

Analyse didactique „ Paysage énergétique du Grimsel“

Auteure: Michelle Walz
Typologie de l'OFEV: Paysage de haute montagne des Alpes
Paysage montagnard abrupt des Alpes septentrionales

Le titre „Paysage énergétique du Grimsel“ fait référence à la fois aux centrales hydroélectriques qui y sont exploitées et à la production d'électricité ainsi qu'à la circulation, aux flux touristiques et aux courants de glace que nous pouvons observer dans les glaciers. Le paysage du Grimsel est caractérisé par tous les „types d'énergie“. Avec le paysage énergétique du Grimsel permet aux élèves d'étudier et apprendre à connaître un paysage montagnard et de haute montagne qui est très exploité et fréquenté malgré son emplacement reculé et peu accueillant. Il est possible d'aborder les sujets suivants : glacier, hydroélectricité. L'unité d'enseignement du paysage énergétique du Grimsel mais l'accent sur l'utilisation du sol, l'évolution du paysage, la perception du paysage ainsi que la protection de la nature et du paysage. Cette unité d'enseignement permet de découvrir le paysage énergétique du Grimsel en passant par la route d'Innertkirchen jusqu'au col du Grimsel en passant par Guttannen et plus à l'ouest par le glacier de l'Unteraar jusqu'au Finsteraarhorn (fig. 1).

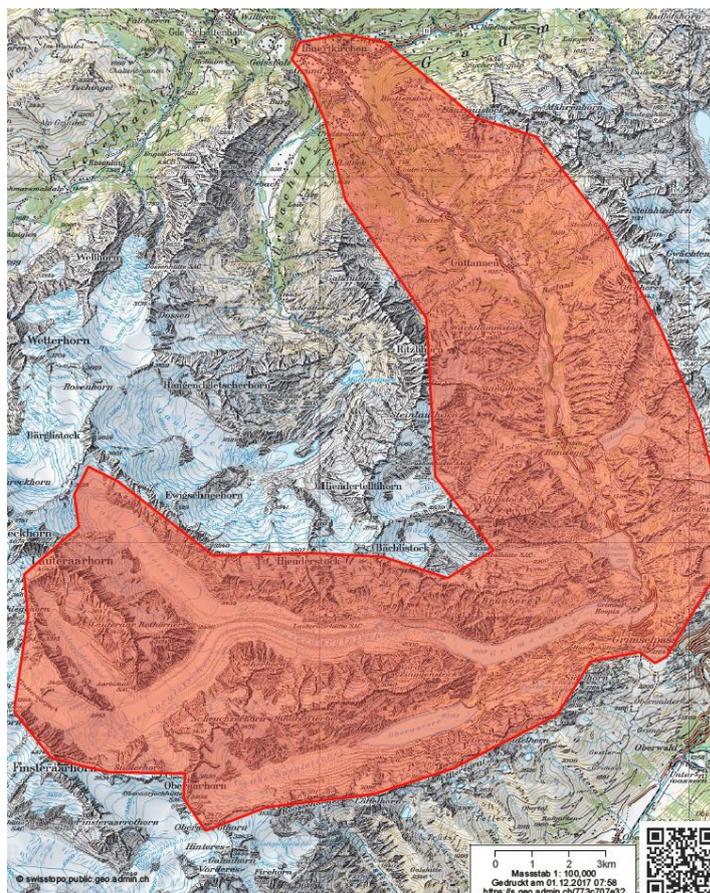


Figure 1: Délimitation du paysage énergétique du Grimsel (swisstopo.public.geo.admin, 2017)

Dans cette unité d'enseignement l'accent est mis sur le travail avec des images (en particulier avec les photos aériennes et satellitaires). L'utilisation des images permet de se pencher plus

précisément sur le paysage énergétique du Grimsel, sur l'utilisation de cet espace, sur la perception du paysage, sur l'évolution du paysage et sur la préservation de la nature et du paysage.

→ cf. 6.6 Concept didactique du paysage énergétique du Grimsel

Analyse didactique sous forme d'une « reconstruction didactique »

L'analyse didactique se déroule en six étapes:

Analyse factuelle I	L'analyse factuelle I comprend une analyse pluri-perspective du contenu du paysage type.
Signification et pertinence	Il est ici principalement question de la pertinence sociale des thématiques d'études possibles sur le paysage énergétique du Grimsel.
Compétences	Les compétences les plus importantes qui peuvent être enseignées au niveau secondaire I et II à l'aide des paysages types sont citées.
Perception des élèves	Les élèves sont au centre de l'enseignement. Qu'est-ce qui pourrait les intéresser à propos du sujet du paysage énergétique du Grimsel et que savent-ils peut-être déjà?
Analyse factuelle II	Le sujet est repensé, reconstruit suite aux considérations précédentes, pour ainsi dire reconstruit à travers le regard des apprenants.
Concept didactique	Le concept didactique d'une éventuelle unité d'enseignement « Paysage énergétique du Grimsel » est alors formulé.

Figure 2: Tableau montrant les 6 étapes de l'analyse didactique

L'analyse factuelle I

L'analyse factuelle I se base sur les aspects fondamentaux de l'action du plan d'étude « LP21 » pour la discipline Espace-Temps-Civilisation:

- Percevoir le monde
- S'appropriier le monde
- S'orienter dans le monde
- « Pratiquer » le monde

Ces aspects fondamentaux de l'action s'allient facilement avec la compréhension actuelle de l'espace en géographie, formulée, par exemple, par RHODE-JÜCHTERN en 2009. Une formulation adaptée aux élèves illustre cette mise en relation:

Approches de l'espace	Points d'action (plan d'étude 21, espace-temps-civilisation) reportés „Au cœur des paysages suisses“	Transcription destinée aux élèves (formulation spécifique)
Approche classique	S'appropriier le monde	Explorer l'espace
L'espace - un système relationnel	S'orienter dans le monde	S'orienter dans l'espace
Un espace perçu	Percevoir le monde	Plonger au sein de l'espace
Un espace habité	«Pratiquer » le monde	Capter les différentes perspectives et imaginer des projets d'avenir

Figure 3: Relations entre les approches actuelles de l'espace en géographie et les aspects fondamentaux de l'action du LP 21

La structure de l'analyse factuelle I se présente sous la forme d'un tableau. Seuls les mots-clés sont énumérés. En cliquant sur ceux-ci, une nouvelle fenêtre s'ouvre et affiche un contenu détaillé. Il est ainsi possible de garder une vue d'ensemble tout en ayant accès aux informations détaillées.

Les **lignes du tableau** présentent la compréhension actuelle du concept de « l'espace » en géographie.

Les **colonnes du tableau** répartissent les contenus selon les critères de classification et en fonction de leur importance pour le paysage. La colonne « Évolution du paysage » ainsi que la colonne « Conflits spatiaux / Enjeux » sont également listées pour une meilleure analyse du paysage.

Tous les contenus ne peuvent pas être affectés de manière exhaustive. Une certaine redondance subsiste. Les termes techniques ne sont pas expliqués plus en détail dans l'analyse factuelle. Les explications nécessaires peuvent être trouvées dans la rubrique réservée au [Support](#).

Tableau de l'analyse factuelle I

Champ thématique	Localisation Orientation spatiale	Espace naturel	Espace culturel / Valorisation	Evolution du paysage	Conflits spatiaux / Enjeux
L'approche classique „S'approprier le monde“ „Explorer l'espace“	Situation géographique	Naissance tectonique de la région du Grimsel Naissance des failles cristallines Climat, flore et faune	À la découverte des cristaux	Recul des glaciers à l'exemple du glacier de l'Unteraar Centrales énergétiques du Grimsel	Intempéries 2005 Agriculture Dangers naturels
L'espace - un système relationnel „S'orienter dans le monde“ „S'orienter dans l'espace“	Théâtre de guerre - Grimsel	Situation de l'Oberhasli	KWO (Forces motrices de l'Oberhasli)	Énergie hydraulique des vallées de Gadmertal et d'Urbachtal Chemin de muletiers à la route du Grimsel	Électricité et gaz naturel - national, international et global
Un espace perçu „Percevoir le monde“ „Plonger au sein du paysage“	Exode	Agassiz et Agassizhorn Art et littérature	Tourisme	Perception du paysage	Protection des marais contre inondations
Un espace habité „Pratiquer le monde“ „Capter les différentes perspectives et imaginer des projets d'avenir“	Laboratoires souterrains de la NAGRA	Protection des sites marécageux	Première colonisation Hospice du Grimsel Installations de fortification du Grimsel Types de centrales hydroélectriques - centrales à haute pression et centrales à pompage-turbinage	Énergie hydraulique	Les projets: Grimsel Ouest et KWO Plus

Situation géographique

Appelé simplement Grimsel, le col du Grimsel se situe à une altitude de 2'164 m. C'est à cet endroit que se trouve également la frontière entre les cantons de Berne et du Valais. Parmi les nombreux petits lacs, les lacs artificiels du Grimsel, de l'Oberaar, de Räterichsboden et de Gelmer font partie de cette région du côté bernois tout comme le Totensee du côté valaisan. Les glaciers suivants composent la région du Grimsel: Unteraar, Oberaar, Finsteraar et Lauteraar. Ils sont flanqués par les montagnes de Aaregrat, Oberaarhorn (3'630 m), Finsteraarhorn (4'274 m), Lauteraarhorn (4'042 m), Schreckhorn (4'078 m) et Agassizhorn (3'946 m). Du côté bernois, le Grimsel fait partie de la commune de Guttannen. Du côté valaisan, la route du col descend sur le village de Gletsch, dans la commune d'Obergoms, et bifurque ensuite sur l'ouest pour rejoindre le Valais ou sur l'est pour aboutir à Uri par le col de la Furka et parvenir ensuite aux Grisons, au Tessin ou en Italie. Les eaux du Grimsel s'écoulant vers le sud par le Rhône, se jettent donc dans la Méditerranée ; quant à celles s'écoulant vers le nord, elles sont recueillies dans l'Aar, puis dans le Rhin pour enfin se déverser dans la mer du Nord.

