus* », le dinosaure des vignes

Dans les **sédiments** détritiques (débris issus de l'altération) plus ou moins fins se trouvent des os de dinosaures, ce qui a conduit à la "**cuvée des Dinosaures**" pour une **blanquette de Limoux**.

En retour, un dinosaure (végétivore) trouvé à cet endroit a été baptisé *Ampelosaurus* : ce dinosaure sauropode vivait en France, au Crétacé supérieur, il y a 70 à 66 millions d'années.



Ampelosaurus atacis, reconstitution

Trois manières de voir des dinosaures à Espéraza.

(1) Aller au musée.



La grande salle du musée des dinosaures d'Espéraza

(2) Suivre un sentier aménagé, le « sentier des dinosaures » avec des panneaux explicatifs, où l'on passe près du chantier de fouilles. Quand des fouilles ont lieu l'été, on peut assister à ces fouilles¹.

1 https://www.audetourisme.com/fr/fiche/esperaza/sentier-des-dinosaures_TFOITILAR011V513OQC/



Panneau au départ du sentier des dinosauriens d'Espérasa.

(3) Voir une reproduction de dinosaure installée sur le bord de la D118 à l'entrée d'Espérasa. C'est peut-être la première fois que les coureurs croiseront un dinosaure !

Le dinosaure sur le bord de la route du Tour, à l'entrée Est d'Espérasa



Un autre mystère de la région, le puech de Bugarach Occultisme et mètre étalon

Point culminant du massif des Corbières, 1 230 m, le puech de Bugarach est réputé avoir des propriétés telluriques particulières, abriter un trésor caché, être un refuge ou garage d'**OVNI**, etc.

En 2012, avec une fin du monde annoncée, beaucoup de personnes s'y sont précipitées car il était supposé être le seul endroit au monde à être épargné.

Le Pic de Bugarach (Aude), paysage un peu particulier, est surtout connu par les nombreux mythes et légendes qui l'entourent².

Le lieu empreint de légendes.

L'une d'elle dit que l'Aude était, autrefois, une plaine immense et fertile sur laquelle veillaient des fées et des lutins tels Bug et Arach. Mais cette plaine subissait les aléas de Cers, ce vent fils d'Éole, qui empêchait de bonnes récoltes. Les deux lutins sont allés implorer Jupiter de les aider à calmer les outrances de Cers. Alors le Dieu de l'Olympe dressa un promontoire protecteur qui prit le nom des lutins, Bugarach, qui permit à la plaine de Roussillon et au plateau des Corbières de prospérer.

Le site est souvent cité dans de nombreuses rumeurs un peu mystérieuses. Il est intégré dans l'histoire des pays cathares et de ses forteresses construites sur les crêtes et de ce fait considérées comme inexpugnables, dont les ruines aident l'imaginaire. Outre les cathares, ce serait le lieu aussi d'une **base extraterrestre**, cachée dans ses entrailles, abritant un puissant réseau karstique développé dans le calcaire.

Cette lumière sur le pic de Bugarach invite à lui voir une "vie intérieure" © Vassil / CC0



Ces histoires oscillent entre la fin du monde, une **porte galactique**, un **garage à OVNI**, un lieu d'inversion magnétique, un centre d'énergies telluriques, un sanctuaire de l'**Arche d'Alliance**, ou une cache de plusieurs **trésors** du monde (Grael, wisigoths, templiers, etc.). Dans les années 60, mystiques et hippies se sont installés

² Inspiré de P. De Wever, 2021. Histoires secrètes de cailloux, Belin, 266p

dans la région, alimentant de nouveau les mythes. Selon une rumeur, le pic, fait de très nombreuses cavités, abriterait une **base souterraine extraterrestre**. Ses occupants, originaires de la constellation d'Orion, devaient sauver grâce à leur vaisseau les élus qui s'y seraient réfugié le jour de la **fin du monde le 21 décembre 2012**. Ainsi le pic de Bugarach était une sorte de nouvelle Arche de Noé. Cette rumeur fut tellement forte que la préfecture a interdit l'accès au pic et à ses galeries souterraines, de même que le survol de la montagne du 19 au 23 décembre 2012.

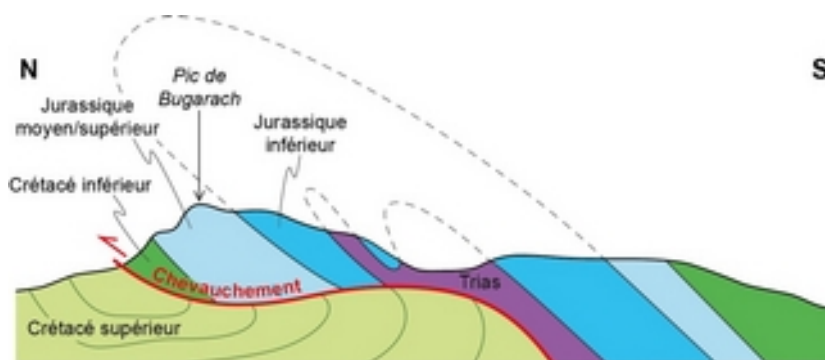


Restes de marques sur les roches de Bugarach, avec une annonce la fin du monde © LucasD / CC BY-SA 4.0)

Dans les évocations de fin du monde annoncée pour le 21 décembre 2012, ce site était supposé être épargné car il est une "montagne inversée". Bigre. De fait la montagne n'était pas inversée, mais certaines de ses couches l'étaient, ce qui n'est pas la même chose.

Les Pyrénées se sont formées quand le continent ibérique (Espagne + Portugal) a commencé à se rapprocher de la France, il y a environ 50 millions d'années. Les terrains qui se sont rencontrés et affrontés ont alors formé un bourrelet, un relief. Certains couches se sont plissées, et même parfois ont formé des plis qui se sont couchés.

Les niveaux plus plastiques, tels le sel et le gypse déposés au Trias (il y a 250 Ma) ont permis que des couches glissent les unes sur les autres. Certains plis se sont étirés et ont chevauché les terrains voisins. L'érosion a ensuite fait son œuvre et érodé certaines parties. Les éléments les plus hauts ont été les plus sévèrement attaqués, si bien qu'il ne reste parfois que la partie inverse du pli, là où les couches sont en position inverse. Certains éléments du pli, l'axe montre des couches verticales, dont les parties dures résistent à l'érosion et formes des pics.



S Structure géologique de la région du pic de Bugarach. Le Nord est à gauche, le Sud à droite. Les plis se sont déversés vers le Nord. L'un d'eux a glissé et chevauche les couches plus récentes.

Le relief particulier est lié à la structure de l'ensemble, issu d'un pli couché. Les couches supérieures sont plus anciennes (135 Ma) que les couches inférieures (80 Ma), ce qui lui a valu le nom de « montagne inversée ».

Le pic de Bugarach. Le paysage est propice au rêve
© ArnoLagrange / CC BY-SA 3.0



Certains éléments de géologie ont donc été intégrés pour en établir une sorte de mythologie. La montagne a été supposée protectrice car elle était susceptible de cacher des choses dans son réseau karstique. Et il y a des "couches inversées", sans doute que ces éléments géologiques sont un peu difficiles à comprendre et ont été interprétés comme un peu "magiques". Alors, comme pour beaucoup de mythes, quelques miettes de faits ont été accommodées avec une abondante sauce où seul l'imaginaire était débordant.

Il reste un fait scientifique associé à cette montagne : c'est sur le pic de Bugarach que Jean-Baptiste Delambre et Pierre Méchain, astronomes et mathématiciens, posèrent un des jalons fondateurs du système métrique universel. À la fin du XVIII^e siècle, afin de **mesurer un bout de l'arc terrestre**, de Dunkerque à Barcelone. Ces travaux permirent de définir le « **mètre étalon** » soit la dix millionième part du quart de la longueur d'un méridien terrestre (la longueur du méridien ayant été décrétée égale à 40 000 km).

Étape 5 – Mercredi 8 juillet 2026

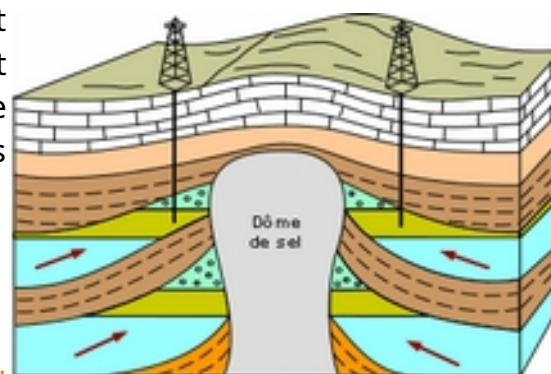
Lannemezan > Pau – 158 km

Des remontées de sels en diapirs

Plusieurs villes ont des sources chaudes liées à l'existence de remontées de sel (diapir), que ce soit du sel gemme et un autre sel : le gypse (qui explique la présence d'usines de placoplâtre).

Les remontées de diapirs forment des pièges (gaz, pétrole, eau) bien exploités dans la région mais le sel lui-même est foré pour constituer des stockages de gaz

Les évaporites sont des roches qui ont une conductivité thermique largement supérieure aux autres roches (3 fois plus que les argiles), qui contribue à la maturation des hydrocarbures en profondeur.



Pièges mixtes associés à un diapir

Le long du dôme de sel : des pièges (eau, pétrole gaz..
– niveaux bleu, jaunâtres, verts avec des points).

Le gypse³, un minéral riche en eau

Le gypse est exploité depuis l'Antiquité. Les Égyptiens l'utilisaient déjà pour les mortiers et le plâtre (en plâtrage ou pour la statuaire), comme en atteste la nécropole de Gizeh.

Le gypse désigne à la fois un minéral et une roche. La roche est parfois appelée pierre à plâtre. Le minéral est un sulfate de calcium hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

L'eau dans les minéraux

L'eau existe sur Terre sous 3 formes, solide, liquide et gazeuse (glaciers, océan, air). L'eau existe sous une forme non visible dans les roches, constituant la structure cristalline elle-même. Le gypse en est une belle illustration.

L'eau fait partie de la maille cristalline, elle ne s'écoule donc pas. On peut laisser un cristal de gypse sur un buvard, on ne verra aucune trace d'humidité. Pourtant, ce même cristal enfermé dans un récipient de verre et chauffé fera apparaître des gouttes d'eau sur les parois du flacon.

3 Inspiré de P. De Wever, A. Cornée, 2020. Roches à tout faire, EDP Science, 304p



Le gypse est sec à froid. Pourtant il laisse échapper de l'eau (visible sur les parois du tube à essais) quand il est chauffé. Mais alors au fond du tube ce n'est plus du gypse, mais du plâtre.

D'autres minéraux que le gypse contiennent de l'eau, tels les minéraux argileux. Quand on les chauffe dans des fours, ils donnent des briques ou des tuiles, de la faïence...

Un océan dans le manteau terrestre ?

La plus grande réserve d'eau sur Terre se trouve dans les roches (outre l'eau interstitielle, celle qui peut s'écouler) puisqu'elle représente environ 1 % de la masse totale. L'eau constitutive ne mouille pas mais est néanmoins présente.

Plusieurs minéraux contiennent de l'eau, en particulier dans le manteau. Il y en a une telle quantité que l'on parle de « l'océan du manteau » (de 1 à 3 fois la quantité de l'océan mondial). La plus grande quantité d'eau sur Terre est donc dans les roches, mais elle n'y est ni visible, ni disponible.

La roche-gypse se trouve parfois sous forme de magnifiques cristaux transparents imitant le fer de lance ou les « pieds d'alouette ». Il est aussi très connu sous sa forme de "rose des sables".



Gypse fer de lance

La « rose des sables » : ni une rose ni du sable.
 La rose des sables n'est ni une fleur, ni du sable mais du gypse, un minéral qui emprisonne de l'eau, en plein milieu du désert !
 © L. Carpentier



La rose des sables se forme en pays chauds et secs. On en trouve en France, elles se sont formées quand le climat y était chaud, par exemple dans le Vaucluse (à Gargas).

Le gypse se déforme sous l'effet de contraintes on le dit ductile, à l'échelle géologique. De ce fait il constitue une « **couche savon** » sur laquelle se déplacent "très facilement" les grandes piles de roches (les "nappes de charriage" des géologues). La présence de couches de gypse dans le Jura en explique la structure : il s'agit d'un immense « coulis de masses calcaires » qui ont glissé vers l'Ouest quand les Alpes se sont élevées.

RECORD. Les plus grands, les plus gros

Les plus grands cristaux de gypse ont été trouvés en 1999 dans une mine du Mexique, à Naïca, état du Chihuahua : ils mesuraient jusqu'à 11 m de long !

Les cristaux géants de la mine de Naïca, Mexique
© A. Van Driessche CC BY 3.0



Relief du plateau de Lannemezan

Le départ de cette étape se déroule sur le plateau de Lannemezan et croise des reliefs prononcés. Ceux-ci ne sont pas liés à des déformations tectoniques, mais à l'érosion.

Le plateau de Lannemezan correspond à un **cône alluvial** : grand épandage de sédiments prenant généralement la forme d'une patte d'oie et qui se forme au pied des reliefs. Constitué de galets, de sable et d'argile, le cône de Lannemezan est le plus grand d'Europe. Il correspond à l'accumulation des produits d'érosion des Pyrénées depuis au moins une dizaine de millions d'années. Ce cône a ensuite été lui-même **incisé par les rivières** qui le traversent comme le Gers, la Baïse, la Save ou la Garonne sur sa bordure, créant des pentes locales comme la rampe de Capvern.

Ce relief exerce également une influence sur le climat en bloquant les circulations atmosphériques humides qui proviennent de l'Océan Atlantique et qui longent la chaîne pyrénéenne.

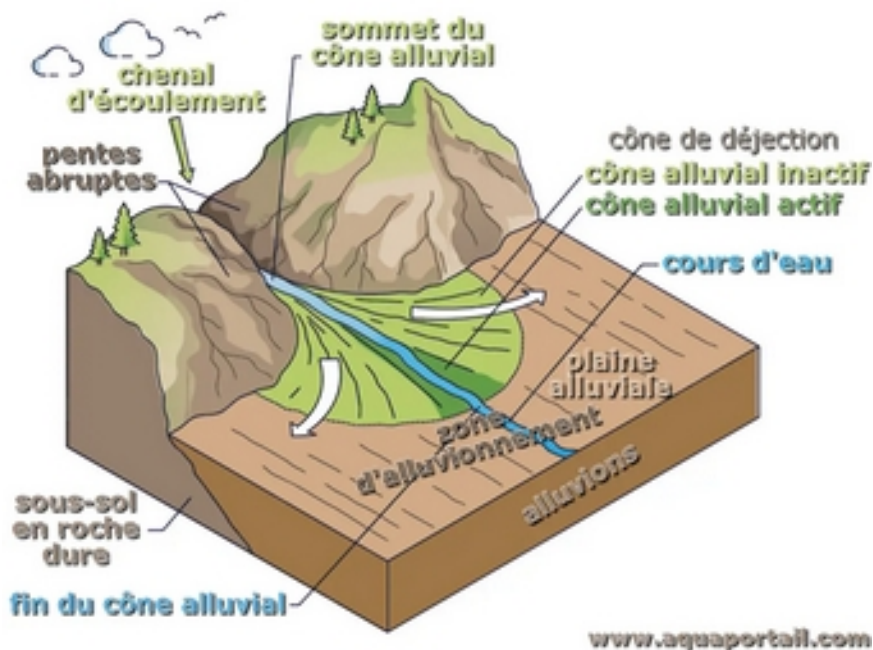


Illustration de la morphologie d'un cône alluvial



Étendue des cônes de Lannemezan et de l'Adour sur le piedmont Nord-pyrénéen

Étape 6 – Jeudi 9 juillet 2026

Pau > Gavarnie-Gèdre – 186 km

Le Béarn, patrie d'Henri IV, pays du Jurançon. La légende rapporte qu'Henri IV en aurait reçu quelques gouttes sur ses lèvres, préalablement frottées avec une **gousse d'ail**, à l'occasion de son baptême.

Région viticole du Béarn

Les collines au Sud de Pau sont occupées par des prairies et les vignes du **Jurançon**. Implantées à flanc de coteaux, orientées Sud-Sud-Est et à l'abri du vent, elles sont plantées dans le sens de la pente ou en terrasses.



Vigne de Jurançon face aux Pyrénées dont le Pic du midi d'Ossau, au centre
© Capbourru, cc-by-sa 4.0

Le Jurançon est un vin blanc (AOC). La même zone produit deux dénominations de vins blancs, un sec dénommé **jurançon sec** et un moelleux, nommé **jurançon** sans mention particulière.

Le vignoble couvre une superficie de près de 1 000 hectares, il est implanté sur des grès argileux au Sud. Au Nord, ce sont des poudingues (des roches détritiques solidifiées), recouverts de galets et graviers arrachés à la montagne et déposés par le gave de Pau.

Ce vin, qui a été servi à la table du roi Henri IV au XVI^e siècle, a pourtant failli disparaître et n'a retrouvé tout son lustre que dans la seconde moitié du XX^e siècle.

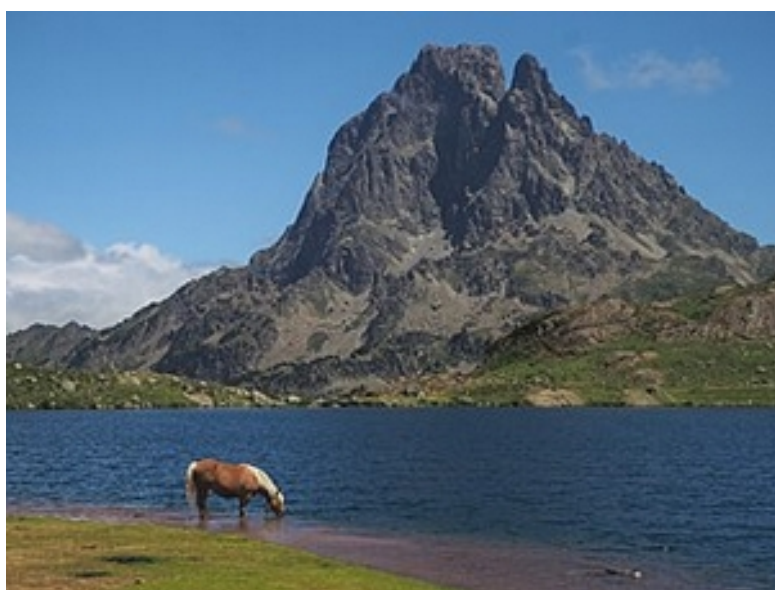


Rangs de vigne (cépage Menseng) perpendiculaires à la pente, quand la pente est forte
Rangs de vigne parallèles à la pente, quand la pente est faible

Paysage

Au hasard du trajet, on peut voir dans le lointain une montagne aiguë à la silhouette caractéristique (un « petit Cervin ») : le **Pic du Midi d'Ossau**. Cette aiguille est la cheminée d'un ancien volcan d'il y a environ 250 millions d'années, dont la caldeira atteint 12 km de diamètre.

Ce volcanisme est lié à une ancienne chaîne de montagne qui était située à la place des Pyrénées durant le Paléozoïque. Cette montagne, la chaîne hercynienne, suturait l'ensemble des continents rassemblés en une masse unique, la Pangée. Devenue trop lourde à la fin de sa vie, elle s'est effondrée sur elle-même, laissant remonter la croûte inférieure et le manteau supérieur chauds qui peuvent alors fondre partiellement et être à l'origine de divers types de magmatisme.



Vue sur le pic du Midi d'Ossau depuis le lac Gentau
© Cap Bourrut, cc-by-sa 4.0

Étape de "marbres" de décoration

En arrivant à Lourdes on touche les Pyrénées pour la première fois de la Journée. Lourdes est célèbre pour ses apparitions de Marie, pour ses pèlerinages, pour sa source miraculeuse qui sortait (elle est maintenant captée) d'une grotte. Cette source est une « exurgence kastique » qui sort au pied d'un rocher de calcaire urgonien (Crétacé inférieur, 125 Ma). La basilique est construite sur ce rocher.

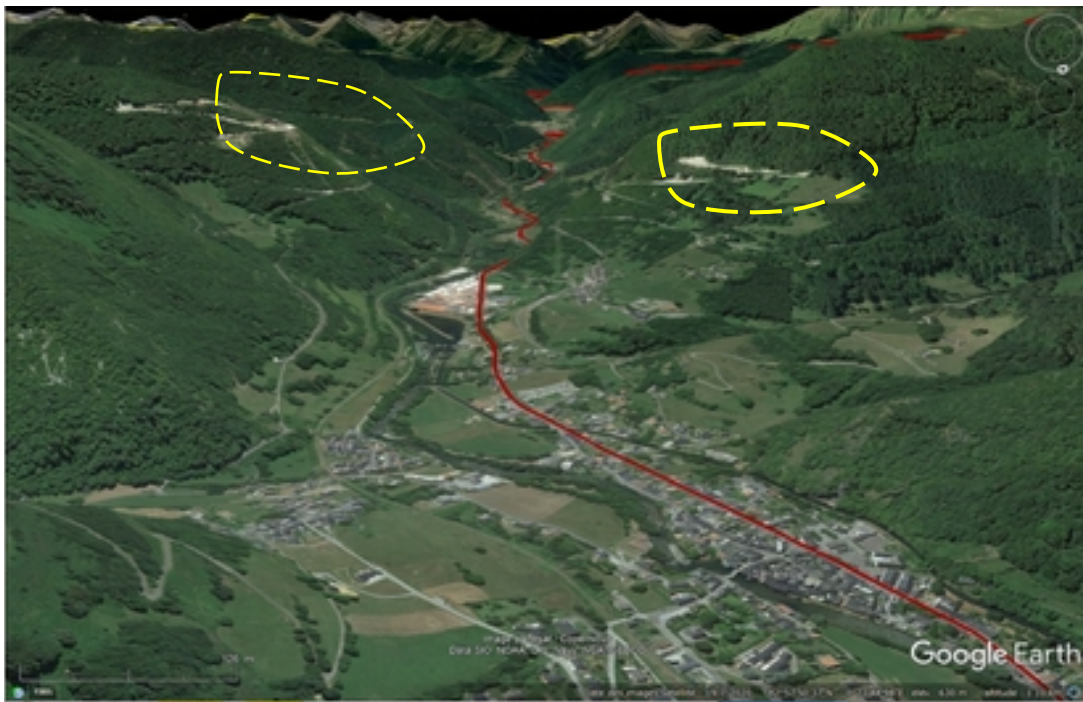


Le site géologique de la grotte de Lourdes : grotte creusée dans du calcaire urgonien
Google Earth Street View



Le cadre morphologique et géologique des sanctuaires et de la grotte de Lourdes (croix bleue) bâtis et creusés dans du calcaire urgonien (en orange)
Géoportail

De Barthe-de-Nesle, le Tour fonce droit dans les Pyrénées et en particulier à Sarrancolin. Juste après le village, se trouvent des **carrières de marbre** de part et d'autre de la vallée.



Les carrières du "marbre de Sarrancolin" sur les deux flancs de la vallée (pointillé jaune)

À Sarrancolin, les flancs de la montagne montrent des cicatrices : de grandes carrières d'une roche souvent faite de blocs décimétriques multicolores, appelée "marbre de Sarrancolin". Cette pierre ornementale est utilisée depuis longtemps ; certaines colonnes du château de **Versailles** en sont constituées (photos ci dessous). Aujourd'hui cette pierre est exportée pour participer à la magnificence des palais de la **péninsule arabique, de quelques chinois ou oligarques russes**.



Colonne de Versailles en Sarrancolin et cheminée Louis XV en Sarrancolin (Salon d'Abondant du Musée du Louvre).

Les carrières sont très visibles à 200 mètres au-dessus et de part et d'autre de la vallée. Des blocs polis décorent l'entrée Nord du village. Il s'agit de calcaire formé il y a 100 millions d'années, à éléments bréchiques de composition variée avec ciment ferrugineux rouge ou rosé, recuits par le métamorphisme pyrénéen (transformation des roches, en profondeur, sous l'effet de la température et de la pression).

C'est entre autres le fameux **marbre d'Antin**, la Rolls-Royce des marbres (du nom de ce ministre de Louis XIV qui nous a légué son nom avec la Chaussée d'Antin à Paris). Au milieu du XVIII^e siècle, un tremblement de terre fit effondrer la voûte de la carrière souterraine. L'exploitation en fut fortement ralentie. Elle a repris depuis quelques années avec des moyens modernes.

On distingue le « **Versailles** » d'un côté de la vallée, du « **Fantastico** » de l'autre. C'est d'ici que viennent les 30 colonnes de l'opéra Garnier.

Aujourd'hui on les trouve au Casino de Macao, dans des **immeubles de luxe** à Shangai, chez de riches particuliers arabes ou indiens en quête d'un intérieur hors normes... Avant, l'essentiel de la production partait aux États-Unis, mais la crise est passée par là et maintenant, la demande vient du Golfe persique et de l'Asie.

Le « marbre » de Campan



Colonnes de « marbre » de Campan (et pierre d'Angoulême), église paroissiale du Sacré Cœur, la belle Lourdes

À droite Campan rubané » de Versailles

Les carrières de Campan ne sont pas dans une zone qui a été touchée par le métamorphisme. Ce sont des calcaires amygdalaires ou noduleux⁴, verts ou rouges le plus souvent, qui se sont formés il y a 360 millions d'années (Famennien). Ce sont donc des marbres au sens des carriers mais pas au sens des géologues. On les retrouve aussi en Montagne Noire⁵ (carrières du Minervois) et utilisés à Versailles dans des colonnes du Trianon.

D'anciennes carrières sont visibles sur le bord de la route empruntée par le Tour (elles sont visitables pendant la saison touristique).

⁴ <https://asnat.fr/pdf/MarbresPyrenees-2017.pdf>

⁵ <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img645-2019-06-17.xml>



Il y a marbre et marbre

Le vocable **MARBRE** a des sens différents selon la profession du locuteur.

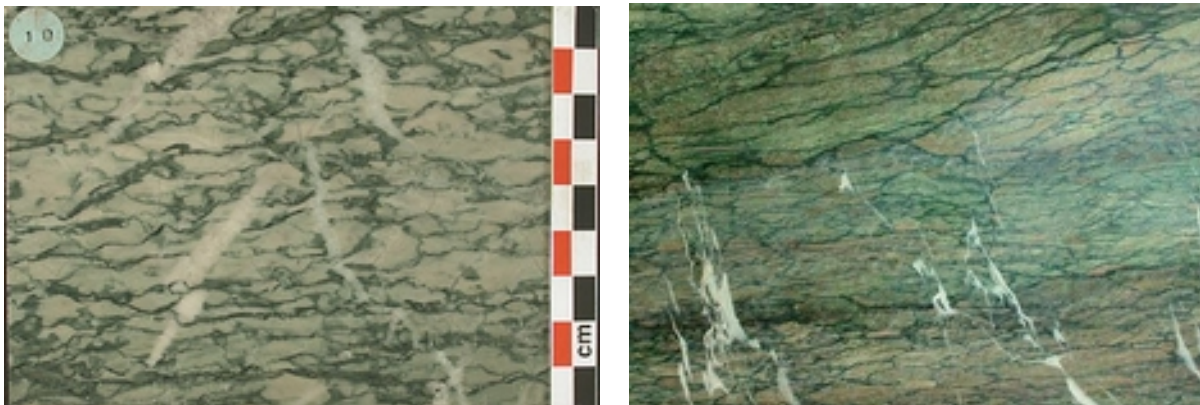
Pour le **marbrier**, ou le granitier, ou le carrier, un marbre est toute roche, qui, une fois polie ne montre pas de grain. Ce peut être un marbre, au sens géologique, ou une lave volcanique, ou une serpentinite ou un calcaire. La définition est liée à son aspect.

Pour le **géologue**, il s'agit d'un calcaire qui a subi un métamorphisme. Sa définition est liée à sa composition chimique et pétrographique.



Carrière de marbre visible le long de la route près du col d'Aspin

Cette carrière fut très active du XVII^e au XIX^e siècle. Elle est active à nouveau. Au voisinage du lac de Payolle se trouvent les carrières d'Espiadet d'où est extrait le **marbre de Campan**.



Marbres de Campan" visibles près de lac de Payolle

Les blocs du marbre de Campan, étaient d'abord remontés par chariots tirés par des bœufs jusqu'au col de Beyrède (voisin du col d'Aspin, un peu plus au Nord) d'où ils étaient descendus à Sarrancolin sur de vastes traîneaux.

À l'époque de Louis XIV, les marbres extraits de ces carrières étaient chargés sur des radeaux de troncs d'arbres, sur la Garonne jusqu'à Bordeaux puis chargés sur des navires à destination de l'embouchure de la Seine, d'où ils étaient remontés jusqu'à Paris par chaland.

Depuis l'Antiquité les carrières de Campan produisent plusieurs variétés de marbre, parmi les plus fameuses de l'histoire des pierres dures : le **Campan rubané**,

le **Campan Vert**, le **Campan Rose et Vert** et le **Campan grand mélange**, auxquels il faut ajouter une variété de **Griotte**, rouge.

Tous les Campans sont caractérisés par la présence de veines vertes, très sombres et marquées.



