

Tour de France 2022

Aide au commentaire géologique
par

Patrick De Wever, Pr. émérite, MNHN, Paris
avec la collaboration de
Pierre Thomas, Pr. émérite, ENS de Lyon



Remerciements

Merci à Philippe Leroux pour le report du circuit sur la carte géologique et une relecture, ainsi que Dominique Leroux, pour la même raison, à Francis Meilliez, Pr émérite, Univ. Lille, Yves De Wever, Daniel Delière, Douwe van Hinsbergen, Pr. Univ. Utrecht et Angélique Labiouse de l'Office de Tourisme du Cambrésis (Le Cateau) pour leurs aides et suggestions, et Pr. Christian Giusti et Pr. Jean Paul Cadet, pour les photos.

1^{re} étape (1^{er} juillet) Copenhague - Copenhague chrono individuel, 13 km

Tout le parcours se déroule en ville

Le Danemark qu'emprunte le Tour traduit son histoire récente (moins de 66 millions d'années) : hormis quelques éléments du nord, toute son histoire géologique visible en surface est très récente (ère tertiaire) et très fortement marquée par une exondation récente et par les glaciers.

Il y a environ 20 millions d'années la plupart du Danemark étaient encore sous l'eau (voir carte).

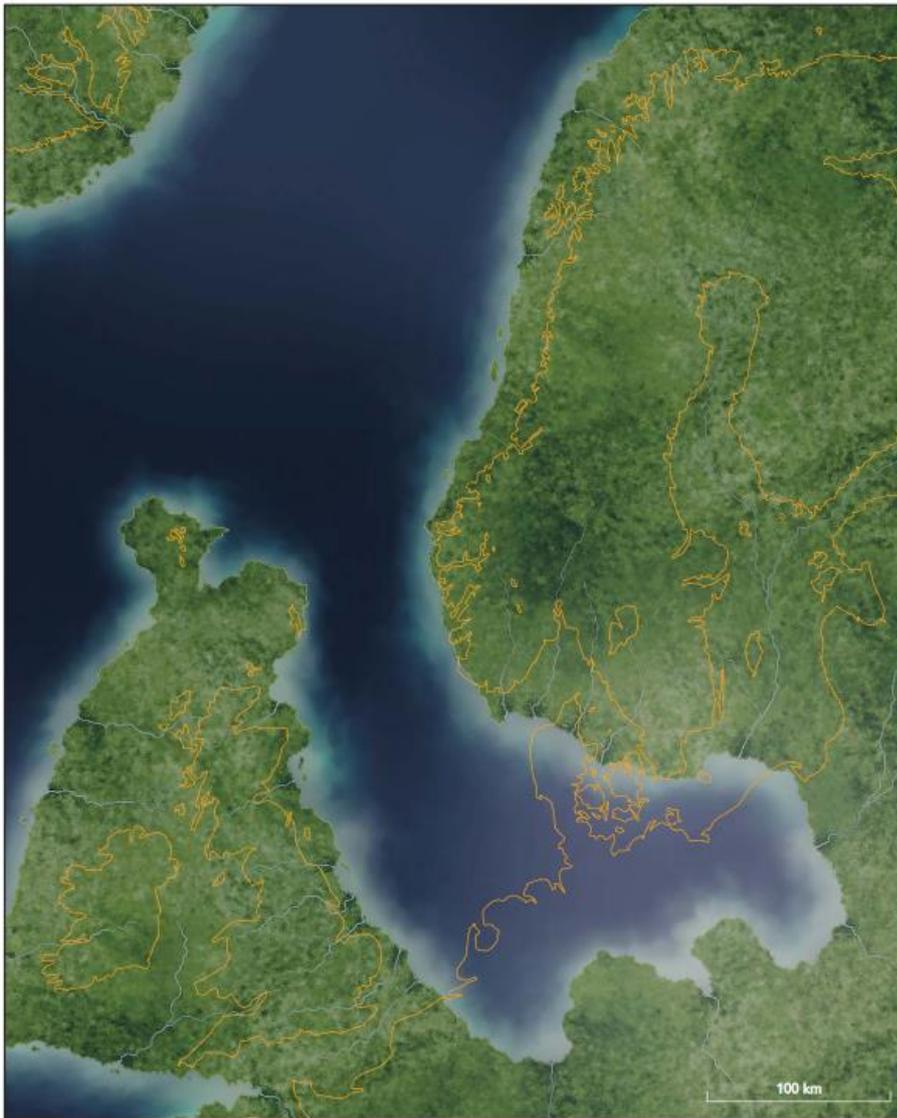


Fig. 2. Palaeogeographic reconstruction of North-West Europe during the Early Miocene (modified from E.S. Rasmussen *et al.* 2008); configuration based on Mosar *et al.* (2002).

Les rivages des continents actuels sont marqués par une ligne jaune (l'essentiel du Danemark et de la Hollande sont sous l'eau).

2^e étape (2 juillet)
Roskilde - Nyborg
199 km

Un pays récemment émergé (il y a une vingtaine de millions d'années). Le pays est l'un des plus plats du monde. L'altitude moyenne dépasse à peine 30 m au-dessus du niveau de la mer. Les glaciations du Quaternaire ont donné au territoire son caractère particulier. Presque tout le pays est couvert d'un manteau de moraines, constitué d'argiles, de sables, de graviers et de pierres.

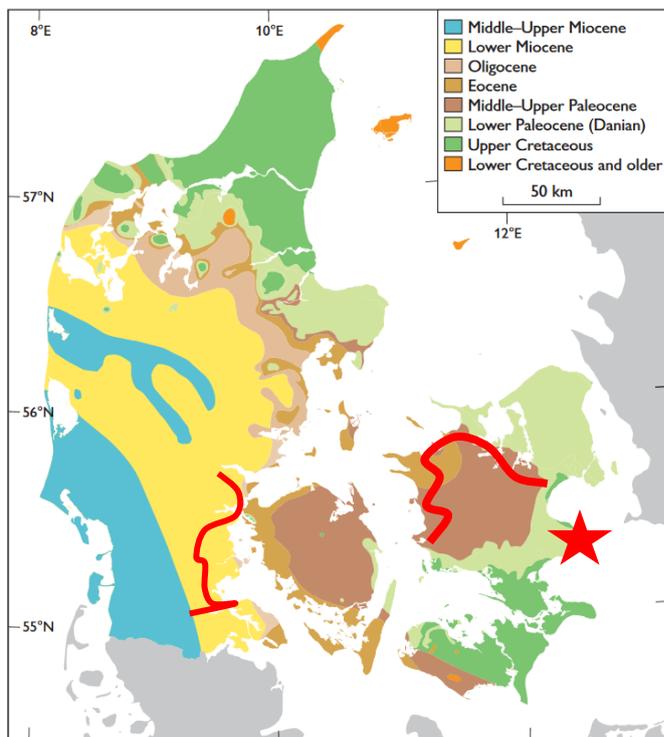
Curiosité

Le Danemark est connu des géologues pour avoir donné son nom à une subdivision de l'échelle des temps géologiques : **le Danien**

Ce nom a une double particularité :

1- il est le seul nom d'une subdivision basé sur le nom d'un pays, généralement ce sont plutôt des villes ou d'anciennes tribus qui sont éponymes (Lutétien pour *Lutetia*, Turonien pour Tours, Burdigalien pour Bordeaux, Aptien pour Apt, ou Sénonien pour les Senones, Cambrien pour les cambres, Ordovicien pour les ordovices, Silurien pour les silures, au Pays de Galles.

2- il est connu parce qu'il marque le début d'une nouvelle ère, le Tertiaire, juste après que des épisodes volcaniques intenses (en Inde) aient modifié l'environnement suffisamment rapidement et avec importance pour que la biodiversité soit fortement affectée, d'autant plus que la chute d'une grosse météorite a empiré la situation, c'est la fameuse crise KT, qui voit la disparition des grands reptiles etc. et qui permettra l'essor des mammifères. Ce brutal changement est marqué par une couche d'argile riche en iridium visible un peu au Sud de Copenhague (à Stevns Klint)



Etoile : Stevns Klint

Carte géologique simplifiée du Danemark <https://geusbulletin.org/index.php/geusb/article/view/4733>) et circuit des 2e et 3e étapes

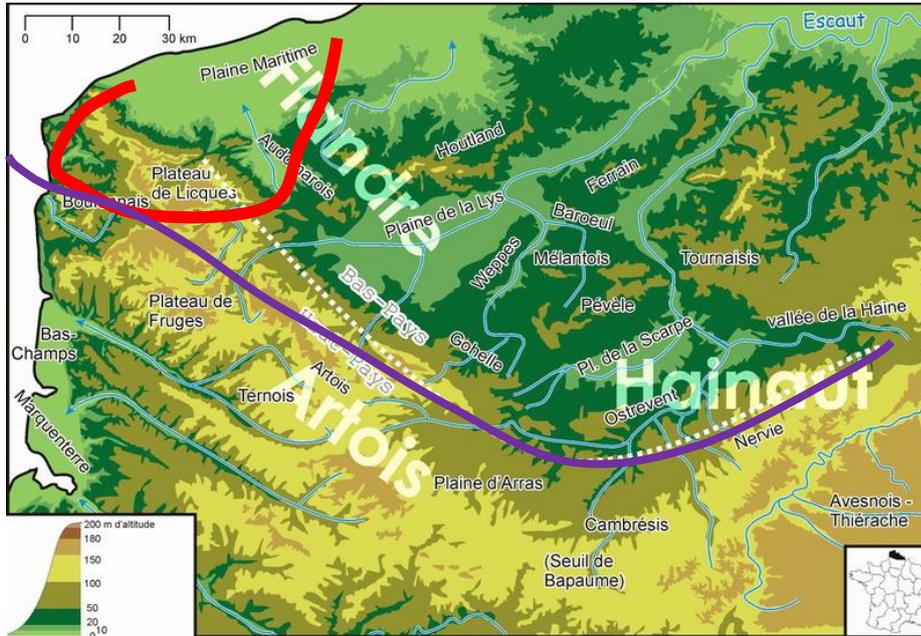
3^e étape (3 juillet)
Vejle - Sonderborg
 182 km

Une étape essentiellement plate pour ce troisième et dernier jour au royaume danois, qui semble promise aux équipes de sprinteurs.

Transfert Danemark → France (4 juillet)

4^e étape (5 juillet) :
Dunkerque – Calais
172 km

De la plaine de Flandres à la plaine des Flandres en passant par les Monts des Flandres (buttes témoins) et les reliefs de la boutonnière du Boulonnais (qui permet d'exploiter des roches de l'ère Primaire).



Le pointillé violet souligne les structures géologiques élevées, elles correspondent un peu au relief, qui sépare la Picardie-Artois de la plaine de Flandre

BERGUES

En Flandre la route passe à côté de **Bergues**, qui est au niveau de la mer (entre - 2 et 3 m). Comme il était impossible d'établir des moyens de défense en altitude, **il fut choisi au XVI^e siècle** de les enterrer : les fortifications sont entourées de larges et profonds fossés qu'il suffisait d'envoyer en cas de danger. Vauban en améliorera la structure : une des rares places fortes invisibles de loin.



Le trait rouge correspond au parcours emprunté par le Tour 2022.



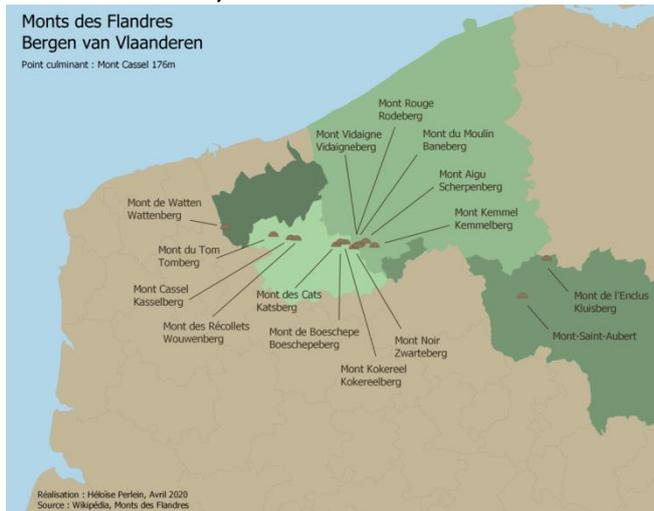
Plan-relief de Bergues (noter la quadruple ceinture de fossés et canaux)

Les plans-reliefs ont été fait à l'initiative de Vauban ; ils sont conservés au Musée des Beaux-Arts de Lille.

Mont Cassel

Dans la plaine des Flandres les seuls reliefs sont des "tas de sable", généralement couronnés par quelques bancs de grès : modestes buttes témoins

de sables du Tertiaire ne dépassant pas les 180 m (le plus haut est le Mont Cassel : 176m).



La quinzaine de monts forment un alignement ouest-est

Le mont Cassel portait des moulins, ceux qui illustraient les cahiers de notre enfance.

Clairmarais-Saint Omer

La course traverse un ancien polder (époque carolingienne) : les marais de l'Audomarois, zone maraichère avec ses célèbres canaux parcourus en barque par le facteur. La tourbe du marais y fut longtemps exploitée comme combustible avant d'être remplacée par le charbon. La région est drainée par le réseau des "wateringues" (= *watergangs*), qui couvre plus de 170 km (700km en comptant les simples fossés) alimentant l'Aa (fleuve bien connu des cruciverbistes) qui se jette dans la mer du Nord à Gravelines. Ces canaux étaient parcourus en "bacôve" par les maraichers



Un Watergang (ou une wateringue) traversant une roselière de l'Audomarois, et un champ de choux-fleurs, culture typique de l'Audomarois.

Bouttonnière du Boulonnais



La ligne rose, qui passe par le Boulonnais (en bleu = terrains jurassiques, entre 200 et 150 millions d'années) souligne une structure géologique plus élevée, séparant la bassin belge du bassin parisien.

La boutonnière du Boulonnais permet de voir des terrains bien plus anciens que ceux alentour (Tertiaire et Crétacé moins de -145 millions d'années) : du Jurassique (Secondaire, entre -250 et -150 Ma)) et même du Primaire (plus de 250 millions d'années).

Ferques, Marquise : les carrières du Boulonnais

La plus grande carrière de France : 4 km de long, 1,5 km de large, plus de 100 m de profondeur. Le fond est à -45 m sous le niveau de la mer.

Exploite surtout du calcaire. Ce calcaire s'est déposé dans une mer peu profonde, chaude et calme qui s'étendait là il y a 340 millions d'années (Primaire, Carbonifère inférieur). Les organismes vivants qui ont créé cette roche ont laissé les traces irrégulières que l'on retrouve dans la roche.

Ce calcaire a beaucoup servi pour faire des **dalles ornementales**, que l'on retrouve par exemple en dallage à la gare d'Austerlitz. Depuis 1 ou 2 décennies, la France a considérablement diminué l'exploitation de pierres ornementales sur son sol, préférant les acheter en Chine ou au Brésil. Peut-être que dans le cadre de la transition énergétique et de re-industrialisation, cette production sera rapatriée en France...



Dalles en calcaire du Boulonnais (pavage de la Gare Austerlitz)

Production : 9 millions de tonnes (en 2020).

La moitié pour les travaux publics. Par exemple, **4 trains par jour** en moyenne alimentent les travaux du chantier du Grand Paris (nouvelles lignes de train et de métro).

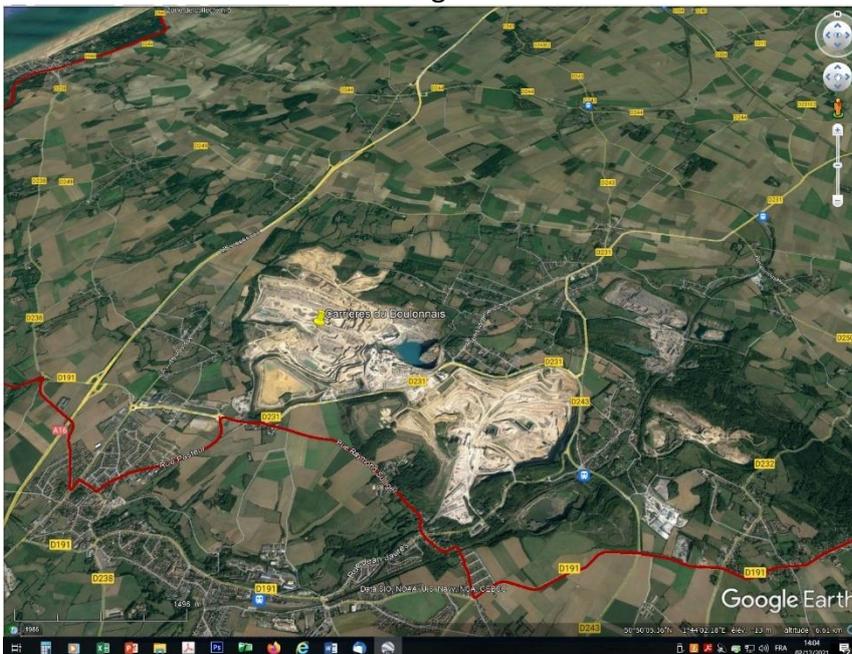
L'autre moitié pour l'industrie, en particulier la sidérurgie Dunkerquoise, et de façon plus anecdotique l'industrie sucrière très active dans les Hauts de France.

Qui sait qu'il faut environ 100 kg de calcaire pour faire 1 tonne de sucre ?

La betterave et la canne à sucre contiennent naturellement de l'acide oxalique, ce qui donnerait au sucre un goût acide d'oseille. On traite le jus de betterave ou de canne avec de la chaux pour éliminer cet acide oxalique. Et pour faire de la chaux, il faut du calcaire.

La course passe à proximité immédiate de la carrière par 2 fois en près d'un km, la première fois à longit. $1^{\circ}45' 15.15''$ E, et latitude de $50^{\circ} 18' 16.13''$ N Localisation : [Carrières du Boulonnais](#)

Latitude : $50^{\circ}50'2.00''$ N Longitude : $1^{\circ}43'59.28''$ E



Carrières du Boulonnais (image Google Earth)

Le cap Blanc Nez Juste après le "cran d'Escalles"

Les plus hautes falaises du Nord de la France (environ 100 m), falaise constituée de craie.

Localisation : lat. 50°55'41.82"N, long 1°42'44.06"E, [falaise du Blanc Nez](#)



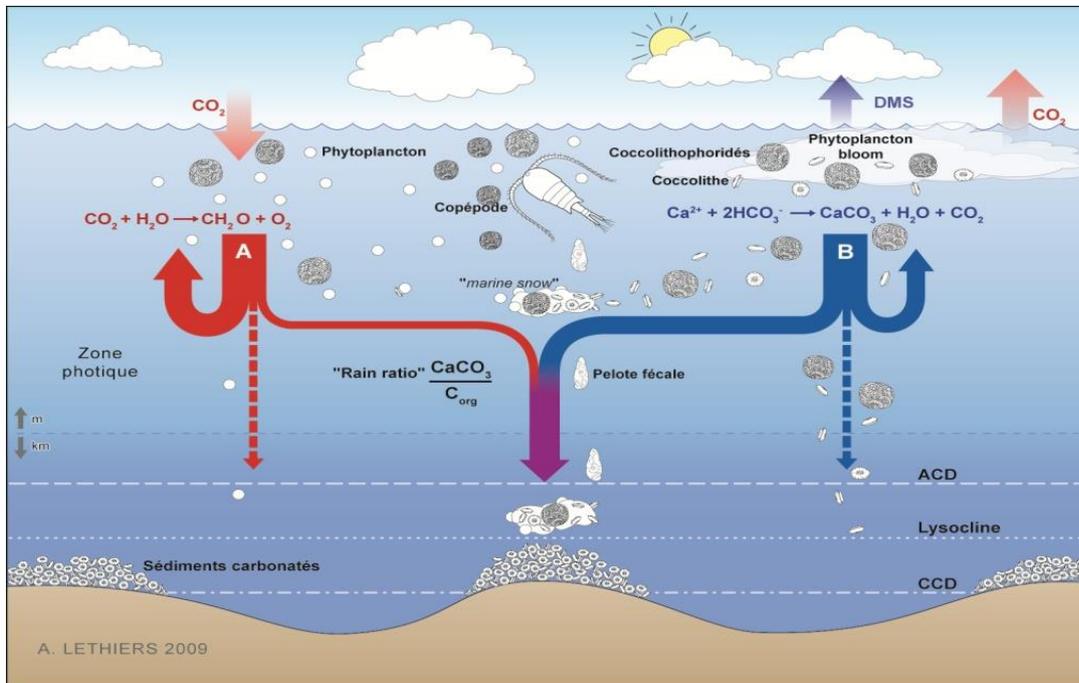
Cette craie occupe presque la moitié Nord de la France. © DR

Les falaises sont blanches ... et pourtant ... il s'agit d'un lisier sous-marin !

Qu'est-ce que la craie ? Encore une histoire de fèces !!

Il y a une centaine de millions d'années toute la région était baignée par une mer dans laquelle vivaient de très nombreux organismes microscopiques, qui composent le **plancton** (notamment de tout-petits crustacés : des copépodes : (photo). Ces organismes, à la base de la chaîne alimentaire, servaient de nourriture à d'autres, mais leur squelette (minéral) était relâché dans leurs **rejets fécaux** (ou fèces, leurs crottes). Cette accumulation a fini par constituer un **lisier** sous-marin très épais de plus de 100 mètres, dans lequel on ne retrouve la matière minérale : la craie. Oui, la craie représente un énorme tas de m... On connaît aujourd'hui de tels dépôts en train de se former dans de nombreux bassins marins (ex. Bassin de Santa Barbara au large de la Californie), où les pelotes fécales représentent plus de 90% de la sédimentation. –





Les algues (le phytoplancton de coccolithophoridae) vivent en surface. Ce plancton est mangé par des myriades de copépodes qui rejettent de petites crottes qui s'accablent et forment la quasi totalité du sédiment.

Pour résumer, la craie est un lisier, **un tas de merde !!**

Au sommet de la côte : vue vers le nord avec deux points liés à l'activité humaine :

- Déblais tunnel sous la Manche
- Trous d'obus grêlant encore la surface

Etang artificiel (derrière une digue artificielle) rempli des fins déblais dus au **creusement du Tunnel sous la Manche.**

Localisation : lat. 50°55'58.88"N, long. 1°44'11.46"E, [Déblais du tunnel sous la manche](#)

Des déblais du tunnel sous la Manche ont isolé une partie basse où s'est installé un étang

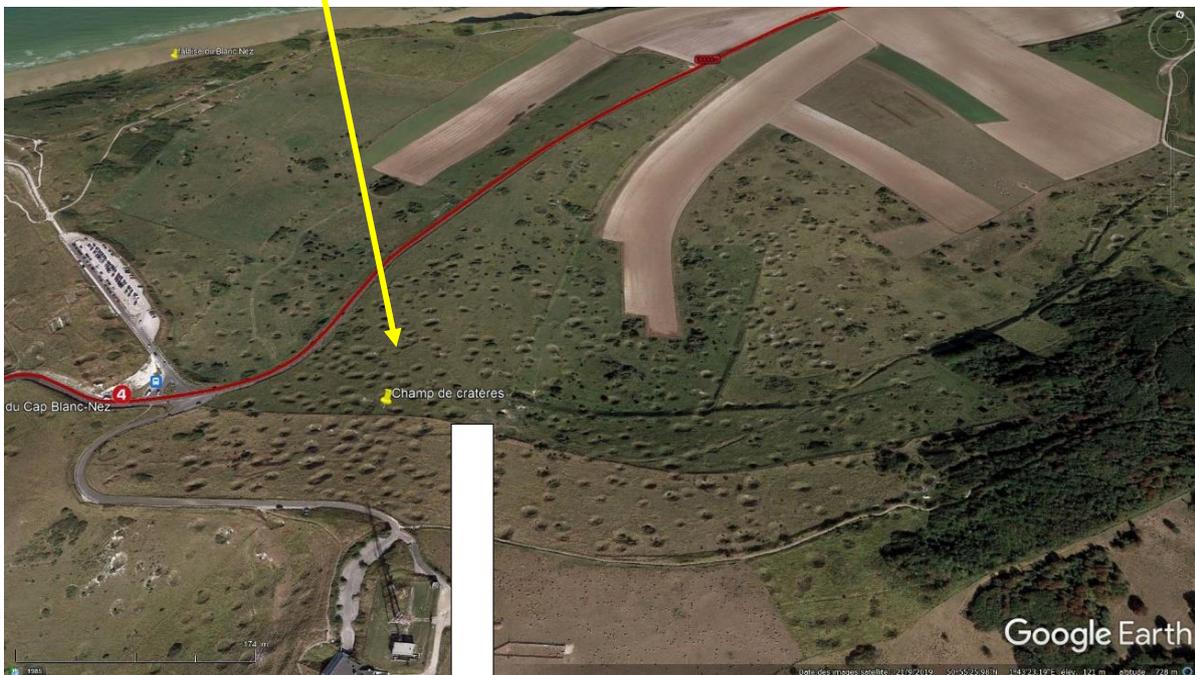
cratères de bombes



Champs de cratères (de bombes) datant de la 2^{ème} guerre mondiale.

Ils ressemblent à des dolines (dépressions naturelles dues à la dissolution) telles qu'on en verra au sommet du Galibier.

Localisation : lat. 50°55'25.57"N, long. 1°43'13.65"E, [Champ de cratères](#)



Champ de cratères de bombes

5^e étape (6 juillet) :
Lille-Métropole - Arenberg Porte du Hainaut
155 km

Une étape à travers les riches terres du Nord qui nous offrent le fertile lœss, la craie bien utile, pour se terminer sur les célèbres pavés de grès.

Vers Orchies : Rouges Barres

Les Rouges barres (craie et argile)

Le rouge et le blanc (on ne parle pas de vins ici) de la langue d' "oil"

Les terrains sont riches en craie, pierre particulièrement blanche. Mais les argiles, un peu plus récentes, ne sont pas rares non plus. Elles ont permis le développement de **briqueteries**. On retrouve ces deux types de matériau dans les constructions des bâtiments où leur alternance a donné le nom de « **rouges-barres** » à ce type d'association.

La langue d'Oil inverse souvent les positions relatives des adjectifs : les « **Villeneuves** » du sud de la France, sont des neu(f)viles » dans la partie Nord (Villeneuve sur Lot, dans le Lot), mais Neuville St-Amand, Neuville St Rémy, **Neuville**-en-Ferrain dans le département du Nord etc.

De même que l'on a des rouge-monts, des noirs-monts, Blanc-maison, verte-rue ...



Bâtiments en "rouges-barres"

Alternances de 3 lits de briques et d'un lit de craie

.....

vers Douai jusque Lewarde **on traverse la bande du bassin minier**

Les terrils visibles attestent que nous traversons le bassin minier : à Lewarde (prononcer **Léouarde**, cf le W flamand, comme dans certains noms propres ☺)

Le centre historique minier de Lewarde

Un musée de la mine , le plus important de France, expose 3 siècles d'histoire de la Mine , les conditions de vie des mineurs (salle des pendus, bennes de descente, visite d'une mine etc etc)



Le centre historique minier de Lewarde

Descendant vers le sud : riches terres grâce au loëss

La région est une terre agricole.

Loëss : pour l'agriculture et les briques

Au Quaternaire, les vents des périodes glaciaires (vers -18000 ans) ont déposé des particules fines, très fertiles, appelées **loëss**. Ce riche limon a fait la richesse agricole de cette région.

Ce sédiment parfois riche en argiles a favorisé la confection et cuisson de tuiles et de briques, de grandes cheminées de ces briqueteries en attestent



Maison en briques et tuiles : toutes deux résultent de la cuisson de l'argile

Tuiles et ardoises : toutes deux issues de l'argile

La tuile et l'ardoise sont deux matériaux largement utilisés par l'Homme pour les constructions, notamment pour les couvertures de toits. Les deux sont issus de l'argile.

Les **tuiles** et les **briques** sont de l'argile cuite, manufacturée.

L'ardoise, un matériau naturel, est un sédiment qui a été soumis à de très fortes pressions lors de son enfouissement en profondeur et ainsi transformé en une sorte de millefeuille très compact.

Souvent les ardoises contiennent des petits cristaux de pyrite : un sulfure de fer qui apparaît doré quand il est frais (d'où son nom d'« or des fous ») ou rougeâtre, voire rouille quand il est altéré. Du fait même que cette pyrite s'altère en s'oxydant, elle finit par disparaître en laissant une petite cavité ... un trou dans le toit n'est pas ce qui est attendu ! C'est précisément pour cette raison que les ardoisières de Fumay (Ardennes) par exemple ont été abandonnées, trop riches en cristaux instables de pyrite.

on remonte vers le Nord pour emprunter les secteurs pavés

Les pavés du Nooord

Le sable

Le sable est un sédiment meuble de granulométrie très fine. C'est la **taille des grains qui détermine l'appellation sable** (et non la composition). Les grains entre 0,06 mm et 1 mm sont du sable. Plus petits, ce sont des silts ou argilites, plus gros ce sont des gravillons ou des galets. La plupart des sables sont faits de grains de quartz, mais ce n'est pas obligatoire¹. Il existe ainsi des sables faits de petits grenats (Ile de Groix), d'autres faits uniquement de coquilles, ou de cendres volcaniques etc.

Le sable est la troisième ressource naturelle que nous utilisons après l'air et l'eau (en tonnage).

Consommation moyenne de sable pour quelques réalisations humaines

Maison de taille moyenne : 200 tonnes
Hôpital : 3000 tonnes
Kilomètre d'autoroute : 30 000 tonnes
Centrale nucléaire : 12 millions de tonnes
Projet Palm à Dubaï : 150 millions de tonnes

Pourquoi le sable du désert n'est pas très utilisé en construction ?

Le sable du désert a été accumulé par les vents. De forme arrondie et très lisse, les grains ne s'imbriquent pas parfaitement les uns dans les autres lors du mélange avec les autres constituants du béton. Les grains arrondis forment un peu comme des roulements à billes et du coup, le béton se fissure et offre une moindre résistance au cisaillement. Il n'est donc pas utilisé pour les bétons.

1 Texte inspiré de De Wever P. & Duranthon F (2015) Voyage d'un grain de sable. Coll. Terre à portée de main, EDP Sciences, 95 pages

Va-t-on manquer de sable ? On manque déjà de sable !

L'appétit des hommes pour cette ressource semble inextinguible. Par exemple, les îles artificielles de Dubaï ont nécessité un apport colossal de sable d'origine marine. Paradoxalement en effet, dans ce pays désertique, le sable du désert, trop fin, trop rond, ne convient pas. *A elles seules, les îles The Palm et The World ont ainsi nécessité près de 600 millions de tonnes soit **davantage que la production totale française en un an.***



Vu aérienne du Palm Jumeirah, Golfe persique (Émirats Arabes Unis).

Photo prise de la station spatiale en 2005. L'ensemble, alors en construction, affiche son ambition : être visible de la Lune. Une barrière de 12 km le protège de la mer. Prévue pour 2000 villas, 40 hôtels de luxe, etc pour une population de 500 000 personnes.

Le sable de cette célèbre construction "pharaonique" ne vient pas du désert voisin, mais d'Australie, à **12 000 km de là !**

Comme toutes les réserves faciles que sont les carrières ou les lits des rivières ont été aujourd'hui exploitées ou sont soumises à des réglementations contraignantes dans les pays développés, les industriels se tournent de plus en plus vers les sables marins, les extrayant sur les plages ou directement en mer à l'aide de grosses dragueuses pouvant traiter jusqu'à 400 000 m³ de mélange d'eau et de sable par jour. C'est ainsi que les dunes des plages marocaines de Tanger ou Casablanca ont disparu, vidées nuit après nuit par des escouades de charrettes et camions pour fournir l'industrie du bâtiment florissante dans ce pays touristique (voir plus bas).

Partout dans le monde, on observe ce phénomène de surexploitation de sable, des Iles Maldives aux Caraïbes et à travers tous les océans. Par voie de conséquences, **les plages reculent** de plus en plus.

Cette ponction du rivage ou de l'avant plage sur les zones côtières a des conséquences catastrophiques : fort impact des tempêtes, inondations, arrivée de l'eau salée dans les nappes d'eau douce, **recul du trait de côte pouvant aller jusqu'à la disparition complète de certaines îles.** C'est le cas de 25 îles indonésiennes qui ont ainsi disparu pour permettre à Singapour de gagner 130 km² sur la mer.

Et comme les 830 000 **barrages** répartis dans le monde **piègent** en amont le sable qui aurait pu participer à l'édification des plages, le phénomène va aller en s'amplifiant.

Cette raréfaction entraîne une véritable spéculation, des **trafics** et la mise en place de **réseaux mafieux** dans les régions du monde très consommatrices.

Pillage du sable au Maroc

On connaît de tels usages irrespectueux de l'environnement au Maroc. Certains retraités choisissent une jolie région en bordure de mer au Maroc : soleil, plage de sable, coût de la vie; Ils décident d'acheter un appartement en projet de construction. Mais voilà ... ces appartements sont construits avec le sable de la plage et quand les appartements sont livrés ... la plage n'est plus sableuse.



Prélèvements "sauvages" de sable au Maroc, pour la construction de nouveaux appartements

Le grès : dans les pavés, la plage !

Il arrive que les grains de sable soient naturellement cimentés lorsque des fluides les traversent. Le sable devient massif, devient roche, il devient grès.

Le grès peut donc être bien soudé, massif, solide ou moins cimenté, moins solide (voir Pif paf pouf).



PIF : oui, PAF : parfois, POUF : certainement pas !

Le grès, roche sédimentaire détritique, résulte de l'accumulation de grains de sable (généralement du quartz). La circulation de fluides a soudé ces grains. Le sable est devenu un grès solide. Selon la qualité de la cimentation, le grès est plus ou moins dur, et plus ou moins imperméable.

Les carriers définissent la qualité d'un grès par le son que produit le marteau sur la roche.

Un grès « **PIF** » (son aigu) est de bonne qualité, bien cimenté et idéal pour l'utilisation.

Un grès « **POUF** » (son creux, évoquant l'effondrement du matériau sous le marteau) n'est pas assez cimenté, il est poreux et perméable. Il présente de grands risques de se fissurer au cours du temps et, friable, de rapidement s'éroder. Ce type de grès n'est pas utilisé.

Un grès « **PAF** », intermédiaire, présente quelques risques de fissures bien qu'il soit de meilleure qualité qu'un grès « **POUF** ». Sa très légère porosité a tendance à retenir l'eau. Il apparaît souvent humide alors que les grès « **PIF** » sont secs.

Pavage de rue en grès

Dans les rues le grès a été utilisé. Selon la qualité du grès, la roche est plus ou moins perméable et donc plus ou moins humide. Les pavés humides, sont généralement plus altérés que les pavés secs parce que, moins bien cimentés, ils sont plus vite endommagés que les autres.

Dans le Nord de la France, on retrouve ces grès en base de maisons (photo) et pour les célèbres pavés de Paris-Roubaix (photo).



Une maison du Nord (Cantaing): en "rouges barres" (craie et briques) et la base, en grès. Imperméable cette roche empêche l'humidité de remonter.

Une frustration : les pavés

Les pavés du Nord font la réputation d'une course. Ils ont si célèbres qu'ils sont protégés : la fameuse "**trouée de Wallers-Aremberg**" est interdite à la circulation toute l'année, sauf pour la course de vélos Paris-Roubaix. Des portions de routes pavées nécessitent des réfections, qui sont généralement à la charge du contribuable.

Ainsi ces routes pavées coûtent, ne sont pas utilisables et font la (mauvaise) réputation d'une région ... de vrais motifs de frustration !



La "trouée de Wallers-Aremberg, en dehors des journées de course.

D'où viennent les pierres qui constituent les pavés ??

Les premiers secteurs avaient été construits par les paysans pour ne pas s'enliser dans la boue. Ils prenaient les pierres de la région : des grès le plus souvent.

Ainsi ils construisaient des "**drèves**" (mot qui serait dérivé du néerlandais, que l'on retrouve aussi dans le "**drive**" des Anglais) c'est-à-dire des chemins.

Par la suite ils ont utilisé une autre pierre très dure : le "**porphyre du Hainaut**" qui provient de carrières à quelques dizaines de km (Lessines, Quenast, Belgique). il s'agit d'une roche issue d'un magma (une diorite, une sorte de granite sans quartz), roche intrusive mise en place il y a env. 440 millions d'années (Base du Primaire, Silurien).

Plus récemment, fin XX^e S., des roches proviendraient de Scandinavie. Selon les endroits, les sections pavées, l'un ou l'autre de ces matériaux domine.



Gauche, sur cette portion pavée les porphyres dominent (gris bleutés=, à "points (cristaux de feldspath). Un seul pavé de grès (jaune) au milieu

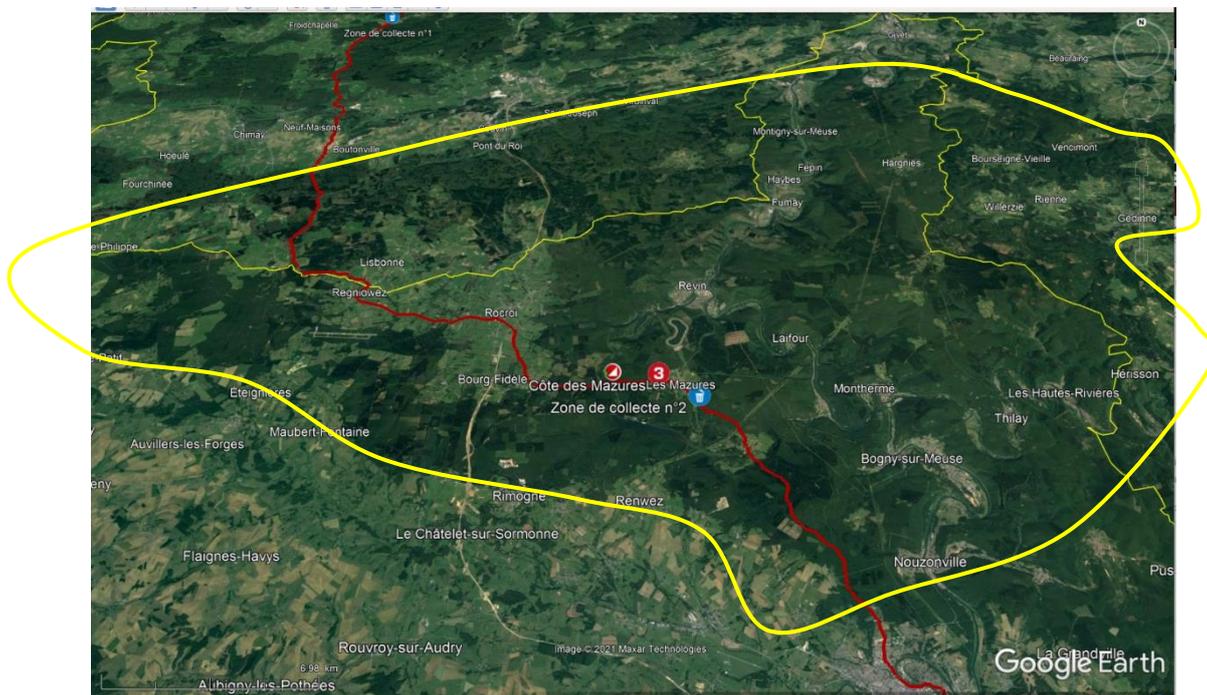
Droite , il y a à peu près autant de pavés de grès (jaunâtres) que de porphyres (bleutés)

Les routes abimées sont aujourd'hui restaurées, au moins en partie par un lycée horticole de Raismes

6^e étape (7 juillet) Binche - Longwy

La première moitié traverse le massif des Ardennes, et ses ardoises pour continuer et se terminer sur des calcaires et marnes riches en fer (la minette de Lorraine)

Pays des ardoises



En jaune : zone avec de terrains de 500 millions d'années (ardoises ..)