Cycle 3, SHS 31, 9e année

- *Identification des caractéristiques du relief, de l'hydrographie et du climat des sites de production*
- *Identification des caractéristiques du site*

Naissance tectonique de la région du Grimsel

La région du Grimsel est en grande partie composée de granite central de l'Aar, une unité géologique du massif de l'Aar. Le massif de l'Aar fait partie du socle cristallin européen et il est âgé de plus de 300 millions d'années. Durant l'orogénèse, les roches métamorphiques se sont formées dans l'ancien cristallin (gneiss, ardoise et amphibolite). Durant la formation de la chaîne de montagnes varisques, d'énormes quantités de magmas granitiques ont pénétré dans l'ancien cristallin et ont formé la matière première du granite de l'Aar. À l'époque du Mésozoïque, la totalité de l'ancien continent européen était recouvert par la mer qui déposait des sédiments calcaires sur le socle cristallin. C'est au cours de la période tertiaire que s'est développée la formation des montagnes alpines.

En raison de la collision des plaques continentales du sud au nord, le socle cristallin et les sédiments océaniques qui composaient la surface ont été comprimés pour former le massif des Alpes. De fortes érosions ont libéré le massif de l'Aar des grandes quantités de sédiments qui y étaient déposés. On trouve ainsi sur le Grimsel des grottes de cristal à la surface de la terre, qui ont été formées il y a 20 millions d'années à une profondeur de 10 km. Les périodes glaciaires du Quaternaire ont conduit à la glaciation des Alpes. L'érosion par les glaciers a arrondi les roches et formé la vallée en U de l'Oberhaslital. Le recul des glaciers a laissé derrière lui une vallée glaciaire et des remparts morainiques dans les régions de Guttannen et Handeck. Après le retrait du glacier, des structures fines ont été polies par l'érosion hydrique.

Situation de l'Oberhaslital

À Innertkirchen, les trois vallées de Gadermortal, Oberhaslital et Urbachtal se rejoignent. Considérée comme la vallée principale et située en plein centre, l'Oberhaslital a été plus fortement érodée par le glacier de l'Aar que les deux autres vallées adjacentes. C'est la raison pour laquelle, les deux vallées latérales - avec leurs embouchures en gradins - se jettent dans la vallée principale. La vallée d'Oberhaslital, flanquée de falaises abruptes qui limitent la circulation, s'étend d'Innertkirchensud/sud-est au Grimsel.

La vallée d'Oberhaslital est accessible aussi bien par le sud, c'est-à-dire par le Valais via Gletsch, que par le nord via Innertkirchen. Gletsch est accessible depuis Uri ou via la vallée du Rhône en Valais. Innertkirchen est atteignable par Uri via le col du Susten ou par Meiringen en choisissant l'itinéraire qui conduit au Kirchet depuis Berne ou Lucerne.

Cycle 3, SHS 31, 9e année

- *Identification des réseaux*

Naissance des failles cristallines

Les failles cristallines du massif de l'Aar se sont constituées il y a environ 20 millions d'années durant la formation des Alpes. Des fissures et des cavités se sont développées dans le corps de la montagne qui, dans certains cas, ont été immédiatement comblées par du chlorure de sodium présent alors à une température d'environ 400°C. Cette opération a dissous les minéraux de la roche environnante, particulièrement le quartz et la biotite. Lorsque cette solution a été refroidie, les minéraux ont été excrétés sous forme de cristaux. Tout ce processus s'est déroulé à près de 10 km sous la surface de la terre. En raison de l'effet simultané du soulèvement du corps de la montagne et de l'érosion, les failles cristallines se sont rapprochées de la surface de la terre.

Climat, flore et faune

Dans toute la région du Grimsel, la moyenne des précipitations s'élève à 2'000 mm/an, et le 70% de ces précipitations tombe sous forme de neige. En raison du climat rude et des fortes précipitations, l'agriculture est peu propagée, également dans les zones de plus basse altitude. Dans la région du Grimsel, l'altitude et le processus de formation (genèse) relativement courts depuis la fonte des glaciers (environ 10 000 ans) ont conduit à aménager des sols peu développés. Le sol est acide en raison de la roche mère en silicate. Les forêts d'épicéas sont très répandues à partir de 1'200 m d'altitude. C'est à la hauteur de la limite forestière (environ 1'800 m d'altitude) que poussent les pins de montagne.

Dans la région de Sunnigaar, les sols mouillés recouvrent les roches cristallines. Il est particulier d'y trouver encore aujourd'hui des arolles ainsi que des sites marécageux protégés. Un peu plus à l'ouest, on remarque les champs pionniers situés à l'avant du glacier de l'Unteraar. Au-dessus de la limite forestière, il existe encore des pelouses alpines et des éboulis. Situées à l'intérieur des Alpes, protégées de toute part par les massifs montagneux et favorisées par le tracé de l'axe de la vallée, les vallées d'Unteraar et d'Oberaar profitent d'un climat typiquement valaisan. Bien que la limite forestière soit relativement élevée, la forêt d'arolles d'origine a cependant été fortement réduite au début du 19^e siècle déjà, en raison de l'utilisation intensive de bois, tant pour l'exploitation alpine (bois de chauffage et de construction) que pour l'hospice, mais également en raison de la guerre du Grimsel, en 1799, et de la mise en pâture. La faune de la région du Grimsel abrite principalement des chamois, des marmottes, des aigles, des gallinacés, des insectes sans ailes et des animaux aquatiques. La truite brune indigène pénètre jusqu'au cours inférieur du ruisseau glaciaire. Dans la partie supérieure, on ne trouve que des larves de chironomides.

Cycle 3, SHS 31, 9e année

- *Identification des caractéristiques du relief, de l'hydrographie et du climat des sites de production*

Protection des sites marécageux

Situés en amont, les sites marécageux du Grimsel sont inscrits dans l'Ordonnance sur *la protection des sites marécageux d'une beauté particulière et d'importance nationale*. Conformément à la Constitution fédérale, les tourbières et les sites marécageux d'une beauté particulière et d'importance nationale sont absolument protégés. Toutefois, la limite de la zone protégée s'étend à 27 m au-dessus de niveau du lac de Grimsel, ce qui a conduit à une autorisation d'agrandissement du lac du Grimsel par le KWO.

→ cf. Protection des sites marécageux contre inondations

Première colonisation

Autrefois, le village de Guttannen était habité par les Celtes. Dans la forêt d'Aegerstein en-dessous de Guttannen, un lieu de sacrifice celte a été mis à jour. La découverte d'objets en bronze et le nom de lieux-dits laissent également supposer qu'une colonie celte y habitait. La première partie du nom *Grimsel* semble provenir d'un nom masculin germanique, la deuxième partie signifie champ en celte. C'est pourquoi le Grimsel est appelé le "pâturage du Grimo". L'appellation Grimsel a quant à elle été mentionnée pour la première fois dans un document datant de 1162. À cette époque, Berchtold VI de Zähringen se déplaça jusqu'au Valais avec une armée de guerre en passant par le Grimsel. L'hospice du Grimsel existe depuis le 13^{ème} siècle. Les premières informations documentées sur l'utilisation du chemin du Grimsel en tant que sentier muletier remontent au 14^{ème} siècle.

Agassiz et Agassizhorn

Né en 1807 à Cudrefin, Jean-Louis-Rodolphe Agassiz est docteur en philosophie et en médecine ainsi que zoologiste et naturaliste. À l'époque, il est entre autres encouragé et soutenu par Alexander de Humboldt. En 1821, l'ingénieur cantonal valaisan Ignaz Venetz publie sa théorie selon laquelle les glaciers auraient recouvert tout le Mittelland suisse. Agassiz entreprend alors des fouilles dans le Jura et les Alpes à la recherche de blocs rocheux transportés par les glaciers. À partir de 1840, il passe quatre étés sur le glacier de l'Unteraar pour chercher des preuves étayant sa théorie sur l'âge glaciaire. Agassiz suppose qu'à l'époque glaciaire, les glaciers recouvraient certaines parties de la terre. Il pense également que les Alpes sont nées au travers de ces cuirasses de glace. Lors de ses recherches glaciaires dans la région du Grimsel, Agassiz est accompagné des géologues Arnold Escher et Edouard Desor, qui en 1840 donneront leur nom aux sommets situés aux alentours du glacier de l'Unteraar : Agassizhorn (3'946 m), Escherhorn (3'078 m) et Desorstock (2'872 m). Ainsi, la région du Grimsel devient l'une des rares régions de Suisse où les montagnes portent des noms de personnes. Lors de leurs recherches sur le glacier de l'Unteraar, Agassiz et ses compagnons installent un bivouac sous un gros rocher. La position de ce bivouac se modifie considérablement en peu de temps, ce qui permet aux chercheurs de remarquer le mouvement de la glace. En 1864, Agassiz devient membre honoraire du Club Alpin Suisse (CAS). Aujourd'hui, il est accusé de racisme en raison de ses opinions sur la théorie de l'évolution. Actuellement, des discussions controversées sont en cours au sujet de l'utilisation du nom Agassiz pour cette montagne Agassizhorn.