Ils ont été énormément utilisés dans les **grands appartements de Versailles** sous le règne de Louis XIV, pour des cheminées, des décors de panneaux muraux, en raison des très grandes qualités picturales de leurs motifs. Ainsi, **l'Escalier de la Reine** est principalement décoré de Campan vert et de Campan grand mélange.

Marbre de Campan" à Versailles

Architecture béarnaise⁶

Les maisons béarnaises, les **ostau**, bâties avec des galets du gave dans le mortier. Caractérisées par des murs en galets dans les plaines, ou de moellons dans les montagnes, et un toit en forte pente.



Architecture béarnaise utilisant les galets – © P.Charpiat – 2006, cc-by-sa 2.5

À gauche, mur de maison béarnaise - Navailles-Angos, France

À droite, disposition caractéristique des galets d'une maison béarnaise. Cette disposition est dite en **feuille de fougère**. Une arase de tuiles plates était fréquemment intégrée au mur à intervalles réguliers.

Dans les parties montagneuses, où les galets n'étaient plus disponibles à proximité, le matériau utilisé était la pierre brute. Contrairement aux galets de la

⁶ Inspiré de P. De Wever, P. Graviou, F. Duranthon, JM Pelé et B. David (2024).- Construire avec la nature, De la roche au bâti, ed. Belin, 330p.

plaine, ces pierres aux angles aigus pouvaient s'assembler sans mortier (murs en pierres sèches).

Par ailleurs, des bâtiments construits en pierre sèche dans les prairies de fauche, à l'écart du village, servaient, pendant l'hiver, à abriter et à nourrir les troupeaux descendus des estives. Ces granges foraines, ou *bordes*, remplissaient une double fonction d'étable et de fenil.



Les contraintes du climat exigeaient un léger déport des toitures d'ardoise - P.Charpiat cc-by-sa 3.0
À gauche, la façade ouverte au Sud reçoit une galerie de bois, utilisée comme séchoir
À droite, les bâtiments de l'exploitation regroupés autour de la cour centrale accessible par un portail, lui-même protégé par un porche

En traversant La Mongie dans la montée du Tourmalet, le Tour passe sous les câbles du téléphérique montant au Pic du Midi de Bigorre (2876 m). Il y a, là haut, un des ciels les plus purs de France, ce qui explique qu'un observatoire astronomique y a été installé depuis 1873.



Les coupes de l'Observatoire astronomique du Pic du Midi de Bigorre

Étape 7 - Vendredi 10 juillet 2026

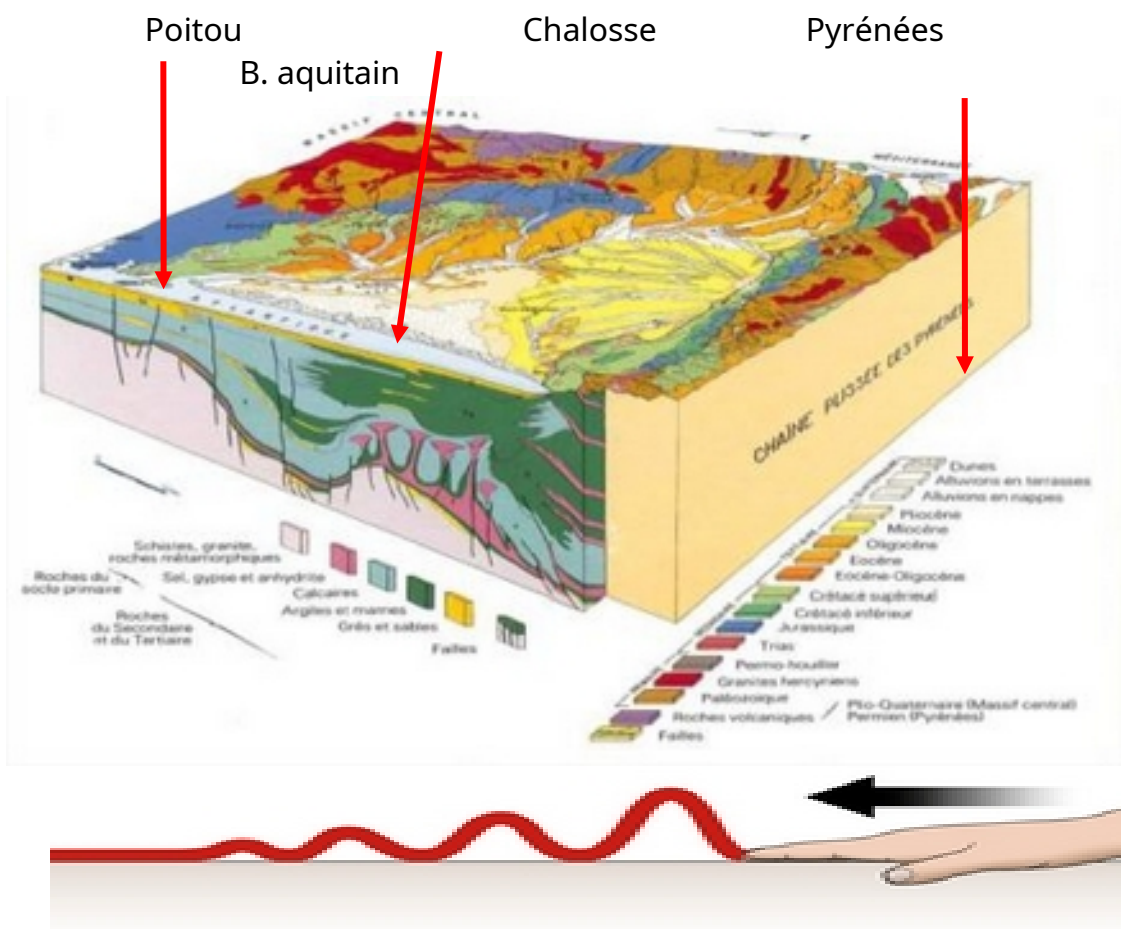
Hagetmau > Bordeaux - 175 km

Traversée du bassin aquitain, sur des sédiments issus de l'érosion des Pyrénées

Les matériaux des constructions en attestent

Le Bassin aquitain est une cuvette qui s'est formée en avant des plissements qui ont donné les montagnes des Pyrénées. Cette cuvette s'est remplie de sédiments détritiques (plusieurs milliers de mètres d'épaisseur au Sud, moins au Nord) issus de l'érosion des montagnes pyrénéennes.

Les roches sont des **molasses** (des grès, des calcaires-gréseux, des argiles, des galets...) utilisées dans la construction.



Architecture des Landes⁷

Les produits de l'érosion des Pyrénées (molasses, graviers, galets) se retrouvent dans l'architecture.

La maison landaise traditionnelle est une maison à colombages munie d'un toit à trois pans en « queue de palombe ». Elle était entièrement construite par le charpentier. Les murs n'étaient que du remplissage de **torchis**, mélange de paille et d'argile, tenu par baguettes de bois rigides (les esparrons) et ne contribuaient pas à la solidité de la construction. À partir du XIX^e siècle, le torchis fut remplacé dans certains secteurs par des briques plates ou une roche ferreuse (la **garluche**). Ce mode de construction à charpente totalement auto-portante est généralement rapproché de la charpenterie de marine.

La **maison landaise** classique constitue un modèle original. Elle est dite à pignon central. Couverte d'un toit à 2 pans principaux dont l'axe est perpendiculaire à la façade, elle mobilise de grands pans de bois entre lesquels est déposé un **torchis**, mélange de paille et d'argile. L'ensemble est ensuite recouvert d'un **crépi à la chaux**, reflet de la pauvreté de la région en matériaux de construction.



Ferme de Pouy à Solférino (Landes) - © Jibi44, cc-by-sa 3.0

Maison landaise à auvent à l'écomusée de Marquèze- Sabres- Landes © PA, CC BY-SA 4.0.

La maison de maître (à droite) est un modèle très répandu dans la région. La façade Est présente un mur pignon et un large auvent, (l'estantade), qui témoigne de la prospérité de ses habitants. Les demeures plus humbles sont dépourvues de cet auvent. Le choix du côté Est pour la façade principale de la maison n'est pas anodin. Il permet d'avoir le soleil du matin et de se protéger des fortes chaleurs estivales. La toiture à trois pans, en queue de palombe, descend très bas du côté Ouest, par lequel arrive la pluie. Ce côté est généralement dépourvu d'ouverture. On y effectuait de menus travaux, recevait les visiteurs ou on s'y reposait les soirs d'été.

⁷ Inspiré de P. De Wever et al. (2023).- Construire avec la nature. De la roche au bâti. ed. Belin, 330p.

Paradoxal : du sable très perméable et pourtant une zone humide !

Le Sable des Landes : un sol pauvre et humide

Les sédiments de surface sont à dominance sableuse, d'origine fluviatile ou marine et remobilisé en dunes par des vents puissants lors des glaciations quaternaires.

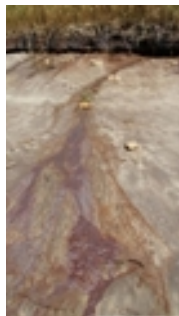
Ce sol est donc peu propice à la culture. Les métaux (fer surtout, mais aussi aluminium et manganèse), qui résultent de l'altération de roches précipitent à quelques décimètres de profondeur et cimentent le sable créant une couche **très dure et imperméable** appelé **l'aliros** (ou sa variété dite **garluche**, uniquement ferreuse) qui retient l'eau en surface laquelle est difficilement évacuée avec une topographie quasi plane résultant en nombreuse « lagunes » et marécages insalubres qu'il a fallu drainer par des fossés appelés « crastes » et planter de pins (le **pin des Landes**) **sous Napoléon III**. L'aliros malgré sa faible teneur en fer a été exploité comme minerai dans des temps reculés.



À gauche, la **garluche** : concrétion de fer qui a servi à la construction et comme minerai de fer
À droite : église construite en garluche (grès ferrugineux), Saint Jean-Baptiste de Mezos

Parfois, cette **garluche** intervient dans les soubassements des maisons à colombage (son imperméabilité est utilisée pour empêcher l'humidité de remonter).

Les eaux circulant sur, dans, et sous cette garluche peuvent, dans certaines conditions chimiques, se charger de fer dissout. Ces eaux ferrugineuses ressortent dans les points bas, ce qui engendre des sources rougeâtres et/ou irisées, en particulier au pied des dunes sur la côte. Bien des touristes, baigneurs et surfeurs découvrant ces sources ferrugineuses croient qu'il s'agit de pollution, alors qu'il s'agit d'un phénomène parfaitement naturel⁸.



Coulées d'eau ferrugineuse © J-L. Colas / v.h.a.

⁸ <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img582-2017-10-16.xml>

Pourquoi des canards dans le Sud-Ouest ?

Le Sud-Ouest est célèbre pour son **foie gras** et ses produits dérivés (magret, confit, etc.), issus principalement de canards mulards (hybrides de canards de Barbarie et de canard colvert).

La région de la Nouvelle-Aquitaine, bien que sableuse, offre des paysages riches en zones humides, étangs, lacs et rivières à cause de la garluche (ci-dessus). Ces milieux sont idéaux pour les canards, qui y trouvent nourriture (insectes, plantes aquatiques, petits poissons) et abri. Le climat doux et humide de la région favorise cet élevage toute l'année, avec des hivers moins rigoureux qu'ailleurs en France.

Des argiles et galets marquent l'architecture



Les habitats gersois avec la **terre crue**

Les maçonneries de cette maison rurale et de son mur d'enclos relèvent de diverses techniques à la terre crue, et d'une sélection d'autres matériaux. Le rez-de-chaussée maçonné en **Pierre**, puis enduit, est surmonté d'un étage à colombages comblés de **torchis**. Le mur d'enceinte mêle quant à lui **galets**, mottes, moellons et pierres de taille... Une association composite typique du Gers.

Le pignon de cette grange agricole présente un soubassement en galets et pierres de taille aux angles, sur lequel se dresse un mur en **pisé**.

Pisé, bauge, adobe et **torchis** sont les principales techniques traditionnelles de construction en terre crue.

- **Pisé** - Le mode de construction traditionnel à Lyon et dans toute sa région. La terre sèche est disposée dans un coffrage (les banches), comme on coulerait du béton. Puis elle est tassée pour en chasser l'air. Après compactage, on peut monter un nouvel étage, ce qui permet des constructions de grande hauteur.

Technique qui demande beaucoup de main d'œuvre. Si elle oblige à une solidarité villageoise, elle est aussi peu coûteuse à mettre en œuvre. Avec la révolution industrielle, la terre a pu être remplacée par du mâchefier (le résidu de la combustion du charbon).

- **Bauge** - On se contente d'empiler de la terre crue, gorgée d'eau pour la rendre plastique, afin de monter le mur. Le matériau utilisé étant assez liquide, le

mur a tendance à s'affaisser. On le rectifie ensuite avec un outil tranchant, alors qu'il n'est pas encore trop sec, pour le rendre plus droit.

Cette technique est très utilisée dans le bassin de Rennes et le Cotentin. La terre est généralement extraite sur place, ce qui explique la présence de mares autour des maisons en bauge.

- **Adobe** - Ce mot d'origine arabe désigne des briques de terre crue, renforcées d'un peu de paille hachée et séchées au soleil.

Technique, utilisée dans le grand bassin méditerranéen, en Afrique subsaharienne et en Amérique latine, qui se rencontre en France dans les régions de Toulouse et de Reims.

- **Torchis** - C'est d'abord une structure de bois dont les interstices sont comblés par un mélange de terre et de paille. La terre ne joue pas là de rôle porteur.

Technique connue des Celtes qui a permis la construction des maisons à colombages typiques des villes médiévales.

Des pins quotidiens

Les Landes sont constituées de sédiments récents (moins de 5 millions d'années). Cette zone plate est semée de petites retenues d'eau, les terrains sont **marécageux**. À la fin du XVIII^e siècle, la zone est plantée massivement de pins et voit ainsi l'évolution d'une économie agro-pastorale vers une économie de **sylviculture** (dont le gemmage : récolte de la **résine**). Ce sol pauvre et humide reste favorable à la culture du maïs aujourd'hui.



Gemma : récolte de la résine sur les pins des Landes

Le saviez -vous ?**L'eau bue à Bordeaux est de la pluie tombée il y a plus de 10 000 ans !**

Les eaux des nappes profondes, non polluées ne se renouvellent que très lentement. Ainsi, l'eau bue aujourd'hui à Bordeaux s'est infiltrée dans les Charentes ou l'Entre deux Mers il y a 15 à 20 000 ans (le climat était alors glaciaire).

S'il pollue, l'homme est responsable des conséquences pour des milliers d'années.

**Un blanc moelleux
avec les huîtres de Sainte-Croix-du-Mont**

Environ 40 km en amont de Bordeaux : **Sainte-Croix-du-Mont** (44,594°N - 0,284°W) est un pittoresque village perché en bordure des coteaux surplombant de plus de 100 m la Garonne. Plusieurs curiosités favorisent sa réputation.

1- Un terroir exceptionnel pour la production de vins blancs liquoreux très prisés des amateurs.

2- Une curiosité géologique : un amoncellement de coquilles d'huîtres (*Ostrea aquitanica*) déposées par la mer au Tertiaire (Miocène, Burdigalien, environ 20 Ma). Le climat à cette époque est tropical (les Bahamas en Aquitaine !). Ces huîtres ne sont pas en position de vie, mais ont été déposées après leurs morts, en vrac dans une lagune par les courants marins. Ce banc à huîtres s'étend sous tout le village. Son épaisseur de plusieurs mètres forme une falaise qui a été creusée afin de mettre le vin à vieillir.



Amoncellement d'huîtres © C. Bacchiana

Loupiac

Un autre blanc moelleux

Loupiac, (44,623°N - 0,297°W), village situé à 4 km au Nord de Sainte-Croix-du-Mont sur les coteaux surplombant la Garonne est réputé pour son vin blanc liquoreux et son patrimoine historique.

Au lieu-dit Saint-Romain, dans la propriété viticole « Le Portail Rouge » ont été découverts les vestiges **d'une villa romaine** du tout début du I^{er} siècle, appartenant à un riche propriétaire terrien. La villa est remarquable par l'importance de thermes très sophistiqués avec *caldarium*, *tepidarium*, *frigidarium* et piscine, des mosaïques exceptionnelles par leur étendue, la richesse et la variété de leur motif. Cet ensemble était connu depuis le début du XIX^e siècle. Les fouilles entreprises depuis 1954 et suivies de plusieurs campagnes dans les autres parties du domaine concluent à une occupation continue jusqu'au V^e voire VI^e siècle, avec plusieurs épisodes de reconstruction et d'amélioration de cette villa. L'ensemble a été classé à l'inventaire des Monuments Historiques.



Villa gallo-romaine de Loupiac



Exemple de mosaïque gallo-romaine

Étape 8 – Samedi 11 juillet 2026

Périgueux > Bergerac – 182 km

Étape de la Préhistoire

La grotte de Lascaux

Dans la vallée de la Vézère, la **grotte de Lascaux**, à Montignac (Dordogne) est l'une des plus importantes grottes ornées du Paléolithique supérieur. Très riche et très belle, elle est parfois appelée « *la Chapelle Sixtine de l'art pariétal* », ou « Versailles de la Préhistoire ».

La datation des matériaux de la grotte fait débat. La plupart des préhistoriens les attribuent au Magdalénien (environ 21 000 ans).



Ouverte au public en 1948, des dégradations naturelles (champignons...) conduisent à la refermer en 1963. Seuls les scientifiques peuvent y pénétrer. Des fac-similés grandeur nature accueillent plus de 100 000 visiteurs par an.

Aurochs, chevaux et cervidés de la grotte de Lascaux

Près des Eyzies

La Roque Saint-Christophe, forteresse troglodytique d'un peuple des falaises

La **Roque Saint-Christophe** (Peyzac-le-Moustier, Dordogne), vallée de la Vézère, est une **référence mondiale d'architecture troglodytique**. Ces cavités naturelles dans le calcaire ont été occupées par l'Homme dès la Préhistoire (il y a 55 000 ans). Longues d'1 km et hautes de 100 m, elles sont **aménagées sur cinq étages** du Moyen Âge jusqu'au début de la Renaissance. La visite de la Roque Saint-Christophe permet de comprendre le mode de vie et l'organisation de ce **peuple des falaises**, aussi appelé « troglodytes ».



Vues des falaises de la Roche Saint-Christophe

Les Eyzies de Tayac

♪ L'Homme de croooo, ♪ L'Homme de maaa, ♪♪ L'homme de
gnon ♪♪♪ ♪♪ L'homme de cro-magnon ♪♪

Les Eyzies-de-Tayac, est un village emblématique de la vallée de la Vézère et mondialement connu pour sa très forte concentration de sites préhistoriques d'exception.

Capitale mondiale de la Préhistoire. Les Eyzies sont célèbres pour leurs sites préhistoriques majeurs, classés au patrimoine mondial de l'UNESCO.

Cro-Magnon. Le nom vient de l'abri de Cro-Magnon, où furent découverts en 1868 les premiers squelettes d'*Homo sapiens* modernes en Europe.

La grotte de Font-de-Gaume. L'une des dernières grottes ornées de peintures polychromes (bisons, chevaux) encore accessibles au public.

Le Musée national de Préhistoire. Incontournable, abritant des collections exceptionnelles d'outils, d'ossements et d'œuvres d'art préhistoriques.

L'abri Pataud. Un site archéologique clé pour comprendre la vie des chasseurs-cueilleurs du Paléolithique supérieur.



À gauche, la célèbre vue de l'Homme de Cro-Magnon devant des falaises
À droite, le Musée national de la Préhistoire

Les grottes des Combarelles et de Bernifal. Des grottes ornées de gravures et peintures rupestres, témoignant de l'art pariétal.

Une porte d'entrée vers la Dordogne préhistorique. Proche de Lascaux et d'autres sites majeurs, le village est un passage obligé pour les passionnés d'histoire ancienne.

Les « excentriques » de la Dordogne⁹

La Dordogne, en plus de ses « grottes » préhistoriques, possède des grottes avec stalactites, stalagmites et autres concrétions splendides. Sur la commune des Eyzies-de-Tayac, la **grotte du Grand Roc** montre des cristallisations parmi les plus belles que peut voir un « touriste » qui n'est pas spéléologue, en particulier des « **excentriques** » : concrétions qui au lieu d'être verticales comme les stalactites et stalagmite, ont poussé dans tous les sens. D'où leur nom !



L'entrée de la grotte du Grand Roc aux Eyzies-de-Tayac, au pied d'une falaise dominant la Vézère

9 D'après <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg620-2018-11-12.xml> et <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg509-2015-10-12.xml>



Excentriques de la grotte du Grand Roc
 Excentrique en forme de croix dans la grotte du Grand Roc

Une quarantaine de kilomètres après les Eyzies-de-Tayac, le Tour escalade une côte de 4^e catégorie, la côte de Domme. La Bastide de Domme est bâtie sur une dalle de calcaire du Crétacé. Ce bourg de Domme a la particularité d’être construit sur un réseau de grotte qui perforent le calcaire crétacé. On y visite 450 m de galeries avec de magnifiques concrétions. L’entrée de la grotte touristique se situe sur la place centrale du bourg, au niveau des halles du XVIII^e siècle.



La bastide de Domme, bâtie sur une couche horizontale de calcaire crétacé domine la vallée de la Dordogne noyée sous la brume <https://prestigetraditions.com/domme-lancienne-bastide-medievale-dordogne/>

Les halles de Domme où se fait l’entrée de la visite des grottes



La Roque-Gageac

Classé parmi les « Plus Beaux Villages de France », La Roque-Gageac, joyau médiéval, labellisé pour son patrimoine architectural et son cadre exceptionnel. **Un site troglodytique** : dans des calcaires du Crétacé, à flanc de falaise, avec des maisons en pierre de lauze et des grottes. **Le fort troglodytique** fut utilisé comme refuge pendant les guerres de Religion.

Les falaises de la Roque-Gageac dominent la Dordogne.



Étape 9 – Dimanche 12 juillet 2026

Malemort > Ussel – 185 km



Collonges-la-Rouge

**Limite entre le Limousin, pays de châtaignes et d'élevage,
et le Périgord, pays de la noix et de la truffe**

1,3 km avant Collonges-la-Rouge, dans un virage, une aire de repos est aménagée. Elle correspond à la station 1 d'un sentier de découverte géologique. Il s'agit de 5 stations aménagées pour découvrir une faille, la faille de Meyssac, qui sépare les calcaires jurassiques (au Sud-Ouest) des grès rouges permien (au Nord-Est)¹⁰. Au niveau de cette station 1, des panneaux expliquent la géologie régionale ; on peut y voir les grès rouges avec lesquels a été construit le village de Collonges-la-Rouge, un peu plus au Sud-Est.

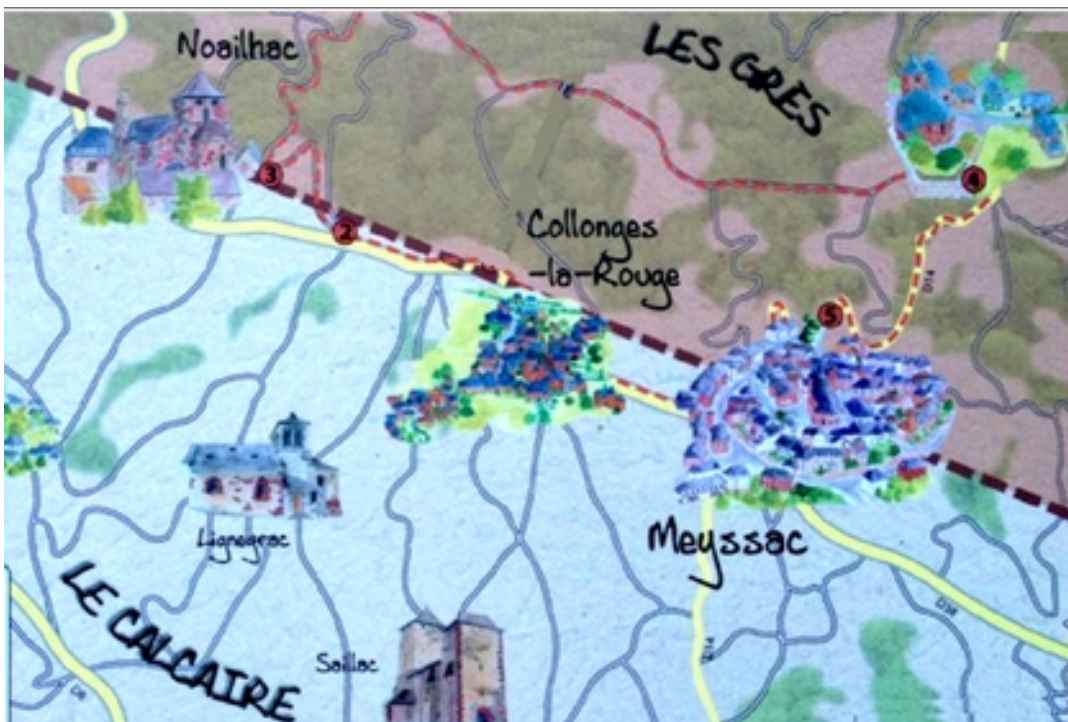


L'aire de repos de la Station de découverte de la faille de Meyssac (Google Earth Street View)

Collonges-la-Rouge est installée à proximité d'une grande faille ; la faille de Meyssac. Elle sépare deux grands ensembles de roches : le Limousin gréseux au nord, le Périgord-Quercy calcaire au sud. D'un côté, le Massif Central, le pays des

10 Voir la description de ces stations sur <https://www.vallee-dordogne.com/la-vallee-de-la-dordogne/villes-et-villages/noailhac/la-faille-geologique-de-meyssac>.

châtaignes et de l'élevage, de l'autre, le début du Midi, le pays de la noix et de la truffe.



La faille de Meysac, au Nord le socle limousin, au sud le calcaire périgourdin

À environ 20 km de Brive-la-Gaillarde, aux confins du Limousin et du Quercy, **Collonges-la-Rouge** dresse sa silhouette de grès pourpre. La ville est située sur des calcaires (beiges), mais elle est construite avec des grès que l'on trouve à proximité, de l'autre côté d'une grande cassure géologique : la faille de Meysac.

Les grès de la région limousine. Ces anciens sables contiennent du fer d'où cette couleur rouge. Ces sédiments détritiques sont les derniers produits de l'érosion d'une ancienne chaîne de montagne qui s'élevait à l'ère primaire (la chaîne hercynienne). Il y a quelques 260 millions d'années, un immense glaciaire s'étalait alors sur toute l'Europe occidentale, depuis Moscou jusqu'aux USA (l'Atlantique n'était alors pas encore ouvert). Ces roches sont les mêmes (même âge, même processus de formation) que ce que l'on connaît en Alsace : Lion de Belfort, Cathédrale de Strasbourg, Mont Sainte-Odile, Château du Haut Koenigsbourg, etc.

Les grès rouges utilisés pour construire le bourg de Collonges-la-Rouge
© F. Lherpinière





Vues de Collonges-la-Rouge



Une rue de Collonges-la-Rouge (Google Earth Street View)

Plateau de Millevaches (mais quelles « vaches » ?)

La route emprunte le plateau de Millevaches : grand plateau granitique français du Massif central. Château d'eau de la France il devrait son appellation, non à cause des bovins mais a cause de ses Mille Sources. Cette appellation correspond à son paysage, mais l'étymologie reste très débattue. Les "vaches" pourraient aussi correspondre à des blocs en saillie sur la surface, évoquant des vaches, de loin.

Vue générale du plateau de Millevaches
© Noeljupiter, cc-by-sa 3.0

Tulle (Ussel)

À proximité immédiate d'Ussel (3 km à l'Est) se trouve la Mine des Farges. La mine de plomb dites mine des Farges à Saint-Fréjoux, a exploité, entre 1975 et 1981, un filon de quartz (SiO_2), barytine (BaSO_4) et galène PbS . Ce filon était connu depuis l'époque romaine, mais jamais exploité. La galène est un minéral à l'éclat gris métallique et à la masse volumique importante caractéristique ($7,5 \text{ g/cm}^3$).

Pourquoi avoir exploité cette mine si peu de temps ?

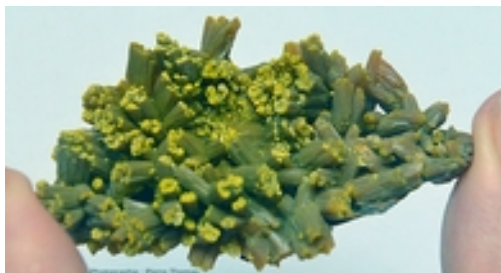
Un des plus petits gisements de plomb de France n'aura donc connu que six ans d'exploitation. L'ouverture et la brièveté de l'exploitation de cette mine pourraient être dues à l'action politique de Jacques Chirac, député de Corrèze (d'Ussel) à partir de 1967, président du conseil général de Corrèze à partir de 1970 et premier ministre de Giscard d'Estaing de 1974 à 1976.

La mine des Farges est pourtant connue dans le monde entier. En plus du sulfure plomb, on y découvre de la pyromorphite, un phosphate de plomb, la plus belle de France voire du monde dit-on, en raison de sa couleur verte. Ce minerai n'a aucune utilisation industrielle particulière, mais passionne les collectionneurs.