Au niveau de Rocroi nous sommes dans une région dont les roches ont un peu plus de 500 millions d'années.

Pays des **ardoises** grises, violettes ou roses qui ont longtemps été exploitées. Ce pays est couvert de forêts de chênes (replantés de conifères après les guerres) que l'on suit jusque Charleville.



Fresque rendant hommage aux ardoisiers de Fumay (Ardenne)

Cette fresque est réalisée avec deux types d'ardoises violettes et vertes (datant du Cambrien, -500 millions d'années). Les personnages sont en grès (grès d'Anor, Dévonien) © P. De Wever

Les ardoises sont des argiles très fortement compactées dans les chaînes de montagne qui existaient dans les Ardennes. L'argile à l'origine de cette ardoise s'est déposée il y a près de 500 millions d'années.



Manteau de cheminée en ardoise © Nataloche CC BY-SA 4.0

L'ardoise sert de couverture aux toits et à l'extérieur, en bardage, en dallage, en paillis comme couvre sol, mais aussi à l'intérieur comme plan de travail en cuisine ou salle de bains. L'ardoise se sculpte ou se grave. Des plateaux de fromages, sous-plats, plaques commémoratives, ou funéraires, des plaques de rues ou décoratives,. Dans la fabrication des billards, la table comprend une plaque en ardoise. La densité et l'effet de masse évitent les déformations de la table dans le temps.



Plateaux en ardoise. © PDW
Billard du Château de Malmaison à Rueil-Malmaison (France). © Moonik [CC BY-SA 3.0]

A Charleville : nous retrouvons des terrains beaucoup plus récents (de moins de 200 millions d'années, Jurassique). Les calcaires et argiles permettent le développement des pâturages et cultures que l'on retrouvera jusqu'à Longwy.

La minette de Lorraine (nous ne parlons pas de Jeanne)

La région de Longwy fut célèbre pour sa sidérurgie car son sous-sol livrait un minerai de fer : la minette de Lorraine, accumulation de petites sphères millimétriques de composés ferreux (oolithes) noyées dans une gangue de carbonate généralement, roches qui se sont formées il y a env. 170 millions d'années

Au début du XX^e siècle la Lorraine était la deuxième région productrice au monde, derrière les États-Unis. Mais à la fin de ce siècle des minerais plus riches sont importés d'outre-mer et après une exploitation d'un siècle et demi, les mines de fer de Lorraine ont peu à peu cessé d'être exploitées. La dernière à avoir fermé, en 1997, est celle des Terres Rouges à Audun-le-Tiche (Moselle).



La minette, vue macroscopique et microscopique) © Auteurs : Roger CHALOT - Didier ZANY



Entrée de mine, la galerie d'entrée en maçonnerie et un ancien front de taille (les couches de minerais apparaissent de couleur rouille alors que les couches de marnes sont grises) © : Roger CHALOT - Didier ZANY

La Lorraine : une grande richesse en pierres de construction

Les calcaires lorrains offrent toute une variété de pierres calcaires, de différentes textures et couleurs, très prisées pour la construction.



Dans la région de Montmedy (env.40 km avant l'arrivée) une pierre chaude offre des tons chauds. La pierre locale est un calcaire jaune bien visible dans la région de Montmedy

Façade principale de l'église Saint-Martin de Montmédy, Meuse, France © Dorcaille, cc-by-sa 3.0

7^e étape (8 juillet) Tomblaine - La Planche des Belles Filles

De la Lorraine au massif des Vosges, en passant des grès roses aux roches anciennes du socle ancien.

Lac de Gérardmer, exemple de lac glaciaire

Le grès rose des Vosges, de Moscou aux USA

A la fin de l'ère primaire l'ancienne chaîne de montagne hercynienne est presque complètement arasée. Ses derniers restes sont représentés par des sables ferrugineux, qui, avec le temps se sont indurés par cimentation et se trouvent aujourd'hui sous forme de grès roses, la couleur étant due au fer (sous forme d'oxydes et hydroxydes). Ce grès est très abondant dans toute l'Europe occidentale. On le trouve même de Moscou aux États Unis d'Amérique (qui étaient alors jointifs avec l'Europe), même si on ne le trouve pas partout à fleur de terre.

Cette pierre a donc été abondamment utilisée en Lorraine, dans les Vosges et en Alsace. Des bâtiments prestigieux en attestent (Château du Haut-Kœnigsbourg...) ainsi que des constructions plus modestes : maisons, fermes, murets, fontaines, statues, dallages, ponts et auges. A une époque chaque commune de cette région avait sa carrière.

Ce grès des Vosges, exploité depuis deux millénaires comme matériau de construction constitue la pierre emblématique de la région (Moselle et Vosges).

D'autres régions françaises possèdent ces grès roses de la fin de l'ère primaire/début de l'ère secondaire, par exemple l'Aveyron. La cathédrale de Rodez, départ de la 15^e étape, est faite en grès rose de cette époque.



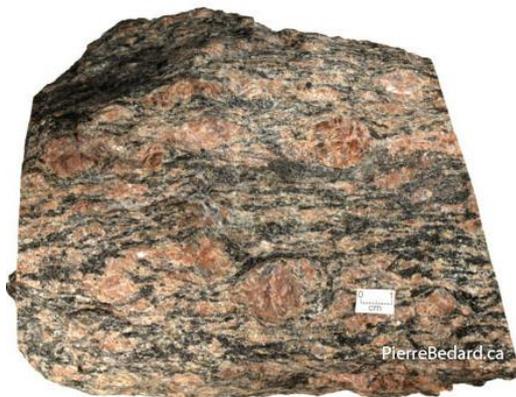
Maison du centre-ville d'Epinal (Vosges). Presque la totalité du mur est constitué de grès, seul des pierres appareillées sont en calcaire (qui se travaille plus aisément) © Lionel Allorge CC-BY-SA 3.0



Maison en grès rose à Épinal © Jean Housen, cc-by-sa-4.0
Chapelle en grès rose au soleil couchant © P Graviou

L'ascension dans les gneiss et granites

A partir de Gerardmer l'itinéraire se déroule sur le socle du Massif vosgien constitué d'anciennes roches : gneiss et granites de l'ère primaire (tous plus de 320 millions d'années). Le relief s'accroît, et la course prendra son point d'orgue vers l'arrivée à la planche des Belles-Filles.



Gneiss La couleur rose est due aux cristaux de feldspath (minéraux riches en potasse) (collection de l'École Polytechnique de Montréal) © Pierre Bedard .

8^e étape (9 juillet) : Dole - Lausanne

Une traversée complète du Massif du Jura qui est un coulis de calcaire sur du sel.

Le sel :

**A été exploité et
permis un gigantesque coulis calcaire : le Jura**

- 1- les Monts du Jura sont principalement constitués de calcaires qui datent du **JURASSIQUE** (entre 200 et 150 millions d'années).
- 2- Salins : le nom de cette ville signale que le sel gemme a été exploité dans le Jura
- 3- le sel a permis le glissement d'un immense coulis de calcaire

Les monts du Jura datent du ... Jurassique

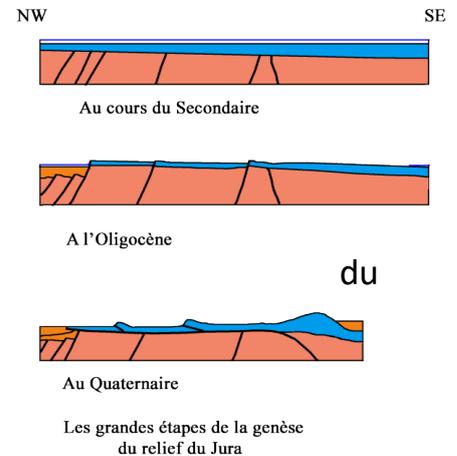
Les couches de calcaires ont donné le nom à une période de l'échelle des temps géologiques : le Jurassique (des couches qui ont entre 200 et 145 millions d'années). Cette époque est l'une de celles où vivaient des dinosaures et des ammonites. Elle a été popularisée par le film "*Jurassic Park*". Le géologue est surpris d'une « erreur » de Steven Spielberg. Le dinosaure emblématique du Film est un *Tyranosaur rex* (T rex) qui date du ... Crétacé (-68 à - 66 millions d'années, soit près de 70 millions d'années plus tard !!

Les monts du Jura ? Un coulis de calcaire !

On passe de la plaine de Bresse aux monts du Jura, car on affronte une sorte de "glacier de calcaire" : une langue de calcaire qui "coule" vers la plaine

Le Massif du Jura est une chaîne de montagnes, pourtant les géologues nous parlent d'une fine pellicule en mouvement...²

Effectivement tout cela n'est qu'un coulis. Oui une structure qui a coulé, qui a glissé vers l'ouest quand le plissement alpin a légèrement poussé et soulevé l'Est. Une très légère pente de l'ordre de 0,5°-1° 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 ...).

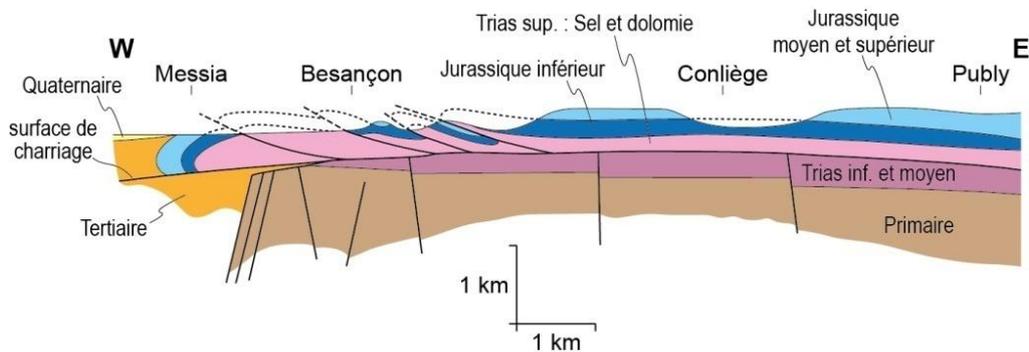


Les responsables de cette mise en place : les sels (sel gemme et gypse).

La plasticité du niveau salifère fait qu'il tient lieu de lubrifiant (de couche savon ou couche vaseline) dans les déformations associées à la formation des chaînes de montagne en favorisant le décollement et le glissement de grandes unités tectoniques comme les nappes de charriage, leur déplacement et leur déformation. Le Jura a glissé sur les couches salifères (qui ont un peu plus de 200 millions d'années –Trias-). Une coupe du Jura montre cet aspect pelliculaire qui résulte du glissement en masse des couches vers le NW.

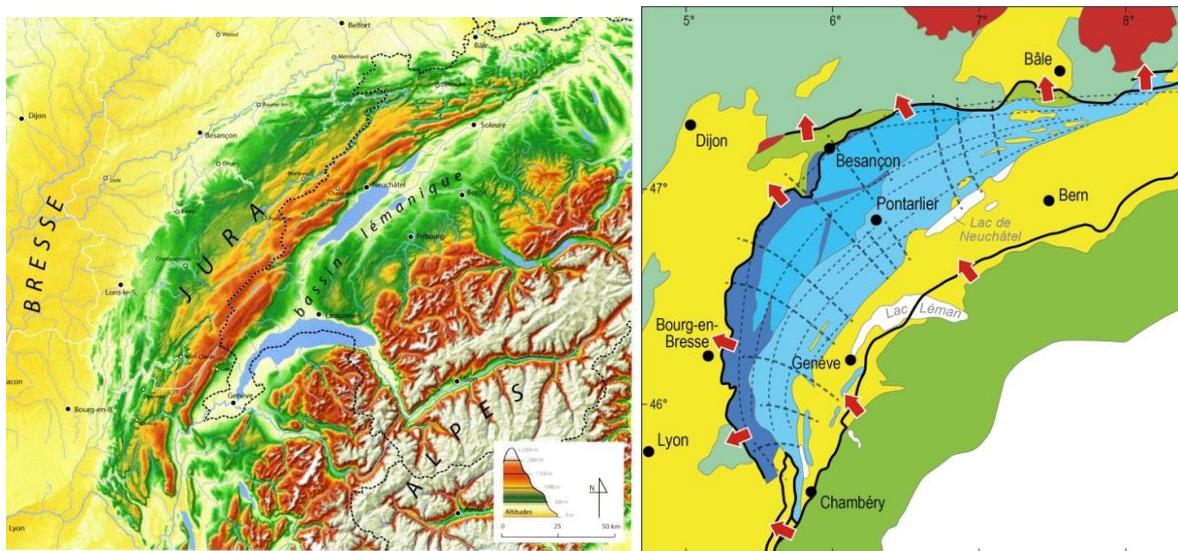
Vers l'Ouest ces calcaires de l'époque secondaire ont même glissé, sur plusieurs kilomètres, sur des couches très récentes (du bleu repose sur du jaune, des roches de 200 millions d'années sur des sédiments qui n'ont que 20 millions d'années).

Une coupe de ce massif révèle que ce coulis déborde sur les sédiments récents du bassin d'effondrement de la Saône. 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 déborde sur les sédiment récents (env. 5 millions d'années) de la plaine de la Bresse.

La carte et la structure illustrent parfaitement qu'une langue d'écoulement a davantage avancé en son centre que sur ses extrémités. Tout à fait comme le fait une crème caramel ou une pâte molle. Le Jura est un exemple magnifique de ce que sont les phénomènes géologiques : des 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. Les mesures GPS indiquent un déplacement horizontal d'environ 1mm/an (soit 1 km/million d'années) et une élévation de 0,3mm/an pour la haute chaîne.



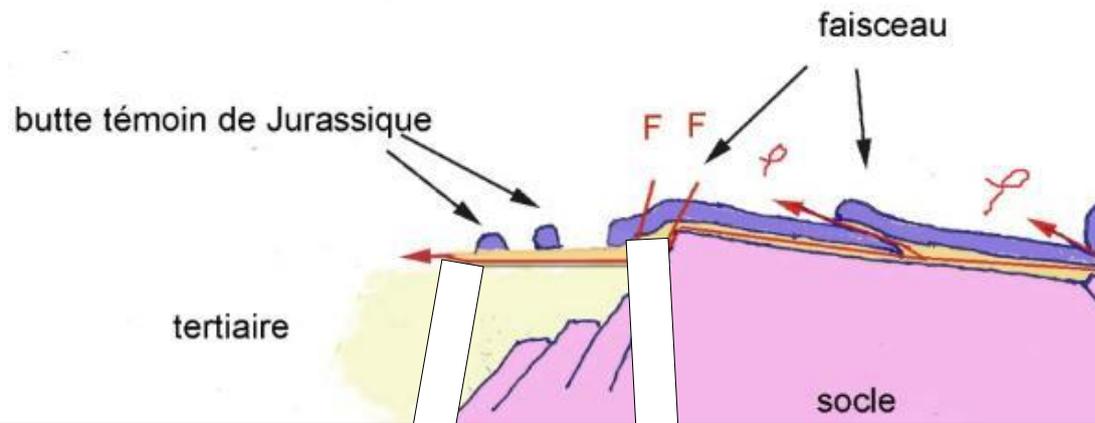
Le croissant du Jura doit sa forme à son écoulement.
 A gauche : Carte topographique du Jura. Son front domine la dépression de la plaine de Bresse, de Bourg-en-Bresse à Belfort.
 A droite : la structure du Jura révèle son origine : un glissement en masse vers le nord-ouest. Les flèches rouges indiquent le sens du transport.

La durée des phénomènes géologiques et ses conséquences est difficile à appréhender par notre ressenti d'humains pour lesquels un siècle semble une éternité. Une pente d'un ou deux pour cent, est un "faux-plat" ou « mal-plat »

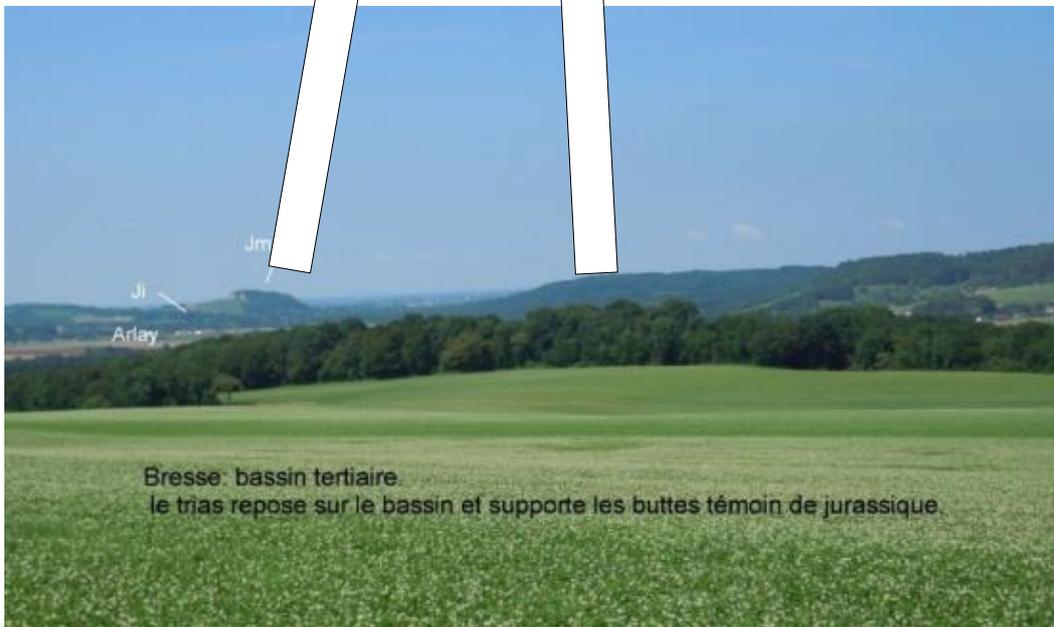
pour le cycliste, et pourtant une pente de 0,5 à 1% a suffi pour que le massif montagneux du Jura s'écoule ...

OUEST

EST



Plaine Bresse, à gauche
En violet la « nappe » de calcaire qui a été poussé vers l'ouest et repose sur une couche savon » : du sel



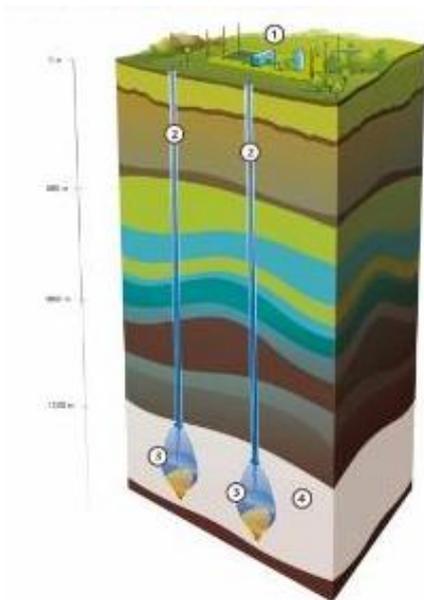
Vue du front du Jura et de quelques buttes témoins

Le sel pour le stockage de gaz

Des couches de sel existent en profondeur. Ce sel a été exploité (Salins les-Bains); des cavités se sont alors créées. Elles sont utilisées pour stocker différents produits, car le sel est imperméable. On y stocke en particulier du gaz.

Dans la région de Bourg-en-Bresse, le site d'Étrez représente le premier site français de **stockage souterrain de gaz naturel** en cavités salines et le cinquième en Europe, en termes de capacités.

Sa capacité atteint 400 000 m³



Stockage de gaz dans des cavités de sel

Les routes du sel

Lons-le-Saulnier, Salins les Bains ... ces noms traduisent l'importance du sel!

En effet, au front des monts du Jura se trouve du sel sous la série jurassique. Ce sel s'est déposé il y a un peu plus de 200 millions d'années dans une mer qui recouvrait alors toute l'Europe du nord. Il fut exploité en divers lieux du Jura, surtout dans la partie occidentale : vers Lons-le-Saulnier, Poligny, Salins les bains.

Exploitation par dissolution (vers Arbois, Poligny)

Le sel conservé en quantité sous terre est très soluble. Il a donc parfois été exploité en le dissolvant, ce qui facilite le transport, puis en faisant évaporer la saumure. La technique est simple : à partir d'un forage de l'eau est injectée qui dissout le sel. Lors de sa circulation dans le niveau de sel, elle dissout le matériau soluble, devient une saumure. Celle-ci est conduite vers des installations industrielles où le sel est récupéré.

Une telle exploitation est visible de haut ³: Dans la forêt, à moins d'un kilomètre au sud-ouest du bourg de Poligny (arrondissement de Lons-le-Saulnier), un réseau de drains subparallèles a été installé. Le long de ces circulations, des cavités se forment et des effondrements se manifestent jusqu'en surface, soit sous forme de simples dépressions longitudinales, parfois occupées par de l'eau, soit sous forme de puits profonds visibles dans la forêt (*Fig.*).

3 extrait de De Wever et Rouchy, 2016, Le sel de la Terre. EDP Science, 93 pages



Fig. . Effondrements dus à l'exploitation du sel à Poligny (Jura)

On remarque nettement les alignements subparallèles en dépression, distants d'une centaine de mètres, ponctués de trous d'effondrements plus importants qui jalonnent les parties déjà lessivées et, en haut à gauche, les emplacements des forages d'injection récents, ce qui souligne l'évolution de l'exploitation. La largeur de la photo correspond à env. 1,3 km

La saumure est envoyée par une canalisation souterraine, le saumoduc, vers un lieu où le sel sera extrait par évaporation, dans un bac d'évaporation, ou dans un four d'où il sort en fusion pour cristalliser à l'air

Le saviez-vous ?

La moitié de nos plastiques sont faits avec ... du sel !

Le sel est parfois utilisé à l'état brut pour être déversé sur les routes en hiver, affiné il est utilisé pour la cuisine, mais la plupart du sel des monts du Jura est utilisé par l'industrie chimique pour faire des plastiques. Effectivement, **beaucoup de nos plastiques ne viennent pas que du pétrole mais du sel**, c'est le cas de tous les PVC (les tuyaux, les flacons etc ... qui sont en chlorure de polyvinyle. Et le chlore du PVC vient du chlorure de sodium, nom chimique du sel).

Dérivés du sel dans notre quotidien

Sur cette photo domestique, hormis le verre de la cafetière et le métal des couverts, tout est issu du sel : des dalles du sol au revêtement du mur en passant par les bols en plastique



Géologie et histoire

La route du sel = la route de l'étape

Le sel est utile pour l'alimentation car il conserve. Avant l'invention des réfrigérateurs, saler la viande (lard) ou le poisson (morue) était la seule façon de les conserver. Depuis toujours le sel revêt une importance symbolique (symbole de l'amitié, de fidélité, alchimique ...) et commerciale.

Le sel a aussi été une **monnaie** : au Tibet ou Éthiopie (le salignon), en Mongolie⁴ un moyen d'échange. Le mot salaire en est d'ailleurs issu : il correspondait à la somme d'argent, le *salarium*, donnée aux soldats romains pour s'acheter le sel. Le sel a fait la fortune d'une cité comme Venise à l'époque médiévale.

Il fut un **impôt** en Chine et en Europe. En France il s'agissait de la célèbre "**gabelle**". Elle imposait d'acheter le sel au prix que le monarque fixait, selon les besoins du trésor. Le sel, représentait l'impôt le plus efficace pour le trésor royal. Les dépenses d'une famille de paysans pour ce produit avoisinaient les 10 % de leurs revenus. Cet impôt rapportait la moitié des recettes de la Ferme générale du Royaume (Recette des impôts). La gabelle sera à l'origine de plusieurs émeutes. Elle faisait l'objet de contrebandes qu'étaient chargés de surveiller des douaniers spécialisés : les **gabelous**, nom qui est resté aux douaniers. Elle ne sera abolie définitivement qu'en 1945

Le sel, en France, était stocké dans des **greniers à sel** sur les routes des transports. Le sel du Jura (de Salins, de Lons-le-Saulnier etc.) était exporté vers la région de Neuchâtel et les greniers se succédaient le long de la route que suit l'étape du Jour ! Au XVIII^e siècle, **Mandrin**, sorte de Robin des bois contrebandier, et sa bande dauphinoise sont venus à diverses reprises attaquer ces greniers. La troisième fois, se sachant attendus par les troupes royales vers la plaine de Saône ils sont venus de l'est et se sont emparés du poste de Mouthe en premier.

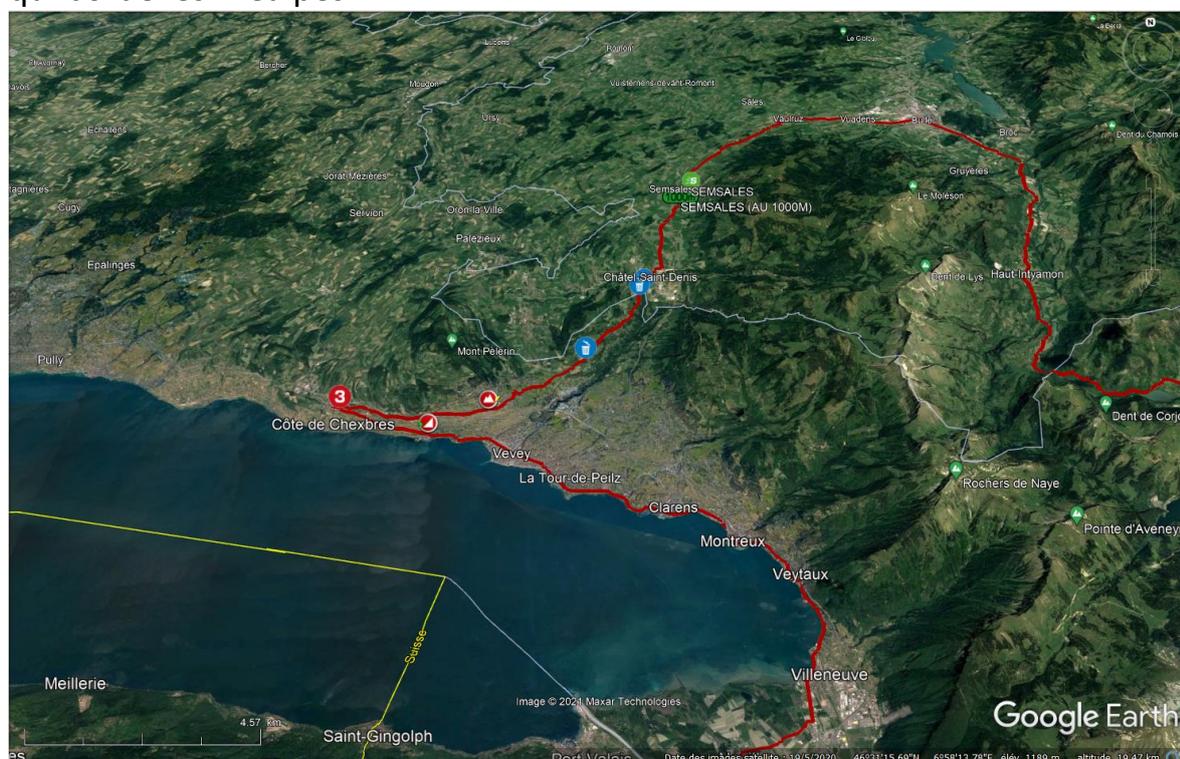
4 Marco Polo rapporte dans ses mémoires que les mongols « à titre d'espèces plus petites [...] font cuire du sel dans de moules en forme de pain d'environ une livre. Quatre-vingts de ces pains se troquent contre [...] cinq grammes de l'or le plus fin]

9^e étape (10 juillet) : Aigle - Châtel pré de la Joux

Des tours et des contours en Suisse parmi les vignes puis en jouant le "grand petit Poucet" qui a abandonné des "gros petits cailloux", ici et là pour retrouver la route ... des glaciers et de la France.

Aigle est située dans la vallée du Rhône qui va rejoindre le Lac Léman, dans le **Chablais**, ce nom est d'ailleurs dérivé de "tête du lac" (celtique puis gaulois).

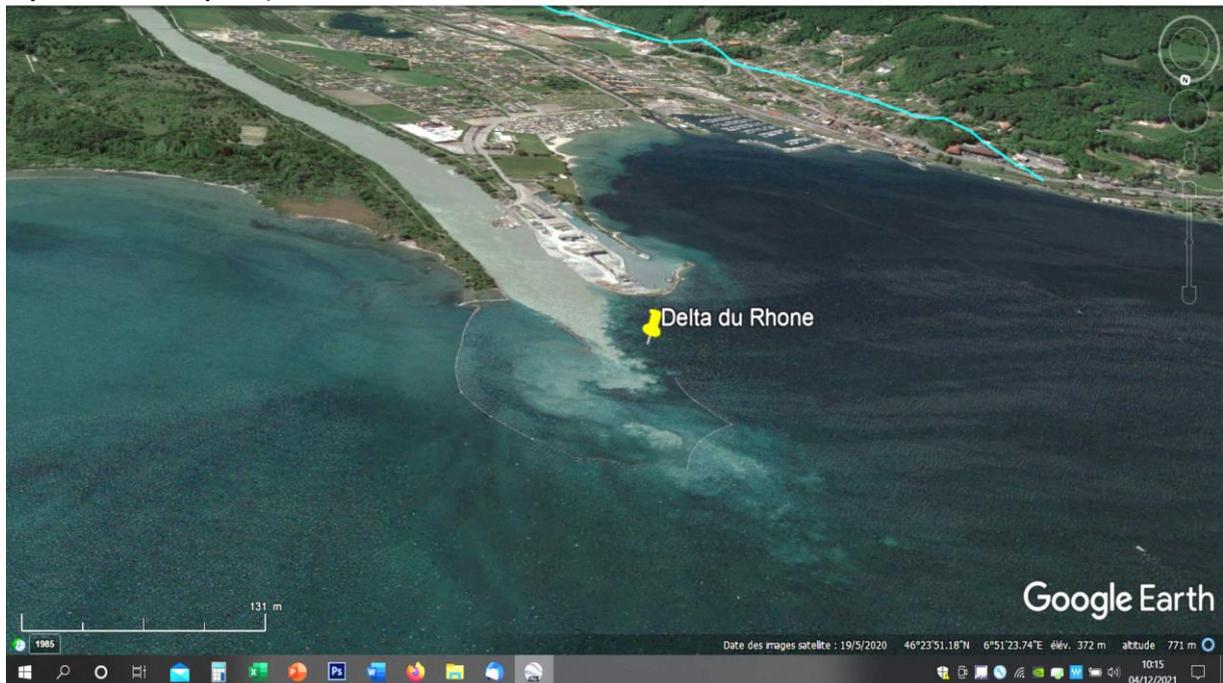
La ville de Vevey est située sur un grand cône de déjection de la rivière Veveyse qui borde les Préalpes



L'éventail du cône de déjection de la Veveyse, au centre duquel est installée la ville de Vevey.

Mélange des eaux du Rhône dans celle du lac Léman.

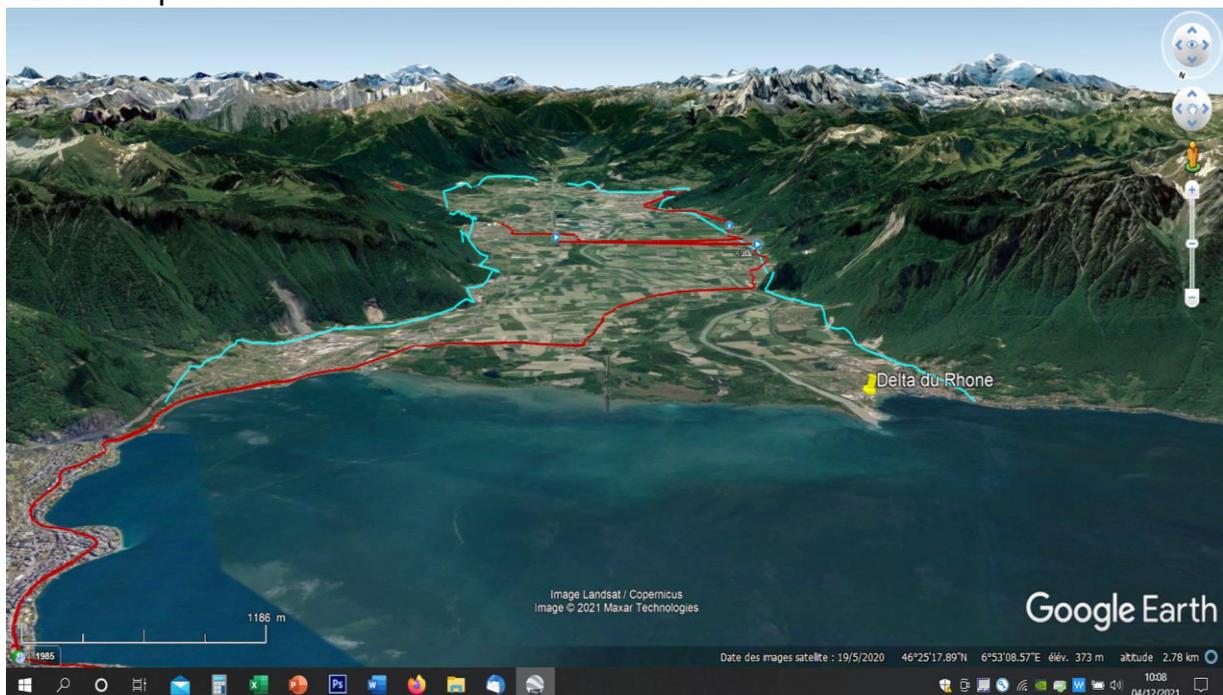
Un survol de l'embouchure du Rhône montre le mélange des eaux, très variable suivant les saisons, et suivant le débit du Rhône (très régulé par les barrages hydroélectriques).



Localisation : lat. 46°23'44.56"N, long. 6°51'27.29"E
[Delta du Rhone](#)

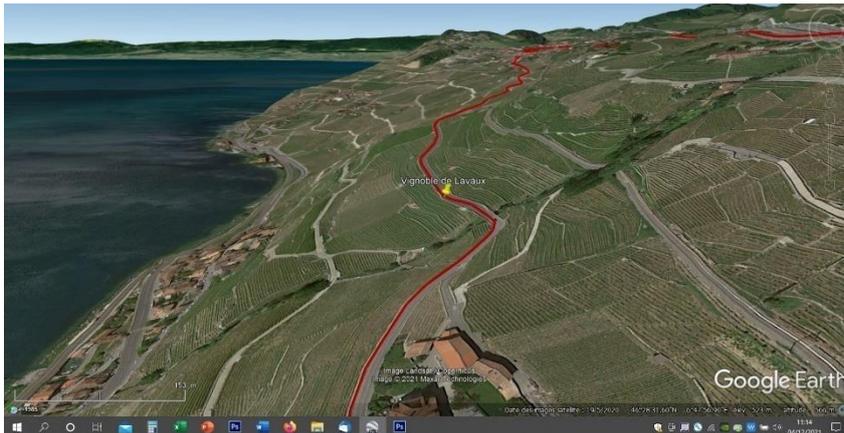
Le delta (très aménagé et endigué)

Entre Montreux et Vevey, une vue en direction du SE montre la plaine alluviale (délimitée en bleu sur la photo ci-dessous), due au remplissage depuis 18 000 ans du lac par les sédiments du Rhône. Le lac couvre actuellement 582,4 km², 310 m de profondeur maximale et contient 89 milliards de mètres cubes d'eau.



Vignoble en terrasse de Lavaux.

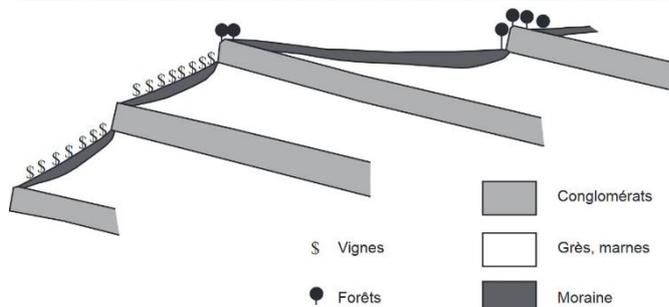
Un des plus célèbres vignoble suisse, classé patrimoine de l'humanité par l'Unesco depuis 2007. La qualité du vin vient des cépages (principalement le **chasselas**, plus une trentaine d'autres cépages minoritaires) et du travail et savoir faire des viticulteurs, mais aussi de la présence du **lac (qui réfléchit la lumière)** du soleil et tempère -**modère les écarts de température**. Il vient aussi de la géologie avec un substrat grésocalcaire (molasse) et des bancs résistants de conglomérats qui ont favorisé la construction des terrasses, murs des terrasses qui apportent de la chaleur aux vignes ce qui favorise la maturation des raisins.