Chemin de muletiers à la route du Grimsel

Les premières informations documentées sur l'utilisation de la route du Grimsel comme sentier muletier remontent au 14^{ème} siècle. Au Moyen-Âge, le chemin Grimsel - col du Gries est le plus

court pour se déplacer de Berne ou Lucerne jusqu'à Milan. Depuis Meiringen, en passant par Innertkirchen, le chemin du Grimsel conduit vers le sud à travers des gorges et des ponts. Le long de falaises abruptes et recouvertes de granit, les muletiers atteignent Handeck. Devant le Räterichsboden se trouvent les sections les plus difficiles telles que les plaques rocheuses lissées par la glace, appelées "Böse Seite" et le "Helle Platte". Par le "Sommerloch" et le "Spittellamm", les muletiers atteignent l'ancien hospice du Grimsel, qui sera plus tard inondé par le lac du Grimsel. Sur le col du Grimsel, les muletiers traversent la frontière entre Berne et le Valais, et de là, ils continuent sur le versant sud à destination d'Oberwald. Une partie de ce chemin existe encore aujourd'hui. Il fait partie de la "Via Sbrinz". Le chemin du Grimsel était autrefois une importante voie d'exportation pour le transport du fromage et du bétail en provenance du nord ainsi que pour celui du vin, du riz, du maïs, de l'huile et des outils en provenance du sud (surtout de l'Italie). Entre 1847 et 1867, une première route est construite jusqu'à Innertkirchen. En 1886, Guttannen est également relié au réseau routier. Jusqu'en 1894, une route est créée entre Guttannen et Gletsch. Avec la construction de la centrale électrique du Grimsel entre 1920 et 1950, la route est également prolongée. Enfin, en 1980, une route moderne est bâtie, qui mène au col du Grimsel du nord au sud par de nombreuses virages très étroits, également appelés virages en lacets. Aujourd'hui, la route du Grimsel est une attraction touristique, sur laquelle, malheureusement, de graves accidents se produisent fréquemment. En hiver, la route du col est fermée en raison des fortes chutes de neige et du danger d'avalanche.

Hospice du Grimsel

L'hospice du Grimsel a d'abord servi d'hébergement pour les muletiers et les randonneurs. Aujourd'hui, c'est devenu un hôtel. En 1885, le chemin muletier du Grimsel est fermé en raison de l'ouverture de la ligne du Saint-Gotthard. L'hospice est dès lors principalement fréquenté par des touristes. En 1929, l'hospice est délibérément incendié sur son ancien site pour le noyer dans le lac du Grimsel. Le nouvel hospice du Grimsel se trouve sur le Nollen et est accessible par le barrage de Seeuferegg.

Installations de fortification du Grimsel

En 1936, le Conseil fédéral fait édifier une forteresse d'artillerie sur le col du Grimsel. Dès 1941, la forteresse joue un rôle important dans le concept de "Réduit national". Jusqu'à sa mise hors service en 1998, la forteresse, constituée de plusieurs galeries creusées dans la montagne, est armée de plusieurs canons dits de bunker et, la galerie principale atteint un kilomètre de long. Plus de 50 grandes salles servent de support à l'infrastructure, à l'observation, aux mitrailleuses et aux postes de combat. La forteresse possède une boulangerie, une infirmerie, un incinérateur de déchets, un réservoir et une chambre mortuaire. On trouve également deux abris atomiques et 31 espaces appelés « solitaires », c'est-à-dire des postes destinés à abriter un seul homme et creusés dans la roche. Le bataillon se compose de 250 hommes. On accède à la forteresse par un funiculaire et un escalier souterrain de 700 marches. Aujourd'hui, le Grimsel a perdu son importance militaire. Le KWO acquiert les installations du Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports (DDPS).

Théâtre de guerre - Grimsel

En 1419, les Bernois traversent le Grimsel en direction du Valais (en raison de différends sur le commerce de Raron) et dévastent le Haut-Valais. Pendant la deuxième guerre de coalition en 1799, les Français combattent les Autrichiens sur le Grimsel pour obtenir la traversée des Alpes. Au cours des batailles suivantes, l'hospice brûle. Les soldats tombés sont à l'origine du nom du lac de Totesee, situé au sommet du col du Grimsel.

Agriculture

En raison du risque élevé d'avalanches, le paysage culturel traditionnel de la région du Grimsel se caractérise par des habitats denses situés dans la vallée et des hauts plateaux alpins (en raison des différences d'altitude des régions alpines, les alpages sont constitués de plusieurs étages). Les fermes sont relativement petites. Avant la Seconde Guerre mondiale, la fenaison en montagne est encore très répandue. Aujourd'hui, les vaches et les moutons paissent encore dans les alpages, et on utilise leur lait pour la fabrication de fromages.

Dangers naturels

La région du Grimsel est fortement touchée par les dangers naturels. Il s'agit notamment d'avalanches, d'éboulements, de chutes de pierres, de glissements de terrain, de coulées de boue et d'inondations. Guttannen est fréquemment coupé du monde extérieur en hiver. Le dégel du permafrost à haute altitude provoque régulièrement des chutes de pierres et de blocs de roche. Ces dernières années, plusieurs coulées de boue ont transporté plusieurs centaines de milliers de m³ de matériaux dans le Spreitgraben près de Guttannen et détruit routes et bâtiments. En 2005, Guttannen est partiellement détruit par des inondations et des coulées de boue. De forts vents de foehn ont détruit beaucoup de forêts par le passé. Depuis les incendies de Guttannen en 1723, 1803 et 1812, il est interdit de fumer en cas de foehn.

→ cf. [Intempéries 2005](#)

→ cf. [Perception](#) du paysage

Cycle 3, SHS 31, 9e année

- Identification des éléments à l'origine du risque

Intempéries 2005

En août 2005, de fortes pluies causent d'importants dégâts dus aux inondations, aux glissements de terrain et aux coulées de boue. À Guttannen, à la sortie du village en direction du col du Grimsel, toute la zone de la vallée était recouverte d'une coulée de boue provenant du ruisseau de Rotlauri. Au total, les coulées de boue transportent 500'000 m³ de débris dans la vallée principale et enterrent la route du Grimsel et le lit de l'Aar sous une couche qui atteint plusieurs mètres de haut. En conséquence, l'Aar est endiguée et déviée au-dessus de Guttannen. D'autres coulées de boue suivent et inondent également certaines parties du village de Guttannen. Il faut alors creuser un nouveau lit pour l'Aar et construire une route d'urgence.

Les projets : Grimsel Ouest et KWO Plus

En 1988, le KWO présente une demande de licence pour le projet Grimsel West qui est sujette à de nombreux recours. Il en résulte une lutte de longue haleine pour tenter de protéger les sites marécageux contre la production d'énergie. Le nouveau projet KWO Plus est présenté en 1999. Les projets KWO Plus - partie 1 et 2 - sont réalisés sans grande résistance, car il

s'agit uniquement de rénovations et d'améliorations des installations existantes, sans grand impact sur l'environnement. Le projet KWO Plus - partie 3 - vise à agrandir le lac du Grimsel. Le mur du barrage doit être surélevé de 23 m à cet effet. Une opposition farouche se met alors en place. En 2017, la Cour fédérale décide d'élever les murs du barrage du lac du Grimsel.

→ cf. Protection des sites marécageux contre inondations

Centrales énergétiques du Grimsel

À la fin du 19^{ème} siècle, on reconnaît l'aptitude de la région du Grimsel à exploiter l'énergie hydraulique. Cette région est réputée depuis fort longtemps pour la quantité de ses précipitations, soit en moyenne 2'000 mm/année. Les grands compartiments de terrain naturels et les vallées en paliers sont particulièrement adaptés à la construction de lacs de barrage. Le sous-sol en granit, stable et peu perméable est idéal pour les systèmes de galeries, les murs de barrages et la construction de centrales électriques sur différents paliers. Un autre avantage est constitué par la grande différence d'altitude, soit 1700 m, entre le compartiment le plus haut et le plus profond du terrain sur une distance de 30 km ainsi que l'exploitation des glaciers comme réserve d'eau. Le principal ouvrage des centrales du Grimsel est le barrage de Spitallamm. Après son achèvement en 1931, le barrage de Spitallamm devient le deuxième plus haut barrage au monde. La centrale électrique Innertkirchen 1 a été construite sous terre entre 1939 et 1943. Il s'agit, à l'époque, de la centrale électrique la plus puissante de Suisse. Depuis 1972, tous les centres de contrôle d'Innertkirchen sont commandés et surveillés à distance. La KWO prévoit d'agrandir encore les centrales électriques.

Cycle 3, SHS 31, 11e année

- *Analyse des enjeux liés à l'exploitation des énergies*

Énergie hydraulique

L'homme utilise l'énergie hydraulique depuis plusieurs siècles. La roue hydraulique est utilisée au nord des Alpes depuis le 4^e siècle déjà. À partir du 19^{ème} siècle, l'électricité est produite par de puissantes turbines. Le développement de la génératrice triphasée dans les années 1890 a permis de construire de grandes centrales électriques capables de transporter l'électricité sur de longues distances. En 1906, la "Vereinigte Kander- und Hagneckwerke" (aujourd'hui BKW Energie SA) dépose une demande d'autorisation auprès des autorités pour l'utilisation de l'énergie hydroélectrique du Grimsel et en 1908 pour un projet d'exploitation du Grimsel.