Galène des Farges

Pyromorphite des Farges



Lundi 13 juillet 2026 – Repos – Cantal

Étape 10 – Mardi 14 juillet 2026

Aurillac > Le Lioran – 167 km

Journée sur le volcanisme du Cantal



Aurillac, préfecture du Cantal et connu comme la **capitale française des parapluies** (ce n'est pas Cherbourg). Il reste 3 fabricants de parapluie qui fournissent 40 % de la production française. C'est également la ville de **Gerbert d'Aurillac**, plus connu sous le nom de Sylvestre II, **pape** de 999 à 1003. Mais avant d'être pape, c'était un scientifique reconnu, qui a largement participé à l'**introduction de la science arabo-andalouse** dans la chrétienté. Quand vous comptez et écrivez avec des chiffres dits « arabes », pensez à Gerbert d'Aurillac.

Le nom d'Aurillac est dérivé d'*auri lacus*, le lac d'or. De nombreuses légendes et miracles (dont un fait intervenir Gerbert d'Aurillac) expliquent ce nom. Plus géologiquement, la Jordanne, la rivière qui traverse la ville, transportent quelques paillettes d'or qu'on retrouve dans les sables de ses bords, mais à peine plus que de nombreuses rivières du Massif Central. Dans son cours supérieur, dans le cirque de Mandaille que traversera le tour dans la descente du Pas de Peyrol /Puy Mary, 25 km avant l'arrivée, des sources hydrothermales ont déposé de la pyrite, minéral doré surnommé « **l'or des fous** », car il ressemble à l'or, mais n'a aucune valeur. Il y a pu y avoir confusion au Moyen-Âge. Si vous trouvez des paillettes dorées dans la Jordanne, ne vous excitez pas trop...

Pendant environ 50 km, le Tour roule sur le vieux socle granitique et métamorphique du Massif Central. Il arrive sur les terrains volcaniques du massif du Cantal en arrivant à Carlat. Le village de Carlat est bâti au pied d'une planèze (voir définition ci-après). Sur cette planèze existait une forteresse, propriété de Marguerite de Navarre, dite Reine Margot, 1^{ère} femme d'Henri IV. Elle s'y réfugia de 1585 et 1586, exilée par son mari avec lequel elle est « brouillée » et séparée (mais non encore divorcée). La forteresse fut rasée en 1604 sur ordre d'Henri IV (vengeance personnelle, crainte que cette forteresse tombe aux mains des huguenots non encore pacifiés en ces lieux reculés...).

Le rocher de Carlat, extrémité Sud-Ouest de la planèze de Vernet. C'est sur ce rocher naturellement limité par des falaises de basalte qu'était bâtie la forteresse éponyme.

© Google Earth Street View



Reconstitution de la forteresse de Carlat, entourée de 2 enceintes. L'enceinte supérieure, celle où arrive le pont venant de droite, est bâtie au dessus du rebord de la falaise. La vue détaillée ci-dessus montre que ce qu'on peut interpréter comme des orgues basaltiques. À l'office du tourisme, on peut admirer une maquette à l'échelle du 1/25° du château tel qu'il était en 1603 au moment de son démantèlement sur l'ordre d'Henri IV¹¹.

Comme la citadelle était ceinturée de remparts et/ou de falaises, il était difficile de d'en sortir « incognito », ce que faisait assez souvent Marguerite de Valois pour aller voir ses (nombreux) amants. On peut encore voir un de ces passage dit « escalier de la Reine¹²».

L'escalier de la Reine (échappatoire de Marguerite de Valois)



11 wikipedia, https://fr.wikipedia.org/wiki/Ch%C3%A2teau_de_Carlat

12 Google Earth Panoramio

https://lh3.googleusercontent.com/gps-cs-s/AG0ilSxydC76X8imsyNP5mNQ7Zt_C5R9Uev7JMzn1WdzG3invvCd2ajZ_QG7upjxs3L874hPajwtPc6cCpEB58Sm_rraDk8mgktAITU49Ez0P1CuDkAvvSIqtICa5Rh8NQGQ9Ruzovd=w1440-h1440-pd



Paysage caractéristique de la surface d'une planèze : le royaume des vaches de Salers
© Google Earth Street View

Paysage caractéristique d'une vallée séparant deux planèzes
© Google Earth Street View



Un buron, devant lequel passera le Tour, juste avant le col de Prat de Bouc

Avec près de 70 km de diamètre, le **massif du Cantal** forme le **plus grand volcan d'Europe**. Il culmine à 1 855 m au Plomb du Cantal.

Le volcanisme ¹³

Le volcanisme actif du Cantal a commencé récemment, il y a 11 millions d'années. Des dynamismes variés, effusifs ou explosifs, ont alterné. Les matériaux variés de ces éruptions (coulées, cendres...) se sont empilés pour constituer un imposant strato-volcan dont l'altitude devait avoisiner 4 000 m. Ce massif a été décapité par de gigantesques effondrements de ses flancs. L'implacable travail d'érosion des glaciers l'a ensuite largement remodelé.

Dernier né de l'édifice, le **Plomb du Cantal** est un petit appareil strombolien formé il y a 3 millions d'années.

Les **planèzes**, vastes plateaux doucement inclinés vers l'extérieur du volcan, correspondent à de vastes coulées basaltiques. Très fluides, elles ont nappé les surfaces de brèches sous-jacentes. Le basalte étant une roche plus dure que l'encaissant, ces coulées, dégagées par l'érosion, apparaissent souvent « perchées » par inversion de relief. La ville de **Saint-Flour** est construite en bordure d'une grande planèze. De magnifiques **orgues basaltiques** ornent le soubassement de la ville.



Une planèze : sa surface supérieure bien plane correspond au sommet d'une coulée de lave

Sources cagudes

Chaudes-Aigues est renommée pour ses **sources** dont les eaux, jaillissant à 82°C, sont **les plus chaudes d'Europe continentale**. Néanmoins, contrairement aux idées reçues, l'eau de ces sources ne doit pas sa température au volcanisme, mais à la profondeur du réseau de fractures dans lesquelles elle s'infiltré, circule et se réchauffe avant de rejaillir en surface à la faveur d'une faille¹⁴.

¹³ Extrait de : P. De Wever P. et al., 2024 . Bâtir avec la nature, de la roche au bâti, Belin, 335p

¹⁴ Voir aussi : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img722-2021-09-27.xml>

Murat

La **diatomite** fait partie des trésors géologiques du Cantal. Il s'agit d'une roche constituée par des coques de diatomées (algues microscopiques). Les coques, siliceuses, sont très finement perforées. La roche forme donc un merveilleux filtre et sa constitution chimique neutre autorise son usage pour le traitement de nombreux liquides alimentaires (eau, bière, vins...).



Carrière de diatomite de Foufouilloux - Virargues (Murat)

Le gisement d'Auxillac-Foufouilloux occupe une cuvette de 1 300 × 800 m. L'origine de la dépression, anciennement occupée par le lac à diatomées, est un cratère d'explosion. Les algues microscopiques y vivaient il y a environ 5 millions d'années.

La France est le **deuxième producteur mondial** de diatomite grâce à ses anciens lacs volcaniques miocènes de l'Ardèche et du Cantal. Elle produit entre 200 000 et 250 000 tonnes par an (entre 15 et 20 % de la production mondiale, qui est d'environ 1 800 000 tonnes par an). Le gisement de Foufouilloux va bientôt être épuisé. Plusieurs sites sont pressentis pour ouvrir de nouvelles carrières, ce qui suscite des débats.

« Oui... mais pas chez moi »

Pour ouvrir de nouvelles carrières, il y a :

- (1) ceux qui sont contre toute carrière « chez eux », mais qui boivent de la bière et se brossent les dents, à condition que la diatomite qui sert à la fabrication de la bière et du dentifrice vienne d'ailleurs ;
- (2) ceux qui sont pour, afin de préserver une certaine activité économique dans la région ;
- (3) ceux qui sont pour, à condition que le choix des sites d'exploitation préserve la nature et la biodiversité.





La diatomite de Foufouilloux contient de très nombreux fossiles, de végétaux, d'insectes... Ci-après, deux exemples : une feuille de chêne, et un insecte, sans doute genre larve de libellule.



Fossiles au sein de diatomites : une feuille de chêne et un insecte (larve de libellule?) © coll P. Thomas

À quoi sert la diatomite¹⁵ ?

La roche, siliceuse, sert comme poudre abrasive (il y en a dans certains dentifrices !), comme filtre alimentaire, insecticide ou comme absorbant (le bâton de dynamite est un bloc de diatomite imprégné de TNT).

			
abrasif (dentifrice)	filtre alimentaire	insecticide	Dynamite : TNT imprégnant la diatomite

Le prix Nobel associé à la diatomite¹⁶ ?

Le film « *Le salaire de la peur* » montre combien la trinitroglycérine est dangereuse à état liquide. Monsieur Alfred Nobel eut l'idée de stocker ce liquide dans un matériau poreux : la diatomite. Ces bâtons de dynamite allaient bien faciliter le travail de ouvriers carriers en Scandinavie où la plupart des roches sont extrêmement dures (gneiss, etc.). Ce fut un outil très utile, mais les humains ont aussi employé ces bâtons pour faire exploser des maisons...

Ascension du Puy Mary, Pas de Peyrol (1589 m)

La route du col du pas de Peyrol, le plus haut col routier du Massif Central, au pied de la pyramide du Puy Mary. Le Puy Mary, que d'aucun appelle le « Cervin auvergnat », correspond à un dôme de trachyte que l'érosion glaciaire a transformé en "pyramide".

15 Extrait de : P. De Wever, A. Cornée, 2021. Roches à tout faire, EDP Sciences, 325p

16 Extrait de : P. De Wever, A. Cornée, 2021. Roches à tout faire, EDP Sciences, 325p

Vue sur le Puy Mary
Google Earth Panoramio,
Jérôme DELLINGER¹⁷



Entre la descente du Pas de Peyrol et Ladouze, le paysage est dominé par le dôme de lave (phonolite) du Puy Griou, dôme situé juste au centre du massif.

Le Puy Griou, dôme phonolitique
@ Google Earth Street View



Le plus grand volcan d'Europe : le Cantal (ce qu'il en reste) Volcanisme du Cantal, grandeur et décadence

Le volcanisme du Massif central dans son ensemble est actif depuis 50 millions d'années. Les dernières manifestations datent d'environ 6 500 ans, seulement.

Le volcanisme du Cantal a commencé il y a environ 12 millions d'années et s'est poursuivi jusqu'à récemment. L'ensemble s'est constitué par addition de couches successives, formant un empilement de strates, d'où son nom de strato-volcan.

Un tel édifice ne se marque pas par des éruptions quotidiennes pendant la dizaine de millions d'années d'activité. En effet, à l'image de l'Etna, volcan en activité, il reste parfois sans éruption pendant des années, au cours desquelles l'érosion fait son œuvre et emmène des sédiments tendres, telles les cendres. Il s'agit donc d'une **alternance de périodes de croissance et d'érosion**. Parmi les agents d'érosion rappelons les glaciers qui ont recouvert le Cantal à chaque glaciation quaternaire.

¹⁷https://lh3.googleusercontent.com/gps-cs-s/AG0ilSxnh6_hj2eBOppoHIQeR3WL-Hxpc1jTEXNpqAqQTkmH8R12STjfRpLfMUjaOI_8brjsxqiUzblSxdoa7Mfkd2M0UKGBFXTBFFOC4xDn_msWzr5JvIcxge2kVfZwNajVB7SQotsjCA=h1440

Au cours du temps, la composition chimique des laves change. Elles étaient d’abord très fluides, et s’écoulaient alors facilement assez loin. Puis elles deviennent plus visqueuses, les coulées sont plus courtes et plus épaisses. Le massif du Cantal devait alors atteindre ses plus hauts sommets, au moins 3 000 mètres (peut-être **4000 m**) !

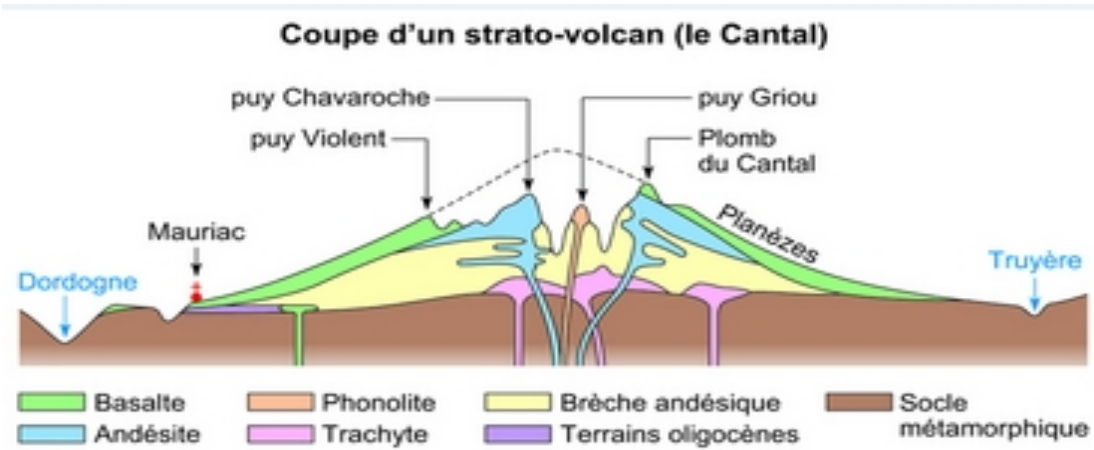
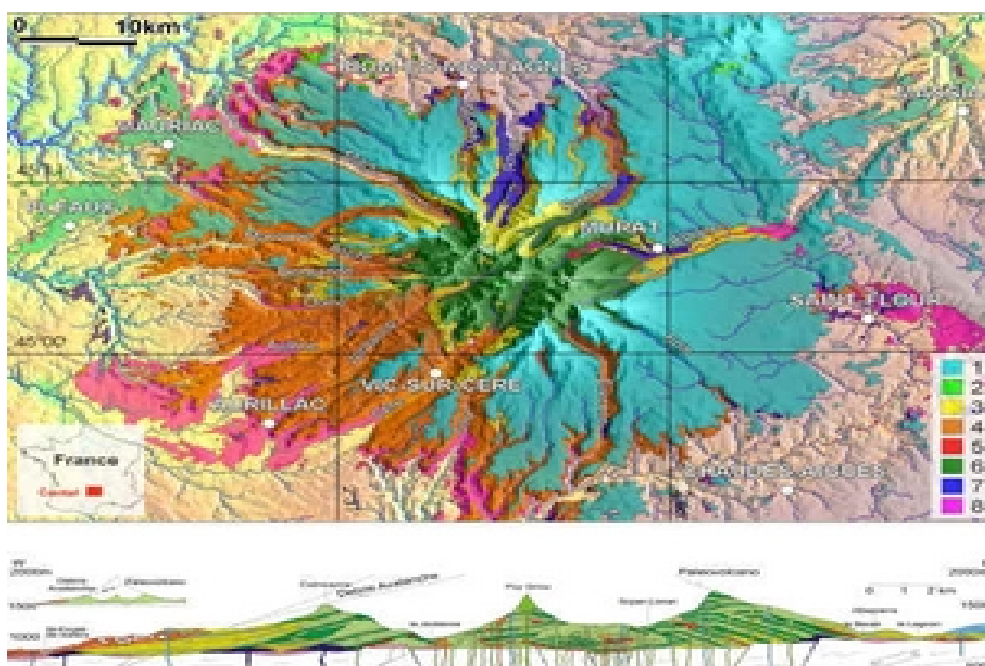


Schéma montrant l'intrication des manifestations et les différents types de laves



La coupe montre le grand nombre de cheminées qui ont fonctionné (sur cette seule transversale !) et qu'il ne reste presque rien du volcan cantalien !

La forme du massif du Cantal n'est pas due à la seule érosion mais à une **gigantesque explosion** (du type du Mont Saint-Helens, USA, 1980) qui a expulsé des débris (jusqu'à proximité d'Aurillac, à plus de 30 km de là). Le sommet a été ramené à des altitudes proches de l'actuel : 1850 m. Plus de 1000 m d'altitude ont ainsi été perdus (le Mont Saint-Helens est lui aussi passé de près de **3 000 m à près de 1 800 m**, en une seule explosion¹⁸).

Au Nord, la chaîne des Puys forme un alignement nord-sud de plusieurs dizaines de volcans. Bien plus récents que ceux du Cantal, ils ont tous moins de

18 Il est possible que cette « faible altitude » actuelle du Cantal soit aussi due à des effondrements par vidange d'un réservoir de magma (formation d'une caldeira). La part relative explosion/effondrement se discute actuellement.

100 000 ans, la plupart fonctionnaient au Paléolithique et au Néolithique. Ce qui explique qu'ils soient si bien conservés. Ils longent la grande faille de Limagne. Cet ensemble est inscrit récemment (2018) au Patrimoine mondial de l'UNESCO. On a longtemps cru qu'il s'agissait d'immenses cônes de scories romaines. Ce n'est qu'au XVIII^e siècle que Jean-Étienne Guettard, naturaliste du Duc d'Orléans, a compris qu'il s'agissait de volcans.

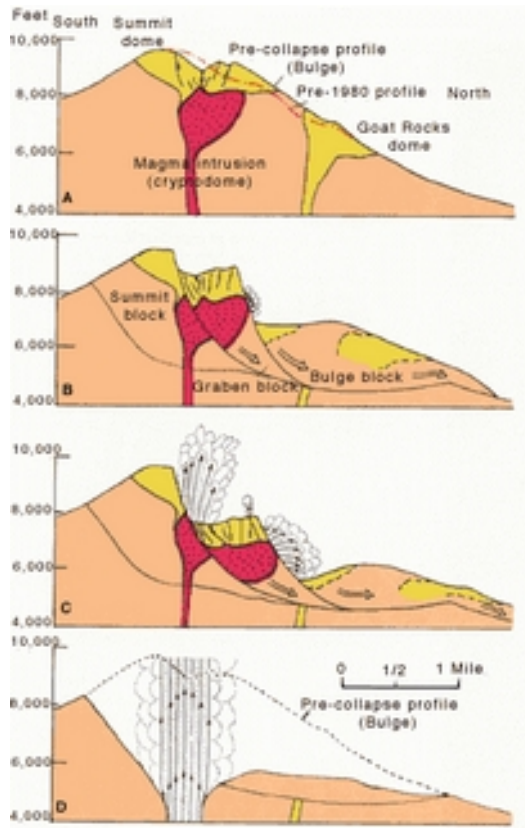
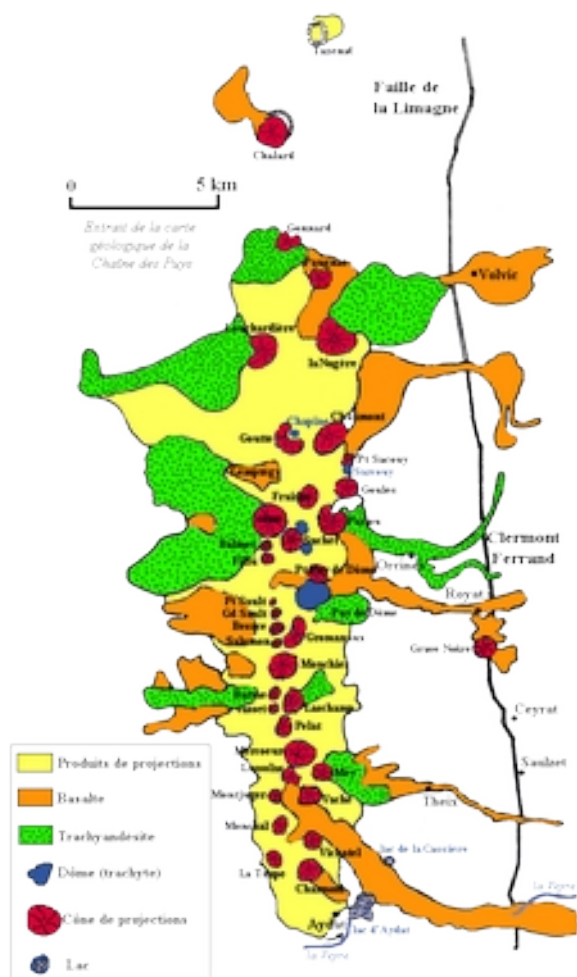


Schéma montrant l'intrication des manifestations et les différents types de laves

Après la super-explosion, un volcanisme de nouveau très fluide prend place. Les coulées, très liquides « beurrent » les reliefs, qui s'estompent donc. Le plateau devient uniforme. On nomme ces coulées des **planèzes**.

Vont-ils se réveiller ?

Les grandes éruptions ont cessé il y a environ 6 millions d'années, mais le volcanisme s'est néanmoins poursuivi jusque très récemment : les éruptions les plus récentes sont datées d'il y a 6 000 ans dans le Puy de Dôme (Lac Pavin, Puy de Montcineyre), l'existence de sources d'eaux chaudes, témoignent de la présence de chambres magmatiques à faible profondeur.

Un retour de l'activité volcanique est donc possible, mais soyons rassurés, elle sera annoncée... par des séismes !!

Les burons¹⁹

L'estive des troupeaux dans les monts (Cantal, Aubrac, Cézallier, Mont Dore) a conduit les bergers à construire des refuges souvent sommaires avec les pierres locales et couverts de lauzes ou d'ardoises. Ils servaient à abriter le berger, le « buronnier », et à fabriquer le fromage (fourme, cantal, laguiole, saint-nectaire, etc.) lors de l'estive.

Les burons ont évolué au cours du temps. D'abord de simples trous dans la montagne, ils permettaient une itinérance, au gré des pâturages disponibles. Puis ils furent fixés par la loi et construits en dur. Une seule porte donnait accès dans la première pièce où les fromages étaient fabriqués, puis, plus profondément, dans le « caveau » où ils étaient conservés (les *fourmes*). Il n'y avait ni cheminée pour le feu, qui se faisait dehors, ni chambre pour les bergers, mais toujours une bonne source à proximité. Depuis le XIX^e siècle, les burons sont des constructions en pierre, parfois en partie enterrées, au toit de chaume, et de plus en plus couverts de lauzes (de lave phonolithique ou d'ardoise venant du limousin). Ils sont désormais constitués de trois pièces : à l'étage, dorment les buronniers où le foin est engrangé ; au rez-de-chaussée, se trouve la pièce où est fabriqué le fromage ; et la cave, où il est affiné.

Buron refuge de la Fumade Vieille, partiellement enterré, Cantal)

© BetacommandBot, cc-by-sa 3.0, 2.1ass.



Buron (Cantal) réalisé en roches basaltiques et recouvert d'ardoises

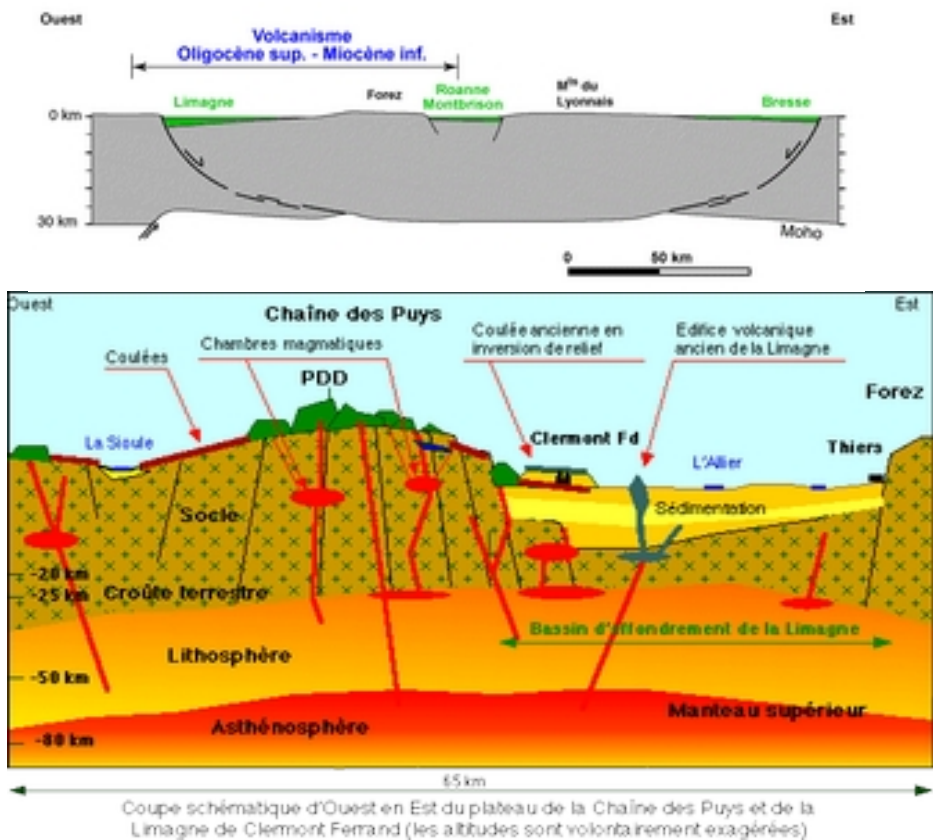
© Pierrick Graviou

¹⁹ Extrait de : P. De Wever et al., 2024. Bâtir avec la nature, de la roche au bâti. Belin, 335 pages

Étape 11 – Mercredi 15 juillet 2026

Vichy > Nevers – 161 km

L'étape longe le fossé de la Limagne vers le nord.



Structure du fossé de la Limagne

L'effondrement de la Limagne est lié à la formation des Alpes : tous deux résultent du rapprochement de la plaque africaine et de la plaque européenne.

Vichy, Saint-Yorre, des eaux du Néolithique

Les eaux de Vichy sont des eaux de pluie d'infiltration qui circulent le long des failles bordant l'Est du bassin de Limagne. Rentrant en contact avec les roches du socle granitique, elles se chargent en gaz carbonique qui remonte par ces failles, et aussi en minéraux et en oligo-éléments. Elles appartiennent à la famille des eaux thermales bicarbonatées sodiques carbogazeuses.

Une eau du Néolithique

Les eaux de pluie s'infiltrent à plus de 3 000 mètres de profondeur, où elles se chargent en gaz et sels minéraux. Leur parcours souterrain dure environ 10 000 ans, sur un parcours de près de 80 kilomètres. C'est de l'eau "de pluie" du Néolithique !

Une eau radioactive

Ces eaux du bassin de Vichy-Chateldon ont une autre propriété qu'elle vantait au début du XX^e siècle et qui est pudiquement passé sous silence aujourd'hui. Ces eaux sont **radioactives**, bien en dessous des normes acceptables, moins radioactives que bien des eaux bretonnes, vosgiennes et d'autres pays granitiques. Depuis Hiroshima, puis Tchernobyl, le mot « radioactivité » a mauvaise presse, même à dose infime et inoffensive. Il n'en a pas toujours été ainsi. Au début du XX^e siècle, la radioactivité était parée de vertus diverses, et Vichy vantait la radioactivité de ses eaux. La preuve dans cette vieille affiche faisant la publicité pour le radium contenu dans certaines sources de Vichy²⁰



Les eaux de Vichy n'étaient pas les seules à vanter leur radioactivité ; lors de la 14^e étape, en Alsace, la source Saint-Amand de Soultz-les-Bains, vantait elle aussi ses eaux minérales radioactive (voir l'étape 14)

Les eaux thermales de Vichy étaient déjà connues des siècles avant notre ère (depuis –450 ans av. E.C.). Saccagées au cours des attaques barbares en Gaule entre le II^e et le VI^e siècle, les eaux de Vichy elles furent oubliées. Elles sortent de l'oubli fin du XVII^e siècle et sont mises à la mode sous Louis XV. Au XIX^e siècle, avec Napoléon III, les sources commencent à être protégées.

Un effet geyser, ou Champagne

Une des sources du bassin de Vichy, juste de l'autre côté de l'Allier, à Bellerive-sur-Allier, jaillit de façon intermittente sous la pression du gaz carbonique. La hauteur et la fréquence de ses jaillissement diminuent, car les différents captages font diminuer la pression interne. Elle jaillit actuellement à une hauteur d'1 à 1,50 mètre pour une durée de 45 à 60 minutes toutes les 6 heures environ. Son aspect extérieur a récemment changé du fait de divers aménagements communaux.

²⁰ <https://drgoulu.com/2013/11/03/la-radioactivite-naturelle/>



Carte postale du début du XX^e siècle de la source intermittente de Bellerive sur Allier²¹
La source intermittente de Bellerive sur Allier au XXI^e siècle²²

Un thermalisme pour accueillir un gouvernement

Vichy est également célèbre pour avoir été la capitale provisoire de la France dite "libre" pendant la Seconde Guerre Mondiale. C'est indirectement la géologie qui a guidé ce choix. Pétain cherchait une ville au sud de la France avec de très nombreux bâtiments vides pour y installer ses services. Les stations thermales, désertées entre 1940 et 1945 étaient parfaitement appropriées. Après avoir hésité avec Royat (dans la banlieue de Clermont-Ferrand), c'est Vichy, station thermale très importante qui a été choisie.

**Récifs de l'Allier, des bactéries encroûtantes
semblables à celles d'il y a plus de 3 milliards d'années !**

Dans la plaine de Limagne et sur ses bordures, où se trouvaient de nombreux lacs, se développaient des récifs il y a un peu moins de 30 millions d'années (Oligocène). Ces récifs vivaient dans une eau claire, peu profonde relativement chaude. Ils sont dus à des bactéries et non à des coraux.