Emplacement de la punaise : lat. 46°28'28.33"N, long 6°47'53.38"E [Vignoble de Lavaux z](#)



Le vignoble de Lavaux



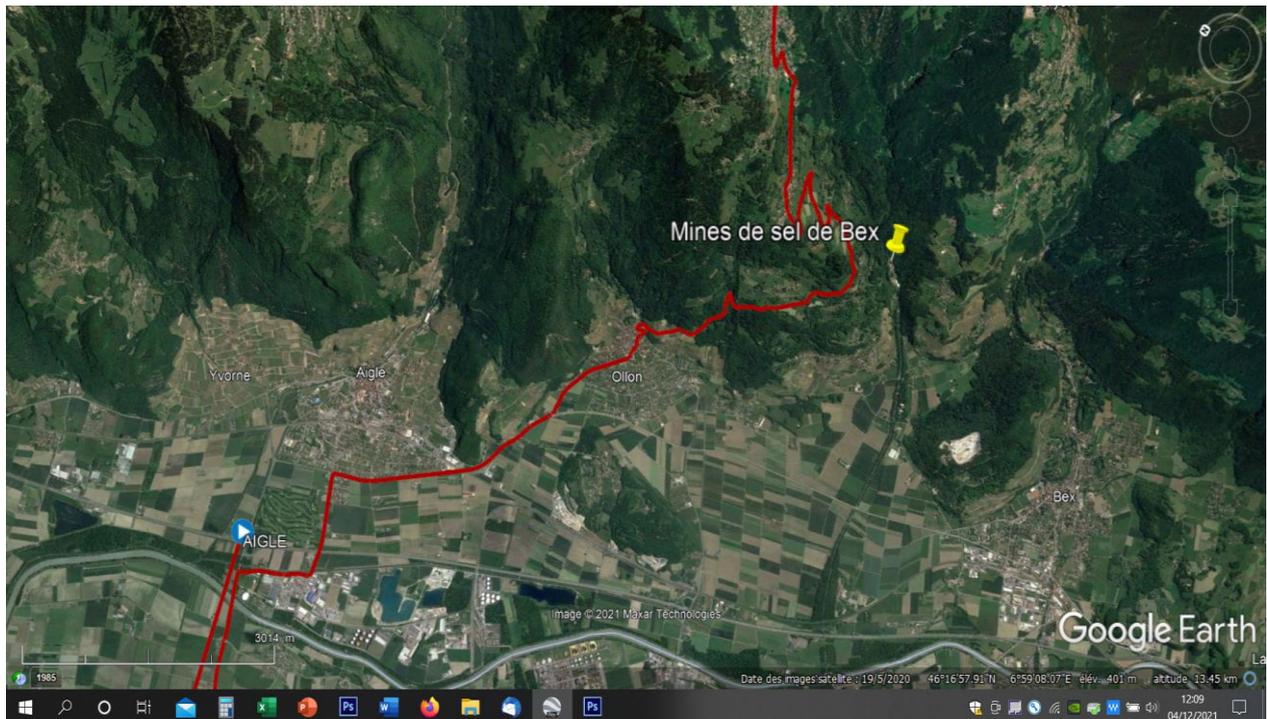
La géologie du vignoble de Lavaux

Mines de sel de Bex

Des sources salées sont exploitées depuis le XV^e siècle, et l'exploitation industrielle a commencé au début du XVIII^e siècle et dure encore (13 km de galerie, 48 000 m de sondage et tubage, 30 000 t/an).

Ce sel suisse coûte plus cher que du sel importé, mais la Suisse consomme beaucoup de sel (en particulier pour déneiger ses routes l'hiver) et a tenu à garder son indépendance-autonomie pour cette denrée stratégique.

Détails, photos ... sur <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg546-2016-10-10.xml>



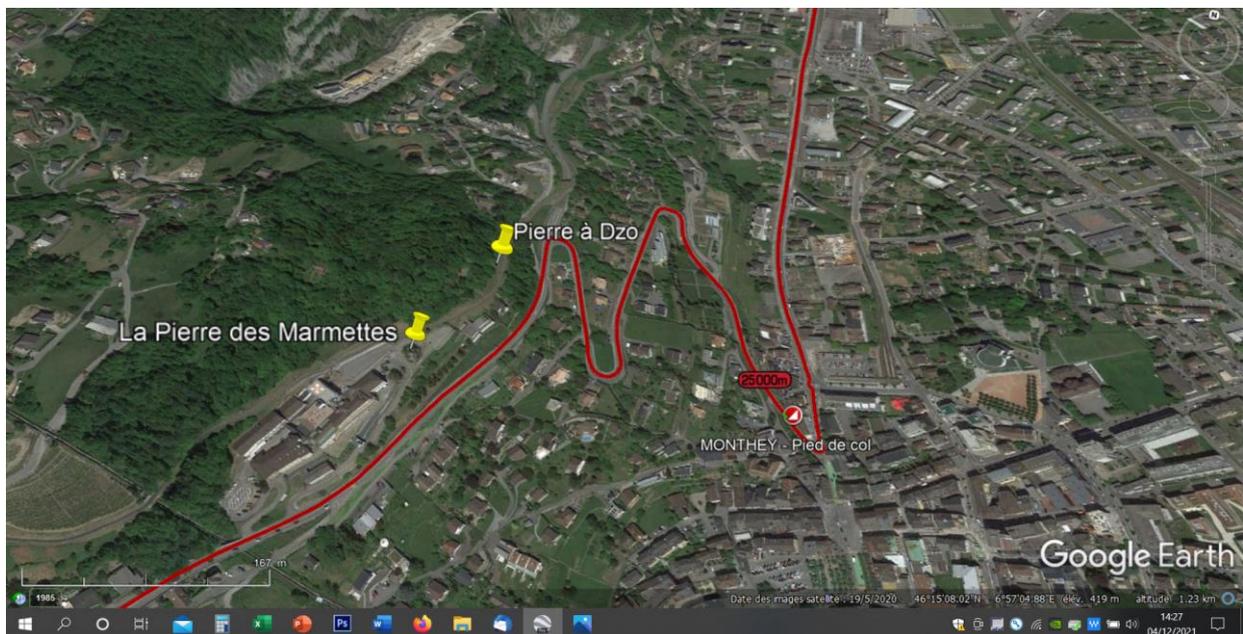
Emplacement de la punaise : lat : 46°16'41.48"N, long : 7° 1'36.83"E [Mines de sel de Bex](#)

Blocs erratiques: la Pierre des Marmettes et la Pierre à Dzo (Morney)

BLOCS ERRATIQUES Des blocs rocheux, parfois de plusieurs tonnes, sont transportés par des glaciers. Ils sont abandonnés lors de la fonte de la glace. On les retrouve alors, un peu "errants" et de fait appelés blocs erratiques.

Blocs erratiques situés à 50 ou 100 m du trajet, à Montey. Ces blocs erratiques sont constitués de granite du Mont-Blanc. La Pierre des Marmettes sert de départ à un sentier balisé et avec panneaux ... : le sentier des blocs erratiques (<https://www.collombey-muraz.ch/commune/sentier-blocs-erratiques-monthey-collombey-muraz-184.html>).

La Pierre des Marmettes se distingue des autres blocs erratiques parce qu'une petite maison a été bâtie à son sommet.



Localisation de la punaise Pierres des Mamrettes : lat. : 46°15'8.73"N, long. : 6°56'29.60"E

[La Pierre des Marmettes](#)

Localisation de punaise de la pierre à Dzo : lat. : 46°15'13.74"N, long. : v

[Pierre à Dzo.kmz](#)

Voici quelques photos prises sur place, dont des panneaux explicatifs associés au chemin touristique.



Bloc erratique "Pierre des Marmettes"

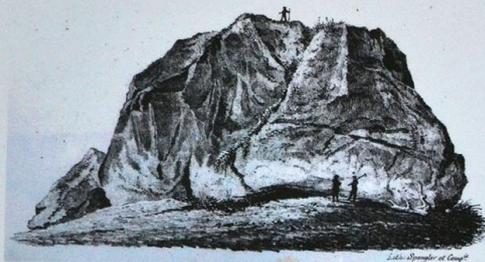


Bloc erratique : Pierre à Dzo

Sur le chemin des blocs erratiques



1. La Pierre des Marmettes



Pierre des Marmettes dessinée par M. Steinlein, professeur de dessin à Vevey. Lithographie parue en 1841 dans l'ouvrage de Jean de Charpentier: «Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône». Il est à noter que la maisonnette n'était pas encore présente à cette époque; sa construction date donc d'après 1841.

Dimensions: 19 mètres de long, 10 mètres de large, 9 mètres de haut. Volume: 1800 m³.

Inscription: « Pierre des Marmettes – bloc erratique – Granite du Mont Blanc – Propriété de la Soc. Helv. des Sc. Nat. - 1907 » (Flanc Sud, difficilement lisible).

Étymologie: Pour certains, le nom « Marmettes » viendrait de nombreuses marmottes qui vivaient dans les alentours. Il semble cependant plus probable que l'origine vienne de « Mermet », nom de l'ancien propriétaire. D'ailleurs, au début du XIX^e siècle, les Montheysans utilisaient encore le nom de « Pierre des Mermettes ».

françoisxaviermarquis
Bureau d'interprétation et de médiation

Le sentier des blocs erratiques

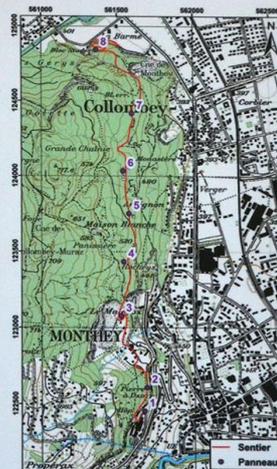
Au fil de ce sentier didactique, nous vous proposons de découvrir les principaux blocs erratiques des communes de Monthey et Collombey-Muraz: leur origine, leur formation, leur transport, mais aussi leur exploitation et leur protection.

Huit panneaux de ce type vous mèneront à flanc de coteau jusqu'au Bloc Studer.

Longueur du sentier: env. 4 km.

Temps estimé avec lecture des panneaux: env. 1h45 (rythme familial).

Bonne balade!



La maisonnette construite sur la Pierre des Marmettes pourrait avoir appartenu au garde champêtre qui veillait sur les vignes, dont la surface était très importante à l'époque (environ 54 hectares). Actuellement, il reste moins de 3 hectares de vignes sur la commune de Monthey.

La Pierre des Marmettes. Photo de l'Association du Vieux-Monthey.

Sur le chemin des blocs erratiques



2. La Pierre à Dzo

Dimensions: 8 mètres de long, 6 mètres de large, 6 mètres de haut. Volume: 300 m³.

Inscription: « A. J. De Charpentier – Don national 1853 – Transféré à la Société Vaudoise des Sciences Naturelles – 1875 – Pierre à Dzo – Perraudin – 1815 » (Flanc Sud).

Étymologie: Issu du patois « à dzo » qui signifie « perché en équilibre instable ». En effet, nous avons affaire à un groupe de blocs de granite. Le plus gros, situé au-dessus, est perché sur un autre et retenu par un troisième, plus petit. Des travaux de maçonnerie furent réalisés sur le bloc supérieur afin d'éviter qu'il ne tombe.

Blocs erratiques: étymologie et légendes

Les blocs erratiques se distinguent des mégalithes comme les menhirs ou les dolmens, dans la mesure où ils n'ont pas été façonnés par l'homme.

L'étymologie provient du latin « erraticus », signifiant « qui erre », car ces blocs n'appartiennent pas géologiquement au terrain qui les accueille. De ce fait, il fut difficile pour les premiers géologues d'expliquer la présence de ces « intrus », identifiés dans des endroits et positions inattendues en Suisse (par exemple, des blocs de granite dans le Jura). Des blocs similaires avaient également été observés dans bon nombre de pays de l'hémisphère nord.

Avant de se voir attribuer une origine glaciaire, les blocs erratiques furent expliqués par des phénomènes fantastiques. Craints et vénérés à la fois, ces rochers furent d'abord attribués au déluge biblique, à des fées ou encore au Diable.

Ci-contre, la Pierre à Dzo dessinée par M. Steinlein, professeur de dessin à Vevey. Lithographie parue en 1841 dans l'ouvrage de Jean de Charpentier: «Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône».



Quand la ressemblance avec les roches des Alpes fut remarquée, il n'en restait pas moins le problème du transport. De plus, certains blocs se trouvaient à plus de 1500 mètres d'altitude!

Différentes théories virent le jour. Certains expliquèrent que les blocs avaient roulé depuis les Alpes, qu'ils avaient été amenés par des radeaux de glace ou des courants de boue, projetés dans les airs après une explosion de gaz, ou encore qu'il s'agissait de restes de montagnes aujourd'hui disparues.

La religion catholique influençait encore beaucoup le monde scientifique, rendant difficiles les théories en contradiction avec la Bible jusqu'au XIX^e siècle.

Dans les années 1830, deux théories fédèrent deux groupes concurrents: les diluvianistes (qui attribuent le transport à de grandes débâcles fluviales) et les glacialistes qui réussirent à faire triompher leur théorie quelques années plus tard.



Mythe du déluge biblique, première explication du transport des blocs erratiques: peinture de Ernest Wallcoustins, 1915.

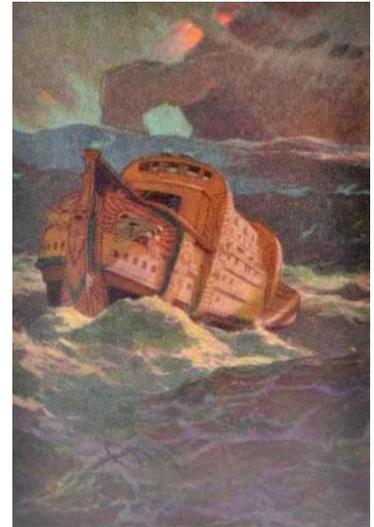
françoisxaviermarquis
Bureau d'interprétation et de médiation

L'origine des blocs erratiques : des mythes à la réalité

Le nom révèle déjà leur localisation bizarre. Ils furent longtemps attribués à l'intervention de diables ou de fées. Jusqu'au XIX^e siècle l'explication par le Déluge biblique prévalait

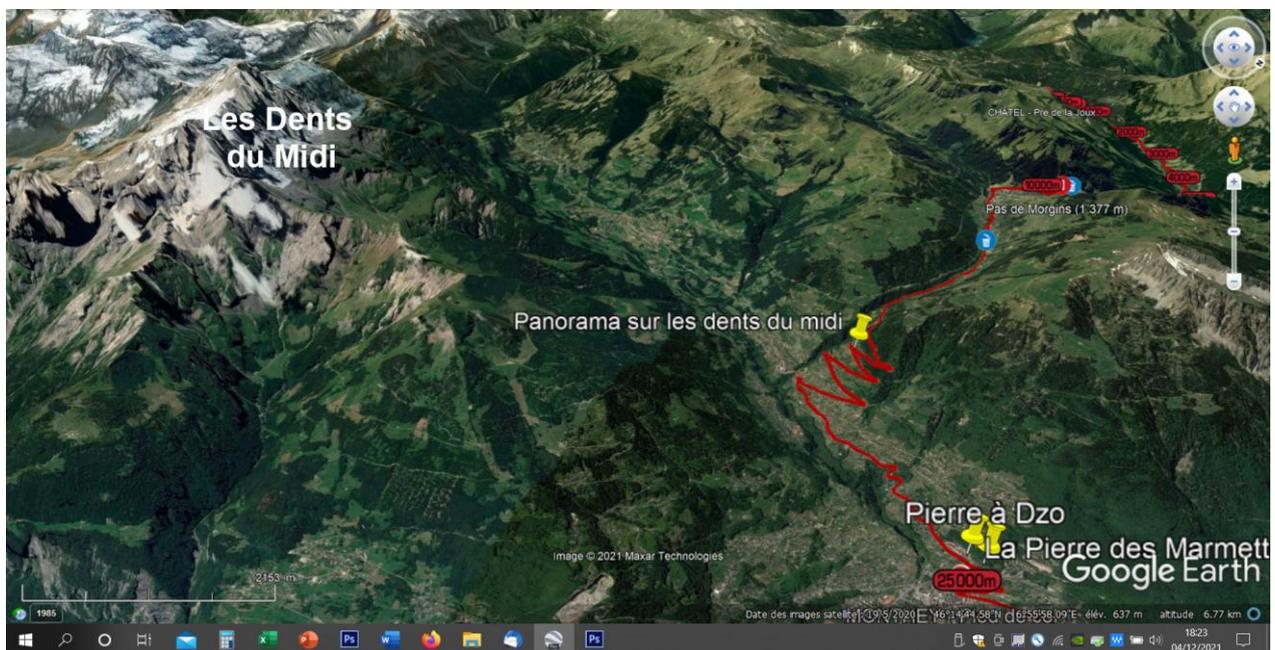
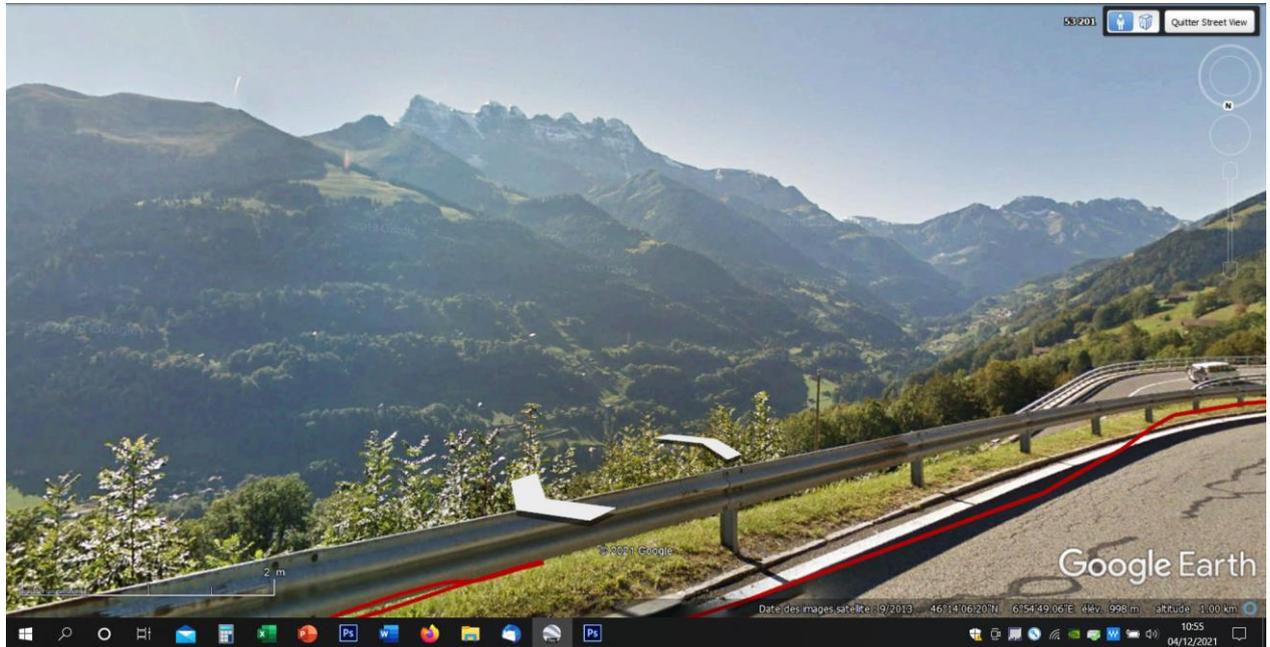
Certains y ont vu les derniers restes d'une ancienne chaîne de montagne complètement érodée, d'autres des reliques d'anciennes crues violentes, d'autres encore des éjectas de très violentes explosions d'origine mystérieuse (XVIII^e siècle).

Ce n'est qu'au milieu du XIX^e s. qu'il fut admis par tous que leur origine provenait d'un transport par d'anciens glaciers.



Les majestueuses "Dents du Midi"

Un des plus beaux paysages de ce secteur de la Suisse. Au sommet, des calcaires déposés par des coraux dans une mer chaude et portés à 3257 m par la formation des Alpes



Localisation de la punaise : lat. : 46°14'6.62"N, long. : 6°54'49.17"E

[Panorama sur les dents du midi](#)

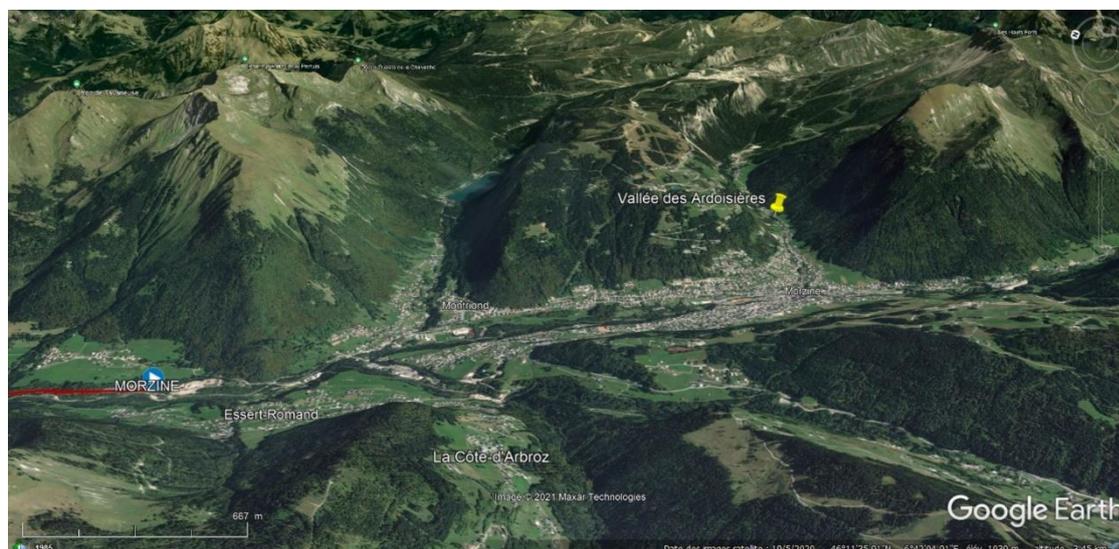
10^e étape (12 juillet) :
Morzine Les Portes du Soleil - Megève
148 km

Une boucle dans le Chablais qui conduit des ardoises dorées à des roches souples comme de la guimauve (viscosité) en passant par des fractures impressionnantes. Des tels reliefs instables causent des catastrophes.

Morzine, la vallée des ardoises argentées/ dorées.

La vallée des ardoisières, comme son nom l'indique, contenait de nombreuses exploitations d'ardoise, en fait des calcaires en plaquettes (et non des schistes comme habituellement) très résistants (du Jurassique supérieur, env. 150 millions d'années). Elles sont exploitées depuis le XVIII^e siècle. On parlait de l'or gris de Morzine. Elles ont employé jusqu'à une petite centaine d'ouvriers. Une seule est encore en activité aujourd'hui.

Cette ardoise est spéciale par ses reflets argentés-dorés. Ces reflets sont dus aux particules de mica blanc dans la roche. Avec le temps une pellicule calcaire est dissoute et laisse mieux apparaître le mica en surface : **reflets argentés**. Mais avec le temps encore, ce mica s'altère et devient légèrement **doré** (rouille).



[Vallée des Ardoisières](#). (le départ se situe à gauche, au N. de Morzine)

Localisation de la punaise : lat : 46°11'0.54"N, long. : 6°43'43.58"E



La vallée vue du sol

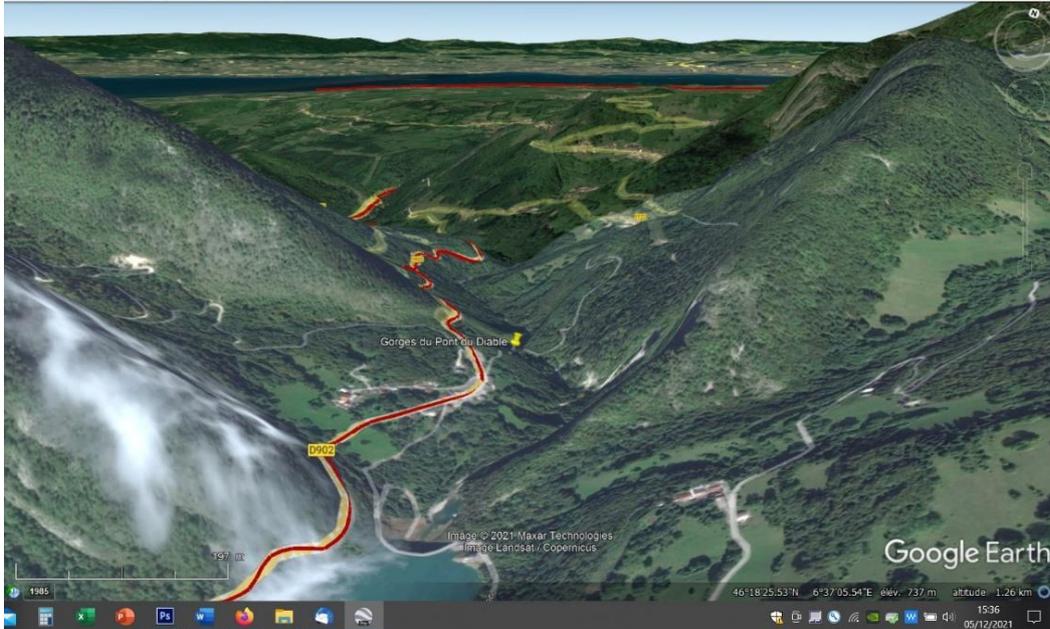


Débris d'exploitation des ardoisières en galeries souterraines à l'arrière de la dernière ardoisière en activité © P. De Wever 2013



Les reflets dorés de ardoises de Morzine © Ardois. 7pieds

Les gorges du Pont du Diable



[Gorges du Pont du Diable](#)

Localisation de la punaise : lat : 46°18'24.68"N, long. : 6°36'54.64"E

Superbe gorges très étroites creusées dans des calcaires jurassiques. Le « pont du Diable » correspond à un gros bloc éboulé et coincé en hauteur entre les 2 parois. Pour tout savoir sur ces gorges : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Pont-Diable-La-Vernaz.xml> .

Les gorges du Pont du Diable, avec un sentier touristique : © P DeWever

Vue générale des Gorges du Pont du Diable, brève et étroite entaille verticale creusée par l'eau dans les calcaires massifs du Jurassique supérieur (Malm) du Chablais, fermée localement par plusieurs gros bloc. © **M Schultz**

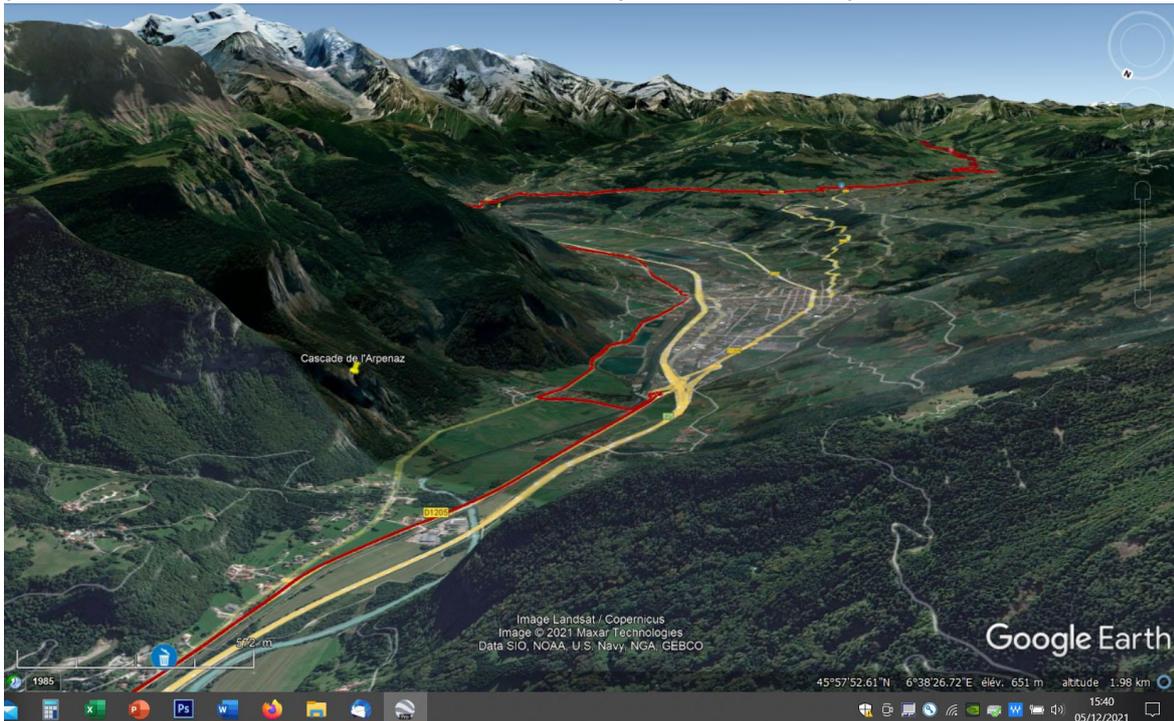
Le principal bloc fermant la gorge ici est le fameux « Pont du Diable » à la surface entièrement végétalisée, signe d'une certaine ancienneté de cette arche naturelle.



Vallée de l'Arve , juste avant Sallanches

Les roches comme de la guimauve, à la cascade de l'Arpenaz

Une très belle cascade, de plus 270 m, suivie en dessous de 2 cascades plus petites. Ces cascades « coulent » sur un pli couché complexe



[Cascade de l'Arpenaz](#)

Localisation de la punaise : lat : 45°58'35.97"N, long. : 6°38'32.54"E



La cascade sur le pli

Sur la commune de Sallanches (Haute Savoie), les flancs de la vallée de l'Arve offrent un site très touristique dit cascade de l'Arpenaz qui domine le hameau de Luzier.

Vers le bas de la montagne une structure en S correspond à un **joli pli d'une grosse barre de calcaire massif**. (formé dans une mer, il y a 150 millions d'années -Jurassique -) et repose sur des couches de marnes noires un peu plus anciennes



Des barres très épaisses de calcaire très dur, pliées comme des plaques de guimauve !
Plis couchés et cascade de l'Arpenaz, vallée de l'Arve, Haute-Savoie. Les maisons du hameau de Luzier (en bas à droite) donnent l'échelle des barres calcaires) © Christian Giusti

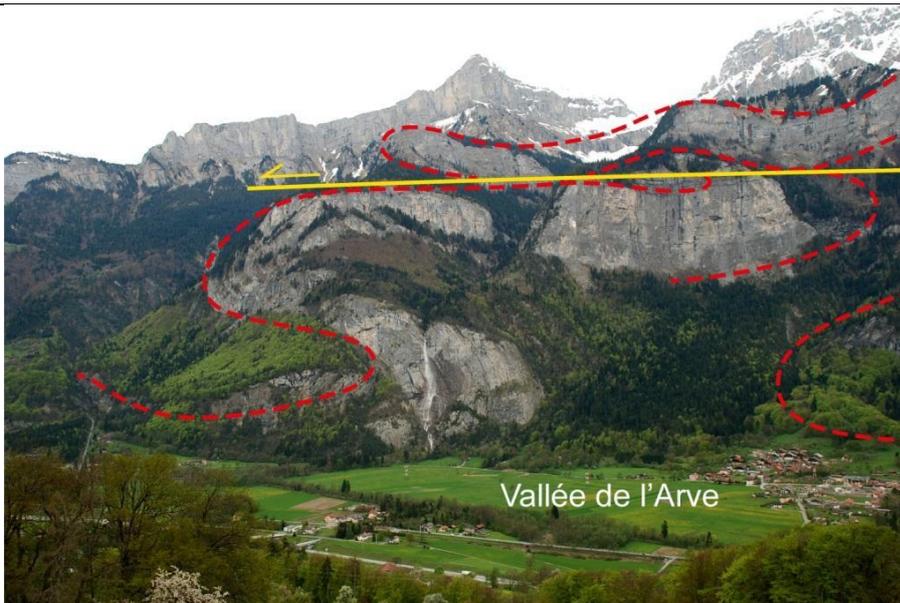


Schéma habillant les plis couchés de l'Arpenaz

Le plis se voit bien de 45° 58' 31"N 6° 38' 18"E

Selon la nature des couches de terrains, leur **plasticité/viscosité**, et les alternances des différents types de roches, les couches cassent ou se plissent. Parfois les plis sont de grande taille, d'autre fois sont très petits. Toute une diversité de forme existe.

Ces phénomènes donnent une (petite) idée des forces en jeu et permettent de mesurer ce que nous sommes face à la nature : ses forces, sa temporalité.

Les deux points d'intérêts suivants concernent deux catastrophes, qui ont eu lieu par insuffisance d'études géologiques.

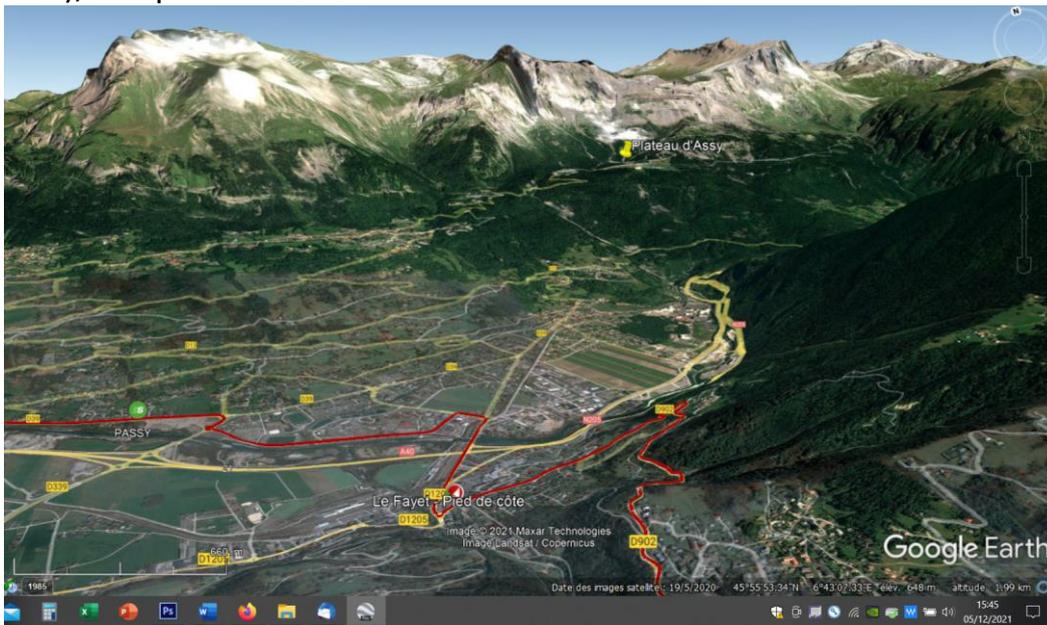
La catastrophe d'avril 1970 : le plateau d'Assy

Glissement de terrain du Plateau d'Assy : un sanatorium envahi le 16 avril 1970, 71 morts, dont 56 enfants.

Sanatoriums et hôpitaux installés (début du XX^e siècle, sous de hautes falaises sans suffisamment d'études géologiques préalables.

Marie Curie est morte en 1934 dans un de ces sanatoriums.

Cette catastrophe est à l'origine des Plans d'Occupation des Sols (POS, devenu PLU), des plans ZERMOS...



[Plateau d'Assy](#)

Localisation de la punaise : lat : 45°57'10.64"N, long. : 6°44'22.91"E



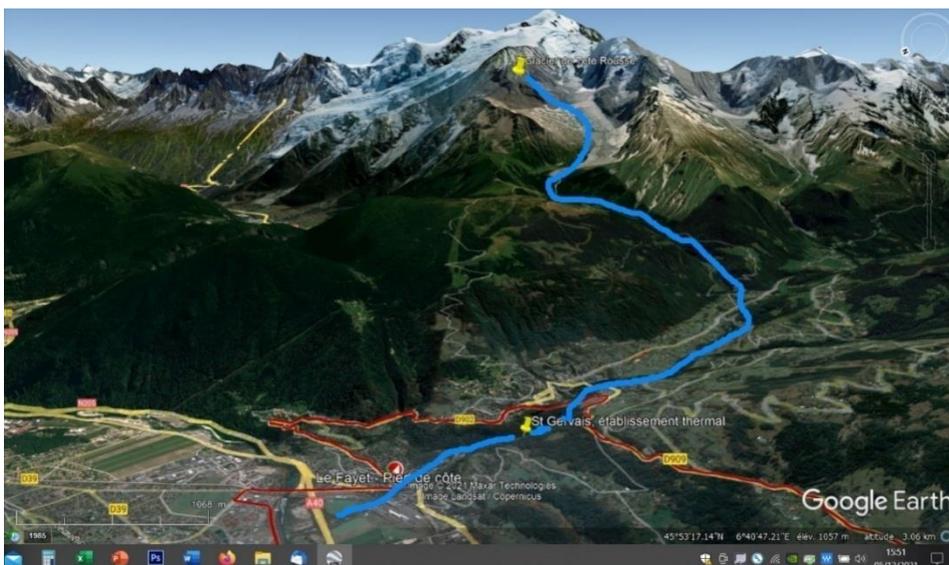
catastrophe de 1970

Vue de l'éboulement qui fit plus de 70 morts ,

Catastrophe de 1892 : Glacier de Tête Rousse, l'établissement thermal de St Gervais

Le parcours du Tour traverse St Gervais, et passe au-dessus de l'établissement thermal qui, le 11 juillet 1892, fut envahi par une coulée torrentielle issue de la **rupture d'une poche d'eau** interne au glacier de Tête Rousse. 175 morts. Le glacier est aujourd'hui surveillé. En 2010, une poche d'eau fut découverte, et vidangée (à plus de 3000 m d'altitude).

Au loin le glacier de Tête rousse, et de près l'établissement thermal



[Glacier de Tete Rousse](#)

Localisation de la punaise du glacier de Tête Rousse : lat : 45°51'24.30"N, long. : 6°49'8.23"E

Le trajet de l'inondation est figuré en bleu

[St Gervais, établissement thermal](#)

Localisation de la punaise établissement thermal de St Gervais : lat. : 45°53'47.98"N, long. : 6°42'21.75"E



Établissement thermal envahi par la coulée torrentielle.

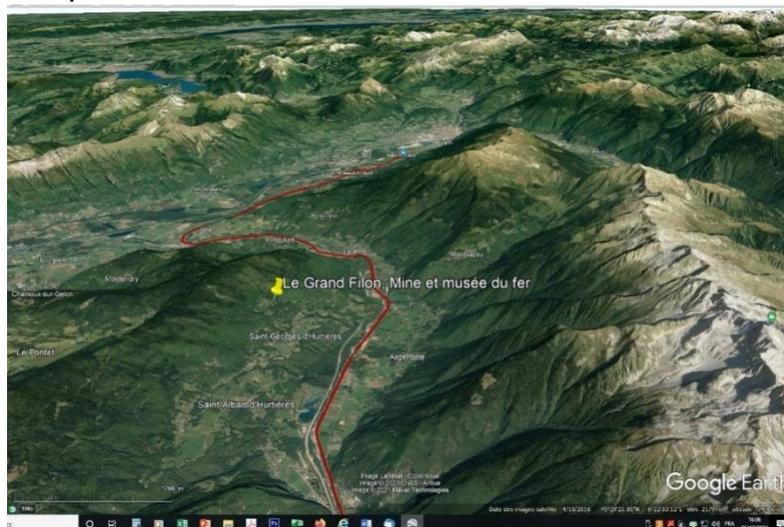
11^e étape (13 juillet) : Albertville - Col du Granon 149 km

Une étape dans les massifs anciens des Alpes , riches en ressources minérales (cuivre, fer, gypse ...) et énergétiques (charbon) qui montrent aussi que tout cet ensemble évolue sans cesse, tel le recul des glaciers.