→ cf. KWO (Forces motrices de l'Oberhasli)

Types de centrales hydroélectriques - centrales à haute pression et centrales à pompage-turbinage

Les centrales hydroélectriques exploitées sur le Grimsel sont des centrales à haute pression et à pompage-turbinage qui se trouvent habituellement dans les montagnes. En raison de son emplacement élevé, la hauteur de chute de l'eau est imposante et sert à produire de l'électricité. De plus, il est possible de produire de l'électricité avec un débit d'eau relativement faible, car la pression de l'eau est suffisamment élevée en raison de la forte pente. Dans les différentes centrales hydroélectriques du Grimsel, la hauteur de chute est de 83 m (centrale Grimsel 1, turbine d'alimentation) à 672 m (centrale Innertkirchen 1) et le débit de 2,5 m³/s (centrale Innertkirchen 3)

à 100 m³/s (centrale Grimsel 2). L'eau est stockée dans des réservoirs et peut être utilisée pour la production d'électricité en fonction des besoins énergétiques. En raison de son emplacement élevé, l'eau est stockée dans les lacs de barrage sous forme d'énergie potentielle. Cette énergie est convertie en énergie cinétique par l'écoulement de l'eau via des turbines. Les turbines Pelton et Francis sont utilisées sur le Grimsel. L'énergie est convertie en électricité dans les générateurs. Dans les centrales à pompage-turbinage, l'eau déjà utilisée pour la production d'énergie est pompée d'un réservoir inférieur vers le lac de retenue. De l'énergie est donc indispensable pour ce pompage. Le degré d'efficacité représente environ 75%. Ainsi, lorsque la demande en électricité est faible, une centrale à pompage-turbinage peut utiliser l'électricité produite en trop grande quantité pour pomper l'eau dans le lac de barrage. Si la demande d'électricité augmente, l'eau est à nouveau évacuée et de l'électricité est produite.

KWO (Forces motrices de l'Oberhasli)

En 1906, la "Vereinigte Kander- und Hagneckwerke" (aujourd'hui BKW Energie SA) obtient la concession pour exploiter l'eau de Oberhasli. La BKW a fondé les Forces motrices de l'Oberhasli AG (KWO) en 1925. À partir de 1925, la KWO débute la construction des centrales électriques en plusieurs étapes. Parallèlement, la route du col du Grimsel est prolongée et le paysage du Grimsel continue ainsi de se développer. Sous le nom de "Grimselwelt", la KWO commercialise le paysage du Grimsel, son offre touristique et les centrales électriques.

→ cf. Centrale hydroélectrique

→ cf. Tourisme

Tourisme

La route entre Guttannen et Gletsch est ouverte en 1894. De ce fait, le trafic touristique commence à augmenter et le Grimsel devient un carrefour important. Après la Seconde Guerre mondiale et pour la dernière fois en 1980, la route est à nouveau prolongée. Malgré - ou en raison - des nombreuses centrales électriques, la région du Grimsel est visitée par de nombreux touristes qui sillonnent les nombreux virages en lacets du Grimsel en voiture, en moto ou plus particulièrement en voiture de collection. La KWO commercialise le paysage des centrales électriques du Grimsel sous le slogan "Grimselwelt - wo die Energien fließen (*Le Monde du Grimsel où les énergies circulent*)". Les attractions touristiques comprennent le chemin de fer industriel de Gelmer, qui est le funiculaire le plus raide au monde ainsi que d'autres chemins de fer gérés par la KWO, des visites de centrales électriques avec visite de la Grotte de cristal de Gerstenegg et diverses possibilités de logement pour la nuit. La NAGRA propose des visites guidées du laboratoire du Grimsel Rock. Le tourisme de montagne joue depuis longtemps un rôle important dans la région du Grimsel. De nombreux guides de montagne célèbres sont venus de la vallée du Haslital. Les parois rocheuses en granit du Grimsel sont très appréciées des grimpeurs. À Guttannen, vous pouvez visiter le musée du cristal d'Ernst Rufibach.

Laboratoires souterrains de la NAGRA

La Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (NAGRA) a ouvert le laboratoire souterrain du Grimsel en 1984. Il se situe sous le Juchlistock à une altitude de 1'730 m. Dans les galeries creusées dans le granit, le laboratoire souterrain du Grimsel étudie la roche cristalline pour déterminer si elle convient au stockage des déchets radioactifs et à la

construction et à la gestion d'un dépôt définitif. Le Grimsel Rock Laboratory propose des visites guidées et exploite un portail en ligne pour les enseignants et les élèves.

À la découverte des cristaux

En 1719, une faille de cristal de 34 m de long est découverte à Vorderen Zinggenstock. Selon les estimations actuelles, 50 à 150 tonnes de cristaux ont pu être exploitées. Le Musée d'histoire naturelle de Berne expose trois cristaux de 30, 45 et 70 kg chacun. Dans les années 60, les chercheurs de cristaux Hans et Ernst Rufibach de Guttannen découvrent une autre faille de 30 m de long, également sur le Vorderen Zinggenstock. De nombreuses trouvailles du Vorderen Zinggenstock se trouvent aujourd'hui exposées dans le musée du cristal de Guttannen, dirigé par Ernst Rufibach. Lors de la construction de la centrale électrique en 1974, une autre faille est découverte au moment du percement d'un tunnel et placée sous protection. Aujourd'hui, la faille en cristal de 15 m de long Gerstenegg peut être observée lors de visites guidées organisées par la KWO.

Énergie hydraulique des vallées de Gadmertal et d'Urbachtal

La KWO puise déjà l'eau de la vallée du Gadmertal et planifie un projet de centrale électrique à Trift, qui prévoit un barrage au lac Trift. Celui-ci atteindra presque la taille du lac Grimsel et produira 180 GWh d'énergie supplémentaire par an. La KWO dispose d'une concession datant de 1962 dans l'Urbachtal, ce qui lui permet de faire fonctionner une petite centrale électrique à cet endroit toutefois classé zone naturelle protégée.

Perception du paysage

Aujourd'hui, le Grimsel représente bien plus qu'un paysage de montagne. Depuis près d'un siècle, c'est avant tout un paysage d'énergie et de centrales électriques, caractérisé par des réservoirs, des murs de barrage, des centrales électriques, des lignes de transmission et des chemins de fer industriels. Une étude réalisée en 2012 par l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le sol (WSL) a montré que 99% des touristes du Grimsel interrogés ont jugé le paysage positif. Le Grimsel est actuellement considéré sous deux angles : "Énergie" du point de vue du KWO et "Paysage et protection de l'environnement" du point de vue de l'Association du Grimsel.

Les habitants du Grimsel ont leur propre perception du paysage. De forts vents de foehn ont détruit beaucoup de forêts par le passé. Guttannen est régulièrement coupé du monde extérieur en hiver. Pendant la tempête de 2005, Guttannen a été inondé par des coulées de boue et des inondations.

→ cf. Protection des marais contre inondations

→ cf. Intempéries de 2005

Cycle 3, SHS 31, 10e année

- *Identification des différents acteurs et de leur implication sur le terrain*

Protection des marais contre inondations

La protection des sites marécageux est inscrite dans la Constitution fédérale suisse depuis 1987. Le site marécageux du Grimsel est pris en compte dans l'inventaire fédéral en 2004. Cependant, le périmètre est ajusté de manière à ce que la zone de protection s'étende à 27 m au-dessus du niveau du lac. En réponse aux critiques de l'Association du Grimsel et des associations de protection de

l'environnement concernant la perte d'un paysage marécageux unique du fait de l'élargissement du lac du Grimsel, le Conseil d'État du canton de Berne annonce en 2012 que les mesures prévues pour remplacer le barrage permettent de compenser les conséquences négatives de l'agrandissement du barrage. Les plans comprennent des aires protégées pour les animaux et les plantes, le reboisement et la renaturation des cours d'eau.

→ cf. Protection des sites marécageux

→ cf. Projets du Grimsel West et KWO Plus

Cycle 3, SHS 31, 11e année

- *Analyse des enjeux liés à l'eau*

Exode

Dans les années 1870 et 1880, de nombreux habitants de la vallée d'Oberhaslital émigrent en Amérique. Cela s'explique par une pauvreté amère, un sol aride et de mauvaises conditions climatiques. Dans le livre Kätter-Brieffe, les lettres de la famille Abbühl, rédigées depuis Guttanen et depuis l'Amérique de 1851 à 1932, ont été rassemblées et publiées.

Cycle 3, SHS 31, 10e année

- *Explication des migrations*

Électricité et gaz naturel - national, international et global

Électricité

La KWO appartient aux cantons de Berne, Bâle et Zurich. Le KWO produit environ 2300 GWh d'électricité par an, soit 6,5% de la production suisse d'électricité provenant de l'énergie hydraulique. Cette énergie peut alimenter 500 000 foyers, soit 1,2 million de personnes. Les prix de l'électricité sur les marchés européens ont fortement baissé ces dernières années. La KWO en ressent les effets. C'est pourquoi la Confédération et les cantons examinent actuellement l'amélioration des conditions-cadres pour l'énergie hydraulique.

Gaz naturel

Les panneaux orange de la route du Grimsel font référence au gazoduc souterrain par lequel 2 millions de m³/h de gaz naturel sont transportés des Pays-Bas vers l'Italie via le Grimsel. Outre le transit de gaz, ce gazoduc couvre 75% des besoins de la Suisse.

