



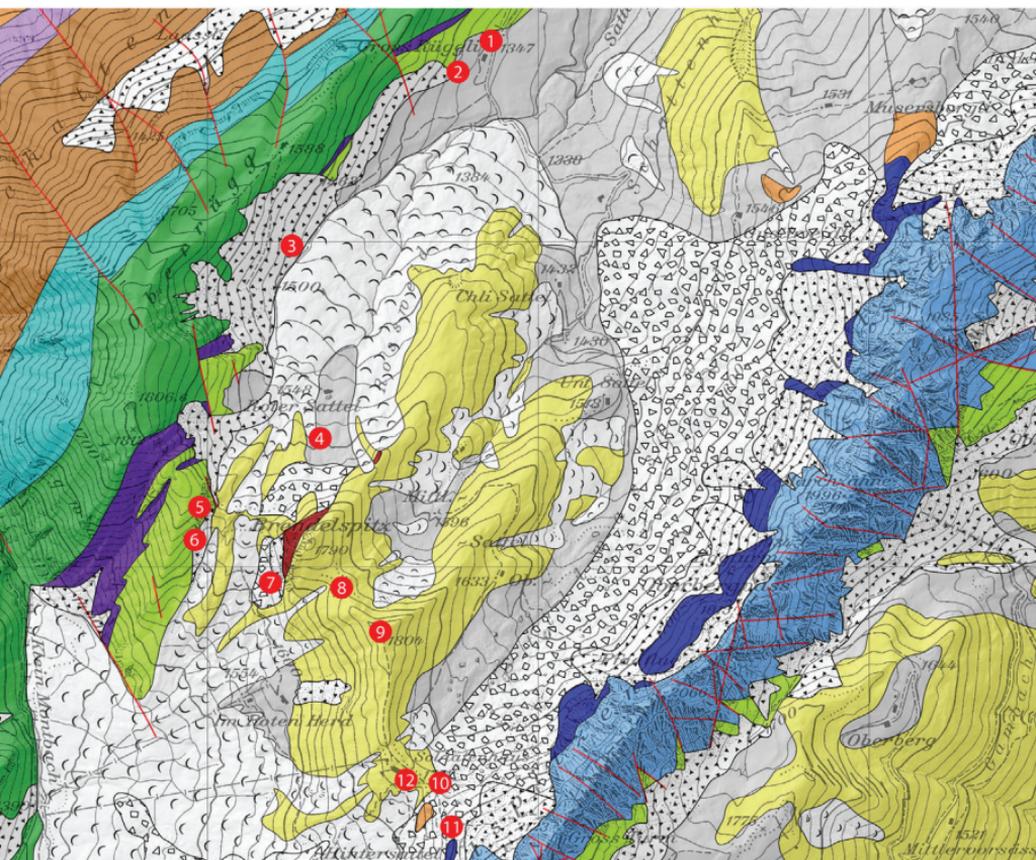
# Sentier géologique des Gastlosen

Luc Braillard et Daniel Rebetez





# Carte géologique



Carte géologique avec les différents postes d'observation

500 mètres

## Pr. Médianes plastiques

-  Couches Rouges
-  Fm de l'Intyamon
-  Calcaires Plaquetés
-  Calcaires Massifs
-  Calcaires et marnes
-  Calcaires spathiques
-  Dolomies

## Pr. Supérieures

-  Flyschs
-  Radiolarites
- Pr. Médianes rigides**
-  Couches Rouges
-  Calcaires Massifs
-  Couches à Mytilus
-  Dolomies, cornieule, gypse

-  Postes
-  Failles

## Quaternaire

-  Eboulis
-  Eboulement, écroulement
-  Glissement de terrain
-  Moraine

## Préface

De par la beauté des paysages et le calme qui y règne, la région des Gastlosen est une destination touristique prisée qui attire chaque été de nombreux promeneurs et grimpeurs. Or, cette partie des Préalpes présente également un grand intérêt géologique : la chaîne des Gastlosen et les roches de Roter Sattel figurent, en effet, à l'inventaire des géotopes d'importance nationale. Toutefois, cette richesse reste le plus souvent méconnue du grand public et c'est là toute l'ambition de ce sentier : faire découvrir à chacun les secrets géologiques de cette région.

L'origine du sentier remonte à l'été 1995, à l'occasion des 50 ans du Chalet du Soldat, dont j'avais l'honneur de présider la Fondation. Des ateliers destinés au public avaient alors été organisés. Celui qui traitait de la géologie, animé par Christian et Michèle Caron, avait connu un franc succès. Ainsi a germé l'idée de ce sentier didactique. Après l'établissement d'un concept général et d'un itinéraire provisoire par Raymond Plancherel, le projet est resté en gestation une dizaine d'années. Il a été réactivé par l'association «IGF - Itinéraires géologiques fribourgeois».

La présente brochure, qui peut être consultée chez soi en guise d'invitation à la balade, mais qui sera surtout utile au randonneur sur le terrain, a été réalisée par Luc Braillard et Daniel Rebetez. Tous deux géologues, ils sont fins connaisseurs de la région, le premier pour y avoir réalisé son travail de diplôme en 1998, le second pour y avoir ouvert de nombreuses voies d'escalade ces dernières années.

Depuis la survenue du glissement de terrain catastrophique de Falli Hölli en 1994, l'Etablissement cantonal d'assurance des bâtiments (ECAB) s'est montré particulièrement actif dans la prise en compte des dangers naturels, au premier rang desquels figurent les instabilités de pente. C'est dans ce contexte que l'ECAB a soutenu la réalisation de ce sentier géologique qui, en plus de nous faire découvrir de véritables trésors géologiques, aborde également des aspects pratiques tels que la reconnaissance et la gestion des glissements de terrain.

Pierre Ecoffey

Docteur honoris causa de l'Université de Fribourg

Directeur de l'Etablissement cantonal d'assurance des bâtiments, Fribourg

# Introduction

Cette brochure a été réalisée par l'association IGF - Itinéraires géologiques fribourgeois. Son but est de faire découvrir au randonneur un aspect souvent méconnu de l'environnement dans lequel il évolue : les roches, leur histoire et les paysages qu'elles déterminent.

Nous espérons que les nombreuses illustrations et le texte simplifié de ce livret-guide sauront rendre accessibles, à un public le plus large possible, les richesses du patrimoine géologique de cette superbe région.

Nous tenons à remercier vivement toutes les personnes et institutions qui nous ont apporté leur soutien lors de la réalisation de ce sentier géologique :

Jeannette Beaud - Joseph Blanchard - Frédéric Blum - Martin Bochud - Madeleine Braillard - Olivier Braillard - Jean-Marie Buchs - Norbert Buchs - Claude Calvez - Christian Caron - Michèle Caron - Jean-Denis Chavaillaz - Sylvie Droux-Clément - Colette Dupasquier - Nicolas Dupasquier - Pierre Ecoffey - André Fasel - Fondation du Chalet du Soldat - Foyer des apprentis de Fribourg - Laurent Gauch - Grillon et Giuliana - Marius Gruber - Martin Imgrüth - Institut agricole de Grangeneuve - Pierre Jordan - Marie-Paule Kammermann - Eva Matzenauer - Michel Mauvilly - Jeanne Mercier - Benedikt Mooser - Frédéric Overney - Louis Page - Raymond Plancherel - Jocelyne Prélaz - Protection civile fribourgeoise - Martin Rebetez - Jacqueline Rebetez - Simon Rebetez - Noémie Stienne - André Strasser - Pierre Vonlanthen.



sc | nat <sup>+</sup>

Swiss Academy of Sciences  
Akademie der Naturwissenschaften  
Accademia di scienze naturali  
Académie des sciences naturelles



Avec le soutien de la



Auteurs : Luc Braillard, Daniel Rebetez

Impression : septembre 2009, Imprimerie St-Paul, Fribourg

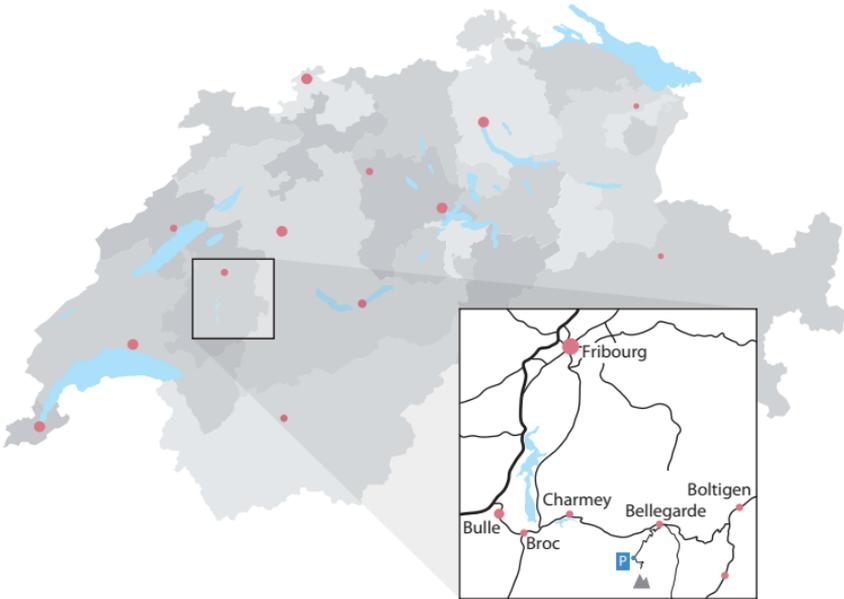
Réédition numérique : mai 2022

Sauf mention particulière, les photos et illustrations ont été réalisées par les auteurs.

## Accès

Depuis Bulle, suivre les indications Charmey/Jaunpass jusqu'à Bellegarde (Jaun/Kappelboden). Peu avant la sortie du village, bifurquer vers la droite en suivant les panneaux indicateurs «Chalet du Soldat», puis suivre la route sur environ 3 km jusqu'à un grand panneau indiquant le départ du sentier (parking de Gross Rüggli).

L'accès en transports publics est également possible. De Fribourg ou Bulle, rejoindre en bus le village de Bellegarde ([www.cff.ch](http://www.cff.ch)) puis continuer à pied jusqu'à la place de parc de Gross Rüggli (1h-1h30 environ).



## Informations générales

**Signalisation** : Le sentier est bien marqué et des balises jalonnent l'itinéraire.

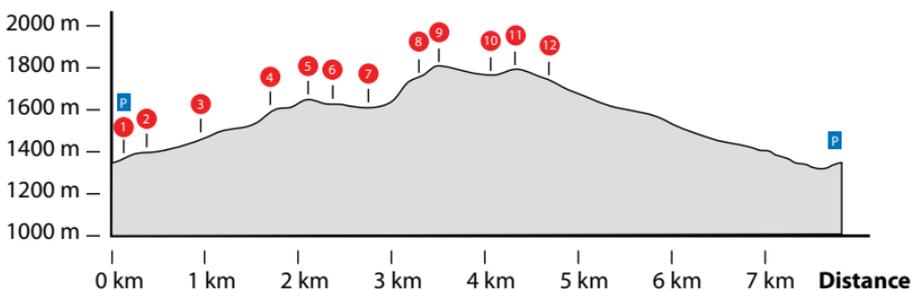
**Matériel** : Aucun matériel spécifique n'est à emporter. L'équipement standard pour la randonnée en moyenne montagne suffit. Prévoir des souliers de marche, des vêtements contre le froid et la pluie.

**Durée :** Compter approximativement 4 heures pour parcourir l'intégralité du chemin en faisant des pauses pour lire les informations relatives aux douze postes proposés. Prévoir également une heure pour regagner la place de parc de Gross Rüggli depuis le Chalet du Soldat.

**Altitude :** La place de parc se trouve à 1347 mètres d'altitude et le chalet du Soldat à 1752 mètres.

**Dénivellation :** Environ 550 mètres de dénivellation positive entre la place de parc de Gross Rüggli et le dernier poste.

### Altitude



*Profil topographique du sentier*

**Difficultés :** Le sentier ne présente pas de difficulté particulière. Il s'agit néanmoins d'un itinéraire de montagne qui s'adresse aux personnes habituées à ce type de terrain. Chacun parcourt le sentier sous sa propre responsabilité.

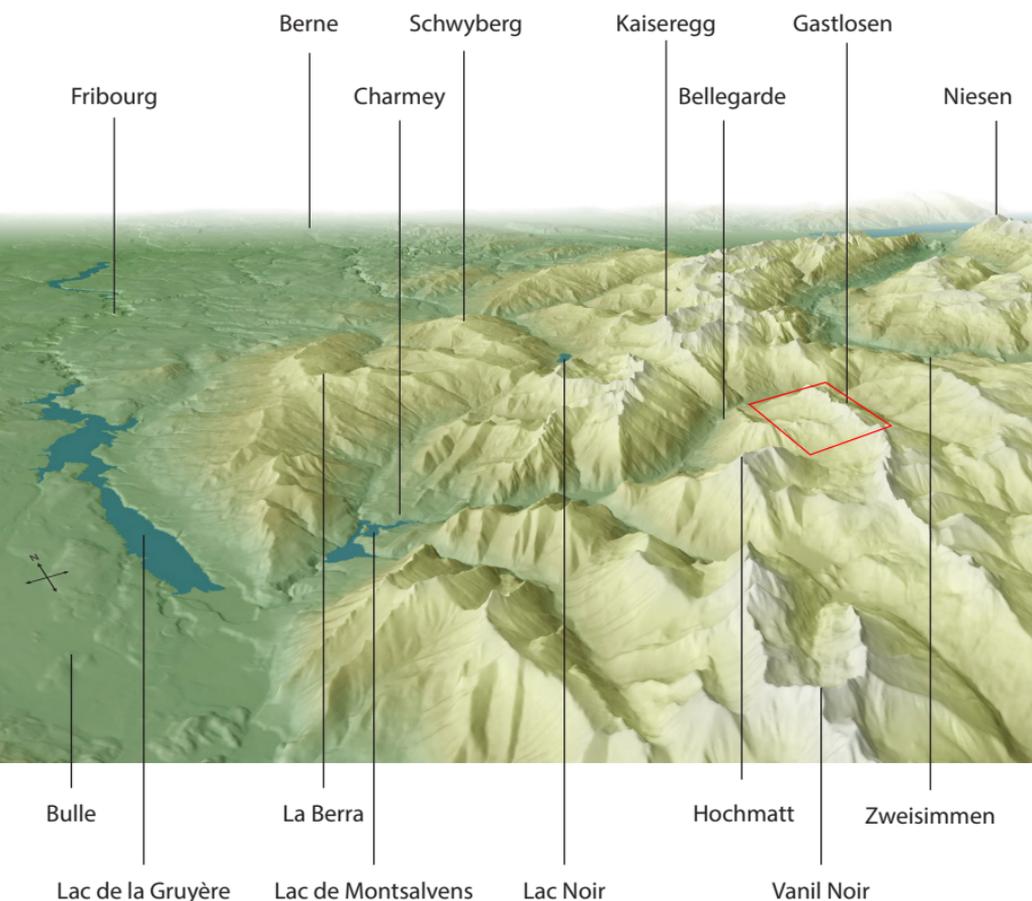
**Saison :** L'été est la meilleure saison pour parcourir ce sentier géologique. On peut toutefois s'y rendre au printemps dès la fonte des neiges et en automne avant l'apparition de celles-ci.

**Site Internet :** [www.sentier-geologique.ch](http://www.sentier-geologique.ch)

**Renseignements :** [info@sentier-geologique.ch](mailto:info@sentier-geologique.ch)

## Situation géographique

Ce sentier didactique parcourt la région située au nord-ouest de la chaîne des Gastlosen. Cet ensemble de montagnes des Préalpes suisses s'étire selon un axe sud-ouest / nord-est, sur environ 15 kilomètres, entre les villages de Château-d'Oex et de Bellegarde (Jaun). Il comporte une soixantaine de sommets dont le plus élevé, la Dent de Savigny, culmine à 2252 mètres d'altitude. Le sentier se trouve en amont du village de Bellegarde.