On quitte la vallée glaciaire (en auge) pour entrer dans le socle du massif ancien de Belledonne. A 23 km du départ on passe à **Argentine**, appelée ainsi parce qu'on y exploitait des **mines de plomb et d'argent**.

Mines de fer et le musée du Grand Filon.

Plusieurs mines de fer existent dans la vallée. A St Georges d'Hurtières, ces mines sont visitables : d'anciennes galeries (sécurisées) connues sous le nom du Grand Filon, ainsi qu'un Musée du fer.



[Le Grand Filon, Mine et musée du fer](#)

Coordonnées de la punaise : lat. : 45°30'40.74"N et long. : 6°16'57.01"E

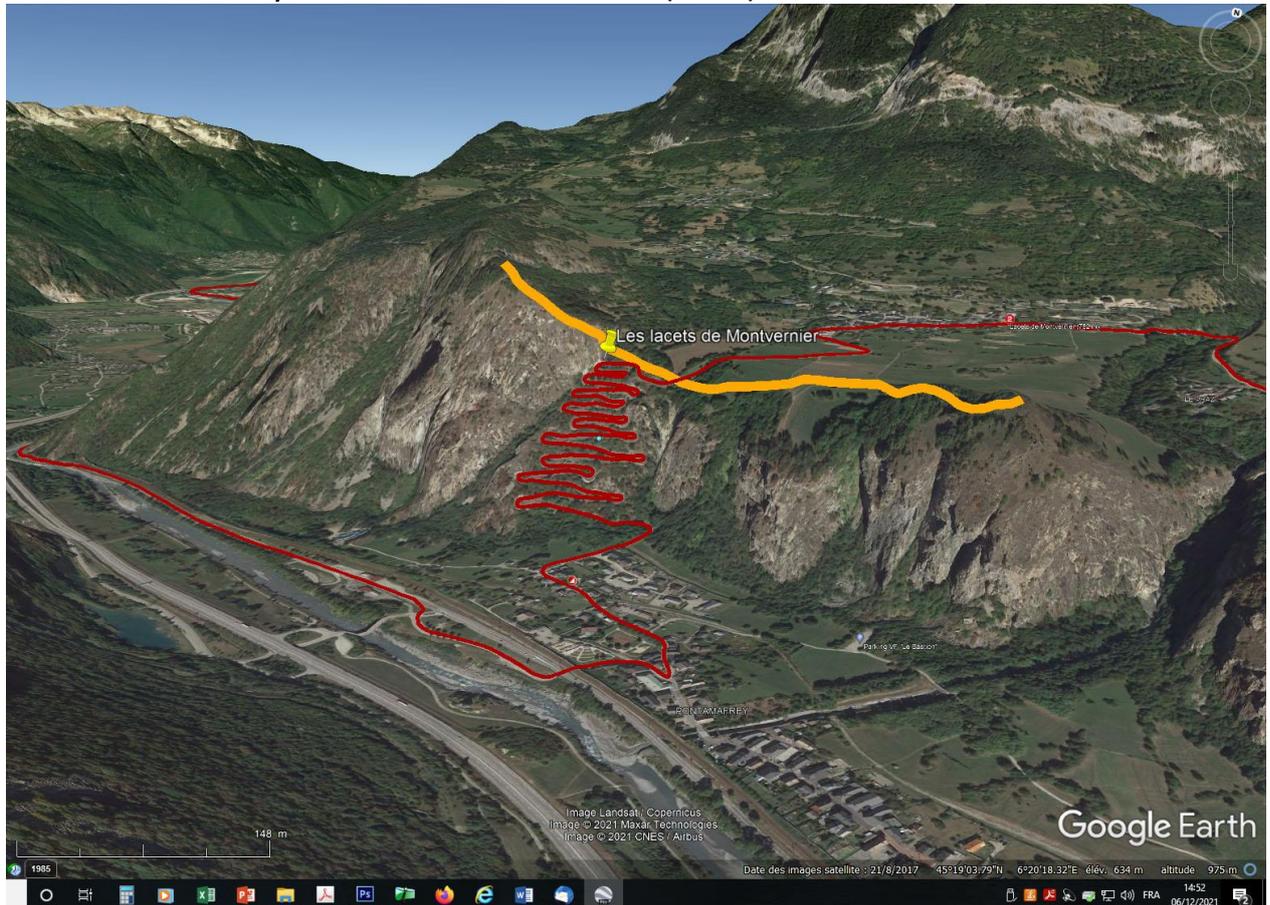


Enfant des écoles visitant la mine du Grand Filon

Vallée de l'Arc, Pontamafray : côte 2^e catégorie :

Montée sur une coulée de basalte : les lacets de Montvernier :

La route monte par 18 lacets accrochés à une falaise très raide, qui se termine (au niveau d'une petite chapelle) sur un replat. Ce replat correspond à la **surface d'une ancienne coulée de lave**, résistante à l'érosion. Ce volcanisme s'est manifesté il y a 230 millions d'années (Trias).



Le rebord du niveau volcanique est figuré en orangé sur l'image ci-dessus

Coordonnées de la punaise : lat. 45°19'8.41"N et long. : 6°20'14.66"E

Les entonnoirs du Galibier.

(pas de bombes ici, mais de la dissolution)

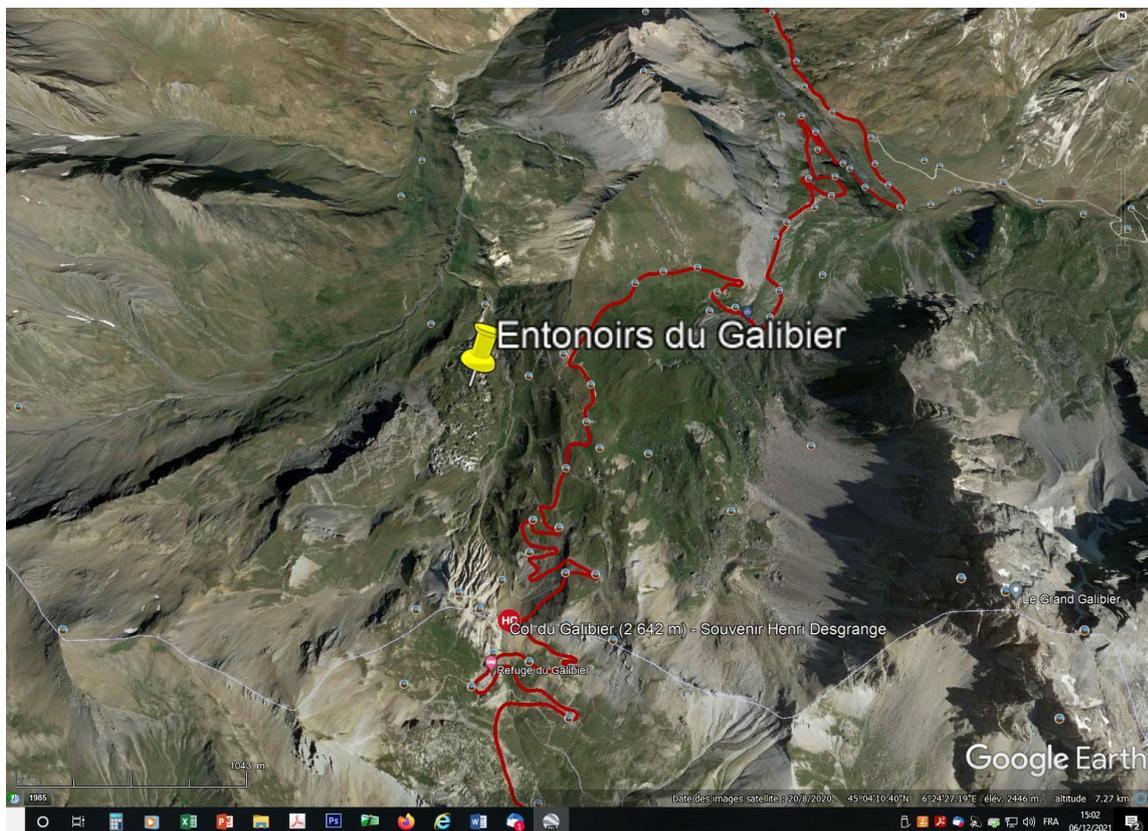
Avant la montée du Galibier, sur la gauche : grande carrières de Gypse

Sur les pentes du Cap Blanc-Nez (4^{ème} étape), nous avons vu des champs de cratères / entonnoirs: cratères de bombes de la seconde guerre mondiale.

A 1 km en contrebas du col du Galibier, côté St Michel de Maurienne, un paysage y ressemble, avec des dizaines de **cratères et d'entonnoirs**. Ici les dépressions ont une origine naturelle : dépressions dues à la dissolution des roches du col (du gypse) par l'eau.

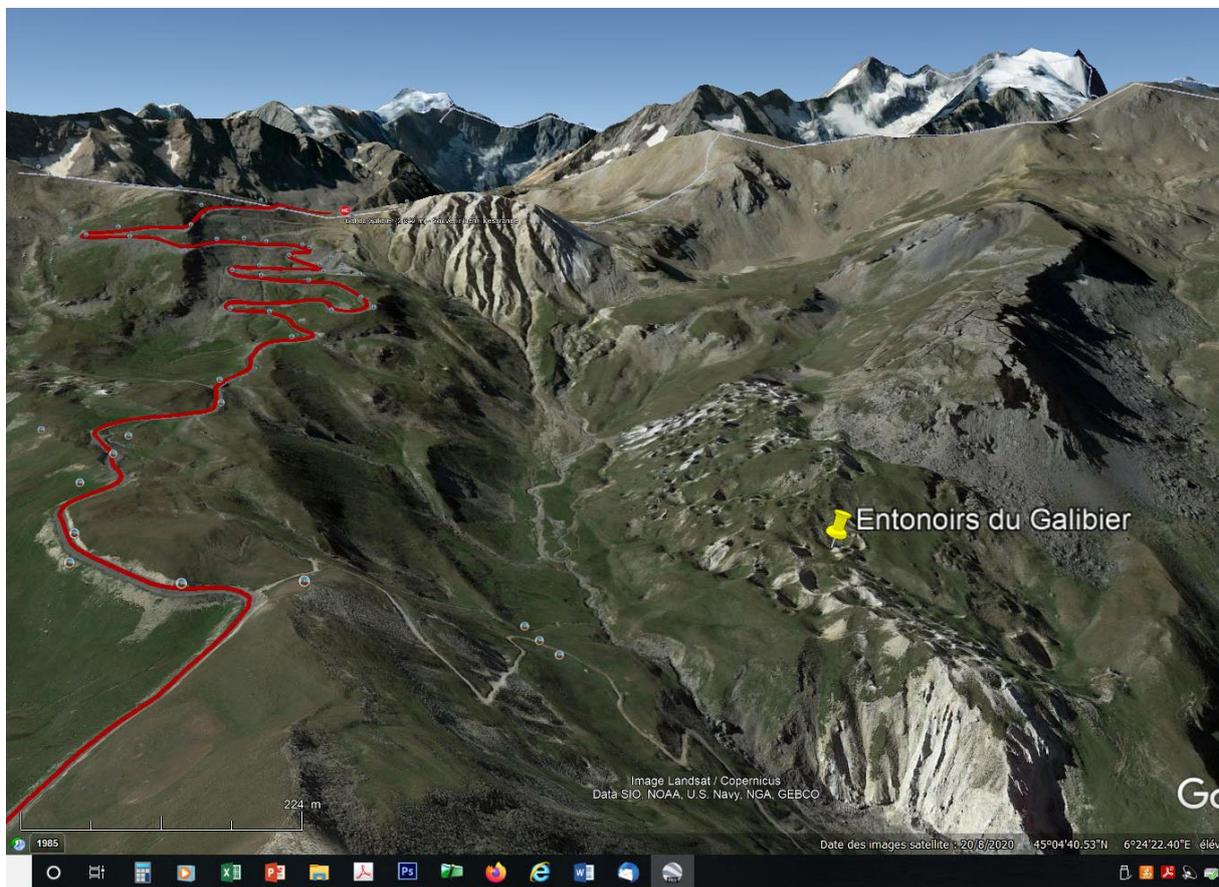
On retrouve de tels « cratères » sur d'autres célèbres cols alpins situés dans ce type de roche (du gypse), par exemple au **Col d'Izoard**.

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



[Entonnoirs du Galibier](#)

Coordonnées de la punaise : lat. : 45° 4'31.01"N et long. : 6°24'18.94"E



Entonnoirs du Galibier Versant St Michel, vu en direction du Sud



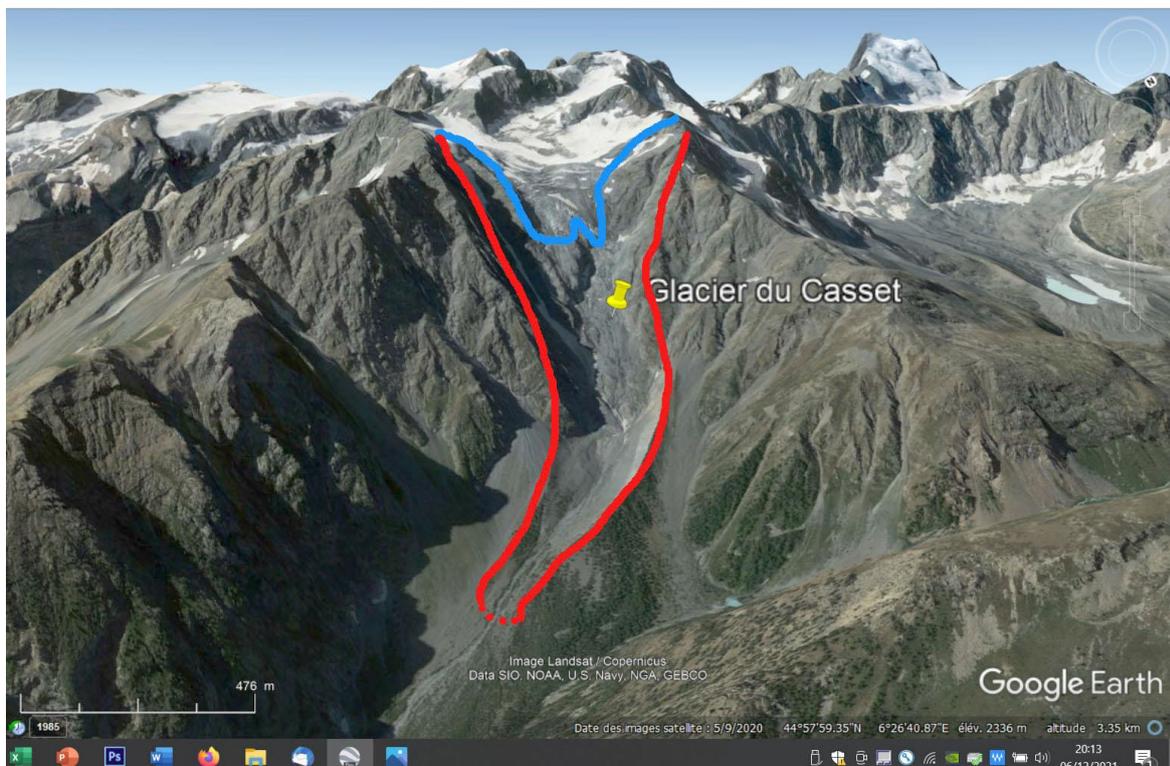
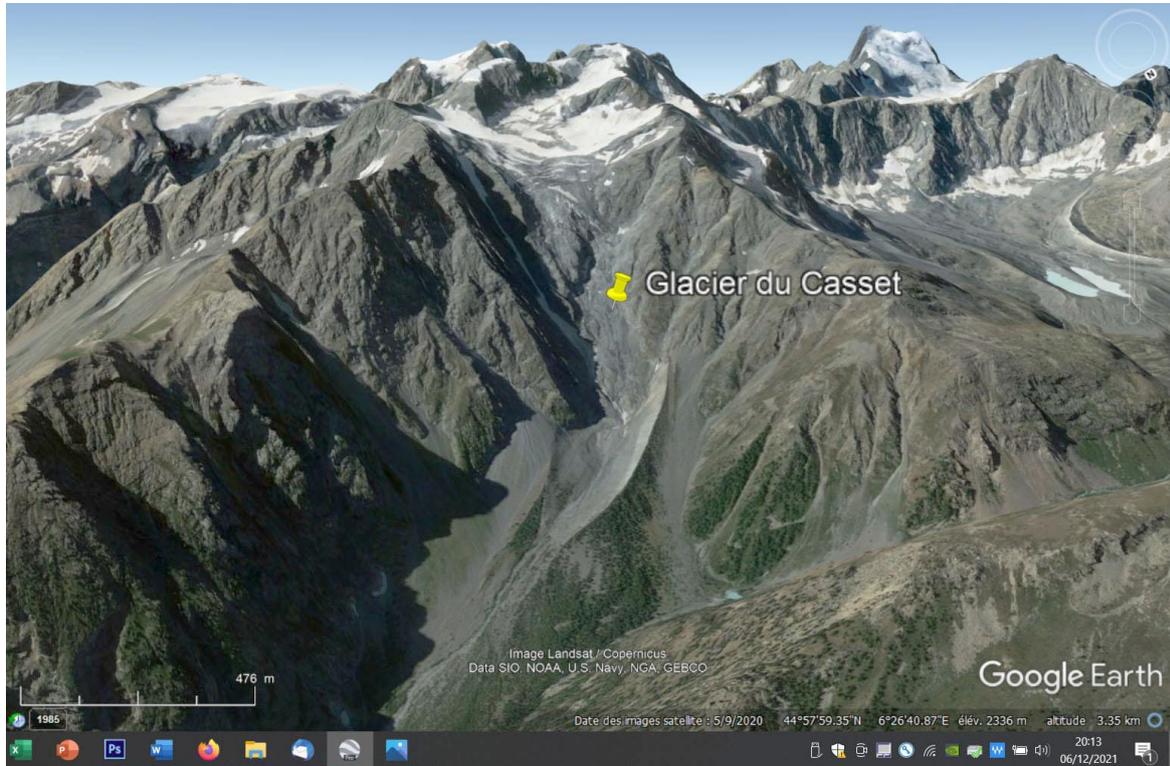
Les entonnoirs au soleil levant, prennent un caractère plus dramatique © Chloe Mahé / CC /by-sa/4.0)

Le recul du glacier du Casset

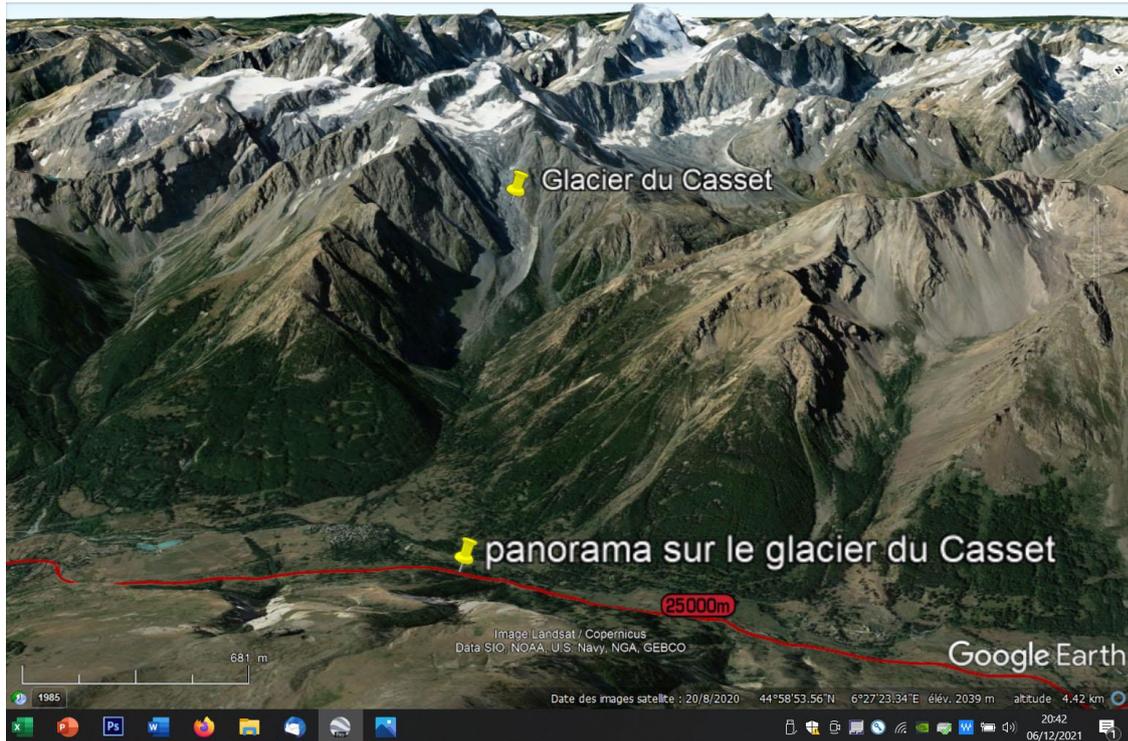
En descendant du col du Galibier vers le Lautaret, puis Briançon, se voit vers l'Ouest et le Sud-Ouest des Glaciers du Parc des Ecrins et le recul des glaciers.

Notamment celui du Casset (photo).

Belle vue sur ce retrait depuis le point appelé « panorama sur le glacier du Casset ».



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

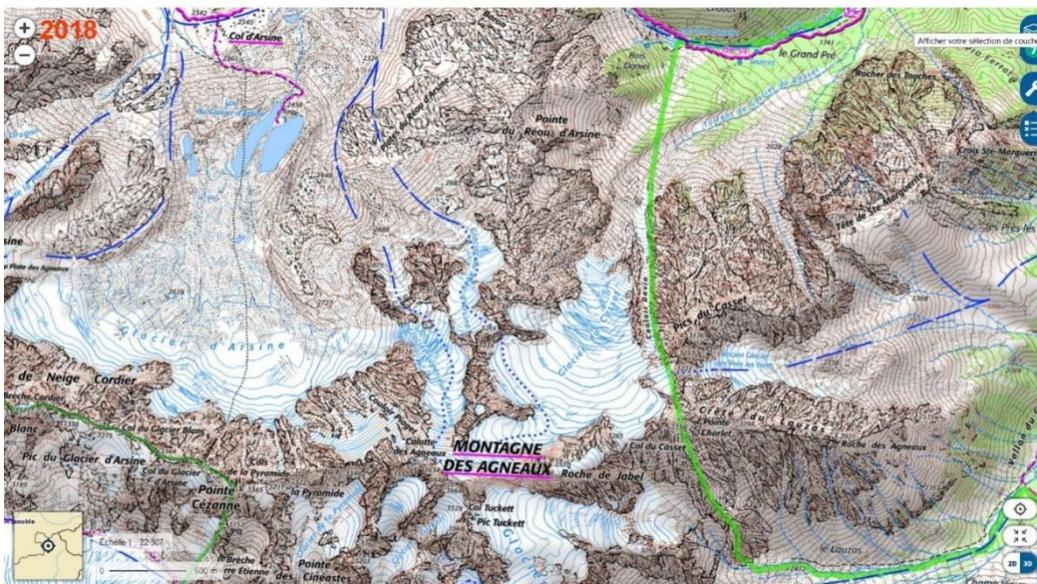
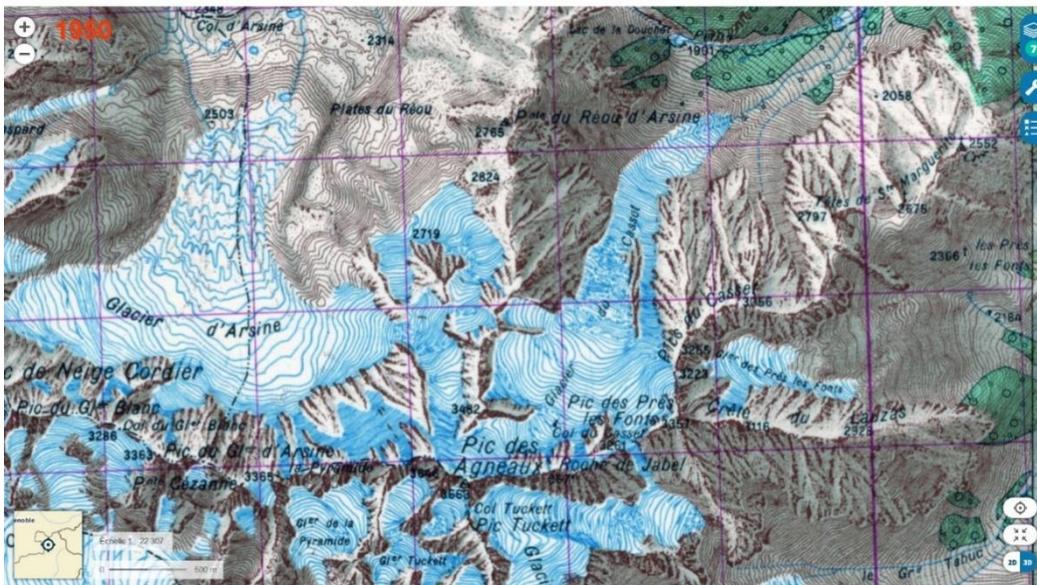
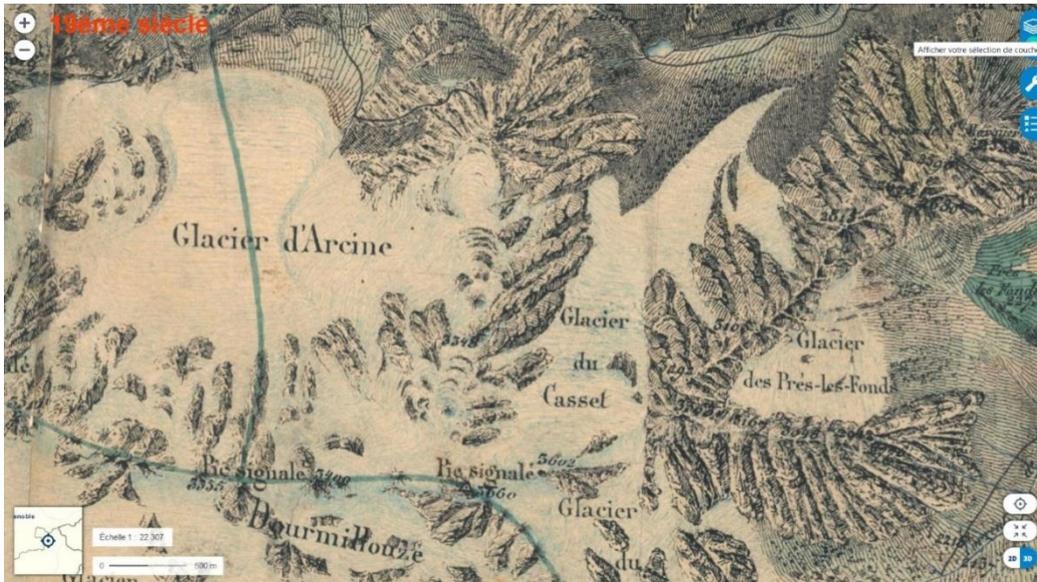
[panorama sur le glacier du Casset](#)

Coordonnées de la punaise « panorama sur le glacier du Casset » : lat. 44°59'40.04"N et long.: 6°28'49.53"E

[Glacier du Casset.](#)

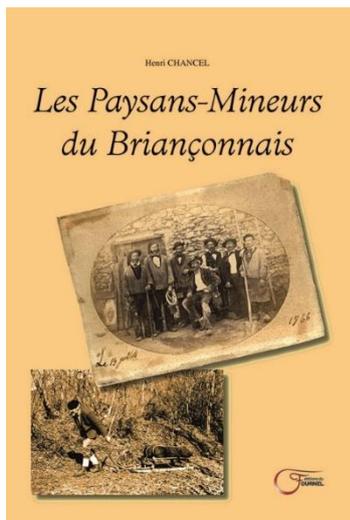
Coordonnées de la punaise « glacier du Casset » : lat. 44°57'55.31"N et long. : 6°26'32.08"E

Pour la culture : 3 cartes topographiques du glacier du Casset et des environs : XIXe S., 1950 et 2018 ,



Le charbon du col du Granon (les paysans mineurs)

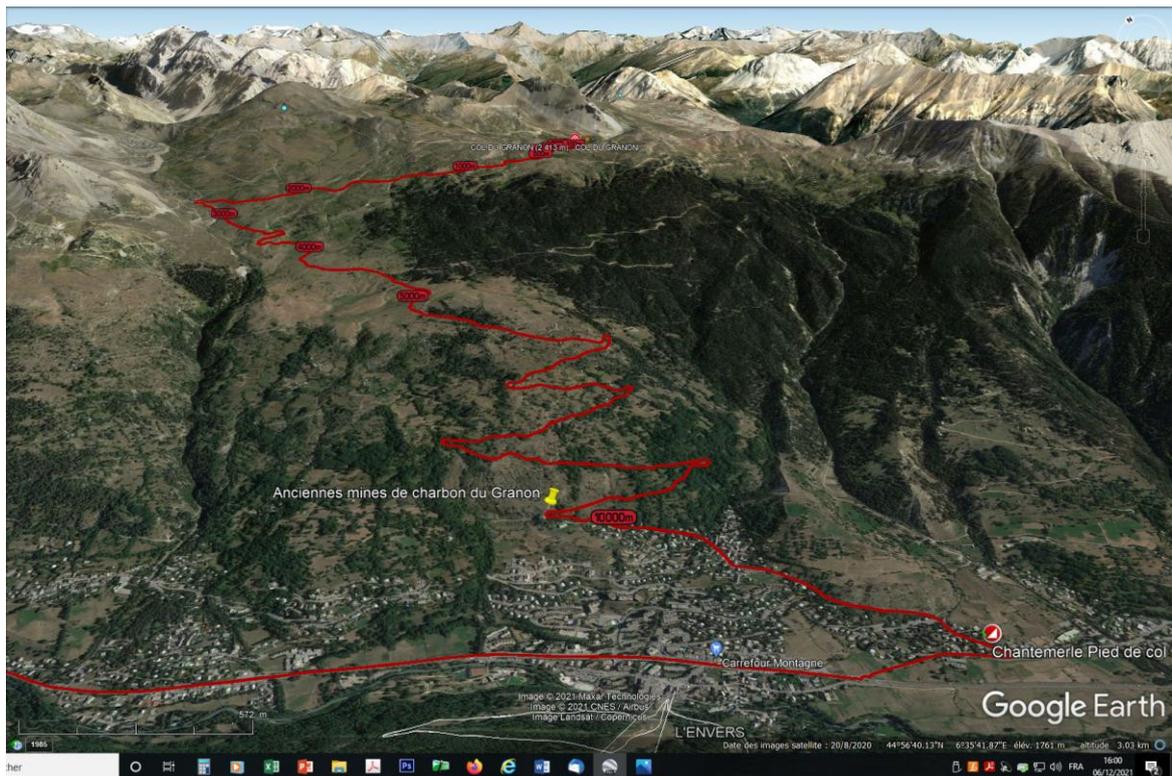
En Briançonnais existe un grand nombre d'anciennes mines de charbon exploitées artisanalement depuis des siècles, en particulier pendant les hivers, saisons où il n'y avait pas de travail dans les champs. On parle des **paysans mineurs** du Briançonnais. De telles petites mines sont visibles près du bas de la route du col du Granon. La route recoupe même des couches verticales d'alternances de grès et charbon déposées au Carbonifère (vers 300 millions d'années) injectées par un filon de magma au Permien (vers 260 millions d'années) ⁵



5

Détails sur <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg568-2017-05-08.xml>).

Le virage (localisé dans les figures aériennes). La couche verticale noire derrière la voiture correspond à une couche de **charbon**



[Anciennes mines de charbon du Granon.kmz](#)

Coordonnées de la punaise « glacier du Casset » : lat. 44°56'25.33"N et long. : 6°35'20.32"E



Les anciennes mines et les couches de charbon de la montée au col du Granon (Points rouges). La punaise localise le virage de la figure suivante(précédente ?). Chaque point rouge localise un ancien teruil (langage du nord, appelé crassier dans le sud de la France)



Certains restes végétaux sont très bien conservés on y retrouve parfois des **troncs d'arbre fossile en position de vie !!** © P. Thomas
<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg568-2017-05-08.xml>

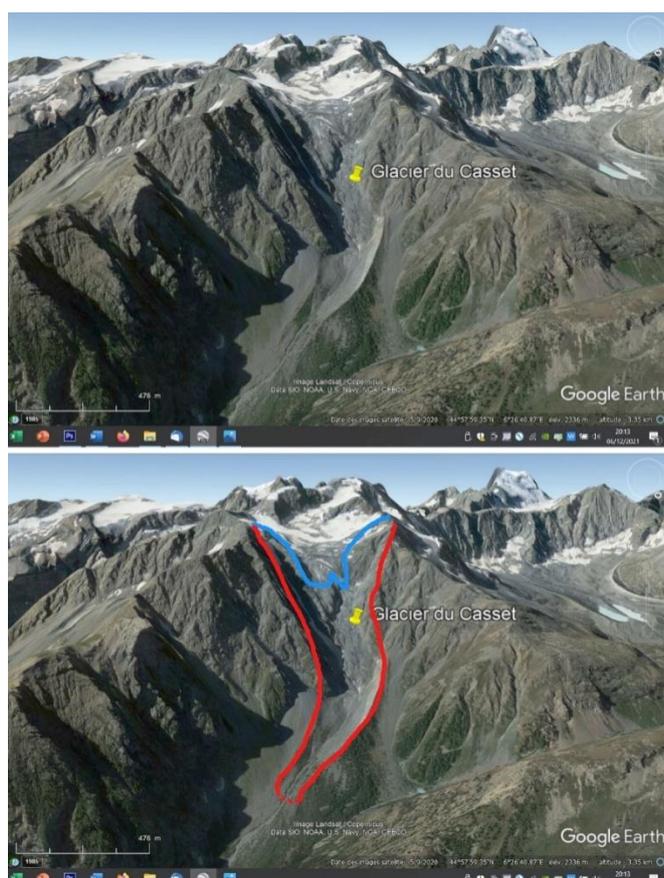
12^e étape (14 juillet) : Briançon - Alpe d'Huez 166 km

On retransverse les Alpes dans l'autre sens en constatant les effets de ces reliefs en évolution qui offrent des ressources avec des barrages qui produisent et stockent de l'énergie, qui génèrent des instabilités de versants et réussissent à chiffonner les roches.

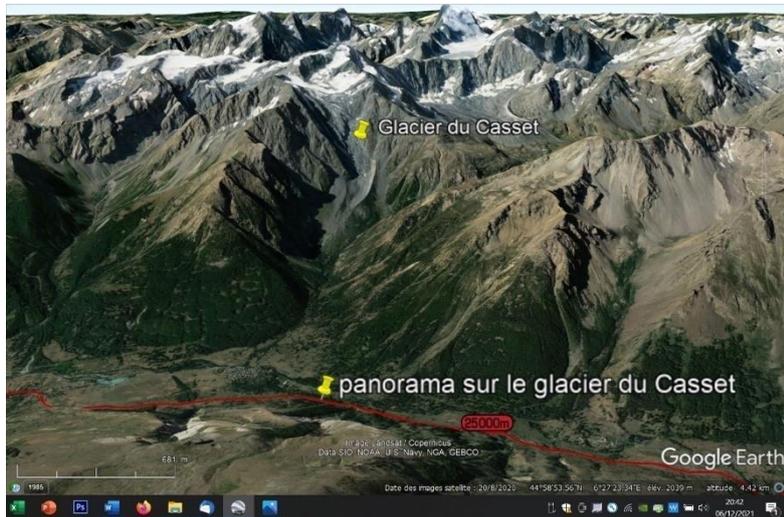
Tout le début de l'étape est commun avec la fin de l'étape de la veille, de Briançon à St Jean de Maurienne.

Le recul du glacier du Casset

En montant vers le Lautaret, depuis Briançon, se voit vers l'W et le SW des Glaciers du Parc des Écrins. avec des preuves du retrait des glaciers. C'est en particulier le cas du glacier du Casset (cf photo) . Belle vue sur ce retrait depuis le point appelé « panorama sur le glacier du Casset ».



En bleu, la limite du glacier aujourd'hui. En rouge, les anciennes moraines latérales qui matérialisent la taille du glacier au début du 20^e siècle



Vue d'ensemble sur le secteur du glacier du Casset

Les entonnoirs du Galibier

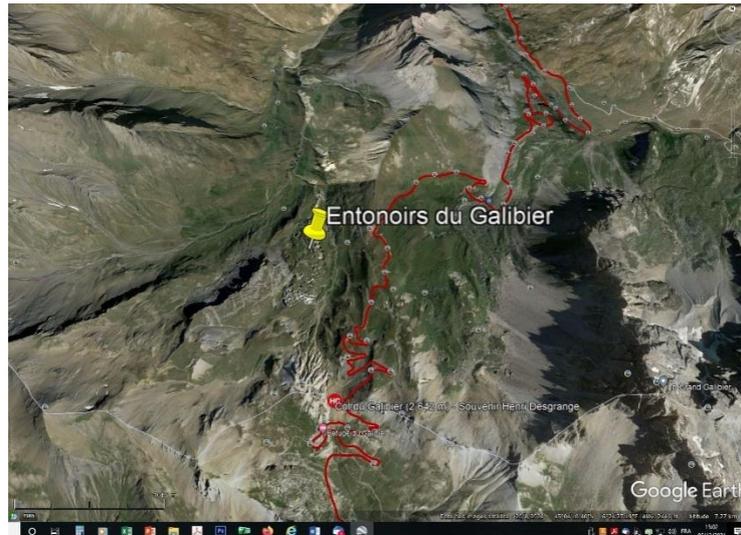
déjà évoqués à la montée

Sur les pentes du Cap Blanc-Nez (4^{ème} étape), nous avons vu des champs de cratères / entonnoirs: cratères de bombes de la seconde guerre mondiale.

A 1 km en contrebas du col du Galibier, côté nord (vers St Michel de Maurienne), un paysage y ressemble, avec des dizaines de cratères et d'entonnoirs. Ici les dépressions ont une origine naturelle : dépressions dus à la **dissolution** des roches du col (**du gypse**) par l'eau.

