

Balade géologique du Col de la Staffelegg à Densbüren (Jura argovien)

<http://www.erlebnis-geologie.ch/geoevent/geo-wanderung-von-der-staffelegg-nach-densbueren/>

Continuation de la balade suivante:

<http://www.erlebnis-geologie.ch/geoweg/geowanderweg-kuettigen-staffelegg/>

Walter Wildi

Département F.A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau, Université de Genève
23, chemin des Marais, CH-1218 Le Grand Saconnex,
walter.wildi@unige.ch, 079 310 0039

Résumé

Le Jura est la branche la plus septentrionale et la plus externe de la chaîne alpine. Le Jura plissé chevauche le continent européen hercynien, et en particulier un de ses bassins permo-carbonifères enfoui sous le Jura plissé, une fosse formée à la fin de l'ère du Paléozoïque par des mouvements tectoniques en décrochement.

Du Trias au Jurassique (250 à 150 millions d'années), la région du Jura fait partie d'une plate-forme marine peu profonde qui couvre toute la zone depuis la mer alpine au Sud jusqu'en Europe centrale, au Bassin de Paris et le Nord de l'Angleterre. A l'époque du Crétacé on ne connaît pas de sédiment dans la partie orientale du Jura.

Au cours du plissement et de la surrection des Alpes, les énormes cônes d'alluvions du front alpin touchent même la région du Jura au Nord et déposent des couches de sables et de marnes d'une Molasse de faible épaisseur.

A la fin de la formation des Alpes, les couches épaisses de sédiments du Trias au Néogène qui recouvrent le Plateau suisse sont décollées sous la contrainte de la poussée des Alpes et déplacées vers le Nord. Dans le Jura, ces mêmes formations, moins épaisses, résistent moins bien à la contrainte: Elle se plissent et se cassent pour former ainsi le Jura plissé.

La géo-randonnée mène du col de la Staffelegg (Nord de la Ville d'Aarau) à Densbüren. Elle donne une vue d'ensemble du Jura plissé dans sa partie argovienne, du Plateau Suisse au Sud (vue panoramique) jusqu'aux plis frontaux et le chevauchement du Jura plissé sur le Jura tabulaire au Nord (randonnée).

1. Une petite histoire de la Terre du Jura

Le Jura est la branche la plus septentrionale et la plus externe de la chaîne alpine. Voici un bref extrait de l'histoire de la Terre déduite des formations géologiques exposées ou cachées en profondeur :

- **Au Permien, à la fin du Paléozoïque (300 à 250 mio d'années)** l'Europe centrale est constituée d'un puzzle de chaînes de montagnes issues de l'orogénèse dite «varisque» (ou «hercynienne»). Reliefs montagneux et vallées intra-montagneuses se relaient. Ces reliefs se font éroder sous un climat aride et les bassins et vallées se remplissent de sédiments conglomératiques, sableux et argileux rouges. Ces dépôts surmontent des couches de charbon de l'époque du Carbonifère, quand des forêts denses couvraient les reliefs. La période du Permien termine un cycle géologique.
- **A l'époque du Trias (250 à 210 mio d'années)** le continent européen est marqué par un relief plat, avec un niveau marin très abaissé. La mer du Muschelkalk, avec une tranche d'eau de 20 à 30 m au maximum, marque l'inondation maximale. Mais avant et après cette période, le climat aride et chaud, ainsi qu'un niveau marin plus bas, conduisent à la formation de déserts avec de grandes dépressions salines («sebkhas»). Les sédiments typiques de ces périodes sont le sel-gemme de Schweizerhalle et, au Keuper vers la fin du Trias, du gypse, des argiles rouges et des grès (Grès à roseaux, «Schilfsandstein»). Le sable de ces derniers a ses origines à l'Est, probablement en Pologne et dans le Massif Bohémien. Le gypse peut être observé au Sud et au Nord du Col de la Staffelegg.
- **Le début du Jurassique (ca. 210 mio d'années)** est marqué par une montée du niveau marin global qui se corrèle avec l'ouverture de l'Atlantique Nord et Central, ainsi qu'avec l'ouverture de la mer alpine entre Afrique et Europe (fig. 2). L'Europe centrale, de la mer alpine au Sud à l'Angleterre au Nord, se transforme en une plate-forme marine avec des dépôts