Recul des glaciers à l'exemple du glacier de l'Unteraar

Le niveau maximal de la glace durant la dernière période glaciaire peut être observé sur les bords tranchants des falaises. Aujourd'hui, il ne reste plus que de petits glaciers. Les flux des glaciers de Finsteraar et de Lauteraar convergent vers le glacier de l'Unteraar. Le matériel déposé par les glaciers de Finsteraar et de Lauteraar sur les moraines latérales forme une moraine médiane sur le glacier de l'Unteraar. En 1880, la cabane du Lauteraar a été construite directement au-dessus du glacier de l'Unteraar, aujourd'hui elle se trouve bien au-dessus du glacier. Dans les années 1920, la langue glaciaire du glacier d'Unteraar a été inondée par le lac du Grimsel lors de la construction de sa centrale électrique. Aujourd'hui, le glacier d'Unteraar a une longueur d'environ 13 km et une superficie d'environ 29,5 km². Entre 1876 et 2013, la longueur du glacier d'Unteraar a perdu environ 2,5 km. La langue glaciaire a reculé d'environ 15 à 20 m par an. Les cartes interactives de geo.admin.ch montrent l'évolution du glacier depuis les années 1870.

- Explication des conséquences des changements climatiques

Art et littérature

Art

Le Grimsel a servi de motif à plusieurs artistes. En effet, le peintre suisse Caspar Leontius Wyss (1762-1798) peint le Totessee en 1790 déjà (Fig. 2) et le peintre anglais George Edwards Hering (1805-1879) jette son dévolu sur le col du Grimsel en 1847 (fig. 3).



Figure 4. Totessee sur le mont Grimsel de Caspar Leontius Wyss, 1790 (Rizzi, 1997)

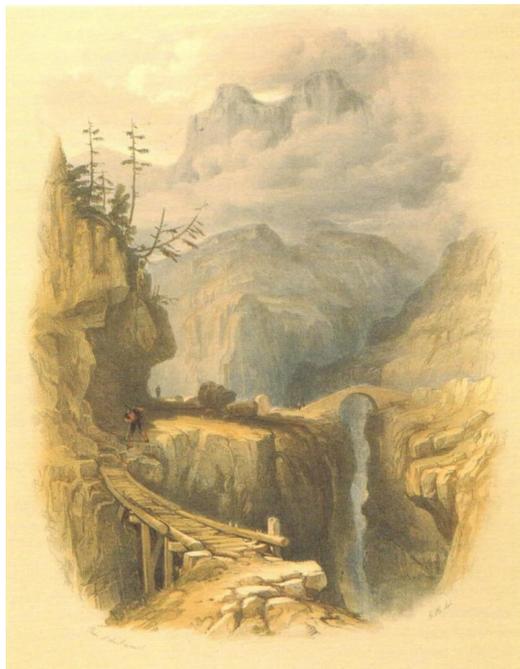


Figure 5. Col du Grimsel par George Edwards Hering, 1847 (Rizzi, 1997)

De 2004 à 2007, l'artiste suisse Pierre Mettraux a peint le tableau *Mélisande* sur le mur du barrage du réservoir Räterichboden (Fig. 4). Le tableau mesure 51 x 54 m et, avec une superficie de 2'754 m², et est considéré comme le plus grand tableau jamais peint. L'histoire de *Mélisande* est issue d'une ancienne légende flamande.



Figure 6. *Mélisande sur le barrage de Räterichsboden (Schmid, 2007)*

Littérature

Le promontoire rocheux de "Widmannshöhe" au-dessus de Handeck porte le nom de l'écrivain Josef Viktor Widmann (1842-1911). Widmann décrit ce promontoire dans un feuilleton écrit peu avant sa mort et paru dans le quotidien Der Bund. D'autres témoignages écrits sur la région du Grimsel de 1851 à 1932 se retrouvent dans le livre Kätter-Briefe, dans lequel les lettres de la famille Abbühl de Guttannen sont rassemblées.

→ cf. Exode

Signification et pertinence

Le paysage énergétique du Grimsel est un paysage montagnard et de haute montagne. A première vue ce paysage n'est pas très accueillant. Néanmoins il est fortement marqué par l'Homme qui l'utilise et le fréquente. Il s'agit là d'un point de départ intéressant pour aborder la relation de l'Homme et de l'environnement ainsi que les interactions entre ces deux éléments marquants du paysage. Le paysage glaciaire impressionnant et passionnant, tant du point de vue géologique que visuel, a été fortement marqué par les centrales hydroélectriques construites par l'Homme. Ces interventions de l'Homme dans la nature permettent un débat intéressant, riche en perspectives et contradictoire sur les sujets de l'utilisation du sol, de l'évolution du paysage, de la perception du paysage ainsi que de la préservation du paysage et de la nature. L'objectif n'est pas seulement de discuter et d'analyser les changements paysages induits par l'Homme mais aussi les processus naturels tels que l'émergence de formes typique d'un paysage glaciaire. En ce qui concerne les glaciers et l'hydroélectricité, le problème du changement climatique peut également être abordé et traité. Le paysage énergétique du Grimsel illustre parfaitement le potentiel d'utilisation, mais aussi les problèmes et les conflits des régions alpines. Le paysage énergétique du Grimsel permet de thématiser la vie des habitants de cet espace. Différentes perceptions et du paysage d'aujourd'hui et d'autrefois ou des perceptions marquées par différents intérêts peuvent être discutées et analysées.

Le paysage naturel du Grimsel se compose entre autres de pelouses alpines, de pentes abruptes en granit, de montagnes enneigées et de glaciers. Pendant plusieurs périodes glaciaires, de grandes parties des Alpes ont été couvertes de glaciers. La dernière période glaciaire s'est terminée il y a environ 10 000 ans. Ces glaciers ont eu une grande influence sur le paysage actuel. Ils ont formé les vallées en auge (vallées en U) comme par exemple la vallée de l'Oberhaslital ou les vallées avec des embouchures en gradins typiques du paysage du Grimsel. Aujourd'hui il ne reste plus que quelques vestiges des glaciers autrefois gigantesques, comme les quatre glaciers de l'Unteraar qui ont fortement reculé. Ces glaciers, encore visibles aujourd'hui ainsi que les paysages qui s'étendent devant eux peuvent être utilisés pour illustrer la formation de notre environnement naturel.

Les glaciers forment des réservoirs d'eau naturels. Sur le Grimsel, la pluie, la neige et l'eau de fonte de glace sont collectées dans des réservoirs et utilisées pour la production d'électricité par le biais de l'énergie hydraulique. De nombreux glaciers auront probablement disparu d'ici la fin du siècle. Ce problème offre une approche adaptée aux thèmes du changement climatique, de la gestion des ressources naturelles et de ses propres actions dans le monde et permet de s'interroger sur l'évolution avenir.

L'environnement naturel du Grimsel a été profondément modifié depuis les années 1920 par la construction de centrales hydroélectriques. De nouveaux projets d'agrandissement sont prévus dans un proche avenir, cela marquera le paysage davantage. Cela entraînera d'autres conflits entre les organisations environnementales et les exploitants hydroélectriques. Ces conflits sont influencés par des intérêts politiques et économiques et jouent un rôle central dans le débat actuel sur le changement climatique. L'étude du paysage permet d'aborder des thèmes d'actualité comme le changement climatique, les énergies renouvelables, la protection de l'environnement ainsi que les avantages et le changement du paysage.

L'exploitant de la centrale hydroélectrique de l'Oberhasli (KWO) représente un employeur important dans la région. Cette entreprise ne produit pas seulement de l'électricité à partir de l'énergie hydraulique mais commercialise également la région du Grimsel à des fins touristiques. Le paysage et la vie dans cette région sont donc fortement influencés par la KWO.

La région du Grimsel était déjà utilisée comme voie commerciale vers l'Italie avant la construction des centrales hydroélectriques dans les années 1920. La route du Grimsel était utilisée comme sentier muletier au 14^e siècle. Cette route représentait une partie de la liaison entre le Nord et le Sud (Grimsel-Gries). Elle a perdu son importance lors de l'ouverture de la ligne du Gotthard en 1882. Le tourisme s'est développé après l'ouverture de la route du col du Grimsel à la fin du 19^e siècle. Aujourd'hui la route du col du Grimsel est une destination appréciée en raison de ses serpentins, de son paysage attrayant avec ses nombreux lacs et de ses attractions touristiques.

Outre l'utilisation du territoire et l'évolution du paysage, la région du Grimsel offre également une approche intéressante pour étudier les différentes perceptions du paysage, par exemple celles des habitants, des touristes, des exploitants hydroélectriques ou des organisations de protection de la nature. Un regard sur le passé permettra également d'en apprendre davantage sur la perception du paysage et la vie dans un paysage montagnard du Grimsel dans le passé.

Elaboration des compétences

Niveau secondaire I

Les élèves peuvent acquérir diverses compétences géographiques à l'aide de l'exemple du paysage du Grimsel. Ceci est illustré ci-dessous à travers les aspects fondamentaux de l'action du plan d'étude 21:

Percevoir le monde: Les élèves peuvent comprendre le paysage énergétique du Grimsel en examinant les images, les cartes ou les descriptions.