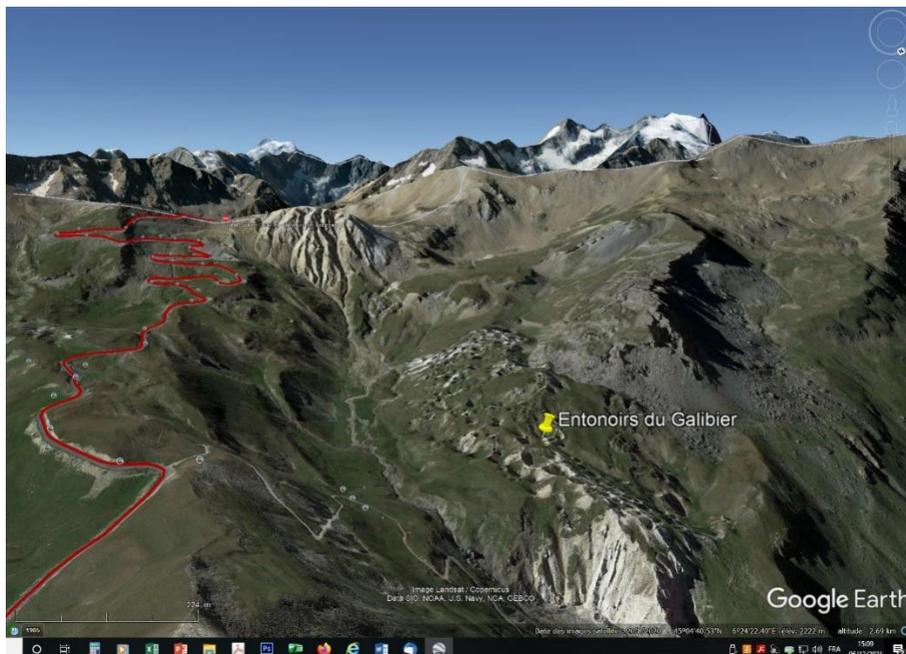
On retrouve de tels « cratères » sur d'autres célèbres cols alpins situés dans ce type de roche (du gypse), par exemple au **Col d'Izoard**.

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



[Entonnoirs du Galibier.kmz](#)

Coordonnées de la punaise : lat. : 45° 4'31.01"N et long. : 6°24'18.94"E



Versant St Michel, vu en direction du Sud

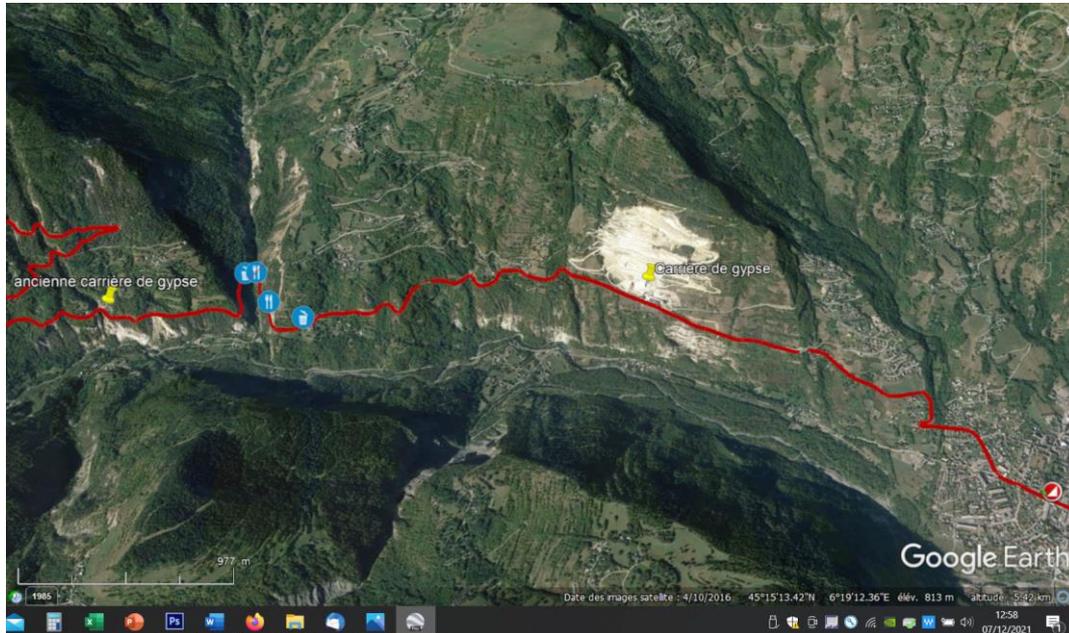
Le gypse de Savoie à St Jean de Maurienne pour le plâtre

Le plâtre provient de la transformation par cuisson d'une roche : le gypse.

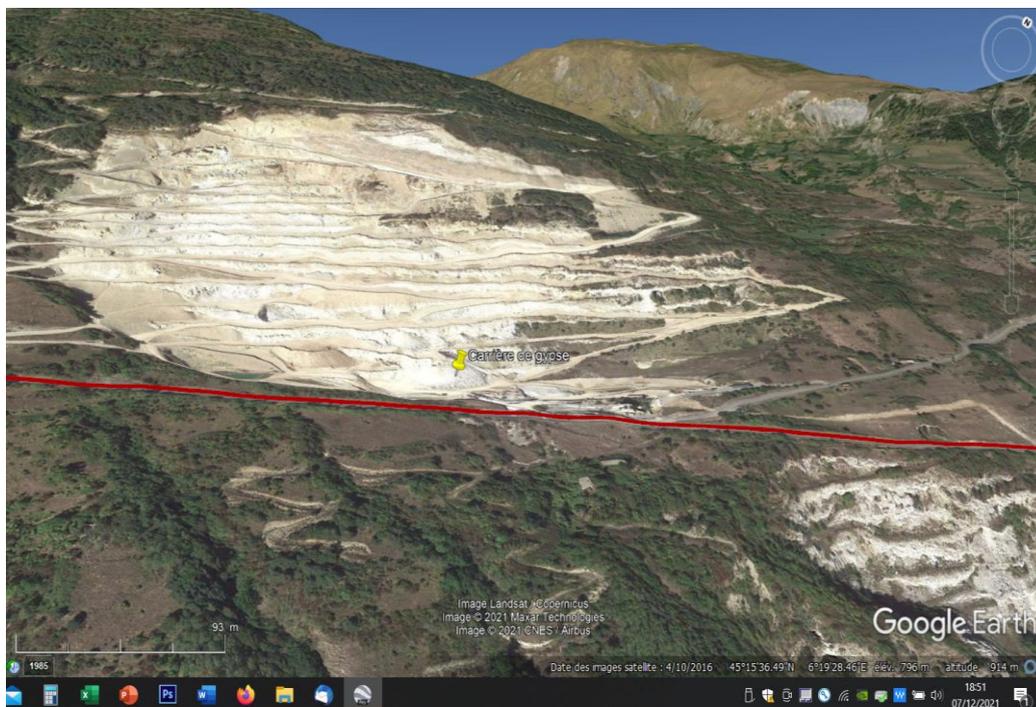
Le Tour passe à côté d'une carrière « moderne » et de carrières abandonnées, à la base du Galibier et sur la montée du Col de la Croix de Fer.

La carrière actuelle produit **265 000 tonnes/an de gypse**

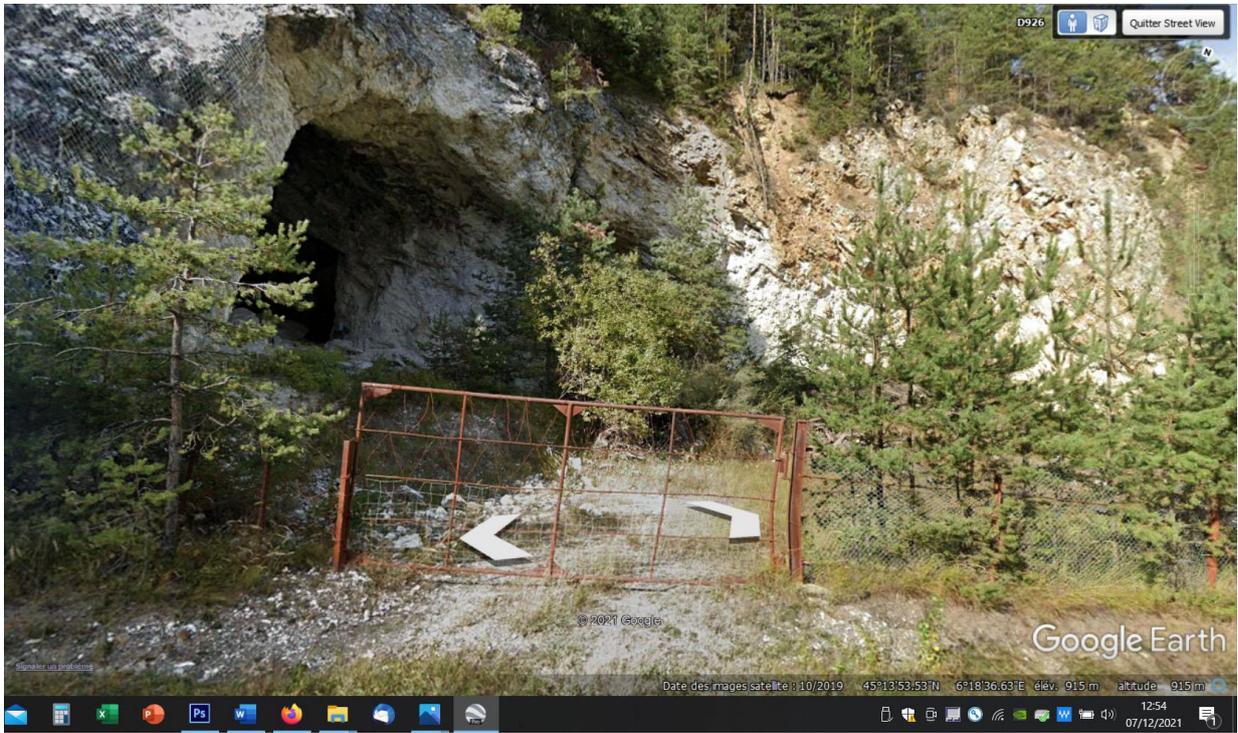
Il part par le train à Chambéry pour être transformé en plâtre.



Localisation des carrières de gypse (tache blanche) à la sortie de Saint-Jean-de-Maurienne
Carrière moderne : [Carrière de gypse](#) Lat. 45°15'34.32"N, long. : 6°19'17.51"E



La carrière moderne



Une ancienne carrière de gypse

Ancienne carrière de gypse : [ancienne carrière de gypse](#)

Lat. : 45°13'53.60"N , long. : 6°18'36.83"E

Le glacier de St Sorlin et ses icebergs

Au-dessus du col de la Croix de Fer

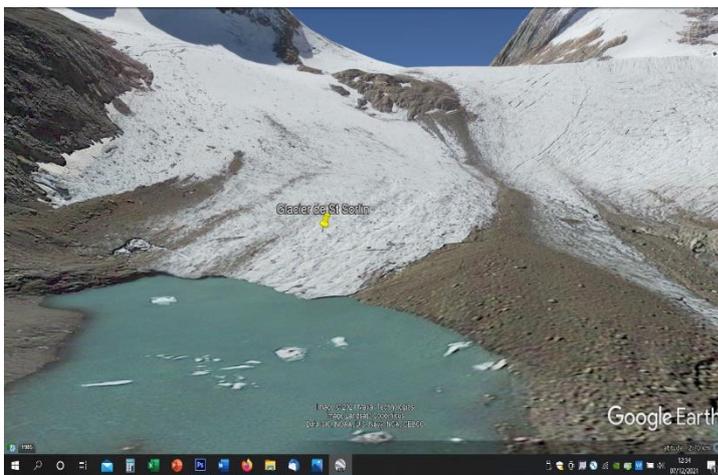
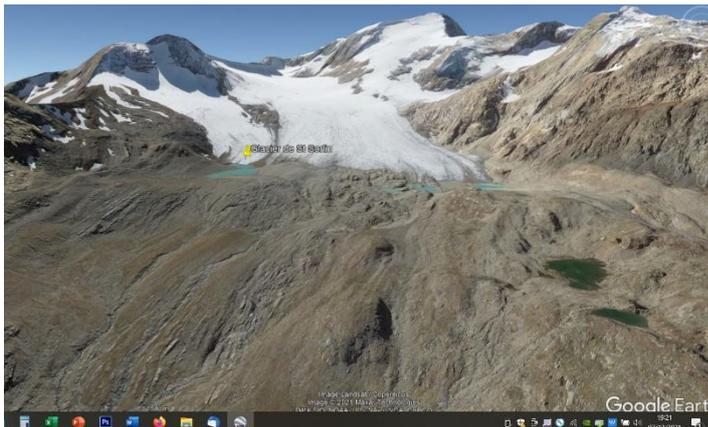
A 7 km au sud du col de la Croix de Fer, le glacier de St Sorlin montre les effets de réchauffement climatique avec le recul de ce glacier. On y voit parfois des icebergs, sans doute les seuls de France.



Le col de la Croix de fer et le glacier de St Sorlin

[Glacier de St Sorlin](#)

Localisation de la punaise du glacier de St Sorlin : lat ; : 45° 9'52.13"N, long. : 6°10'9.36"E



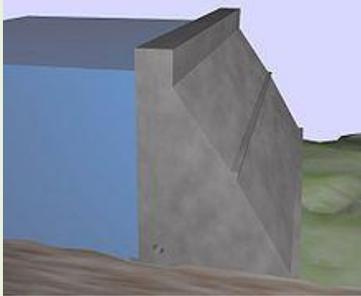
La base du glacier et quelques petits icebergs

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

Plusieurs 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.

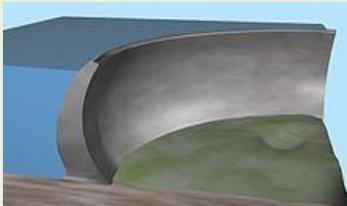


Barrage poids

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 voûte

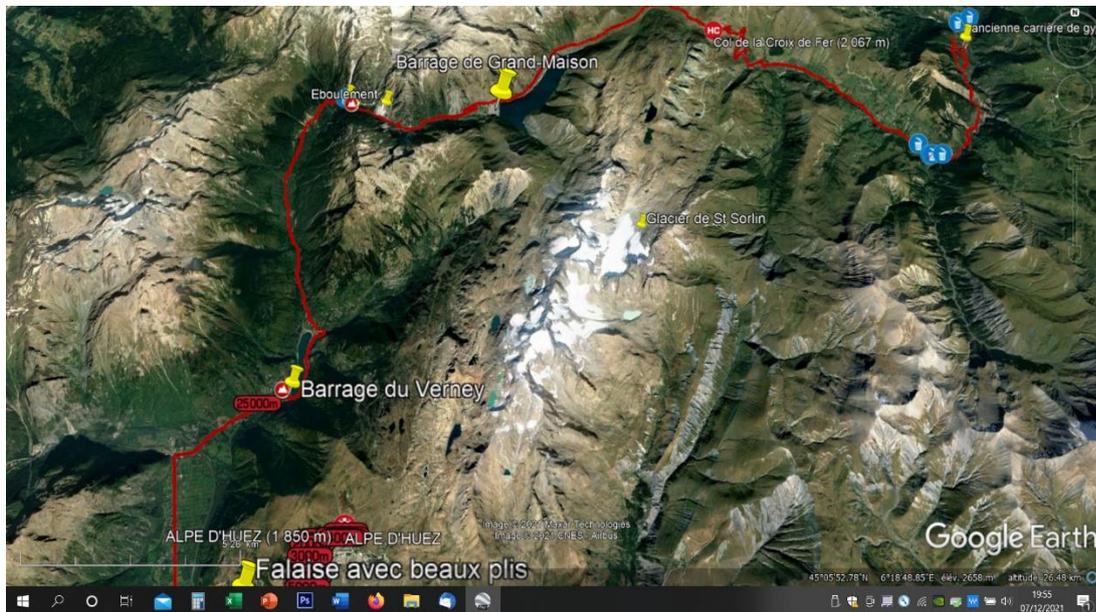
Il existe toute une variété de constructions (Barrage à contreforts ou multivoûtes ...)



Barrage à contreforts : le mur du barrage est conforté par tout un ensemble de structures, en contrefort.

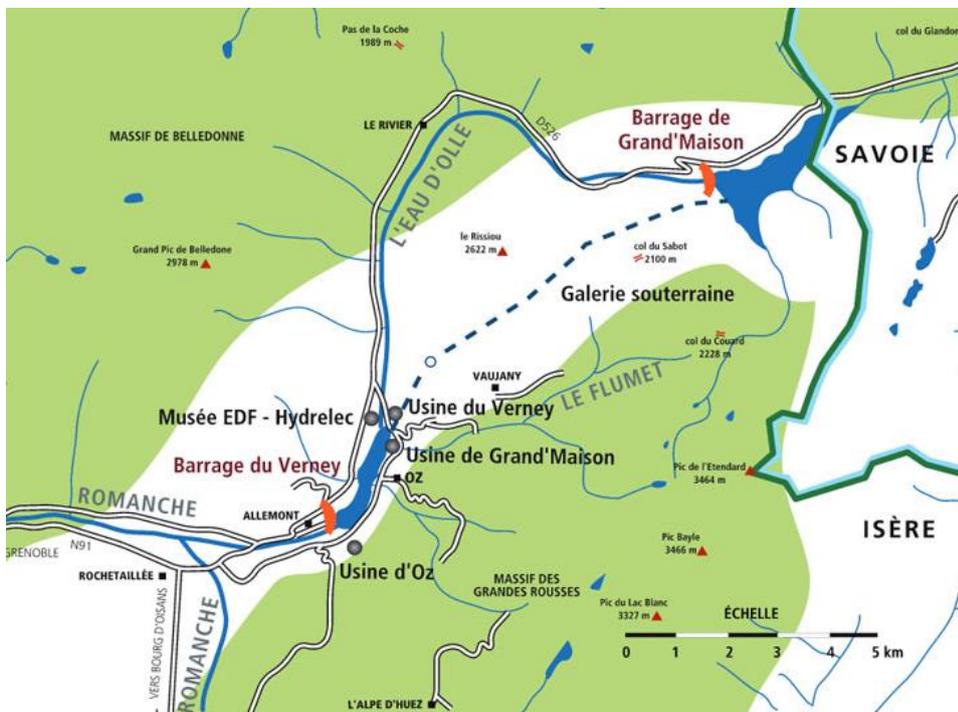
Les 2 barrages du jour sont reliés par des conduits pour stocker de l'énergie, ce qui va devenir indispensable avec le développement des énergies renouvelables intermittentes.

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

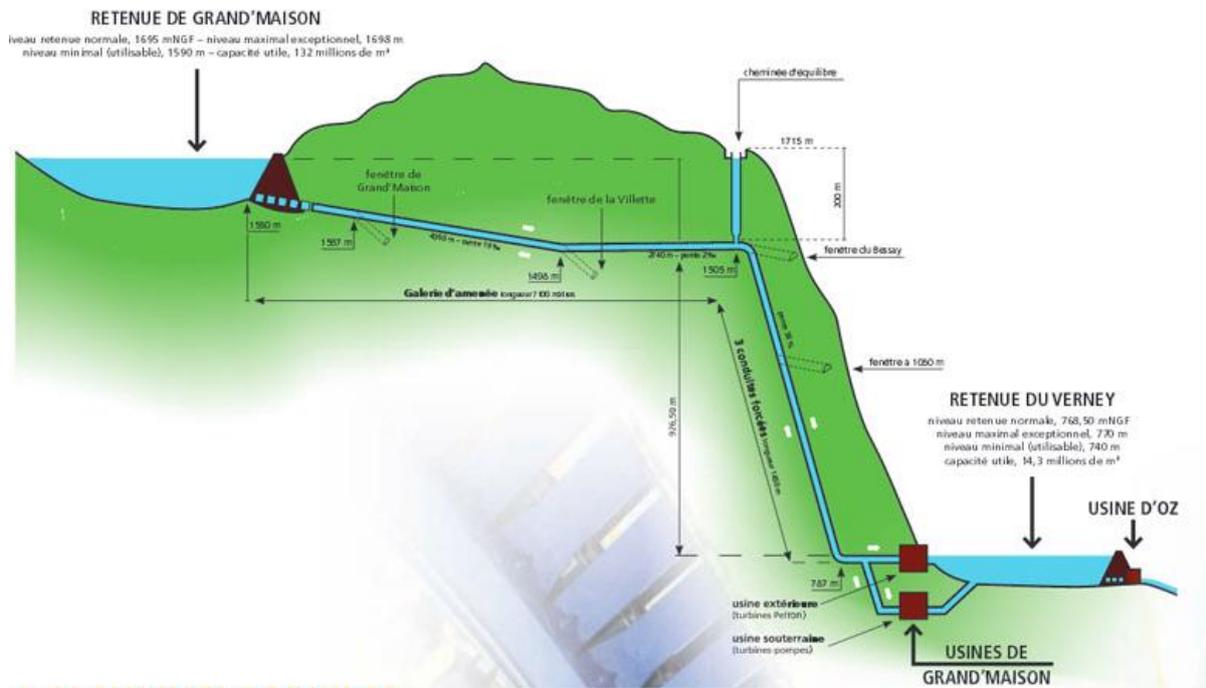


Barrage de Grand maison : [Barrage de Grand-Maison.kmz](#)

Lat. : 45°12'20.82"N, long. : 6° 6'57.38"E



Carte de la **conduite d'eau (tireté bleu)** entre les 2 barrages GrandMaison et 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 de Grand'Maison : un "barrage poids", constitué de remblai

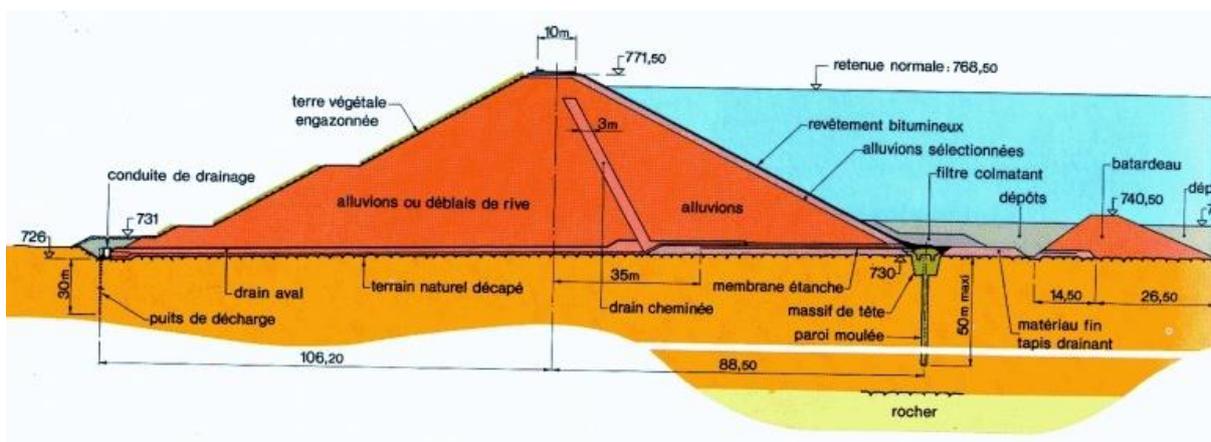
Il forme le réservoir supérieur d'un ensemble de 2 barrages pour stocker de l'énergie

Cet ensemble représente la **centrale hydroélectrique la plus puissante de France** : puissance : 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 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 du Verney



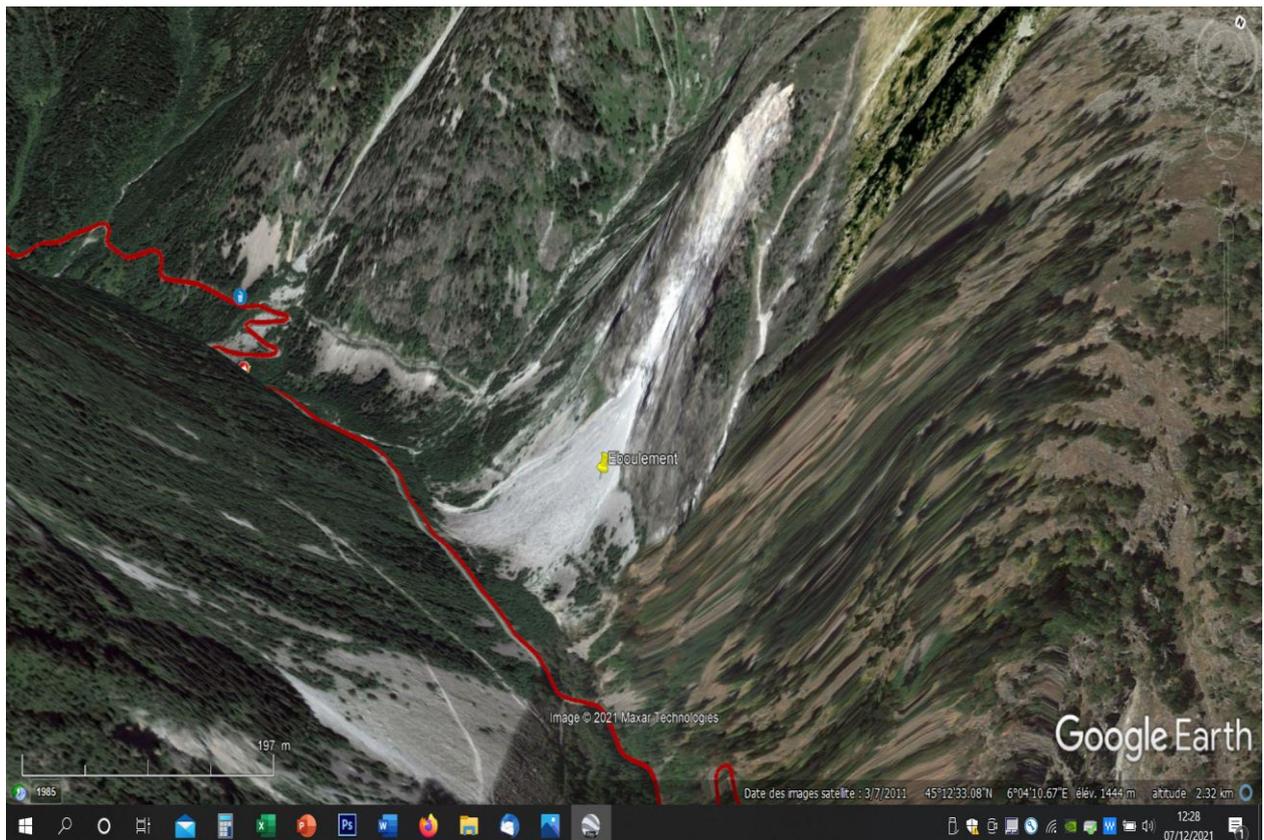
Barrage du Verney © Adrien Mortini

Barrage du Verney : [Barrage du Verney .kmz](#) Lat. : 45° 7'44.86"N , long. : 6° 2'37.10"E

Les Alpes bougent, conséquence : éboulement de la vallée de l'Eau d'Olle

4 km après le barrage de Grand'Maison, un gigantesque éboulement a emporté la route dans les années 1980, ce qui rappelle que les Alpes "bougent encore". Et que des géologues doivent surveiller en permanence les versants.

L'éboulement a coupé la route qui se trouvait sur la rive Nord. Une nouvelle a dû être refaite, sur l'autre rive, à l'abri d'éboulements futurs, celle qu'emprunte le Tour.



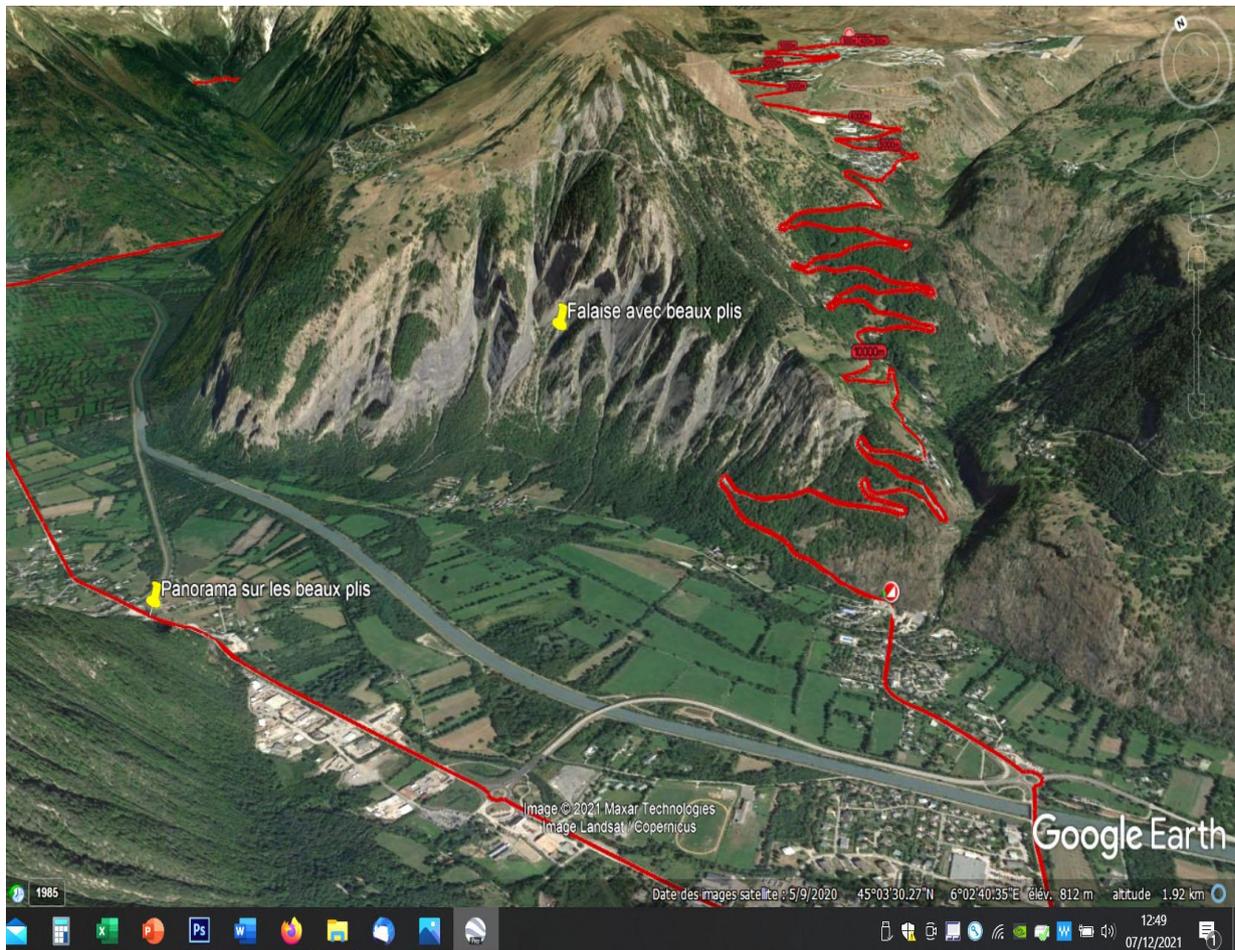
[Eboulement.kmz](#)

Localisation de la punaise : lat : 45°12'26.96"N, long. : 6° 4'15.70"E

Les plis de la Paute et de Bourg-d'Oisans.

En arrivant à la Paute, 2 km avant d'entrer dans Bourg-d'Oisans, sur les deux versants de la vallée, se voient de très nombreux plis qui montrent la "force" avec laquelle Europe et Afrique se sont rentrées dedans pour faire les Alpes.

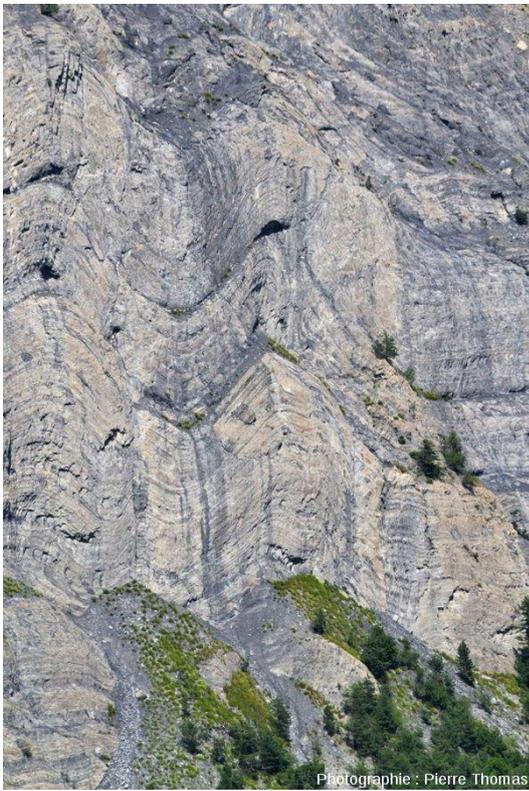
Des vues d'hélicoptère pourraient être du plus bel effet. Les célèbres lacets de la montée à l'Alpes d'Huez escaladent cette « montagne de plis ».



[Falaise avec beaux plis.kmz](#)

Localisation de la punaise : lat. : 45° 4'46.81"N, long. : 6° 2'11.69"E

De la route, au niveau de la punaise [Panorama sur les beaux plis](#) (lat. : 45° 4'23.84"N, long. : 6° 1'1.49"E) se situe la plus belle vue sur ces plis.



Photographie : Pierre Thomas

Quelques exemples des plis de La Paute

les falaises de l'autre côté de la vallée montrent aussi de magnifiques plis au dessus de Bourg d'Oisans



Photographie : Pierre Thomas



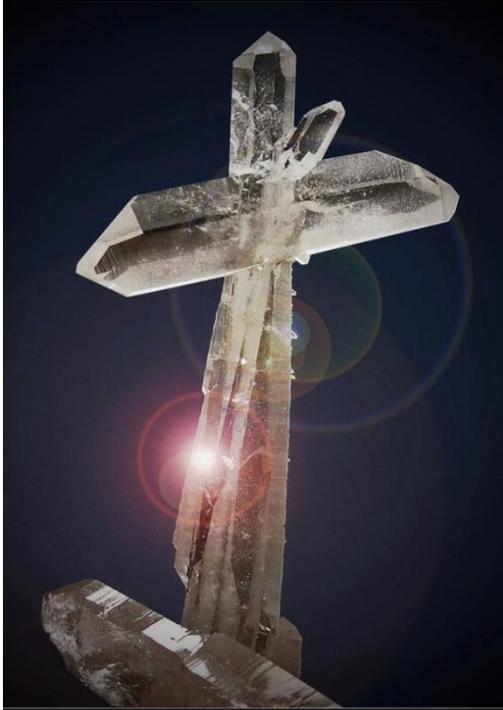
Photographie : Pierre Thomas

Les cristalliers de Bourg-d'Oisans

Bourg-Saint Maurice est mondialement connu

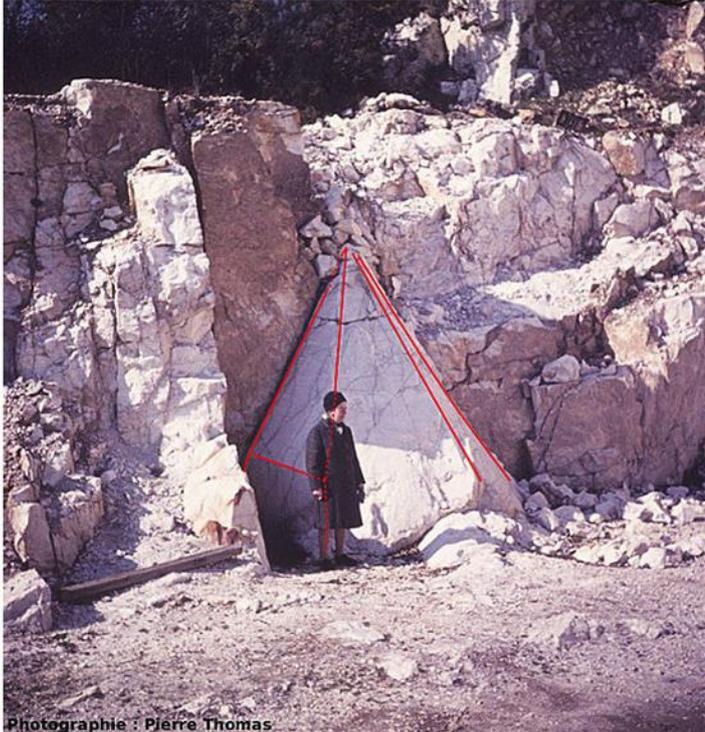
- (1) par les amateurs de cyclisme pour être le départ de la montée à l'Alpe d'Huez,
- (2) par les amateurs de cristaux et minéraux car c'est l'endroit où on trouve **les plus beaux cristaux de quartz du monde.**

Musée des Minéraux et de la Faune des Alpes (<https://mineralshow.fr/les-expositions/les-videos/musee-des-mineraux-et-de-la-faune-des-alpes/>)



Musée de Bourg-Saint-Maurice

Photographie Pierre Thomas



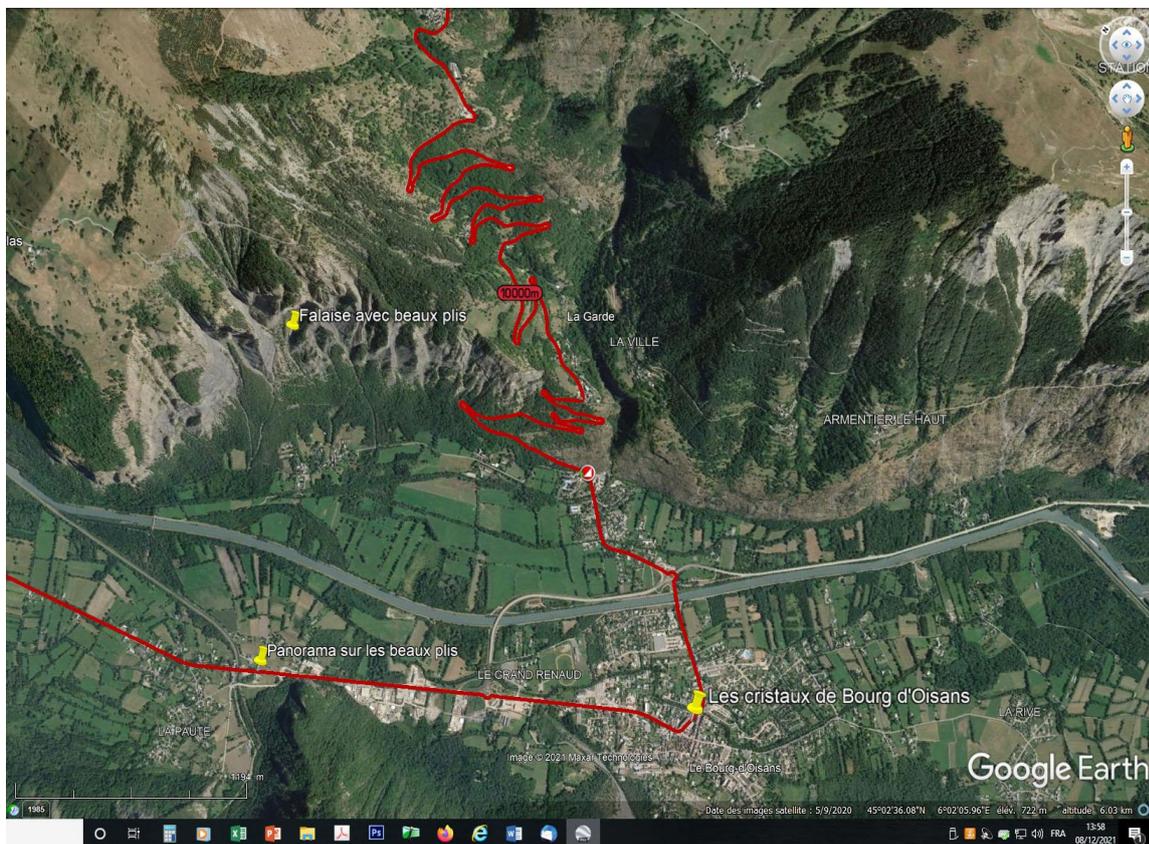
Photographie : Pierre Thomas

Gauche : cristaux de quartz du Musée de Bourg St Maurice © P. Thomas.

