

Découverte de la géologie et de l'hydrogéologie sur le site de Derborence

Valérie Chopard



Travail de fin d'étude
Ecole de Degré Diplôme

Avril 2003

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| PARTIE THÉORIQUE | 5 |
| 1. INTRODUCTION À LA GÉOLOGIE..... | 6 |
| 1.1 Les âges géologiques..... | 6 |
| 1.2 La tectonique des plaques..... | 7 |
| 1.3 Les roches..... | 9 |
| 1.3.1 Les roches ignées..... | 9 |
| 1.3.2 Les roches volcaniques..... | 9 |
| 1.3.3 Les roches plutoniques..... | 10 |
| 1.3.4 Les roches sédimentaires..... | 11 |
| 1.3.5 Les roches métamorphiques..... | 12 |
| 1.4 Déformations et plissements des roches..... | 14 |
| 1.5 Socle et couverture..... | 15 |
| 2. LE CADRE STRUCTURAL DES ALPES VALAISANNES..... | 16 |
| 2.1 Généralités..... | 16 |
| 2.2 Le cadre des Alpes valaisannes..... | 16 |
| 2.3 L'Helvétique..... | 19 |
| 3. LA FORMATION DES CAVERNES..... | 20 |
| 3.1 Le karst..... | 21 |
| 3.2 Les lapiazs..... | 22 |
| 3.3 Les réseaux karstiques – relief souterrain..... | 23 |
| 3.4 La zone d'absorption ou d'infiltration..... | 24 |
| 3.5 La zone d'écoulement libre..... | 24 |
| 3.6 La zone d'écoulement horizontale..... | 25 |
| 3.7 Les karsts alpins..... | 26 |
| 4. L'HYDROGÉOLOGIE..... | 26 |
| 4.1 Le cycle de l'eau..... | 26 |
| 4.2 Les eaux souterraines..... | 27 |
| 4.3 Situation de l'eau dans le sous-sol..... | 27 |
| 5. PRÉSENTATION DE DERBORENCE : SITE ÉTUDIÉ..... | 29 |
| 5.1 Cadre géographique..... | 29 |
| 5.2 Un site d'exception..... | 29 |
| 5.3 Mythes et légendes en relation aux éboulements des Diablerets..... | 30 |
| PARTIE PERSONNELLE | 32 |
| 6. INTRODUCTION..... | 33 |
| 7. PRÉAMBULE..... | 33 |
| 8. SITUATION GÉOGRAPHIQUE..... | 34 |
| 9. CADRE GÉOLOGIQUE..... | 36 |
| 9.1 La nappe de Morcles..... | 36 |
| 9.2 Contexte géologique du site étudié :..... | 37 |
| 9.3 A la découverte de la géologie..... | 39 |
| 10. LES MYSTÈRES DU RESEAU KARSTIQUE DE LA CHAUX D'EINZON..... | 41 |
| 10.1 Présentation des cavités découvertes..... | 43 |
| 10.2 Le CE11..... | 47 |
| 10.3 Le CE18..... | 49 |
| 11. PRÉSENTATION DES CALCAIRES DE LA CHAUX D'EINZON..... | 53 |
| 11.1 Observations et analyses des différentes roches à l'Université de Neuchâtel..... | 53 |
| 11.2 Déroulement de la préparation d'une lame mince..... | 54 |
| 11.3 Interprétations visuelles de différentes roches..... | 56 |
| 11.3.1 L'observation visuelle se présente ainsi..... | 56 |
| 11.4 Observation des roches en lames minces..... | 57 |
| 11.4.1 Une lame mince, comment ça marche ?..... | 57 |
| 11.5 Observation sur les lames minces..... | 58 |
| 12. PARTIE HYDROGÉOLOGIQUE..... | 61 |

| | | |
|---------|---|----|
| 12.1 | <i>Présentation du cadre hydrographique et hydrogéologique</i> | 61 |
| 12.2 | <i>Hypothèses hydrogéologiques concernant la Chaux d'Einzon</i> | 62 |
| 12.3 | <i>Hydrogéologie, partie pratique</i> | 63 |
| 12.3.1. | Prélèvements et mesures des eaux de différentes sources | 63 |
| 12.3.2. | Analyse des eaux en laboratoire | 67 |
| 12.3.3. | Mesure du ph | 67 |
| 12.3.4. | Mesure de la dureté temporaire | 68 |
| 12.3.5. | Mesure de dureté totale | 69 |
| 12.3.6. | Commentaires et hypothèses sur les résultats obtenus | 69 |
| 12.4 | <i>Installation de la sonde dans la grotte de l'Airette</i> | 72 |
| 12.4.1. | Description de la sonde | 73 |
| 13. | CONCLUSION | 74 |
| 14. | BIBLIOGRAPHIE | 75 |
| 15. | REMERCIEMENTS | 75 |

Organisation de ce travail

Mon dossier se divise en deux parties bien distinctes.

A savoir :

1) La partie théorique

Ce travail met en évidence l'introduction à la géologie et apporte des informations sur les âges géologiques, les roches et différentes déformations et plissements de celles-ci.

Des données relatives au cadre structural des Alpes valaisannes et de leurs généralités ainsi que des explications sur la zone Helvétique sont décrites.

Des éléments touchant à la formation des cavernes et à l'hydrogéologie sont mentionnés.

Pour terminer, une présentation de Derborence (site étudié) dans son cadre géographique ainsi qu'une note sur les mythes et légendes de cette région sont relatés.

2) La partie personnelle

Cette partie fait une synthèse de deux segments bien distincts.

A savoir :

- La réalisation de différentes études sur le terrain : découverte du site, initiation à la géologie et l'hydrogéologie ainsi que divers explorations spéléologiques.
- L'exécution de travaux en laboratoire : analyses des échantillons prélevés, préparation et observation de lames minces ainsi que des interprétations visuelles des roches de la Chaux d'Einzon.

Ce fut un travail très passionnant et j'ai eu de la chance d'être encadrée par des personnes compétentes et agréables.

Toutes les appréciations sont basées sur des résultats expérimentaux ainsi que des réflexions personnelles.

Partie Théorique

1. Introduction à la géologie

1.1 Les âges géologiques

A l'échelle de l'humanité les âges géologiques sont quelque chose de très abstrait puisqu'il est difficile de s'imaginer des processus qui durent depuis des millions voir des milliards d'années. Ainsi l'histoire de l'homme n'est qu'une infime partie de celle de la terre, puisque ce dernier apparaissait il n'y a seulement que ~6 millions d'années

Afin de définir les âges géologiques un tableau est utilisé sur lequel les périodes géologiques sont nommées depuis la création de la terre il y a env. 4,5 milliards d'années jusqu'aux périodes actuelles. Pour chaque intervalle d'âge est associé un nom. Par exemple, de 203 à 135 millions d'années correspond le *Jurassique* une des périodes à laquelle vivaient les dinosaures. Les roches trouvées sur mon terrain d'étude ont un âge compris entre 131 et 117 millions d'années. Le tableau stratigraphique (tableau des âges) situe cet épisode dans la partie inférieure du Crétacé et pour être plus précis au Valanginien et à l'Hauterivien.

A titre indicatif ces deux noms viennent de deux communes du canton de Neuchâtel, Valangin et Hauterive où ont été décrites pour la première fois les roches de cette période.

| Eres géologiques | Périodes géologiques | Etages | Age en millions d'années | Principaux événements |
|------------------|----------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|
| Quaternaire | | | 2 | Glaciations |
| Tertiaire | Néogène | | 23 | |
| | Paléogène | | 65 | |
| Secondaire | Crétacé | Coniacien | | Début des plissements alpins |
| | | Turonien | | |
| | | Cénomanién | | |
| | | Albien | | |
| | | Albien | | |
| | | Barrémien | | |
| | | Hauterivien | | |
| | | Valanginien | | |
| | | Berriasien | 141 | |
| | | Portlandien | | |
| Jurassiques | Oxfordien | | 195 | |
| | Bajocien | | | |
| | Aalénien | | | |
| | Sinemurten | | | |
| | Hettangien | | | |
| Trias | | | 230 | Fin des plissements |
| | | | 280 | |
| | | | 345 | |
| Primaire | Permien | | | |
| | Carbonifère | | | |

1.2 La tectonique des plaques

« Notre planète possède certaines caractéristiques d'un être vivant : une lente circulation, respiration et digestion, dont nous ne percevons que les hoquets et étternuements, sous forme de tremblements de terre et d'éruptions volcaniques ».

Loisirs et pédagogie

Avant de parler plus en détail de la formation des alpes, il est important de présenter le phénomène qui a permis cette formation.

A la fin des années 1960, le nouveau concept de la tectonique des plaques a été une révolution scientifique qui ébranla le monde des sciences de la terre. Aujourd'hui, cette discipline est appelée *la géodynamique*. Cette science étudie les mouvements, les forces, les changements qui affectent notre planète en particulier à sa surface comme la dérive et la déchirure des continents, la déformation, l'ouverture et la fermeture des océans ainsi que la formation de nouveaux reliefs.