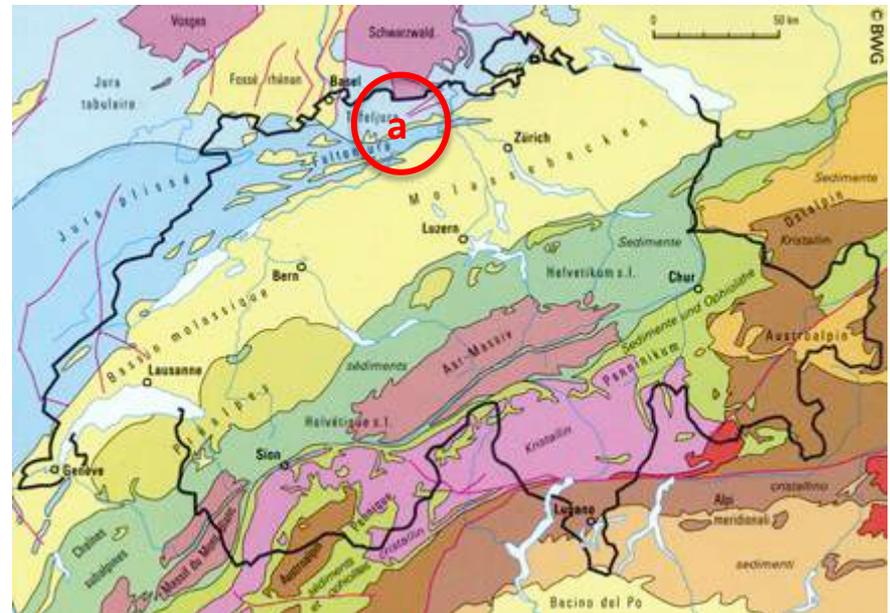
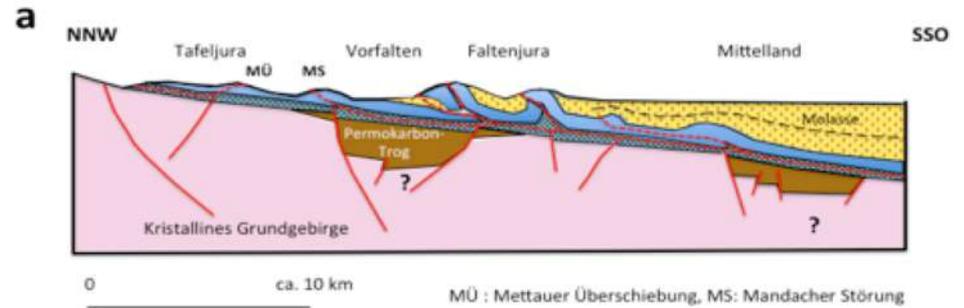


Figure 1 en bas: schéma géologique de la Suisse (source: swisstopo). haut: coupe géologique simplifié du Jura argovien (W. Wildi, simplifié d'après www.Nagra.ch).

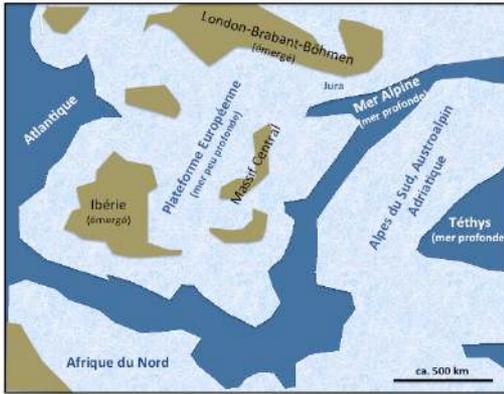


Figure 2: Paléogéographie Atlantique – Europe – mer alpine au Jurassique, il y a env. 150 mio d'années (Wildi et al. 2014).

- carbonatés, des marnes et des argiles. Les reliefs abruptes qui forment le versant sud du Jura plissé (Wasserflue, Gisliflue) correspondent à des sédiments de plate-forme et des récifs de coraux de cette époque.
- **Au Crétacé, à partir de 140 mio d'années**, les variations du niveau marin conduisent au dépôt d'une alternance de calcaires et de marnes, sur cette plate-forme marine de la bordure de la mer alpine au Bassin parisien. Toutefois, la partie orientale du Plateau suisse et du Jura subissent un léger soulèvement tectonique, lié aux prémices du plissement alpin et à l'ouverture de l'Atlantique sud. En conséquence de ces mouvements, aucun dépôt sédimentaire marin n'est connu de cette époque dans le Jura argovien.
- **Au Paléogène et au Néogène** (dès env. 65 mio) la plate-forme jurassienne est certainement au sec, portant une couverture végétale tropicale. Du minerais de fer (du «bolus») remplit des poches karstiques et des fissures de failles. La montée de la chaîne alpine conduit à la formation d'énormes cônes alluviaux dans l'avant-pays alpin (fig. 3). Les sédiments conglomératiques sableux et argileux correspondant à cette «Molasse» peuvent atteindre env. 4 km d'épaisseur à proximité des Alpes. En revanche, au Nord, dans la région du Jura, des sédiments plus fins, sables et

marnes se déposent sur des plaines alluviales et dans les lacs. Deux incursions marines sont connues (Molasses marines) de la Méditerranée à l'Ouest, passant par l'avant-pays alpin et s'étendant jusqu'aux bassins viennois et pannonien (Hongrie). L'épaisseur de ces dépôts de Molasse est réduite dans le Jura, soit 200 ou éventuellement 300 m au maximum.