Droite

[Le cristal géant de quartz de Saint-Paul-la-Roche en novembre 1976.](#) © 1976 Pierre Thomas

"Tête" du plus gros cristal de quartz trouvé en France : la tête seule : 4m de haut (Saint Paul La Roche), Dordogne.



[Les cristaux de Bourg d'Oisans.kmz](#)

Localisation de la punaise « les cristaux de Bourg-d'Oisans » : lat. : 45° 3'17.46"N, long. : 6° 1'51.02"E



Sculpture sur la place principale de Bourg-d'Oisans représentant des cristaux de quartz preuve de l'importance des cristaux pour les habitants et la municipalité. © GoogleEarth

13^e étape (15 juillet) :
Bourg d'Oisans - Saint-Étienne
193 km

On quitte la massif ancien des Alpes, et ses instabilités (Ruines de Séchilienne) pour traverser les Préalpes calcaires jusque Grenoble avant une longue traversée sur les produits de la destruction des Alpes (jusque Vienne) avant de s'enfoncer dans la massif Central.

Les Ruines de Séchilienne

Peu après Séchilienne, extrémité sud-ouest du massif de Belledonne (Isère), une **zone instable** du versant de la rive droite de la Romanche **s'éboule** régulièrement, en particulier sur la route nationale qu'il a fallu dévier.

Ces éboulements chroniques "modestes" pourraient se transformer en un éboulement de plusieurs millions de m³ qui viendrait barrer la vallée de la Romanche, occasionnerait un **lac temporaire**, dont la rupture menacerait la ville de Vizille, puis celle de Grenoble.

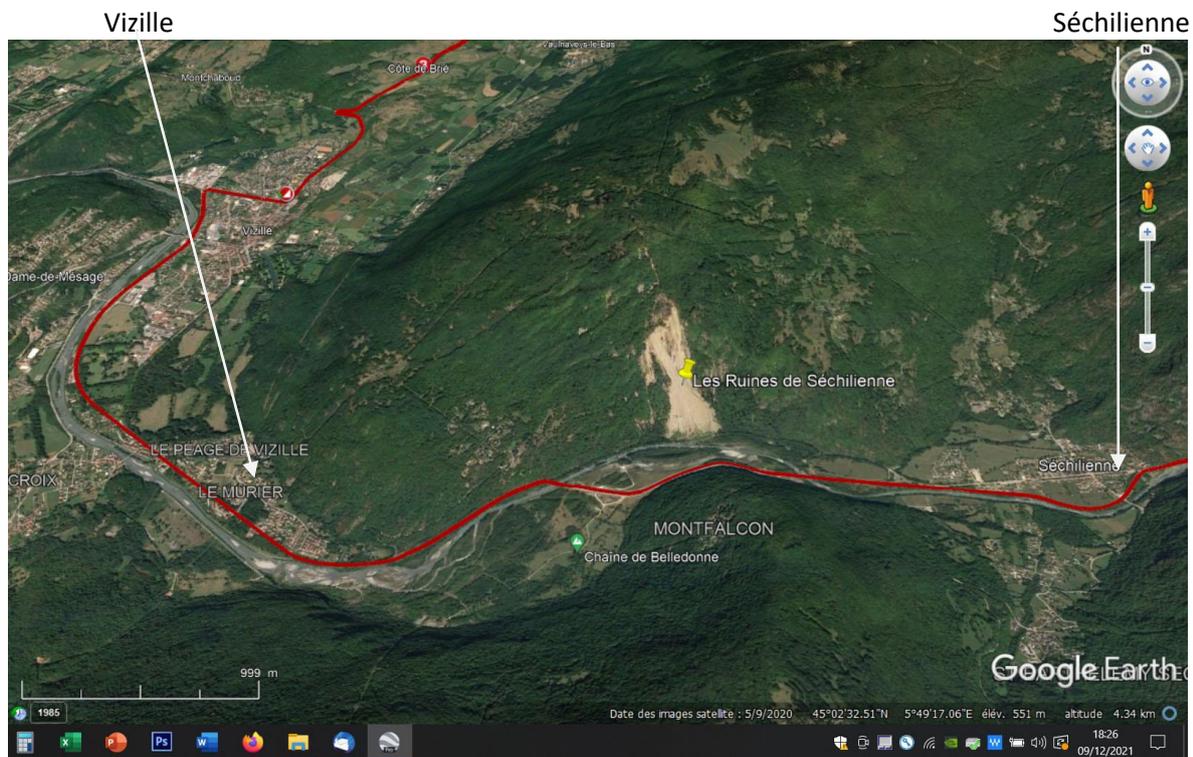
Ce site est en permanence surveillé automatiquement (réflecteurs laser ...) pour diagnostiquer une éventuelle accélération des éboulements. Un **tunnel de dérivation** de la Romanche a été percé pour éviter la formation d'un lac en cas d'éboulement majeur.

Cette catastrophe potentielle a été à **l'origine de la Loi Barnier (1995)** qui permet l'expropriation et l'indemnisation des propriétaires et des occupants soumis à un risque important avant que celui-ci n'arrive.

Pour l'instant (décembre 2021) rien n'indique un éboulement majeur dans un avenir immédiat.

Une telle catastrophe a déjà eu un équivalent au Moyen-âge : en **1191** la Romanche est barrée par un éboulement-glisement de terrain à 9 km en aval de Bourg d'Oisans. Un **lac** s'installa derrière cet éboulement, le lac St Laurent. La plaine plate en aval de Bourg-d'Oisans, où a eu lieu le départ de cette 13eme étape, résulte de remplissages successifs de lacs formés à la suite de multiples éboulements.

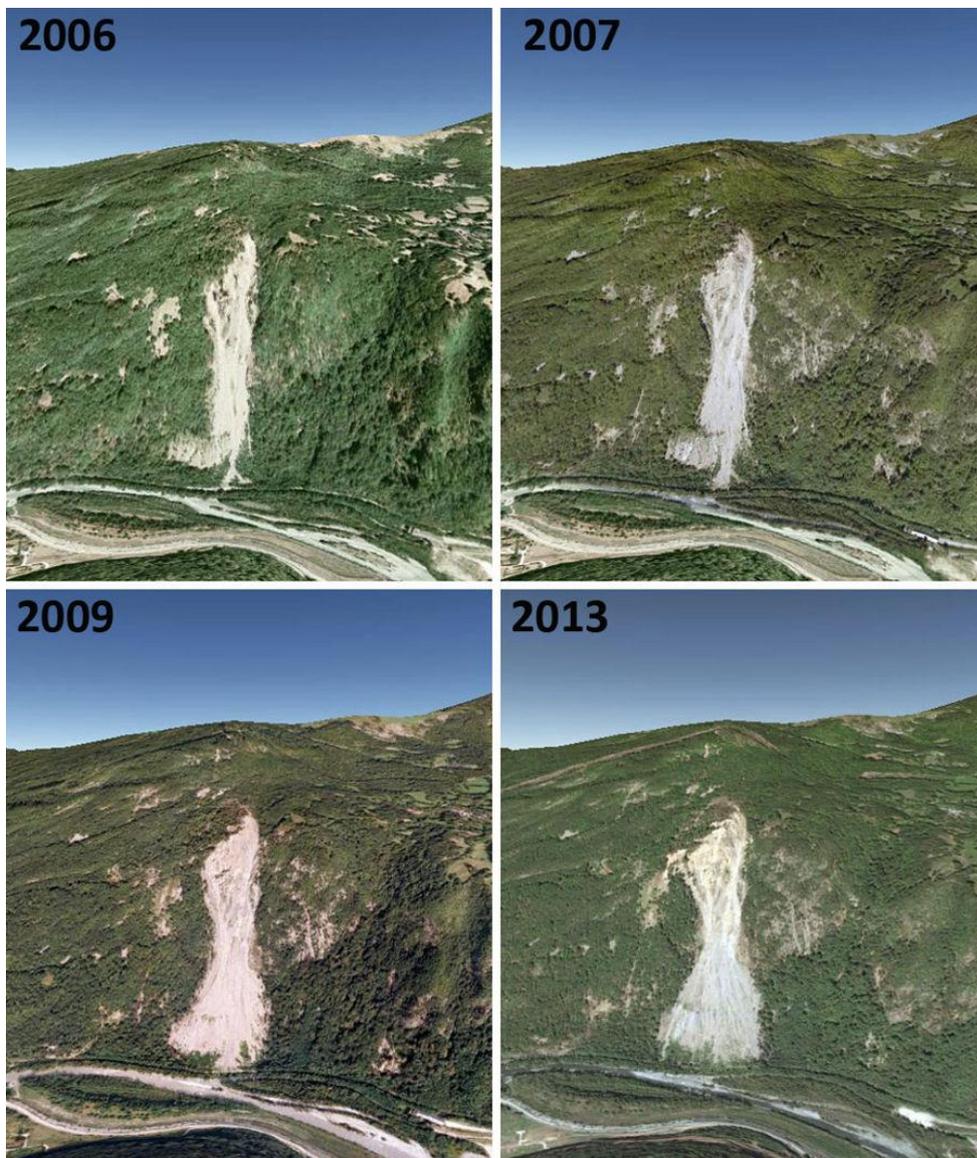
Le barrage formant le lac St Laurent se rompit le 14 septembre 1219 engendrant des **inondations qui ravagèrent Vizille, Grenoble ...** Il y eut **plusieurs milliers de morts**.



[Les Ruines de Séchilienne.kmz](#)

Localisation de la punaise : lat. : 45° 3'34.44"N , long. : 5°48'29.94"E





[Évolution du glissement de terrain de Séchilienne de 2006 à 2013](https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img440-2013-11-18.xml). On voit l'élargissement de la base du cône d'éboulis, et celle de la zone sommitale de décollement. <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img440-2013-11-18.xml>

Les calcaires de la Chartreuse et du Vercors

Il y a beaucoup de calcaire dans les Alpes, en particulier dans les massifs du Vercors et de la Chartreuse. Et de Grenoble au Bec de l'Echaillon, le Tour passe entre ces deux massifs. Une des couches de calcaire la plus représentative, le calcaire dit urgonien, est visible sur cette partie de l'étape, en particulier à la sortie de Grenoble où elle constitue une célèbre montagne : le **casque du Néron** au pied duquel va passer le Tour de France.

Localisation : [Le Tour au pied du Néron](#)



Des **voies d'escalades** des plus faciles aux plus difficiles existent sur le Néron, en particulier sur son extrémité sud (trait rouge sur la photo. Le Néron, © wikipedia

Des poissons broyeurs pour un calcaire fin

Ce calcaire urgonien est un calcaire déposé dans et autour de récif vivant dans une mer chaude et peu profonde datant d'environ -120 millions d'années. On ne retrouve qu'assez peu de coraux ou d'autres organismes constructeurs dans ces calcaires mais surtout une roche à grain très fin, issu du « durcissement » d'une boue calcaire très fine. Qu'est ce qui a, il y a 120 millions d'années, broyé coraux et autres animaux calcaires ? Des tempêtes bien sûr, mais surtout des poissons type « **poissons perroquet** » qui « broutent » les coraux, les broient, en récupèrent la chair et excrètent le calcaire qui n'a pas pu être digéré. Il est étonnant, face à ces falaises de calcaire, de penser qu'une bonne partie de **ce calcaire est passé par le tube digestif d'un poisson** (photo d'un poisson actuel qui fait la même chose).



@Reddit.

Le synchrotron de Grenoble

(ESRF = European Synchrotron Radiation Facility, en français installation européenne de rayonnement synchrotron) **près d'un joli pli et au pied du Néron i**

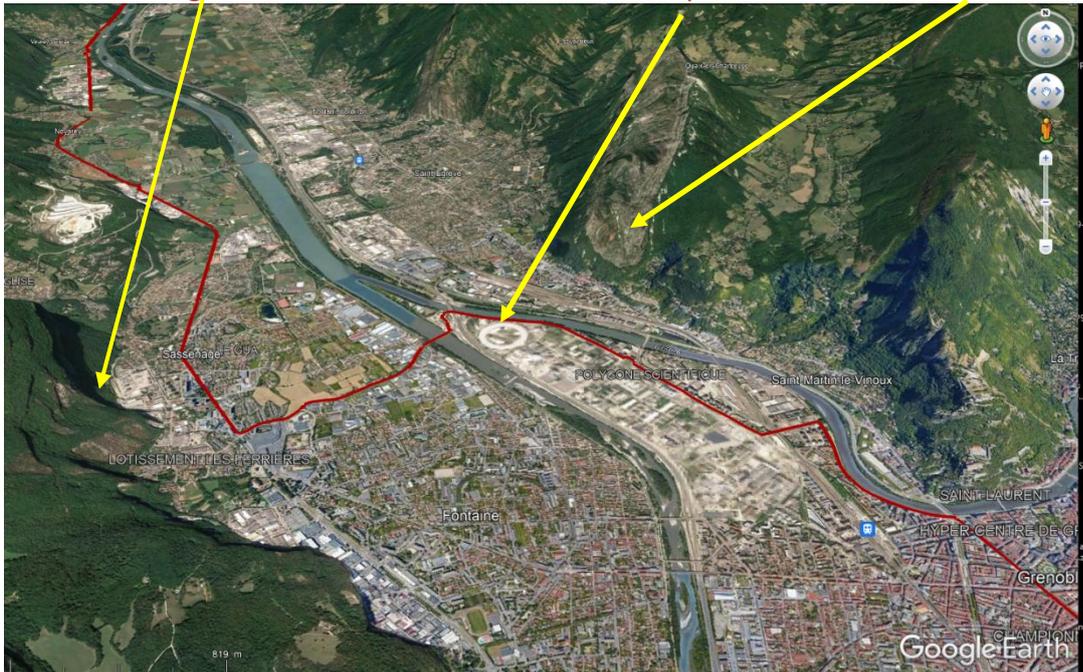
Accélérateur de particules qui fait tourner des électrons (presque à la vitesse de la lumière = 300 000 km/s) dans un anneau de 320 m de diamètre. En tournant, ces électrons produisent un faisceau de rayon X extrêmement puissant et fin qui sert à explorer-analyser la matière de toutes les échelles, que ce soit des fragments de comètes ramenés sur Terre par des sondes spatiale, la structure interne des œufs de dinosaures ou le virus du Covid depuis 2020.

Ce « gros anneau » de 320 m est donc un des plus gros appareils à radiographier et un des plus gros "microscopes" du monde.

Pli de Sassenage

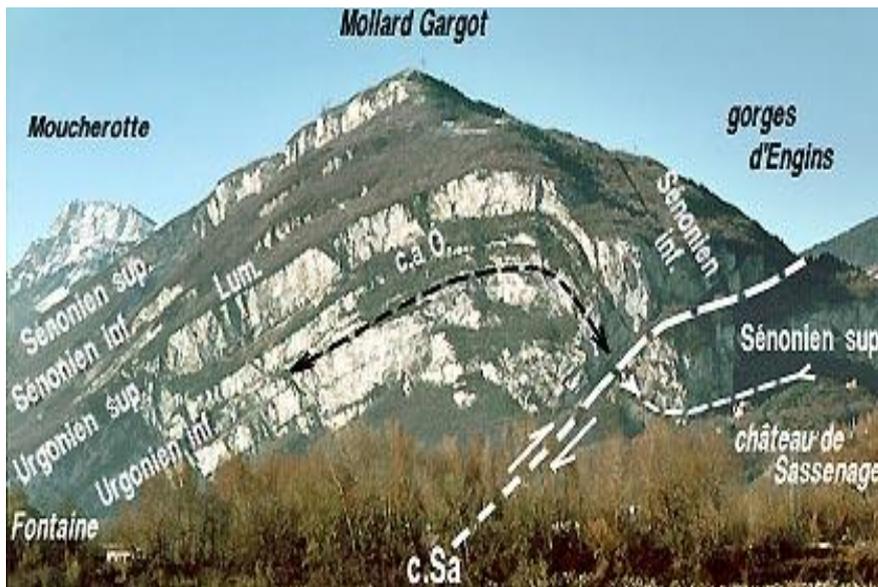
Synchrotron

Néron

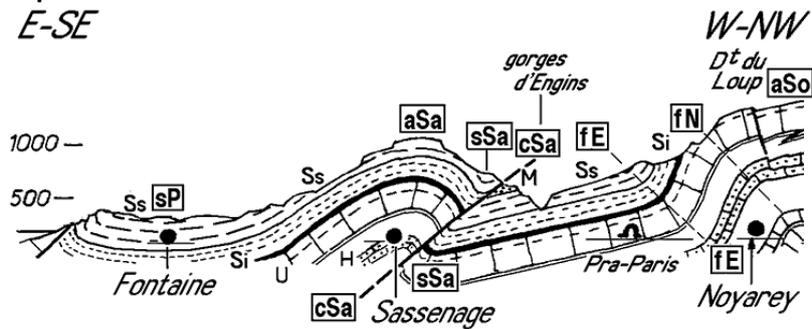


Un regard sur la gauche (vers le sud) , vers le Vercors, laisse voir

Le pli de Sassenage



Le pli vu de l'autoroute
E-SE

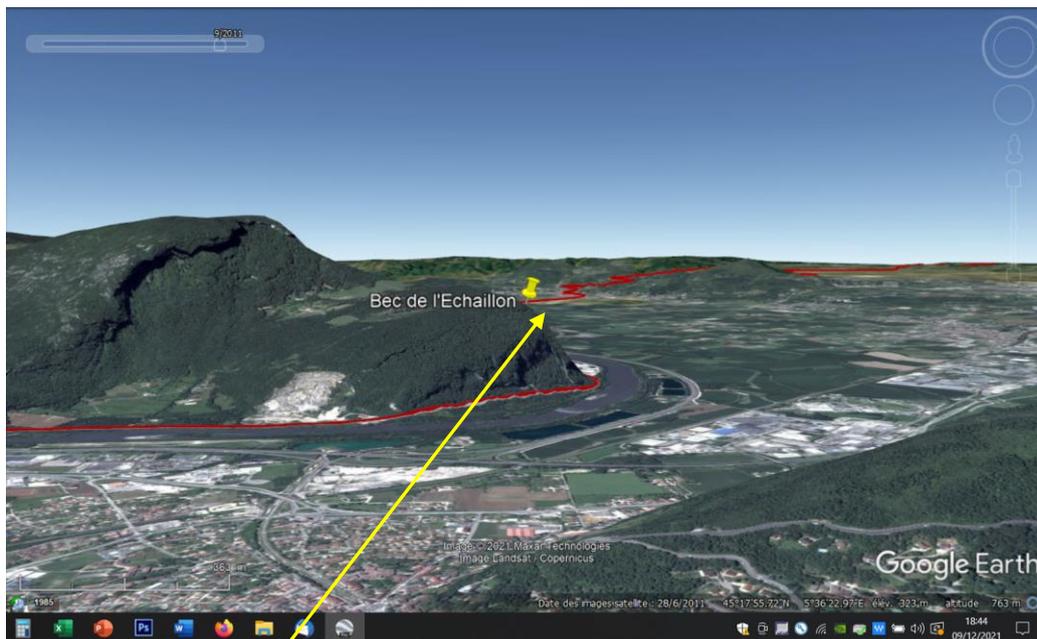


Le Bec de l'Échaillon et son "marbre" de l'Échaillon

Le Bec de l'Échaillon : éperon rocheux, le plus au nord du Vercors, est un véritable gryère percé de vastes salles et galeries anciennement exploitées pour en extraire un **calcaire** très pur, très utilisé pour la construction et la sculpture, calcaire connu sous le nom de « **Pierre de l'Échaillon** » ou de "marbre" (terme de marbrier car pour un géologue le marbre est un calcaire qui a été métamorphisé).

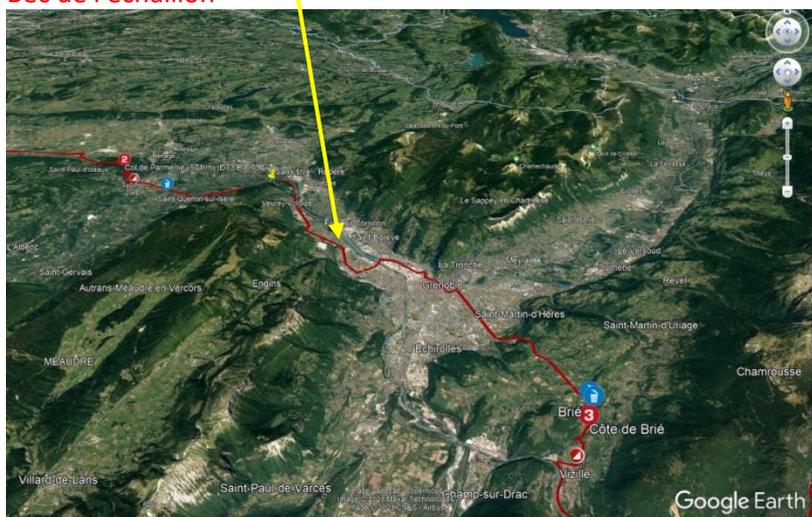
On peut citer 2 « bâtiments » construits avec des Pierres de l'Échaillon : le palais du Parlement du Dauphiné (Grenoble) et les quatre colonnes de pierre (et les balustrades) du Pont Alexandre III à Paris.

Mais aussi les quatre groupes de statues qui décorent la façade de l'**Opéra Garnier** à Paris, dont la célèbre « **Danse** » de Jean-Baptiste Carpeaux. L'original de cette sculpture a été transféré au Musée d'Orsay (sur la place de l'Opéra est une copie réalisée par le sculpteur Paul Belmondo, père de Jean-Paul Belmondo).



[Bec de l'Echaillon.kmz](#)

Localisation de la punaise : lat. : 45°17'54.48"N, long. : 5°36'9.54"E
Bec de l'échaillon





Carrière souterraine « dans » le Bec de l'Échaillon (les **personnages** donnent l'échelle)
Source : <https://www.pascal-sombardier.com/2018/06/la-carriere-de-l-echaillon.html>



La danse, de Carpeaux, sculptée dans de la pierre de l'Échaillon © Sailko cc-by-3.0

L'architecture dépendante du terrain

De Grenoble à Vienne, en Isère, les coureurs traversent l'avant pays alpin constitué de ses débris : les **molasses** et les **alluvions glaciaires**. Très riche en argile et en galets, la nature du sol se reflète dans son usage pour les constructions : galets et pisé sont largement utilisés

Pisé - Le mode de construction traditionnel dans toute la 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. (voir aussi 19^e étape)



Maison en pisé et base en galets disposés en "écailles de poissons" (Estrablin, Isère) © P. De Wever



Mur en galets obliques et moellons de gneiss (proximité de Vienne) © P. De Wever

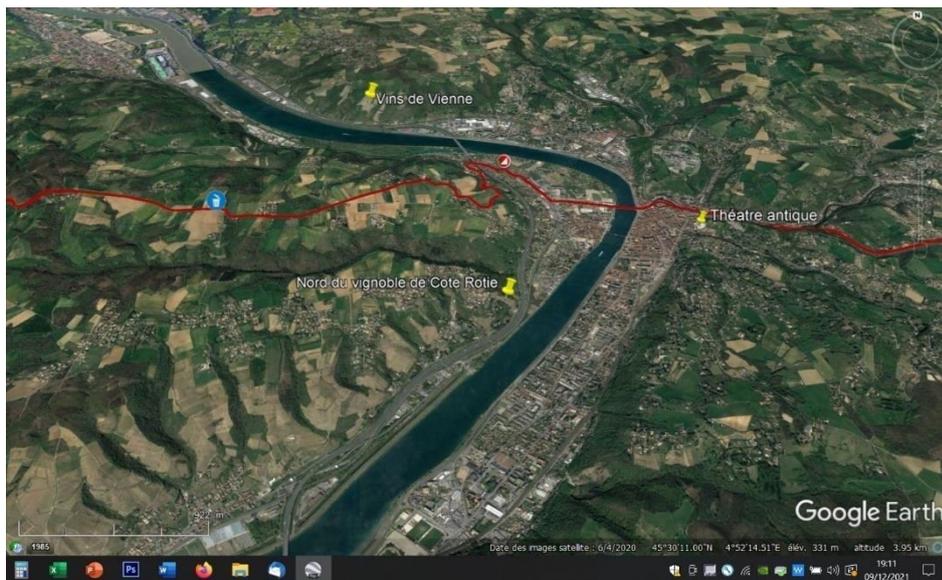
Vienne et ses environs

3 points d'intérêt dans les environs de Vienne :

1 – le site du **théâtre** antique. Pour éviter de construire les gradins en hauteurs, les Romains ont habilement profité de la morphologie naturelle d'une colline (en l'évidant quand même un peu)

2 – Vienne se trouve au nord d'un des plus prestigieux **vignobles** poussant sur des micaschistes, avec culture en terrasse

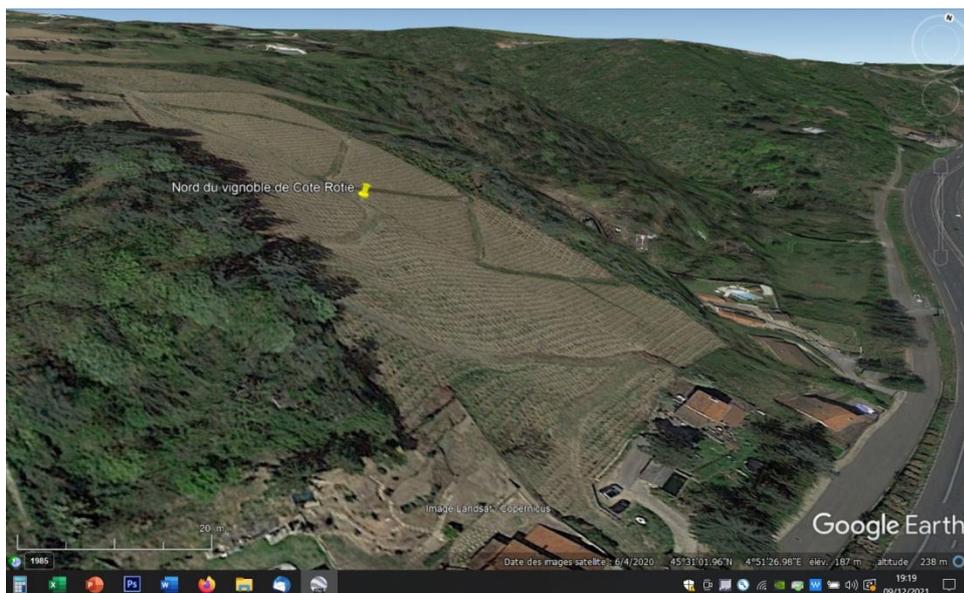
3 – la « résurrection » d'un ancien vignoble, très connu à l'époque romaine, cultivé jusqu'au phylloxera, abandonné depuis, et repris depuis une vingtaine d'années par de nouveaux viticulteurs. C'est le domaine du **Château-Grillet** (un blanc à base de viognier). Un autre cru sur micaschiste. (le **Côte Rôtie** à base de la syrah)



[Théâtre antique](#) Localisation punaise : lat. : 45°31'29.59"N, long. : 4°52'43.69"E

[Nord du vignoble de Cote Rotie](#) localisation punaise : lat. 45°31'4.17"N, long. : 4°51'25.90"E

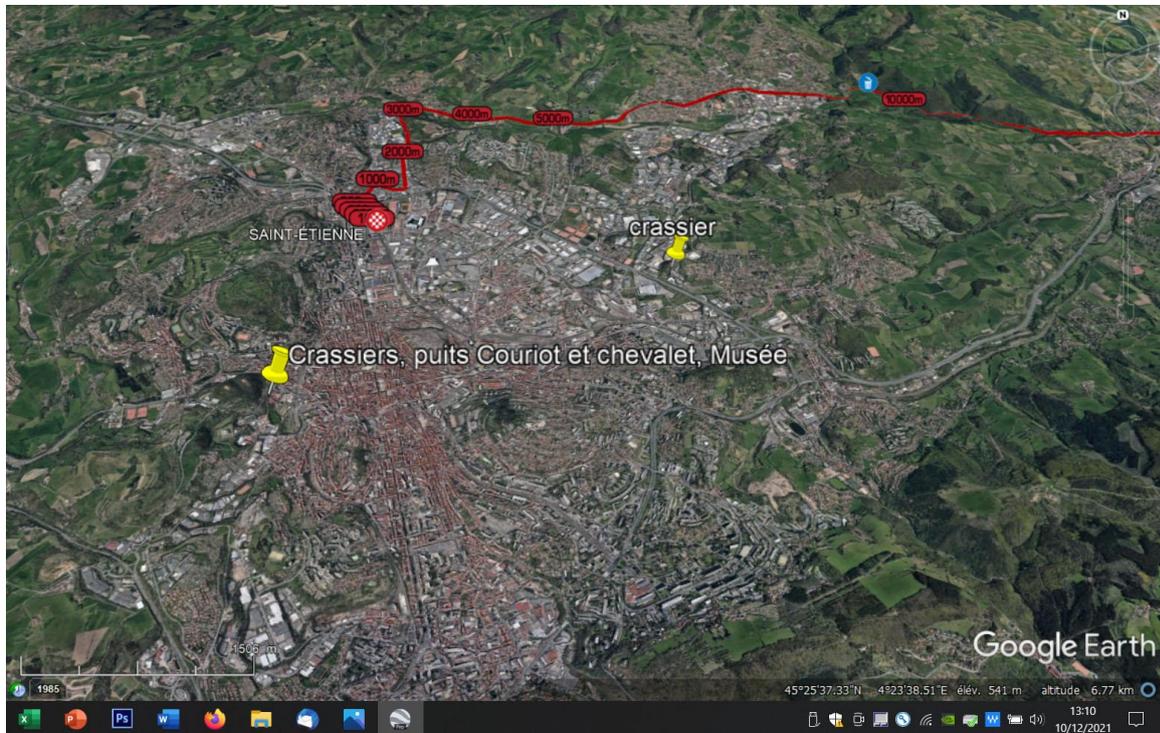
[Vins de Vienne](#) Localisation punaise : lat. : 45°32'47.59"N, long. : 4°50'41.19"E



L'extrême nord du Vignoble de **Côte-Rôtie**. Le trajet du Tour passe à 1100 m de là

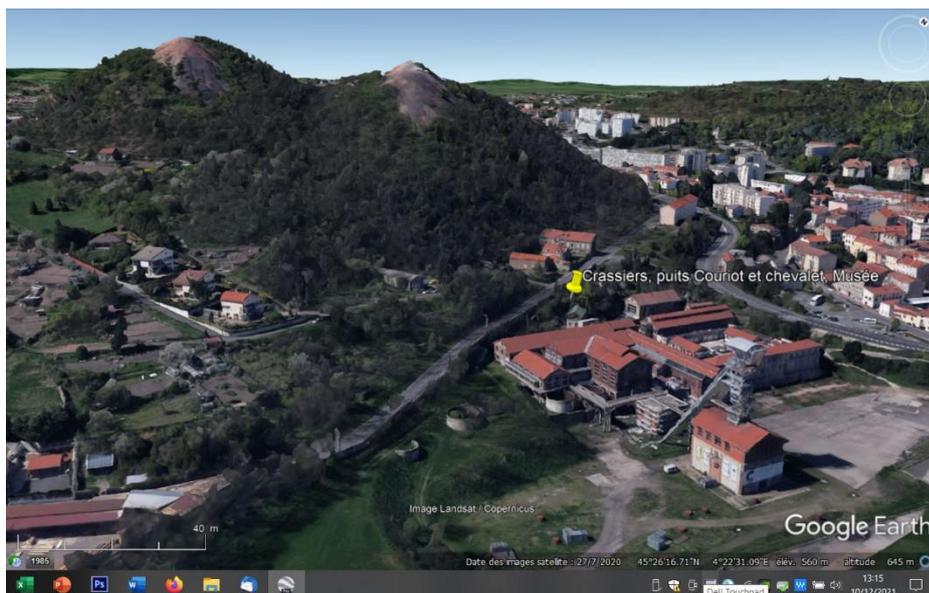
Les crassiers de Saint Étienne

Quelques crassiers (appelés terrils dans le Nord de la France) sont encore visibles autour de St Etienne et rappellent le **passé minier** de cette agglomération. Un chevalement a été préservé, et un Musée de la Mine est installé dans d'anciens bâtiments miniers.



[Crassiers, puits Couriot et chevalet, Musée](#) localisation de la punaise lat = : 45°26'18.38"N, long. 4°22'31.92"E

[crassier](#) localisation de la punaise : lat. : 45°27'4.24"N , long. : 4°25'21.14"E



Le Puits Couriot, son chevalement, ses crassiers et le Musée de la mine.

14^e étape (16 juillet) Saint-Étienne - Mende

195 km

Une grande traversée N-S du Massif central : essentiellement des granites mais aussi les sucs volcaniques du Puy pour se terminer sur les lieux qui concluent la Grande Vadrouille, près de Mende.

Cette étape parcourt des plateaux du Massif Central dont l'histoire est complexe.

Il y a 300 millions d'années, c'était devenu une chaîne de montagne de la taille de l'Himalaya actuel. Cette chaîne a été érodée et, il y a 200 Ma, c'était une plaine basse.

Cette plaine a été localement recouverte par la mer ou des lacs où se ont déposés calcaires, argiles ou grès : par la mer il y a 175 Ma dans la région de Mende et des Causses, par des lacs dans la région du Puy en Velay il y a 30 Ma.

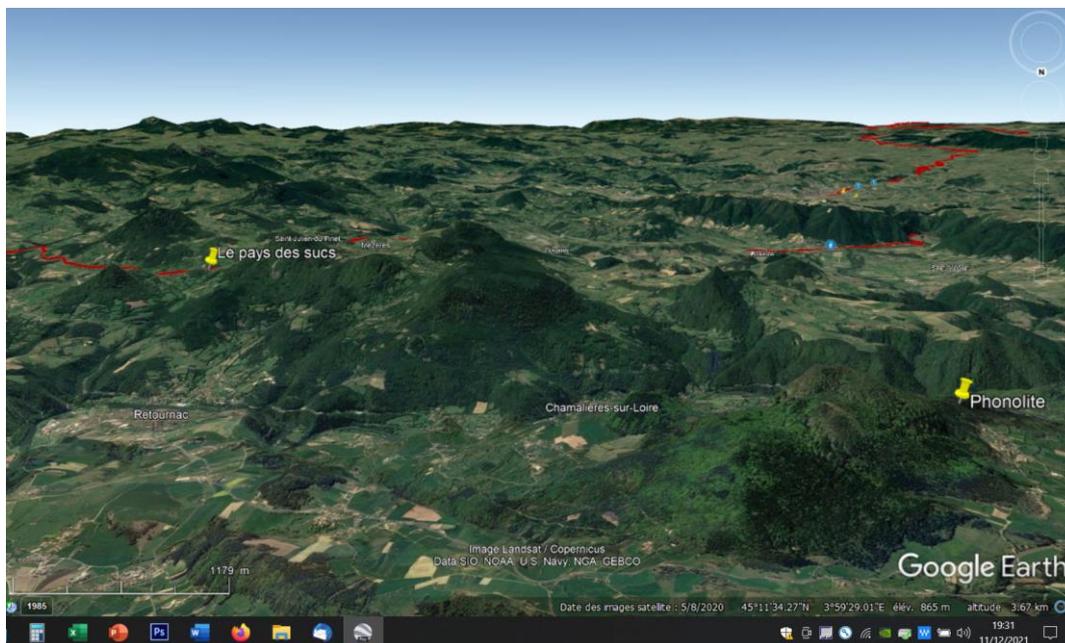
Vers 10 Ma, cette plaine est surélevée ; des volcans s'y installent et les rivières qui y coulaient (Loire, Allier, Lot ... et leurs affluents) s'enfoncent dans des vallées assez profondes, qui donnent les belles descentes et les belles côtes qui agrémentent cette étape.

De St-Etienne à Yssingeaux : on reste sur le vieux socle granitique

Après Yssingeaux on entre dans le pays volcanique

Le Pays des sucs et des pierres qui sonnent (la phonolite) (2 punaises)

Une douzaine de km après Yssingeaux, on entre dans le « pays des sucs ». Dans la langue locale, on appelle « sucs » des collines coniques qui dominent le plateau de 100 à 200 m. Ces collines sont des **volcans**, mais des volcans particuliers. De la lave épaisse, visqueuse, est sortie sans couler ni exploser et s'est accumulée à la sortie sous forme d'une grosse masse, un peu comme quand on appuie sur un tube de dentifrice et qu'il en sort une espèce de « boule ». Cette lave particulière sonne clairement sous le marteau d'où son nom de « phonolite ». Ce volcanisme date de l'ère tertiaire (env. 10 millions d'années).



[Le pays des sucs.](#)

[Localisation de la punaise : lat. : 45° 9'49.97"N, long. : 4° 2'45.41"E](#)

La phonolite a 2 propriétés intéressantes.

(1) Elle se débite facilement en **dalles** (que l'on appelle des **lauzes**) qui ont été largement utilisées pour les toits des vieilles bâtisses.

(2) La phonolite a une chimie particulière, en particulier une teneur en aluminium, sodium et potassium bien précise. Quand on ajoute de la phonolite en poudre aux ingrédients usuels servant à faire du **verre**, cela lui donne une **grande résistance à la rupture**. Ce verre particulièrement résistant sert en particulier à faire les **bouteilles de champagne**. Une grande carrière exploite cette phonolite entre autres pour la verrerie et le champagne à 10 km du parcours du Tour ([Phonolite](#) [lat. 45°13'15.33"N, long. : 3°57'24.23"E](#)).