Les élèves découvrent le paysage du Grimsel au travers d'images, de cartes et de textes. Ce paysage est utilisé comme exemple de paysage montagnard et de haute montagne. Ils observent, contemplent, perçoivent et décrivent le paysage énergétique du Grimsel à l'aide de divers outils d'orientation, tels que des cartes, des photos, des photos aériennes et des images satellitaires. Ils abordent le paysage du Grimsel et les facteurs qui influencent les processus géographiques dans cette région et cherchent à adopter différentes perspectives. Ils examinent les paysages naturels marqués par les glaciers et reconnaissent les caractéristiques typiques des glaciers et des éléments du paysage glaciaire. Ils se penchent également sur les changements paysagers induits par l'Homme (par la construction et l'utilisation de centrales hydroélectriques et par les activités touristiques). Le paysage du Grimsel se prête à une excursion pour approfondir le sujet. Les pentes rocheuses et escarpées des montagnes, les barrages, les tunnels de la centrale souterraine, les glaciers et les hauts sommets de montagne surprendront les visiteurs du paysage du Grimsel et leur donneront de nouvelles impressions.

Découvrir le monde

Le paysage du Grimsel est probablement inconnu de la plupart des élèves. Ce paysage impressionnant et varié peut motiver les élèves à formuler leurs propres questionnements et découvrir le monde suivant leurs propres centres d'intérêt. Il est possible de plonger plus profondément dans le paysage et de découvrir de nouveaux aspects en s'intéressant à des questions plus spécifiques. Les élèves peuvent s'intéresser à des questions sur l'espace, l'utilisation du sol, l'évolution du paysage, la perception du paysage et la préservation de la nature et ou du paysage. Les élèves sont amenés à utiliser différentes méthodes pour répondre aux questions comme par exemple l'interprétation d'images satellitaires ou de photos aériennes. Les élèves apprennent à évaluer, à interpréter et à extraire des informations de différentes sources: images, cartes, textes, diagrammes et graphiques.

S'orienter dans le monde

Les connaissances et compétences acquises sur le paysage énergétique du Grimsel permettent aux élèves de reconnaître des structures et des liens, d'utiliser des termes spécifiques et d'extraire, d'étudier, d'évaluer et de vérifier de manière ciblée des informations provenant de différentes sources. Les élèves peuvent développer et présenter leurs propres pensées, opinions et arguments. Ils peuvent avoir des points de vue différents. Par exemple, les élèves sont en mesure de reconnaître l'importance des glaciers pour l'Homme et la nature et d'aborder de manière critiques les questions relatives à l'énergie hydrauliques, à la protection de la nature et au changement climatique aujourd'hui et à l'avenir. Les élèves peuvent utilisés ces nouvelles compétences acquises dans d'autres disciplines et dans leur vie quotidienne.

Agir dans le monde

Les thèmes et les problématiques que propose le paysage énergétique du Grimsel permettent aux

élèves de réfléchir à ses propres actions et à son influence sur le monde en ce qui concerne les glaciers et le changement climatique, la production d'énergie et la consommation électrique, l'intervention humaine dans la nature etc. Ils peuvent s'interroger sur les conséquences de leurs actions aujourd'hui et dans le futur. Ils reconnaissent et recherchent des solutions et des stratégies pour pouvoir assumer la responsabilité envers l'environnement et pour agir dans le monde.

Niveau secondaire II

Les objectifs et compétences ci-dessous s'orientent au plan d'étude de maturité 2017 du canton de Berne (KML).

Le plan d'étude de maturité 2017 du canton de Berne (KML) montre également un grand intérêt pour les paysages types. Vous trouverez ci-dessous une sélection pertinente des objectifs directeurs et éducatifs :

Objectifs généraux de l'enseignement géographique relatifs aux paysages types

Les lycéens...

- ... reconnaissent et comprennent les influences réciproques de l'homme et de la nature à l'échelle locale, régionale et mondiale.
- ... comprennent, analysent et évaluent les espaces et leurs évolutions. Les connaissances et les méthodes géographiques nécessaires à cette fin leur permettent de s'orienter au sein de l'environnement social et naturel. Les excursions sont, selon le plan d'étude (EDK 94, p.118), une composante importante de l'enseignement qui permet d'expérimenter le contenu et de le rendre évocateur.
- ... évaluent, sur la base de leurs connaissances du milieu naturel, les possibilités et les limites d'utilisation des habitats et des ressources, notamment en matière de développement durable.

Les élèves apprennent à saisir et à évaluer l'évolution de l'habitat que représente le paysage énergétique du Grimsel. Les élèves peuvent comprendre les influences réciproques de l'homme et de la nature à l'échelle régionale à partir du développement du paysage électrique du Grimsel. Les excursions permettent aux élèves de percevoir consciemment le paysage, d'analyser et d'évaluer les formes d'utilisation du sol possibles ainsi que leurs limites. Par ailleurs l'apprentissage exemplaire, en tant que principe de base de l'enseignement de la géographie, peut alors être appliqué.

Objectifs directeurs des connaissances relatives aux paysages types.

Les lycéens...

- ... analysent les problèmes géographiques à différentes échelles spatiales et temporelles.
- ... connaissent les facteurs géographiques naturels (par exemple le climat, la géologie et le sol) et leur importance en ce qui concerne l'impact et l'utilisation d'un espace.
- ... connaissent les concepts et les thèmes de la géographie humaine (par ex. mobilité, habitat, économie, coopération au développement, géopolitique)
- ... comprennent et évaluent les interactions entre les facteurs géographiques naturels et culturels. Ils connaissent les concepts et les perspectives de la géographie intégrative.
- ... saisissent les effets des activités humaines sur le paysage et traitent de manière critique l'évolution du paysage.
- ... comprennent que le développement de la société est un facteur qui marque l'espace.

L'étude du paysage énergétique du Grimsel entraîne également la réflexion analytique des problèmes géographiques dans leurs dimensions spatiale et temporelle. Les élèves apprennent à évaluer les interactions entre la nature et les facteurs géographiques humains/ culturels dans la vallée de Zermatt et traitent de manière critique l'évolution du paysage. Le regard différencié porté sur ce paysage favorise l'élaboration de la conclusion que les niveaux étatique, économique, politique et culturel sont de plus en plus imbriqués.

Objectifs directeurs des compétences relatives aux paysages types

Les lycéens...

- ... acquièrent les compétences de base spécifiques à la recherche, la structuration, l'analyse, l'interprétation, la représentation et la transmission d'informations géographiques. A cet effet, des cartes, profils, diagrammes, statistiques, images, textes et graphique sont interprétés et élaborés individuellement. De plus des systèmes de traitement d'informations géographiques (SIG) sont utilisés.
- ... apprennent à observer, à décrire et à analyser des espaces et des situations géographiques lors d'un travail sur le terrain et au travers d'informations digitales. Les situations géographiques sont conçues à l'aide de modèles et les lycéens apprennent à capter et à mettre en lien leurs interrelations et leurs processus.
- ... reconnaissent l'interdépendance croissante des sphère étatique, économique, politique et culturel et l'évolution qui en résulte.
- ... connaissent les méthodes de la géographie et appliquent des procédures scientifiques et techniques.

En travaillant avec des cartes, des profils, des images, des textes et des statistiques sur le paysage énergétique du Grimsel, les élèves peuvent entraîner des compétences spécialisées dans la mobilisation, l'analyse, l'interprétation, la présentation et la communication des informations géographiques. Si la vallée de Zermatt peut être visitée, les élèves apprennent à observer, à décrire et à analyser l'espace et à mettre en réseau leurs résultats à l'aide de modèles.

Attitude par rapport aux paysages types

- L'analyse du paysage énergétique du Grimsel peut favoriser l'intérêt porté à son propre habitat ainsi qu'aux phénomènes naturels et culturels et soutenir l'enthousiasme pour la beauté du monde.

Intérêts des élèves

Le point de vue des élèves sur le paysage énergétique du Grimsel et leur motivation à traiter ce sujet dépendent de leurs idées préconçues et de leur expérience vécu d'un paysage montagnard et de haute montagne. Les connaissances préalables du sujet et l'attitude portée envers ces thèmes jouent également un rôle important. Tous les élèves ont une idée de ce à quoi pourraient ressembler une montagne et un paysage de haute montagne. Cette idée et plus ou moins précise, selon si l'élève a déjà visité un tel paysage ou s'il ne connaît les montagnes et les hautes montagnes uniquement de loin, comme vue panoramique ou à partir de films, de photos

etc. Les élèves ayant déjà entrepris des randonnées, des excursions d'escalade ou autres activités de plein air dans des paysages montagnards et qui ont fait l'expérience d'une nature impressionnante et spécifique, auront un lien plus étroit avec ce paysage et se sentiront plus concernés. Mais nous estimons que la majorité des élèves n'aura pas de connaissances suffisantes sur les processus ni sur les interactions et interrelations entre les différents éléments du paysage. Attendu que la plupart des élèves n'ont pas de lien personnel avec le paysage énergétique du Grimsel, l'intérêt pour ce paysage doit être suscité d'une manière différente. Les élèves peuvent être motivés à aborder le sujet grâce aux paysages impressionnants, ou par des questionnements intéressants et ouverts, des énigmes, voire des affirmations qui suscitent une certaine provocation ainsi que des perspectives d'avenir. La thématique des glaciers peut être rattachée au thème actuel du changement climatique et aux scénarios d'avenirs possibles. Elle peut être traitée au secondaire I comme au secondaire II. Tous les élèves sont concernés par le traitement de l'eau, les problèmes et conflits qui en résultent, la production et la consommation d'électricité. La polémique autour de l'utilisation de l'énergie hydraulique et de la protection de la nature permet aux élèves d'aborder différentes positions et de forger leur propre opinion sur ce sujet. Il serait intéressant d'étudier le lien étroit entre la nature et la technologie ou leur opposition. Il est alors possible de s'intéresser à des relations controversées. Il est possible de thématiser les concepts géographiques, les processus et les contextes à partir de ces sujets d'actualité.