La structure de notre globe est formée ainsi: son centre est un noyau très chaud (5000°C), dense et composé à 99% de Fer et de Nickel (métaux). Le centre de ce noyau de consistance solide est appelé *la graine*. Ce noyau interne est entouré d'une partie externe liquide. Le noyau terrestre est entouré par le manteau, partie enserrée entre la croûte terrestre et le noyau. Sa température passe de 1000°C à 4000°C vers la profondeur. Ce fort gradient géothermique est une des causes des gigantesques courants de convection qui brassent tout le manteau. Cependant, le terme *manteau*, est aujourd'hui distingué par d'autres notions comme celle de :

- *Lithosphère*, enveloppe externe, partie rigide (solide et rocheuse). Elle est constituée en surface par la croûte terrestre et par la partie supérieure du manteau. La croûte terrestre ainsi que le manteau lithosphérique forment ensemble la lithosphère. Cette enveloppe est mobile et discontinue car elle est séparée en différentes plaques. Son épaisseur moyenne est d'une centaine de kilomètres mais est fortement épaissie (parfois dédoublée) sous les chaînes de montagnes.
- *Asthénosphère*, partie supérieure et plastique du manteau, située en dessous de la lithosphère. Sa température moyenne est de 2000°C. L'asthénosphère est comparée à la mer chaude qui fait dériver et flotter les radeaux lithosphériques. Malgré ces hautes températures l'asthénosphère n'est pas liquide mais a une certaine viscosité. Cela est dû aux pressions extrêmes qui empêchent la roche de fondre
- *Mésosphère*, partie inférieure et visqueuse du manteau.

La surface de notre planète (lithosphère) est formée de douze plaques environ qui sont plus ou moins rigides et flottent sur la partie déformable du manteau (asthénosphère).

Les plaques s'écartent, se glissent, s'entrechoquent les unes avec les autres à des vitesses de quelques centimètres par année. On sait que les plaques peuvent présenter trois types de déplacements :

1. les plaques sont divergentes : elles s'écartent l'une de l'autre. Comme les plaques s'agrandissent à cause de la création de nouvelle croûte, on parle à cet instant de limites constructives.
2. les plaques sont convergentes : elles se rapprochent et entrent en collision. Comme les plaques disparaissent, il y a une diminution de la croûte. On parle de limites destructives.
3. les plaques glissent latéralement les unes contre les autres. On parle de limites conservatives. C'est un cas où il n'y a ni création, ni destruction de croûte.

Les limites sont liées aux phénomènes comme les tremblements de terre, le volcanisme, la création et la destruction de la croûte ainsi que la formation des chaînes de montagnes. Les mouvements seraient dus aux courants de convection dans les profondeurs du manteau. Ces derniers se produiraient par des transferts de chaleur, c'est-à-dire, d'une zone chaude vers une zone froide.

La vision en coupe des plaques apparaît comme de minces radeaux à deux couches. La première étant *la croûte terrestre* et la seconde le *manteau lithosphérique*. La croûte terrestre est la partie rocheuse et superficielle de la terre. Son volume représente moins de 1% du volume total de la planète. L'épaisseur varie selon qu'il s'agisse d'un océan ou d'un continent. La croûte océanique ne dépasse pas 5-8 km tandis que la croûte continentale a une épaisseur de 20-35 km et peut augmenter sous les chaînes de montagnes jusqu'à 50-70 km. Elles sont arquées selon la courbure de la terre et s'accroissent fortement dans les zones de subduction. Le pendage est de 45 à 60°. C'est à cet endroit que les plaques, devenues trop lourdes, sont englouties puis fondues par la chaleur de l'asthénosphère. Les zones de subduction sont généralement localisées à la limite des océans et des continents car, elles sont plus légères. La subduction est responsable de la majeure partie des déformations de la planète. A cause de la faible densité des continents, ceux-ci ne sont pas subduits. Par conséquent, il y aura un empilement ainsi qu'un épaississement des "portions" de croûte formant des nappes déformées et plissées. La croûte va s'élever au dessus du niveau de la mer ce qui produit la formation de chaînes de montagnes telles que les Alpes.

L'emplacement et l'aspect des continents d'aujourd'hui sont dus à de grandes déformations ainsi qu'à des déplacements. Un des grands déplacements des continents s'est produit lors de la déchirure de la Pangée (tous les continents étaient rassemblés en un seul) il y a environ 250 millions d'années (fin de l'ère Primaire => *Permien* et début de l'ère Secondaire => *Trias*).

1.3 Les roches

Les roches peuvent prendre naissance dans des conditions très diverses. Comme il y a une multitude de roches, les naturalistes ont tenté de faire une classification en tenant compte de leur origine. Ils arrivèrent ainsi à trois grandes catégories, présentées ainsi :

- Les *roches ignées* provenant du refroidissement de roche fondue.
- Les *roches sédimentaires* résultant de la consolidation d'un sédiment auparavant meuble.
- Les *roches métamorphiques*, roches sédimentaires ou ignées qui ont subi une ou plusieurs transformations ou métamorphoses.

1.3.1. Les roches ignées

Le mot igné vient d'un mot latin signifiant <<le feu>>. Ces roches naissent à partir d'une masse en fusion qui se refroidit puis se cristallise. Ce furent les coulées de laves à la surface des volcans, qui inspirèrent les premiers naturalistes. De cette observation apparue l'idée de *magma* (masse en fusion provenant des profondeurs de la terre. Des magmas peuvent ne pas atteindre la surface, mais rester bloqués dans l'épaisseur de la croûte terrestre où ils refroidissent lentement.

C'est à partir de là que l'on nomma l'origine d'une première classification des roches *magmatiques* ou *ignées*.

1.3.2. Les roches volcaniques

Les roches volcaniques proviennent du magma surchauffé à l'intérieur de la terre. C'est à partir du moment où les laves arrivent en surface que vont se former les roches volcaniques. Le refroidissement très rapide de ces roches ne va pas permettre aux cristaux de bien se développer. Généralement, les cristaux de ces roches sont très petits, le plus souvent microscopiques.

La teneur en silicium de ces roches détermine en grande partie leur aspect. Les roches riches en silice, dites *acides*, sont claires, tandis que les roches pauvres en silice, dites *basiques*, sont de couleur sombre.

Ci-dessous, deux photos de ces différentes caractéristiques :

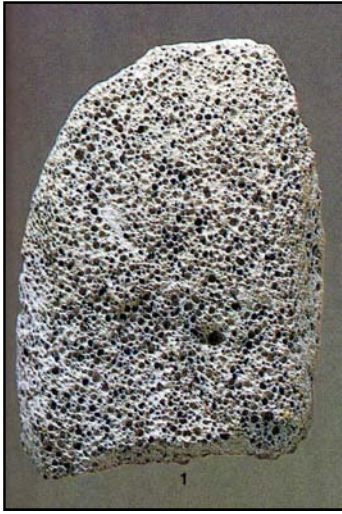


La rhyolite (roche acide)



La basalte (roche basique)

Les roches volcaniques sont souvent pleines de petites cavités dues au dégazage du magma (=> les gaz s'échappent en donnant naissance à de nombreuses vacuoles). L'image suivante en est un exemple :



Dans les roches volcaniques aucun fossile n'est trouvé puisque la lave brûlante détruit normalement toute forme de vie.

La pierre ponce (roche acide)

1.3.3. Les roches plutoniques

Les roches plutoniques, (nommées d'après Pluton dieu des profondeurs de la terre dans la mythologie grecque), se forment en profondeur à l'intérieur de la croûte terrestre.

Les magmas restent en profondeur et s'y refroidissent très lentement, ce qui permet une cristallisation parfaite. Ainsi les cristaux atteignent des dimensions permettant d'être observés à l'œil nu. Un exemple d'une telle roche : le granite.



Les principaux composants du granite sont le feldspath (minéral de couleur blanc), le quartz (minéral incolore, apparaissant gris dans le granite dû à des réactions chimiques) et le mica noir (minéral sombre, répartie régulièrement en "nids"). Les critères d'identifications essentiels pour les granites sont la structure compacte de la roche et l'absence presque totale de cavités.

Le granite (roche acide)

Deux roches magmatiques vont jouer un rôle très important à la surface de la terre : les granites et les basaltes. Le basalte constitue le fond des océans

(croûte océanique) env. 70% de la surface du globe, tandis que le granite forme les continents (croûte continentale)

Les autres roches, comme le *gabbro* (roche d'origine ignée, de même composition minéralogique que les basaltes, mais ayant cristallisé en profondeur) ou la *rhyolite* sont nettement moins présentes que les granites et les basaltes, ces derniers pouvant toutefois couvrir des milliers de kilomètres carrés.

Voici un tableau qui permet de se représenter visuellement la classification de ces quatre roches :

| | Roche acide | Roche basique |
|---|-----------------|----------------|
| <i>Roche cristallisée en surface</i> | <i>Rhyolite</i> | <i>Basalte</i> |
| <i>Roche cristallisée en profondeur</i> | <i>Granite</i> | <i>Gabbro</i> |

Ces roches sont-elles présentes en Valais ?

Pour le granite la réponse est largement positive puisqu'il constitue des montagnes entières, par exemple dans la région d'Aletsch. Pour le basalte c'est un peu différent, il faut dire qu'il n'y a pas de volcan chez nous et les laves fraîches manquent. Une exception malgré tout, des laves accompagnées de gabbros sont visibles aux Aiguilles-Rouges d'Arolla.

1.3.4. Les roches sédimentaires

Les roches sédimentaires sont assez facilement repérables dans le paysage par le fait qu'elles sont disposées en couches. En Suisse, cette disposition en couche apparaît sur de grandes surfaces : Chaîne Jurassienne, Dents du midi, région de Saint-Maurice, Derborence,...