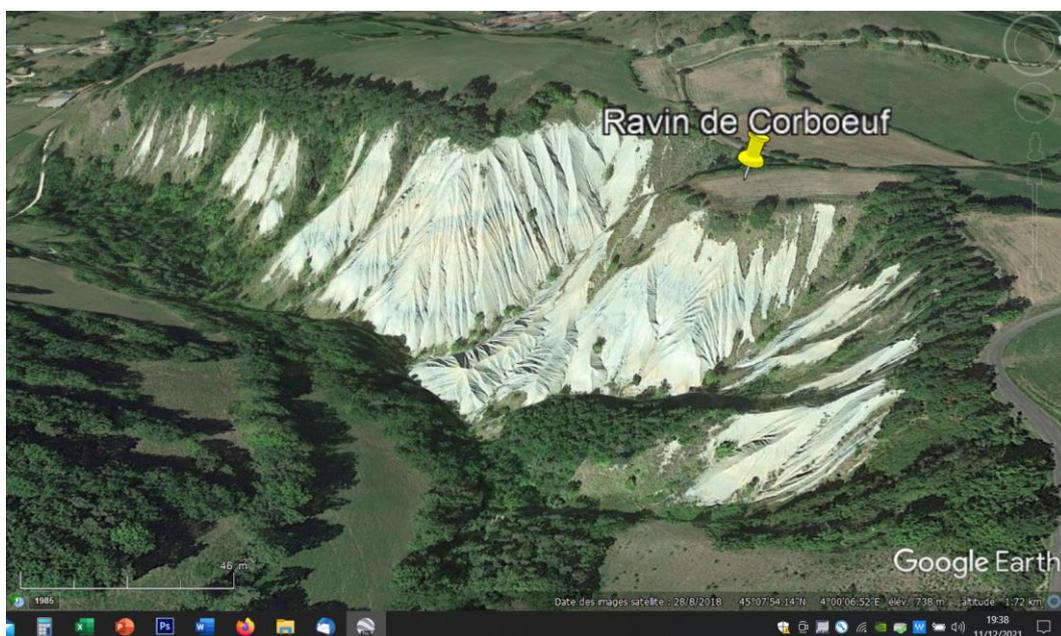
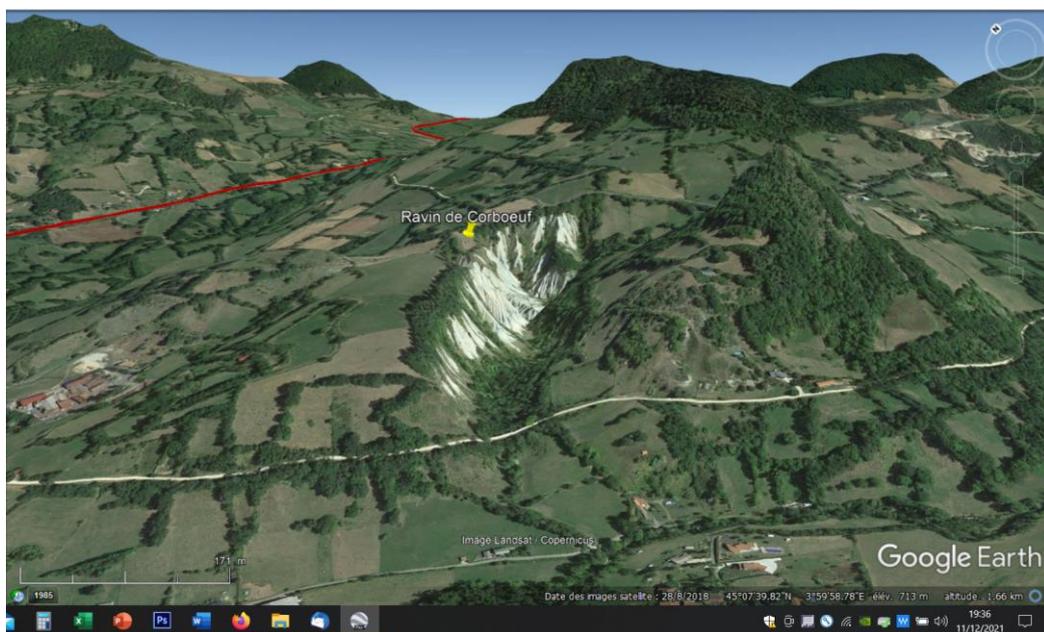
Une **bouteille de Champagne**, qui incorpore de la phonolite du Velay dans son verre pour rendre le verre plus résistant.

Une dizaine de km après Yssingaux :

L'argile verte (ravin de Corboeuf) (2 punaises)

L'érosion a creusé dans des argiles un ravin qui a un petit air de Far-Ouest : le ravin de Corboeuf, offrant une morphologie de « badlands » entouré de succs. Ces argiles se sont déposées il y env. 40 millions d'années (Eocène) dans des lacs continentaux.

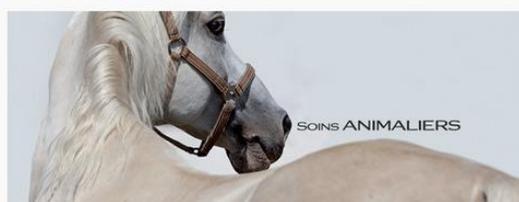
Les **badlands**, sont des "mauvaise terres". Très argileuses, elles sont soumises à une forte érosion, qui leur donne un relief ... érodé. Elles ont impropres à l'agriculture



[Ravin de Corboeuf](#) Localisation de la punaise : lat. : 45° 7'55.17"N, long. : 4° 0'5.02"E

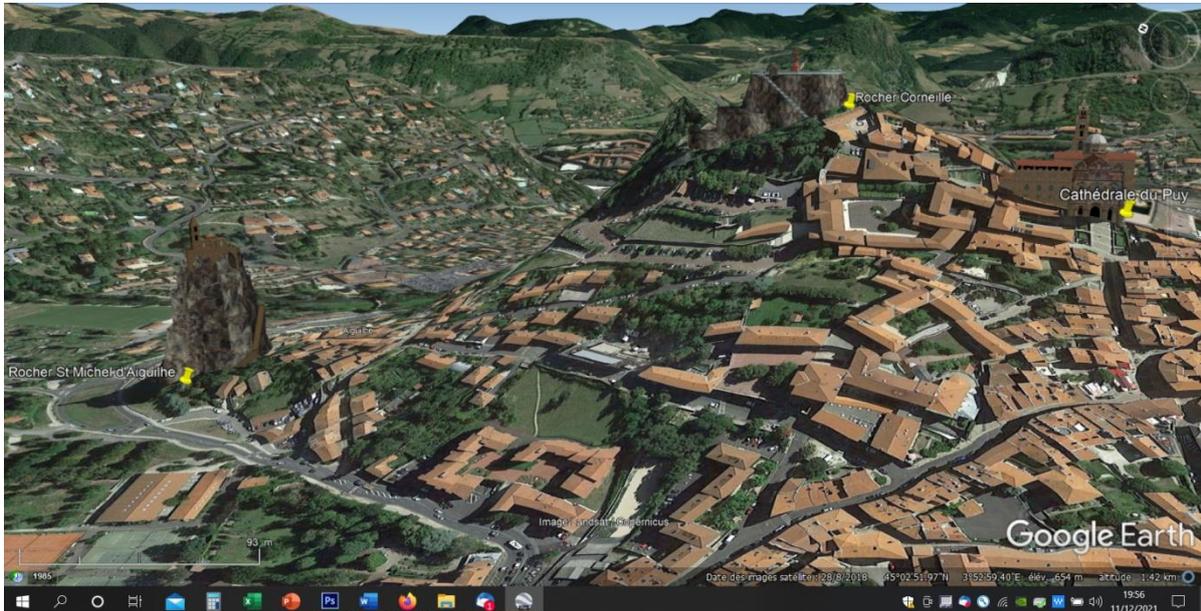
Localisation de cette carrière : [Carrière d'argile verte](#) , lat. 45° 7'45.13"N, long. 3°50'54.02"E

Cette argile verte est exploitée pour l'agriculture, soins animaliers, les soins du corps ⁶...



Cathédrale du Puy (et le Rocher Corneille) 2 punaises, ainsi que le rocher de St Michel d'Aiguilhe

La ville du Puy-en-Velay, un des départs vers Saint-Jacques-de-Compostelle, possède deux curiosités géologiques, les rochers Corneille et le Rocher Saint-Michel d'Aiguilhe qui sont d'anciennes **cheminées volcaniques** remplies de roche dure et dégagée par l'érosion.



[Cathédrale du Puy](#)

: lat : 45° 2'43.74"N, long. 3°53'3.70"E

[Rocher Corneille](#)

lat. : 45° 2'49.03"N, long. : 3°53'7.01"E

[Rocher St Michel d'Aiguilhe](#)

, lat. : 45° 2'59.58"N, long. 3°52'55.01"E

La ville possède aussi deux églises remarquables qui utilisent la variété de couleurs des pierres locales pour décorer leur façade et leur nef.



La cathédrale de Puy (XII^e siècle) utilise plusieurs types de roches locales : des roches sombres (noire, brune ou rouge sombre) qui sont des **roches volcaniques**, et des roches claires qui proviennent de carrières de **grès** locales. Cette alternance de roches claires et sombres est d'usage courant du X^e au XII^e siècle dans tout le sud de l'Europe, des basiliques byzantines aux mosquées andalouses, ce qui montre l'intensité des **échanges** culturels en Europe du sud au Moyen Âge malgré les différences **entre les trois religions**, orthodoxe, catholique et musulmane.

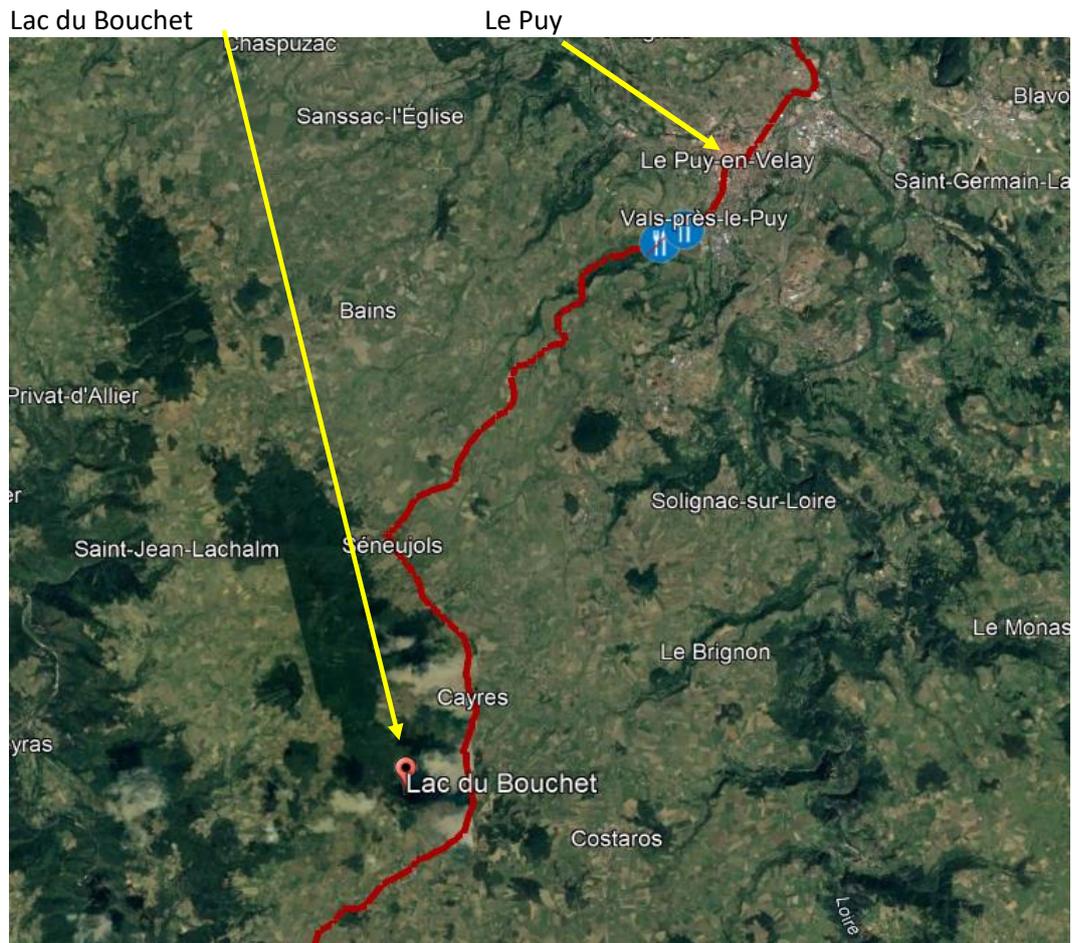
Le Rocher Saint-Michel d'Aiguilhe (82 m de haut) est une ancienne **cheminée volcanique** remplie de roche dure (ici une brèche) et dégagée par l'érosion qui a enlevé les roches périphériques moins résistantes. Une telle structure s'appelle un **neck**.



La chapelle Saint-Michel bâtie au sommet est une des plus vieilles églises de France (achevée en 961). On y monte par un escalier de 268 marches, permettant d'observer la roche volcanique.

Lac du Bouchet : un cratère d'explosion

Après Cayres, à une quinzaine de km du Puy



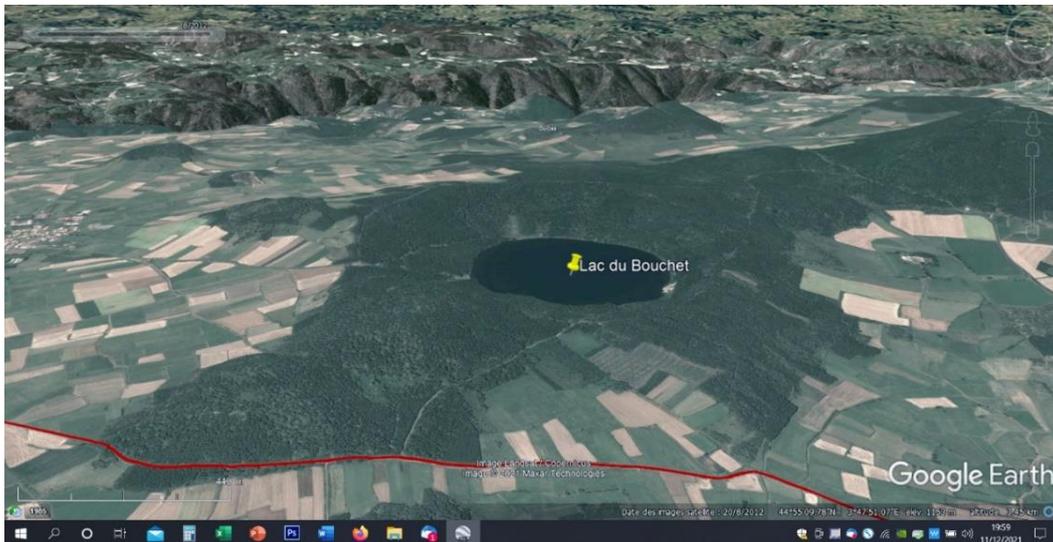
Le lac du Bouchet : exemple typique d'un cratère d'explosion volcanique.

La dépression résulte d'explosions qui ont lieu **quand du magma** remontant par une fissure **rencontre une nappe phréatique** : elle fait bouillir l'eau, ce qui engendre des explosions comme une cocotte-minute dont on aurait bouché la soupape.

Les débris des explosions retombent autour du cratère. Un tel cratère entouré de son croissant de débris est appelé « **maar** » (d'un mot allemand, où de tels lacs sont abondant dans la région de l'Eifel). Le Lac Pavin en est un autre exemple.



Formation d'un maar



Localisation de la punaise : lat. : 44°54'32.39"N, long. : 3°47'28.06"E

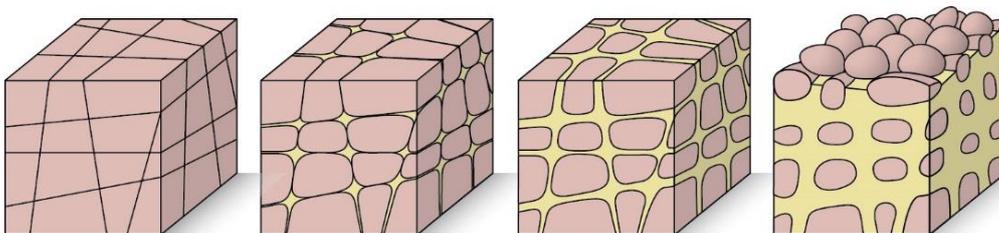
Le volcanisme à l'origine du lac du Bouchet date de l'ère quaternaire (800 000 ans)

Boules de granite (3 punaises)

Après la traversée de l'Allier (la rivière) le Tour retrouve le **socle granitique de la Margeride**.

Dès qu'une roche est présente à la surface du globe, elle est l'objet d'une **altération**, et **désagrégation**, d'une fragmentation reposant à la fois sur des processus chimiques (altération) et physiques (érosion).

L'eau joue un rôle essentiel dans ces mécanismes. L'altération périphérique du granite conduit à la formation de **blocs émoussés**. Les formes s'arrondissent. Il ne reste parfois que des formes étranges, parfois dans des positions improbables ou des blocs bien ronds. Les blocs arrondis empilés forment un **chaos granitique** au pied duquel on observe une arène granitique (sable).



Évolution de l'altération d'un massif granitique.

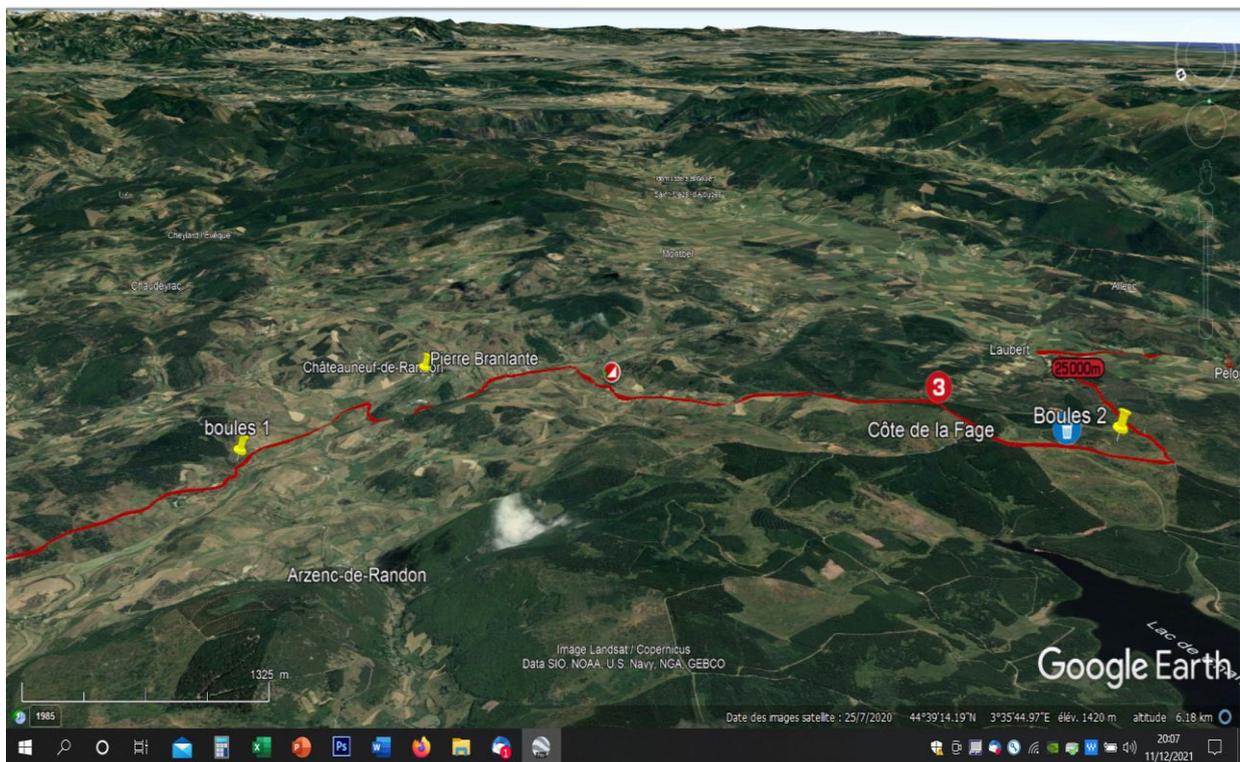
De gauche à droite : de simples fractures permettent à l'eau de circuler et d'altérer tout doucement la roche (les 2 blocs suivants. Finalement, seuls subsistent les grains de quartz. Les arêtes des blocs s'émoussent et des blocs arrondis semblent reposer les uns sur les autres.

Depuis la vallée de l'Allier et le bas de la côte de Grandrieu, le trajet du Tour traverse (sur une quarantaine de km) le granite de la Margeride, **un des plus grands massifs**

granitiques de France. La morphologie de surface des granites est souvent constituée de boules, formant parfois de véritables chaos, visibles du sol ou d'hélicoptère.

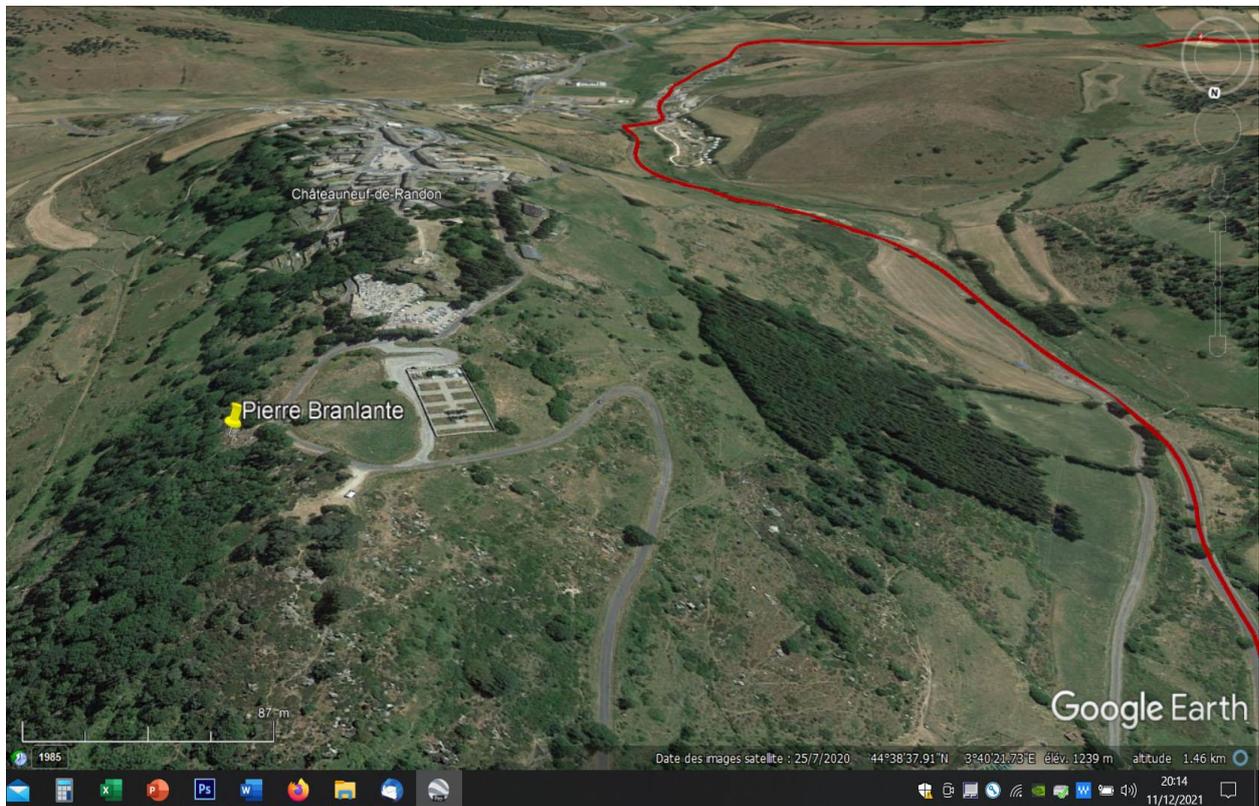


Chaos granitique tel qu'il est possible d'en voir le long de la route



Localisation de 3 sites à boules granitiques

<u>boules 1</u>	<u>Localisation : 44°39'51.39"N, 3°39'54.45"E</u>
<u>Pierre Branlante</u>	<u>Localisation : 44°38'39.24"N, 3°40'29.67"E</u>
<u>Boules 2</u>	<u>Localisation : 44°36'19.41"N , 3°36'9.53"E</u>

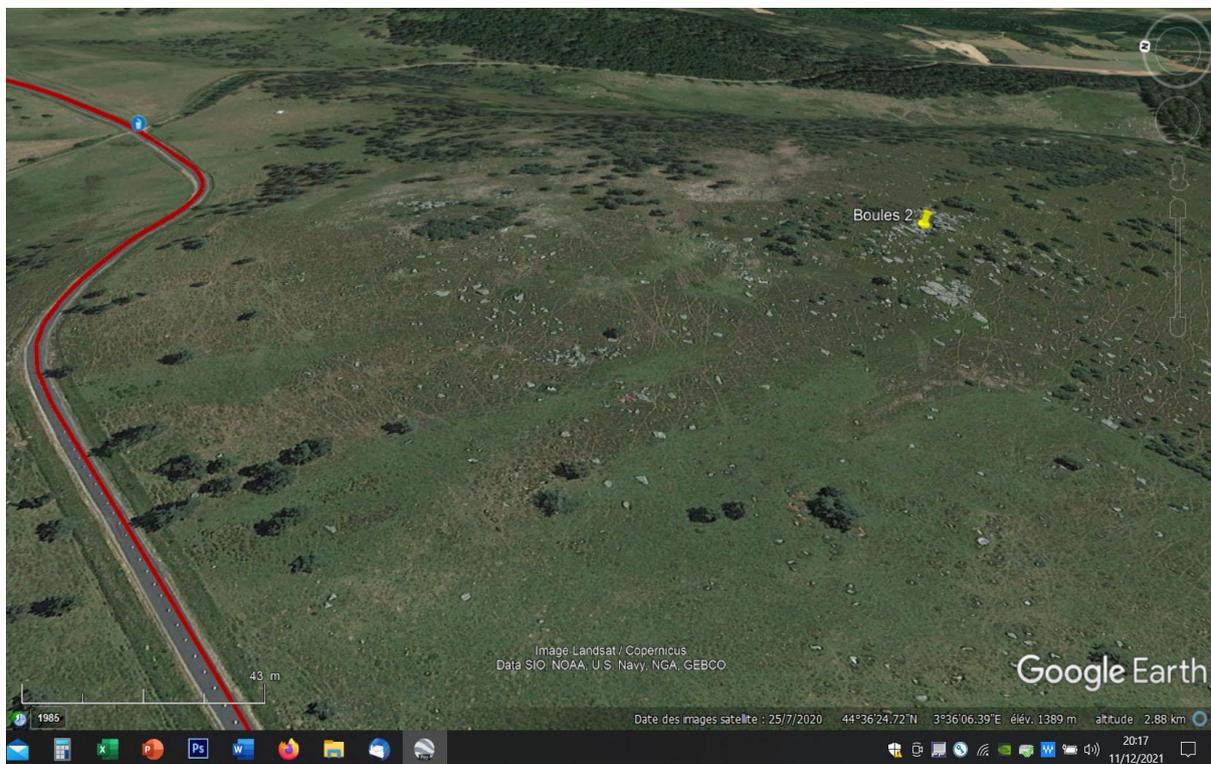


Le site de la Pierre Branlante de Châteauneuf de Randon, [Pierre Branlante.kmz](#) [Localisation : 44°38'39.24\"/>](#)

2 sites dans la nature où de belles prises de vue sont possibles (boules 1 et boules 2) ainsi qu'un site touristique juste à côté de Châteauneuf-de-Randon où une des boules d'un chaos qu'on peut ébranler en poussant dessus (la pierre branlante).



La Pierre branlante de Châteauneuf de Randon, bizarrerie naturelle (forcément) associée à une légende du Chevalier Roland ou avec Gargantua . © Ancalagon cc-by-sa 3.0



Exemple de site où l'hélicoptère pourrait voir de belles boules : Le site de Boule 2

[Boules 2.kmz](#) Localisation : [44°36'19.41"N, 3°36'9.53"E](#)

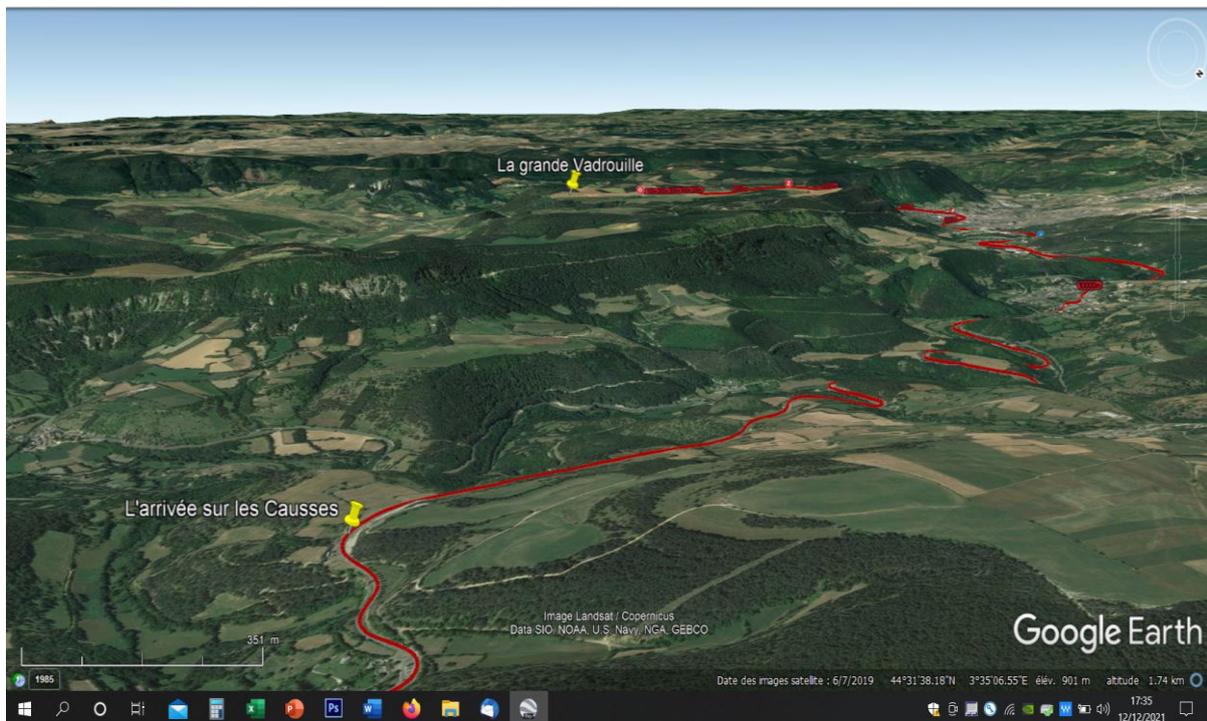
Les Causes de la Grande Vadrouille (2 punaises)

A l'approche de Mende on retrouve des paysages calcaires : les Causes

Le célèbre film La Grande Vadrouille⁷ se passe en grande partie en **Bourgogne**, dans les environs de Meursault.

Les côtes de Bourgognes sont constituées de calcaire. Mais certaines scènes extérieures nécessitaient des reliefs plus importants que ceux de Bourgogne, en particulier pour les scènes tournées dans le labyrinthe rocheux, et la scène de l'envol du planeur à la fin du film.

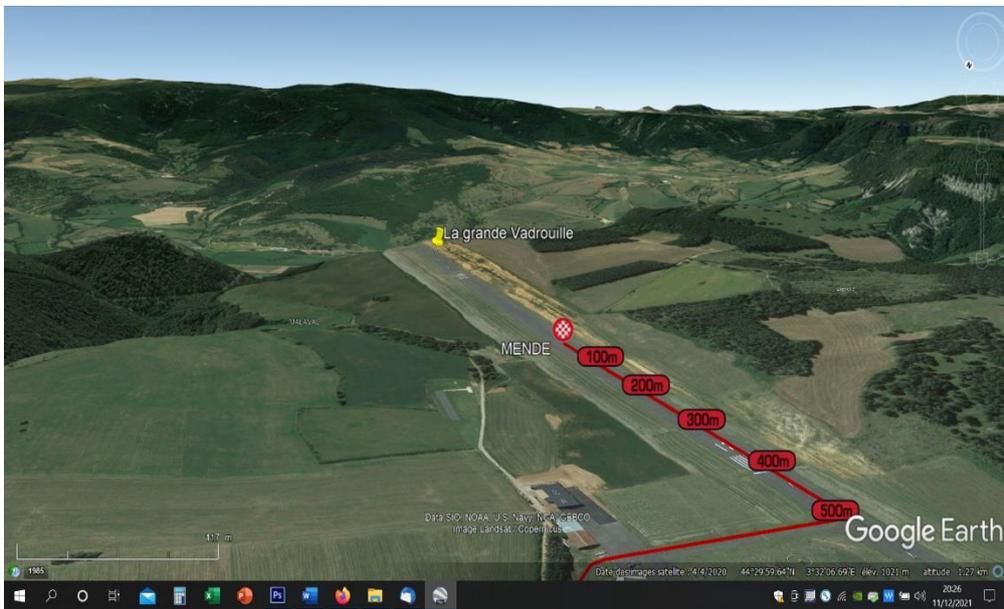
Les réalisateurs ont donc cherché des paysages ressemblant à ceux de Bourgogne, mais en plus accidentés, avec des labyrinthes rocheux et une piste d'aéroport en haut d'un versant escarpé. De nombreuses scènes furent tournées dans le Massif Central (Cantal, Aveyron et Lozère). La scène de l'envol du **planeur fut tournée sur l'aéroport de Mende**, l'arrivée de cette 14^{ème} étape



Regard vers le sud

L'arrivée sur la région des Causes

Position de la punaise « L'arrivée sur les Causes » : lat. 44°32'7.03"N, long . 3°36'18.79"E



[La grande Vadrouille](#)

[Localisation de la punaise « la grande vadrouille » : lat. 44°29'53.85"N, long 3°32'19.33"E](#)



15^e étape (17 juillet) Rodez - Carcassonne 200 km

On quitte le Massif Central, et ses ressources énergétiques (charbon, abandonné) et minérales (grès rose, fluor, plomb ...) pour continuer sur les sédiments récents occitans.

Grès rose de Rodez

Rodez est marquée par la **couleur rose de son grès** : ancien sable consolidé, riche en fer, qui s'est déposé il y a env. 250 millions d'années. Le même que celui qui colore Collonges-la-Rouge (Corrèze), Strasbourg, le château du Haut-Kœnigsbourg (Alsace) et Épinal en Lorraine (voir 7^e étape). Un bâtiment emblématique à Rodez est sa cathédrale



La cathédrale de Rodez en grès rose du Trias © Th de Villepin, CC-BY-SA 3.0

Des mines

De Rodez à Albi : La région a fourni beaucoup de **minerais** : fer, cuivre plomb, blende (minerai de zinc), barytine, tungstène et fluorine. Au début du XXI^e siècle seules les mines de **fluorine** étaient encore en fonctionnement ; sur trois sites, elles assuraient **90 % de la production française** et la réserve estimée à 5 600 000 tonnes est importante au niveau mondial. L'exploitation a cessé en 2005. La fluorine est le principal minerai de fluor, qui sert entre autre à fabriquer du **téflon** (les poêles téfal, à « fluorer » le dentifrice).



Gauche : Fluorine de la mine d'Alban © D. Descouens, Muséum de Toulouse
Droite : Pyromorphite⁸ de Saint-Salvy-de-la-Balme. © Rob Lavinsky, CC-BY-SA-3.0

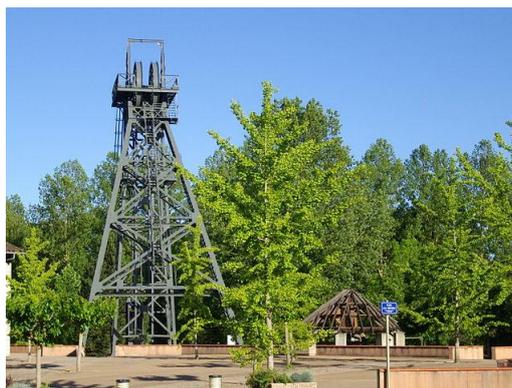
Le seigle des roches "acides"

Cassagnes-Bégonhès : on y trouve des chênes (→ Cassagnes)
et une culture liée à son sol acide (granites) : le seigle (région du Ségala)

Charbon de Carmaux

Juste avant Albi, avant de quitter le socle ancien, le Tour passe à proximité d'anciennes mines, notamment de **charbon** à Carmaux, lieu de luttes sociales célèbres (avec **Jean Jaurès**)

Le charbon du bassin de Carmaux est utilisé au Moyen Âge par les agriculteurs qui le **remontent à la surface avec leur charrue**. L'exploitation rationnelle à grande échelle dans des galeries dure du XVIII^e siècle aux années 1980. La fermeture des puits, en 1987, est remplacée par une mine à ciel ouvert qui fonctionne de 1989 à 1997. À cette date, toute exploitation cesse malgré la réserve encore importante. La mine à ciel ouvert a été transformée en base de loisir sportif (Cap'Découverte)



Chevalement du puits de Sainte-Marie (1922) © Philichel, dom public



Carmaux est célèbre pour sa **révolte de mineurs en 1892-95** (Journal Illustration) et la première, qui toucha les mines de charbon françaises et qui est supposée avoir fortement influencé **Jean Jaurès** (statue à Carmaux).

Argile et calcaires permettent les céréales, les roches métamorphiques n'autorisent que la forêt et les prairies

Vers Albi le Tour rejoint des terrains récents constitués d'argiles, de galets et de parties calcaires favorables aux cultures **céréalières**. Ces molasses sont des formations détritiques continentales dont les éléments ont été arrachés par l'érosion aux Pyrénées, au dôme de la Grésigne et au Massif Central.