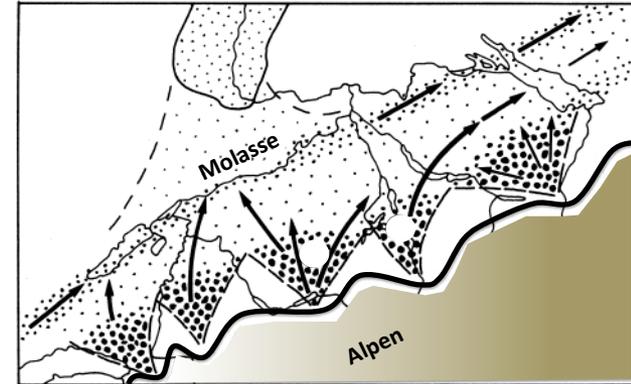


Figure 3: Paléogéographie du front alpin au Fossé rhénan au cours du Paléogène (R. Trümpy 1980). De grands cônes alluviaux amènent le matériel terrigène érodé dans les Alpes vers le bassin molassique.

Les premiers plissements apparaissent dans le Jura à l'Oligocène (30 mio d'années) marqués par de légères discordances entre le substrat des calcaires du Jurassique et la Molasse. La déformation principale, plissements et chevauchement ne se produit cependant que bien plus tard, au Pliocène, il y a env. 5 mio d'années. La preuve se trouve loin d'ici, dans la Bresse française, où des sédiments de cet âge sont surmontés par un chevauchement du Jura. C'est donc à cette époque tardive que les sédiments du Trias au Néogène sont décollés au niveau du sel du Trias et sont disloqués sous la contrainte alpine et disloqués vers le Nord. C'est ainsi que se forme le Jura plissé.

Les grandes glaciations ont laissé des traces profondes dans les paysages du Canton d'Argovie, soit par le creusement et surcreusement des vallées principales (fig. 4) soit par la formation de terrasses fluviales étendues par les eaux de fonte.

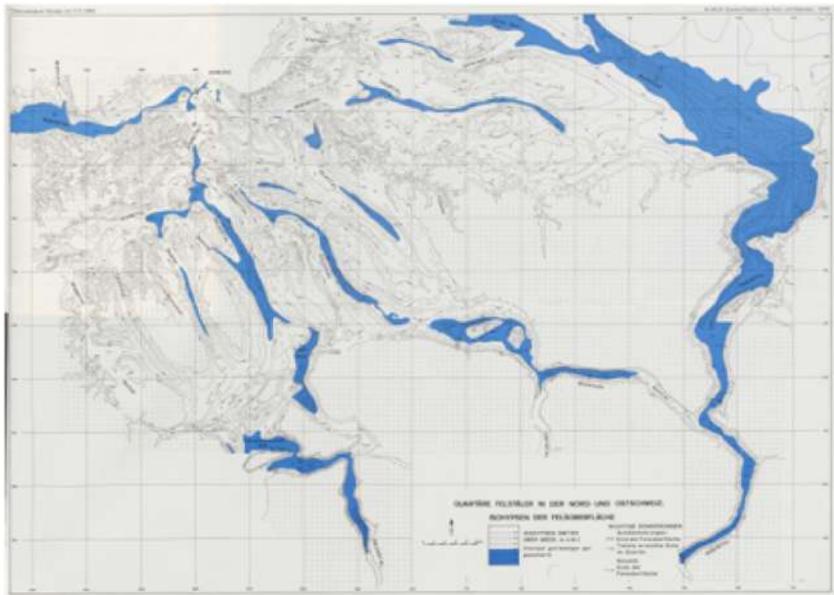


Figure 4: Vallées surcreusées (en bleue) par les glaciers dans le Nord-Est de la Suisse (Wildi 1984).

Pendant la „Grande glaciation“, aussi appelée Glaciation du Riss en corrélation avec le Plateau Bavarois, les fleuves de glace dépassent les cols du Jura (p.ex. la Staffelegg) et s'écoulent dans le Fricktal pour atteindre Rheinfelden, à 15 km des portes de Bâle. Pendant la dernière glaciation, appelée Würm, les glaciers n'atteignent pas le pied du Jura (fig. 5). La chaîne du Jura reste alors en dehors du domaine glaciaire.

A l'arrivée de l'homme, il y a environ 13'000 ans, les paysages sont encore pelés. Cette situation change env. 2'000 ans plus tard, et il y a 8'000 à 6'000 ans, les meilleures conditions climatiques de cette période postglaciaire dans laquelle nous vivons sont atteintes.



Figure 5: Extension maximale des glaciers alpins pendant le dernier âge glaciaire (Bini et al. 2009, swisstopo).