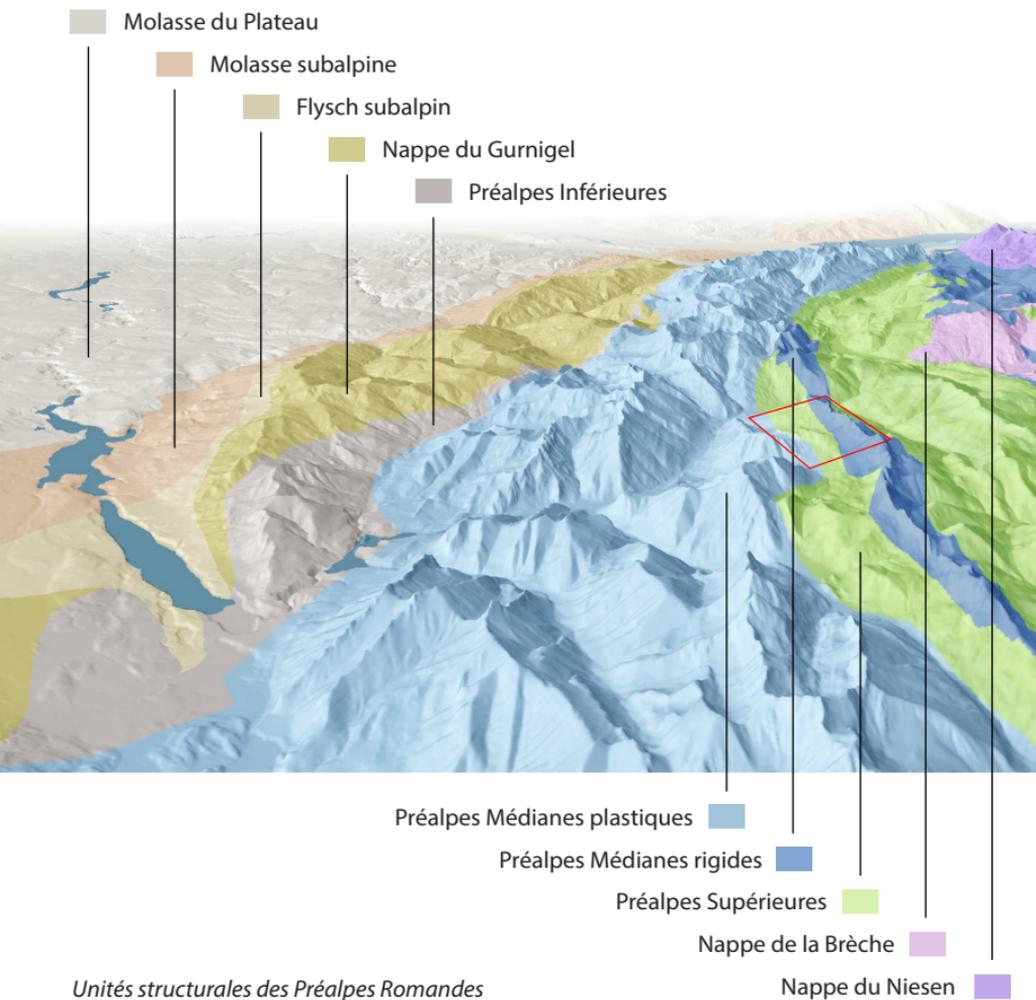
*Relief des Préalpes Romandes*

Région étudiée

## Situation géologique

La chaîne des Gastlosen fait partie des Préalpes Romandes. Ce terme désigne, au sens géologique, l'arc montagneux s'étendant de la vallée du Rhône à celle de l'Aar. Il est délimité au nord par la molasse subalpine et au sud par les premiers contreforts des Alpes.

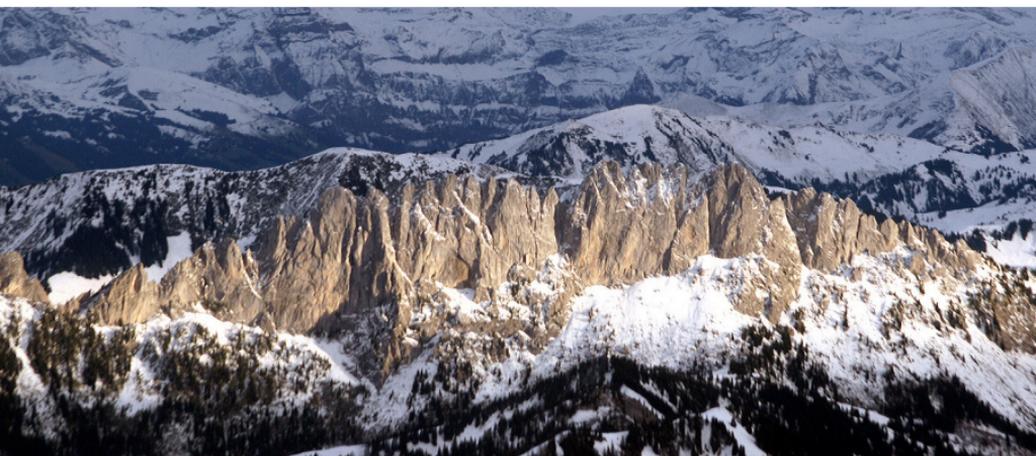
Les Préalpes sont constituées d'un empilement de nappes tectoniques qui chevauchent le Plateau molassique. La région concernée touche deux nappes : les Préalpes Médiannes et les Préalpes Supérieures.



## Introduction à la géologie

La géologie est une science dont l'objet d'étude est la Terre. Elle traite entre autres de sa composition, de sa structure, de son histoire et des processus qui la façonnent.

Cette brève introduction à la géologie a pour but de présenter ou de rappeler quelques notions de base qui seront utiles à la compréhension des explications données tout au long de cette randonnée géologique.



*Vue sur une partie de la chaîne des Gastlosen (Sattelspitzen)*

## Structure interne de la Terre

La Terre a un rayon de 6400 km environ. Elle est structurée en différentes couches concentriques comme le montre le schéma de la page suivante. Sa composition chimique est principalement faite de silicium, d'oxygène, de fer, de magnésium et de nickel, en proportions variables selon les couches.

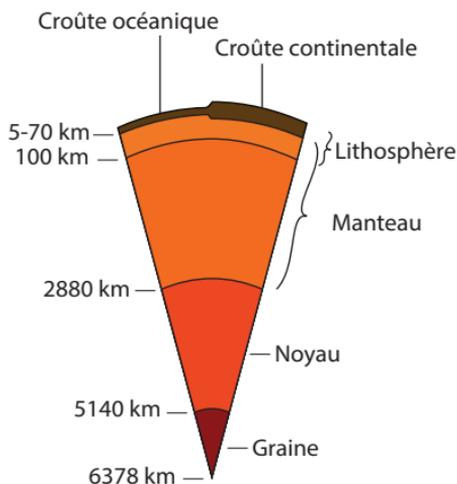
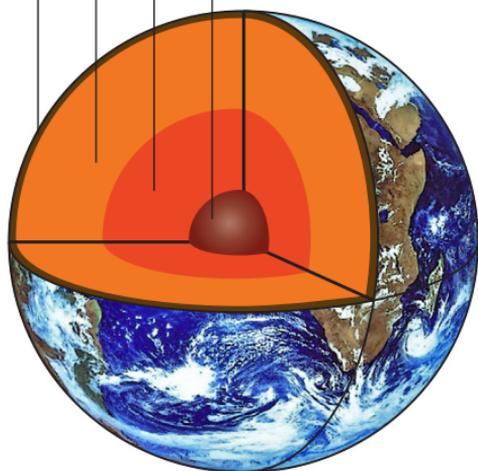
La lithosphère (croûte + manteau tout à fait supérieur), épaisse de 100 km en moyenne, est constituée de différentes plaques tectoniques (voir p. 13) qui donnent à la surface de la Terre sa structure actuelle.

**La croûte** terrestre est la première couche, celle sur laquelle nous vivons. Elle est principalement composée d'oxygène et de silicium. On distingue la croûte continentale qui constitue principalement les zones émergées et la croûte océanique qui, comme son nom l'indique, se trouve au fond des océans. La première, plus légère, a une épaisseur moyenne de 30 km alors que la seconde, plus lourde, n'en compte que 6 environ.

**Le manteau** constitue la deuxième couche. Les roches qui le composent sont moins riches en silicium que celles de la croûte mais contiennent plus de fer et de magnésium. Selon la profondeur, sa température varie entre 1200 et 3800 degrés. Bien qu'il soit solide, il présente une certaine viscosité.

**Le noyau** constitue la troisième couche. Sa composition est principalement faite de fer. Sa température est supérieure à 4000 degrés et il se comporte comme un liquide.

**La graine** se trouve tout au centre de la Terre. Elle est constituée de fer et de nickel. Sa température est d'environ 5000 degrés mais les pressions y sont telles que la graine est à nouveau solide.



Structure interne de la Terre

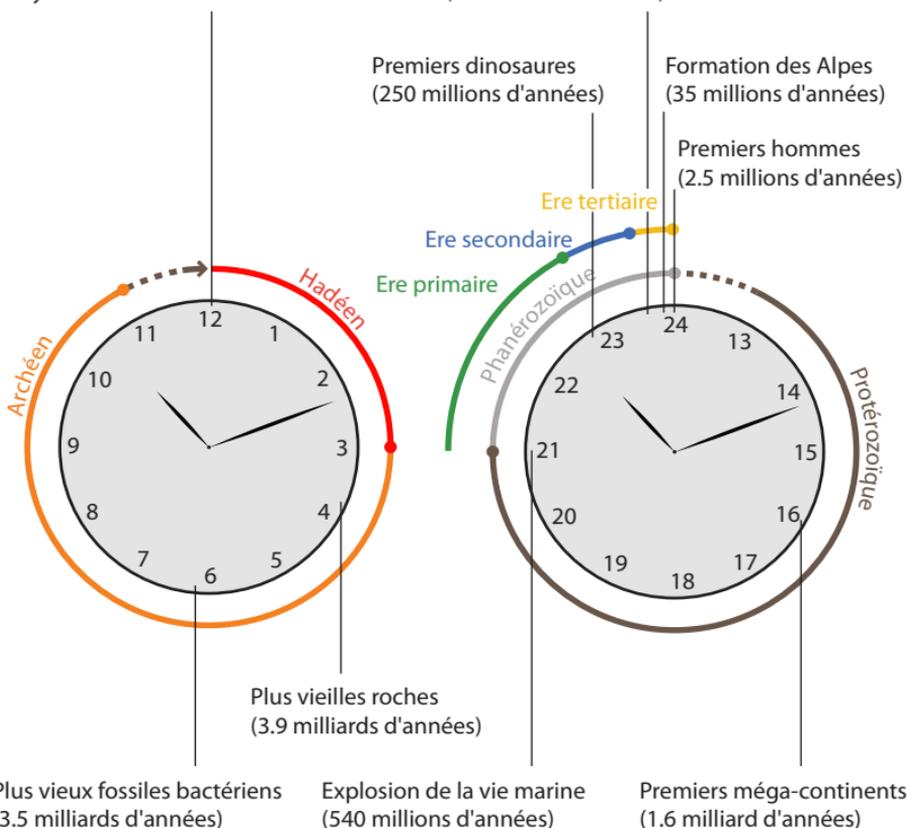
# Histoire de la Terre

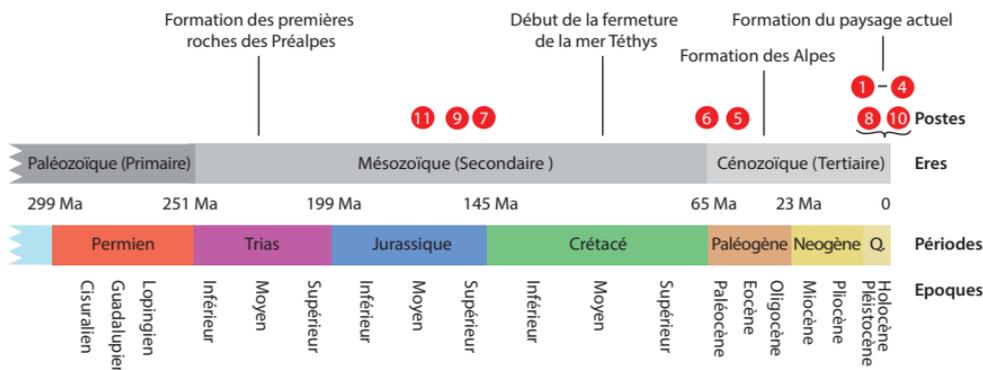
La planète Terre s'est formée il y a environ 4.6 milliards d'années par accréation de météorites.

Il est difficile de s'imaginer ce que représente une telle durée. Ainsi, pour faciliter la perception des temps géologiques, l'histoire de la Terre a été ramenée sur les schémas ci-dessous aux 24 heures d'une journée. Divers éléments marquants ont ensuite été reportés sur les cadrans. Notez que les postes qui vont être présentés le long de ce sentier ne concernent que les 200 derniers millions d'années (Ma), soit la dernière heure de la journée.

"Naissance" de la planète Terre  
il y a 4.57 milliards d'années

Extinctions d'espèces à la fin du Crétacé  
(65 millions d'années)





Situation des différents postes d'observation sur l'échelle du temps (Q = Quaternaire)

## Types de roches

Les roches sont des assemblages de minéraux qui composent la croûte terrestre. On les répartit en trois familles, suivant leur genèse.



1) Les **roches magmatiques**, comme ce granite, sont issues du refroidissement et de la solidification d'un magma, soit en profondeur (roche plutonique) soit en surface (roche volcanique).



2) Les **roches sédimentaires**, seules rencontrées sur l'itinéraire, se subdivisent en trois groupes : a) les **roches organogènes**, comme ce calcaire qui résulte de l'accumulation de coquillages ;



b) Les **roches détritiques**, comme ce conglomérat qui résulte de l'accumulation de fragments de roches préexistantes soumises à l'érosion puis transportées par les cours d'eau jusqu'à la mer ;



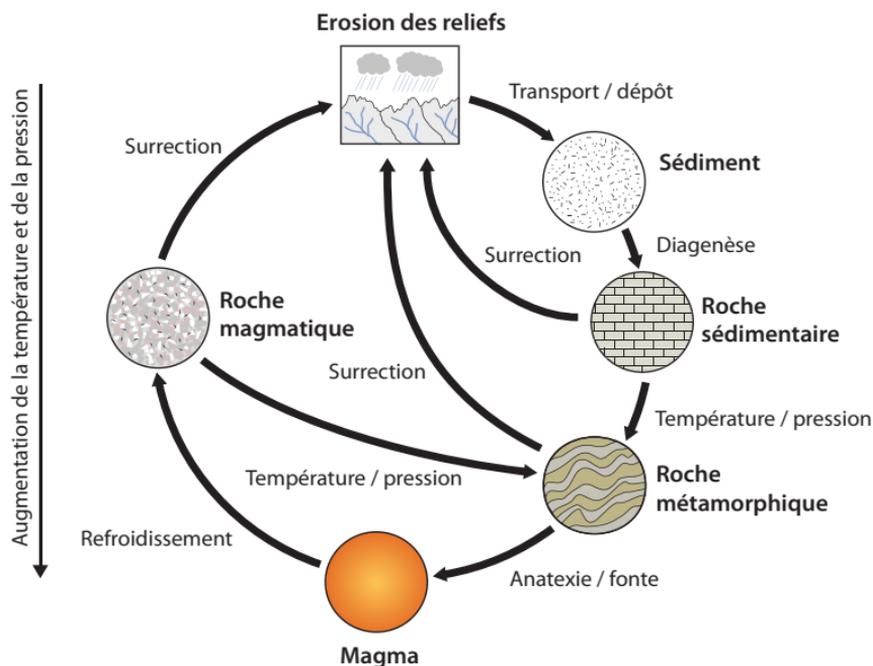
c) Les **roches chimiques**, comme ce sel massif qui provient de la concentration d'éléments dissous dans les eaux de lagunes peu profondes sous l'effet de l'évaporation.



3) Les **roches métamorphiques**, comme ce gneiss, proviennent de la transformation d'une roche préexistante (magmatique, sédimentaire ou métamorphique) sous l'effet de la température et de la pression.

## Cycle des roches

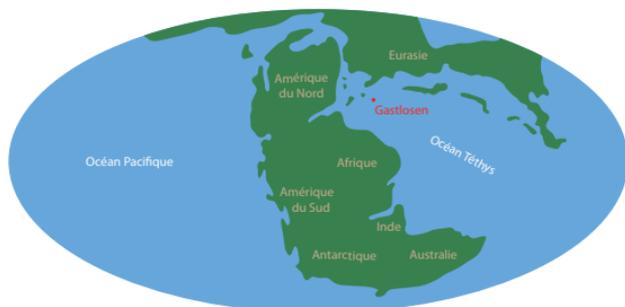
Le schéma suivant présente les relations entre les divers types de roches et les processus qui les lient.