Au départ, les couches de roches sédimentaires sont horizontales car la plupart ont prise naissance sur le fond plat de la mer. En Valais, les plissements ont pratiquement partout modifiés la géométrie initiale et les *strates sédimentaires* (accumulation de dépôts formant différentes couches) se rencontrent dans toutes les positions possibles passant de l'horizontal à la verticale.

La connaissance de l'origine des roches sédimentaires vient de l'étude des sédiments actuels. Ainsi, nous avons pu constater que ces roches étaient formées à la surface de la terre et pouvaient provenir de différentes origines.

- *Roches biogènes* : sont dues à l'action de divers organismes comme, par exemple, l'accumulation de squelettes possédant du calcaire : algues marines, oursins, étoiles de mer, huîtres.

Ce type de roches est le plus répandu puisqu'elles se forment dans les océans qui sont de vastes étendues alors que les roches détritiques et

chimiques ont des zones de formations plus régionales qui demandent des conditions particulières.

- *Roches détritiques* : ce sont toutes les roches constituées au départ par des fragments provenant de roches plus anciennes. Les *graviers* (rivières, bord de mer,...) donnent naissance, par cimentation naturelle aux *conglomérats*, alors que le *sable* (plages, déserts,...) en se solidifiant va former des *grès* (roche souvent très dure). Cette roche est très répandue en Suisse puisqu'elle forme tout le plateau que l'on appelle bassin Molassique. Cependant, les *argiles* (constituant les fonds marins,...) restent toujours tendres et sont à l'origine des *marnes* (roche tendre, faite d'un mélange d'argile et de calcaire). Les roches présentées antérieurement sont issues de roches anciennes.
- *Roches chimiques* : sont dues à la précipitation de divers éléments (ici le terme précipitation n'est pas à utiliser de façon climatique, mais de manière chimique). En règle générale, la cause principale d'une précipitation est le réchauffement de l'eau. Par exemple en région aride l'évaporation est très forte ce qui concentre le sel jusqu'à ce qu'il précipite (il redevient solide, visible à l'œil nu). Ce processus est également valable aux abords d'une source où le calcaire précipite, cela en raison du changement de taux de CO₂, de pression et de température. Une roche réagissant à ce phénomène est le tuf calcaire.

1.3.5. Les roches métamorphiques

Les roches métamorphiques sont dues à la transformation de roches préexistantes. Quelle que soit la nature de celles-ci, cette transformation se produit sous l'influence de hautes pressions et de températures élevées.

L'effet du métamorphisme est décrit comme une transformation de la structure, par recristallisation et par modification de certains éléments.

Nous pouvons mentionner trois formes de métamorphoses. La première est due à la pression qui entraîne l'apparition de feuillets donnant à la roche une structure parallèle, appelée schistosité. C'est un critère de détermination pour de nombreuses roches métamorphiques.

La seconde modification est la recristallisation qui provoque une formation de cristaux plus grands. Les roches vont ainsi acquérir une structure à gros grains. La troisième métamorphose produit parfois des minéraux totalement nouveaux dus à un apport de substances étrangères.

Les roches métamorphiques sont des groupes de roches difficiles à saisir. Il n'existe pas de classification générale. Malgré cela, il est possible de les classer selon leur aspect et leur origine.

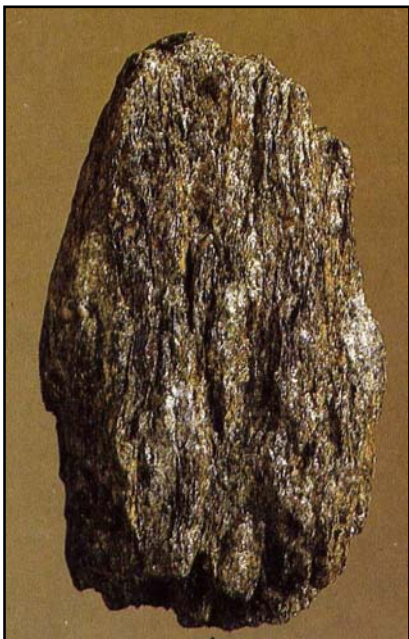
C'est pourquoi certains livres répertorient ces roches suivant leurs caractéristiques extérieures qui sont facilement reconnaissables. C'est-à-dire en gneiss, en schistes, en roches métamorphiques non schisteuses.

A la page suivante, deux illustrations présentant ces différentes classes :

Famille du gneiss :

Les gneiss ont une structure grossièrement grenue, une schistosité peu marquée à nette.

Le gneiss oillé des Grisons

Famille des schistes :

Les schistes ont une structure à grain fin, une schistosité très nette.

Le micaschiste est l'exemple parfait de la roche schisteuse. Sa structure est plus écailleuse que chez les autres variétés de schistes. Les feuilletés ont une grande taille ainsi reconnaissable à l'œil nu.

Le Micaschiste à grenat du Tessin

Le nombre de variété des schistes est très important. C'est pour cette raison que l'on se base par rapport à leurs caractéristiques, leurs minéraux (caractères chimiques) ou leurs couleurs.

Famille des roches métamorphiques non schisteuses :



Les roches appartenant à cette catégorie ont une structure massive.

Le marbre est massif et est formé, comme le calcaire, d'un seul minéral, la calcite. Le marbre est extrêmement compact en raison de la structure de ces grains.

Le marbre opicalcite du Valais

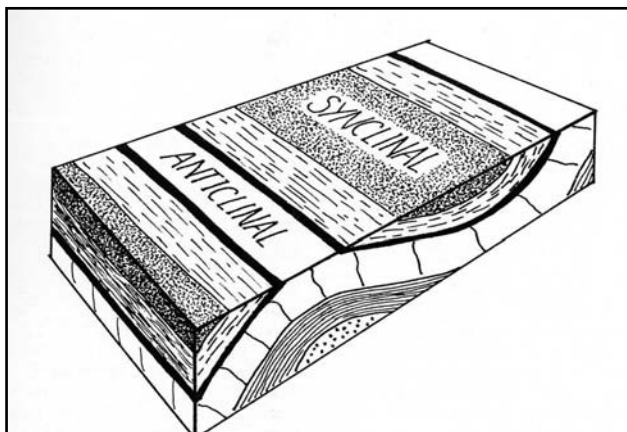
1.4 Déformations et plissements des roches

Dans un pays tel que le nôtre, aucun m² de montagne n'a échappé à la pression qui façonna la formation de la chaîne. En Valais, toutes les roches ont subi des déformations d'une intensité différente. En fait, ce qui change d'un endroit à l'autre c'est le genre de déformation.

La déformation la plus compréhensible est la *faille*, qui s'avère être le résultat d'une cassure au sein de la roche. Cette faille limite deux morceaux de roche qui se sont déplacés l'un par rapport à l'autre. Parfois, le déplacement peut être si petit qu'il n'est pratiquement pas visible. On parle dans ce cas de *diaclasses* plutôt que de failles. Les diaclasses sont donc des fissures qui sont présentes dans presque toutes les roches, sauf dans les roches friables.

Pour les plis, il y a une différence énorme entre la chaîne jurassienne où les *anticlinaux* (plis bombés vers le haut, dont le cœur est occupé par des couches anciennes) et les *synclinaux* (en forme d'auge, dont le cœur est occupé par des couches récentes) se suivent régulièrement. En revanche,

dans les Alpes ce n'est pas le cas. Ci-dessous, une petite illustration de ce que représente l'anticlinal et le synclinal :



Les plis peuvent atteindre une telle complexité qu'il devient difficile de les voir. Les contraintes ont été si violentes qu'elles ont engendré des plis très accentués, souvent très serrés, étroits et empilés les uns sur les autres.

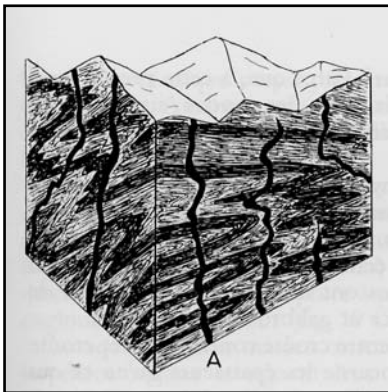
Certains plis atteignent des dimensions qui dépassent totalement notre imagination. Il existe des plis horizontaux dont les couches se sont déplacées les unes par rapport aux autres sur plusieurs dizaines de kilomètres.

Les figures ci-après représente un de ces plissements appelé *nappe* (ensemble de roches déformées et déplacées le long d'une surface de glissement sur un autre ensemble de roches).

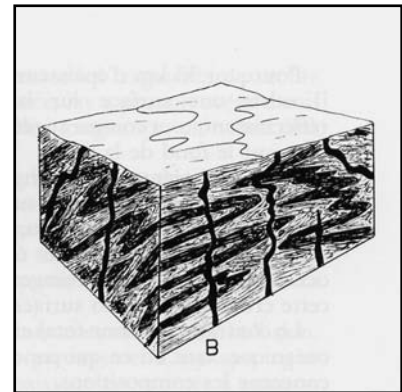
1.5 Socle et couverture

Ces notions reviennent souvent à partir du moment où l'on entreprend une vision plus approfondie d'une chaîne de montagnes. Il est donc important de les définir tout de suite.