Lecture du paysage géologique

La composition, la structure et la texture des roches permettent la restitution des conditions pendant leur formation et, quand il s'agit de roches sédimentaires, la reconstitution de l'environnement, du paysage et de l'histoire environnementale tout court. La fig. 6 présente la succession des formations géologiques du Jura. On peut en déduire les variations climatiques, et les variations du niveau marin, des niveaux les plus bas au Trias et de nos jours, jusqu'à des niveaux allant jusqu'à env. 200 m au dessus du niveau actuel pendant le Jurassique supérieur. Les altitudes auxquelles on rencontre actuellement des roches d'origine marine, allant jusqu'à 866 m à la Wasserflue, sont dues aux bouleversements tectoniques du plissement alpin. Enfin, les dépôts glaciaires (moraines) et fluvioglaciers (terrasses) témoignent des grands changements climatiques, avec des baisses des températures moyennes de l'ordre de 12 °C et l'avancement répété des glaciers alpins jusque dans le Nord des Alpes, essentiellement pendant les derniers 800'000 ans.

Dans les paysages, les différentes formations géologiques s'expriment par leurs morphologies: les calcaires massifs sont marqués par la présence de falaises, les dolomies par des dolines. Les marnes, les argiles et le gypse s'expriment souvent par des morphologies de glissement.

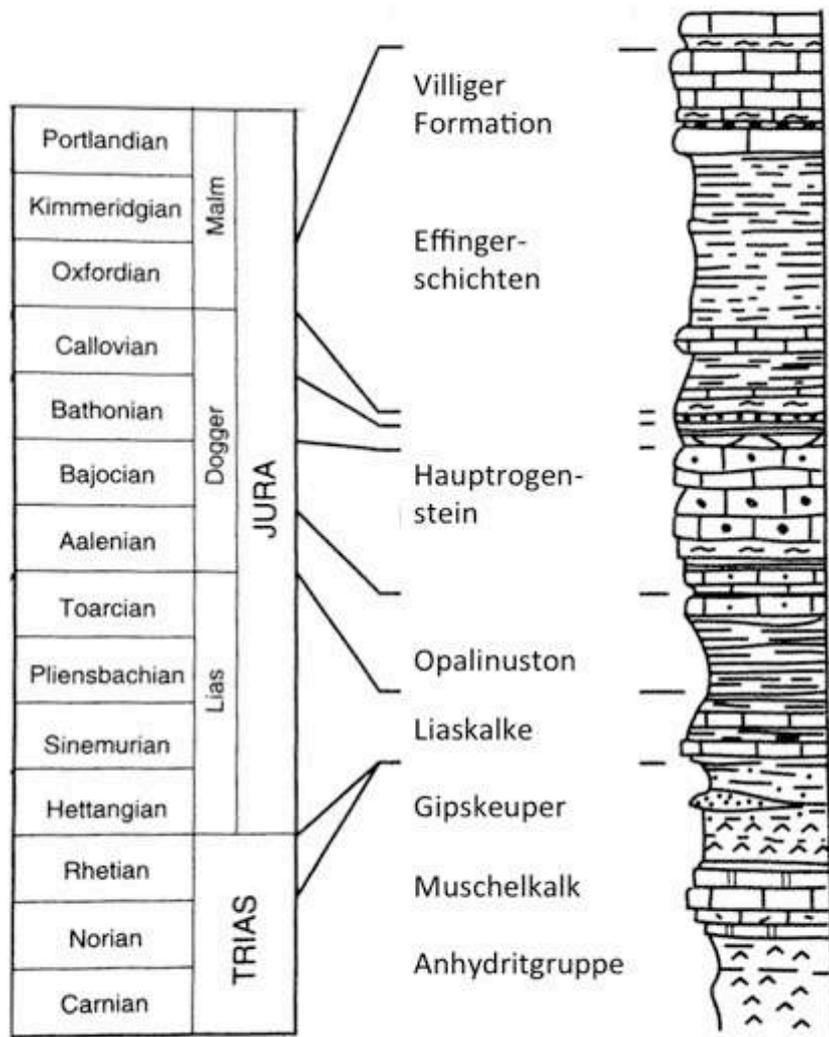


Figure 6: Stratigraphie des formations géologiques du Jura argovien (Decrouez et al. 1997)

Bibliographie

Bini A., Buoncristiani J.-F., Coutterand S., Ellwanger D., Felber M., Florineth D., Graf H.R., Keller O., Kelly M., Schlüchter C. & Schoeneich P. 2009: La Suisse durant le dernier maximum glaciaire. Swisstopo, Wabern.

Decrouez, D., Furrer, H., Weissert, H. & Wildi, W. 1997: Geologie und Zeit. vdf Hochschulverlag AG, ETH, 62 p.

Diebold, P., Naef, H. & Ammann, M. 1991 : Zur Tektonik der zentralen Nordschweiz. NAGRA, NTB 90-04, Wettingen.

Trümpy, R. 1980: Geology of Switzerland: a Guide Book. Part A: An outline of the Geology of Switzerland. Schweiz. Geol. Komm. Wepf & Co. Publishers. Basel, New York.