## Paléogéographie

La répartition des terres émergées et des océans est déterminée par la disposition des plaques tectoniques. Les trois cartes ci-dessous indiquent l'emplacement des futures Gastlosen dans l'océan Téthys en voie de fermeture à partir du Jurassique moyen. Remarquez le déplacement de la plaque africaine en direction de l'Eurasie. La collision qui en résulte est responsable de la formation des Alpes.



**Jurassique moyen**

*Sédimentation des Couches à Mytilus*

Poste n°11



**Crétacé supérieur**

*Sédimentation des Couches Rouges*

Poste n°5



**Eocène**

*Derniers dépôts avant la formation des Alpes*

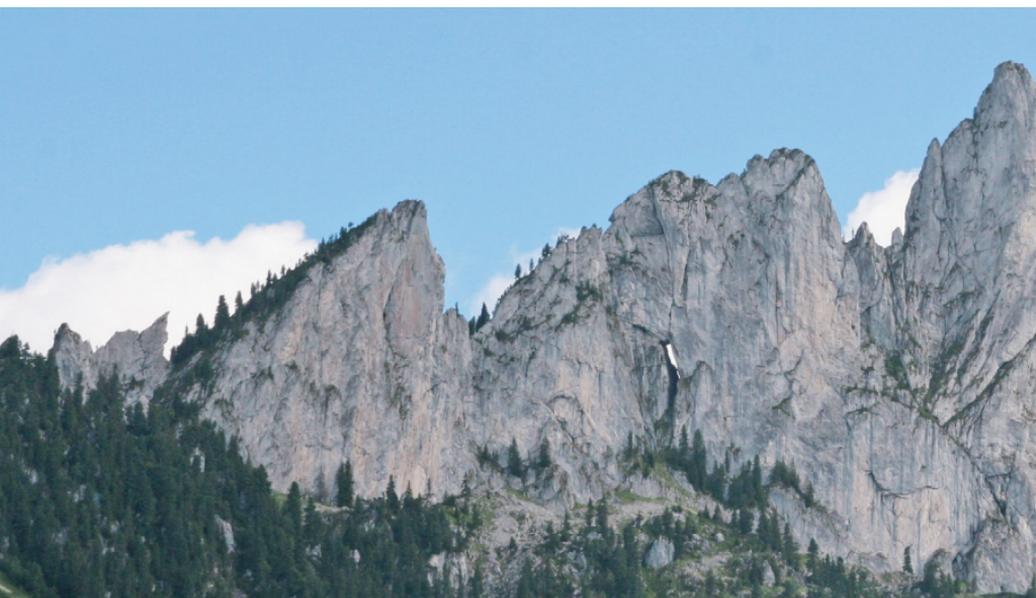
## En route !



*Signalisation en place tout au long du chemin*

## Poste n° 1 : Grossmutterloch

Coordonnées : 586'890 / 160'640      Altitude : 1347 mètres



*Sommet de la Waldeck et de la Roche Percée avec le Grossmutterloch*

### Description

Depuis ce premier poste d'observation, nous pouvons contempler la face nord-ouest de la chaîne des Gastlosen. L'un des sommets qui la composent se nomme «Roche Percée». A cet endroit, une cavité traverse en effet la chaîne de part en part.

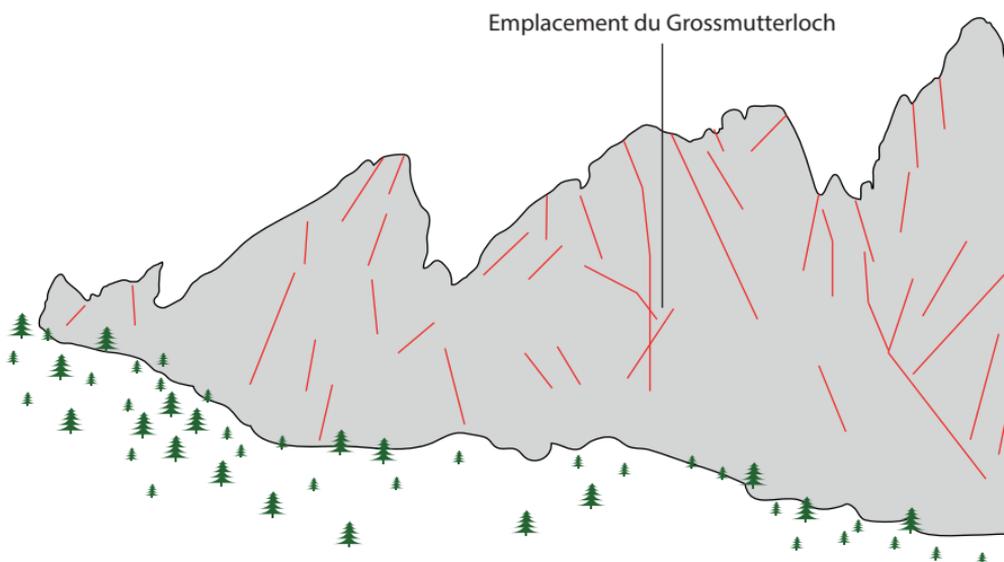
Cette ouverture étirée est connue sous le nom de Grossmutterloch (Trou de la Grand-Mère) ou Teufelsloch (Trou du Diable). Ses dimensions avoisinent 15 mètres de hauteur pour 5 mètres de largeur.

## La formation du Grossmutterloch

Les hommes ont depuis toujours cherché à expliquer les phénomènes de la nature. Ce passage à travers l'impressionnante muraille que constituent les Gastlosen les a bien sûr interpellés et ils ont imaginé ceci : le diable, qui avait élu domicile dans une caverne sur les hauts d'Abländschen, aurait, par erreur et dans un accès de colère, projeté sa grand-mère contre la paroi des Gastlosen. Et l'on dit que depuis, épouvanté par sa méprise, «Messire Satan» rôde dans le pierrier du versant fribourgeois des «Inhospitalières», à la recherche de sa grand-mère...

Dans le contexte de cette randonnée géologique, nous proposons une autre explication : la chaîne des Gastlosen n'est pas constituée d'un seul bloc homogène. En effet, celle-ci est recoupée en de nombreux endroits par de grandes discontinuités que l'on nomme «failles tectoniques». Il s'agit de fractures qui ont été créées lors du redressement de la chaîne des Gastlosen, il y a environ 10 millions d'années.

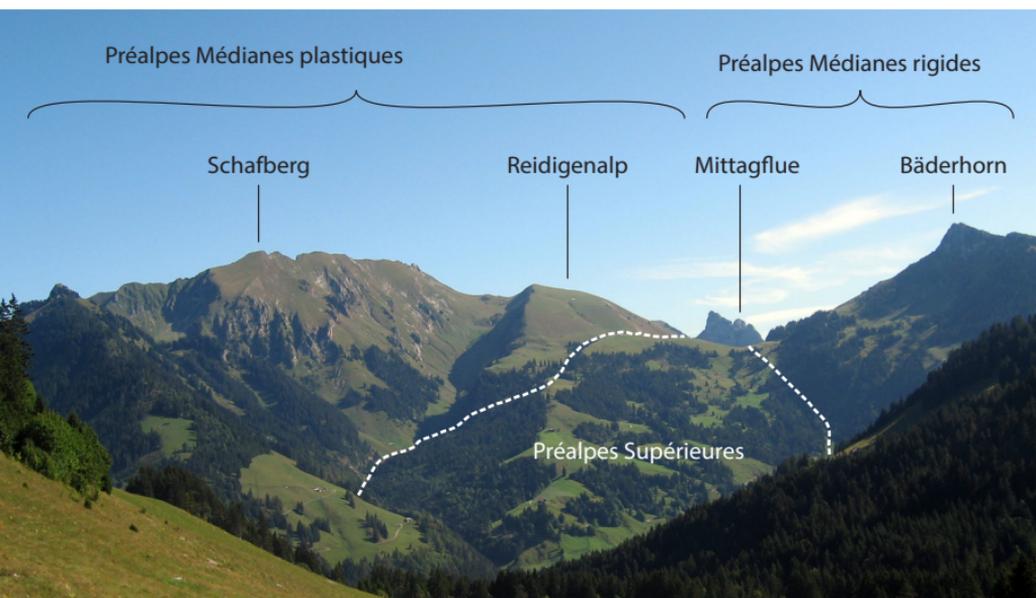
Le Grossmutterloch se trouve à l'intersection de plusieurs failles. De ce fait, l'érosion a été facilitée par cette zone de faiblesse, l'agrandissant peu à peu jusqu'à créer une ouverture béante. Nous reviendrons plus en détail sur les mécanismes principaux de l'érosion au poste n°10.



Principales failles tectoniques observables depuis le Gross Rüggli

## Poste n° 2 : Panorama général

Coordonnées : 586'770 / 160'530      Altitude : 1370 mètres



*Vue vers le nord-est depuis le poste n°2*

### Description

Ce deuxième poste d'observation a pour but de situer et de nommer différents sommets et cols dont nous reparlerons tout au long de notre itinéraire.

Les différentes unités structurales qui composent le relief de la région sont également mentionnées. L'esquisse tectonique présentée dans l'introduction à la page 7 montre ces ensembles dans un cadre plus général.

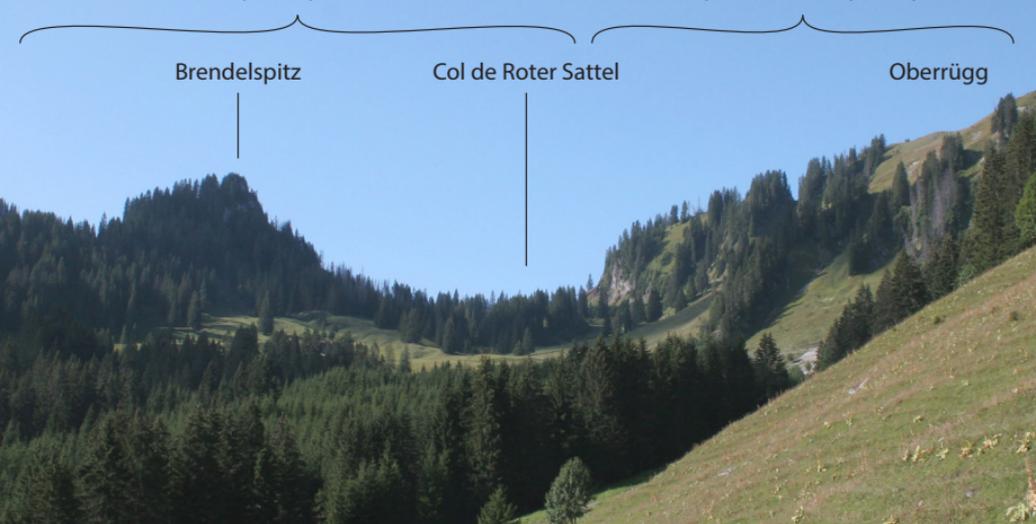
Préalpes Médiannes rigides



*Vue sur la chaîne des Gastlosen (Sattelspitzen) depuis le poste n°2*

Préalpes Supérieures

Préalpes Médiannes plastiques



*Vue sur le col de Roter Sattel depuis le poste n°2*

## Poste n° 3 : Glissement de terrain - partie I

Coordonnées : 586'250 / 159'940      Altitude : 1490 mètres



*Bourrelets de compression du glissement de Roter Sattel avec un système de drains à l'avant*

### Description

Le fond du vallon de Roter Sattel ressemble à première vue à un paisible pâturage dans lequel les vaches broutent tranquillement. Son aspect bosselé et sa surface marécageuse trahissent néanmoins la présence d'un vaste glissement de terrain qui se déplace vers la Jogne, à raison de quelques centimètres par année.

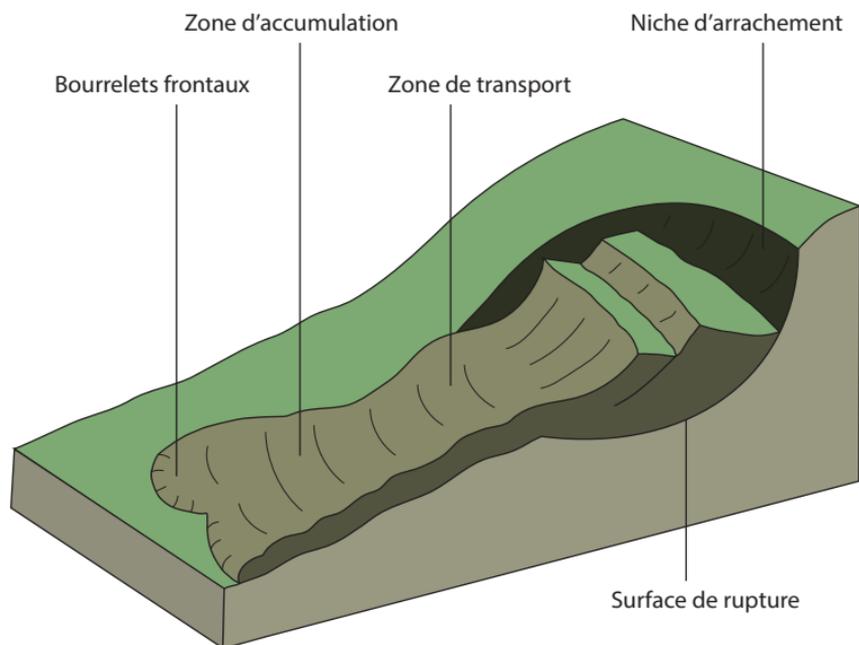
Depuis l'emplacement du poste n°3, nous pouvons observer des bourrelets de compression, structures typiques des glissements. Les tranchées drainantes que l'on voit en aval ont été creusées afin d'évacuer l'eau qui gorge le terrain et ainsi tenter de l'assécher et de le stabiliser.

## Les glissements de terrain

Ce terme désigne le déplacement d'une masse de terrains meubles ou rocheux le long d'une surface de rupture par l'effet de la gravité. Ces mouvements sont généralement lents, de l'ordre de quelques centimètres par année, mais peuvent exceptionnellement atteindre quelques mètres par année.

Une forte teneur en eau du sol est la cause principale des glissements de terrain, puisqu'elle en diminue la cohésion. La présence d'argiles (fréquentes dans les sols des régions de Flyschs) favorise également les glissements. En empêchant l'eau de s'infiltrer vers le bas, elles agissent comme un lubrifiant sur la surface de rupture. Une surcharge en amont, comme la construction d'un ouvrage, ou une diminution des appuis en pied de pente lors d'un terrassement, peut également déclencher un glissement de terrain.

Les éléments morphologiques caractéristiques des glissements de terrain sont présentés sur la figure ci-dessous.

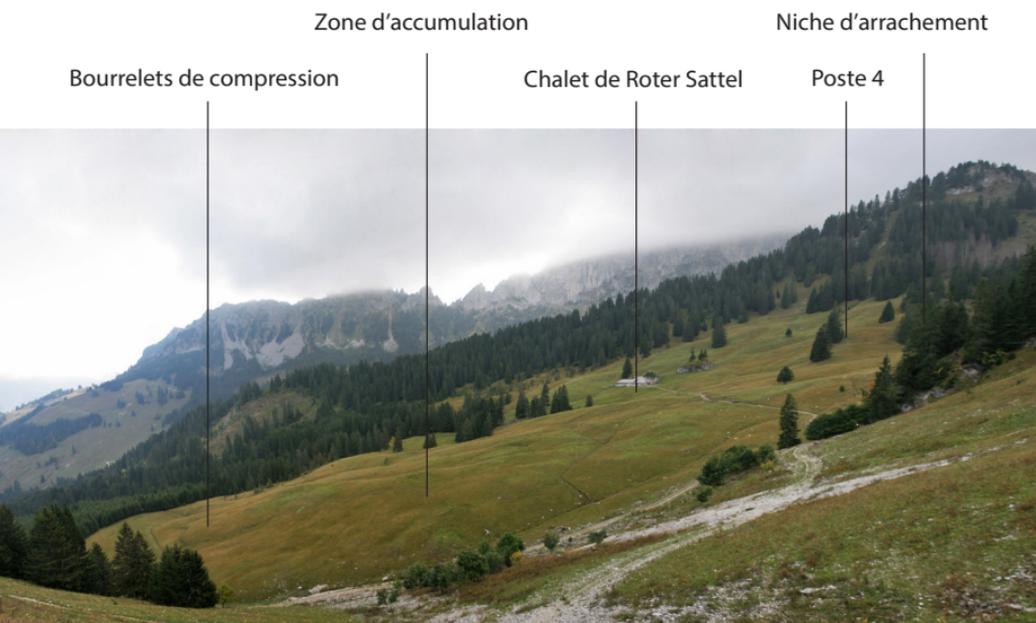


*Schéma simplifié d'un glissement de terrain*

## Les Flyschs et les glissements de terrain

Les Flyschs, ensemble de roches sédimentaires détritiques, forment des successions de bancs d'épaisseur et de constitution très variables. Chaque banc est le produit d'une avalanche sous-marine qui entraîne des matériaux (graviers, sables, limons ou argiles) à partir des pentes instables d'un océan en voie de fermeture. Par rapport aux calcaires des Préalpes Médiannes, les Flyschs sont moins résistants à l'érosion et plus sensibles à l'altération de surface. Cela explique qu'ils soient moins visibles et qu'ils forment généralement des reliefs déprimés. On en rencontrera tout de même sur la crête conduisant de la Brendelspitz au Chalet du Soldat (entre les postes 7 et 10).