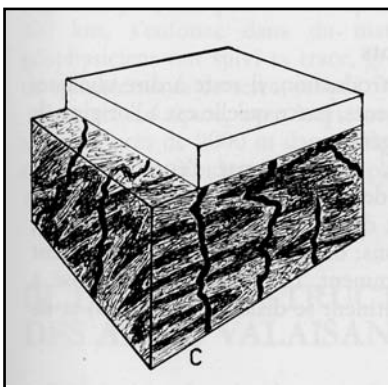
Si nous prenons l'exemple d'une chaîne de montagnes à un stade d'érosion avancée et que l'érosion poursuive son travail jusqu'à l'aplatissement complet du paysage, nous atteindrons de très vieilles chaînes que l'on appelle *socle*. Ce socle sera recouvert par une *couverture* de roches sédimentaires. C'est ainsi que d'immenses surfaces continentales ne montrent pas leur socle caché par la couverture. Voici la configuration que peut avoir un socle recouvert d'une couverture :



En fig.A une illustration d'une chaîne de montagnes avant l'érosion.



En fig.B aplatissement complet du pays



En fig.C un socle recouvert d'une couverture

2. Le cadre structural des Alpes valaisannes

Etant donné que mon travail est basé sur une région située dans les Alpes valaisannes, il me paraît important de décrire plus en détail la formation de ces lieux.

2.1 Généralités

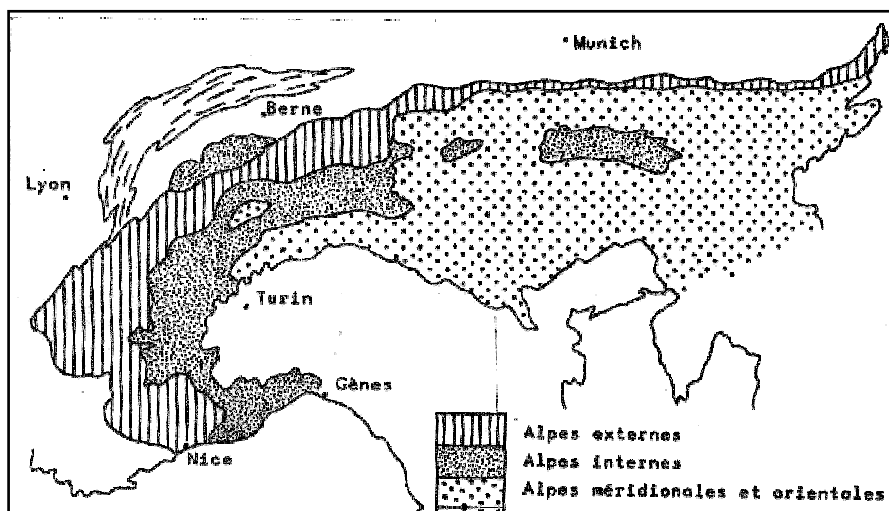
Les Alpes suisses représentent la partie la plus élevée de l'arc alpin s'étendant de Nice à Vienne. Les Alpes sont de hautes montagnes dont les reliefs sont très prononcés, inclus des vallées profondément entaillées ainsi que des chaînes et des sommets très élevés. Compte tenu des grandes différences d'altitude, l'érosion est également très intense. Les Alpes font partie du système montagneux le plus jeune de la terre. Il y a environ 66,5 millions d'années, ce système s'est mis en place dès la fin du Crétacé et au début du Tertiaire. Le plissement est sans doute encore actif de nos jours.

2.2 Le cadre des Alpes valaisannes

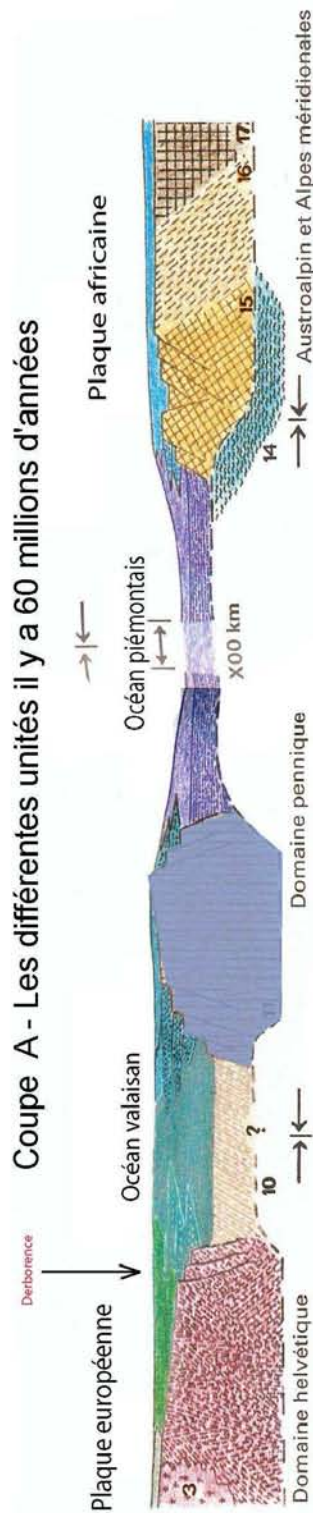
Les géologues ont classé les Alpes en trois zones bien distinctes, à savoir :

- A l'extérieur de l'arc alpin, se trouve la première zone, dite *externe*, qui présente que des déformations relativement minimales.
- A sa bordure interne se trouve la deuxième zone, dite *interne*, qui présente des déformations plus importantes.
- Encore plus au sud, l'on trouve la présence des zones dites *méridionales et orientales*. Elles ont également subi des déformations plus ou moins faibles.

Afin d'avoir une meilleure représentation de ces zones, voici ci-dessous une carte illustrative avec différentes unités :

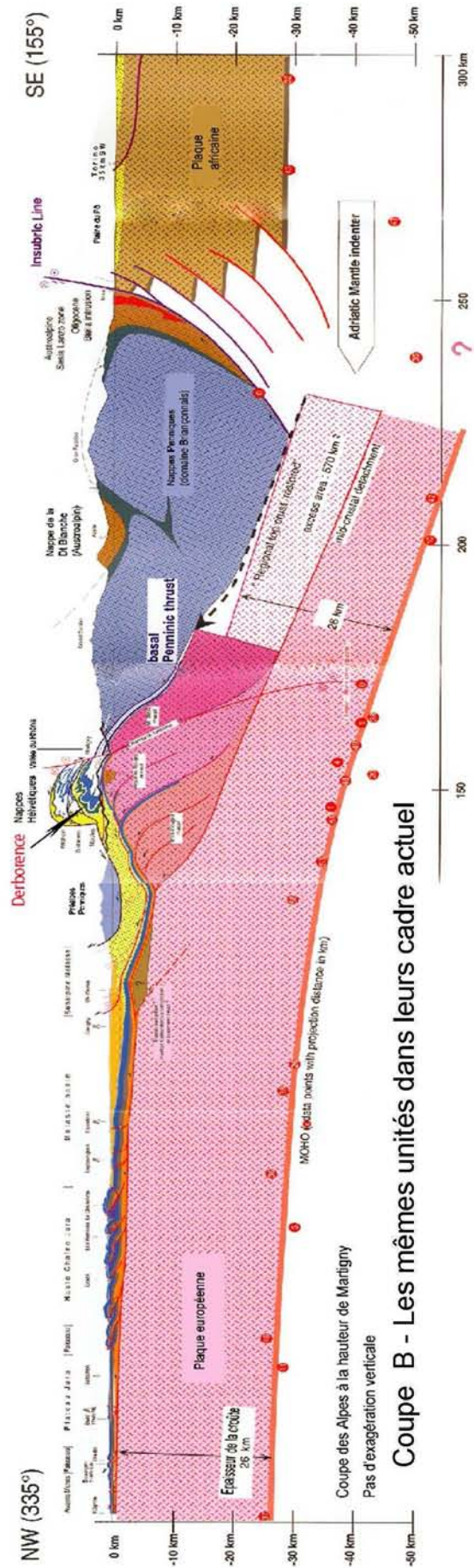


Représentation des unités principales de la chaîne alpine.



Les deux coupes présente les même unités, sur la première les structures sont encore respectées. En partant depuis le bas ; les couches vont des plus anciennes aux plus récentes.

La figure B présente le cadre actuel des unités de la coupe A, après les mouvements de tectonique des plaques (voire chapitre). On peut également voire que la plaque européenne plonge sous le continent africain (austroalpin).



Coupe B - Les mêmes unités dans leurs cadre actuel

En Valais les places occupées par ces différentes zones sont nommées de manières différentes. De plus, pour une représentation visuelle de ces différentes zones, il est possible de se référer au schéma ci-dessus.

- Chez nous, la zone externe s'appelle *zone helvétique*. Elle s'étend de la rive nord du Rhône jusque bien au-delà de la frontière bernoise. De grandes quantités de calcaires et de marnes s'y sont déposées durant l'ère secondaire, jusqu'au début de tertiaire. Ce terme est également utilisé pour désigner des *nappes helvétiques* qui correspondent à l'ensemble des couches sédimentaires qui ont été plissées et déplacées. La plus célèbre et la plus spectaculaire d'entre elle est la nappe de Morcles (j'en parlerai plus longuement dans la suite de mon travail).
- La zone interne, dite chez nous *domaine pennique*, s'étale au sud du Rhône et se dirige vers l'Italie.
- La zone orientale se nomme *domaine austroalpin*. Chez nous, cet austroalpin est isolé mais a son importance puisque, les grands sommets y sont sculptés. La nappe de la Dent Blanche, par exemple, est une des nappes austroalpines.