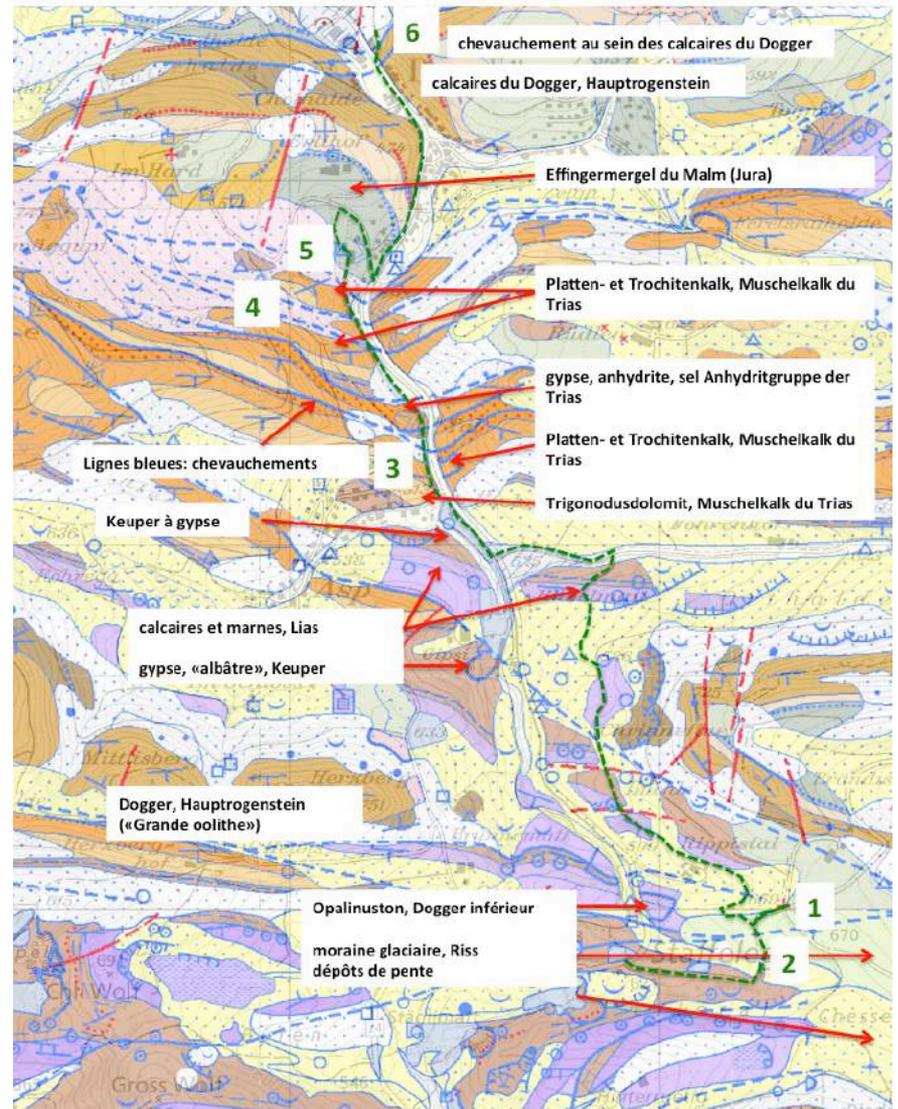
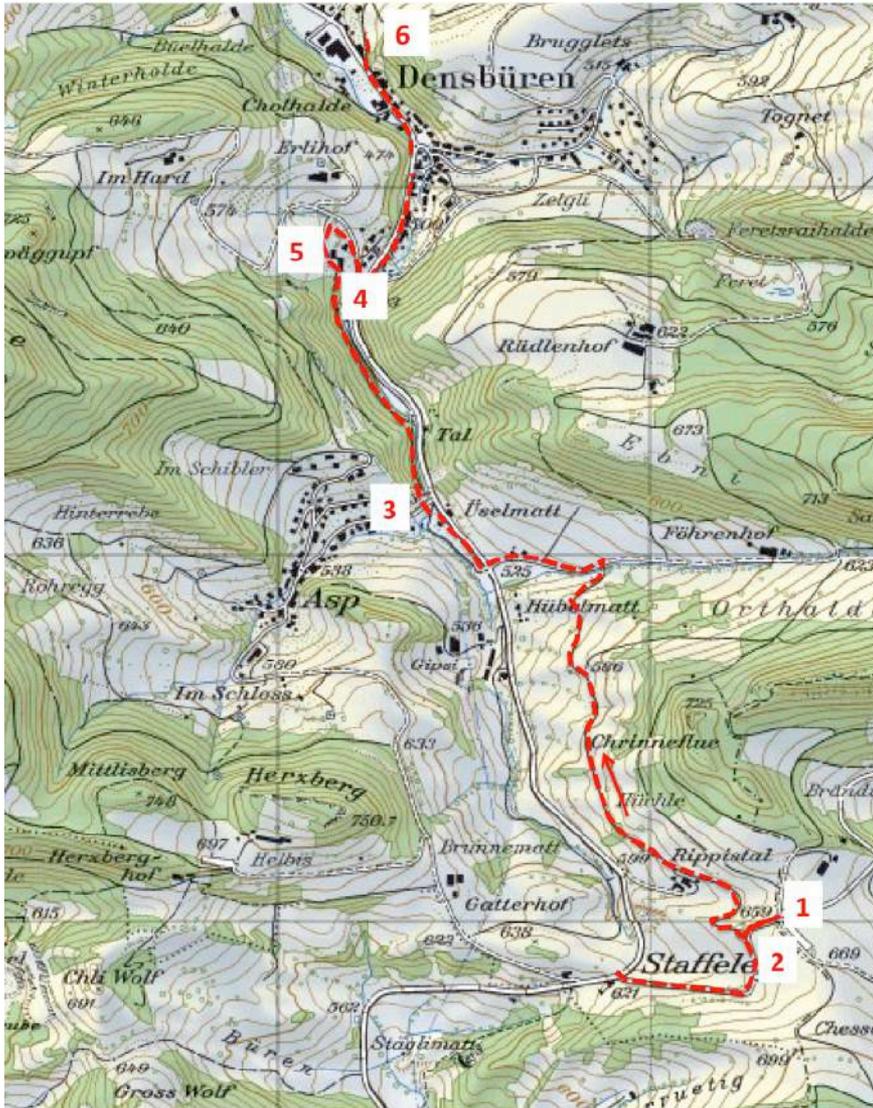
Wildi, W. 1983: Erdgeschichte und Landschaften im Kanton Aargau. Sauerländer, Aarau, 147 S.