Des bactéries provoquent parfois des encroûtements de calcaire en couches superposées. Ces tapis de roche (appelés stromatolithes – du grec *stroma* = couche + *lithos* = roche) se développent dans des eaux chaudes et peu profondes. Ces tapis moulent parfois des supports, tels des troncs d'arbres, et forment souvent des amas globuleux de tailles très variables : de quelques mètres à une dizaine de mètres. Ces

21_ <https://oldthing.de/Vichy-Bellerive-Source-Intermittente-0023225469>

22_ <https://villabernadettemachere.com/bellerive-sur-allier-alentours/>

récifs de stromatolithes sont tellement abondants dans l'Allier qu'ils sont exploités en carrière par la cimenterie ou comme pierres de construction.



À gauche. Stromatolithes de l'Allier. Ce bloc métrique sert de borne sur une voie de circulation © P. De Wever

À droite. Petits blocs décimétriques (celui de gauche, coupé, révèle son agencement en couches superposées © P. De Wever

On trouve aujourd'hui des stromatolithes vivants en France (dans des ruisseaux en pays calcaires). En Australie, ils forment des récifs marins.



Stromatolithes vivants dans le cours d'une rivière (le Dard) © P. Thomas²³

Ce fonctionnement, avec ce type d'organismes, fait partie des plus anciens connus. On en connaît qui datent de plus de **3 milliards d'années**. Ils font partie des toutes premières formes de vie connues sur Terre.

Comme les végétaux, les cyanobactéries pratiquent la **photosynthèse** : grâce à l'énergie de la lumière du Soleil, ils prennent du dioxyde de carbone (CO₂) dans l'eau, et rejettent de l'oxygène (O₂). La diminution de l'acidité de l'eau conduit le calcaire à précipiter. Un fin film de calcaire se dépose autour de la colonie de cyanobactéries, puis une autre couche par dessus, etc., jusqu'à ce que cela finisse par former un amas rocheux : le stromatolithe. Ce processus pétrifiant moule parfois des

23 <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg516-2015-12-14.xml>

restes de plantes, jusqu'à des fragments de troncs d'arbres ou des « faux-troncs » de palmiers.



Deux terminaisons de stipes de palmier moulées par les lamines bactériennes. ²⁴

La situation du « stromatolithe aux deux palmiers » sur un rond-point à côté d'un « dinosaure végétal » (Gannat, à 20 km de Vichy) © P. Thomas

La vie construit des roches, la vie gère le climat (en partie)

Ces récifs soulignent **l'interdépendance entre la vie et les roches**. Les plantes et les animaux s'adaptent aux roches. À l'inverse la vie crée des roches et certaines formes du plancton qui gèrent le climat.

Plus incroyable : plus de la moitié des minéraux connus sur Terre sont présents parce que la vie s'y est développée (2 800 types de minéraux dus à la vie) !

15 km après le départ

Une faune des grands rifts africains d'il y a 35 millions d'années

Les carrières lacustres de Saint-Gérand de la Limagne bourbonnaise sont installées dans une dépression qui ont vu l'installation de lacs un petit peu comme dans le Grand Rift Africain aujourd'hui. Une faune / flore **sub-tropicale** diversifiée habitait cette plaine **fluvio-lacustre** et les fossiles trouvés en sont le témoignage.

Cette région des limagnes offre plusieurs gisements fossilifères importants comme Coderet, Gannat, Saint-Gérand ou Montaigu-le-Blin, qui sont des faunes de **référence à l'échelle mondiale** et documentent une période de plusieurs millions d'années (datant d'il y a environ 25 millions d'années).

Ce calcaire lacustre est exploité de longue date en carrières ouvertes pour la pierre à chaux (utilisée en agriculture et dans le bâtiment). En 1833, Étienne Geoffroy Saint-Hilaire signale des fossiles de vertébrés et coquilles dans ces calcaires. Il s'agit

²⁴ <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg516-2015-12-14.xml>

de calcaires concrétionnés en récif de stromatolithes (voir ci-dessus) entrelacés de lits de sables et argiles fossilifères connus sous différents noms : “calcaire à phryganes”, “calcaires a indusies”, “calcaires en chou-fleur”. Il existe aussi des niveaux à bentonite (une argile issue de cendre volcanique) qui attestent de l'activité volcanique proche.

Une caractéristique du gisement de Saint-Gérand est sa grande diversité en oiseaux (58 espèces, autant que de mammifères) Parmi ces oiseaux, des **formes aquatiques** : grues, flamants, hiboux, chouettes, martinets, pélicans, canards, goélands... et même des **œufs**). Il y existe aussi des mollusques lacustres, insectes, tortues et crocodiles, et mammifères, notamment le plus ancien félin (*Proailurus*), animaux d'écosystèmes lacustres.



Crâne de *Proailurus*, un des plus anciens fossiles de félins

Crâne et mandibule du crocodile *Diplocynodon*

© Photos par Lilian CAZES (CR2P, MNHN)



Œufs d'oiseaux (fossiles)

Squelette de canard fossile

© Lilian CAZES (CR2P, MNHN)



Étape 12 – Jeudi 16 juillet 2026

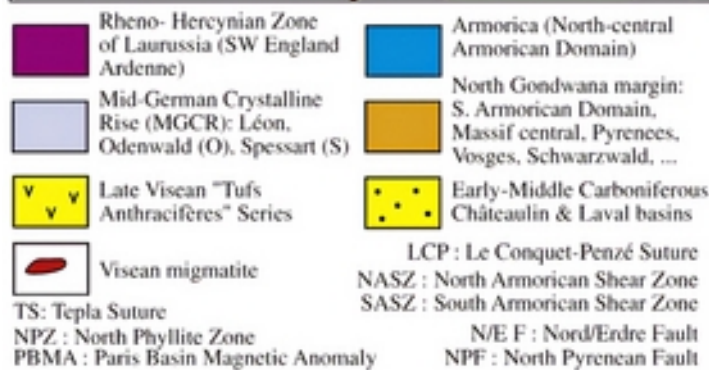
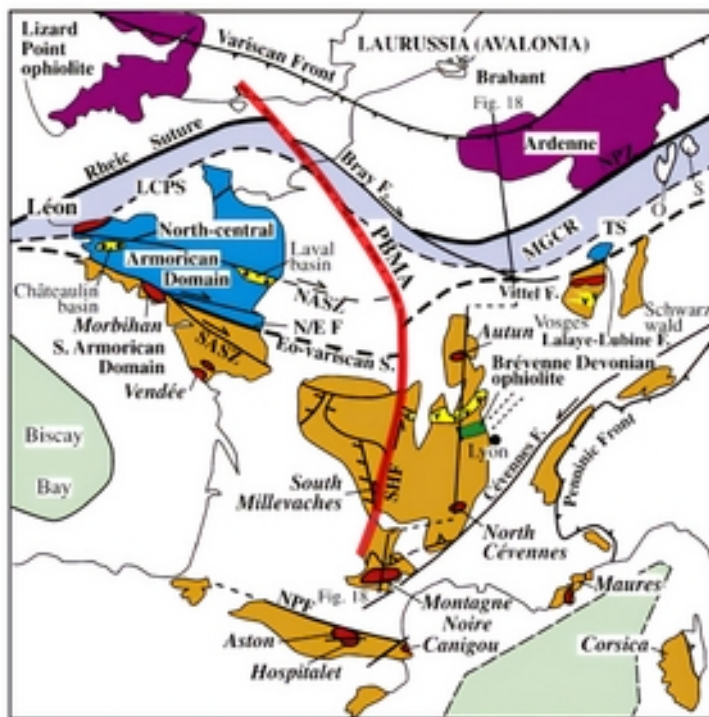
Nevers Magny-Cours > Chalon-sur-Saône – 181 km

Au niveau de la zone de ravitaillement n°1

Le sillon houiller, une cassure à l'échelle européenne

Le Tour suit une grande vallée rectiligne qui traverse tout le Massif Central. Elle va de Toulouse (au sud) à Moulins (au nord) et longe le Morvan. Il s'agit d'une grande cassure du massif Central, appelée « sillon houiller ».

La cassure du « sillon houiller » (en noir) traverse tout le Massif Central et se prolonge vers le Nord (en rouge) (modifié d'après M. Faure, 2015)



À partir de 300 Ma, la gigantesque chaîne de montagne qu'on appelle la chaîne hercynienne se fracture. Il se forme notamment une **grande faille qui va de Toulouse à Moulins**, et d'autres plus modestes comme celles des environs de la Machine, du Creusot-Montceau-les-Mines. Au pied de ces cassures se sont installés de nombreux lacs dans lesquels se sont accumulés de nombreux végétaux issus des forêts luxuriantes voisines (la France était située à l'équateur à cette époque), débris végétaux qui sont devenu **charbon**.

Au Sud-Est de Nevers

Le bassin houiller de Decize

Le **musée de la mine** de La Machine (Nord de Decize), est installé sur le site minier d'origine. Y sont présentées les conditions de travail des mineurs de fond et de nombreux équipements.



Le musée de la Mine à La Machine



Montceau-les-Mines

Un **musée de la Mine et des fossiles exceptionnellement bien conservés** à Montceau-les-Mines

Des conservations exceptionnelles de fossiles du Carbonifère, –300 Ma) y ont été trouvés dans des concrétions de carbonates de fer : des animaux et des plantes préservés en volume (3D).

Plante préservée dans un nodule de Montceau-les-Mines (Carbonifère , –300 Ma)

© S. Charbonnier



Ancien lavoir à minerai de houille (il était le plus grand d'Europe)

Des fossiles cachés dans des nodules et chassés par quelques familles

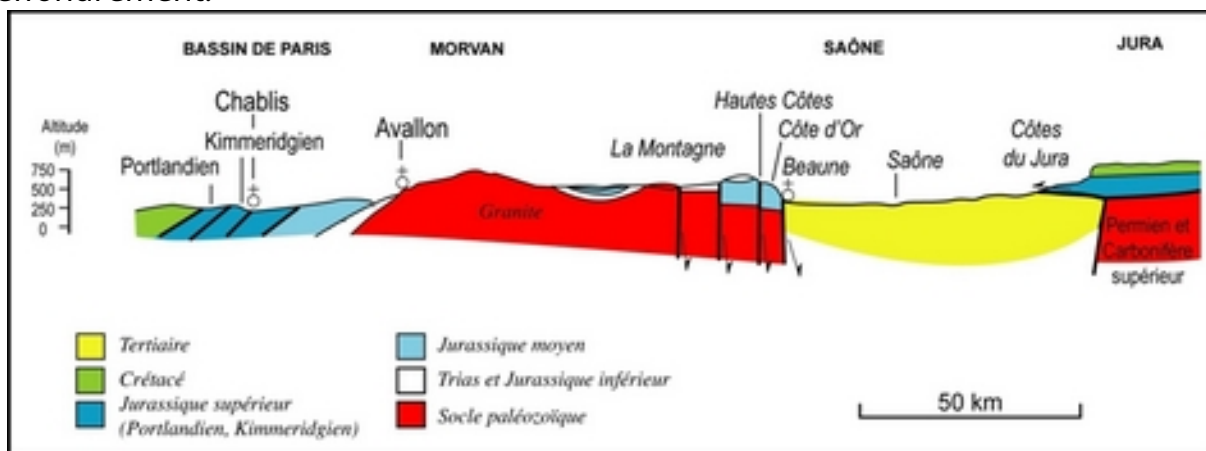
Un amateur découvrit un jour que certains fossiles se trouvaient dans des concrétions de la mine à ciel ouvert Saint-Louis de Montceau-les-Mines. Il se lança à leur collecte en 1979, d'abord seul, puis en familles, tout en gardant le secret pour éviter les pilleurs indécents. Ils y passèrent des jours et des jours, de nombreux week-ends.

L'équipe récolta plus de 100 000 nodules contenant une faune et une flore du Carbonifère supérieur (Stéphanien). La collection de nodules est donnée au Muséum national d'Histoire Naturelle à Paris, et déposée au Muséum d'Autun.



Des équipes de bénévoles autour de D. Sotty ont consacré de nombreux jours à collecter les nodules pour en explorer le contenu fossilifère. © S. Charbonnier – D. Sotty

Après la traversée du Morvan, descente vers la plaine de Saône : un fossé d'effondrement.

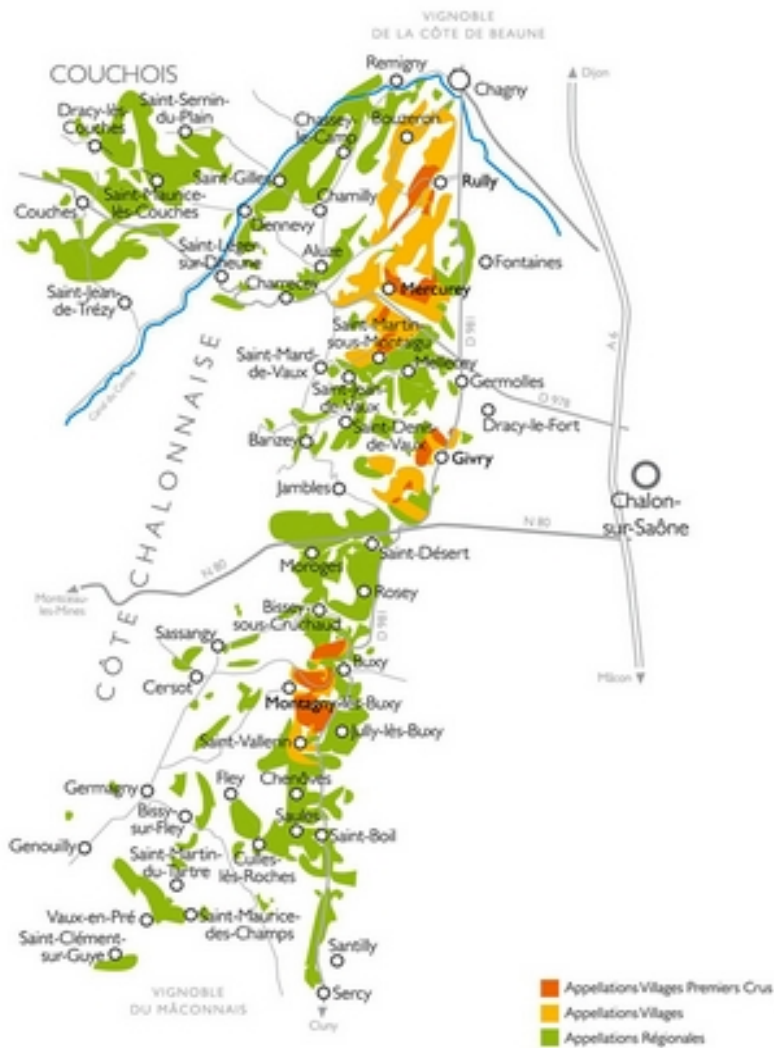


De Nevers (sur le bleu du Jurassique de l'Yonne et la Nièvre) jusqu'au jaune (Tertiaire de la plaine de la Saône), en passant par le socle du Morvan (Primaire).

Vins de la côte chalonaise

Après la côte de Montagny-les-Buxy, le Tour descend sur la plaine de la Saône en traversant le vignoble des Côtes chalonaise. Ce vignoble qui pousse sur des calcaires jurassiques est mondialement connu avec ses 5 crus d'AOC : Mercurey (plus grande appellation rouge de Bourgogne), Rully, Givry, Montagny et Bouzeron qui cultivent ensemble les emblématiques cépages : Pinot Noir, Chardonnay et Aligoté, joyaux des Grands vins de Bourgogne.

Le vignoble de la Côte chalonaise est géographiquement le prolongement naturel des prestigieuses Côte de Beaune et Côte de Nuits qui produisent les plus Grands Crus de Bourgogne, et la qualité de ses 5 crus chalonais n'a pas à en rougir.



Vins de la Côte Chalonnaise²⁵

Le Tour passe devant le caveau des vignerons de Buxy.



Vignes de la côte chalonaise © Wikipedia

²⁵ <https://www.rallye-bourgogne-cote-chalonnaise.fr/presentation/localisation/la-cote-chalonnaise/>

Étape 13 – Vendredi 17 juillet 2026

Dole > Belfort – 205 km

Devant le Jura

La vouivre de Damparis (Dôle) : un dinosaure jurassique

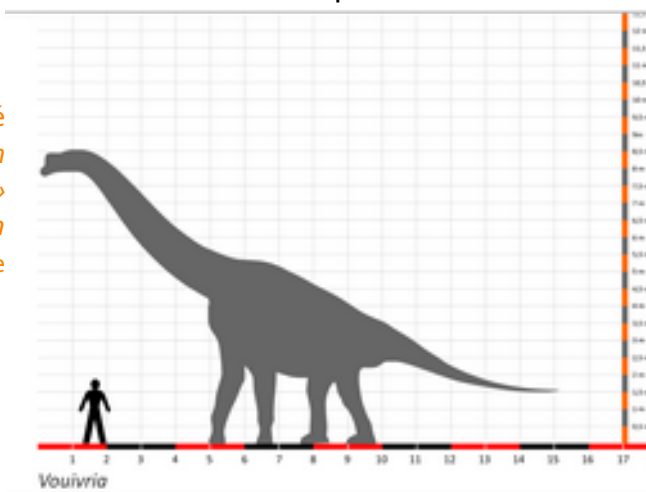
Damparis : terre des ancêtres des brachiosaures ?

La *vouivria damparisensis*, une nouvelle espèce de sauropode, cousin du brachiosaure, vécu il y a près de 160 millions d'années. C'est ce que vient de montrer le récent réexamen du squelette de dinosaure trouvé en 1934. Une découverte qui en fait également l'un des plus anciens découverts sur notre planète.

Ce nouveau dinosaure sauropode a été baptisé *Vouivra damparisensis*²⁶. Le nom générique, *Vouivria*, dérive du terme « vouivre » en ancien français, lui-même dérivant du latin *vipera*, « vipère ». Le genre *Vouivria* et l'espèce *Vouivra damparisensis* ont été décrits en 2017.



La vouivre est une créature légendaire ayant généralement la forme d'un dragon bipède ou d'un serpent ailé. Elle est souvent censée porter une escarboucle sur le front. Elle est parfois représentée comme un serpent ailé, ou un corps de femme nautique (M. Aymé), par analogie une rivières souterraine est parfois appelée la Vouivre (H. Vincenot).



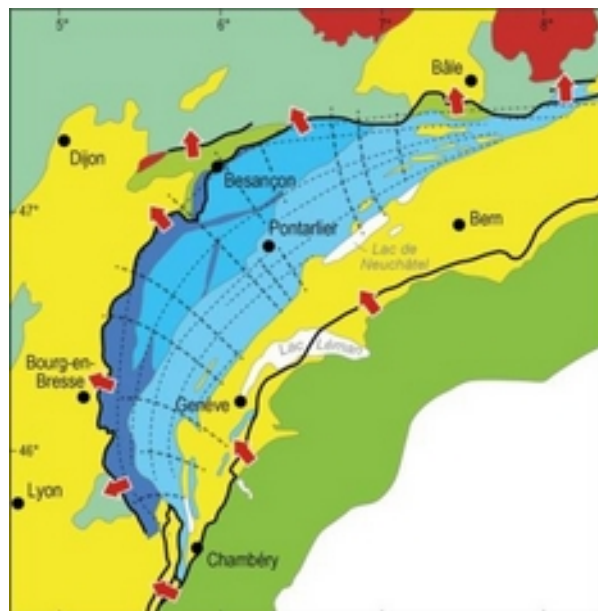
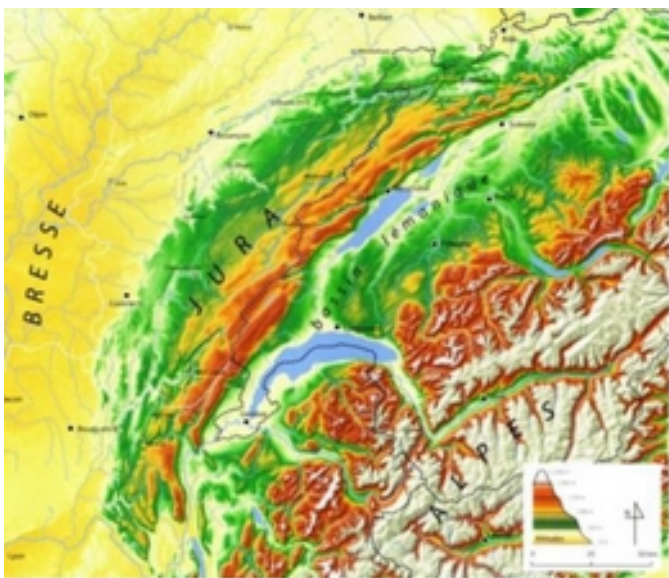
Le Jura : un simple coulis de calcaire !

Le Jura forme un croissant montagneux, dont la convexité est face au nord-ouest. Sa carte et sa structure illustrent parfaitement ce qu'il est : une langue d'écoulement qui a davantage avancé en son centre que sur ses extrémités. Tout comme le fait une crème caramel ou une pâte molle. Il s'agit effectivement d'un **coulis de calcaire** qui s'est installé quand le massif alpin s'est élevé, en contrecoup.

Exemple magnifique de ce que sont les phénomènes géologiques : des

²⁶ Ph. D. Mannion, R. Allain et O. Moine (2017).- « The earliest known titanosauriform sauropod dinosaur and the evolution of Brachiosauridae », *PeerJ*, PeerJ Publishing (d), vol. 5, 2 mai 2017,

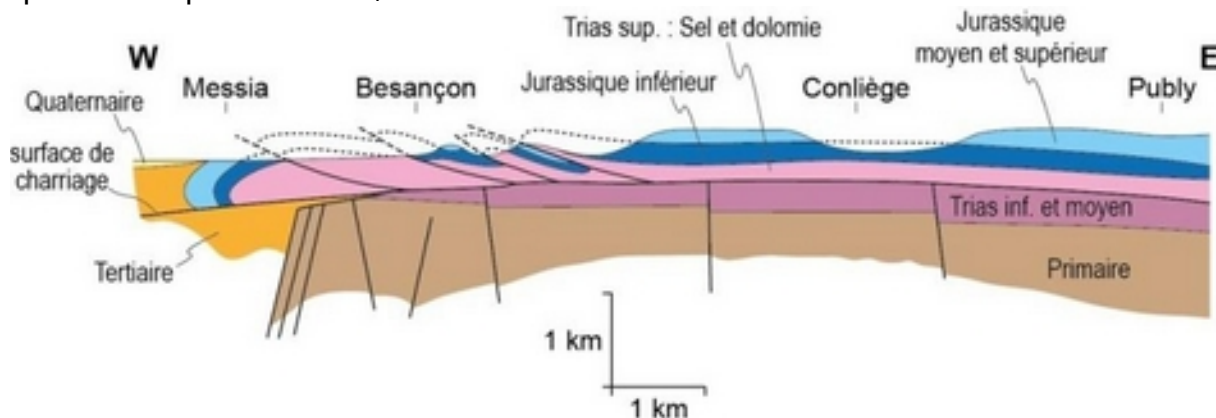
structures très plastiques quand on prend en compte la durée de ces phénomènes. Le Jura a commencé à se déplacer il y a 11 millions d'années, jusqu'il y a 3 millions d'années pour ses mouvements les plus importants, mais **il continue toujours à se déplacer** comme en attestent le cours de rivières, les séismes, etc. Déplacement horizontal d'environ 1 mm/a (soit 1 km/million d'années) et une élévation de 0,3 mm/a pour la haute chaîne.



À gauche. Topographie. Son front domine la dépression de la plaine de Bresse (de Bourg-en-Bresse à Belfort).

À droite. Le croissant du Jura doit sa forme à son écoulement. La structure du Jura révèle son origine : celle d'un glissement en masse vers le nord-ouest. Les flèches rouges indiquent le sens du transport.

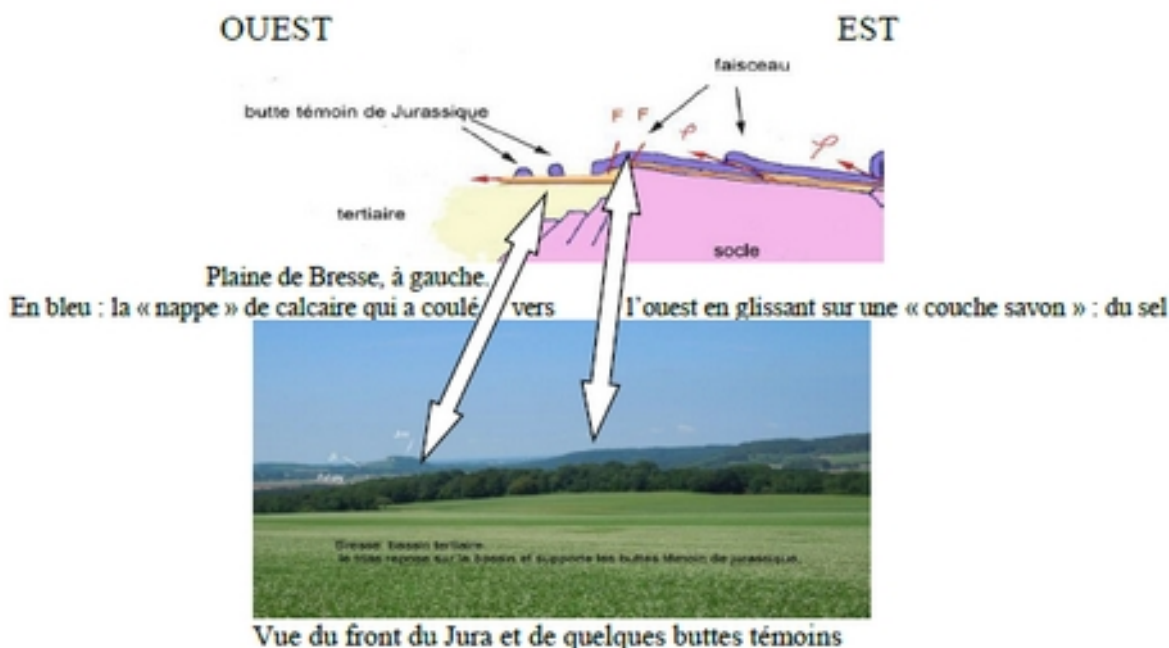
La forme en carte est évocatrice en elle-même, et une coupe de ce massif révèle que ce coulis déborde sur les sédiments récents du bassin d'effondrement de la Saône (figure ci-dessous). L'ensemble s'est déplacé de plus de 25 kilomètres dans les parties les plus mobiles, au centre.



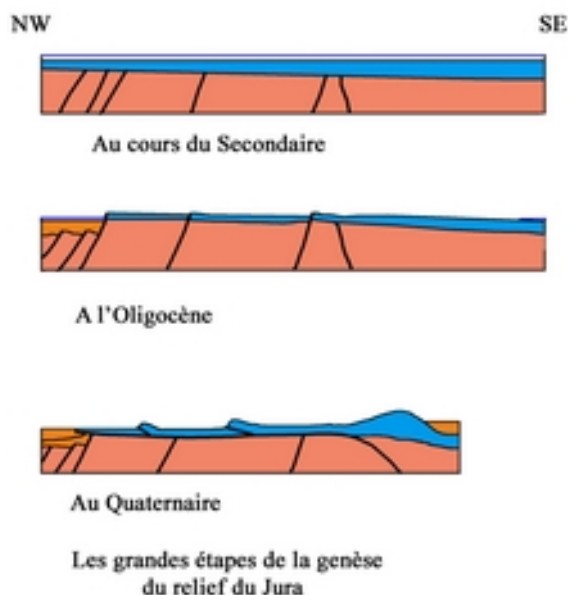
Coupe du Jura. En glissant, en coulant, les terrains se sont plissés ici et là, et le front (de roches du Jurassique, Secondaire, en bleu) déborde sur les sédiments récents de la plaine de la Bresse (en orange).

La durée des phénomènes géologiques et ses conséquences sont difficiles à appréhender par notre ressenti d'humains pour lesquels un siècle semble une

éternité. Une pente de 1 ou 2 %, est un "faux-plat" pour le cycliste, et pourtant une pente de 0,5 à 1 % a suffi pour que le massif montagneux du Jura s'écoule...