Derborence

Mt à Perron (2667m)

Vallée du Rhône



Sur cette vue aérienne, on voit les couches sédimentaires de la plaque européenne plonger vers le sud. Le pendage général des nappes helvétiques montrent clairement quelles plongent sous l'ensemble des nappes penniques, dont la limite nord est marquée par la vallée du Rhône.

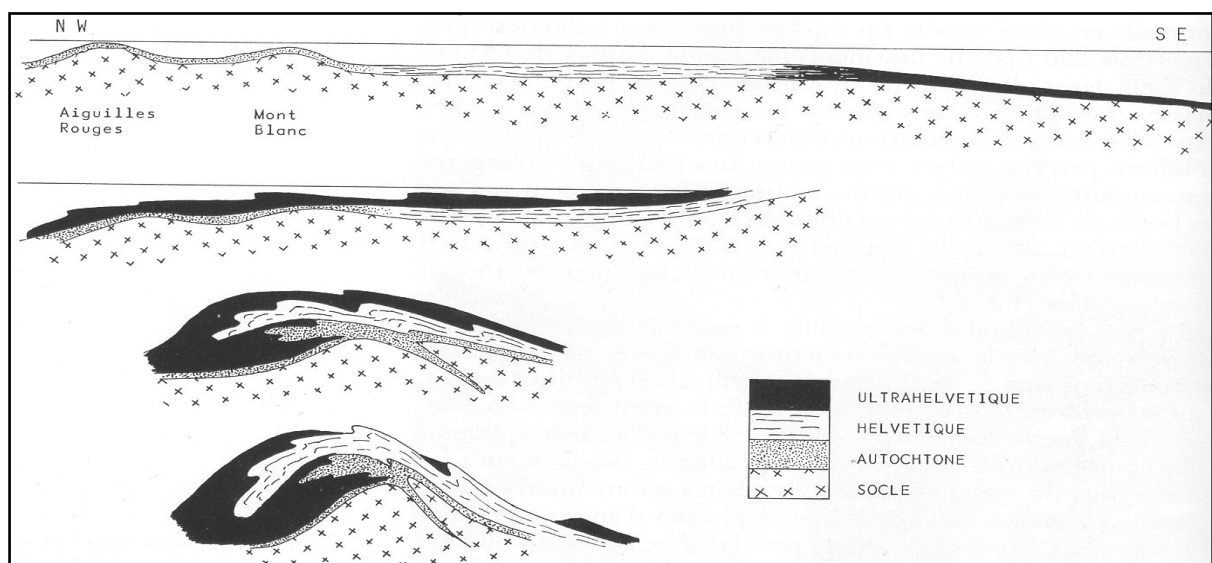
Derborence étant situé dans la zone helvétique, il est donc important de donner des informations supplémentaires à son sujet.

2.3 L'Helvétique

Du point de vue des plissements, la zone Helvétique se caractérise par un fort contraste entre le socle et sa couverture. Le socle rigide a bien résisté aux contraintes alpines. En revanche, la couverture plus souple soumise aux mêmes contraintes s'est plissée violemment. Cela peut être comparé à un tapis qui glisse sur un plancher.

C'est en se référant au schéma ci-dessous, que l'on peut faire les commentaires suivants : au cours du Secondaire et Tertiaire (figure A) des sédiments se déposèrent dans une mer qui s'étendait du nord-ouest vers le sud-est. Au nord et nord-est, une première partie très peu profonde a été déterminée pouvant parfois être au-dessus de l'eau. L'on appela ce phénomène *Autochtone*, car l'ensemble restait solidaire de son socle. Plus au sud, était disposé le bassin des nappes *Helvétiques* où se déposaient surtout des calcaires qui témoignent également une mer peu profonde. Encore plus au sud, un bassin plus profond était le lieu d'une sédimentation exclusivement marneuse, portant le nom de *l'Ultrahelvétique*.

C'est au Tertiaire (figure B, C et D), lors des plissements, que le contenu du bassin Ultrahelvétique vint glisser dans le bassin Helvétique et Autochtone. Il mit ainsi un terme à la sédimentation. Dans un deuxième temps, l'Autochtone et l'Helvétique subissant des déformations, entraînent l'Ultrahelvétique dans leur plis. Provoquant une courbure générale de tout l'édifice. Voilà comment l'Ultrahelvétique se trouve actuellement en arrière, au-dessous, au-devant et au-dessus de l'Helvétique.

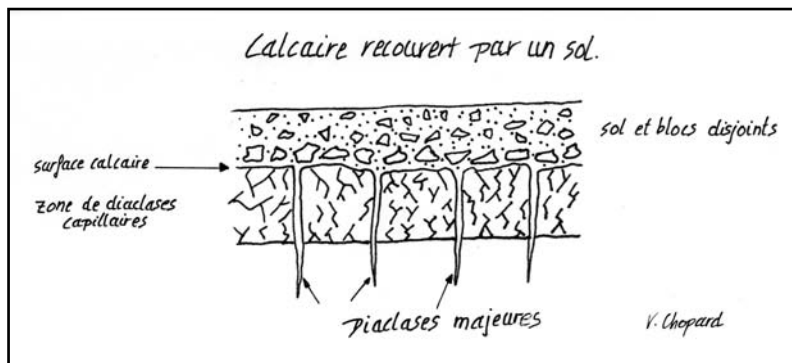


3. La formation des cavernes

L'eau est le principal agent de l'érosion des calcaires. Les précipitations (pluie et neige) qui s'abattent sur les massifs constituent un *arrosage corrosif* qui dissout ces derniers. Le calcaire est donc soluble à l'eau.

L'eau pénètre ensuite dans les fissures ou diaclases qui s'ouvrent dans les terrains sédimentaires et entame le processus de creusement par dissolution. La fracturation est propice à la formation des cavernes. Ce sont les mouvements de compression et d'étirement des calcaires qui ont contribué à les fissurer. Les fissures ainsi ouvertes peuvent être de toutes dimensions. Depuis quelques centimètres de long et quelques millimètres de large, à plusieurs mètres de long et de large. Malheureusement, la plupart de ces fissures sont de petites dimensions, donc impénétrables.

Examinons ce qui se passe à la surface du sol dans les régions calcaires. En général, le sol est recouvert d'une épaisseur plus ou moins grande de terre végétale. La dissolution de surface est très active et les premiers bancs de

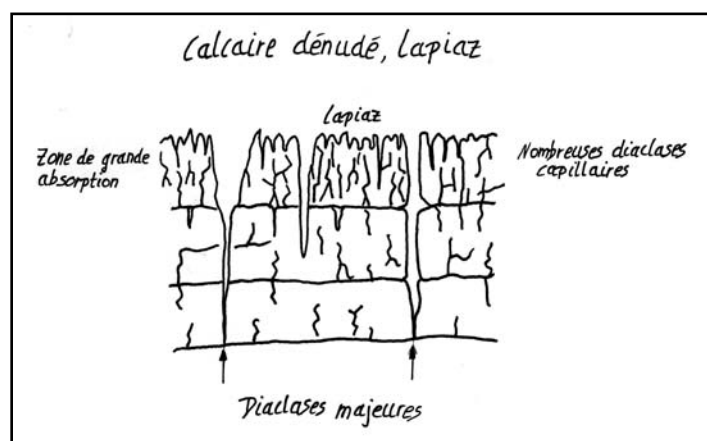


calcaires sont découpés en blocs. Puis, dans les bancs suivants, apparaissent les diaclases nombreuses en surface mais qui diminuent en profondeur.

En voici une illustration

Le terme *diaclases capillaires* inscrit dans l'illustration ci-dessus, signifie que les diaclases sont de petites dimensions et qu'elles n'affectent que le ou les premiers bancs à partir de la surface. Tandis que les *diaclases majeures* traversent plusieurs bancs. Ce sont celles-ci qui, sous l'effet de l'érosion, pourraient être susceptibles de devenir pénétrables.

Les diaclases permettent la pénétration des eaux de surface (ex: les précipitations, les ruissellements) dans les sous-sols. Lorsque ce sont les diaclases majeures qui collectent l'eau, l'écoulement y est en général très rapide. Toutefois, dans les massifs où l'absorption de l'eau se fait par des diaclases très petites l'écoulement est beaucoup plus lent.



En conclusion, le rôle des diaclases, qu'elles soient petites ou grandes, est de diriger en profondeur les eaux qui arrivent sur le calcaire. Ces diaclases sont par conséquent le commencement des phénomènes d'érosion du calcaire et les réseaux de diaclases permettent l'organisation des réseaux souterrains.

3.1 Le karst

A l'origine, le mot <<karst>> désigne une région de Slovénie située entre Trieste et Ljubljana. Etant donné le caractère exemplaire de ses formes souterraines et superficielles, cette région a été prise comme "modèle" de référence pour les reliefs karstiques. Ainsi, le mot karst a été conservé pour désigner tous les reliefs calcaires érodés par l'infiltration des eaux.

Le karst est un endroit où les phénomènes des calcaires sont très spectaculaires (grottes, gouffres et rivières souterraines). On désigne aussi sous le nom de *phénomènes karstiques* les actions qui se produisent dans les calcaires et *karstification* les faits qui modifient le relief calcaire.