Wildi, W. 1984: Isohypsenkarte der quartären Felstäler in der Nord- und Ostschweiz mit kurzen Erläuterungen. - Eclogae geol. Helv. 77/3, 541-551.

Wildi, W. & Lambert, A. 2019: Erdgeschichte und Landschaften im Kanton Aargau, 2. revidierte Ausgabe. Aarg. Natf. Ges. Aarau.

Wildi, W., Corboud, P., Girardclos, S., & Gorin, G.E. 2014: Visite géologique et archéologique de Genève = Geological and archaeological visit of Geneva: Section des sciences de la Terre et de l'environnement. <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:37233>.

2. Balade géologique du Col de la Staffelegg à Densbüren



Figures 7a et b: cartes topographique et géologique de la balade géologique du Col de la Staffelegg à Densbüren (source: swisstopo).

Arrivée

Par véhicule particulier: Route principale Aarau – Frick jusqu’au Col de la Staffelegg, puis prendre la route en direction de Thalheim. Un grand parking se trouve à env. 500 m. Par transports publics: Car postal Aarau – Frick – Laufenburg; sortir à «Staffelegg Passhöhe», puis à pied sur la petite route vers Thalheim jusqu’au point 659 (fig. 7a).

Ce guide propose une randonnée d’une petite demi-journée (tout dépend du temps passé à apprécier le paysage ou à chercher des fossiles). Après l’étude d’un impressionnant panorama, on traverse à pied la partie septentrionale du Jura plissé, du Col de la Staffelegg jusqu’à la sortie Nord du village de Densbüren, aux affleurements des premiers chevauchements du Jura plissé sur le Jura tabulaire. Sur ce trajet, les affleurements permettant un aperçu des formations géologiques sont limitées aux bords de route et autres abrupts. Toutefois, les morphologies du paysage permettent de suivre les Formations dans le paysage grâce aux morphologies caractéristiques. C’est d’ailleurs de cette façon qu’a été dressée la carte géologique de la fig. 7b.

Cette excursion est la suite de celle qui est décrite sur le versant sud du Jura plissé, entre Küttigen et le Col de la Staffelegg (<http://www.erlebnis-geologie.ch/geoweg/geowanderweg-kuettigen-staffelegg/>).

Arrêt 1: Lecture de paysage, morphologie et tectonique, panorama de la Staffelegg Höhe, vue vers l’Ouest

Parking «Passhöhe» (fig. 7a, point 659)

La vue depuis le parking vers l’Ouest permet de visualiser l’architecture géologique du Jura plissé, du Plateau suisse au Sud au Jura tabulaire au Nord (fig. 8). Les formations géologiques de la fig. 8 correspondent à celles présentées fig. 6. La répétition des couches observée dans cette section s’explique par les chevauchements. Les reliefs abrupts correspondent au *Hauptrogenstein* (Grande oolithe

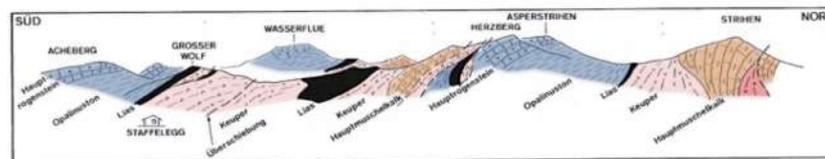


Figure 8: Panorama du Jura plissé depuis la Staffelegghöhe. Vue vers l’Ouest (aus Wildi 1983).

du Dogger), aux calcaires du Lias, à la corniche de la Dolmie de Gansingen (*Gansinger Dolomit*, Trias supérieur) et au *Muschelkalk* du Trias moyen. Les morphologies plus douces marquent le passage des Argiles à Opalinus (*Opalinuston*, Dogger inférieur) et du Keuper (Trias supérieur).