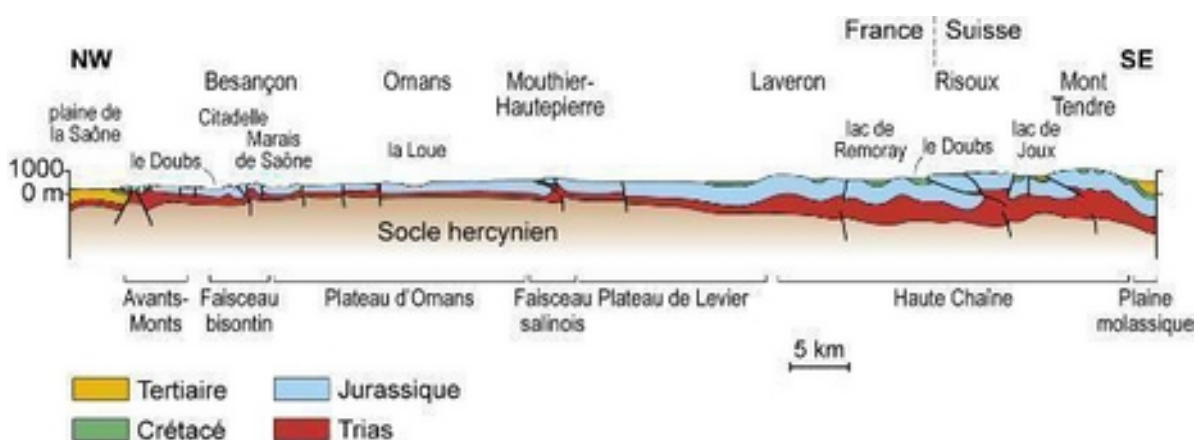


Le Jura représente de belles montagnes. On a du mal à imaginer que tout cet ensemble n'est qu'un coulis. Oui, une structure qui a coulé, qui a glissé vers l'ouest quand le plissement alpin a légèrement soulevé l'Est. Une très légère pente a suffi à faire glisser vers l'Ouest ces monts. C'est d'ailleurs cette mise en place qui explique la structure du Jura : de grands plateaux non déformés (ou presque) tel le plateau de Champagnole, et des zones très plissées cassées, ici et là (ex. Besançon, Salins...).



Le responsable de cette mise en place : le sel (sel gemme et gypse). La faible viscosité du sel confère à ses couches une grande plasticité. Le sel tient lieu de lubrifiant (de couche savon) dans les déformations associées à la formation des chaînes de montagne. Il favorise le décollement et le glissement de grandes unités tectoniques, comme les nappes de charriage, leur déplacement et leur déformation. C'est le cas du Jura qui a glissé sur les couches salifères (qui ont un peu plus de 200 millions d'années – Trias). Il en est de même dans les Alpes. Une coupe du Jura montre bien son aspect pelliculaire qui résulte du glissement en masse des couches vers le Nord-Ouest.

Vers l'Ouest ces calcaires de l'époque secondaire ont même glissé, sur plusieurs kilomètres, sur des couches très récentes (du bleu repose sur du jaune, des roches de 200 millions d'années sur des sédiments qui n'ont que 20 millions d'années).



Les terrains du Trias (250-200 millions d'années) comprennent des niveaux salifères. Les calcaires, en bleu et vert, ont glissé sur les couches salifères, en rouge

Le kaolin des granites



Carrière de Moissy : argile et kaolin



Des niveaux de grès rouges (datant du Permien-Trias) reposent sur une variété des niveaux clairs de granite (eucrite) qui est altéré en kaolin – blanc. Massif de la Serre

Les niveaux rouges de grès visibles à Moisseuse datent du permio-trias (260 à 245 Ma). Ils se retrouvent tout autour du massif vosgien. Ils ont servi, entre autres, pour bâtir la cathédrale de Strasbourg, le château du Haut Koenigsbourg... et, en ce qui concerne cette 13^e étape, pour construire le célèbre Lion de Belfort ainsi que la citadelle qui le domine.

Citadelle et Lion de Belfort en grès rose des Vosges



Citadelle et Lion de Belfort en grès rose des Vosges.
La citadelle est construite sur une falaise de calcaire jurassique.

Étape 14 – Samedi 18 juillet 2026

Mulhouse > Le Markstein Fellingring – 155 km



Une journée sur le socle métamorphique dans le Sud des Vosges

Les mines de potasse d'Alsace

Les 16 premiers km de l'étape sont situés dans la plaine d'Alsace. On roule sur son remplissage sédimentaire qui date du Tertiaire.

3900 m après le départ, le Tour traverse une zone industrielle dominée par un **chevalet de mine** de potasse. Il y a 30 Ma, l'Alsace était en grand lac, souvent envahi par la mer. Lac et bras de mer temporaires étaient soumis à une intense évaporation et fonctionnaient en « **marais salants** » dans lesquels se déposaient du sel (chlorure de sodium) avec des niveaux riches en chlorure de potassium, la potasse d'Alsace. Ces mines de potasse ont été exploitées de 1908 à 2004. Elles ont ensuite servi de zone **d'enfouissement** des déchets ultimes à la profondeur de 550 m. Un incendie qui s'est déclaré en profondeur dans cette zone de stockage en 2002 a duré des mois et a montré le danger de ce type de stockage souterrain. On n'y entrepose plus de nouveaux déchets, mais les 40 000 tonnes de déchets déjà enfouis y resteront. Cela montre l'ambiguïté de notre société qui génère des déchets mais ne sait pas comment s'en débarrasser ou les utiliser.



Une ancienne mine de potasse à 3900 m du départ de l'étape du jour.



Deux lacs salés actuels (en Algérie et en Éthiopie), qui donnent une idée de ce à quoi devait ressembler le paysage alsacien il y a 30 Ma. Source wikipédia

Le Tour s'approche ensuite du rebord du fossé alsacien qu'il atteint à Uffholtz, où le Tour passe devant une église caractéristique de la région, car bâtie en grès des Vosges (grès rose).



Église d'Uffholtz construite en grès des Vosges (grès rose)

Le vignoble d'Alsace

Après la sortie d'Uffholtz, et juste au début de la montée, le Tour traverse un vignoble, un des plus méridionaux des vignobles alsaciens. Le vignoble alsacien pousse au pied des Vosges cristallines, sur des « marches d'escalier » limitées par des failles, orientées vers l'Est, ce qu'apprécient les vignobles. On trouve des vignes à la fois sur les terrains cristallins, sur les grès et marno-calcaires de l'ère secondaire, et sur le Tertiaire. Les plus grands crus poussent sur les marnes jurassiques.



Ce vignoble est installé sur des terrains tertiaires.

Tout le reste de l'étape roule dans la partie cristalline des Vosges, dominées par des roches métamorphiques (dont du Carbonifère à l'arrivée), des gneiss et des granites.

Les Vosges constituent une des lèvres du fossé d'effondrement de la plaine d'Alsace (l'autre lèvre étant la Forêt Noire).

Un bombement (commencé il y a près de 30 millions d'années, il se poursuit encore actuellement) a fait remonter des roches du socle. L'érosion a décapé les parties les plus hautes et laisse apparaître ce socle.

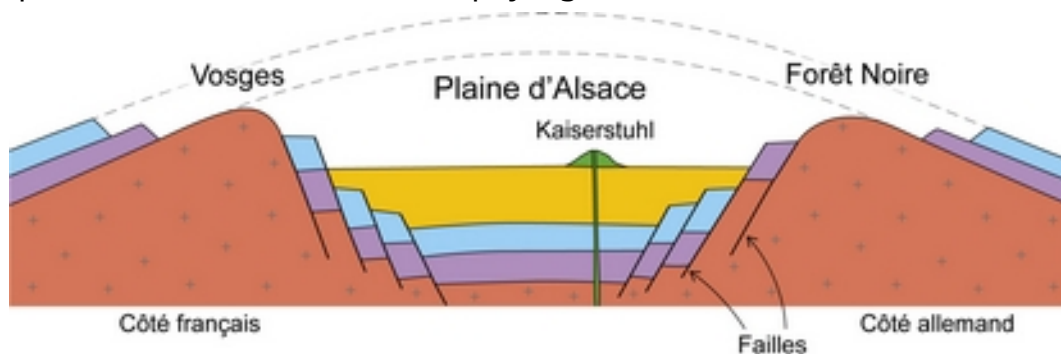
Les Vosges ne constituent que la moitié occidentale d'un bombement du socle hercynien suivi d'un effondrement tectonique central (la plaine d'Alsace). Cette formation explique la dissymétrie du massif. Cette déchirure du socle s'est poursuivie plus au sud (Bresse, Limage) et a failli, coupé l'Europe en deux !

De chaque côté de la plaine, les crêtes forment des reliefs (Vosges, Forêt Noire) atteignant 1 424 m au Grand Ballon. Ces reliefs aux formes arrondies justifient leur appellation de "ballon".



Le Grand Ballon (1 424 m au sommet) avec sa morphologie arrondie caractéristique vu depuis la route qu'empruntera le Tour en 2026.

Sur le versant occidental des Vosges, la pente est douce, quelques degrés seulement. Sur le versant situé du côté de l'axe du rift, la pente est raide (10 %) : c'est le bord faillé du fossé où des blocs affaissés constituent de gigantesques marches d'escalier plus ou moins visibles dans le paysage.



Coupe du Bombement Vosges - Forêt Noire.

Le grès rose des Vosges (Trias, base de l'ère secondaire, en violet) repose sur le socle primaire (en rouge). Le grès est recouvert de roches calcaires (en bleu qui datent du Jurassique). Le dessin des niveaux montre bien que, suite au bombement, une distension au milieu a conduit à l'effondrement de la plaine d'Alsace. Quelques laves en ont profité pour sortir sous forme de volcan (le Kaiserstuhl).

Des eaux radioactives, donc « bonnes pour la santé »

À Vichy (étape 11), nous avons signalé des eaux « bonnes pour la santé car radioactives ». En Alsace, dans un contexte géologique proche, des eaux minérales ont longtemps vanté cette propriété (flèche rouge ci-dessous : « La plus ancienne source minérale d'Alsace contenant du radium »).



Étape 15 – Dimanche 19 juillet 2026

Champagnole > Plateau de Solaison – 184 km

Le Jura a donné son nom à une époque géologique : le Jurassique.

Environ 10 km avant Champagnole.

On suit les dinosaures à la trace

Plateau calcaire

Loulle est situé sur le plateau de Champagnole composé de forêts sur les coteaux et le sommet du plateau, entrecoupées de clairières dédiées à l'élevage, à la polyculture et à l'habitat. Les pâtures et les prés de fauche tapissent les vallées. Ce plateau, constitué de calcaires et marno-calcaires de la fin du Jurassique (–148 millions d'années), est séparé des plis de la région de Lons-le-Saunier, à l'ouest, par une vaste dépression : la combe.

Des milliers d'empreintes !

À Loulle, un important site d'empreintes de dinosaures est repéré en 2004 dans une ancienne carrière : au total



1 500 empreintes (réparties en 28 pistes, 23 pistes de Sauropodes – herbivores – et 5 pistes de Théropodes – carnivores).



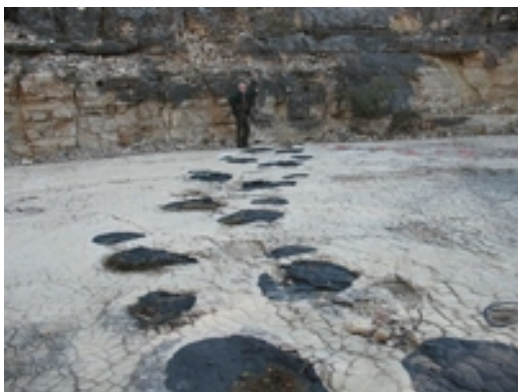
Ces empreintes se sont formées sur des plateformes littorales constituées de sédiments meubles (sables et boues calcaires), comme dans une lagune de très faible profondeur attestée par la présence de rides de plage, fentes de dessiccation, etc.

Comment de telles pistes se sont conservées

Après qu'une empreinte soit faite, plus rien ne se passe, que du temps... Avec le temps se développent des tapis microbiens, qui s'empilent, durcissent et constituent ainsi une sorte de vernis protecteur. Alors une autre boue calcaire peut de nouveau se déposer et le moulage est fait.

Faire connaître et protéger

Le site des pistes à dinosaures de Loulle, de 3800 m², est révélé au public en automne 2006 et fait l'objet de relevés pendant 3 années. Depuis 2014, le site est à la fois partiellement protégé et aménagé (passerelle, panneaux didactiques) pour le public.



Traces de sauroïdes © P. De Wever 2009 Panneau de signalisation sur le site © P. De Wever



Traces peintes de sauroïdes © P. De Wever 2009

Différentes pistes sont soulignées par des peintures. Les tailles différentes correspondent à des animaux de tailles différentes (plusieurs espèces d'herbivores et/ou des individus plus ou moins âgés). © Dinojura

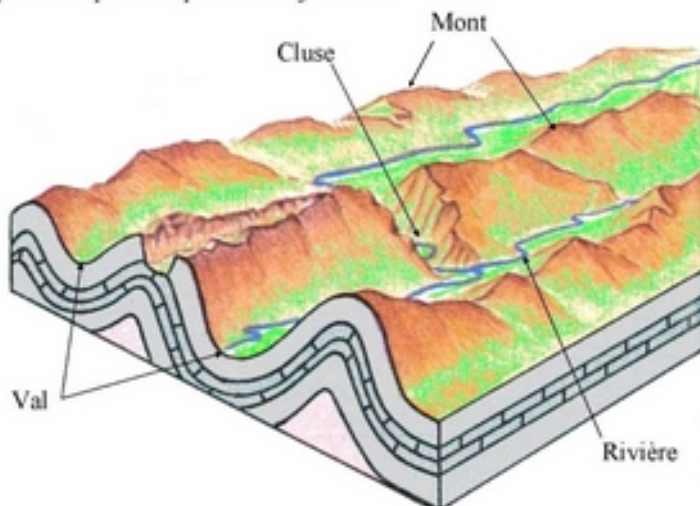


Aménagement de l'ensemble de l'affleurement principal de Loulle (Jura) © M. Schultz

Le site est aménagé pour éviter le piétinement (barrières, passerelle), et équipé de panneaux pédagogiques. Devant le front de taille, et sur les côtés, les bouquets herbeux correspondent aux espaces recouverts pour leur conservation.

De Champagnole aux Rousses, on coupe le massif du Jura du Nord-Ouest au Sud-Est. Ce massif est constitué de monts allongés, séparés par de larges vallées, les vals. Les monts correspondent à des bombements (anticlinaux), et les vals à des couches en creux (synclinaux). Parfois, une rivière recoupe un mont par une cluse.

Coupe théorique d'un plissement jurassien



Les plis du Jura²⁷

Le Tour franchit 3 à 4 monts et vals, puis oblique vers le Sud-Ouest peu après les Rousses.

Entre Lacrans et Bellegarde-sur-Valserine, le Tour franchit le torrent la Valserine sur un pont haut de 30 m. À 1 km en amont de ce pont, la Valserine franchit une barre de calcaire dans des gorges impressionnantes, gorges appelées les « Pertes de la Valserine », "perte" signifie localement que la rivière est très encaissée entre deux parois verticales et qu'elle a presque "disparu" au regard ; elle n'est cependant pas souterraine.



Les pertes de la Valserine²⁸



Lundi 20 juillet 2026 – Repos – Haute-Savoie

27 https://www.jura.gouv.fr/contenu/telechargement/27006/211258/file/Jura_phys_hist2020.pdf
 28 <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg520-2016-01-25.xml>

Étape 16 – Mardi 21 juillet 2026

Évian-les-Bains > Thonon-les-Bains 26 km (clm)



Étape dans le géoparc du Chablais

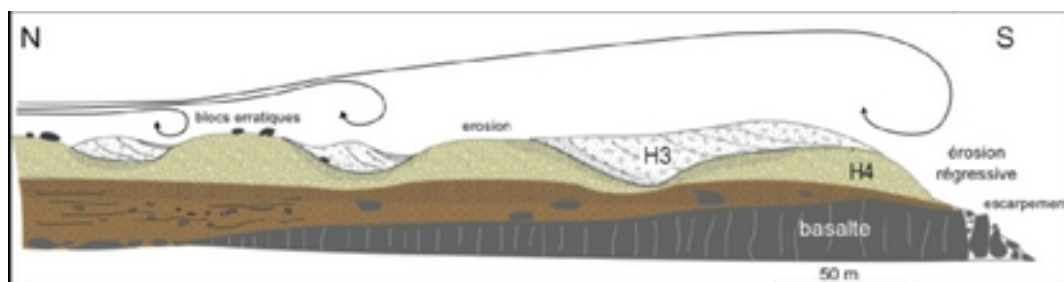
Une rareté en Europe : la dune hydraulique d'Excenevex (Sud-Ouest de Thonon)

En Europe, il n'existe que deux sites dunaires de lacs : le site d'Excenevex-Sciez et les rives du lac Balaton en Hongrie. Las ! Aujourd'hui le site est connu simplement comme "la seule plage de sable du Léman" (tant il est dégradé par la surfréquentation de campeurs).

Au sud du Lac Léman, Excenevex (4 km à l'Ouest de Thonon) présente un site constitué de dunes hydrauliques (formées par l'eau) et éoliennes en proche rivage et sur la plage. Les autres éléments associés sont des blocs isolés, erratiques, partiellement immergés.



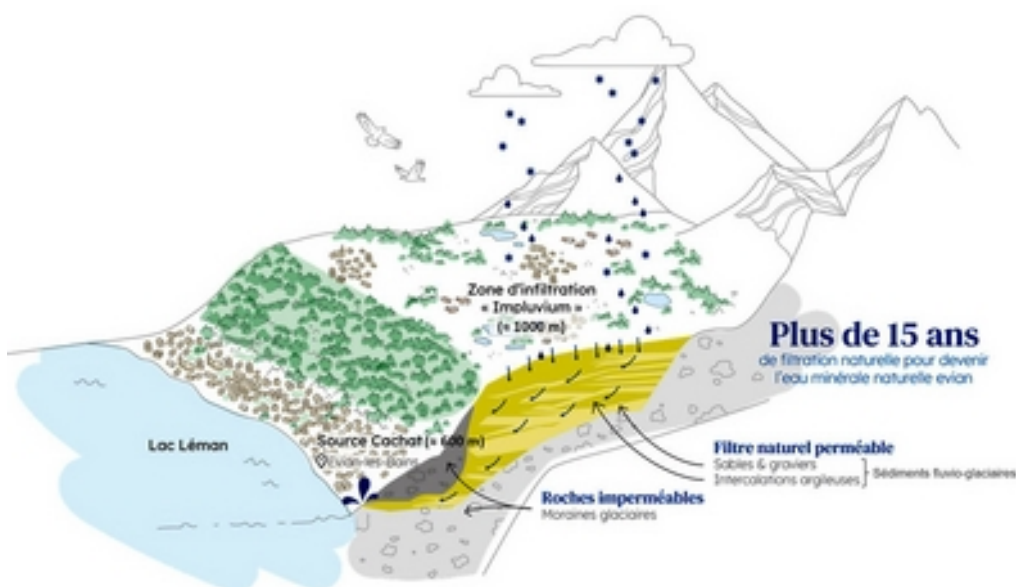
Processus de formation des dunes : le vent dominant de Nord-Est (bise) génère des vagues d'amplitude et de longueur d'onde identique. Ces vagues érodent le fond de l'avant rive du lac. Des bancs de sédiments sont mobilisés. Un classement partiel des sables forme les dunes hydrauliques. La reprise des sables par le vent lors des périodes d'abaissement du niveau du lac permet la formation des dunes éoliennes.



Formation des dunes hydraulique © B. Van Vliet-Lanoë

Une célébrité en Europe : les eaux d'Évian

Thonon, et surtout Évian, sont des eaux minérales mondialement connues. Il s'agit d'eau de pluie (ou de neige) tombé vers 1000 m d'altitude sur le plateau dominant Évian ; on parle d'impluvium. Cette eau s'infiltré dans des sédiments fluvio-glaciaires datant des dernières périodes glaciaires des Alpes, y chemine une quinzaine d'années, s'y filtre, se charge en oligo-éléments, et ressort au niveau des sources comme la source Cachat. La présence d'argiles dans ces sédiments fluvio-glaciaires permet de retenir la majorité des polluants.



Coupe géologique simplifié résumant l'origine des eaux d'Évian (et de Thonon)²⁹

Certaines publicités des eaux d'Évian mettent en valeur des images représentant le Mont Blanc, des glaciers bien blanc-bleutés... Ces images mentent « implicitement ». En effet, si les sédiments jouant le rôle de filtre naturel sont bien des sédiments fluvio-glaciaires, ce sont des glaciers ayant disparu depuis des milliers d'années. Et les glaces « immaculées » du Mont Blanc n'ont pas grand-chose à voir avec les eaux d'Évian et de Thonon.

Seulement 15 ans de filtration pour les eaux d'Évian... Très très court !

Quinze ans, pour la filtration ? C'est TRÈS très peu. Nous avons vu que les eaux chaudes de Chaudes-Aigues (étape 10), celles de Vichy (étape 11) et celles d'Aix-les-Bains (étape 17), sont des eaux tombées, elles, il y a des centaines de siècle !

²⁹ Source : <https://apieme-evian.com/un-territoire-unique/>, modifié

Étape 17 – Mercredi 22 juillet 2026

Chambéry > Voiron – 175 km

Le lac du Bourget



Le Lac du Bourget, vue vers le Nord (à gauche : Mont du Chat) © F. Pepelin cc-by-sa 4.0

Le Lac du Bourget est le plus grand lac naturel de France (18 km × 3,5 km ; 44,5 km²). **Origine glaciaire** : les anciens glaciers du Rhône et de l'Isère se rencontraient à cet endroit, il y a environ 30 000 ans. Leur fonte et leur retrait progressif depuis cette époque d'extension maximum jusqu'à la fin de la dernière glaciation, il y a 10 000 ans, ont laissé des lacs dans les fonds de vallée, peu à peu comblés par les apports fluviaux (du Rhône notamment). Ces lacs se sont réduits pour laisser les lacs du Bourget, d'Annecy ou du Léman.

Le Géoparc des Bauges

À l'Est, nous abandonnons le massif des Bauges, qui est un Parc naturel régional (PNR) et un **Géoparc mondial de l'UNESCO** (comme celui du Chablais – étape de la veille).



Le temps de l'environnement n'est pas le temps de l'Homme : l'eau

Au pied des Bauges, **Aix-les-Bains** est une **cité thermale** historique qui doit ses sources d'eaux chaudes sulfureuses à un phénomène géologique : les eaux qui se sont infiltrées dans les couches calcaires de la crête jurassienne de la Charvaz, au nord du col du Chat, mettent **plusieurs milliers d'années** pour ressortir à Aix-les-Bains après être passées à 2000 m de profondeur sous le lac du Bourget en suivant la forme en U du pli calcaire puis en remontant à la surface à la faveur d'une **faille** ³⁰.

Cela veut dire que **si on pollue aujourd'hui** au niveau de l'infiltration de l'eau, **cette pollution se fera encore sentir dans plusieurs milliers d'années. Cette observation place l'humanité devant ses responsabilités dans la nature.**

30 Voir aussi : Léon Moret Léon, 1939. Origine géologique des sources thermales d'Aix-les-Bains. In: Les Études rhodaniennes, vol. 15, n°1-3, 161-162

Vers Aix-les-bains, remontée vers le Pont de l'Abîme

Les gorges du Chéran (ci-dessous) sont creusées dans le calcaire d'un ancien récif (formé dans une mer chaude et peu profonde) il y a 120 millions d'années : le « calcaire urgonien ». Ce calcaire, très résistant, se retrouve dans presque tous les chaînons sub-alpins où il forme les falaises caractéristiques de cette région, comme ceux évoqués plus loin (Dent d'Arclusaz, Trélod, Granier...).



Le pont de l'Abîme enjambe la vallée du Chéran (front occidental du massif des Bauges) © P. De Wever

Paradoxal : de l'or entre Aix et Annecy (grâce aux glaciers)³¹

L'or se trouve sous forme primaire dans des roches très siliceuses (tel le granite). On le trouve aussi quand des roches siliceuses ont été altérées et qu'il a été transporté par des cours d'eau, dans des alluvions (appelés *placers*). Mais à l'ouest des Bauges on trouve de l'or dans les alluvions de rivières alors que ces montagnes sont calcaires. Donc il ne devrait pas y avoir d'or ! Paradoxal ! Quelle en est l'explication ?

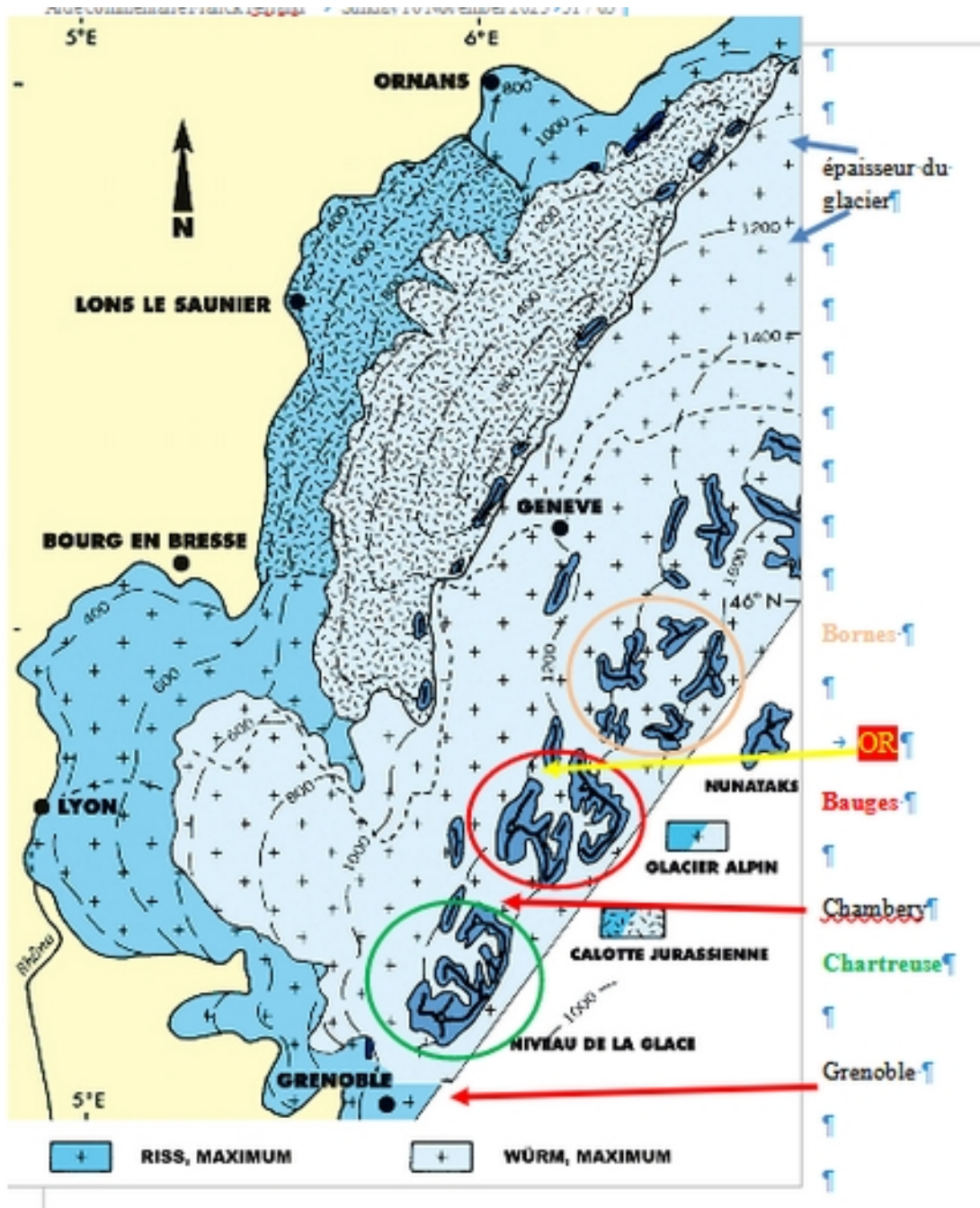


Le massif des Bauges est effectivement totalement calcaire. Mais au Quaternaire, lors des grandes périodes glaciaires, ses vallées étaient occupées par des glaciers qui l'envoyaient, en venant de l'Est, des massifs du Belledonne et du Mont Blanc. Leur épaisseur était telle qu'ils franchissaient les cols du massif des Bauges pour s'écouler vers l'ouest ! Ils charriaient des blocs rocheux arrachés dans ces massifs cristallins de l'est, et les relâchaient dans les Bauges. On retrouve aujourd'hui ces blocs et leurs

31 Inspiré de P. De Wever (2021).- Histoires secrètes de cailloux . Belin, 266pages

fragments jusqu'à l'Ouest des Bauges, de même que les particules, parmi lesquelles les paillettes d'or !

Le glacier de l'Isère atteignait 1 600 m d'épaisseur vers Grenoble, 1 800 m vers Chambéry et 2 000 m vers Albertville.



Les glaciers (en bleu) ont envoyé les parties basses du massif des Bauges. La flèche pointe où de l'or a été trouvé (la plus grosse pépite connue faisait plus de 43 grammes). Cet or a été exploité depuis les Romains jusqu'au début du XX^e siècle. Aujourd'hui encore, des orpailleurs amateurs y passent leurs vacances.

Les glaciers transportent beaucoup de matériaux, grossiers, petits ou très fins. On retrouve par exemple sur le parking du Pont de l'Abîme une ancienne moraine. Elle fut longtemps ignorée, jusqu'à ce que des travaux d'aménagement routier la

révèle. On y a trouvé des éléments et même des blocs de roches de Tarentaise et du Beaufortain, provenant donc de près de 50 kilomètres plus à l'Est. Ainsi, l'or trouvé dans le Bauges ne vient pas des calcaires baujus, mais de roches cristallines (granites, gneiss...) des Alpes internes³².