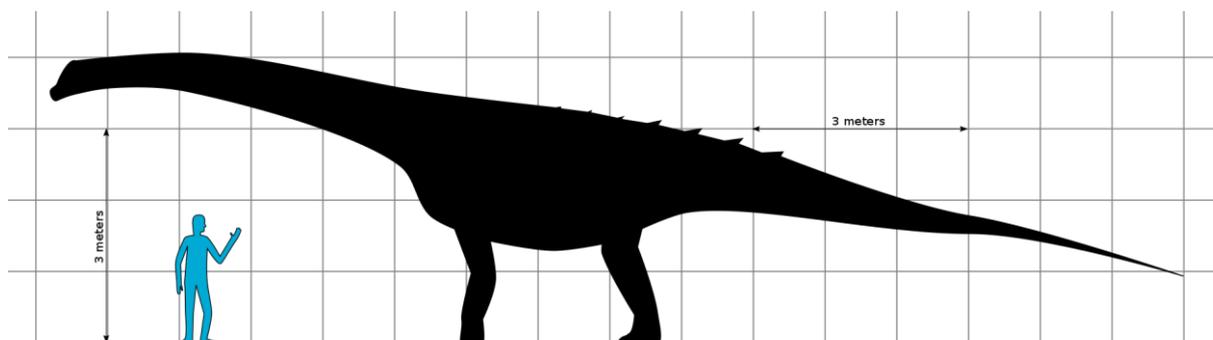
De Revel à Conques-sur-Orbiel, la route gravit les contreforts de la Montagne Noire, constituée de roches métamorphiques d'âge Primaire. Les champs de céréales des terrains sédimentaires ont laissé la place à la **forêt** et aux **prairies**.

16^e étape (19 juillet)
Carcassonne - Foix
179 km

Les sédiments issus de l'érosion des montagnes offrent de terres propices à la vigne. La pénétration dans les Pyrénées nous met en contact avec des roches issues du manteau terrestre (des serpentinites, préjudiciables aux arbres).

Ampelosaurus : le "saurien des vignes"

Le Tour quitte Carcassonne en roulant dans les **molasses** sur lesquelles des **vignes** poussent et sur des terrains dans lesquels vivaient, il y a 70 millions d'années, des dinosaures comme en témoignent les restes trouvés, notamment à Limoux l'Ampelosaurus (= lézard des vignes)
Ces dinosaures sont exposés au musée d'Espéraza.



Ampélosaurus de Limoux, un beau bébé de 15 tonnes (20 m de long, 4 m de haut)

Une roche : mondialement connue mais opposée aux arbres

En bas du Port de Lers, au cœur des Pyrénées ariégeoises : **l'étang de Lherz** (ou Lers, ou Lers). La roche qui s'y trouve est **connue dans le monde entier** car il s'agit d'un **étalon pétrographique** : la lherzolite (roche du manteau terrestre arrivée en surface à cause de la tectonique).

Cette roche est triplement particulière :

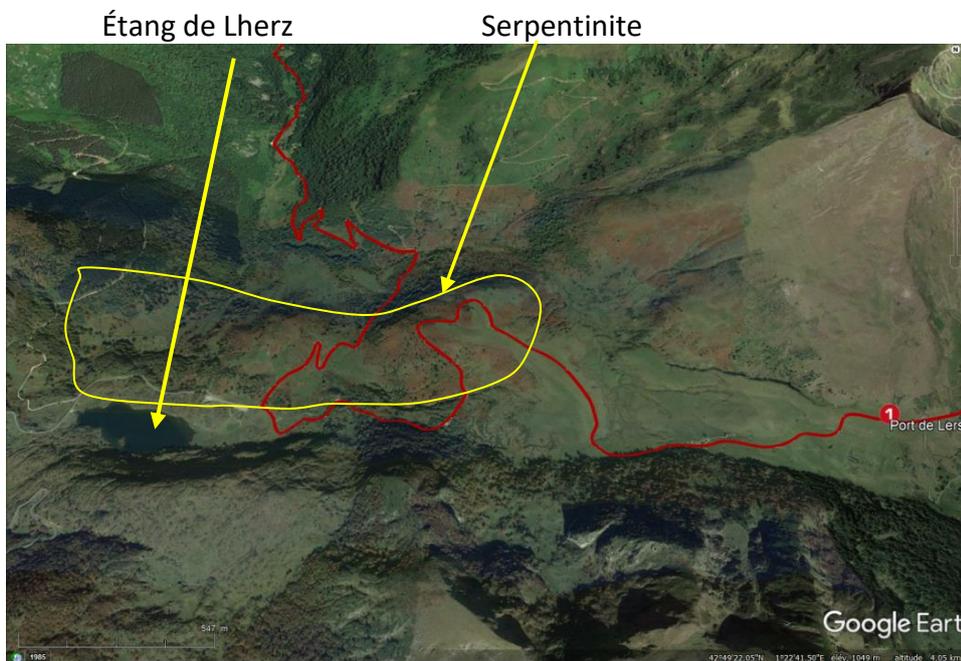
- 1- étalon international d'une roche du manteau terrestre
- 2- quand cette roche s'altère elle donne de la **serpentine** (ressemble à une peau de serpent) : sur laquelle **ne pousse aucun arbre** ! c'est vrai partout dans le monde
- 3- et cette transformation dégage de l'hydrogène : très étudié car pourrait représenter une nouvelle **source d'énergie PROPRE** !)



Serpentine utilisée en pierre de parement d'un hôtel © P. De Wever



L'étang, le port de Lherz et la surface brune en relief de la Iherzolite vus depuis le Mont Béas. Les zones entourées, faites de serpentinites, sont dépourvues d'arbres



Les parties rouges, dépourvues d'arbres correspondent aux Iherzolites, ces roches du manteau qui sont défavorables aux pousses d'arbres



Contraste entre les marbres blancs (avec arbres) , au premier plan et la Iherzolite brun-rougeâtre (sans arbre) au sud de l'étang de Lherz.

17^e étape (20 juillet) :
Saint-Gaudens - Peyragudes
130 km

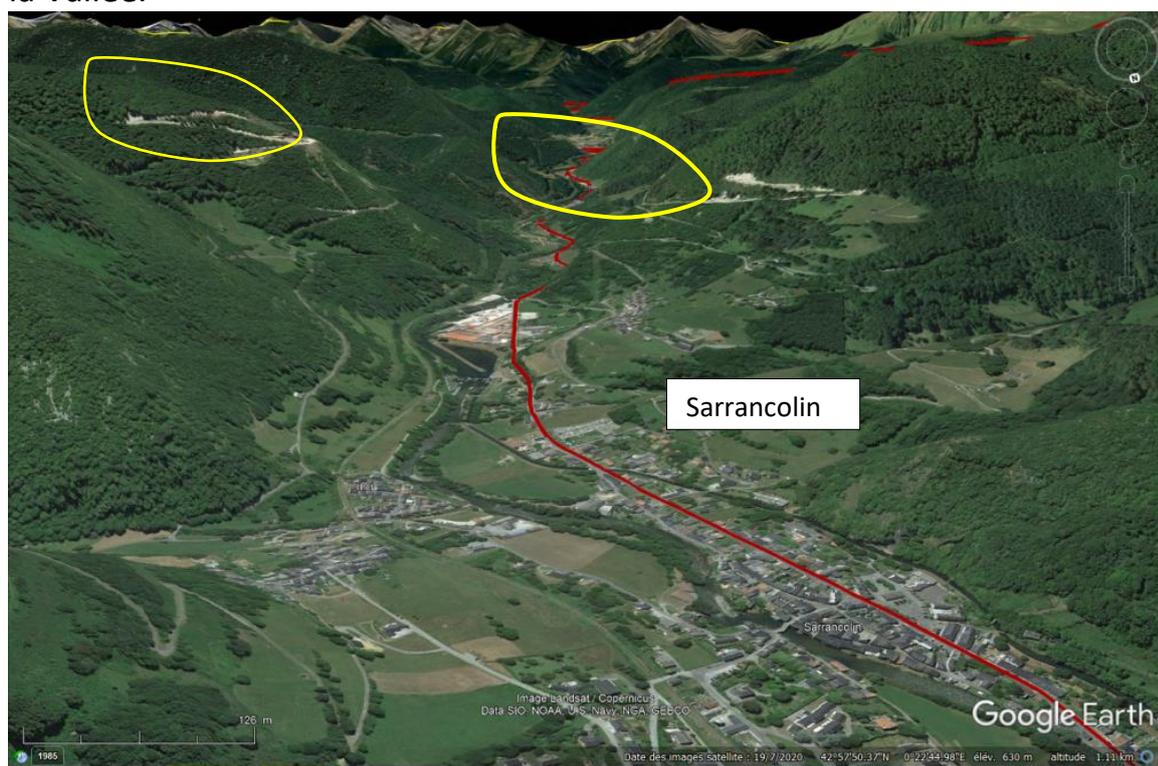
Étape des marbres de décoration réputés Sarrancolin, Campan

Étape de "marbres" de décoration
(Sarrancolin, Payolle)

((Désolé Franck, une fois de plus les marbres de Sarrancolin, mais tu n'en as pas parlé depuis 2018 -et ils sont mondialement connus--))



On longe le front Nord-Pyrénéen de Saint-Bertrand-de-Comminges jusqu'à La Barthe-de-Neste. De là on fonce droit dans les Pyrénées et en particulier à Sarrancolin : juste après le village : des **carrières de marbre** de part et d'autre de la Vallée.



Les carrières du "marbre" de Sarrancolin sur les 2 flancs de la vallée (poitillé jaune)

A 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 (photo). Aujourd'hui cette pierre est exportée pour participer à la magnificence des palais de la **péninsule arabe, 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 béchiques 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). En 1749, 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. Décidemment, après le Bec de l'Échaillons (13^e étape), ce Tour 2022 est celui de l'Opéra Garnier

Aujourd'hui on les trouve au Casino de Macao, dans des **immeubles de luxe** à Shangai, chez de richissimes 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.

Un autre site célèbre : Les marbres de Payolle, Campan

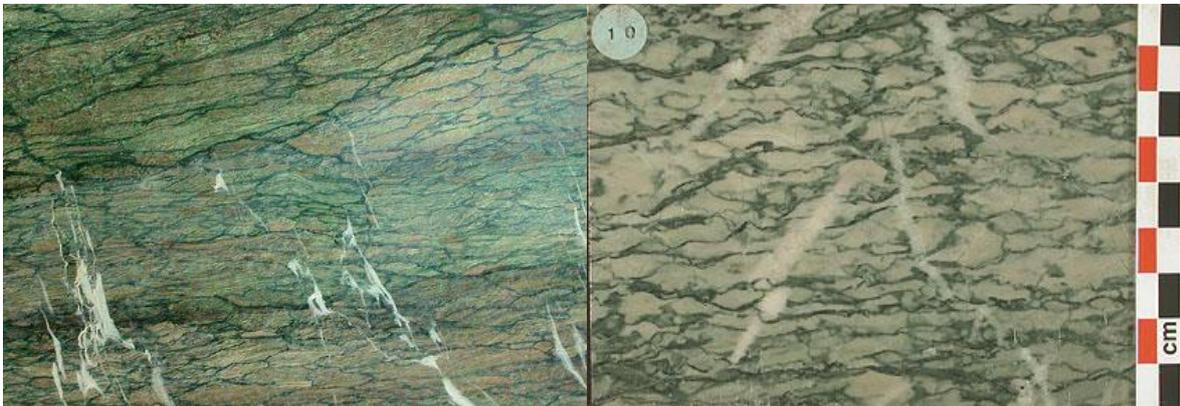
(juste après la montée vers l'Aspin)

Au voisinage du Lac de Payolle se trouvent les carrières d'Espiadet d'où est extrait le **marbre de Campan**. Il s'agit là d'un **calcaire dit amygdalaire** transformé par le métamorphisme lié à la mise en place des masses granitiques du Néouvielle. Cette carrière fut très active du XVII^e au XIX^e siècle. Elle est active à nouveau.

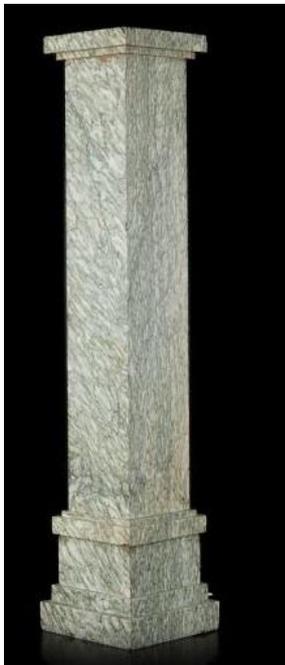


Gauche : Versailles, colonnes en "campan rubané"

Droite : Futs des colonnes en marbre de Campan (base en pierre d'Angoulême) Église paroissiale du Sacré Cœur, La belle Lourdes



Marbre de Campan" visibles près de lac de Payolle



Les blocs du marbre de Campan étaient d'abord remontés par charrois 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 à Sarrancolin sur des radeaux de troncs d'arbres, descendaient la Neste d'Aure et ensuite 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, mais également pour beaucoup de décors de panneaux muraux, en raison des très grandes qualités picturales de ses motifs. Ainsi, **l'Escalier de la Reine** est principalement décoré de placages de Campan vert et de Campan grand mélange.



Cheminée du Salon Frais au Trianon de Versailles, Campan Grand Mélange
Colonnes en Campan Grand Mélange dans la cour de Trianon(Versailles)



Détail du Campan rubané Détail du Campan rose et vert

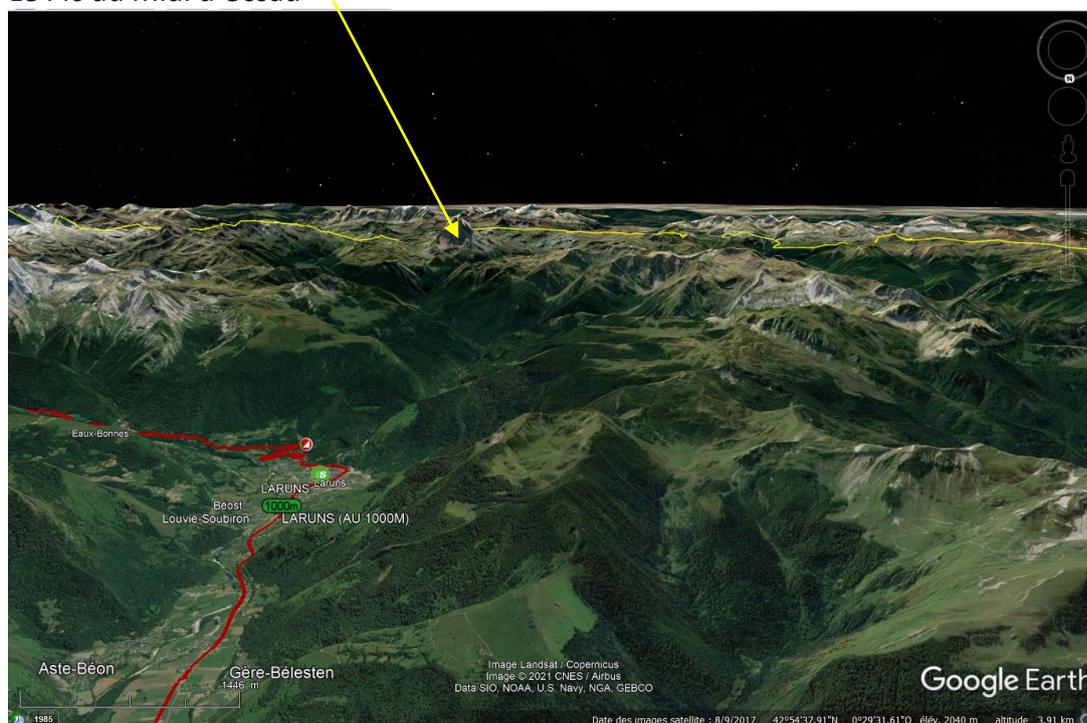
18^e étape (21 juillet) : Lourdes - Hautacam 143 km

Étape très animée, la priorité sera à la course

Une incursion au cœur de Pyrénées nous fait passer au centre de ressources minérales diversifiées qui en ont faite la richesse au XIX^e siècle

Pic du Midi d'Ossau : un ancien volcan

Le Pic du Midi d'Ossau

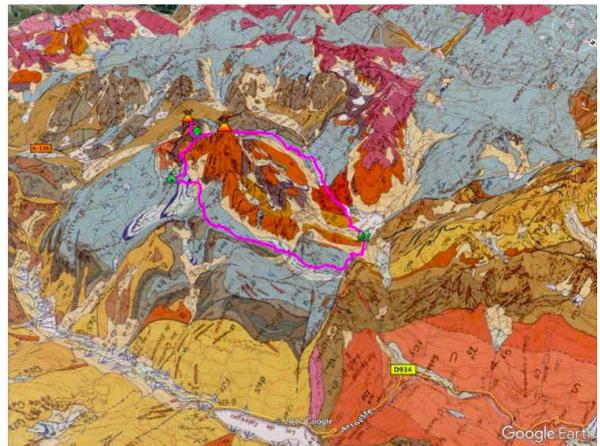


Dans le prolongement de la vallée qui conduit à Laruns : le pic du Midi d'Ossau, les restes d'un ancien volcan

Le pic du Midi d'Ossau est un **fragment d'un ancien volcan**, formé d'une caldeira dont le diamètre original est estimé entre 6 et 7 km. La majeure partie du pic est constituée de laves très visqueuses. Cet ensemble date de l'ère primaire (près de 300 millions d'années, Autunien)



Vue sur le pic du Midi d'Ossau depuis le lac Gentau © capbourrut, CC-BY-SA 4.0



Pic du Midi d'Ossau – Système volcanique Permien.

Le cœur des Pyrénées : des eaux, des métaux

Un succès économique au XIX^e siècle avec ses mines et son hydrothermalisme.

Eaux-Chaudes : une géologie complexe.

La présence d'une grande faille et de roches granitiques en profondeur expliquent les eaux thermales d'Eaux Bonnes.

Le village a connu une grande expansion au XIX^e siècle avec la mode du thermalisme, mais il fut aussi célèbre pour le développement de son "pyrénéisme" : pratique de la nature et du thermalisme, non pour des exploits physiques mais **pour un enrichissement culturel** (l'esprit au-dessus du physique).

À Ferrière ? le fer, bien sûr !

Les gisements de fer de Ferrières sont encaissés dans des calcaires de l'ère primaire (il y a env. 400 millions d'années : Dévonien), ils ont été exploités jusqu'en 1962 et ont produits env. 650 000 tonnes.

Argelez Gazoste :

Cette zone des Pyrénées est particulièrement riche en eaux **thermo-minérales** et de nombreuses sources sont exploitées. Les principales stations thermo-minérales sont : Argelès-Gazost, Beaucens, Cauterets, Luz-Saint-Sauveur.

En outre, des indices et gisements de **minerais métalliques (zinc, plomb, cuivre, fer, tungstène)** connus dans la région sont nombreux. Les principaux d'entre eux se signalent par des travaux plus ou moins anciens, sauf en ce qui concerne le **tungstène**, dont l'utilisation et la **découverte du minerai sont modernes.**

19^e étape (22 juillet) : Castelnau-Magnoac - Cahors

189 km

Castelnau, Auch, Fleurance, traversée de la Garonne à Auvillar, vers Campayrac on retrouve les terrains calcaires des Causses

Une longue traversée du bassin aquitain sur les produits de l'érosion des Pyrénées : molasses, graviers, galets, se retrouvent dans l'architecture. Juste avant l'arrivée, au Jurassique nous aurions pu atterrir sur une plage au milieu de Ptérosaures.

Des argiles et galets marquent l'architecture

De Castelnau à la Garonne: produits de la destruction des Pyrénées ; argiles, sables et galets
→ maisons en pisé/torchis et galets



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, adobe, bauge ou torchis :

les techniques de la construction en terre crue

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 mâchefer (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 sub-saharienne et en Amérique latine, 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.

La Gascogne gersoise présente un patrimoine marqué par les douces ondulations du territoire gersois. Sillonnées de cours d'eau, soumises à un climat clément, ses riches terres argileuses l'ont tôt vouée à l'agriculture, une activité qui a profondément marqué son bâti traditionnel.

«Gascogne bossue», «Fille des Pyrénées », le Gers présente un relief vallonné de collines, de coteaux et de plaines, dont les ondulations régulièrement répétées rythment le paysage.

Festival Ciel et Espace de Fleurance (et un astéroïde)

Une quinzaine de km après Auch

Cette ville accueille pendant une semaine, début août, le festival Ciel et Espace, **festival d'astronomie, le plus important de France** qui rassemble plus de 20 000 mille participants.

Depuis le 4 août 2017, l'**astéroïde** (349606), de la ceinture principale d'astéroïdes et découvert en 2008, est **nommé Fleurance** en l'honneur de la ville qui accueille la manifestation.



Le dôme de Fleurance et enfants en observation lors du festival

© Collection Tourisme Gers/A Ciel Ouvert

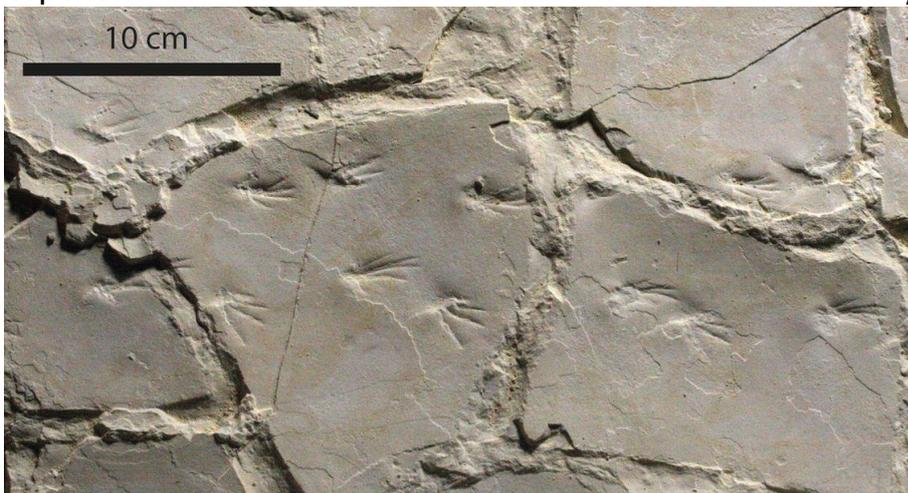
Quelques km avant Cahors, le Tour passe près du méandre de Luzech (sur le Lot). Ça devrait être très joli vu d'hélicoptère [Méandre de Luzech.kmz](#)

Crayssac : la Plage aux Ptérosaures

À mi-chemin entre Lusech et Cahors, nous passons à proximité de Crayssac (Lot). Dans une carrière un calcaire de bonne qualité (la "pierre de Crayssac") est extrait pour le dallage, le parement ou comme moellon de construction.

Mais surtout y a été identifiée la **plage aux ptérosaures (= des sauriens avec des ailes)**. Découverte exceptionnelle où l'on voit des traces et des « pistes d'envol » de ces reptiles volants du Jurassique (il y a 150 millions d'années) et beaucoup d'autres traces.

À la fin du Jurassique, dans un golfe donnant sur l'Atlantique, s'étendait une lagune : vasière littorale de boue, inondée à marée haute, les animaux venaient y chercher leur nourriture. Ils nous ont laissé des traces. Quarante espèces d'animaux datant d'environ 140 millions d'années y ont été identifiées.



Traces de Ptérosaures dans l'ancienne boue calcaire © Paleoauquitania



Reconstitutions de Ptérosaures en l'air et au sol (il se déplace sur 4 appuis).

20^e étape (23 juillet) :
Lacapelle-Marival - Rocamadour
(chrono individuel, 40 km)

Du grès rouge de contreforts du Massif Central, au calcaire blanc des Causses.

Les grès roses annonciateurs du retour de la mer, il y a près de 250 millions d'années

Les grès sont de même type et de même âge que ceux vus en Lorraine (7e étape), à Rodez (15e étape) et que l'on connaît aussi en Alsace (cathédrale de Strasbourg) en en limousin (à Collonge-la-Rouge en Correze)

Ce chrono quitte les contreforts du Massif Central (grès roses) pour se dérouler sur les Causses du Quercy

Lacapelle-Marival est un village entouré au nord-est de collines boisées des premiers contreforts du Massif central. Le bourg est traversé par un petit **ruisseau**, le Francès, qui se perd au contact du Causse de Gramat, au sud-ouest, à Théminettes. Les eaux forment ensuite l'Ouyse souterraine. Sur le **socle, le grès est imperméable, la rivière coule, mais avec le calcaire du Causse, rongé par le karst, les eaux s'y perdent**

Les sédiments qui reposent sur le socle du Massif Central sont des grès roses qui datent de 250 millions d'années (les mêmes que ceux vus en Lorraine).

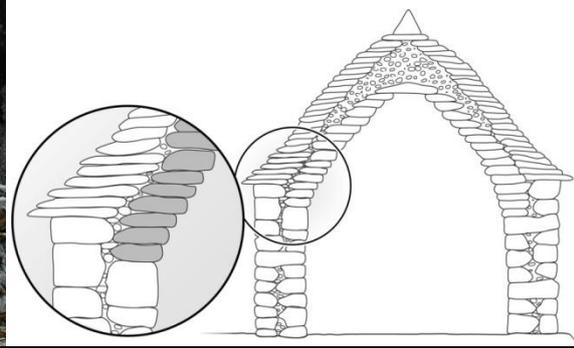


La mairie accolée au château en grès rose du Trias © Mossot, cc-by-sa 3.0

L'habitat du Quercy calcaire est assez typique

La gariotte des bergers

Une des originalités des causses de ce secteur (Causse de Gramat, de Martel, de Limogne), sont les **architectures de pierre sèches** qui ont servi à l'édification des caselles (de *casella*, petite maison) ou gariottes⁹ (de guérite). Ces constructions, généralement rondes, à la toiture conique, utilisent largement des lauzes façonnées dans les calcaires en plaquettes. Elles sont montées généralement sans mortier, avec des pierres d'extraction locale. Leur toit conique est monté sans charpente par encorbellement



Gariotte de Nouel à Lalbenque. Cette ancienne bergerie en pierre sèche, à toit conique, cernée d'un muret pouvait accueillir une quinzaine de bêtes. © Jon Lanthanberg CC BY-SA 3.0,

Mode de construction d'une cazelle

Le bolet du Quercy (balcon couvert)

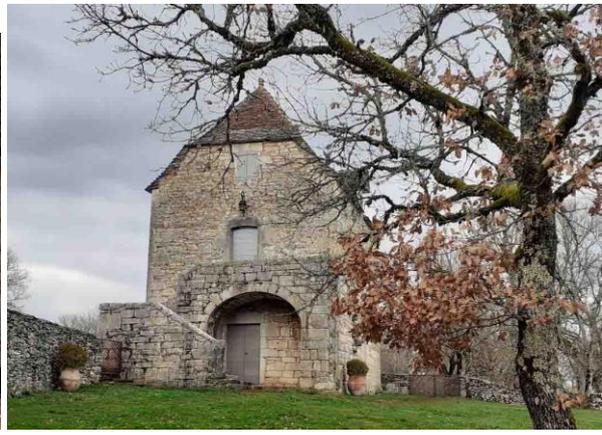
En Quercy, outre les maisons les plus modestes constituées d'un parallélépipède avec une seule pièce les habitats caractéristiques montrent un escalier externe pour aller à l'étage, souvent avec un "bolet" sur le palier, balcon couvert servant à la fois d'espace d'accueil ou pour des tâches salissantes. Une sorte de tour, ou un pigeonnier est souvent accolé.

La pierre calcaire locale est l'élément identitaire du bâti.

Très souvent, outre un four à pain accolé à l'habitation rurale, un pigeonnier, une grangette et d'autres dépendances à vocation agricole se trouvent autour de la maison. Les toitures à faible pente sont en tuiles romanes.



Gauche Bollet des Causses © Ch Giusti



Droite : Grande bâtisse avec bolet élevé. Le rez-de-chaussée est réservé aux animaux et un grenier à foin domine l'habitation (Lot) © JP Cadet

Les tours caussenardes

Quand les propriétaires pouvaient se le permettre, ils accolait souvent un pigeonnier, ou une simple tour à leur habitation. Le plus souvent carrée, comme la maison, cette adjonction est parfois ronde. Cette association donne ce cachet typique au Quercy



Gauche : Maisons vues depuis la montée au belvédère (Gourdon, Lot) © Thérèse Gaigé, cc-by-sa 4.0



Droite : La tour qui prolonge la maison est ici intégrée comme partie de l'habitation . Marcilhac-sur-Célé © JP Cadet



Pigeonnier massif donnant une idée de solidité à la ferme. La pierre calcaire jaune est typique de cette partie du Périgord. Champagnac © Martin Haeusler cc-by-sa 3.0

21^e étape (24 juillet) :
Paris La Défense Arena - Paris Champs-Élysées

112 km



"*Paris sera toujours Paris*" a chanté Maurice Chevalier, mais Paris n'a pas toujours été Paris?   

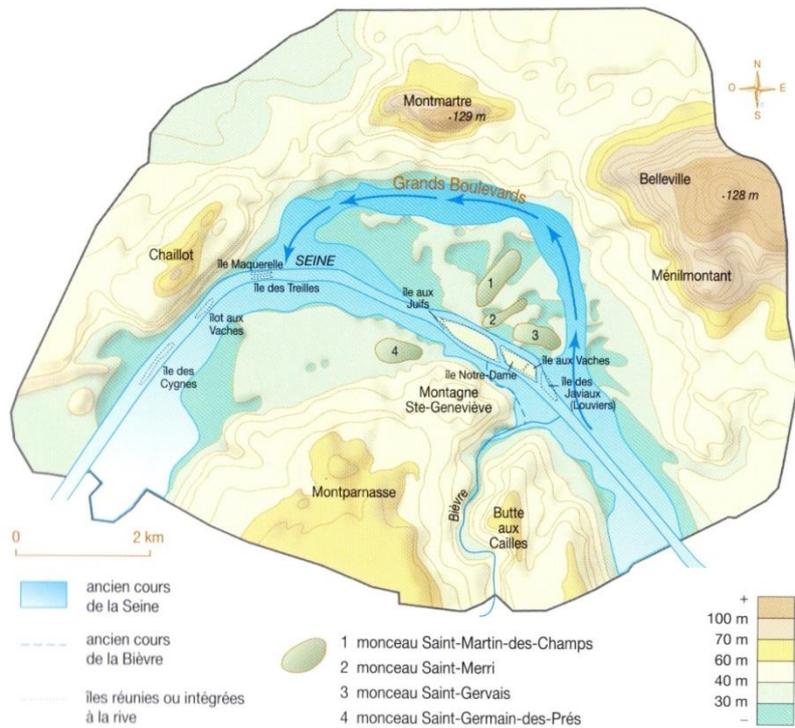
 "**Sous le pont Mirabeau coule la Seine**"  

a chanté Marc Lavoine , sur les paroles de Guillaume Apollinaire , mais , sans compter que le nom devrait être l'Yonne¹⁰, la Seine ne fut pas toujours à l'emplacement que nous lui connaissons aujourd'hui.

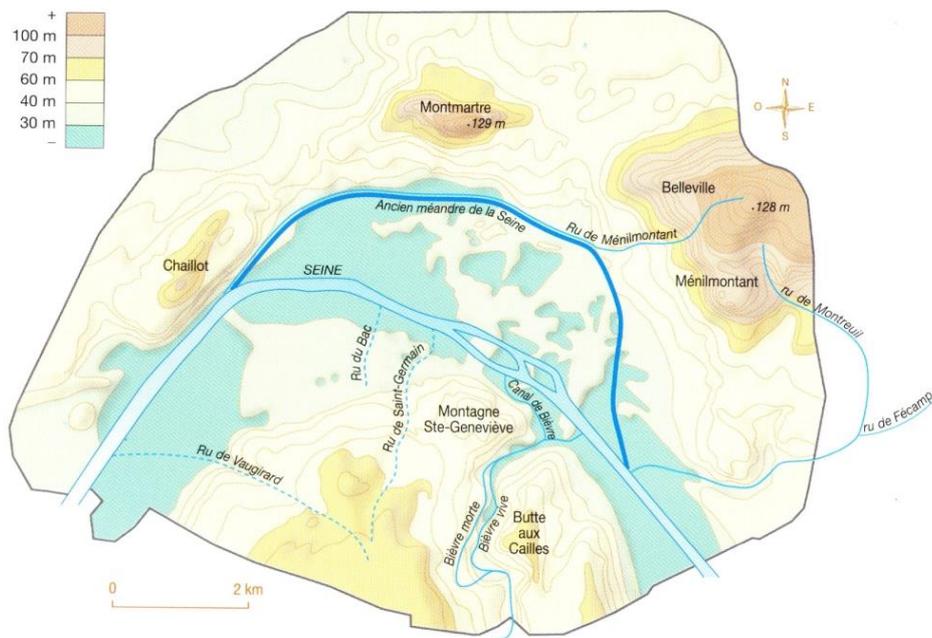
Avant le Néolithique (6 000 à 10 000 ans avant notre ère) elle passait par la gare de Lyon, la **Bastille, les Grands Boulevards**, jusqu'à l'Alma où il rejoignait le bras sud (= cours actuel).

Ce bras nord coulait donc **au pied des collines de Ménilmontant, de Belleville, des Buttes-Chaumont, de Montmartre et de Chaillot**. Son tracé fossile correspond approximativement à celui des grands boulevards de la rive droite. Le méandre était occupé par diverses îles, instables comme celles que l'on connaît sur la Loire ou dans l'estuaire de la Garonne (Ile Verte, Ile de Patiras). Avec le temps, vers le Néolithique **le méandre fut coupé et la Seine prit son cours actuel**. Ses nombreuses îles les moins instables furent rehaussées avec des remblais (une dizaine de mètres) pour éviter les inondations.

10 Selon les règles géographiques, lorsque deux cours d'eau se rejoignent, celui qui possède le plus gros débit à cet endroit-là est considéré comme le cours d'eau principal, tandis que l'autre est considéré comme son affluent. Or, au point de confluence de la Seine et de l'Yonne, (à Montereau-Fault-Yonne, en Seine-et-Marne), l'Yonne possède un débit de 93 m³/seconde... contre 80 m³/seconde pour la Seine ! C'est donc la Seine qui se jette dans l'Yonne, et pas l'inverse.

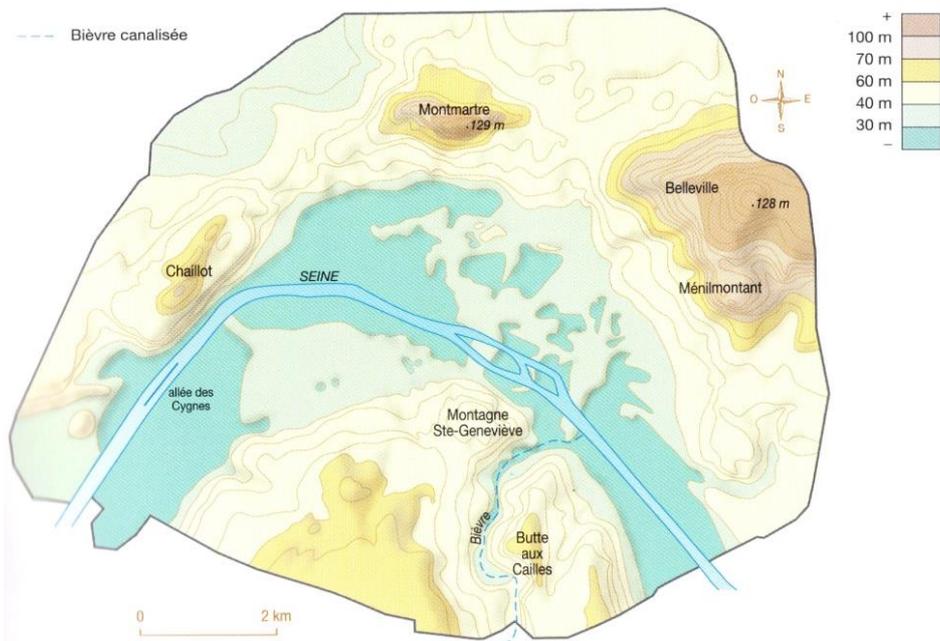


Cours du fleuve Seine avant le Néolithique (vers le Nord)

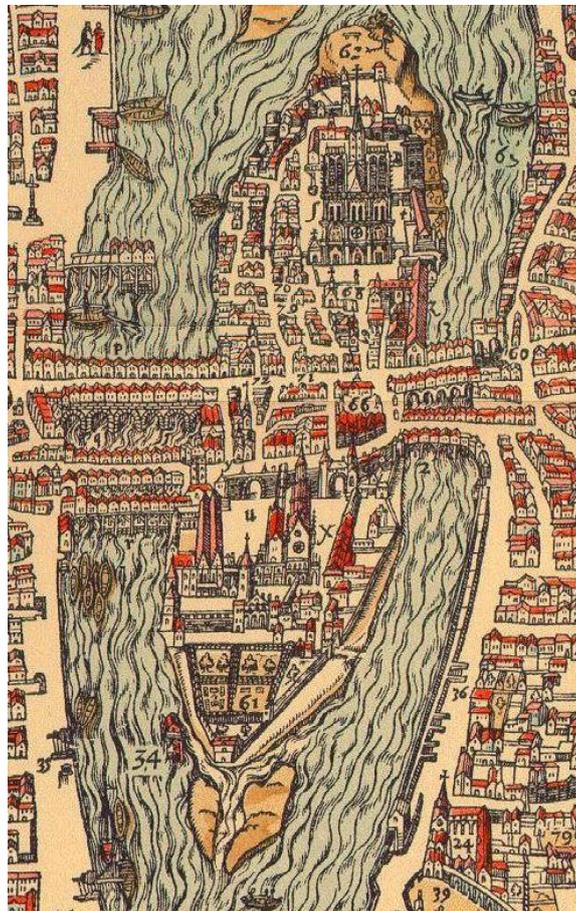


Le méandre est coupé, l'ancien cours s'envase, d'autant plus qu'il est alimenté par des sédiments qui arrivent avec les rus qui descendent de Montreuil, Mémilmontant... . Les zones instables des îles de la cité deviennent des lieux de refuge, protégés d'éventuels assaillants par les eaux.

Au Haut Moyen Age restait une zone de marais quand la Seine prend son lit actuel qui restait une zone inondable lors des grandes crues. Les marais sont asséchés au XII^e siècle. Puis les bras d'eau séparant les îles qui constituent le centre de Paris sont remblayés ainsi le Square du Vert Galant résulte du comblement entre l'île aux Juifs (cf. buchers des juifs et du Gd Maître Jacques de Molay) et l'île aux vaches donnant l'île de la Cité



Lors de la grande crue de 1910 les anciennes zones basses ont été envahies.



L'Île aux Juifs (en bas de l'île de la Cité, sur la droite) et l'Île aux vaches sont réunies en **1607** pour former un ensemble et le square du Vert-Galant
Plan de Belleforest (1575) © dom public