Arrêt 2: Bloc erratique sous un arbre isolé à 100 m à l’Ouest de l’arrêt 1

Le bloc erratique est formé de calcaire siliceux gris, provenant des Nappes helvétiques du front alpin (Fig. 9). Ce bloc a été amené pendant la «grande glaciation» par les glaciers unies de l’Aar et du Rhône (éventuellement de la Reuss?), dont un bras passait par le col jurassien. Il a été déposé sur le haut de la Staffelegg il y a plus de 130’000 ans. A son maximum, le front glaciaire arrivait à Möhlin, près de Rheinfelden à 15 km de Bâle.



Figure 9: Calcaire siliceux provenant des Nappes helvétiques alpines. Ce bloc a été amené et déposé sur les hauteurs du Jura pendant la Glaciation de la Riss par les glaciers du Rhône et de l'Aar (év. de la Reuss?) réunis.

De l'arrêt 2 à l'arrêt 3: une balade par le paysage formé de formations du Keuper et du Lias

Au Sud du Col de la Staffelegg, juste au Nord de la Kettenbrücke (le «Pont des chaînes», construit par des prisonniers) les formations supérieures ont été décollées de leur substrat au niveau des Argiles à Opalinus, (*Opalinuston*) et se trouvent actuellement superposées les unes aux autres par des chevauchements tectoniques. Plus au Nord, ce décollement et les chevauchements migrent dans des couches plus basses, au sein du Trias.

Entre les arrêts 2 et 3 on traverse deux unités tectoniques constituées ici de formations du Keuper à gypse et du Lias. Latéralement, des formations plus jeunes peuvent s'associer. La carte géologique fig. 7b illustre bien cette architecture géologique. Les calcaire du Lias peuvent être observés sur les talus de route. Du gypse blanc et rose, ainsi que de l'albâtre (variante granuleuse du

gypse) apparaissent dans la petite ancienne carrière „Gipsi“ (fig. 7a) localisée dans la pente de l'autre côté de la vallée. Les lignes bleues sur la carte géologique (fig. 7b) correspondent à des chevauchements tectoniques. Ces surfaces n'affleurent que rarement sur le terrain; on les déduit à partir de la géométrie des formations géologiques cartographiées sur le terrain.

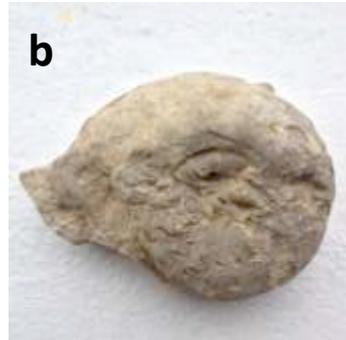
De l'arrêt 3 à l'arrêt 4: *Trigonodusdolomit*, *Plattenkalk* et *Trochitenkalk*

Bifurcation de la route Küttingen-Densbüren et la route d'accès à Asp.

A l'arrêt 3, la Dolomie à *Trigonodus* (*Trigonodusdolomit*), de patine beige à jaunâtre et d'une altération saccharoïde affleure au bord de la route d'accès au village d'Asp. Cette formation porte le nom d'un bivalve que l'on détecte au sein de la roche par des empreintes creuses. Cette formation géologique marque la transition des calcaires de plate-forme marine du *Platten-* et du *Trochitenkalk* vers les gypses du Keuper, déposés à la fin du Trias dans un désert salin étendue, une «sebkha».

Dans la carrière localisée à l'Est de la route cantonale, ainsi que sur la bordure amont de la petite route forestière qui suit le ruisseaux d'Asp en direction de Densbüren on observe des affleurements de *Plattenkalk* et de *Trochitenkalk*. Les couches sont souvent fortement inclinées vers le Sud (fig. 10a), z.T. et parfois plissées (fig. 10b). Il ne s'agit cependant pas de vrais plis, mais de couches déformées par cassure.

Comme son nom l'exprime bien, le *Plattenkalk* est stratifié de façon régulière en couches d'env. 10 cm d'épaisseur. Aux limites des couches leur patine passe souvent du brun à jaunâtre, du fait d'une dolomitisation. A la cassure on reconnaît les traces de fousseurs (des crabes?) qui se promenaient sur le fond marin dans la boue calcaire. Le *Trochitenkalk* est constitué par endroits à presque 100% d'entroques (débris de crinoïdes).



Dans leur position de vie, ces débris formaient de petits «arbres» de crinoïdes. Dès leur mort, les organismes se désintégraient en prismes de calcite en forme de pièces de monnaie.