Moraine du parking du Pont de l'Abîme. Le dépôt est caractéristique d'une moraine : un mélange d'éléments très fins, dominants, jusqu'à des blocs pluri-décimétriques.

© P. De Wever / © G. Egoroff

Les Tours Saint-Jacques : un prodige d'équilibre³³

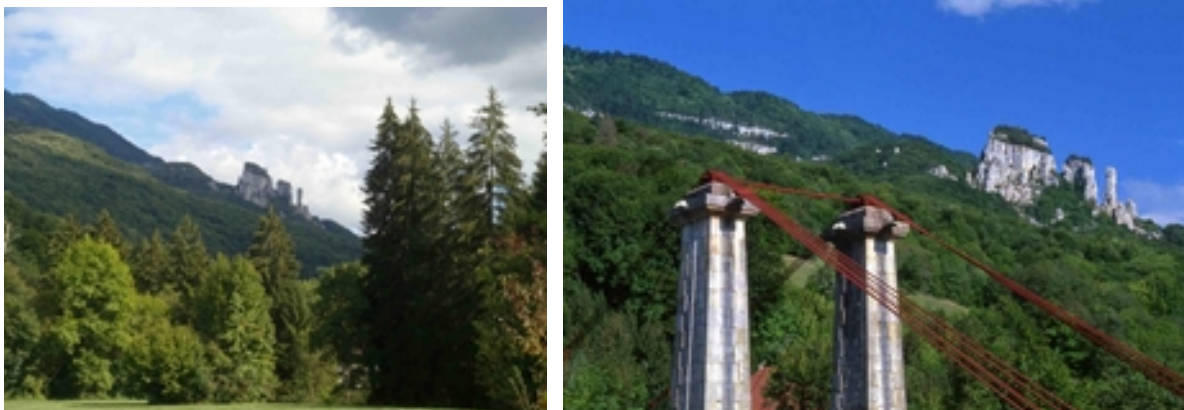
Les montagnes offrent souvent des paysages qui provoquent une émotion par leur simple esthétique. Mais quand, en plus, ils témoignent d'un phénomène extraordinaire, alors l'imagination s'emballe et notre émotion n'en est que plus grande.

Dans les Bauges, sur le flanc sud du Massif de Semnoz, des pitons rocheux attirent l'attention. Ils sont appelés les Tours Saint-Jacques du nom de la chapelle d'un ancien prieuré. La grosse tour culmine à 950 m d'altitude.

Ces majestueuses aiguilles dominent le village d'Allèves. Il n'y a guère d'endroit un peu inhabituel sans sa **légende**. Ici, il est dit qu'un jour un aigle emporta un agneau du village pour aller le dévorer. Mais l'agnelet, trop lourd, fut déposé par le rapace sur une des tours pour se reposer. Plusieurs années après, un alpiniste trouva un bélier dans un cadre verdoyant !

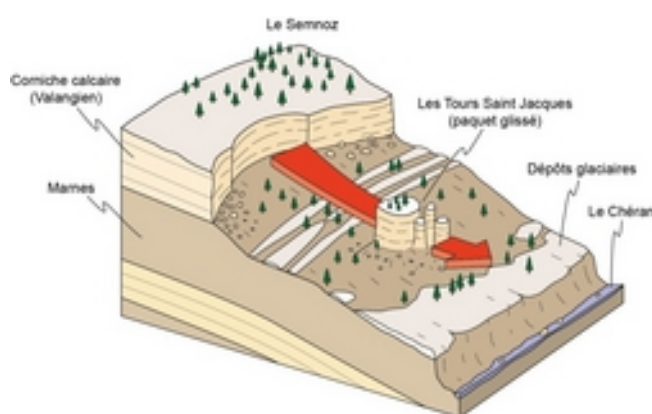
³² Une autre hypothèse relève de la même logique, mais plus ancienne et non glaciaire, mais liée à l'érosion marine, bien plus ancienne (entre 20 et 10 millions d'années dans les marnes et grès molassiques tertiaires).

³³ Inspiré de P. De Wever, 2021. Histoires secrètes de cailloux, Belin, 266p



Les Tours Saint-Jacques, vues depuis le Pont de l'Abîme © Pierre Reneau

De fait, ces tours ne sont pas un simple effet de l'érosion, tel que l'on en connaît pour les cheminées de fées. Le processus est bien plus **extraordinaire**. La pente est située sur le flanc sud du Massif du Semnoz, dont le sommet est constitué de calcaires d'âge crétacé (Hauterivien, environ 130 millions d'années). Cette grosse couche de calcaires repose sur des marnes et calcaires marneux un peu plus anciens, mais surtout plus plastiques ; ce qui fait qu'ils constituent une sorte de **couche-savon**. Alors, quand des blocs se sont détachés de la falaise du haut, tel des icebergs au front d'un glacier, les éléments n'ont pas basculé en s'effondrant, mais ont **glissé** sur les marnes en descendant tout doucement la pente. Ils sont maintenant éloignés de plusieurs centaines de mètre de leur "port d'attache", 700 m pour la plus haute et 960 m pour la plus basse et la plus fine ! Ils continuent à descendre à une **vitesse variable** selon les éléments : de 2,1 cm/a pour la plus haute, 1,8 cm/an pour la tour du milieu et jusque **4,6 cm/a** pour la plus fine, la plus basse, la plus rapide.



Le paquet glissant des Tours Saint-Jacques © Christian Giusti
Schéma expliquant la formation des Tours Saint-Jacques

Il est tout à fait extraordinaire que ces éléments restent verticaux alors qu'ils font environ 80-90 m de haut ! On comprend que les photographes cherchent à rendre compte de cette magie.



Le ciel nuageux renforce le mystère des tours Saint-Jacques © PNR Bauges

Bauges : ce qui est en bas, est ce qui est en haut ³⁴

Les paysages des Bauges font penser à *La Table d'Émeraude*, un des textes les plus célèbres de la littérature alchimique, hermétique, qui représente l'enseignement d'Hermès Trismégiste : « *Ce qui est en bas est comme ce qui est en haut, et ce qui est en haut est comme ce qui est en bas.* ». En effet, on y voit des points bas de structures qui sont maintenant en haut. Le géographe y voit de beaux exemples de **relief inversé**, et le géologue des **synclinaux perchés**.

La Massif des Bauges, au nord du Vercors et de la Chartreuse, est comme eux constitué presque uniquement de calcaire. Ces trois massifs sont séparés les uns des autres par de profondes vallées transversales et leur allure générale est légèrement différente parce que leur structure n'est pas tout à fait la même. Celui des Bauges est marqué par des structures de direction grossièrement nord-sud.



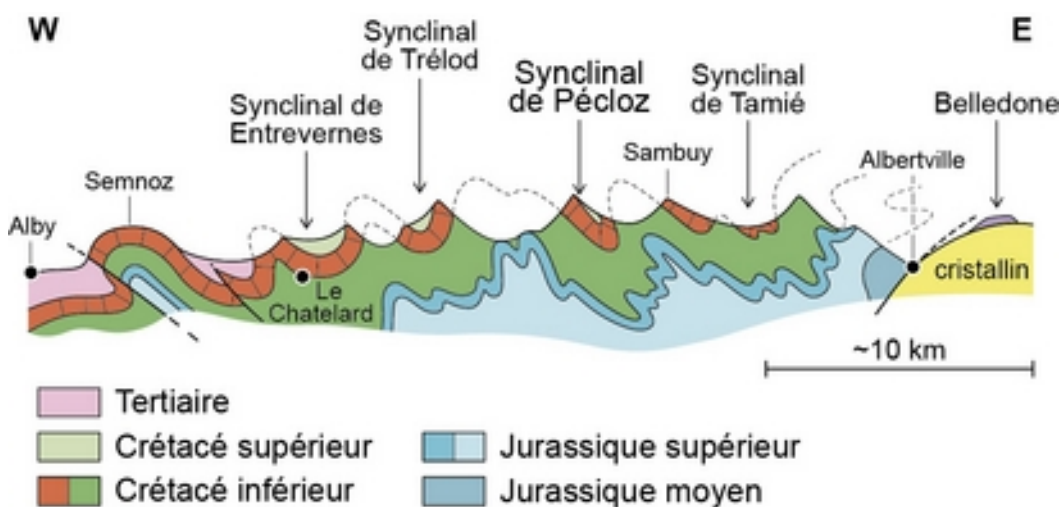
Escarpements du sommet des Bauges autour du Col d'Arclusaz.

La structure synclinale (bas d'un pli) domine le paysage du massif des Bauges. Tous les sommets visibles sont dus à des couches de calcaire plissées (un autre synclinal, le Trélod, est visible au fond).

© 13BCA

³⁴ Inspiré de P. De Wever, 2021 *Histoires secrètes de cailloux*, Belin, 266p

Ce massif fait partie des "**Préalpes**", c'est-à-dire qu'il fait partie d'un ensemble de massifs qui ont été formés quand les Alpes se sont élevées. Ils ont été poussés vers l'Ouest et se sont plissés. Avec l'augmentation d'altitude, l'érosion s'est activée efficacement et a déblayé une partie des roches (on admet qu'elle aplanit en moyenne de 1 cm/an). Elle est surtout active vers les points hauts qui sont donc les plus fortement attaqués, alors que les zones basses sont préservées. Quand l'érosion est poussée, on peut arriver à une **inversion du relief** : les points bas de la structure (synclinaux) deviennent les points hauts du relief, on parle de « **synclinal perché** ». Cette situation est réalisée dans deux massifs subalpins entre Grenoble et Chambéry : la Chartreuse et les Bauges. On voit aujourd'hui de tels synclinaux perchés en haut du Trélod, Pécloz et au col d'Arclusaz.



Coupe du massif des Bauges, illustrant une inversion de relief

L'érosion ayant entamé de puissantes séries argilo-marneuses (vert foncé), les calcaires plus résistants (orange) sont en saillie. Les synclinaux de Trélod (photo ci-dessous) et de Pécloz apparaissent comme « perchés » par rapport à la profonde vallée anticlinale qui les sépare, et qui résulte de l'exagération d'une dépression (combe).



Le Massif du Mont Trélod et son synclinal perché (voir figure ci-dessus), Bauges, Savoie
 © Christian Giusti

Est des Bauges : vallée de l'Isère

Les vallées glaciaires nous offrent des paysages inspirateurs ou menaçants. Cette région, longtemps frontière, est garnie de points de défense.

La vallée glaciaire en U de l'Isère

La vallée de l'Isère, au sud d'Albertville, affiche son origine glaciaire avec sa morphologie en U (fond plat, bords raides).



La vallée glaciaire en U de l'Isère, vue vers le Nord (au fond à droite il y a Albertville dans le lointain). On distingue clairement la vallée en U, la dent d'Arclusaz et au fond le Mont Blanc
© Baptiste Journaux <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img592-2018-01-22.xml>

Succédant aux grandes glaciations, le réchauffement climatique, qui a débuté il y a environ 15 000 ans, a dégagé la vallée. Les glaciers ont abandonné des cailloutis qui forment les moraines. Depuis deux siècles, le développement industriel accélère ce réchauffement par la production de gaz à effet de serre.

Le Chignin-Bergeron : blanc de Savoie sous le regard de La Savoyarde

À proximité de Montmélian, sur la droite de la route, le vignoble de Chignin-Bergeron s'étend au pied du Massif des Bauges et de la montagne « La Savoyarde » ou Roc de Tormery.

Ce nom de Savoyarde est attribué à une partie de la falaise de calcaire Jurassique, dur, qui ressort au-dessus des éboulis et sédiments glaciaires. Il se justifie par le profil de la falaise supérieure de la montagne, qui évoque (paréidolie) le profil d'une paysanne de Haute-Tarentaise, coiffée de la "frontière" (coiffe traditionnelle de Tarentaise).

Le vignoble est situé sur les coteaux sud du massif des Bauges, sous « La Savoyarde », constitués de nappages d'éboulis calcaires, de sols alluvionnaires et de moraines glaciaires.



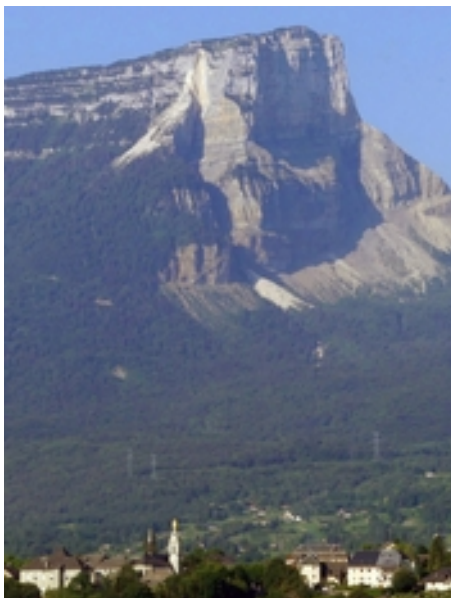
Coteaux de Chignin à Montmélian (au fond, vers la droite : Chambéry) © F. Pepelin cc-by-sa 4.0
Vue de **la Savoyarde**, portion de falaise du roc de Tormery représentant par paréidolie une femme de profil coiffée de la Tarentaise. © Claude Garnier, Google Earth Panoramio³⁵,

Une catastrophe déplace une capitale et permet l'installation d'un vignoble

À l'approche de la cité ducale, Chambéry, qui occupe un site de cluse (passage resserré) entre les massifs des Bauges et de la Chartreuse, la route passe alors entre les villages de Chignin (à droite) et Myans (à gauche).

³⁵Claude Garnier, Google Earth Panoramio,

https://lh3.googleusercontent.com/gps-cs-s/AG0ilSwHxHyKNxxrZhiWAnM0_gsquVqB5YTSOS3QSJW0HETbdg4Qd4asKSb0-jLHI4P37eLumbJgBSeclYqALb133Q7-GhJ912HTwfW3kpHXwjygfXcrbcYkYhWTGsErECy8x63ZZFFI=h1440



Le Mont Granier (1933 m), massif calcaire, marque l'extrémité septentrionale du massif de la Chartreuse. Il a connu un énorme éboulement en 1248. Près de 500 millions de m³ ont recouvert et écrasé de nombreux villages faisant environ 5000 morts. La ville de Saint-André, alors capitale religieuse de la Savoie fut rayée de la carte, **alors la capitale** savoyarde **devint Chambéry**.

L'église de Myans, au premier plan, au fond, le Granier³⁶ et sa falaise, source de l'éboulement de 1248
© F. Pépellin

Une double église pour un lieu miraculé

Le village de Myans possède un sanctuaire fait de 2 églises superposées, (rarissime dans la chrétienté) et dont le clocher porte une grande statue dorée de la Vierge. Cette double église date du XV^e siècle.

Une chapelle qui se trouvait là fut épargnée de justesse lors du terrible éboulement de 1248. Ce lieu de culte fut donc considéré comme miraculeusement protégé et devint vénéré ainsi qu'un lieu de pèlerinage. La chapelle devint église.

L'église de Myans et sa gigantesque statue



Récemment encore (en mars 2016), le Granier a été le siège d'impressionnants écroulements qui font l'objet d'une surveillance continue.

L'éboulement de mars 2016

36 https://fr.wikipedia.org/wiki/Sanctuaire_Notre-Dame_de_Myans



Aspect des éboulis sur lesquels pousse le vignoble d'Apremont. Chaque petite colline et/ou rocher isolé correspond à ces éboulis venant du Granier (flèche rouge) © Google Earth Street View

Sur les éboulis du XIII^e siècle ont été installées des vignes. Ce vignoble **d'Apremont** est le « compagnon » des fondues savoyardes.

Le vignoble est situé sur les coteaux nord du Granier, sur des sols à texture marno-calcaires, argilo-calcaires et des moraines glaciaires, appelé les « Abymes de Myans ».

Le lac de Paladru célèbre pour ses cités lacustres (archéologie)

Peu avant l'arrivée, le Tour longe le lac de Paladru. Ce lac est dû au surcreusement irrégulier par le glacier du Rhône du substratum local principalement composé de molasses miocènes. Ce surcreusement a été mis à jour (et rempli d'eau) lors de la fin de la glaciation wurmienne et du retrait glaciaire associé vers –15 000 à –12 000 ans.



Le lac de Paladru.

L'ellipse rouge au Sud du lac localise les sites des anciennes cités lacustres.

Le symbole rouge, au Nord du lac, localise le musée archéologique © Pierre Thomas

Ce lac est mondialement connu, car on y a découvert deux « cités lacustres ». Deux principaux sites ont livré des restes extraordinaires d'anciens villages établis sur des rives aménagées du lac. Bâti sur des pieux consolidant / réhaussant les berges, ces villages péri-lacustres sont appelés "palafittiques". Ces villages ont été construits pendant des périodes de basses eaux, et abandonnés quelques décennies plus tard à cause de la remontée des eaux du lac. Il y a eu deux périodes d'occupation de ces villages : le site des Baigneurs a été occupé au Néolithique terminal, entre 2 669 et 2 592 avant E.C., et le site de Colletière quelques centaines de mètres au Nord-Est du premier, a été occupé au Haut Moyen-Âge entre 1006 et 1040 après E.C. (en France, on est alors sous le règne de Robert II, fils d'Hugues Capet).

Le Musée archéologique du lac de Paladru (MALP) situé à l'autre extrémité du lac expose de très nombreux objets, résultats de ces fouilles.



Une des salles du Musée archéologique du lac de Paladru (MALP) qui expose de très nombreux objets issus de ces cités lacustres.

Gros plans sur la maquette du village néolithique.
© Pierre Thomas <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img829-2024-10-14.xml>



Étape 18 – Jeudi 23 juillet 2026

Voiron > Orcières-Merlette – 185 km

S



Les carrières du bec de l'Échaillon

Après avoir traversé l'Isère la route, le Tour contourne un pic rocheux : La Dent de Moirans.

L'extrémité septentrionale du Vercors dessine un promontoire saillant vers le nord qui oblige le cours de l'Isère à le contourner par un coude de 90°, au moment où cette rivière s'échappe de la trouée de Grenoble par la cluse de Voreppe.

Les **carrières de "l'Échaillon"** sont situées sur le territoire de la commune de Saint-Quentin-sur-Isère, à l'extrémité septentrionale du Vercors

Ces carrières ont fourni les matériaux de qualité utilisés depuis l'époque romaine jusqu'à leur fermeture en 1936, par exemple pour le Pont Alexandre-III et certaines parties de la façade de l'Opéra de Paris de Charles Garnier. Ces calcaires résultent d'une sédimentation dans une mer chaude (au Jurassique supérieur, jusqu'au Crétacé inférieur, de –155 à –140 millions d'années).

La Pierre de l'Échaillon est désormais reconnue « pierre du patrimoine par l'IUGS (UNESCO).





Les abords du Vercors en arrivant de Voiron

Les quatre images ci-dessous viennent de l'association Corepha qui gère le patrimoine de la ville de Voreppe (<https://www.corepha.fr/galerie-21-les-carriy-res-de-ly-chaillon.html>).



Affiche de l'entreprise exploitant les carrières au début du XX^e siècle



Exemple d'objets en marbre de l'Échaillon



Restes d'installations de surface



Intérieur des galeries souterraines du Bec de l'Échaillon

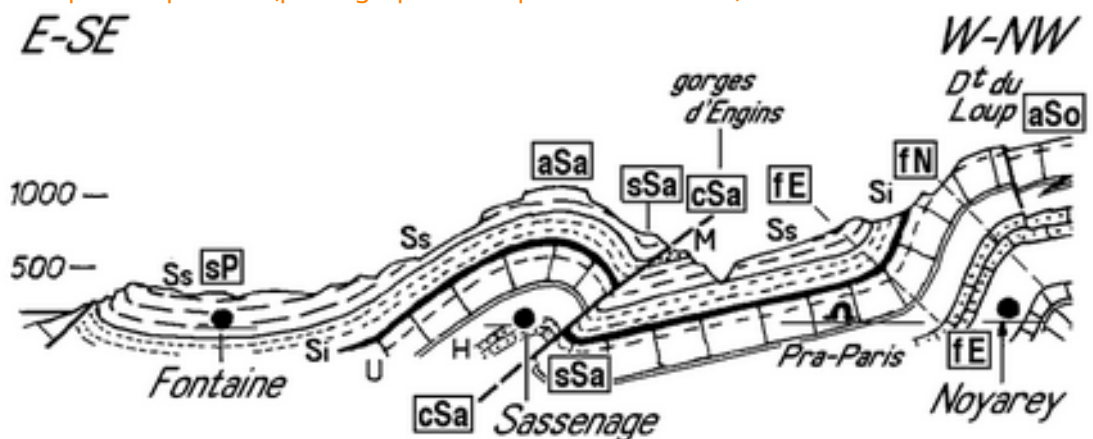
Le pli-faille de Sassenage

Entrant dans la vallée qui sépare la Chartreuse, au Nord, et le Vercors, au sud, le Tour va monter sur le Vercors. Juste avant de monter, se voit un joli pli, le "**pli-faille de Sassenage**", célèbre dans les manuels scolaires.



Le pli-faille de Sassenage, vu depuis la route sur laquelle passe le Tour de France 2026

Interprétations classiques du pli-faille (photographie interprétée et schéma)



Résistance du Vercors , un choix dépendant de la géologie

Montée sur le Vercors, puis sur le Plateau de Saint-Nizier. Village célèbre :

- (1) pour être un haut lieu de la Résistance en juin-juillet 1944,
- (2) pour avoir accueilli le grand tremplin de saut à ski des jeux olympique de Grenoble en 1968, sans usage depuis et cette époque et dont l'avenir est discuté, et
- (3) être dominé par des dalles rocheuses verticales connues sous le nom des « Trois Pucelles » bien qu'il y ait en fait 4 dalles.

Si les résistant se sont installés sur le plateau du Vercors, c'est qu'il est presque entièrement ceinturé de falaises et que les voies d'accès « faciles », comme à Saint-Nizier sont rares, et que même dans ces voies faciles, quelques dizaines d'hommes bien armés peuvent arrêter des troupes bien plus nombreuses. **C'est la géologie qui a guidé le choix des résistants** de s'installer dans le Vercors plutôt que dans d'autres massifs de la région grenobloise. Pour en venir à bout en juillet 1944, les Nazis ont mobilisé plus de 10 000 hommes, dont de nombreux parachutistes et des troupes déposées sur le plateau par des planeurs. Il y eu au total 840 morts français (résistants + civils).



Le Monument aux Martyrs de la Résistance vu depuis la route empruntée par le Tour (Google Earth Street View).

L'éléphant blanc de Saint-Nizier

L'expression « éléphant blanc » désigne un mégaprojet, souvent d'infrastructure, qui amène plus de coûts que de bénéfices à la collectivité.



Le tremplin de saut à ski de Saint-Nizier : un éléphant blanc
© Wikipedia

Les Trois Pucelles

Le Vercors domine 3 villages nommés respectivement : Seyssins, Vif et Saillants. Un dicton local un peu lest dit : « Du haut des *Trois Pucelles*, on voit très bien *Seyssins, Vif et Saillants.* »



Les Trois Pucelles vues depuis la route empruntée par le Tour
© Google Street View

Quelques merveilles du Dauphiné

Le Tour passe par la côte de Monteynard, col de 2^e catégorie depuis lequel on a une belle vue sur le lac de Monteynard (que l'on peut aussi admirer depuis le petit train de La Mure, voir plus loin) et sur le Vercors.



Vue sur le lac de Monteynard depuis le col de Monteynard.
Au fond : le Vercors, avec le célèbre Mont Aiguille
© Google Earth Street View

Le **Mont Aiguille**, une des sept merveilles du Dauphiné
© Wikipedia





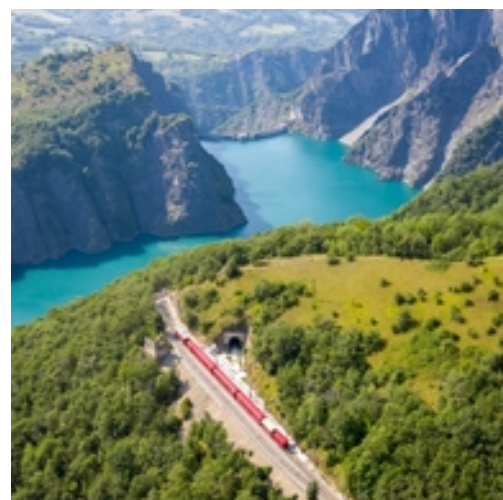
La **Motte d'Aveillans** : la Pierre Percée, une arche naturelle qui domine le village. Une autre des 7 merveilles du Dauphiné. Elle est constituée des mêmes roches (dolomies du Trias) que celles qui font la beauté de la Casse Déserte au pied du col d'Isoard
© Wikipedia

La Mure, mines de charbon, musée et train touristique

L'anhracite était extrait à La Mure. Le dernier puits (le puits du Villaret) a fermé en 1997. Le Tour passe à côté du chevalement de ce puits qui a été conservé au titre du **Patrimoine en Isère** !



À la Mure, le « Petit Train de la Mure » (<https://lepetittraindelamure.com/>) est un train touristique qui utilise la ligne qui allait du bassin houiller jusqu'en bas de la vallée où le charbon était transféré sur le réseau SNCF. Il permet de découvrir une succession de viaducs, de splendides paysages (2 photographies ci-dessous) et de visiter le Musée de la Mine Image³⁷ (photo qui suit).



³⁷(<https://lepetittraindelamure.com/visite-du-musee-mine-image/> .
<https://lepetittraindelamure.com/le-terminus/>



Musée de la Mine Image
<https://lepetittraindelamure.com/visite-du-musee-mine-image/>

Le glissement de terrain de La Salle-en-Beaumont

À une dizaine de km après la Mure, le Tour traverse le village de la Salle-en-Beaumont, tristement célèbre à cause d'un glissement de terrain qui fit 4 morts en 1994. Wikipédia décrit ainsi cette catastrophe :

« Dans la nuit du 7 au 8 janvier 1994, après plusieurs jours de pluies très intenses (246 mm en deux jours sur la commune proche de Pellafol, le glissement de terrain de la combe des Parajons a fait quatre victimes et détruit neuf maisons. L'église, la route nationale et plusieurs habitations ont été recouvertes par la coulée de boue issue du glissement de terrain, qui atteignait une épaisseur de quinze mètres par endroits. Le glissement a barré le torrent de la Salle fortement grossi par les pluies, créant un lac d'une dizaine de mètres de profondeur, inondant le hameau des Parajons et faisant craindre une débâcle brutale. Au total, le montant des travaux d'urgence et de reconstruction s'éleva à au moins quatre millions d'euros. Une nouvelle église a été construite en 1998. Trente-deux ans après, on ne voit plus de traces évidentes de cette catastrophe. »



Vue globale sur le glissement de terrain photographié le 15 janvier 1994, une semaine après la catastrophe © Pierre Thomas, <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img502-2015-06-29.xml>



Détail d'une maison détruite
© Pierre Thomas

La nouvelle église de La Salle-en-Beaumont visible depuis la route empruntée par le Tour



Le lac du Sautet

Le **lac du Sautet** est un lac artificiel situé à la limite des départements de l'Isère et des Hautes-Alpes. Il a été créé par l'établissement d'un barrage sur le Drac.

126 m de haut pour une retenue de 100 millions de mètres cubes alimentant une centrale de puissance installée de 80 MW.

Le barrage voûte du Sautet a été construit de 1930 à 1935, dans un canyon du Drac, profond de 200 m, parfois large de 7 m seulement.



Pont et barrage voûte du Sautet © Fr. Latreille, cc-by-sa 3.0, © D. Monniaux, cc-by-sa 3.0

Étape 19 – Vendredi 24 juillet 2026

Gap > Alpe d'Huez – 128 km

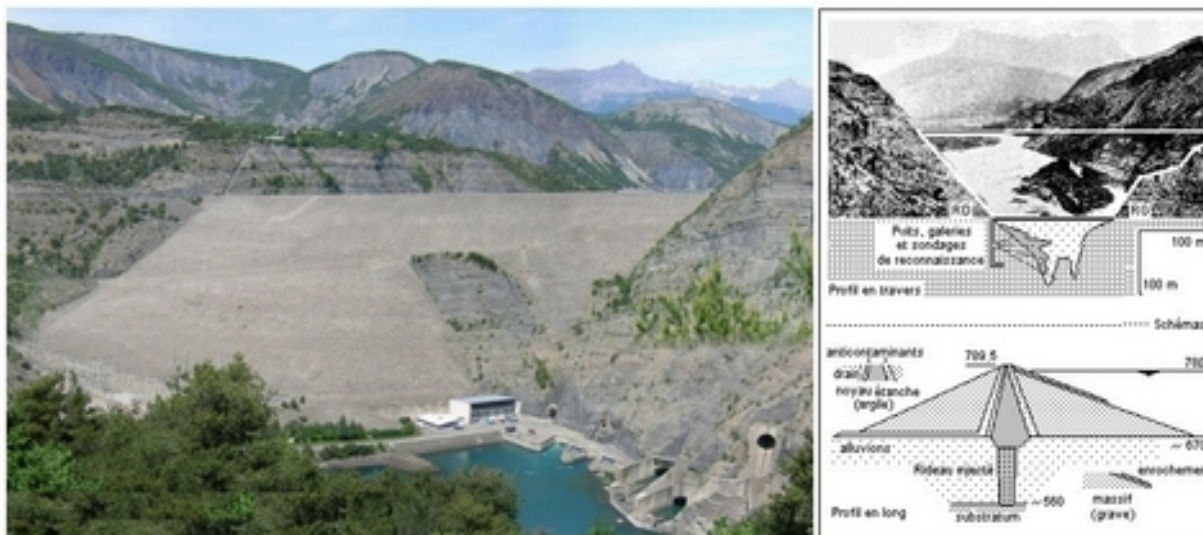


Barrage de Serre-Ponçon (sur la Durance)

Le lac de Serre-Ponçon est le **plus grand lac artificiel** de France métropolitaine, l'un des plus grands barrages en terre d'Europe avec plus de 2800 hectares.