Bien que les glissements de terrain se concentrent généralement dans les zones de Flyschs, il faut se garder de conclure que «c'est le Flysch qui glisse», comme on l'entend souvent. Ce sont en effet le plus souvent les sédiments meubles recouvrant le Flysch et provenant de sa dégradation par l'érosion qui sont instables, et non pas le Flysch lui-même.



Vue sur le glissement de Roter Sattel depuis l'Oberrügg

## Poste n° 4 : Glissement de terrain - partie II

Coordonnées : 586'325 / 159'410      Altitude : 1590 mètres



*Vue sur le glissement de Roter Sattel depuis le poste 4*

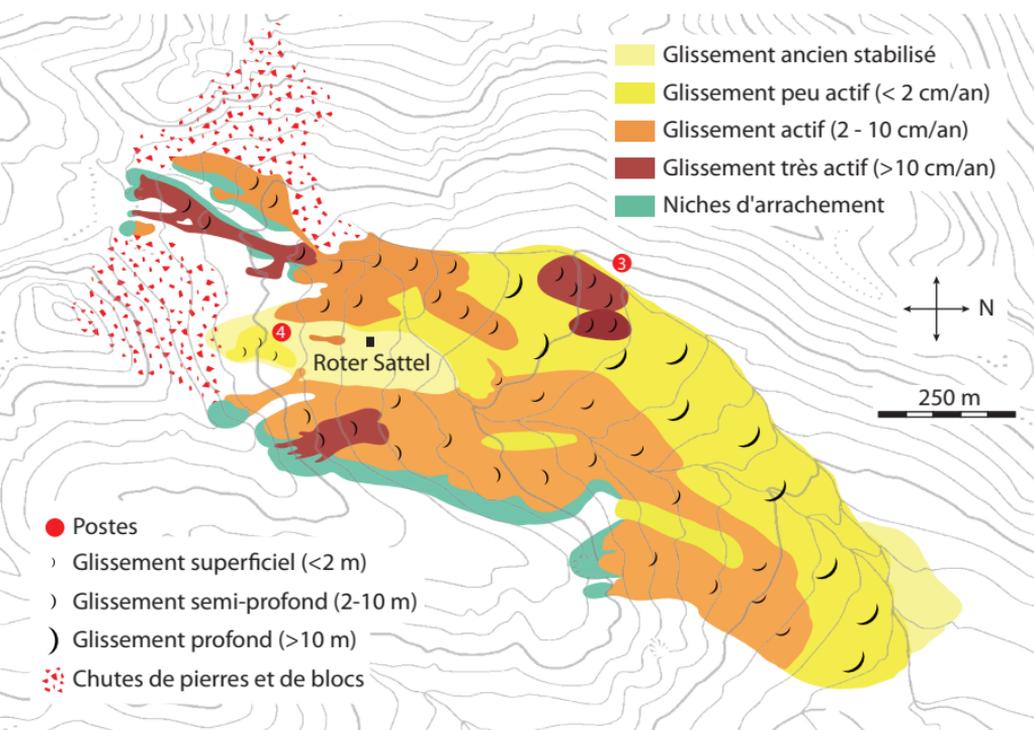
### Description

La vue depuis l'amont du glissement permet de se rendre compte de l'ampleur du phénomène. La niche d'arrachement se trouve derrière nous, juste en dessous du col de Roter Sattel et la masse qui a glissé s'étend au delà du poste 3, jusqu'au Gross Rüggli. L'endroit où nous nous trouvons actuellement, de même que le chalet de Roter Sattel près duquel nous venons de passer se trouvent par contre dans une zone stable. On peut observer que la végétation recouvrant le glissement est différente de celle des parties stables puisque les terrains gorgés d'eau ne conviennent qu'à certaines espèces de plantes.

## Estimation du danger et mesures de protection

Les mouvements de terrain touchent 6 à 8 % du territoire suisse, si bien que la détection et la surveillance de ces zones sont capitales. Les géologues ont pour tâche de les repérer et d'en estimer l'activité. Dans ce but, des cartes d'instabilité qui représentent les phénomènes rencontrés sur le terrain sont réalisées. Elles servent ensuite elles-mêmes de base à l'établissement de cartes de danger.

La carte d'instabilité ci-dessous présente le glissement de Roter Sattel de manière simplifiée. Le code de couleurs indique l'activité du glissement, c'est-à-dire son déplacement moyen par année, alors que les lunules se rapportent à la profondeur de la surface de rupture. On peut ainsi remarquer que le chalet de Roter Sattel, bien qu'il soit entouré de zones instables, ne risque pas d'être emporté et détruit puisqu'il se situe sur un ancien glissement aujourd'hui stabilisé.



Carte d'instabilité simplifiée du glissement de Roter Sattel

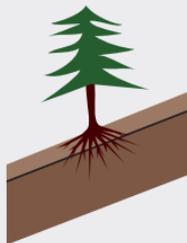
On s'efforce en général de ne pas construire dans les zones critiques ; mais dans le cas où des bâtiments s'y trouvent déjà ou lorsque aucune autre solution n'est envisageable, il est nécessaire d'entreprendre des travaux de stabilisation. Dans le cas d'un glissement de terrain, la première mesure d'assainissement consiste à évacuer par drainage l'eau qui imbibe les sols. On peut également construire des ouvrages de stabilisation comme des murs ancrés dans la roche en place, sous la surface de rupture.

Le glissement de Roter Sattel, bien qu'il soit actif, n'a pas été équipé de tels ouvrages puisqu'il ne menace pas de zones construites. Seules quelques tranchées superficielles ont été creusées pour assécher les parties marécageuses à des fins agricoles.

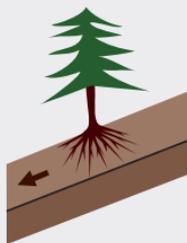
### Influence des arbres sur les glissements de terrain

La présence d'arbres est souvent évoquée comme facteur accroissant la stabilité d'un versant. Si l'érosion de surface est incontestablement réduite par ces derniers, leur influence sur les glissements de terrain est toutefois plus difficile à estimer.

Les racines peuvent jouer un rôle «d'armature» pour le sol en liant les terrains susceptibles de glisser à une couche stable sous-jacente comme le montre la figure de droite. Un autre facteur positif de la végétation est sa capacité d'absorber l'eau du sous-sol, ce qui a pour effet d'augmenter la résistance au cisaillement des terrains meubles.



Néanmoins, si la surface de rupture se trouve plus en profondeur et que les racines n'atteignent pas la zone stable, les arbres n'apportent pas d'effet stabilisateur. En cas de glissement avéré, on préfère même parfois les abattre puisqu'ils surchargent la masse qui glisse et transmettent dans le sous-sol des vibrations induites par le vent.



## Poste n° 5 : Couches Rouges

Coordonnées : 586'000 / 159'160      Altitude : 1660 mètres



*Les Couches Rouges de Roter Sattel*

### Description

Nous nous trouvons au pied de l'Oberrügg, sommet faisant partie de la nappe des Préalpes Médiannes plastiques.

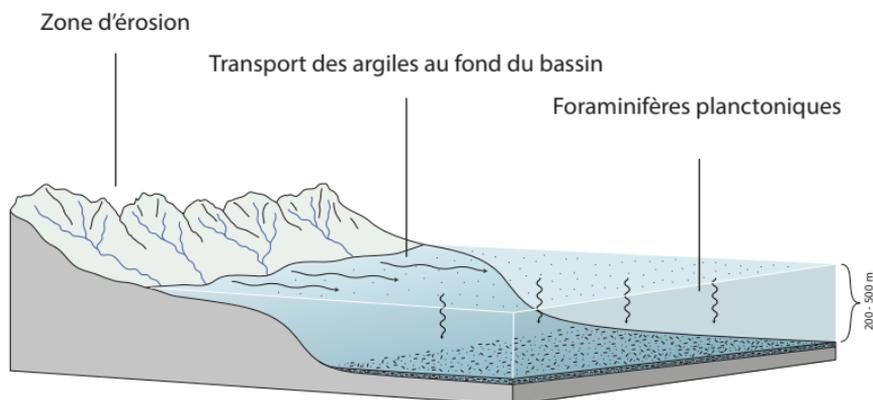
L'affleurement que nous observons est constitué d'une roche fortement colorée, allant du rose clair au rouge foncé. Elle se présente sous la forme de petits bancs d'épaisseurs irrégulières, se détachant facilement les uns des autres.

Il s'agit de calcaires contenant une forte proportion d'argiles, ce qui rend cette roche relativement friable.

La teinte particulière de ces couches est à l'origine du nom donné aux alpages de «Roter Sattel» et de «Terre Rouge» situés de part et d'autre du col où nous nous trouvons actuellement.

## Origine des Couches Rouges

Les sédiments constituant les Couches Rouges se sont déposés au fond d'une mer ouverte, plus précisément au fond d'un bassin sédimentaire dont la profondeur est estimée à 200m, voire 500m au maximum. De petits organismes vivaient alors dans la tranche d'eau proche de la surface et formaient le plancton. On comptait parmi eux des foraminifères qui sont de petits unicellulaires produisant un test (coquille) en calcite ( $< 2\text{mm}$ ). A leur mort, ces tests se sont déposés au fond de la mer. Ce processus est appelé sédimentation pélagique. D'autre part, des argiles d'origine terrigène (provenant de l'érosion de roches sur le continent) furent amenées par les fleuves, transportées par les courants et finalement déposées sur le fond marin. Avec le temps, ces différents éléments ont été compactés sous le poids des sédiments qui continuaient à se déposer, puis cimentés par de la calcite pour créer ces marnes et calcaires marneux.



*Milieu de formation des Couches Rouges*

## Paléontologie

Cette dent de requin trouvée dans les Couches Rouges à Roter Sattel confirme l'origine marine de ces roches. Les squelettes de requins entiers sont très rares dans les archives fossiles. Ils sont en effet constitués de matière cartilagineuse qui ne se conserve que dans des conditions particulières. Les dents sont par contre faites d'un matériau plus résistant et peuvent ainsi être préservées plus longtemps (voir p. 56).



*Dent de requin fossilisée mesurant 2 cm environ*

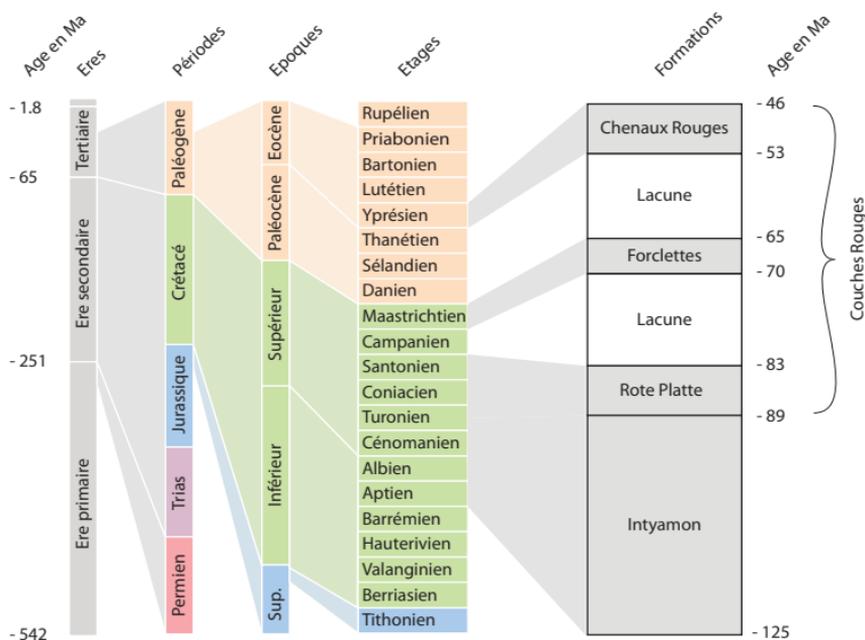
## Âge

Les Couches Rouges se sont déposées durant le Crétacé supérieur et au début du Tertiaire. Leur sédimentation a commencé il y a 89 millions d'années environ et a pris fin il y a approximativement 46 millions d'années.

Ces datations, ainsi que celles de subdivisions plus précises, ont pu être établies à partir du riche contenu en microfossiles de ces couches. En effet, durant ce long laps de temps, les espèces présentes dans la mer ont sensiblement évolué. De ce fait, en les corrélant à des éléments repères, les spécialistes en micropaléontologie ont pu déterminer l'âge des différentes Formations géologiques.

## Stratigraphie

Plusieurs centaines de mètres de sédiments ont pu s'amonceler durant ces 43 millions d'années, mais la sédimentation n'a toutefois pas toujours été continue. On dénombre ainsi deux lacunes principales comme le présente le schéma ci-dessous. Celles-ci peuvent être interprétées comme des périodes de non-dépôt ou comme des phases érosives, ce qui explique qu'aucun sédiment datant de ces périodes ne puisse être observé.



Echelle des temps géologiques et aperçu stratigraphique des Préalpes Médiannes plastiques

La Formation constituant l'affleurement que nous considérons est celle des Chenaux Rouges, mais il existe aussi deux autres Formations dans le groupe des Couches Rouges : celle des Forclettes et celle de Rote Platte. Nous reviendrons plus en détail sur ces différentes Formations au poste suivant.

Les Couches Rouges constituent les derniers niveaux affleurants de la série des Préalpes Médiannes plastiques. Elles devraient normalement être suivies par des dépôts de Flysch schisto-gréseux comme on peut

le voir dans différents affleurements des Préalpes. Ceux-ci se sont déposés lors de la fermeture de l'océan téthysien. Ils ne peuvent néanmoins pas être observés ici, probablement en raison de l'érosion.

### Du pétrole dans les Préalpes?

A la base des Couches Rouges, on rencontre les calcaires et les marnes de la Formation de l'Intyamon, dont la localité-type se trouve à quelques centaines de mètres au nord-ouest de l'endroit où nous nous trouvons. L'accès est toutefois peu commode, raison pour laquelle ces couches ne font pas l'objet d'un poste d'observation. Les personnes désirant néanmoins s'y rendre pourront facilement les reconnaître à leur teinte noirâtre. Cette couleur est due à la présence de matière organique qui a été préservée grâce aux conditions anoxiques (absence d'oxygène) qui régnaient dans le milieu de dépôt durant le Crétacé moyen. Si les faibles quantités de matière organique n'ont pas permis, dans les Préalpes, la formation de pétrole, il est à noter qu'à l'échelle mondiale, une grande partie des gisements de pétrole provient de sédiments marins d'âge Crétacé moyen, déposés dans des conditions similaires.

### D'où vient la couleur rouge?

Cette teinte particulière des Couches Rouges vient des oxydes de fer dispersés dans la matrice. Ces derniers sont formés lorsque les atomes de fer se lient à des atomes d'oxygène. Deux états d'oxydation peuvent être distingués :  $\text{Fe}^{2+}$  qui donne généralement une teinte verdâtre aux roches et  $\text{Fe}^{3+}$  qui est responsable de la couleur rouge. Ce phénomène peut être comparé à la corrosion des objets en acier ou en fer dans la vie quotidienne. En effet, la rouille qui se forme à leur surface doit également sa teinte brune à la présence de  $\text{Fe}^{3+}$  contenu dans l'hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

D'autres affleurements de Couches Rouges montrent des colorations moins vives, parfois vertes ou grisâtres. Cette différence peut être mise en relation avec le taux d'argiles contenues dans la roche. Ainsi une forte proportion d'argiles privilégie la formation d'oxydes de fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ), alors qu'une teneur importante en carbonates confère une forte alcalinité au milieu et favorise les composés ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ).