Il faut des conditions naturelles bien précises pour qu'il y ait la formation d'un paysage karstique. Premièrement, il faut une roche soluble à l'eau. Le plus souvent ce sont des roches comme les calcaires ou les dolomites. D'ailleurs, les massifs calcaires sont habituellement caractérisés par l'absence de cours d'eau en surface. La deuxième condition est la présence de l'eau. C'est elle qui va creuser la roche et emporter les particules dissoutes. Troisièmement, il faut un relief pour que l'eau puisse facilement s'écouler. Pour terminer, il faut du temps, car ces phénomènes sont très lents.

Les plus beaux karsts se développent dans des calcaires purs comprenant plus de 95% de carbonate de calcium. En réalité, c'est la teneur en élément insoluble des roches calcaires qui va déterminer le développement du karst. Plus un calcaire contient des argiles (marnes) moins il sera propice à la karstification, puisqu'elles provoqueront un colmatage des fissures ainsi que des cavités.



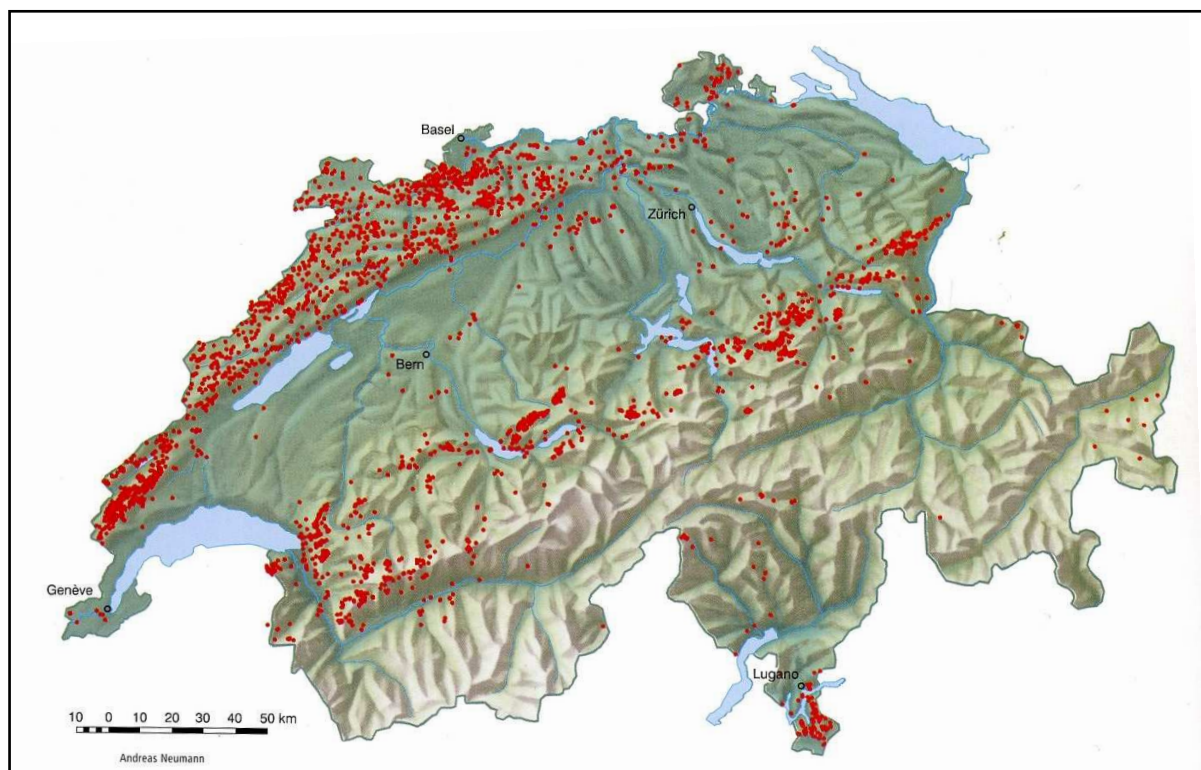
GT11 karst découvert en 1999, Derborence

Les massifs calcaires reçoivent, suivant le climat et la situation géographique, une certaine quantité d'eau par mètre carré. A part un faible parti d'eau qui s'évapore, celle-ci disparaît dans les sous-sols. Comme nous l'avons déjà vu, les diaclases ont un rôle extrêmement important dans l'absorption de l'eau qui provoque la dissolution des calcaires et, par conséquent, une évolution du relief karstique.

Dans diverses régions le calcaire reste à nu. Les effets de dissolution se font directement dans les fissures et il se forme alors des lapiaz ou lapiés.

Avant d'expliquer plus en détail ce que représente les lapiaz, voici une carte où sont représentées les quelques 8000 entrées des cavités connues

actuellement en Suisse, plus quelques chiffres servant de complément d'information :



Les régions karstifiables figurant sur la carte couvrent une surface d'environ 7'900 km², soit 19% du territoire Suisse, dont 2'700 km² dans le Jura et pratiquement tout le reste des 5'200 km² dans les Alpes. A ce jour, l'inventaire des cavités suisses est de plus de 8000 entrées et 1'400 kilomètres de galeries explorées dans les différentes régions karstifiables.

3.2 Les lapiazs

Ce sont des dalles de calcaire subhorizontales (en pente) fracturées où l'eau ruisselle et agrandi peu à peu les fissures. Celles-ci s'élargissent formant des crevasses qui peuvent atteindre une profondeur de quelques mètres. Entre les fissures l'eau ruisselle sur les dalles et creuse des rigoles ou cannelures. Suivant la nature du calcaire et la pente du lapiaz ces dernières formeront de petits méandres sinueux (faible pente) ou alors des rigoles parallèles étroites et profondes (forte pente), séparées par des arrêtes tranchantes.

Ce phénomène se passe essentiellement dans des régions où la roche est dénudée. Dans les sites où les sols sont recouverts de végétation, les lapiaz sont peu fréquents ou alors invisibles sans décapage de la terre végétale

A noter que dans la chaîne jurassienne, plusieurs centaines de kilomètres carrés sont formés de lapiaz. Bien que ceux-ci soient recouverts de terre végétales, l'on aperçoit par endroit des dolines ou emposieus (dépression à la surface du terrain) qui témoignent de l'existence d'une activité souterraine importante. Les phénomènes karstiques sont généralement positionnés sur le



tracé d'une faille majeure ou au dessus d'un important vide karstique. Les lapiazs sont donc favorables à la présence de gouffres et de grottes.

Ci-contre les cannelures du lapiaz rencontre une faille, ici l'entrée d'un gouffre de 50m de profondeur.

Ces deux termes amènent à un chapitre inévitable dans un travail comme celui-là, qui s'intitule :

3.3 Les réseaux karstiques – relief souterrain

Afin que la suite de mon travail soit le plus compréhensible possible, il me paraît important de signaler la différence qu'il y a entre *gouffre et grotte*, en donnant également quelques informations à leurs propos.

Les gouffres, les grottes, mais aussi les pertes des cours d'eau de surface et les sources, sont classés dans une catégorie appelée : les formes karstiques souterraines.

Les gouffres sont des cavités à dominante verticale, le plus souvent constitués de puits et de méandres. Les puits et les méandres ont été creusés par l'eau lors de son cheminement vers la source, généralement située beaucoup plus bas. On appelle *puits* les conduits souterrains descendant verticalement, tandis que les *méandres*, souvent à faible pente, peuvent être comparés avec les canyons de surface. Les méandres sont très souvent sinueux et possèdent une morphologie de creusement sur la hauteur, c'est à dire qu'ils sont ordinairement plus haut que large. Le méandre vu en plan (depuis le dessus), sur une topographie, est caractérisé par un parcours parsemé de courbures.

Les grottes ont un développement de dominante horizontale et, tout comme les gouffres, elles peuvent être constituées par des méandres et quelques puits.

La différence majeure qu'il y a entre ces deux notions est essentiellement la configuration verticale ou horizontale des cavités.

Il est très fréquent de lire dans des fascicules concernant les karsts : la notion de galeries *actives* ou *fossiles*.

Ces termes sont importants puisqu'ils indiquent si l'eau pénètre dans les cavités soit toute l'année, en cas de pluie, ou encore lors de fontes des neiges.

On appelle *galeries fossiles* toute partie de grotte délaissée par l'eau. Et *galeries actives* une partie de grotte parcourue par l'eau. Celles-ci sont sillonnées par des rivières souterraines qui sortent à la source. En cas de

crue, le niveau de l'eau va augmenter et va accroître le débit d'eau à la source de plusieurs litres.

Il arrive, qu'après plusieurs années de recherche sur une zone karstique, l'on puisse effectuer des jonctions entre différentes cavités. Cet ensemble est alors désigné par réseau karstique. Ce terme désigne l'ensemble des galeries, fissures et petits conduits qui absorbent les eaux. Ceux-ci les feront circuler à travers les calcaires jusqu'aux sources. Le réseau karstique peut avoir des dimensions extrêmement variées, souvent étendu avec des limites parfois difficiles à préciser. Cependant, il peut arriver que nous connaissions l'existence d'un réseau karstique, grâce aux informations géologiques, sans pour autant pouvoir l'atteindre. Les raisons sont multiples :

- Cavités se terminant sur des failles, ne laissant passer que des filets d'eau.
- Affaissement de la voûte souvent du au milieu ou à des accidents géologiques.
- Comblement de la galerie par des sédiments (argiles, sables, roches).
- Galeries noyées (siphon) où seuls les plongeurs ont la possibilité de poursuivre l'exploration.