Le barrage terre (ou barrage poids) de Serre-Ponçon



Contextes topographique et technique du barrage de Serre-Ponçon

Danger ? En raison de sa situation dans une zone de montagne assez sismique, le barrage a été très largement surdimensionné. Il pourrait supporter un séisme de magnitude 7, magnitude jamais observée dans la région.

Des briques sorties du lac ? Nettoyer et exploiter.

Comme de nombreux lacs de barrage de montagne, le lac de Serre-Ponçon se remplit petit à petit de sédiments, produits par l'érosion des reliefs. En effet, quand une rivière se jette dans un lac, elle perd de la vitesse et n'est donc plus en mesure de transporter les sédiments qu'elle charrie. Une des manières étudiées pour valoriser ces sédiments et notamment les plus fins (argiles) est de les utiliser comme matière première pour fabriquer des briques. Ceci présente le double avantage de restaurer la capacité originelle des barrages en effectuant des dragages et de réduire en partie la dépendance aux argiles fossiles extraites en carrière et les nuisances qui en résultent.

Col du Noyer : la sécheresse du calcaire

8 km après le col Bayard, le Tour quitte la vallée du Drac et escalade le col du Noyer. Juste après ce col, le paysage est très nu, avec des pentes quasiment **dépourvues de végétation** malgré une altitude pas si importante (le col est à une altitude de 1660 m). Cette sécheresse des versants n'est pas due à un manque de pluie, mais à la nature du calcaire qui constitue le massif du Dévoluy. Celui-ci, intensément fracturé, ne retient pas l'eau qui pénètre dans la profondeur du massif. Toute cette eau qui manque en surface ressort par des exurgences, dont la source des Gillardes, la deuxième source vaclusienne de France par son débit (voir plus loin).



Le paysage « sec » du col du Noyer
© Google Earth Street View

Les radiotélescopes du plateau de Bure

En passant à Saint-Étienne-en-Dévoluy, on pense à l'astronomie et à la catastrophe du 1^{er} juillet 1999. Un téléphérique (non touristique) desservant les radiotélescopes du plateau de Bure s'est détaché de son câble, tuant ces 20 occupants.

Ces radiotélescopes permettent de déterminer la nature et la composition de **molécules des nuages interstellaires**. L'Institut de radioastronomie millimétrique (IRAM) qui exploite ces radiotélescopes est un institut de recherche international ; c'est le premier centre européen de radioastronomie millimétrique.



Les radiotélescopes du plateau de Bure © Wikipedia

Une douzaine de km après Saint-Étienne-en-Dévoluy, le Tour passe à 160 m au-dessus de l'exurgence des Gillardes que l'on peut atteindre depuis la route par un sentier (localisation de cette source : [Les Gillardes.kmz](https://www.gillardes.com/)).

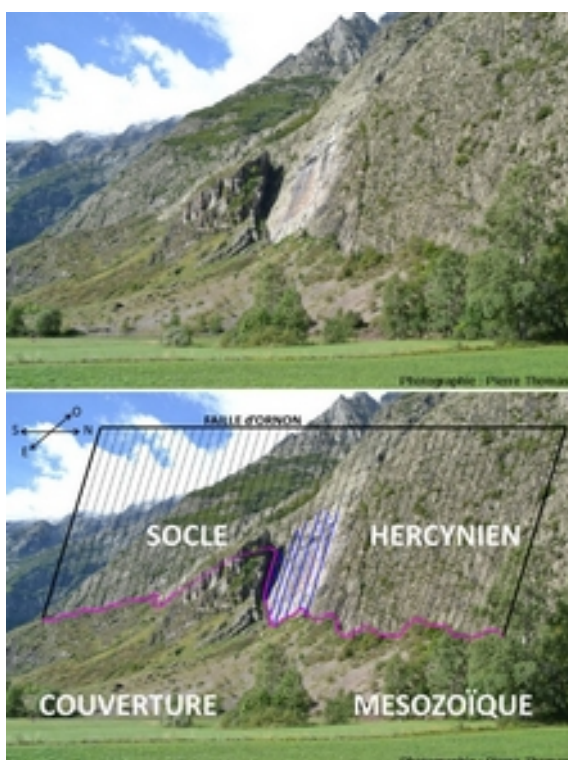


En période de hautes eaux, le débit de la source est important (2eme source vauclusienne de France par le débit, la 1^{ère} étant la Fontaine de Vaucluse), on entend le bruit de l'eau qui coule depuis la route. L'eau qui manquait sur les versants comme ceux du col du Noyer ressort ici.

La source des Gillardes (Google Earth Panoramio)

Des traces de l'extension de l'océan téthysien

Puis la route continue, repasse par le barrage du Sautet et la Salle-en-Beaumont où le Tour est passé la veille. Il quitte la vallée du Drac au-dessus du lac EDF de Saint-Pierre-de-Méaroz, suit quelques km la vallée de la Bonne, et au village d'Entraigues, juste à l'entrée du Parc National des Écrins, se dirige vers le nord en remontant la vallée de la Malsanne puis, après le col d'Ornon, en descendant la vallée de la Lignarre. Ces deux vallées permettent, en deux « coup d'œil » de résumer l'histoire des Alpes.



Après le hameau de la Chalp, une dizaine de km après Entraigues, on voit sur la gauche une paroi claire qui sert plus ou moins de site d'escalade. Cette paroi correspond en fait à une **faille** « normale », due à l'**extension** qui a ouvert l'océan alpin au Jurassique (150 à 200 millions d'années).

Photographies brute et interprétée de la faille d'Ornon
Pierre Thomas
<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img442-2013-12-02.xml>

Après le col d'Ornon, en particulier juste avant d'arriver à La Paute, quelques km avant Bourg-d'Oisans, on voit de très beaux plis, dus à la compression qui suit la fermeture de l'océan alpin durant l'ère tertiaire (entre 50 et 20 Ma).

La montagne s'est plissée en se formant.



Vue globale des plis de la Paute © P. Thomas

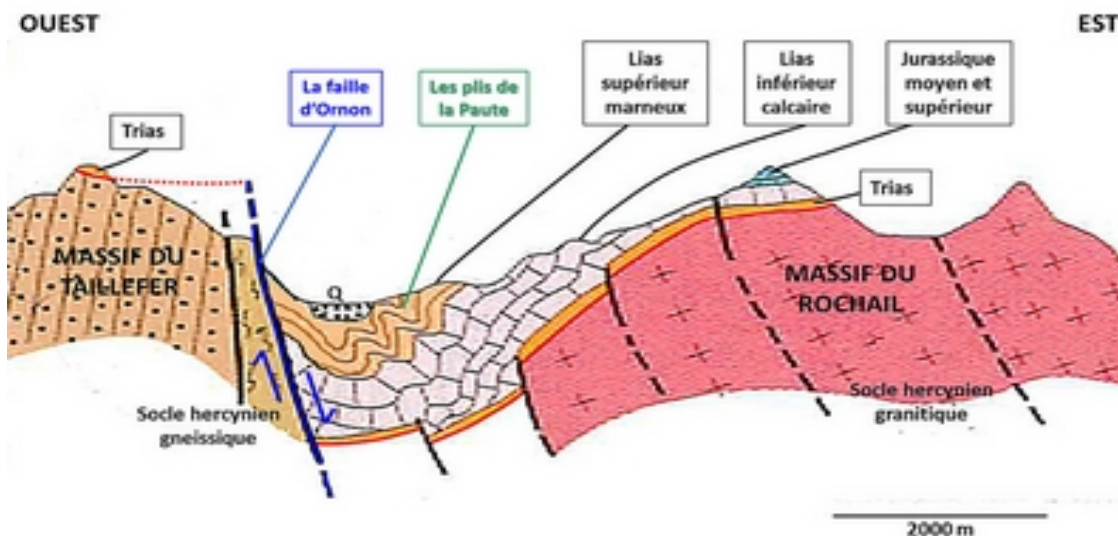


Vues sur deux plis synclinaux de grande taille



Série de plis visibles à Bourg-d'Oisans

© Pierre Thomas <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img441-2013-11-25.xml>



Coupe Ouest-Est au niveau du Col d'Ornon localisant les manifestations de l'extension jurassique (faille d'Ornon) et du raccourcissement de l'ère tertiaire (plis de la Paute)

Bourg-d'Oisans

Bourg-d'Oisans est situé dans une plaine occupée jusqu'au tournant entre le XVII^e et le XVIII^e siècle par un lac glaciaire séparant la Haute de la Basse Romanche. Bourg d'Oisans est connu dans deux mondes :

- 1- **le monde du cyclisme** car situé au pied de la célèbre montée de l'Alpe d'Huez, et
- 2- le **monde des minéralogistes**, à cause des trésors minéralogiques trouvés dans la nature et dans d'anciennes mines. Beaucoup de ces minéraux sont conservés dans le Musée des Minéraux et de la Faune des Alpes de Bourg d'Oisans (<http://www.musee-bourgdoisans.fr/>).

Conscient de ce patrimoine et de cette renommée, la municipalité a installé, sur les deux rond-point d'entrée et de sortie du village devant lesquels passe le Tour, deux représentations de ces deux aspects du patrimoine de l'Oisans.



Représentation d'un cycliste sur le rond-point d'entrée de Bourg-d'Oisans quand on vient de Grenoble
© Google Earth Street View

Représentation d'une gerbe de cristaux de quartz sur le rond-point de sortie de Bourg d'Oisans en allant vers l'Alpe d'Huez ou le col du Lautaret
© Google Earth Street View



Les cristalliers, la mine de La Gardette : quartz et or

La Mine de La Gardette

Une mine de l'Oisans, connue dans le monde entier, est la mine de La Gardette. On ne peut dissocier le nom de « La Gardette » du travail des cristalliers du XVII et XVIII^e siècle, qui, montagnards avertis, cherchaient de belles pièces de quartz, ou cristal de roche, pour les tailleries de Paris, Genève ou Milan. Certaines pièces étaient taillées en verres, en coupes... pour la table des princes. Des minéraux extraits des mines de la Gardette auraient été utilisés pour fabriquer les lustres du château de Versailles.

Coupe en « cristal de roche » (taillé dans un bloc parfaitement transparent de quartz) ayant appartenu au roi de France (actuellement dans les collections du Muséum National d'Histoire naturelle, à Paris)



De superbes spécimens de cristaux de quartz sont en exposition dans de nombreux musées.



Spécimen de quartz de la mine de la Gardette à Villard-Notre-Dame. Cristaux pluri-centimétriques, très limpides, avec des faces régulières et des pointes qui comprennent systématiquement 6 faces.

Un oxymore : « le verre en cristal »

Le verre, la matière, n'est pas un cristal. C'est une matière amorphe, une sorte de « **liquide figé** ». Une coulée de lave par exemple refroidit trop vite pour que sa matière puisse cristalliser, elle se fige alors sous forme de verre. Le plus bel exemple en est sans doute l'obsidienne. Un fragment d'obsidienne est facilement confondu avec un cul de bouteille sombre parce que, tout simplement ils sont de même nature, l'un est naturel l'autre est manufacturé.



Coupe-papier taillé dans une obsidienne du Mexique. La roche translucide laisse apercevoir des niveaux plus sombres d'impuretés : de tous petits minéraux ou poussières regroupés en fins lits.

Le verre industriel est obtenu par fusion d'une roche siliceuse, généralement du sable. Des éléments sont souvent ajoutés pour en modifier les propriétés : le pyrex, par exemple plus résistant aux chocs thermiques qu'un verre ordinaire, est enrichi en bore.

Les princes du monde ont longtemps possédé des objets d'une grande rareté et donc précieux. Parmi ces objets, on trouvait des coupes, ou verres, en « **cristal de roche** », c'est-à-dire en quartz. Ces objets avaient un magnifique éclat lumineux et un son... cristallin ! On a donc tenté d'imiter ces objets de faste, ne serait-ce que pour... l'apparat. Et on a trouvé ! Pour avoir un verre en « cristal » (cristal de Bohême ou de Sèvres...) on ajoute un oxyde de plomb (PbO) qui apporte l'éclat et le son... cristallin.



Deux objets en « cristal ». Une coupe en cristal de roche (en quartz). Trésor du MNHN

Un verre en cristal. Ce verre (objet) est un vrai verre (matière) : les faces taillées permettent de mieux jouer avec la lumière © P. De Wever

Plus il y a de plomb dans le verre (matière) plus le verre (objet) semble cristallin. Dans sa définition moderne le cristal comporte **au moins 25 % de plomb**, mais il va jusqu'à 30 %. La densité s'en ressent : elle passe de 2,5 pour le verre à 3 pour le cristal. Et c'est justement la forte densité apportée par le plomb qui offre au cristal son éclat. En effet, la vitesse de la lumière est fonction du milieu dans lequel elle se propage. Plus le milieu est dense, plus la vitesse sera faible. Ainsi la lumière est fortement déviée, elle peut aller jusqu'à la réflexion complète si le cristal est taillé en facettes, qui jouent alors le rôle de miroirs.

Un **verre (matériau) n'a aucune structure à la différence du cristal**. Voilà pour pourquoi un verre (objet) en cristal, peut sembler une contradiction.

L'or de La Gardette

Si le filon de « La Gardette » défraya la chronique, ce n'est pas pour ses quartz mais pour son or dont il est fait mention pour la première fois en 1717. Les textes anciens indiquent « ... *En 1717, un paysan en donna [des branches d'or fin provenant du filon] une demi-livre à son curé qui allait à Grenoble ; en le faisant fondre un orfèvre en retira un or très fin qui rendit poids pour poids* ». Autrement dit, sa grande pureté intrinsèque ne permettait pas de l'affiner plus. La découverte de l'or de La Gardette aura un très grand retentissement en France. D'importants moyens techniques et financiers auront été déployés pour finalement conclure que le gisement n'est pas exploitable. La fièvre de l'or et le fantasme d'un gisement exceptionnel auront la peau dure et de nombreux travaux de recherche d'or seront réalisés au XIX^e siècle, on espérait un nouvel eldorado. Une petite usine de traitement de l'or voit le jour, ainsi que d'autres projets d'infrastructure. De titre de concession en titre de concession, de compagnies minières en compagnies minières, à l'aube du XX^e siècle, la fameuse mine d'oret ses infrastructures d'exploitation sont finalement abandonnées. Il est donc aujourd'hui plus juste de parler de *l'or de la mine de La Gardette* plutôt que de *la mine d'or de La Gardette* !

Les cristalliers

Le cristallier, chasseur de cristaux, recherche dans la haute-montagne les cristaux naturels de roche pour en faire le commerce. Ils sont connus dans les Alpes depuis... toujours. Vers 300 av. E.C., Théophraste, disciple d'Aristote, évoque le quartz dans son ouvrage *Perilithon*. Il fait état de ses utilisations courantes comme la réalisation de sceaux.

La recherche des cristaux est une activité dangereuse qui nécessite de bien connaître la montagne, d'avoir une bonne endurance et une bonne pratique de l'alpinisme. Au XIX^e siècle le recours à **l'explosif** devient habituel pour ouvrir les « **fours à cristaux** ». Cette activité se multiplie et une réglementation se met en place. En effet la recherche de cristaux en France doit répondre au **Code civil**, qui stipule que le sous-sol et tout ce qu'il contient, jusqu'à une certaine profondeur, appartient au propriétaire du sol. Cependant, les cristaux sont aussi régis par la réglementation relative à l'archéologie, aux fouilles et aux trouvailles archéologiques.

De fait, l'activité tombant sous le coup de la loi, les cristalliers se font aujourd'hui de plus en plus discrets, et comme les chercheurs de fossiles ou les cueilleurs de champignons, ils ne dévoilent jamais leurs bons coins. Ils sont discrets et certains utilisent des moyens un peu spécieux pour contourner la loi. Les journaux se font régulièrement l'écho de procès qui défraient la chronique.

Alpe d'Huez – Les mines de l'Oisans

Brandes-en-Oisans, un complexe métallurgique médiéval de haute altitude

Poussé par l'exploitation d'un filon de plomb argentifère, le village médiéval minier de Brandes-en-Oisans s'est installé au XII^e siècle en altitude malgré les conditions climatiques difficiles. Une véritable infrastructure minière a fonctionné pendant près de deux siècles. Il reste aujourd'hui, à proximité de l'actuelle station de ski de l'Alpe d'Huez, des **vestiges archéologiques** de ce complexe métallurgique exceptionnel et du village de Brandes-en-Oisans ; on peut encore y voir les traces de son église, son cimetière, son château, ses quartiers et ses fortifications.

Au XII^e siècle un filon de plomb argentifère est découvert à 1800 m d'altitude et sera localement exploité jusqu'à 2500 m. Les travaux d'exploitation commencent à ciel ouvert, mais la mine devient souterraine avec toutes les contraintes de creusement, d'extraction, de soutènement et d'aération que cela implique.

Le **creusement de galeries** s'effectuait par l'abattage de la roche en utilisant le feu dans les parties les plus dures et par percussion à l'outil métallique (masses, pointes, burins) quand cela était possible. Le village possédait sa forge malgré l'absence de ressource en bois à cette altitude. L'évacuation de l'eau dans les galeries était une des difficultés techniques principales et c'est d'ailleurs l'inondation de la mine qui eut raison de son exploitation, qui s'est **achevée au XIV^e siècle** après 200 ans d'activité. Les opérations de concassage, broyage, lavage du minerai étaient réalisées sur le site minier. La séparation du plomb et de l'argent n'était pas réalisée sur place, la poudre de minerai descendait dans la vallée à dos de mules qui remontaient chargées de combustible. La mine médiévale de Brandes en Oisans est décrite en détails dans les nombreux écrits d'archéologie minière.



Vue sur le site de Brandes-en-Oisans



Vue sur le site de Brandes-en-Oisans



Vue détaillée des anciennes mines de Brandes-en-Oisans jouxtant la station de l'Alpe d'Huez

Étape 20 – Samedi 25 juillet 2026 Le Bourg-d'Oisans > Alpe d'Huez – 171 km



Stocker de l'énergie par transfert d'eau entre 2 barrages : Verney / Grand-Maison

Principaux types de barrages

Barrage poids

Un barrage poids est un barrage dont la **propre masse** suffit à s'opposer à la pression exercée par l'eau. Ce sont des barrages épais, dont la forme est généralement simple. (soit en béton, soit, plus généralement, en terre et roches.



Barrage voûte

Dans un barrage voûte, la poussée de l'eau est reportée **sur les flancs** de la vallée au moyen d'un mur de béton arqué horizontalement



Ce type de barrage nécessite une vallée étroite et un bon rocher de fondation. En raison du relativement faible volume de matériaux nécessaires, c'est évidemment une technique très satisfaisante économiquement.

Barrage à contreforts

Le mur du barrage est conforté par tout un ensemble de structures en contrefort.



Les deux barrages, de Verney et de Grand-Maison, sont édifiés pour stocker de l'énergie, stockage qui va devenir indispensable avec le développement des énergies renouvelables intermittentes.

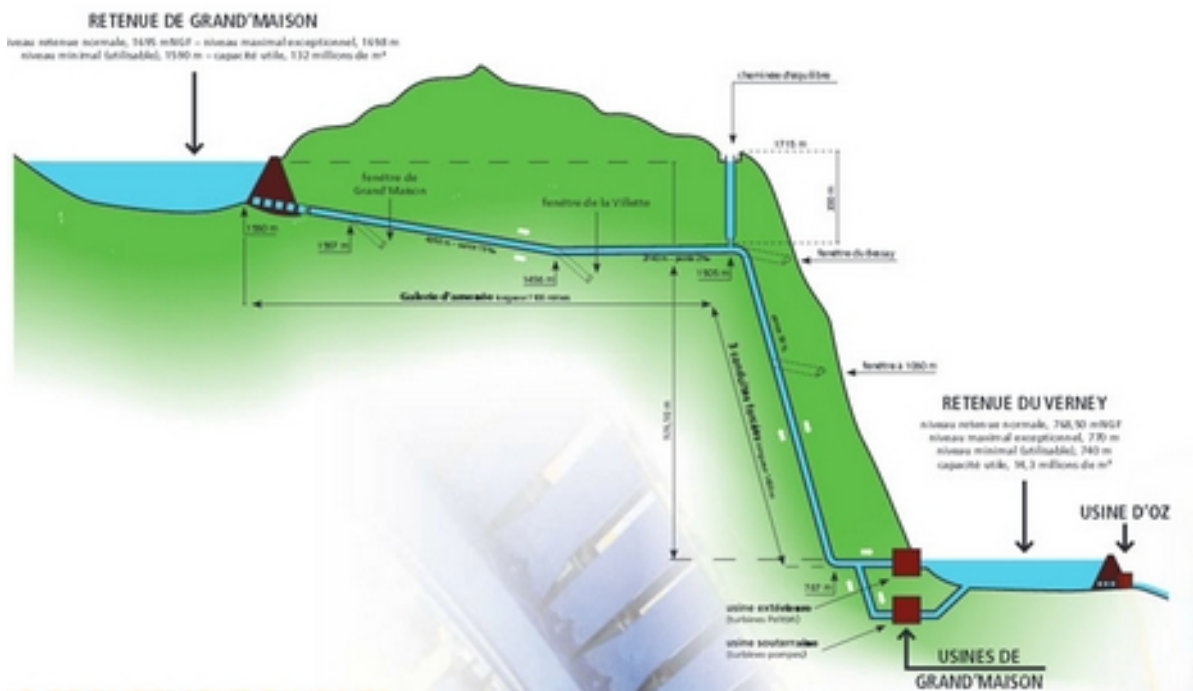
Les deux retenues constituent une **station de transfert d'énergie par pompage** (STEP), selon la quantité d'eau disponible et les besoins en électricité.



Barrage de Grand-Maison Lat. : 45°12'20.82"N, long. : 6° 6'57.38"E



Carte de la conduite d'eau (tirté bleu) entre les barrages de Grand-Maison et de Verney



Relations entre barrage amont (Grand-Maison) et barrage aval (Verney)

L'usine du Verney, est utilisée

soit pour **produire** de l'électricité (en turbinant l'eau comme une usine hydroélectrique classique),

soit pour **stocker** de l'énergie potentielle en inversant le fonctionnement des turbines, l'eau de la retenue inférieure étant alors pompée et remontée vers la retenue supérieure.

L'énergie utilisée pour monter l'eau dans la retenue de Grand-Maison correspondant à la surproduction d'électricité en période de basse consommation.

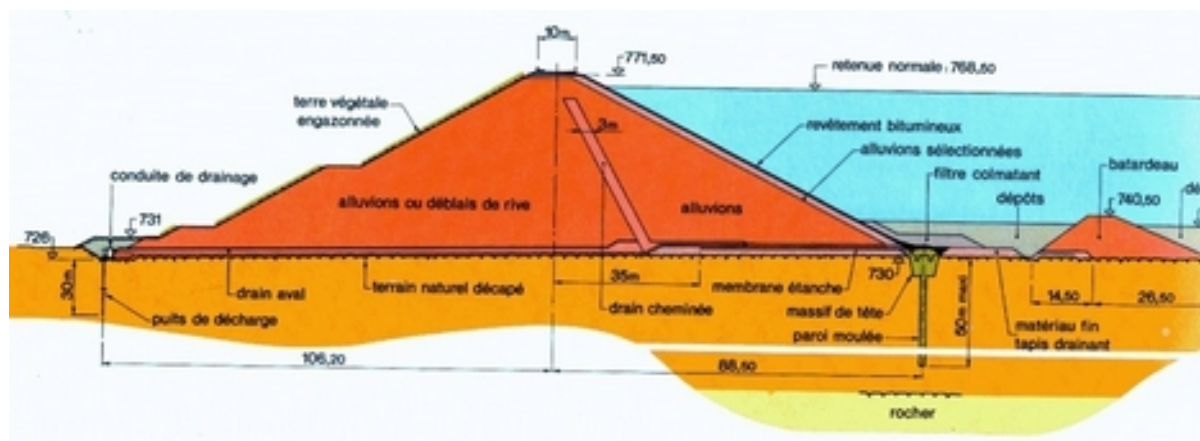
Barrage du Vernay : "barrage poids", constitué en remblai de terre.

En chiffres : 430 m de long, 44 m de haut . Épaisseur 195 m à la base et 10 m au sommet. Volume total de 1,55 million de m³.

Barrage de Grand-Maison : un "barrage poids", constitué de remblai.

Il forme le réservoir supérieur d'un ensemble de 2 barrages pour stocker de l'énergie. Cet ensemble représente la **centrale hydroélectrique la plus puissante de France** : puissance de 1 800 MW, soit 9 % du parc hydroélectrique exploité par EDF en France.

En chiffres : 550 m de long, 140 m de haut, contient 137 millions de m³ d'eau, épaisseur : plus de 100 mètres à la base.



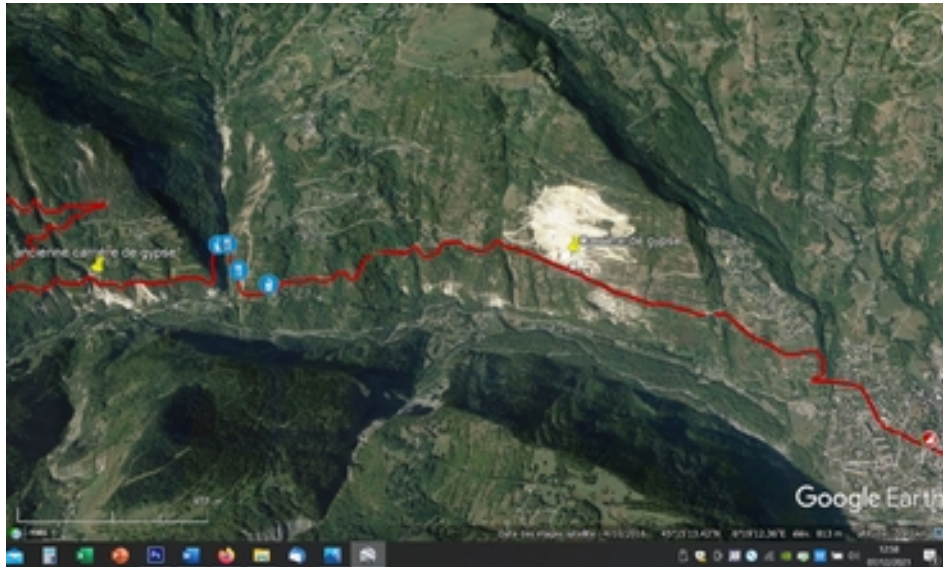
Barrage du Verney



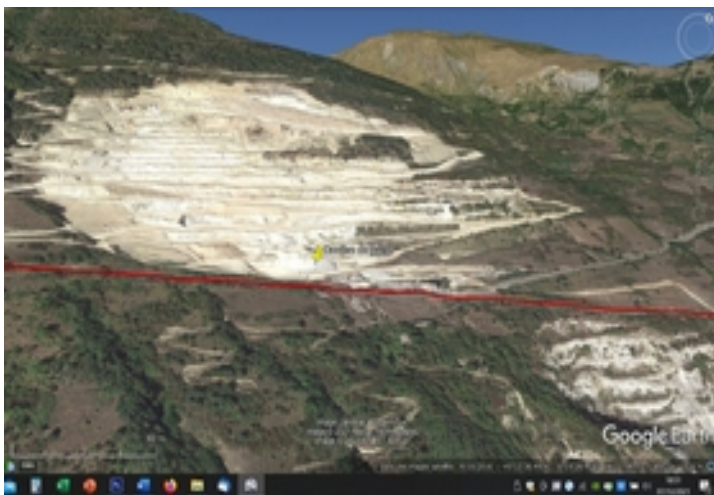
Barrage du Verney © A. Mortini Lat. : 45° 7'44.86"N , long. : 6° 2'37.10"E

Le gypse de Savoie pour le plâtre Saint-Jean-de-Maurienne

Le plâtre provient de la transformation par cuisson d'une roche : le gypse.
Le Tour passe à côté d'une carrière « moderne ». Cette carrière produit **265 00 tonnes de gypse par an.**

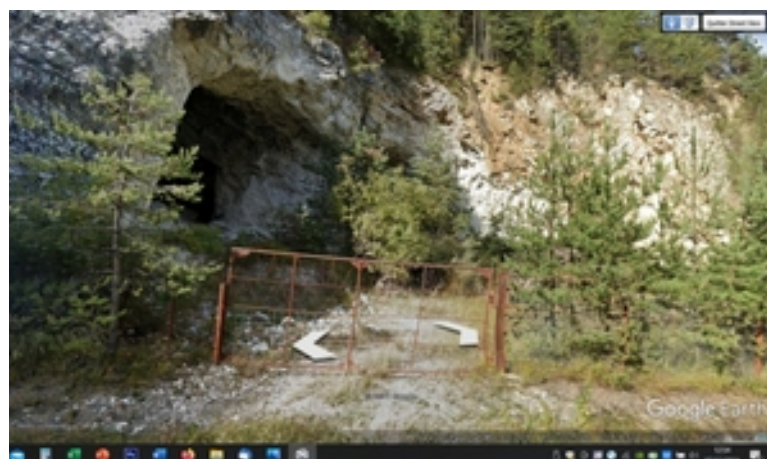


Carrières de gypse (tache blanche) à la sortie de Saint-Jean-de-Maurienne



Carrière moderne de gypse à Saint-Jean-de-Maurienne

Entrée d'une ancienne carrière de gypse visible en bord de la route du Col de la Croix de fer.
Lat. : 45°13'53.60"N,
Long. : 6°18'36.83"E



En haut du Galibier, vers la fin de la montée, sur la droite.