## Poste n° 6 : Hardground

Coordonnées : 585'960 / 159'100

Altitude : 1650 mètres



*Le Hardground de Roter Sattel*

### Description

Nous nous trouvons à une centaine de mètres seulement du poste précédent, face à une surface rocheuse bosselée. Sa teinte est sombre et on peut, suivant l'éclairage, y entrevoir des reflets métalliques.

Vous aurez peut-être remarqué que les roches rouges décrites précédemment affleurent le long du chemin menant à ce poste et que cette teinte peut également être observée ici. Nous nous trouvons en effet toujours dans le groupe des Couches Rouges et la surface que nous observons représente une limite entre deux Formations : celle des Forclettes et celle des Chenaux Rouges.

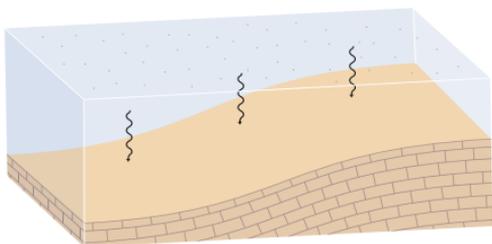
## Sédimentologie

Le terme anglais *hardground* (fond durci) désigne une couche beaucoup plus dure que les roches environnantes. Un tel durcissement vient du fait que durant une longue période, il n'y eut pas de dépôt à cet endroit. Soit parce que les sédiments n'atteignirent pas cette zone, soit parce que, sitôt déposés, ils en furent chassés par des courants marins. C'est donc toujours la même surface qui est restée longtemps exposée et qui s'est lentement enrichie en éléments dissous dans l'eau comme le phosphore, la silice, le fer ou encore le manganèse. Cette minéralisation a eu pour effet de durcir ce niveau et d'en changer la couleur comme nous pouvons l'observer ici. Elle lui a également donné son aspect métallique.

Dans notre cas, il y a eu un arrêt de la sédimentation durant près de 12 millions d'années. Ainsi, quelques centimètres de roche seulement matérialisent ce long laps de temps, alors qu'une telle période aurait pu, dans d'autres conditions, permettre l'accumulation de centaines de mètres de sédiments.

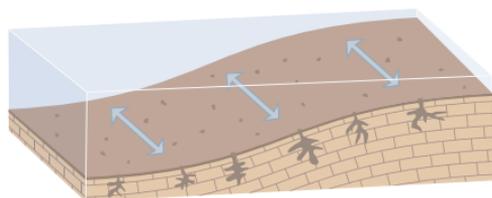
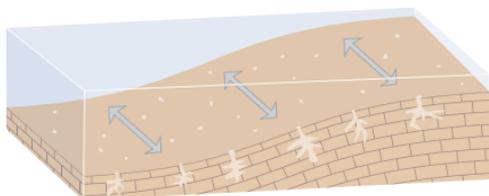
En observant des coupes à travers ce *hardground*, on s'aperçoit qu'il présente des cavités remplies d'un matériel plus sombre. Il s'agit de terriers creusés par des organismes fouisseurs (par des crevettes ou des bivalves par exemple) alors que le sédiment n'était pas encore consolidé. Ce phénomène est connu sous le terme de «bioturbation». Ces terriers ont ensuite été comblés par du matériau argileux et détritique différent, si bien qu'on peut encore les distinguer aujourd'hui. Par la suite, des bactéries se sont développées peu à peu en formant des colonies (stromatolithes) qui ont entièrement recouvert la surface du *hardground*, lui donnant son aspect bosselé caractéristique.

Le schéma présenté à la page suivante récapitule les différentes étapes de formation de ce *hardground*.



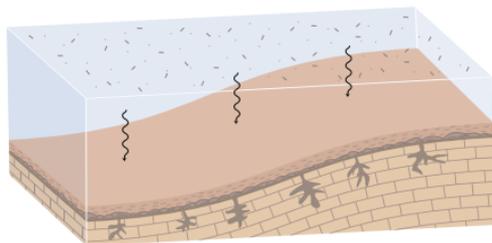
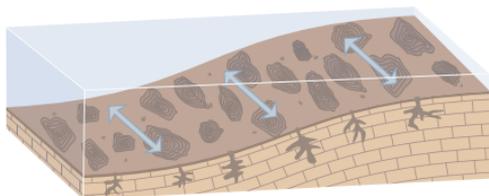
- 1** Derniers dépôts calcaires de la Formation des Forclettes puis baisse du niveau marin (Maastrichtien).

- 2** Arrêt de la sédimentation en raison de courants marins et intense bioturbation par des organismes fouisseurs.



- 3** Remplissage des terriers par du matériau argileux et enrichissement de la surface en minéraux.

- 4** Développement de la croûte minéralisée par des bactéries (stromatolithes).



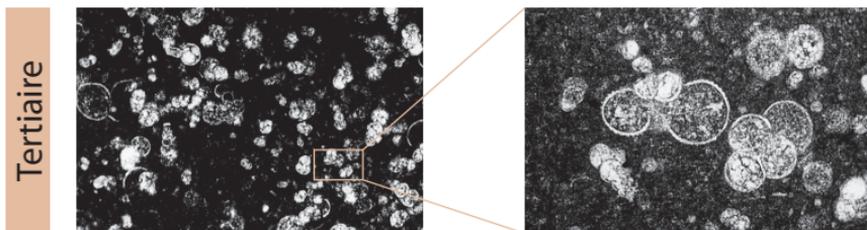
- 5** Remontée du niveau marin puis reprise de la sédimentation avec les marnes de la Formation des Chenaux Rouges (Yprésien).

*Chronologie probable de la formation du hardground de Roter Sattel*

## Micropaléontologie

Ce hardground marque la limite entre la Formation des Forclettes, datant de la fin du Crétacé, et celle des Chenaux Rouges, déposée au Tertiaire. En observant des échantillons de ces deux Formations à l'aide d'un microscope, on remarque d'importants changements dans la microfaune.

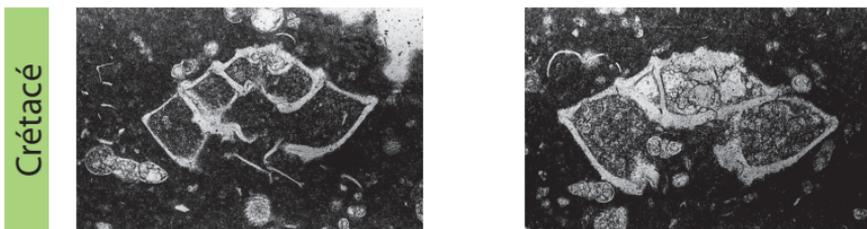
Les Couches Rouges du Crétacé contiennent de grands foraminifères planctoniques, alors qu'au Tertiaire on ne retrouve plus que de petits spécimens appartenant à d'autres genres. Cette extinction massive de presque tous les genres et espèces de foraminifères planctoniques qui s'étaient développés durant le Crétacé traduit d'importants changements écologiques qui sont à mettre en relation avec la crise de la fin du Crétacé, laquelle décima un grand nombre d'organismes marins, dont les ammonites.



*Globigerina ssp.*    Petits foraminifères planctoniques (env. 0.1mm)

65 Ma

---



*Globotruncanita stuarti*    Grands foraminifères planctoniques (env. 1mm)

Changement de microfaune dans le groupe des Couches Rouges à la limite Crétacé - Tertiaire

## La limite Crétacé-Tertiaire (65 millions d'années)

Cette limite est caractérisée par l'extinction d'un grand nombre d'espèces. Les célèbres dinosaures, par exemple, disparurent complètement de la surface terrestre. De même, les ammonites que l'on trouve fréquemment fossilisées dans les roches du Mésozoïque, sont absentes dans les couches plus récentes.

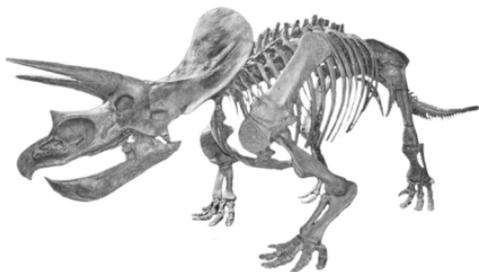
La théorie la plus souvent invoquée pour expliquer ces extinctions est la chute d'une météorite en Amérique centrale (péninsule du Yucatan). L'impact aurait projeté des gaz et des cendres dans l'atmosphère, provoquant ainsi un important changement climatique. Cette hypothèse s'appuie sur l'étude de différentes couches argileuses datant de la fin du Crétacé et présentant un taux anormal d'iridium. Cet élément est rare sur Terre mais plus abondant dans certaines météorites.

De gigantesques éruptions volcaniques pourraient également avoir joué un rôle dans ces disparitions. On trouve en effet en Inde de grandes surfaces basaltiques résultant du refroidissement de coulées de lave datant précisément de la fin du Crétacé.

On évoque aussi fréquemment une baisse du niveau marin pour expliquer ces extinctions.

Ces différentes hypothèses ne s'excluent pas. Bien au contraire, il est même probable que ce soit l'addition de leurs effets qui ait engendré les perturbations du climat et de la vie sur Terre à la fin du Crétacé.

Cette crise est bien connue du fait de l'engouement du grand public pour les dinosaures. Pourtant elle eut un impact moyen sur la vie terrestre en comparaison des crises plus anciennes du Permien ou de l'Ordovicien (ère primaire).



*Ammonite fossilisée et squelette de Tricératops*

## Poste n° 7 : Radiolarites

Coordonnées : 586'200 / 158'960

Altitude : 1630 mètres



*Les radiolarites plissées de la Brendelspitz*

### Description

Le sentier géologique ne passe pas directement au pied du prochain affleurement mais environ vingt mètres en contrebas puisque l'accès jusqu'au pied de la paroi est peu commode. Nous pourrions néanmoins très bien en observer les grandes structures et il suffira de récolter un échantillon de roche dans le pierrier pour en étudier la lithologie. Les personnes qui le désirent pourront bien sûr s'en approcher.

Attention toutefois aux chutes de pierres.

Cet affleurement présente des couches fortement plissées et fracturées d'une roche appelée radiolarite. Elle a un aspect vitreux et est particulièrement dure. Sa couleur varie du vert au rouge sombre et elle est parcourue de veines de calcite blanche.

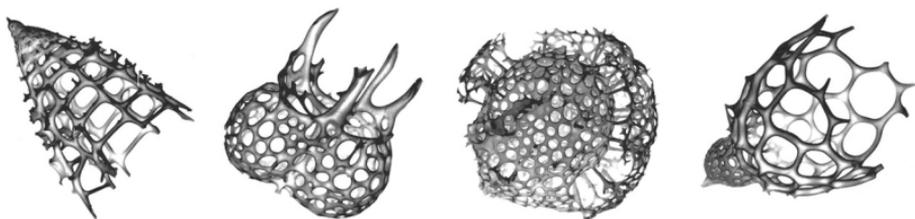
Les radiolarites sont des roches peu courantes dans les Préalpes. On en rencontre également quelques affleurements dans la région du Petit Mont et du Gros Mont, au col du Jaun ainsi que dans le Simmental.

### Origine des radiolarites

Les couches de radiolarites sont principalement constituées de silice (dioxyde de silicium). Ainsi, la composition chimique de cette roche est sensiblement différente de celle des roches des alentours dans lesquelles la calcite (carbonate de calcium) domine. On ne trouve pratiquement pas de calcite dans les radiolarites, sauf dans les veines blanchâtres qui sont des remplissages de fractures postérieures à la formation de la roche elle-même.

La couleur verte ou rouge est due à l'état d'oxydation du fer présent en faible quantité dans les radiolarites.

En regardant ces roches à l'aide d'un microscope, on peut observer de petites structures circulaires blanchâtres (< 1mm). Il s'agit de microfossiles d'organismes appelés radiolaires, qui ont donné leur nom à la roche. Ces unicellulaires ont la particularité de produire un squelette en silice, contrairement aux foraminifères présentés au poste précédent qui, eux, sécrètent une coquille en calcite.

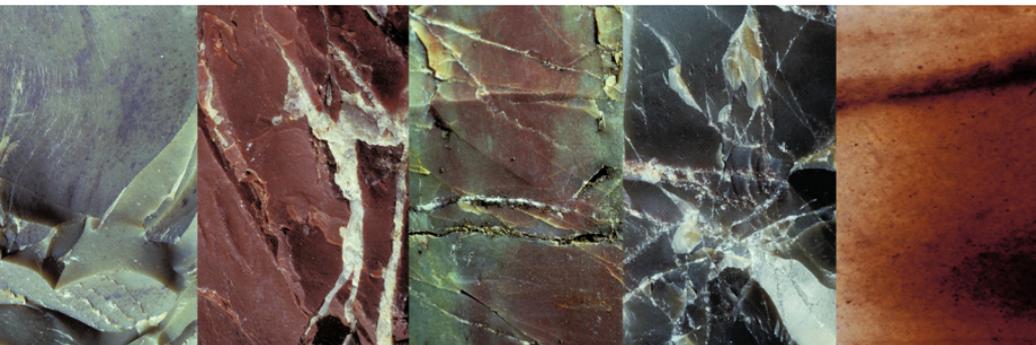


*Squelettes de radiolaires actuels vus au microscope électronique (env. 0.1mm)*

Les radiolaires, qui font partie du plancton, vivent à la surface des océans. Ils se nourrissent d'algues microscopiques qu'ils attrapent à l'aide de leurs pseudopodes, prolongements de la membrane cellulaire dont ils se servent comme de tentacules.

A leur mort, leurs squelettes siliceux s'accumulent au fond des océans et permettent ainsi la formation de couches de radiolarite.

Les radiolaires vivent dans la plupart des eaux du globe mais la formation de couches de radiolarite est néanmoins peu fréquente. En effet, les radiolaires sont le plus souvent disséminés dans des sédiments comme des argiles ou des calcaires. Il faut donc des conditions particulières pour que seuls des sédiments siliceux puissent se déposer.



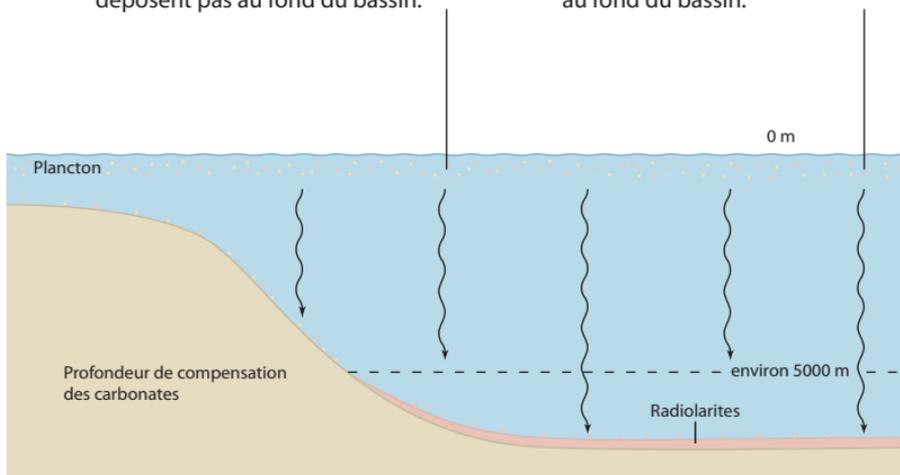
*Nuances de couleur des radiolarites. Photo : Service archéologique de l'Etat de Fribourg*

L'absence de calcite dans les radiolarites s'explique par le fait qu'elles se sont formées dans un bassin très profond en dessous d'une limite appelée «profondeur de compensation des carbonates» (ou CCD). A partir de ce niveau, tous les éléments contenant de la calcite, comme les tests de foraminifères par exemple, sont dissous. La silice constituant le squelette des radiolaires est quant à elle préservée et ces derniers peuvent s'accumuler et former des couches de radiolarites.

La profondeur de la CCD varie fortement dans l'espace et dans le temps. Elle dépend surtout de la température et de la composition chimique de l'eau. Elle avoisine actuellement les 5000 mètres dans l'océan Pacifique mais était probablement de l'ordre de 2000 mètres seulement dans le bassin des radiolarites de la Brendelspitz.

Les éléments en calcite, tels les tests de foraminifères, sont entièrement dissous à partir de la CCD et ne se déposent pas au fond du bassin.

Les éléments en silice, comme les radiolaires, ne sont pas dissous et peuvent se déposer au fond du bassin.



*Formation de radiolarites dans un bassin sédimentaire profond*

En plus de leur couleur verte ou rouge, la particularité des radiolarites réside dans le fait qu'elles se présentent sous forme de couches latéralement continues et superposées les unes sur les autres. Cette caractéristique les distingue du silex, autre roche constituée exclusivement de silice, mais qui se présente sous forme de rognons à l'intérieur de couches calcaires.