Pour caractériser un réseau karstique, plusieurs définitions sont évoquées. On distingue généralement trois zones à l'intérieur du karst :

1. la zone d'absorption ou d'infiltration (appelée également *épikarst*)
2. la zone d'écoulement libre
3. la zone d'écoulement horizontal

3.4 La zone d'absorption ou d'infiltration

L'épaisseur de cette zone ne dépasse généralement pas quelques mètres. Cette zone superficielle est utilisée par les eaux de ruissellement pour pénétrer dans les réseaux karstiques. C'est donc à ce niveau que va se jouer (ou non) la formation des réseaux. Car les sols qui recouvrent parfois les massifs calcaires colmatent les fissures, envahissent les lapiazs et favorisent la formation de végétaux. A leur tour ils attaqueront les lapiazs qui seront disloqués par l'action des racines, se colmateront et ne joueront plus leur rôle de collecteur des eaux.

3.5 La zone d'écoulement libre

C'est la zone de calcaire à travers laquelle s'organise le cheminement du réseau karstique. L'épaisseur de cette zone est conditionnée par la position des couches imperméables. Par exemple, dans le Jura c'est le Jurassique (Malm) qui constitue la zone d'écoulement, toutefois limitée en profondeur par une couche imperméable marno-calcaire (Oxfordien). Dans les Alpes calcaires, c'est l'Urgonien qui constitue la zone d'écoulement, limitée en profondeur par l'haute-rivien marneux.

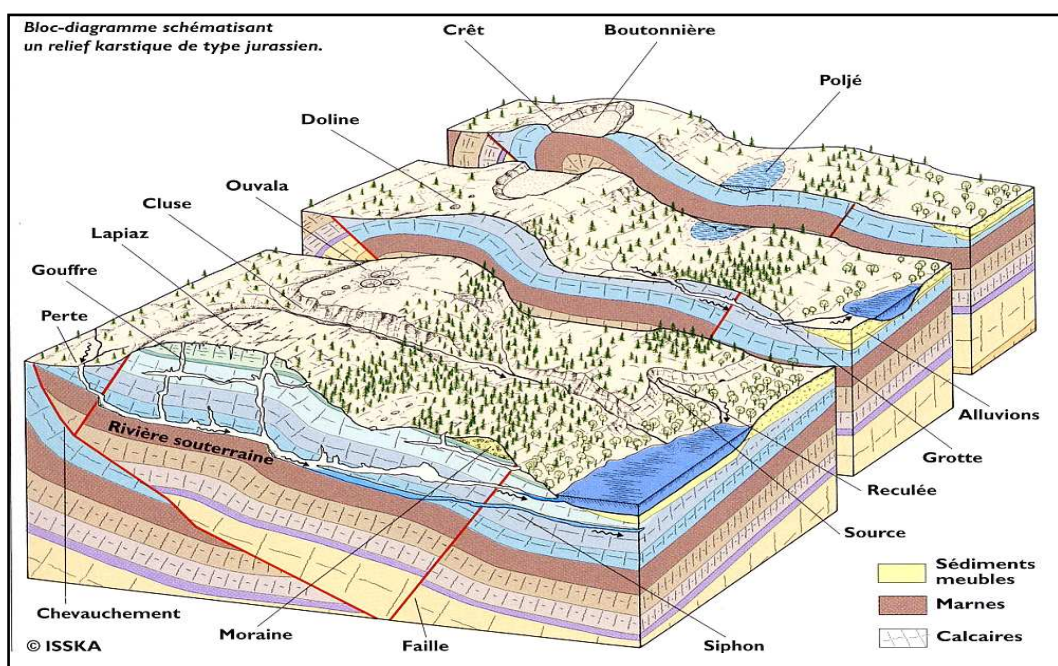
L'écoulement libre peut se faire de deux manières. La première est de passer par des réseaux de fissures de dimensions très petites, mais très nombreuses => réseaux de fentes. Dans ces réseaux l'eau s'écoule lentement et de ce fait l'érosion sera très active dans la zone proche de la surface et diminuera en profondeur. L'élargissement des fentes est très lent dès la surface et le devient davantage en profondeur. Ceci ne favorise pas le développement de réseaux pénétrables. La deuxième possibilité est que l'écoulement s'effectue par des conduits bien individualisés qui collectent les eaux en un drainage important. Les diaclases majeures seront rapidement élargies et deviendront de grands puits favorisant la formation de réseaux karstiques (cercle traitillé rouge sur le diagramme).

3.6 La zone d'écoulement horizontale

La position de la zone d'écoulement est toujours due à la présence de couches plus ou moins imperméables et relativement épaisses pouvant empêcher la continuité du creusement en profondeur (cercle traitillé noire sur le diagramme).

Il arrive fréquemment que l'eau transite par un collecteur sur plusieurs centaines de mètres avant de rencontrer une faille majeure pouvant lui permettre de passer à un niveau inférieur. Ce schéma peut se répéter expliquant ainsi le passage de l'eau à travers les étages géologiques. Les couches imperméables sont le plus souvent constituées par des marnes ou des marno-calcaires.

Ce contexte permet le développement du réseau en escalier jusqu'aux sources appelées aussi exutoire. Tout au long du parcours souterrain des affluents peuvent s'ajouter au drain principal à la manière des rivières de surface. La nature du terrain influence donc énormément l'extension du réseau karstique.



3.7 Les karsts alpins

Dans les alpes l'intensité du plissement a été très forte et a souvent provoqué des faisceaux de plis très serrés ; les pli-failles sont très nombreux et les plissements sont fréquemment dysharmoniques. En raison de l'altitude et du climat, les plis sont démantelés par l'érosion et on peut observer une inversion très marquée du relief. Le résultat est la formation de vallées sur les axes anticlinaux et les synclinaux semblent suspendus sur les hauteurs.

Les karsts alpins sont souvent caractérisés par des structures en nappe.

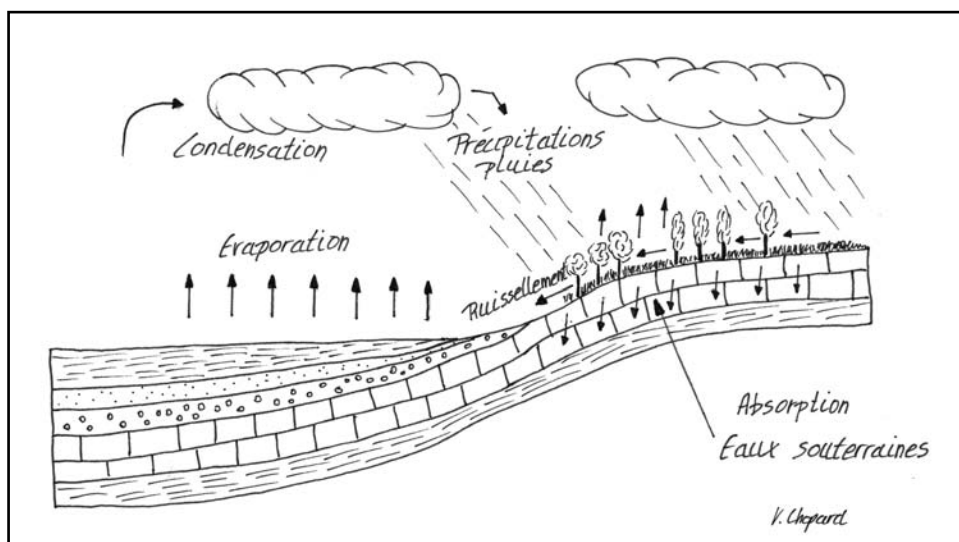
Le fait de traiter le sujet de la présence et de la circulation des eaux souterraines nous amène à une étude à part entière dont il est important de connaître quelques notions dans un travail comme celui-ci : l'hydrogéologie.

4. L'hydrogéologie

L'hydrogéologie fait partie de l'hydrologie qui est le terme général désignant la science des eaux dans leur rapport avec la terre. On peut définir l'hydrogéologie comme la science de l'eau souterraine. Elle porte sur la connaissance de la circulation des eaux souterraines, des conditions géologiques et hydrogéologiques qui amènent, à l'origine, la présence des mouvements des eaux souterraines.

4.1 Le cycle de l'eau

Ce sont le soleil et la gravité terrestre qui constituent les sources d'énergie nécessaires à tous les déplacements de l'eau. La chaleur solaire transforme l'eau en vapeur, tant sur les océans qu'à la surface de la terre. Ce phénomène s'appelle l'évaporation. L'eau est transformée en vapeur, se condense dans l'atmosphère, constituant les nuages, qui, eux-mêmes, engendrent les précipitations sous diverses formes avant de retomber sur le globe par gravité. Lors de son retour, une part des précipitations est immédiatement reprise par l'évaporation tandis que la grande partie constitue l'écoulement.



Cet écoulement se divise lui même en deux parties :

1. *l'écoulement de surface* : réseau hydrographique, cours d'eau, lacs, mers.
2. *l'écoulement souterrain* : circulation souterraine.

Après un temps et un parcours plus ou moins long, les eaux souterraines rejoignent les eaux de surface et le cycle de l'eau ainsi achevé peut recommencer. Les écoulements de surface sont rapides. On les compte en heures et en jours, tandis que les écoulements souterrains sont beaucoup plus lent, plus complexes et dépendants des conditions géologiques, géographiques et climatiques qui sont extrêmement variables. L'unité de temps passe de quelques jours à quelques années.