Des cratères de dissolution du gypse

À 1 km en contrebas du col du Galibier, côté Saint-Michel-de-Maurienne, un paysage ressemble à une zone bombardée, avec des dizaines de **cratères et d'entonnoirs**. Ces dépressions ont une origine naturelle. Elles résultent de la dissolution par l'eau du gypse : la roche présente au col.

On retrouve de tels « cratères » sur d'autres célèbres cols alpins (où l'on retrouve du gypse), par exemple au **Col d'Izoard**.

Le gypse s'est déposé dans une mer peu profonde soumise à une intense évaporation il y a 200 millions d'années.



Dans la montée du Galibier entonnoirs de dissolution sur le versant Saint-Michel, vue en direction du Sud



Entonnoirs de dissolution du gypse (les personnages au premier plan donnent l'échelle)

De l'autre côté de la route, on peut admirer les falaises du Grand Galibier, falaises constituées d'une roche nommée « dolomie³⁸ », entre autres parce que ces falaises faites de cette roche forment les reliefs caractéristiques des Dolomites italiennes où se sont en partie déroulés les jeux olympiques d'hiver 2026 (Cortina d'Ampezzo). Ces roches se sont également déposées dans une mer chaude, juste avant les gypses



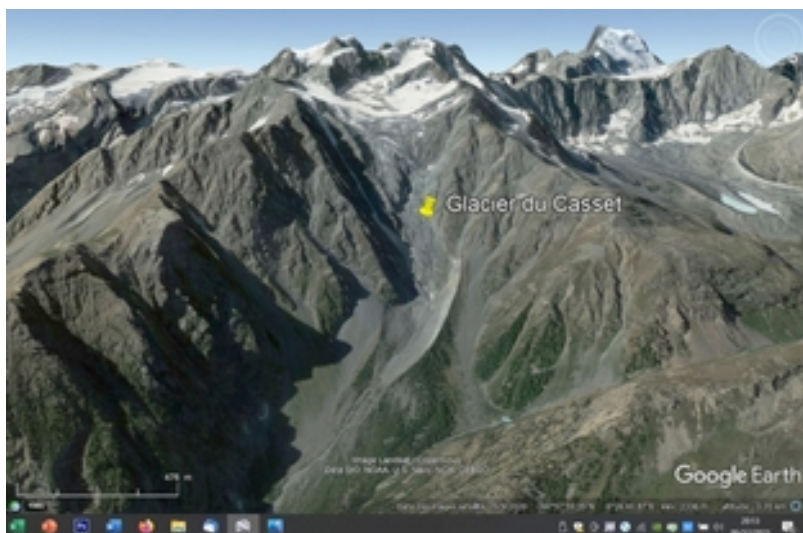
Le Grand Galibier (3288 m) et ses falaises de dolomie qui dominent le Col du Galibier

Le Lautaret, les glaciers fondent

En descendant vers le Lautaret, se voient des glaciers du Parc des Écrins et leur recul, notamment celui du Casset

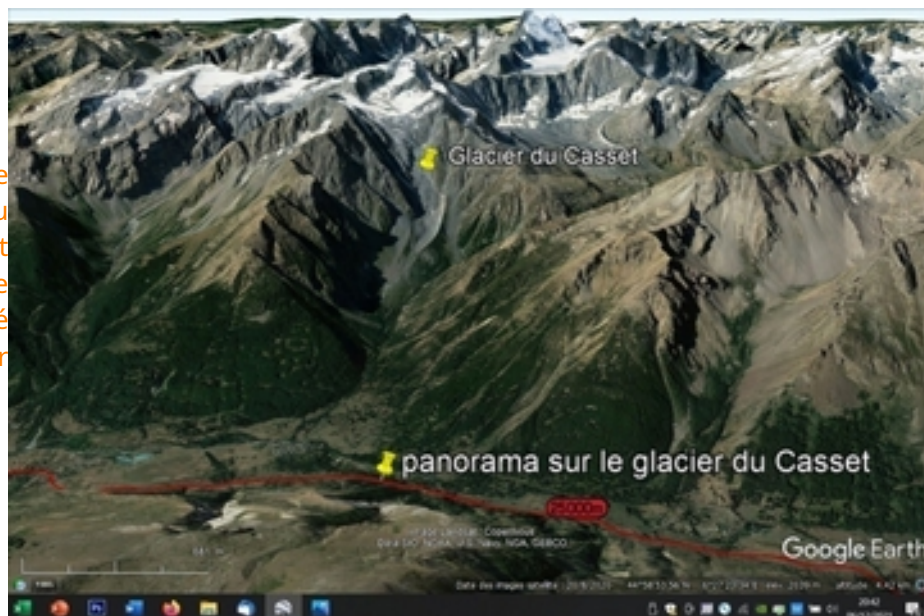
Ce **retrait du glacier du Casset** peut être observé depuis le point appelé « panorama sur le glacier du Casset ». Il est aussi mis en évidence en comparant des cartes topographiques "récentes" (1950 et 2018).

38 Roche nommée en l'honneur du de Théodore Gratet de Dolomieu, Grenoblois qui a participé à l'expédition de Napoléon en Égypte. Un scientifique brillant dont la vie légendaire a inspiré plusieurs romanciers : Choderlos de Laclos (pour son vicomte de Valmont dans « *Les Liaisons dangereuses* »), Alexandre Dumas (pour son Edmond Dantès et l'abbé Faria dans "Le comte de Montecristo"), et Jules Verne (pour son Otto Lidenbrock « Voyage au centre de la Terre »). Voir détails dans P. De Wever, 2021. Histoires secrètes de cailloux, Belin, 266p.



En bleu, la limite du glacier aujourd'hui.
En rouge, les anciennes moraines latérales matérialisent la taille du glacier au début du XX^e siècle

Vue d'ensemble sur le secteur du glacier du Casset localisant le point d'observation de la vue précédente, point situé sur le trajet du Tour 2026.



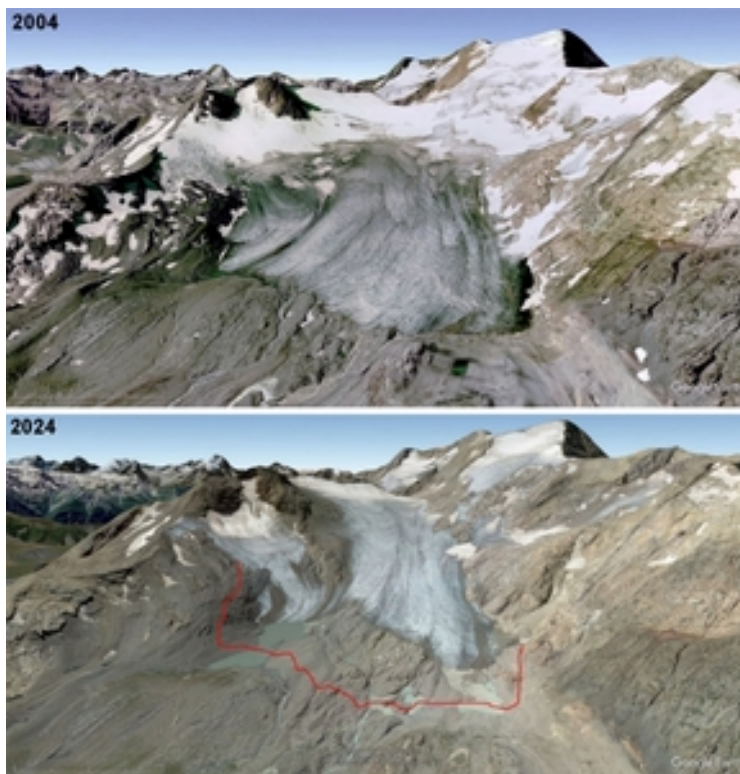


Cartes topographiques de 1950 et de 2018 montrant **68 ans de retrait glaciaire**, dont celui du glacier du Casset (à droite)

Ce retrait glaciaire, commencé au début du XX^e siècle, s'accélère. Le trajet du Tour 2026 permet de mettre ce retrait en évidence. Au Col de la Croix de Fer, le Tour passe à 7,5 km au nord du **glacier de Saint-Sorlin**, au nord du massif des Grandes Rousses.

Comparaison entre des images Google Earth de 2004 et de 2024 montrant 20 ans de **retrait du glacier de Saint-Sorlin**

Avec ces images, le retrait peut être mesuré entre 300 et 350 m, ce qui correspond à **15 à 20 m par an**.



En 1965 le **ski d'été** qui commence à se populariser, débute à l'Alpe d'Huez, avec l'installation de téléskis sur le **glacier de Sarenne**, au sud de ce même massif des Grandes Rousses.

Ce dernier perd tellement de volume que l'on démonte un à un les téléskis entre 1988 et 1993. Jadis orgueil de l'Alpe d'Huez, le ski d'été s'achève en catimini. Certains parlent « d'écologie punitive » ; mais on observe clairement que la nature nous « punit » de notre mode de vie insouciant.

UN SKI DE REVE ... **le ski d'été** ... A L'ALPE D'HUEZ



école de ski

L'École de Ski d'Été est dirigée sur le Glacier de Sarenne par **Désiré Lacroix**, ancien champion de France et sélectionné Olympique.

Leçons particulières d'une heure.

Cours collectifs de 3 heures.

Entraînement aux chamois et filets tous les jours avec tests tous les deux jours.

Départ des cours à 7 h 30 à la gare de départ du téléphérique. Ensuite, possibilité de rejoindre les moniteurs au cours de la matinée directement sur la glacier.

Tarifs en cours d'homologation.

Renseignements et inscriptions : à l'École de Ski l'après-midi, ou au Club des Sports de 9 h à 12 h et de 14 h à 18 h Tél. 80.34.42

De 3.350 m à 2.625 m, les Glaciers de Sarenne et des Grandes Rousses constituent le plus magnifique domaine skiable d'été et sans danger. Ces deux glaciers enchâssés dans la partie la plus méridionale de la chaîne des Grandes Rousses, sont caractérisés par l'extrême variété de leurs pentes et de leurs plates ainsi que par leur absence totale et permanente de crasses. «Un enfant de six ans peut skier seul toute la matinée sans aucun risque sur le Glacier de Sarenne !».

Les pentes extrêmement abruptes des Pylônes, du Rognon, du Tunnel, et de la Brèche sont un stade d'élection pour l'entraînement des champions internationaux de ski. Les variations du fond de la cuvette de Sarenne sont le cadre idéal pour apprendre à faire du ski au chaud.

Le «bikini-ski» est la spécialité de l'Alpe d'Huez. A 11 h du matin, le thermomètre dépasse 30 degrés dans la cuvette adrienne de Sarenne et les bermudas et bikinis fleurissent de toute part sur les corps cuivrés de soleil.

Le second week-end de juillet voit se dérouler le Grand Prix d'Été de l'Alpe d'Huez, compétition officielle rassemblant les champions de tous pays, de classe internationale. L'Équipe de France de ski dispute cette compétition au cours de son stage annuel d'altitude.

Document des années 1965-1975 vantant le ski d'été à l'Alpe d'Huez sur le glacier de Sarenne³⁹

³⁹<https://www.skipass.com/news/203745-ski-d-ete-oisans.html>



Comparaison entre la carte topographique de 1950 (en haut) et une photo aérienne de 2024 (en bas) centrée sur l'ancien glacier de Sarenne à 5 km au-dessus de la station et sur le versant sud du Pic du lac Blanc, que l'on atteint depuis la station par un téléphérique. Le domaine où l'on pratiquait le ski d'été est entouré en rouge. On voit sur la photo du bas que le glacier a complètement disparu et que le ski d'été n'est plus qu'un souvenir à l'Alpe d'Huez.

Cette zone de « **feu le glacier de Sarenne** » peut se voir pendant la descente du col de Sarenne vers l'Alpe d'Huez.

Le lac du Chambon

Le lac du Chambon, sur la Romanche, construit au début du XX^e siècle se forme avec la construction du barrage à l'emplacement d'un ancien **verrou glaciaire** (= resserrement dans la vallée) constitué de gneiss contre lesquels se sont laminés des calcaires du Trias et des schistes du Lias.

Ce barrage a fait parler de lui le 10 avril 2015 : la route départementale 1091 a été barrée en raison d'un **glissement de terrain** provoquant des éboulements dans le grand tunnel du Chambon, coupant la liaison entre Grenoble et Briançon.

Le lac du Chambon
© D.-J. Bergsma cc-by-sa 3.0



Le barrage voûte du Chambon



Étape 21 – Dimanche 26 juillet 2026 Thoiry > Paris Champs-Élysées – 130 km

La capitale, avec ses pavés et des colonnes

Évolution des revêtements de la chaussée à Paris⁴⁰

Les voies de circulation de Paris ont longtemps été fangeuses, même si certaines rues étaient pavées, ici et là, depuis Philippe Auguste. Après les travaux du baron Haussmann, elles ont été pavées, soit avec des gros **pavés de grès**, soit des petits, soit encore de **pavés de bois** ou recouvertes de macadam ou d'asphalte. Soit 5 types distincts de pavés avant les pavés de granite à partir de 1950.

1- Le pavage de bois

En pin des Landes ou sapin des Alpes, il était posé perpendiculairement à la chaussée et scellé par du bitume.

Avantage : peu sonore.

Inconvénients : en pourrissant il devenait malodorant, un lavage quotidien était alors nécessaire. Avec la crue de 1910, beaucoup se sont déchaussés. Abandonné vers 1930.



Pavage en bois. Pose de baguettes © J. Boyer/ Roger-Viollet 1908 // Machine à retailer les pavés © J. Boyer/ Roger-Viollet 1908 // Pavés flottants lors de la crue de la Seine © BHVP/ Roger-Viollet, 1910

2- Le gros pavé de grès

Le gros pavé de grès, disponible dans la Bassin parisien, fut utilisé depuis l'Antiquité. Il était posé à plat et simplement maintenu avec du sable.

Avantage : très solide, disponible dans les carrières de la région.

Inconvénients : Bruyant, surtout depuis le développement des roues avec bandage métallique. S'accrochait aux roues des carrosses et des voitures.



Carrière d'extraction de pavés de grès © CAP/Roger-Viollet

Pavage de la Cour la Reine (VIII^e) et pavage en 1908 © J. Boyer/ Roger Viollet

3- Le petit pavé piqué

Lui aussi en grès, il était simplement plus petit et mieux équarri. Il permettait un pavage plus soigné.

Avantage : très solide, existe dans la région, moins bruyant que les gros pavés, plus esthétique.

Inconvénient : encore relativement bruyant.



Pavage de la rue François 1^{er} © A. Harlingue/ Roger Viollet , vers 1930 // Pavage des Champs Elysées © LAPI. Roger Viollet , 1945 // Pavage d'une rue © Roger Viollet, 1977

4- Le macadam

Le macadam est une technique de revêtement des chaussées proposée par l'Écossais McAdam vers 1820. De fait, il s'agit d'une reprise car elle était déjà employée par les Romains en -450, à partir d'un procédé connu 1000 ans auparavant des Babyloniens ! ("invention" relative donc...)

Un patronyme passé dans le langage courant, sans le goudron de l'asphalte. Le procédé consiste à répandre sur un sol nivelé et asséché, des couches successives de pierres concassées de granulométries décroissantes, liées avec du sable et de l'eau, et agglomérées au moyen de rouleaux compresseurs (voir aussi "tarmac"). Contrairement à une idée répandue, il n'y a PAS d'hydrocarbures dans le macadam, mais il y en a dans l'asphalte, comme son nom l'indique (*asphaltos* = bitume en grec).

Avantage : bonne régularité.

Inconvénient : perméable donc s'érode avec le temps.



Empierrement d'une route selon la technique Macadam en 1823. Au premier plan concassage de pierres pour obtenir la granulométrie requise © Carl Rakeman, dom public

Les goudronneurs posent le macadam par-dessus les pavés © CNAC/MNAM/ RMN/ AdameRzepka

5- L'asphalte

Réalisé à partir d'un mélange d'hydrocarbure (bitume) et de granulats il est étalé à chaud.

Avantage : moins coûteux que la mise en œuvre des pavés. Étanche à l'air et à l'eau, il est moins glissant lors de gels. Moins sonore que les pavés. Ne permet pas facilement un débit en pavés (1968 en fut une illustration).

Inconvénient : s'altère avec le temps (chaleur, UV...). Il est depuis remplacé par des composés plus résistants.



Passage d'un rouleau pour le lissage de l'asphalte © J. Boyer/ Roger Viollet 1908 // Voiture chauffante pour le bitume © J. Boyer/ Roger Viollet 1908 // Épandage de bitume, XX^e siècle, © BHVP/RogetViollet

Est-ce que le tarmac est réservé aux aérodromes ?

Le tarmac est un macadam lié avec du goudron de houille (de l'anglais *tar* = goudron et macadam) et même maintenant plutôt un béton de goudron. Par métonymie on utilise ce mot pour les aérodromes.

Les termes "macadam", "asphalte", "goudron", "asphalte", "enrobé", sont souvent utilisés comme équivalents par facilité, par abus de langage.

Il confond tout : il est dans le « coaltar » ?

Traditionnellement, des soubassements de maisons étaient protégés par un enduit de goudron de houille : le « coaltar ». La pose de ce revêtement, qui émet des vapeurs toxiques, rendaient les ouvriers un peu hagards, d'où l'expression « être dans le coaltar ».

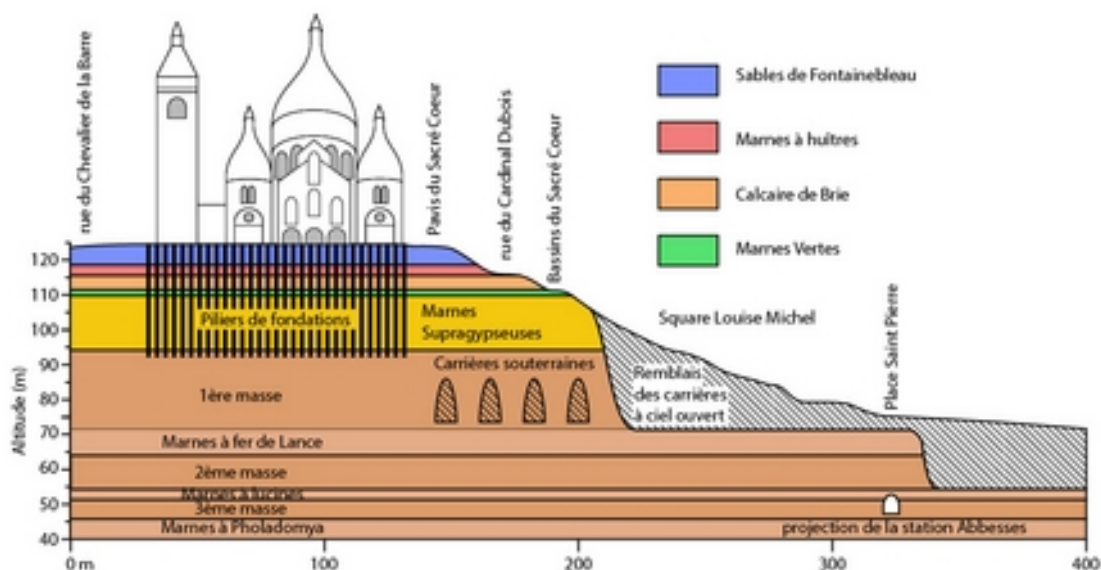
Montmartre, pourquoi une colline au Nord de Paris ?

La Butte Montmartre se posera encore comme juge de paix pour la victoire finale de l'étape. Mais pourquoi la Butte Montmartre à cette place ?

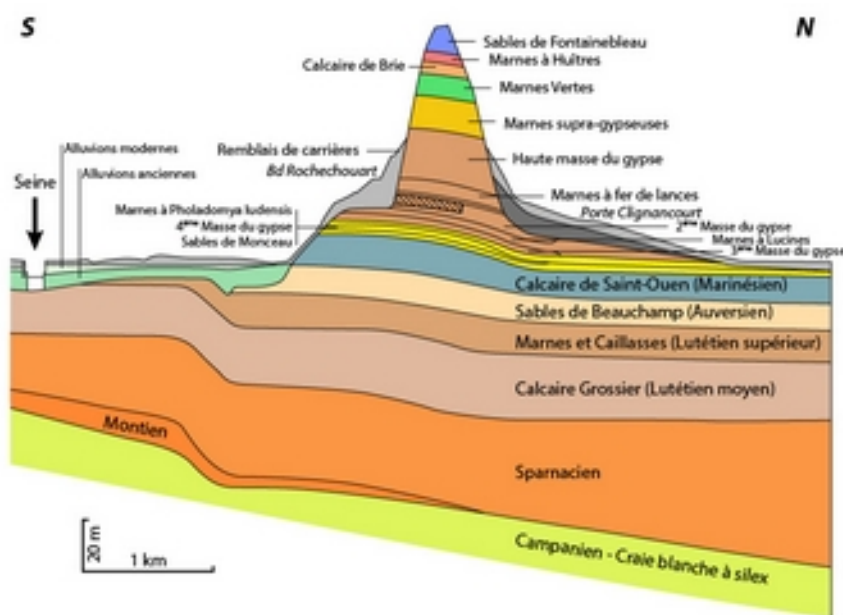
Ce relief, qui culmine à 130 m d'altitude alors que la Seine s'écoule à 26 m, est le fruit d'une histoire longue de plusieurs millions d'années. Les roches trouvées à Montmartre sont essentiellement constituées de gypse, déposé il y a 35 Ma. Le gypse y a été exploité pour être transformé en plâtre jusqu'en 1860 et l'annexion de la commune dans Paris. Le plâtre a servi à recouvrir les bâtiments parisiens, les protégeant des incendies grâce à ses propriétés ignifuges, le gypse contenant de l'eau dans sa formule. Un dicton montmartrois dit de cela qu'« *il y a plus de Montmartre dans Paris que de Paris dans Montmartre* ».

Par la suite, le gypse a été recouvert par des sédiments marins comme les sables de Fontainebleau sur lesquels est assis le Sacré-Cœur, puis par des calcaires lacustres,

façonnant un paysage tout plat et à très basse altitude sur tout le nord de la France. Mais il y a 3 Ma, les Alpes sont venues perturber la région en exerçant une forte poussée qui s'est ressentie jusque dans le Bassin de Paris. Les terrains ont été soulevés d'environ 150 m pour atteindre leur altitude actuelle. Mais comme les rivières ont souvent le mal des montagnes, la Seine et ses affluents ont encaissé leur lit pour compenser ce soulèvement, ne laissant dans le paysage que des reliques de l'ancien plateau, comme la Butte Montmartre, les Buttes Chaumont, Belleville et d'autres autour de Paris. On nomme ces reliques « buttes témoins », comme autant de vestiges des paysages passés. C'est donc grâce aux Alpes que les coureurs parquent sur la rue Lepic jusqu'au Sacré-Cœur.



Coupe géologique de la butte Montmartre : le sous-sol, constitué de marnes et de gypse, ne pouvait soutenir la construction : des piliers de fondations ont permis d'assurer la stabilité © D. Huyghe



Coupe géologique présentant les terrains présents à Paris (échelle verticale très exagérée)

L'obélisque de la Place de la Concorde, le plus ancien monument de Paris

L'**obélisque** vient d'Égypte, on le dit en granite rose mais il s'agit d'une variété appelée syénite (ce nom vient de Syène = actuel Assouan). Cette roche y existe en carrières dans lesquelles se trouvent des obélisques inachevés.

L'obélisque, initialement devant un temple d'Amon de Louxor en Égypte, est érigé depuis 1836 au centre de la place de la Concorde à Paris. Il s'agit du monument de Paris le plus ancien, antérieur à la fondation de la capitale, puisqu'il date du XIII^e siècle avant notre ère. Il mesure 23 mètres de hauteur et pèse 222 tonnes, auxquelles il faut ajouter les 240 tonnes du piédestal. Son sommet est à 33,37 m de hauteur.



En signe de bonne entente avec la France, le vice-roi d'Égypte, Méhémet Ali, a offert au début de 1830 (Charles X) les deux obélisques érigés devant le temple de Louxor, mais un seul fut transporté vers la France.

Obélisque de la Place de la Concorde

Le piédestal de l'obélisque est réalisé en cinq blocs de granite rose issus des carrières de l'Aber-Ildut, en Bretagne, où une réplique au 1/7^e a été réalisée et implantée sur le port en 2015.

L'obélisque du port de Lanildut (anse de Saint-Gildas, Finistère)



Cadran solaire avec l'obélisque comme gnomon

À l'initiative de la Société astronomique de France, a été réalisé un "cadran solaire horizontal" en 2000. L'ombre portée du sommet du monolithe indique l'heure via des lignes, ou clous, au sol partant de l'obélisque, traversant la partie nord de la place de la Concorde, et se terminant par des chiffres romains gravés au bronze. Seules les lignes entre 7 h et 17 h figurent. Les courbes des solstices et la ligne des équinoxes ont également été marquées au sol.

Ce projet reprenait celui de Camille Flammarion, qui, par 2 fois a été abandonné à cause des guerres. Utiliser un obélisque pour en faire un cadran solaire est une idée qui a 2000 ans : celle d'Auguste, date de 10 ans av. notre ère.

Des crapauds place de Concorde ⁴¹

Le mot crapaud n'est pas qu'un terme de zoologie. Il a de nombreux homonymes : en architecture, ameublement, technologie, gemmologie et géologie, il désigne alors une **inclusion** étrangère dans une roche ou un minéral (les crapauds des diamants en prouvent l'origine naturelle mais en déprécient souvent la valeur).

Des crapauds de roches sombres existent dans le granite rose d'Assouan de la colonne. Des enclaves de même type existent dans un granite breton, également rose : le granite de l'Aber Ildut (Ile Mélon, Léon, Finistère). Cette ressemblance explique pourquoi le granite breton a été choisi en 1836 pour réaliser le socle sous l'Obélisque de la Concorde. Ils ont le même type d'origine.



Crapaud (enclave de roche basique) dans l'Obélisque de la Concorde

Enclave basique, ou crapaud, visible au centre gauche, à gauche d'un hiéroglyphe en forme d'oiseau
© Pierre Thomas

41 Inspiré de Thomas Pierre, 2017. Quand les crapauds des granites égyptiens démontrent le mélange de magmas à Paris et à Lyon, Planet Terre <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/img567-2017-05-01.xml>

Liste des étapes

ÉTAPE 1 04/07	19 KM	BARCELONE > BARCELONE
ÉTAPE 2 05/07	182 KM	TARRAGONE > BARCELONE
ÉTAPE 3 06/07	196 KM	GRANOLLERS > LES ANGLES
ÉTAPE 4 07/07	182 KM	CARCASSONNE > FOIX
ÉTAPE 5 08/07	158 KM	LANNEMEZAN > PAU
ÉTAPE 6 09/07	186 KM	PAU > GAVARNIE-GÈDRE
ÉTAPE 7 10/07	175 KM	HAGETMAU > BORDEAUX
ÉTAPE 8 11/07	182 KM	PÉRIGUEUX > BERGERAC
ÉTAPE 9 12/07	185 KM	MALEMORT > USSEL
REPOS 13/07		CANTAL
ÉTAPE 10 14/07	167 KM	AURILLAC > LE LIORAN
ÉTAPE 11 15/07	161 KM	VICHY > NEVERS

ÉTAPE 12 16/07	181 KM	CIRCUIT NEVERS MAGNY-COURS > CHALON-SUR-SAÛN
ÉTAPE 13 17/07	205 KM	DOLE > BELFORT
ÉTAPE 14 18/07	155 KM	MULHOUSE > LE MARKSTEIN FELLERING
ÉTAPE 15 19/07	184 KM	CHAMPAGNOLE > PLATEAU DE SOLAISON
REPOS 20/07		HAUTE-SAVOIE
ÉTAPE 16 21/07	26 KM	ÉVIAN-LES-BAINS > THONON-LES-BAINS
ÉTAPE 17 22/07	175 KM	CHAMBERY > VOIRON
ÉTAPE 18 23/07	185 KM	VOIRON > ORCIÈRES-MERLETTE
ÉTAPE 19 24/07	128 KM	GAP > ALPE D'HUEZ
ÉTAPE 20 25/07	171 KM	LE BOURG D'OISANS > ALPE D'HUEZ
ÉTAPE 21 26/07	130 KM	THOIRY > PARIS CHAMPS-ÉLYSÉES