### L'olistolithe de la Brendelspitz

La Brendelspitz, sommet qui domine ce poste, est constituée de roches que l'on pourrait qualifier d'exotiques. Elles font en effet partie d'un bloc de très grande taille qui trouve son origine sur la marge sud de l'océan téthysien, alors que les roches des Préalpes Médiannes comme les Couches Rouges ou les Calcaires Massifs de l'arête des Gastlosen se sont déposées sur la marge nord.

Les radiolarites et les calcaires qui composent la Brendelspitz se sont déposés durant le Jurassique et le Crétacé inférieur puis ont été plissés et mis en relief lors de la fermeture océanique amorcée au Crétacé moyen. Des lambeaux de ce fond océanique ont alors été détachés puis ont glissé au fond du bassin pour être ensuite emballés dans une matrice argileuse. De tels blocs sont nommés olistolithes.

Si l'on retrouve aujourd'hui des olistolithes dans les Préalpes fribourgeoises, c'est parce qu'ils ont été incorporés aux Flyschs des Préalpes Supérieures qui ont eux-mêmes été charriés par-dessus les Préalpes Médiannes lors de la formation des Alpes.

Ces radiolarites constituent la preuve la plus spectaculaire de l'allochtonie des Préalpes. En effet, pour en trouver des séries complètes restées en place (c'est-à-dire non transportées lors de la formation des Alpes), il faut se rendre au Tessin, dans les gorges de la Breggia.

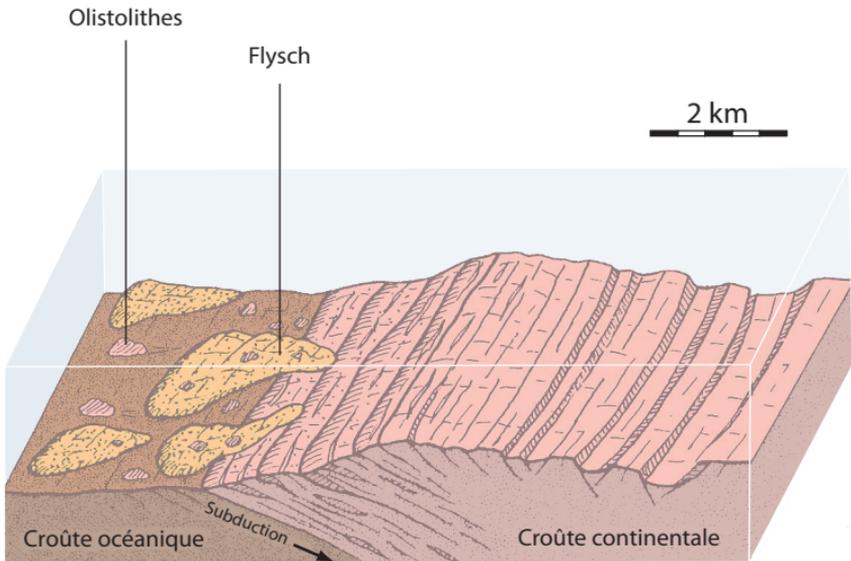
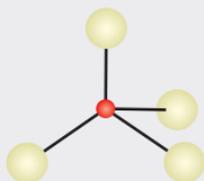


Schéma illustrant la mise en place de l'olistolithe de la Brendelspitz, d'après Clément 1986

## Le silicium

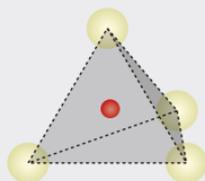
Le silicium est un élément chimique de symbole «Si». Après l'oxygène, c'est l'élément le plus abondant dans la croûte terrestre (environ 26% de la masse totale). En association avec l'oxygène, il forme la silice ( $\text{SiO}_2$ ). Les minéraux qui contiennent de la silice sont nommés silicates et constituent 97% des roches de la croûte terrestre.

Le silicium est couramment utilisé dans l'industrie, notamment pour produire du verre, des céramiques ou des bétons. Le silicium entre également dans la composition du silicone (mastic ou graisse), du silicagel (desséchant), du carborundum (abrasif), d'alliages à haute résistance, d'isolants, etc. L'effet semi-conducteur du silicium est exploité dans les cellules photovoltaïques pour produire de l'électricité et en électronique dans les transistors. On utilise également l'effet piézoélectrique du quartz en tant qu'oscillateur pour mesurer le temps, d'où le terme «montre à quartz».



Tous les silicates sont composés de ions  $\text{Si}^{4+}$  et  $\text{O}^{2-}$  (schéma de gauche).

Si on relie les centres des ions d'oxygène, on obtient un tétraèdre (à droite).



*Structure de base des silicates*

## Poste n° 8 : Archéologie

Coordonnées : 586'420 / 158'920      Altitude : 1740 mètres



*Vue sur le col des Euschels depuis le poste n°8*

### Description

L'arrivée au sommet du petit col situé entre la Brendelspitz et le Chalet du Soldat est l'occasion de perpétuer un ancien rituel dont l'origine remonte à la nuit des temps : s'arrêter, souffler un peu et, la main posée sur le front pour se protéger du soleil, découvrir le nouveau paysage qui se dévoile enfin de l'autre côté de la montagne. Il y a environ 10'000 ans en effet, les premiers humains qui parcouraient la région à la recherche de nouveaux territoires de chasse et de cueillette se sont arrêtés ici quelques instants, comme en témoignent des éclats de pierre taillée trouvés non loin.

## L'occupation du territoire au Mésolithique (9'500 à 5'000 ans av. J-C)

Depuis le début des années 2000, plusieurs dizaines de sites et de campements préhistoriques ont été découverts dans les Préalpes fribourgeoises. Le panorama visible depuis le col où nous nous trouvons permet de découvrir deux vallées qui comptaient parmi les plus fréquentées des Préalpes durant la période mésolithique : la vallée des Euschels au nord et la vallée du Petit Mont au sud-ouest. Les outils qui y ont été découverts sont essentiellement constitués de radiolarite. Cette roche, dont on a vu des bancs affleurer au poste précédent, présente des propriétés similaires au silex, d'où son emploi comme matière première par nos ancêtres.

Les traces laissées par ces chasseurs-cueilleurs s'alignent le long d'un axe qui recoupe obliquement les Préalpes, de Château-d'Oex jusqu'au Lac Noir. Plutôt que de suivre la vallée de la Sarine, il semble ainsi que ces groupes humains préféreraient passer par les cols où ils trouvaient notamment de la matière première pour confectionner leurs outils. Il est probable qu'à cette période, le lit de la Sarine était peu praticable en raison d'un débit accentué par la fonte des glaciers qui, quelques milliers d'années auparavant, occupaient toutes les vallées préalpines jusqu'à une altitude de 1500 m au minimum.



*Vue sur la forêt du Lapé depuis le poste n°8*

## La vie au Mésolithique

Cette période charnière de la Préhistoire est marquée par un réchauffement climatique postglaciaire et se situe chronologiquement entre le Paléolithique (industrie de la pierre taillée) et le Néolithique (industrie de la pierre polie, développement de l'agriculture).

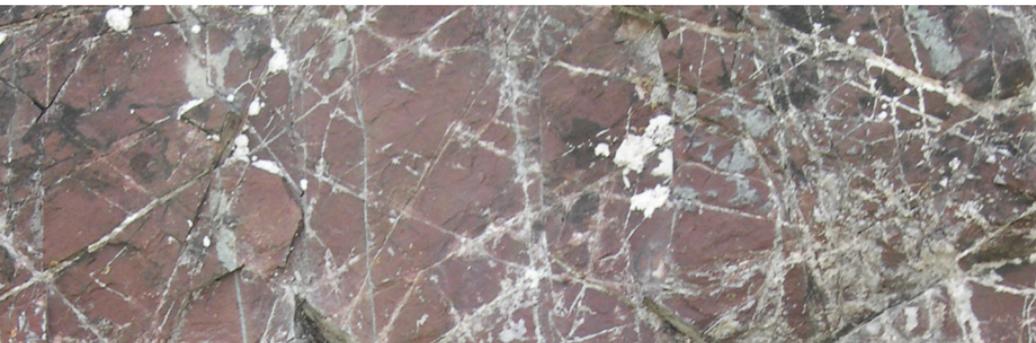
Les outils et les pointes de flèches taillés par nos ancêtres ont traversé les temps et nous racontent une histoire : ces hommes et ces femmes vivaient dans des campements installés sous de gros blocs éboulés, dans la forêt du Lapé par exemple, mais pouvaient également occuper des campements plus provisoires (haltes de chasse, sites d'affût) sur des terrains de plein air, comme aux Euschels. Nomades, ils s'installaient invariablement aux abords d'un ruisseau ou d'une source, étaient munis d'arcs pour chasser, de grattoirs pour travailler les peaux des animaux tués et possédaient sans aucun doute une connaissance intime des écosystèmes végétaux dont ils tiraient plantes, fruits et baies sauvages. Les quelques ossements retrouvés près des foyers attestent la chasse du cerf, du chevreuil, du sanglier et de quelques petits animaux à fourrure.



*Outils en radiolarite taillés par les chasseurs-cueilleurs du Mésolithique (environ 8'000 ans av. J-C) : pointes de flèches trouvées au Petit Mont (longueur : 3cm) et nucléus de matière première trouvé aux Euschels (diamètre : 5 cm). Photo : Service archéologique de l'Etat de Fribourg*

## Les ressources lithiques des Préalpes

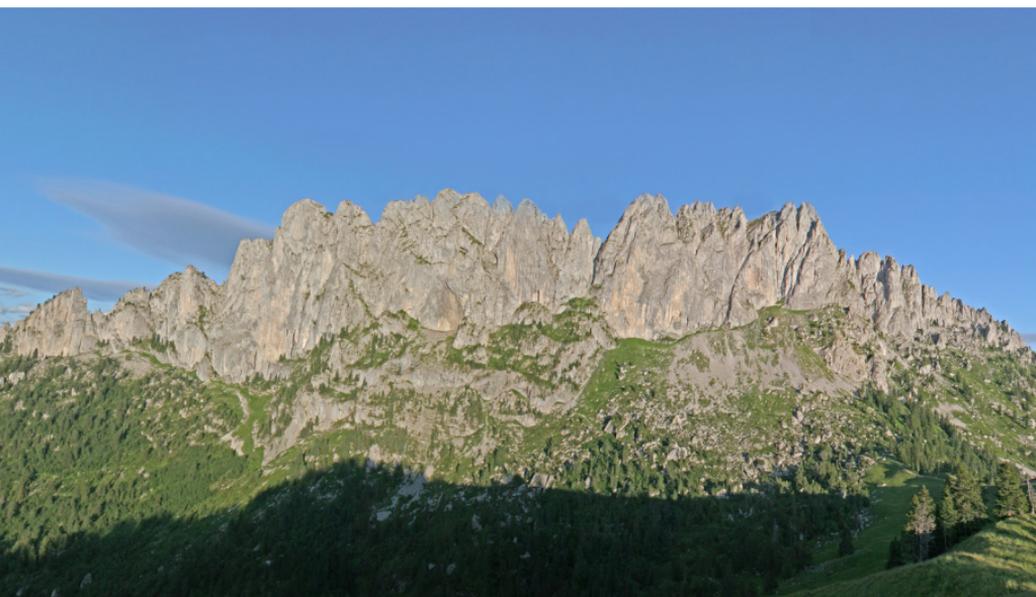
Parmi les roches siliceuses dont nos ancêtres se sont servis pour confectionner des outils, les radiolarites occupent, dans le canton de Fribourg, une place de choix. Les affleurements de la Brendelspitz (poste 7) et du col de Gueyre (situé entre le Petit Mont et le Gros Mont) devaient à ce titre constituer un point de passage apprécié et régulier. Toutefois, il faut relever la forte fissuration des radiolarites qui diminue la qualité du matériau pour la taille. Cette fissuration est due à l'histoire tectonique mouvementée des radiolarites qui ont fait un voyage de plusieurs centaines de kilomètres depuis leur lieu de formation, au fond de l'océan Téthys, jusqu'à leur emplacement actuel. Il en va de même pour les silex présents sous forme de nodules dans les calcaires des Préalpes Médiannes, eux aussi parcourus de nombreuses fissures. Par rapport aux silex du Jura ou à ceux du Périgord par exemple, qui sont homogènes et exempts de fractures, ces ressources locales sont donc de moindre qualité. Si elles constituent l'écrasante majorité des matériaux présents, c'est en raison de leur caractère local et donc de la facilité qu'avaient les hommes à se les procurer. Parmi les outils retrouvés sur les sites préalpins, quelques rares pièces proviennent de matériaux non locaux comme par exemple du silex du Jura ou du cristal de roche des Alpes. La détermination de la provenance de ces matériaux permet de reconstituer les déplacements des populations de chasseurs-cueilleurs.



*Forte fissuration des radiolarites qui diminue la qualité du matériau pour la taille*

## Poste n° 9 : Vue sur les Gastlosen

Coordonnées : 586'530 / 158'800      Altitude : 1804 mètres



*Vue sur la chaîne des Gastlosen depuis le poste 9*

### Description

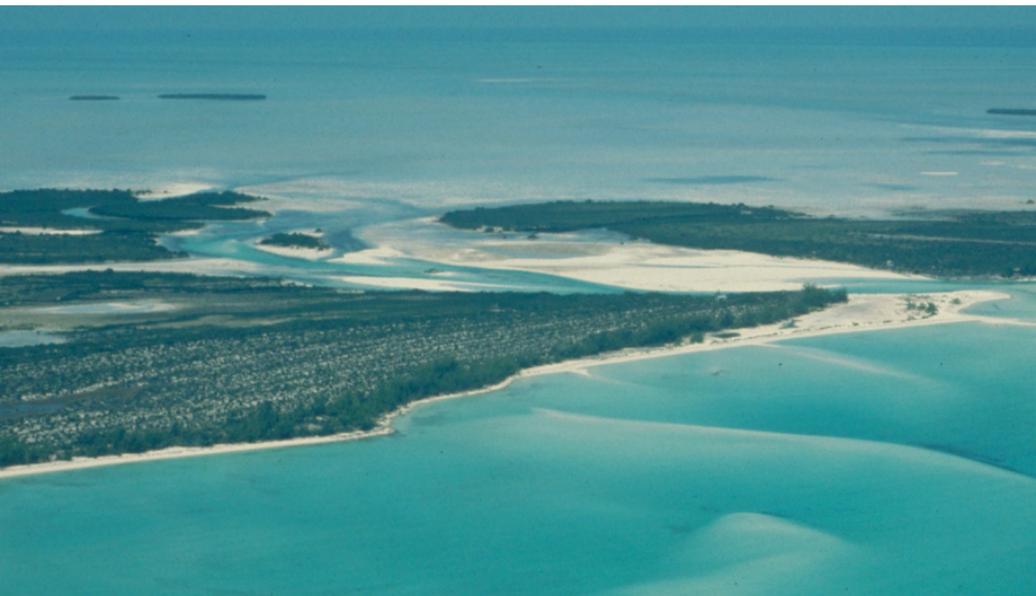
Les sommets des Gastlosen, avec leurs parois verticales dépassant parfois les 300 mètres de hauteur, comptent parmi les montagnes les plus impressionnantes des Préalpes. L'endroit est d'ailleurs bien connu des grimpeurs et autres alpinistes qui apprécient particulièrement ce rocher compact.

Seule une petite partie des 15 kilomètres que compte la chaîne des Gastlosen est visible sur cette photo. On appelle cette portion «Les Sattelspitzen».

## Origine des Gastlosen

Difficile de s'imaginer, en contemplant le panorama actuel, qu'il y a environ 160 millions d'années, la chaîne des Gastlosen ressemblait à ce paysage d'îlots, de lagons et de récifs coralliens.

C'est pourtant bel et bien dans des conditions similaires à celles des Bahamas actuelles que les calcaires constituant ces sommets ont été déposés. Si l'on observe attentivement ces roches, on peut par-



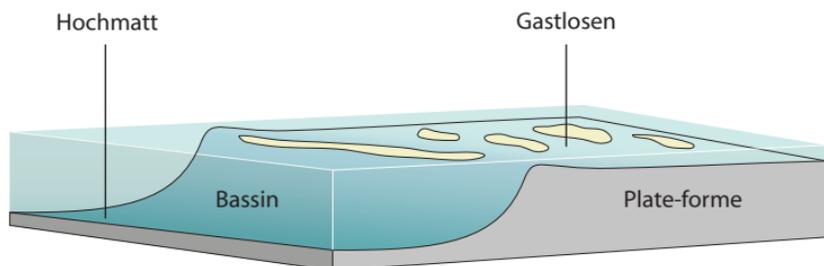
*Plate-forme carbonatée aux Bahamas. Photo : André Strasser*

fois observer des fragments de coraux et l'étude au microscope livre d'autres indices confirmant ces origines.