Selon le plan d'étude 21 (LP21), les élèves ont déjà abordé plusieurs thèmes à l'école primaire qui sont repris avec la thématique "paysage énergétique du Grimsel" (cf. NMG, 2ème cycle). Les thèmes de l'eau et du cycle de l'eau, peut-être même le thème du lac de rétention, ont déjà été étudiés de manière plus globale. Le comportement humain et son impact au sein des habitats naturels a également été thématisé. Les élèves savent qu'il existe différentes perspectives et peuvent les comparer et étudier un sujet sous différents angles. Il se peut qu'ils aient déjà abordé le thème de la mobilité et des transports, qu'ils aient déjà réalisé ou interprété des croquis, des plans, ou des photos d'éléments spatiaux. Nous estimons que les élèves ont également déjà traité les sujets de l'environnement naturel et l'environnement culturel (marqués par les interventions humaines), ainsi que de l'utilisation du sol et certaines caractéristiques géographiques du paysage alpin. Ils ont probablement déjà travaillé, ou du moins déjà vu, des photos aériennes et des images historiques ou satellitaires, des textes, des cartes et le globe terrestre. Ils possèdent déjà quelques bases dans l'analyse cartographique (recherche d'objets et de lieux, connaissance et application des échelles et des directions pour s'orienter lecture, voire interprétation d'une légende).

Néanmoins, les élèves du secondaire doivent acquérir, en plus de certaines connaissances de base, des compétences sur les sujets et les méthodes géographiques. Nous pouvons supposer que les lycéens possèdent déjà certaines connaissances de base (en géologie, en pédologie, en climatologie et en cartographie etc.) Ces connaissances sont alors à approfondir. Du point de vue de la psychologie du développement, les lycéens sont en mesure de structurer davantage leurs pensées, de reconnaître des interrelations, et de formuler leurs réponses en les justifiant. Ils peuvent argumenter et expliquer leur point de vue, rechercher et proposer des solutions à des problèmes. Ils sont également en mesure d'analyser un sujet en gardant un esprit critique.

Analyse factuelle II

En prenant en compte de l'importance des aspects individuels, des connaissances et des intérêts des élèves ainsi que des compétences à promouvoir, il est maintenant possible de reconstruire l'analyse factuelle II à partir de l'analyse didactique. Elle se limite aux contenus essentiels et aux concepts géographiques du paysage énergétique du Grimsel et est adaptée aux intérêts des élèves. Il se peut alors que certains thèmes explicités dans l'analyse factuelle I soient manquants

ou que de nouveaux thèmes aient été ajoutés. En ce sens, les analyses factuelles II proposées par la plateforme d'apprentissage sont à considérer comme des ébauches qui doivent encore être adaptées aux données réelles et aux buts recherchés. Les outils et les supports de la plateforme d'apprentissage permettent de nombreuses possibilités d'application, ils couvrent l'ensemble du sujet.

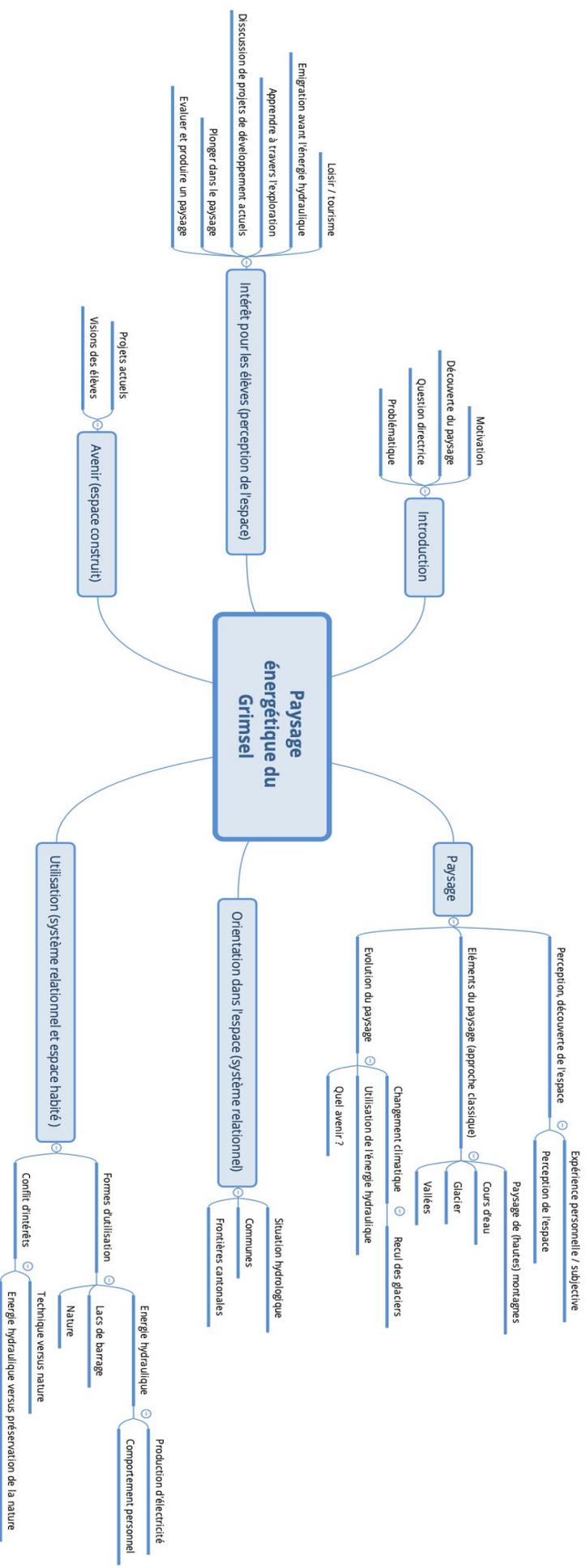


Figure 7: Analyse factuelle II « paysage énergétique du Grimsel »

Le concept didactique

Le paysage énergétique du Grimsel, son utilisation spécifique, son évolution, sa perception ainsi que la protection de son paysage naturel et culturel sont présentés aux élèves aux travers des sujets suivants : glaciers, énergie hydraulique, protection et préservation de l'environnement et activités touristiques. Les élèves étudient les différentes dynamiques du paysage énergétique du Grimsel telles que les glaciers (courants glaciers), l'énergie hydraulique ainsi que les flux du trafic voyageurs et flux touristiques.

Les élèves développent des connaissances sur la géographie et l'histoire ainsi que sur la situation actuelle et des perspectives d'avenir. Ils seront ainsi encourager à réfléchir sur leurs propres actions dans le monde et à l'impact des activités humaines.

Le concept suivant peut être dérivé de l'analyse didactique pour un enseignement s'appuyant sur le paysage type du paysage énergétique du Grimsel:

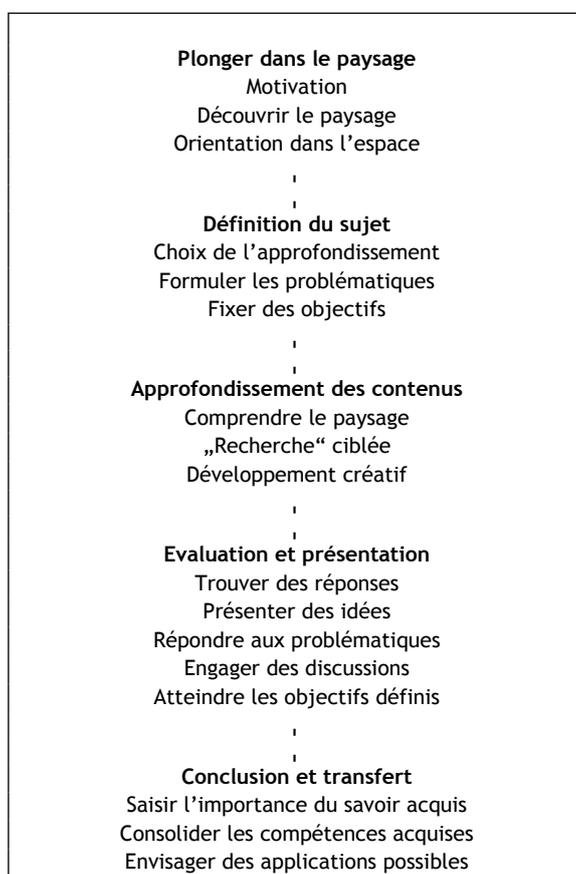


Figure 8: Concept didactique de la plateforme d'apprentissage

Plonger dans le paysage énergétique du Grimsel

Tout d'abord, les élèves doivent se familiariser avec le paysage. L'« immersion » dans le paysage énergétique du Grimsel doit être motivante et centrée sur l'intérêt des élèves. C'est à cet effet, que la plateforme d'apprentissage met à disposition l'introduction avec les exercices:

Le film et les images offre une vue d'ensemble du paysage énergétique du Grimsel. Les exercices conçus pour l'image de l'introduction permettent d'initier les élèves à la méthode de travail, qui est au cœur de cette unité d'enseignement, notamment l'interprétation d'images. L'élève est

également amener à connaître le visualiseur de cartes (map.geo.admin.ch) qui sera également utiliser dans certains exercices. L'introduction fournit de premières informations sur l'apparence, la situation, l'origine et l'utilisation du paysage énergétique du Grimsel.

Cette première phase se termine par une autoévaluation des élèves à l'aide d'une application d'apprentissage (Learning app) et par une discussion basée sur les questions formulées par les élèves pendant l'exercice 12. L'enseignant(e) peut alors choisir quelle question il ou elle souhaite reprendre ou approfondir dans la suite de son enseignement.