En suivant la petite route forestière en direction de Densbüren, on observe au bout de 200 m, dans la pente escarpé en amont de la route, des blocs de roches montrant de grandes vacuoles (des «trous»). Il s'agit de «Cornieules», de calcaires vacuolaires avec, parfois, des résidus dolomitiques. Ces roches se sont formées à partir de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et de dolomie (CaMgCO_3) par un échange de ions, ne laissant qu'un squelette de calcaire (CaCO_3).

Arrêt 4: Chevauchement du Jura plissé sur les avant-plis du Jura tabulaire

A l'endroit où la petite route forestière d'Asp sort de la forêt, juste en face de l'école communale de Densbüren, le relief accentué et boisé contraste avec le relief doux du village et de ses prés. Le relief accentué est formé par une écaille tectonique de *Muschelkalk* qui surmonte ici par un chevauchement tectonique les marnes et marno-calcaires des Marnes d'Effingen (*Effingerschichten*, fig 6), du Jurassique supérieur, dont l'âge est approximativement 100 millions d'années plus jeune que celui du *Muschelkalk* qui les surmonte tectoniquement (fig. 11a).

Figure 10: de l'arrêt 3 à l'arrêt 4: a) couches de Plattenkalk inclinées vers le Sud; bordure de la route forestière sur le versant gauche du ruisseau d'Asp («Asper Bach», fig. 7a). b) Ceratite (Ammonite du Trias) du Muschelkalk trouvé dans le Plattenkalk. c) Plis (plis par cassure) dans le Plattenkalk exposé sur le talus de la route forestière. d) Trochitenkalk; les débris de crinoïdes de la forme de petites pièces de monnaie et d'un diamètre de 5 à 10 mm apparaissent soit par altération, soit à la cassure de la roche au marteau.



Figure 11: Chevauchement tectonique d'une écaïlle de Muschelkalk (relief boisé à gauche) sur les reliefs doux des Marnes d'Effingen dans la zone des avant-plis de Densbüren.

Arrêt 5: Les Marnes d'Effingen dans la zone des avant-plis

Les Marnes d'Effingen (*Effingerschichten*, fig. 6) peuvent être observées sur le talus de la place de sport de l'école de Densbüren. Il s'agit d'une alternance régulière de marnes jaunes fortement altérées et de couches de marno-calcaires mal définies (fig. 12a, b). De rares bivalves, de gastéropodes et des ammonites indiquent un milieu de dépôt franchement marin au Jurassique supérieur. Les roches montrent une multitude de clivages. Il ne s'agit cependant pas de fractures d'origine tectonique, mais de diaclases liées à la consolidation de la roche.



Figure 12: a) Affleurement de Marnes d'Effingen au bord du terrain de sport de l'École de Densbüren. b) Zoom sur une séquence de marnes et marno-calcaires (hauteur du champ: env. 40 cm).

Arrêt 6: Petit chevauchement au sein des avant-plis du Jura plissé

Depuis l'arrêt 5 près de l'école de Densbüren on traverse le village sur la route principale. Juste après le bureau de la poste et la mairie, on quitte la route principale par la petite route forestière à droite (fig. 7a). Dans le versant surplombant cette route on observe alors le petit chevauchement au sein des calcaires du Dogger fig. 13a, où une couche au sein du Hauptrogenstein du Dogger surmonte des calcaires spathiques et du calcaire ferrugineux, deux unités géologiques légèrement plus jeunes. Les calcaires spathiques ont été entraînés et déformés par ce chevauchement (fig. 13b).

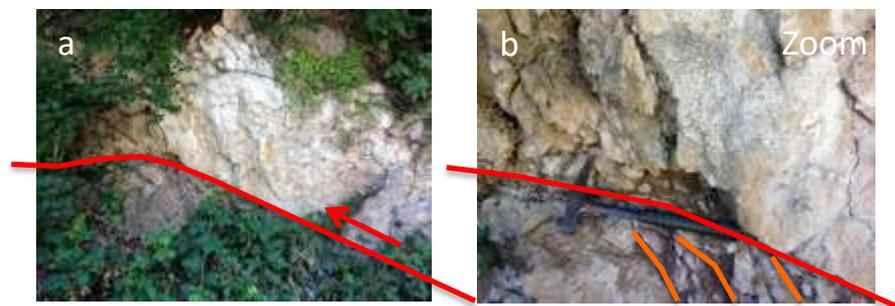


Figure 13 : Chevauchement au sein des calcaires du Dogger le long de la route forestière près du bureau postal de Densbüren (coord. 646 236/256 335)

L'excursion se termine à Densbüren. Pour les personnes intéressés par la géologie du Jura tabulaire, nous recommandons également la visite de la mine de fer de Herznach (<http://www.erlebnisgeologie.ch/geoevent/von-eisen-erz-und-ammoniten/>) ainsi que le musée des dinosaures à Frick (<http://www.erlebnisgeologie.ch/geoevent/sauriermuseum-frick-tongrube-gruhalde-frick/>).