Un tel milieu de dépôt constitue ce que l'on appelle une plate-forme carbonatée, recouverte d'une mer chaude peu profonde (une dizaine de mètres au maximum) dont l'eau est très limpide. Ces conditions favorisent le développement biologique d'organismes comme les bivalves, les foraminifères, les algues rouges ou encore les coraux qui soutirent le calcium dissous dans l'eau pour former leur squelette. L'accumulation de ces éléments forme une boue carbonatée qui se transforme peu à peu en calcaire par compaction et cimentation.

## Les Calcaires Massifs

La plus grande partie des roches qui constituent la chaîne des Gastlosen appartient à la Formation des «Calcaires Massifs» qui porte ici très bien son nom. En effet, on n'observe pratiquement pas de stratification dans cette masse rocheuse extrêmement compacte. A l'inverse, les «Calcaires Massifs» des Préalpes Médiannes plastiques, que l'on rencontre au Vanil Noir ou à la Hochmatt par exemple, sont formés de bancs épais et bien stratifiés, limités entre eux par de fines couches argileuses. Dans ce cas, les calcaires se sont déposés dans un bassin plus profond en marge de la plate-forme.

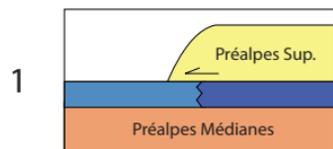


*Environnements de dépôt des Calcaires Massifs au Jurassique supérieur*

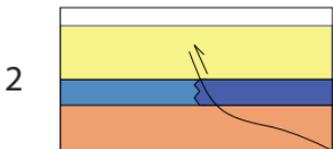
## Tectonique

Environ 100 millions d'années après le dépôt des Calcaires Massifs, la poussée de la plaque africaine entraîna la fermeture de l'océan Téthys (voir p. 14) et la création d'un prisme d'accrétion. A l'intérieur de ce prisme, des ensembles de roches disposés à l'origine les uns à côté des autres furent charriés les uns sur les autres. A cette occasion, la nappe des Préalpes Supérieures, constituée principalement de Flyschs, fut transportée sur la Nappe des Préalpes Médiannes.

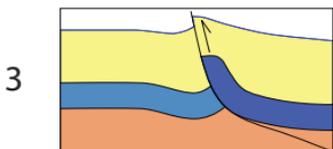
Une fois l'océan fermé, les plaques tectoniques eurasiennne et africaine entrèrent en collision, provoquant une intense déformation des roches. L'alternance de calcaires et de marnes induisit une déformation «souple» dans les Médiannes plastiques qui se manifeste par des anticlinaux et des synclinaux. En revanche, les Calcaires Massifs des Gastlosen se comportèrent de façon cassante pour former une écaille plutôt que des plis. Finalement, l'érosion s'est chargée de modeler le paysage, épargnant les roches plus dures comme les calcaires et entaillant les zones plus tendres comme les Flyschs.



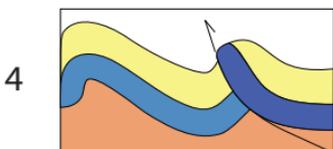
1 Mise en nappe. Charriage des Préalpes Supérieures sur les Préalpes Médianes (Oligocène, environ 30 Ma)



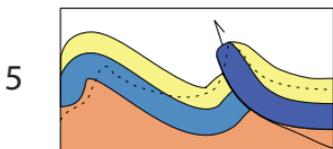
2 Création d'un plan de chevauchement qui recoupe obliquement les nappes (Miocène - Pliocène, environ 10 Ma)



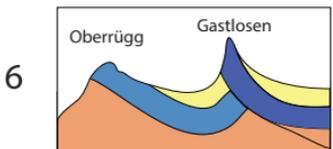
3 Ecaillage des Gastlosen (Préalpes Médianes rigides) et plissement des Préalpes Médianes plastiques (Pliocène)



4 Suite de l'écaillage des Gastlosen et formation de l'anticlinal de la Jogne (Pliocène)



5 Erosion, surtout active durant les périodes glaciaires (Pléistocène)



6 Situation actuelle

Légende

- Flyschs du Crétacé, Préalpes Supérieures
- Calcaires et marnes du Jurassique et du Crétacé, Préalpes Médianes plastiques
- Calcaires Massifs du Jurassique, Préalpes Médianes rigides
- Calcaires, dolomies et évaporites du Trias et du Jurassique, Préalpes Médianes plastiques et rigides

*Schéma illustrant la mise en place de la chaîne des Gastlosen*

## Climat tropical aux Gastlosen?

Les coraux fossilisés dans les calcaires des Gastlosen impliquent que ces derniers se sont formés dans une mer chaude, comme on en trouve actuellement aux tropiques. Comment le climat a-t-il donc pu changer à ce point pour être celui que nous connaissons aujourd'hui?

Tout d'abord, les calcaires des Gastlosen se sont formés bien plus au sud de leur position actuelle. Ce n'est que plus tard, lors de la fermeture de la Téthys, qu'ils ont été transportés vers le nord.

D'autre part, le climat global de l'ère secondaire a été le plus chaud qu'a connu la planète Terre depuis la fin du Précambrien. Durant le Jurassique, la température moyenne de l'air était d'environ 25° contre 15° environ actuellement. Celle des océans était, elle aussi, d'environ 10° supérieure à celle d'aujourd'hui.

Les causes de ce réchauffement climatique (bien plus important que celui que nous vivons actuellement!) ne sont pas encore bien comprises. On peut toutefois invoquer la répartition différente des continents, surtout concentrés sous les tropiques, ainsi qu'un taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique élevé en raison précisément de la production de carbonates sur les plate-formes marines.



Coraux dans une mer chaude actuelle. Photo : Pierre Vonlanthen

## Poste n° 10 : Géomorphologie

Coordonnées : 586'700 / 158'300    Altitude : 1760 mètres



*Dépôt d'éroulement au pied de la chaîne des Gastlosen*

### Description

Le pied de la chaîne des Gastlosen est recouvert d'une multitude de blocs rocheux de taille variable, mesurant parfois plus de 10 mètres de diamètre. Cette accumulation provient du détachement de pans de falaise. Les angles de ces rochers sont le plus souvent émoussés et leur surface présente de nombreuses rigoles entaillées par l'eau.

On remarque également qu'au sommet de certains de ces blocs, poussent des conifères dont l'allure est différente des épicéas que nous avons pu voir tout au long du sentier. Il s'agit d'arolles qui profitent des conditions particulières offertes par ce milieu.



*Traces d'érosion laissées par l'eau sur un bloc calcaire tombé des Gastlosen*

## **Eboulis, éboulement ou écoulement ?**

Contrairement aux éboulis qui sont alimentés «en continu» par la chute de pierres de petite dimension et qui forment des cônes réguliers, les éboulements et écoulements sont des événements instantanés qui correspondent à la chute d'une importante masse rocheuse (milliers à millions de m<sup>3</sup>) et qui génèrent des dépôts dont la morphologie est très chaotique. La distinction entre éboulement et écoulement se base sur les volumes rocheux impliqués et sur la distance de transport, tous deux plus grands pour le second phénomène. A noter, le long du chemin qui descend vers Bellegarde, la présence de quelques gros blocs isolés. Situés en avant de la zone principale d'écroulement, ils ont dû tomber sur un glacier qui occupait le fond de la vallée et qui les a ensuite transportés sur quelques centaines de mètres.

## **L'érosion**

L'érosion est un mécanisme à double tranchant : sans elle, les Gastlosen seraient toujours cachées sous leur couverture de Flyschs. Et à cause d'elle, les Gastlosen finiront par disparaître... mais à un rythme si lent qu'il nous reste bien quelques milliers d'années pour les contempler ! L'agent érosif le plus efficace est la gélification : l'eau de pluie ou de fonte s'infiltré dans les anfractuosités du rocher puis, en gelant, augmente de volume, exerçant ainsi une pression sur les parois de la fissure qui s'agrandit. Les répétitions successives de ce phénomène provoquent peu à peu la dislocation de pans entiers de falaises.

Une autre forme d'érosion qui peut être observée ici est la karstification. Il s'agit d'une altération chimique du calcaire et non pas mécanique comme dans l'exemple précédent. Au contact de l'atmosphère, l'eau de pluie s'enrichit en  $\text{CO}_2$  et devient ainsi acide. En ruisselant sur la roche, elle dissout la calcite. La capacité de l'eau à contenir de la calcite dissoute dépend de la température. Ainsi l'eau de fonte, froide, peut-elle absorber plus de calcite qu'une eau de pluie tempérée.

### Les dépôts d'éroulement, un microclimat

L'arolle est un arbre typique des forêts d'altitude du Valais ou de l'Engadine. Le versant nord des Alpes est quant à lui plutôt peuplé d'épicéas. Son étonnante présence au pied des Gastlosen est due au relief accidenté des éroulements. L'arolle profite en effet de la fonte précoce de la neige au sommet des blocs, ce qui lui offre des conditions similaires au climat continental des vallées alpines.

L'arolle pousse presque uniquement sur les rochers et non entre ceux-ci, où le terrain est trop humide et ombragé pour assurer sa croissance. D'autre part, ce conifère profite des services du casse-noix moucheté pour la dissémination de ses graines. Cet oiseau cache en effet ses provisions pour l'hiver au sommet des blocs afin de les retrouver plus facilement au printemps. Certaines graines oubliées germent, permettant ainsi la colonisation de nouveaux blocs.



*L'arolle est reconnaissable à ses aiguilles groupées par cinq.*

## Poste n° 11 : Couches à Mytilus

Coordonnées : 586'730 / 158'130      Altitude : 1790 mètres



*Les Couches à Mytilus*

### Description

Comme nous venons de le voir, le pied de la chaîne des Gastlosen est recouvert par un grand écoulement qui cache les couches géologiques sous-jacentes. Ces dernières pointent toutefois localement entre les blocs tombés de la falaise, comme c'est le cas ici.

Nous pouvons y observer des calcaires marneux de couleur sombre qui se détachent en feuillets. Cette Formation est connue sous le nom de «Couches à Mytilus». En effet, elle est très riche en coquilles de moules fossilisées (le mot «Mytilus» signifie moule en latin).

## Environnement de dépôt

La présence de fossiles de moules est très utile pour déterminer quel était l'environnement de dépôt des Couches à *Mytilus*. Ces mollusques vivent en effet dans des zones côtières, sous une tranche d'eau de quelques mètres au maximum. Ils forment des colonies fixées à un substrat dur comme des rochers par exemple et non pas enfouies dans les sédiments comme la plupart des bivalves. Ils doivent également être protégés des vagues trop violentes; c'est pourquoi on peut estimer



*Les moules vivent fixées à des substrats durs comme ce rocher. Photo : Claude Calvez*

que les Couches à *Mytilus* se sont déposées dans un environnement de lagon, protégé par une barrière récifale par exemple.

## Biologie

Les moules font partie de la classe des bivalves, c'est-à-dire des organismes vivant entre deux valves symétriques (coquilles). Pour se nourrir, elles entrouvrent leurs valves, permettant ainsi à leur siphon d'aspirer l'eau de mer et de filtrer les micro-organismes en suspension. En cas de danger, elles peuvent les fermer grâce à leurs muscles puissants.



*Vue rapprochée sur les restes de coquilles des Couches à Mytilus*

## **Des coquillages marins aux Gastlosen !**

La présence de coquillages marins en des lieux insolites, comme ici à 1800 m au-dessus du niveau de la mer, a longtemps intrigué les hommes. On les considérait comme des «fantaisies de la nature». A partir du XVI<sup>ème</sup> siècle, on les nomma «fossiles» («ce qui est tiré de la Terre» en latin) en pensant qu'ils poussaient dans les carrières comme les fleurs dans les champs. Il a fallu attendre la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle pour qu'on les considère à leur juste valeur : comme des restes d'anciens animaux conservés dans des couches sédimentaires et dont l'étude permet de reconstituer l'histoire de la Terre.

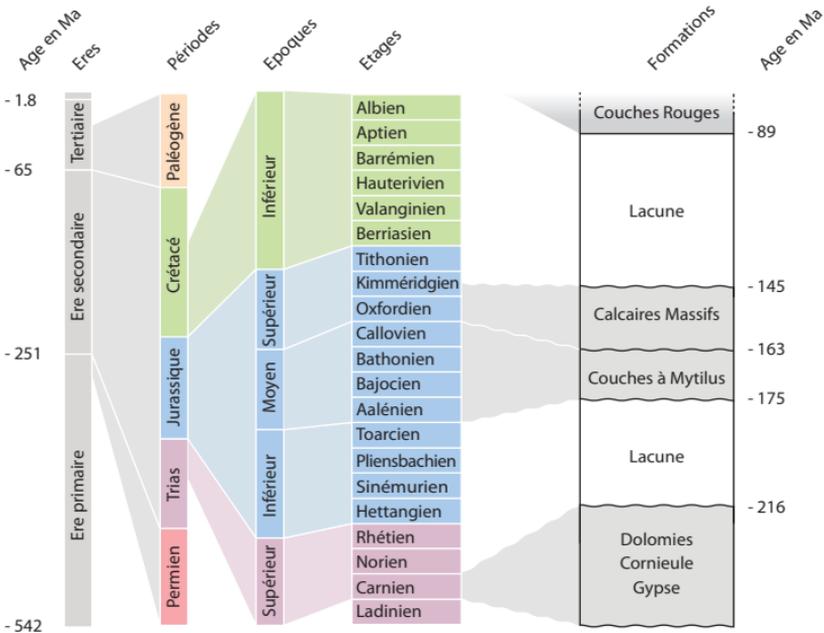
Il est à noter que la fossilisation ne s'applique généralement qu'aux organismes dotés de parties dures (os, dents, coquilles) et qu'elle nécessite des conditions particulières comme un enfouissement rapide sous une couche de sédiments. Seule une infime partie des organismes ayant peuplé les terres et les mers par le passé ont donc été fossilisés.



Fossiles découverts dans les Couches à Mytilus. De gauche à droite : Mytilus arbenzi, Ceromya wimmisensis, fragment de corail. Photo : Hans H. Renz

## Stratigraphie

Les Couches à Mytilus se sont déposées au Jurassique moyen, il y a environ 170 millions d'années. Elles sont surmontées par les Calcaires Massifs du Jurassique supérieur, dont nous avons parlé au poste 9. Les périodes du Jurassique inférieur et du Crétacé inférieur sont caractérisées, dans les Préalpes Médiannes rigides, par une absence de dépôt («lacune stratigraphique»), comme illustré ci dessous.



Echelle des temps géologiques et aperçu stratigraphique des Préalpes Médiannes rigides

## Des moules ...et du charbon!

Le lagon dans lequel prospéraient les moules des Couches à Mytilus a également permis, au Jurassique moyen, de préserver des restes de plantes terrestres qui poussaient sur des îles ou des zones émergées de la plate-forme. Par accumulation et compaction, ces débris végétaux se sont transformés en charbon. Des veines de charbon, épaisses de 10 à 50 cm, sont donc aujourd'hui présentes au pied nord des Gastlosen ainsi que dans le prolongement sud-ouest et nord-est de la chaîne, soit dans les régions de Château-d'Oex et de Boltigen.

Aux Gastlosen, deux galeries peu profondes ont été ouvertes dans les années 1870 dans le Mattenwald, au-dessus du chalet de «Mauzes Bergli» (aujourd'hui Musersbergli). Elles n'ont presque rien fourni et furent rapidement abandonnées. Il est aujourd'hui impossible d'en retrouver même l'emplacement, mais la présence de charbon était connue des anciens qui appelaient ce gisement le «Kohlenloch».

Dans la région de Château-d'Oex, la «Société des charbonnages du Pays d'Enhaut» fut créée en 1917. Mais l'exploitation ne dura pas en raison d'un charbon de mauvaise qualité et présent en faible quantité. Durant la deuxième guerre mondiale, ces mines furent une nouvelle fois exploitées puis rapidement abandonnées.