Les plus jeunes élèves doivent être accompagnés tout au long de cette introduction. Ils se familiariseront ainsi avec la plateforme d'apprentissage et apprendront à travailler de manière indépendante et coopérative. C'est dans cette phase initiale que l'enseignant peut soutenir la qualité de l'apprentissage de ses élèves tout en les motivant avec des inputs occasionnels et concis et un soutien individuel. Les phases de réflexion en classe sont indispensables pour assurer le progrès des élèves. Des phases de récapitulation permettent de consolider les connaissances acquises. Il est recommandé de prévoir 2 à 5 leçons pour introduire le sujet.

La plateforme d'apprentissage est pensée pour permettre un enseignement digital. Les outils et les supports permettent cependant aussi un travail sans supports informatiques en classe. Les auteurs recommandent un travail purement digital.

Approfondissement des contenus

L'étude approfondie du paysage énergétique du Grimsel peut s'effectuer de différentes manières. La plateforme d'apprentissage propose des supports et des outils laissant ainsi le choix quant à la méthode de travail comme par exemple un enseignement fortement structuré par l'enseignant ou un enseignement plus créatif et libre s'orientant aux intérêts des élèves, un enseignement ciblé autour d'une problématique ou permettant une approche du sujet plus libre. Un éventail d'exercices permet d'approfondir les thèmes de manière très vaste. Il est recommandé de ne pas se restreindre à l'approche classique de l'espace. L'intérêt des élèves peut être suscité par des exercices ayant une autre approche de l'espace. La perception subjective, une analyse des interrelations (mise en réseau et relations entre les lieux) et des constructions spatiales dans le sens d'un aménagement, d'une conception de l'avenir apportent des idées neuves sur la perception d'un espace.

Un défi sera d'entretenir la motivation des élèves lors d'un travail indépendant prolongé (sur leçons d'affilées) avec la plateforme d'apprentissage. Voici deux conseils:

Travail sur une problématique: La classe étudie plus profondément la région en s'orientant sur une problématique commune. Les questions directrices pourraient ressembler aux questions ci-dessous:

- Quelle idée ai-je d'un paysage montagnard et de haute montagne avant d'étudier le paysage énergétique du Grimsel ? Comment cette idée a-t-elle évolué à travers le travail sur le paysage énergétique du Grimsel ?
- Quels éléments et aspects typiques d'un paysage alpin peut-on trouver dans la région du Grimsel ? Qu'est-ce qui est atypique pour un paysage alpin dans le paysage énergétique du Grimsel et pourquoi ?
- Comment le paysage énergétique du Grimsel va-t-il évoluer ? Comment l'Homme peut-il influencer cette évolution ?
- Quels sont les avantages et les inconvénients des interactions entre la nature et la technologie ?

Insertion de blocs d'enseignement sans plateforme: L'enseignant donne une leçon complète ou partielle en utilisant des méthodes d'enseignement traditionnelles sur le thème du paysage énergétique du Grimsel. L'enseignant peut interrompre le travail sur la plateforme d'apprentissage pour motiver ses élèves ou donner certaines explications, tel que par exemple avec la « méthode hélicoptère »:

La classe discute au métaniveau l'avancée du travail, les découvertes qui ont été faites, les compétences techniques ou méthodiques qui ont été acquises. Elle sert également à définir les prochaines étapes.

La polyvalence de la plateforme d'apprentissage permet d'utiliser différentes méthodes d'enseignement.

L'enseignant ou les élèves peuvent structurer l'étude du sujet. Il est important que l'enseignant détermine le degré de liberté qu'il aimerait laisser aux élèves.

Il est recommandé de commencer par les questions et les centres d'intérêt que les élèves ont formulés à la fin de la phase d'introduction, dans la mesure où il se peut que de nombreuses questions soient restées sans réponses. Il est également favorable de s'orienter sur des sujets qui ont suscité une attention particulière de la part des élèves.

Il est alors possible de définir avec la classe les aspects à approfondir. Cela permettra une participation active de la part des élèves. La suite de l'enseignement peut se faire dans la classe ou dans des petits groupes.

Différentes méthodes d'enseignement sont présentées ci-dessous. Chacune a une méthode géographique spécifique.

L'utilisation de photos:

Les élèves peuvent plonger dans le paysage au travers d'images. Ils peuvent décrire, évaluer, et mettre en lien les éléments du paysage. Les unités d'enseignement « paysage énergétique du Grimsel » proposent différents exercices et approches en utilisant en particulier les photos aériennes et les images satellitaires.

Pour aller plus loin dans l'analyse de telles images, la plateforme d'apprentissage met à disposition les documents « Interpréter les photographies aériennes » et « Interpréter les images satellites ». Pour une analyse approfondie des images et des questions plus spécifiques, la plateforme met à disposition des enseignants (dans la partie réservée aux enseignants) des schémas d'analyse plus détaillés concernant l'interprétation des photos aériennes et des images satellitaires. Les schémas d'interprétation peuvent également être appliqués à d'autres types d'images pour une « analyse d'image géographique ».

Utilisation de Google Earth:

Les élèves explorent la diversité du paysage énergétique du Grimsel avec cet outil. La manipulation de ce globe virtuel doit être expliquée au préalable. Les instructions sont disponibles sur la plateforme d'apprentissage. De plus, l'espace (l'objet d'étude) devrait être clairement défini. L'introduction à Google Earth pourrait se faire avec les questions suivantes : Qu'est-ce qui vous plaît du paysage ? Où aimeriez-vous faire une randonnée ? Où trouve-t-on des éléments culturels ? etc. Les élèves pourraient justifier leur opinion en utilisant des images. Les images peuvent être stockées sur la plateforme numérique de l'école et/ou projetées et discutées. Google Earth est utilisé plusieurs fois dans les exercices d'approfondissement. Les élèves trouveront des images satellitaires et des photos aériennes sur Google Earth. En s'orientant sur les exercices d'approfondissement, l'utilisation de Google Earth peut être développée et perfectionnée. Une possibilité d'utilisation serait par exemple que les élèves planifient une randonnée virtuelle sur Google Earth à travers la région du Grimsel à la fin de la leçon. Les élèves fournissent des informations sur la longueur, les différences de hauteur, la durée, les lieux de repos, etc. et créent des missions d'observation

appropriées pour la randonnée.

Analyse de l'évolution du paysage au travers de photos aériennes et de cartes (à partir du visualiseur de cartes (map.geo.admin.ch))

La plateforme d'apprentissage propose déjà des exercices et des instructions pour l'utilisation du visualiseur de cartes. Les résultats du travail avec le visualiseur de cartes suisse peuvent ensuite être recueillis et discutés. Ces questions peuvent également servir d'orientation pour la suite de l'enseignement.

Analyse spatiale avec à l'aide d'images satellitaires „Sentinel Playground“

Le « Sentinel Playground » met à disposition des images satellitaires prises par des satellites-sentinels. Cette nouvelle génération de satellites (qui existe depuis 2014) propose une source presque inépuisable d'images actuelles et anciennes de toutes les régions du monde. L'interface est facile à utiliser (en anglais) et permet la création et le téléchargement d'images « réelles » et d'images sur lesquelles les couleurs ont été retouchées. On y trouve un mode d'emploi et des exercices développés qui permettent de se familiariser à l'utilisation du logiciel. Pour une analyse plus détaillée des images satellitaires, les élèves peuvent utiliser l'outil « Interprétation les images satellites ».

Description du paysage

Les élèves peuvent plonger dans le paysage énergétique du Grimsel par le biais d'une méthode citée ci-dessus. Un objectif d'apprentissage pourrait être d'écrire un court texte pour décrire ce paysage. Il serait imaginable de présenter certains textes ou de les discuter en classe. Il est aussi possible de concevoir différentes descriptions du paysage à partir de différentes images. Les élèves pourront alors essayer d'associer les textes et images qui correspondent. Pour terminer, la classe pourrait essayer de décrire le paysage dans son ensemble.

Évaluation et présentation

Il est maintenant temps de récolter les fruits de cette recherche approfondie. Cela peut se faire de manière analogique (traditionnelle) ou de manière digitale sur la plateforme d'apprentissage. Les problématiques peuvent être discutées en classe. Il est aussi envisageable que les élèves planifient une promenade virtuelle sur Google Earth. Cela permettrait d'utiliser les compétences acquises et/ou approfondies dans cette unité d'enseignement. Les élèves fournissent des informations sur la longueur, les différences de hauteur, la durée, les lieux de repos, etc. et créent des missions d'observation appropriées pour la randonnée (cf. Utilisation de Google Earth). Les résultats peuvent être remis ou présentés devant la classe. Une évaluation est donc possible. Si l'enseignant a les moyens et assez de temps il pourrait visiter le paysage énergétique du Grimsel dans le cadre d'une excursion ce qui permettrait d'approfondir les thèmes étudiés.

Conclusion et transfert

Le paysage énergétique du Grimsel est étudié et une séquence d'enseignement, que l'on espère passionnante, se termine. Il est maintenant important de finir tout en finesse par une courte phase de conclusion: Quelles compétences ont été développées dans le cadre de cet apprentissage? Comment peut-on les utiliser et /ou les développer intelligemment? Il est recommandé de s'intéresser aux paysages comparables (Paysage de haute montagne des Alpes et paysage montagnard abrupt des Alpes septentrionales). Cela crée des connaissances et des compétences qui peuvent être reliées entre elles - dans le sens d'une didactique moderne de la géographie.