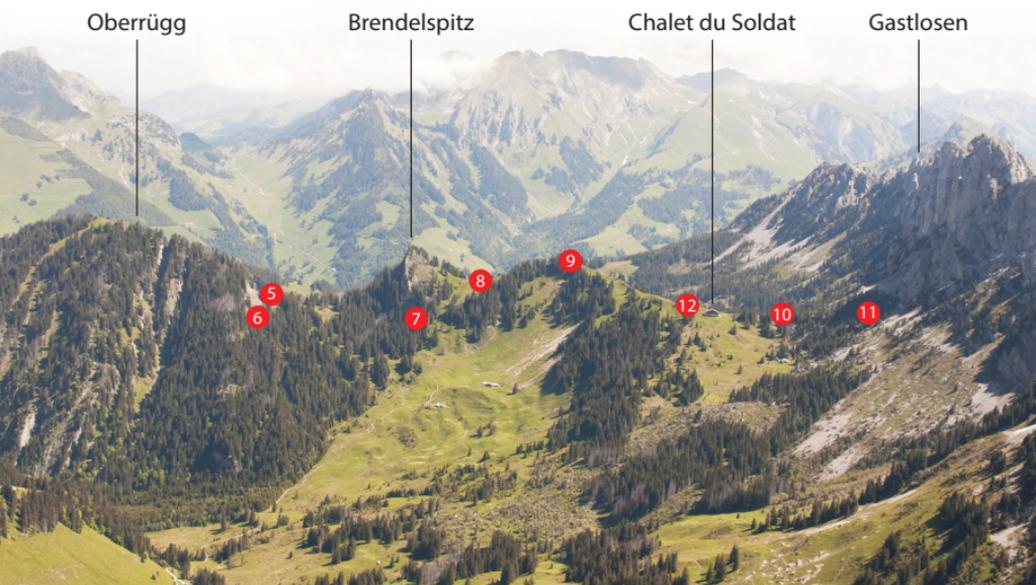
Ce n'est qu'à Boltigen que l'exploitation du charbon connut un certain succès. Les premières concessions furent délivrées en 1760. Environ 50 tonnes étaient alors extraites annuellement de mines peu profondes. Durant le premier tiers du 19<sup>ème</sup> siècle, la production annuelle atteignit 250 tonnes, pour culminer à 500 tonnes vers 1850. L'exploitation fut ensuite progressivement abandonnée.

Après une tentative infructueuse durant la première guerre mondiale, l'exploitation reprit de 1941 à 1948. La pénurie de combustibles battait alors son plein. Une centaine d'hommes, payés 1.20 franc de l'heure et répartis en deux équipes, travaillaient en continu dans les mines de Schwarzenmatt, Boltigen et Oberwil. Plusieurs kilomètres de galeries furent creusés pour atteindre les veines de charbon et la production atteignit des records : 5'186 tonnes pour la seule mine de Schwarzenmatt durant l'année 1945.

## Poste n° 12 : Synthèse et conclusion

Coordonnées : 586'570 / 158'380

Altitude : 1752 mètres



Vue sur le sentier géologique depuis la Dent de Ruth. Photo : Martin Bochud

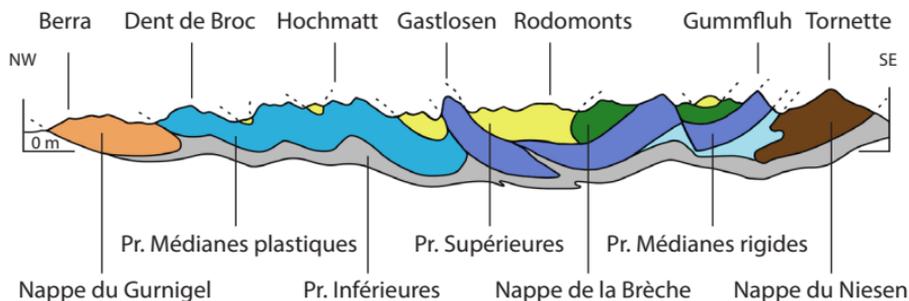
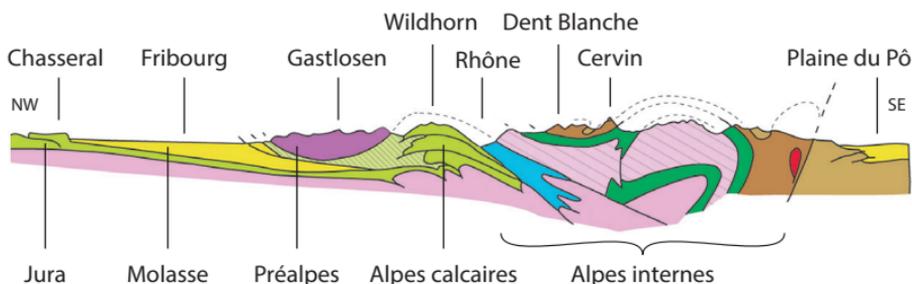
### Synthèse

Les Préalpes sont constituées d'un empilement complexe de nappes de charriage qui chevauchent l'avant-pays molassique.

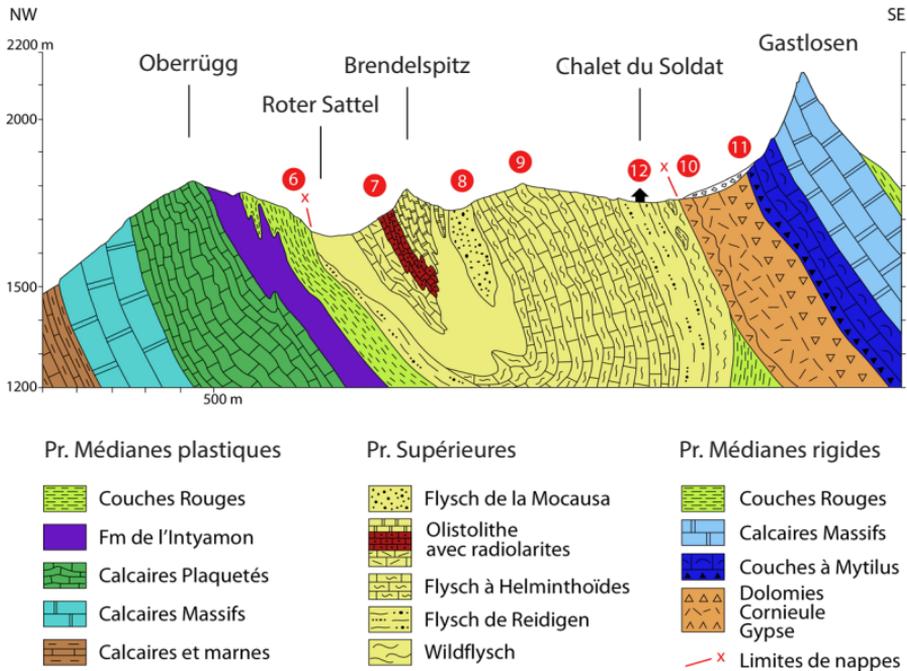
Par «nappe» on entend un ensemble de roches qui s'est déplacé pour en recouvrir un autre dont il était à l'origine très éloigné. Ce caractère allochtone des Préalpes leur confère un certain exotisme, dans la mesure où les roches qui les composent se sont formées bien plus au sud, dans un océan appelé Téthys, qui a existé entre 230 et 40 millions d'années avant aujourd'hui (du Trias à l'Eocène). Suite à la poussée de la plaque tectonique africaine, cet océan qui séparait alors l'Europe de

L'Afrique s'est peu à peu refermé. Les roches qui s'y étaient déposées ont été comprimées, plissées et déplacées de plusieurs centaines de kilomètres vers le nord, jusqu'à leur emplacement actuel où elles constituent aujourd'hui les Préalpes. La poussée de la plaque africaine continuant à faire son effet, les Alpes calcaires (massif montagneux en rive droite du Rhône) se sont à leur tour soulevées, séparant définitivement les Préalpes de leurs racines qui se situent donc actuellement au sud de la vallée du Rhône.

Les différentes nappes préalpines sont constituées de roches sédimentaires variées : calcaires, marnes, argiles, Flyschs, dont les duretés ont engendré des reliefs plus ou moins marqués. Après leur mise en place, et surtout lors des deux derniers millions d'années qui ont vu se succéder les périodes glaciaires, l'érosion a conféré aux Préalpes leur morphologie actuelle.



*Coupes géologiques simplifiées à travers les Alpes (en haut, d'après Agard et Lemoine 2003) et les Préalpes (en bas, d'après Caron 1973)*



Coupe géologique entre l'Oberrügg et les Gastlosen

## Conclusion

L'histoire sédimentaire, tectonique et morphologique des Préalpes, aussi longue et complexe soit-elle, explique la grande variété de roches que l'on y trouve et la diversité des paysages que l'on peut y admirer.

La coupe géologique qui va de l'Oberrügg aux Gastlosen permet de se remémorer le chemin parcouru à pied, en situant dans leur contexte les affleurements observés : du nord-ouest vers le sud-est, on rencontre tout d'abord les calcaires et les marnes des Préalpes Médiannes plastiques (Jurassique moyen à Tertiaire) qui dessinent ici le flanc sud de l'anticlinal de la Jogne. Ils sont surmontés par les Flyschs des Préalpes Supérieures (Crétacé à Tertiaire), par l'intermédiaire d'un chevauchement qui a eu lieu il y a 30 Ma environ. Plus tardivement, vers 10 Ma avant aujourd'hui, ces Flyschs seront à leur tour chevauchés par la dalle rigide des Gastlosen (Trias à Crétacé), à laquelle l'érosion s'est chargée de donner les dernières retouches.

## Glossaire

**Affleurement** : Endroit où les roches sont visibles à la surface de la Terre.

**Allochtone** : Qualifie des terrains qui ont été déplacés et qui en recouvrent d'autres pouvant être plus récents, dits autochtones.

**Anticlinal / synclinal** : Pli convexe vers le haut / concave vers le bas.

**Calcaire marneux** : Calcaire contenant 5 à 35% d'argile.

**Chevauchement** : Superposition d'un ensemble de terrains sur un autre par l'intermédiaire d'un contact tectonique peu incliné.

**Dorsale océanique** : Relief allongé du fond océanique, situé à la limite de deux plaques divergeantes.

**Formation géologique** : Ensemble de couches qui présentent les mêmes caractéristiques lithologiques.

**Flysch** : Formation sédimentaire détritique qui s'est déposée dans un bassin marin profond durant une orogénèse, suite à des avalanches sous-marines successives.

**Lithologie** : Caractéristiques d'une roche, basées sur la nature de ses constituants.

**Marne** : Roche sédimentaire constituée d'un mélange de calcaire et d'argiles (entre 35% et 65% d'argiles).

**Nappe tectonique / Nappe de charriage** : Ensemble de terrains qui a été déplacé par des mouvements tectoniques et qui est venu en recouvrir un autre dont il était plus ou moins éloigné à l'origine.

**Orogenèse** : Ensemble de phénomènes qui conduisent à la formation d'une chaîne de montagnes.

**Prisme d'accrétion** : Superposition d'écailles tectoniques au front d'une plaque tectonique au-dessus d'une zone de subduction.

**Stratification** : Disposition d'un ensemble de roches sédimentaires en couches superposées.

**Subduction** : Enfouissement d'une plaque tectonique sous une autre (en général d'une plaque océanique sous une plaque continentale).

# Bibliographie

## Ouvrages scientifiques

**Brillard, L.** (1998) : Etude géologique de la région entre Jaun et les Gastlosen. Travail de diplôme, Université de Fribourg.

**Caron, C.** (1973) : Survol géologique des Alpes occidentales. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 62/2, 73-81.

**Clément, J.-P.** (1986) : Les sédiments pélagiques de la nappe de la Simme. Thèse, Université de Fribourg.

**Collectif d'auteurs** (1976) : Géologie des Préalpes. Colloque en l'honneur du Professeur Héli Badoux. Tirage à part des Eclogae geol. Helv. 69/2, 249-575.

**Guillaume, M.** (1986) : Révision stratigraphique des Couches Rouges de la Nappe des Préalpes Médiannes Romandes. Thèse, Université de Fribourg.

**Lemoine, M., De Graciansky, P. & Tricart, P.** (2000) : De l'océan à la chaîne de Montagnes : Tectonique des Plaques dans les Alpes. Gordon and Breach & Société Géologique de France.

**Mauvilly, M., Brillard, L., Kramer, L., Baeriswyl, J.-M., Doutaz, J. & Rime, J.** (2006) : Le Petit Mont, une vallée-sanctuaire préhistorique au coeur des Préalpes fribourgeoises. Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise 8, 112-145.

**Mosar, J., Stampfli, G.-M. & Girod, F.** (1996) : Western Préalpes Médiannes Romandes : timing and structure. A Review. Eclogae geol. Helv. 89/1, 389-425.

**Page, C.** (1969) : Observations géologiques sur les Préalpes au NW des Gastlosen orientales. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 58/2, 83-177.

**Plancherel, R.** (1979) : Aspects de la déformation en grand dans les Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Aar. Eclogae geol. Helv. 72/1, 145-214.

**Strasser, A., Caron, M. & Gjermeni, M.** (2001) : The Aptian, Albian and Cenomanian of Roter Sattel, Romandes Prealps, Switzerland: a high-resolution record of oceanographic changes. Cretaceous Research 22, 173-199.

## Ouvrages grand public

**Collectif d'auteurs** (2009) : Découvertes archéologiques en Gruyère. Quarante mille ans sous la terre. Service archéologique de l'Etat de Fribourg.

**Labhart, T.** (1997) : Géologie de la Suisse. Delachaux et Niestlé, Lausanne.

**Marthaler, M.** (2001) : Le Cervin est-il africain? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète. Loisirs et Pédagogie, Lausanne.

## Traité de géologie générale

**Caron, J.-M., Gauthier, A., Lardeaux, J.-M., Schaaf, A., Ulysse, J. & Wozniak, J.** (2003) : Comprendre et enseigner la planète Terre. Editions Ophrys.

**Michel, F.** (2005) : Roches et paysages. Reflets de l'histoire de la Terre. Belin, Paris.

**Parriaux, A.** (2006) : Géologie. Bases pour l'ingénieur. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

**Trompette, R.** (2003) : La Terre. Une planète singulière. Belin, Paris.

# Table des matières

Préface . . . . .	.2
Introduction. . . . .	.3
Accès . . . . .	.4
Informations générales. . . . .	.4
Situation géographique . . . . .	.6
Situation géologique . . . . .	.7
Introduction à la géologie . . . . .	.8
Structure interne de la Terre. . . . .	.8
Histoire de la Terre . . . . .	.10
Types de roches . . . . .	.11
Cycle des roches . . . . .	.12
Tectonique des plaques . . . . .	.13
Paléogéographie. . . . .	.14
En route !. . . . .	.15
Poste n° 1 : Grossmutterloch . . . . .	.16
Poste n° 2 : Panorama général . . . . .	.18
Poste n° 3 : Glissement de terrain - partie I . . . . .	.20
Poste n° 4 : Glissement de terrain - partie II . . . . .	.23
Poste n° 5 : Couches Rouges . . . . .	.26
Poste n° 6 : Hardground . . . . .	.31
Poste n° 7 : Radiolarites. . . . .	.36
Poste n° 8 : Archéologie . . . . .	.42
Poste n° 9 : Vue sur les Gastlosen. . . . .	.46
Poste n° 10 : Géomorphologie . . . . .	.51
Poste n° 11 : Couches à Mytilus . . . . .	.54
Poste n° 12 : Synthèse et conclusion . . . . .	.59
Glossaire . . . . .	.62
Bibliographie . . . . .	.63



Ce qui fascine le géologue? Comprendre comment les montagnes se sont formées, deviner d'où viennent les roches qui les constituent et imaginer à quoi pouvait bien ressembler une région à l'époque où les dinosaures s'y baladaient. Autant d'éléments que l'association Itinéraires géologiques fribourgeois se propose de vous faire découvrir au fil de cette brochure et d'un sentier, dont les Gastlosen sont les héros.

Compagnon indispensable sur le chemin qui vous mènera au Chalet du Soldat, ce livret-guide vous plongera dans le bassin tropical où se sont déposés les calcaires massifs qui dessinent aujourd'hui celles qu'on appelle aussi les Inhospitalières. Il vous expliquera comment des moules se sont retrouvées au pied des voies d'escalade du Gross-turm ou encore pourquoi certaines roches sont rouges.

Une invitation à la balade et une incitation à poser un regard moins naïf, mais pas moins émerveillé, sur le monde qui nous entoure. Où chaque caillou, chaque fossile, chaque être vivant semble être le fruit d'un processus improbable.

Sophie Roulin

journaliste à «La Gruyère»



Itinéraires géologiques fribourgeois