4.2 Les eaux souterraines

Voici quelques chiffres qui représentent l'importance de ces eaux en Suisse. En tenant compte des captages, environ 80% de l'eau potable provient du sous-sol de notre pays. Sur ces 80%, 48% sont utilisés sans traitement et 41% après une seule étape de traitement. Seul 10% de l'eau potable provenant du sous-sol a besoin d'un traitement en plusieurs étapes pour pouvoir être consommable. C'est en particulier le cas de certaines eaux karstiques.

Les eaux souterraines ont longtemps été considérées comme un réservoir inaccessible, isolé de la surface. Il a fallu attendre qu'elles soient victimes de pollution pour que l'on remarque qu'elles avaient un lien avec la surface.

Le renouvellement des eaux souterraines est assuré par l'infiltration des eaux de pluie. Cependant, les activités humaines affectent le renouvellement naturel des eaux souterraines, tout particulièrement dans des zones à forte densité. Ce sont les substances toxiques qui en sont les conséquences. Elles atteignent les eaux souterraines provoquant des pollutions sous-estimées par un grand nombre d'individus. En voici les facteurs principaux :

- L'agriculture : les engrais, les pesticides,...
- L'industrie : les décharges, les produits chimiques,...
- Les transports : les écoulements des routes,...

4.3 Situation de l'eau dans le sous-sol

Ce sont les conditions géologiques qui agissent sur la circulation des eaux souterraines. Les matériaux qui constituent le sous-sol présentent diverses caractéristiques qui influencent la vitesse de circulation des eaux vers leurs sources. Dans les terrains sédimentaires, les coupes verticales (vue de côté) présentent des couches très différentes les unes des autres. Parmi ces couches, certaines sont dites : *couches perméables*, d'autres au contraire sont dites : *couches imperméables*. Les couches perméables constituent les *aquifères*, c'est-à-dire les couches dans lesquelles l'eau peut circuler et s'accumuler. L'aquifère est donc constitué par une "roche réservoir" (fissures des roches) et par l'eau en mouvement (nappe d'eau). Pour simplifier :

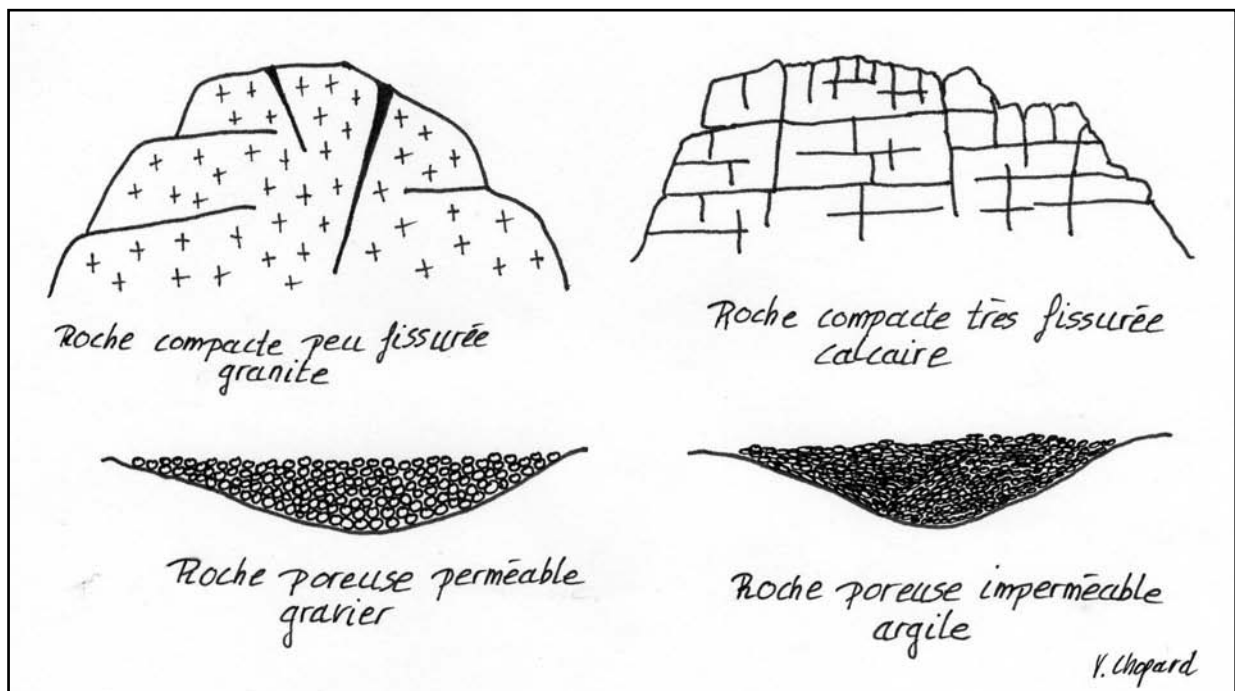
aquifère (terrain contenant de l'eau) et *nappe* (eau souterraine contenue dans l'aquifère).

Les roches sont constituées de grains très fins (argiles). La résistance à l'écoulement est grande, ce qui rend la roche imperméable à l'eau.

Toutefois dans les roches fissurées, en particulier dans les calcaires, la perméabilité varie en fonction de la répartition des vides et des fissures. A partir de là on peut considérer quatre catégories de roches par rapport à leur comportement vis-à-vis des eaux souterraines.

1. *roches compactes très peu fissurées* : roches métamorphiques, roches ignées
2. *roches compactes très fissurées* : calcaires à fissures nombreuses et agrandies par l'effet de la karstification.
3. *roches poreuses perméables* : sables, graviers entre lesquels l'eau peut s'accumuler et circuler.
4. *roches poreuses imperméables* : argiles, roches constituées par des grains très fins entre lesquels l'eau ne peut pas circuler. Les argiles représentent les meilleurs exemples de roches imperméables.

En voici une brève représentation :

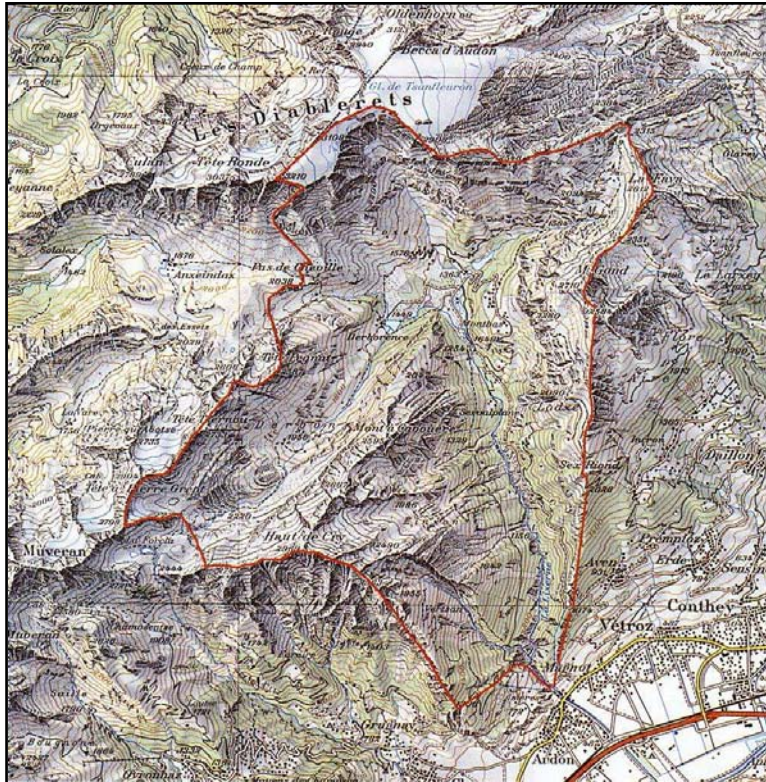


Beaucoup d'éléments et de notions abordés dans ce chapitre peuvent être mieux compris en se référant au diagramme de la page 22.

5. Présentation de Derborence : site étudié

5.1 Cadre géographique

Derborence est situé en Valais, sur le flanc nord-ouest de la vallée du Rhône non loin de la ville de Conthey. On y accède en remontant la vallée de la Lizerne par une petite route (env. 15km) qui relie Conthey au cirque de Derborence.



La région étudiée est délimitée au nord par le massif des Diablerets culminant à 3210m, au sud par le Haut de Cry (2969m), à l'est par la vallée de la Lizerne et à l'ouest par la crête qui relie le Pas de Cheville à la Tête à Pierre Grept (2904m). Elle comprend également la vallée de Dorbon et le cirque d'Einzon.

Carte au 1 :100'000
En rouge la limite du bassin d'alimentation de la Lizerne

5.2 Un site d'exception

Grâce à son éloignement, Derborence a été protégé de la colonisation de l'homme. Vu son emplacement et de part les difficultés du terrain, (manque de chemins et de sentiers en dehors des accès de base), les atteintes aux paysages sont pratiquement insignifiantes. Nous le savons bien, personne ne s'écarte volontiers des chemins battus.

Par conséquent, cette région a pu être préservée des atteintes de l'homme. En effet, l'on y découvre de nombreuses espèces de végétaux rares. Notamment, une forêt de sapins blancs et d'épicéas restée pratiquement vierge, à proximité du Lac de Derborence.

De plus cette région est classée comme réserve naturelle ce qui permet d'observer une faune diversifiée comme le bouquetin, la marmotte, le chevreuil, le cerf, l'aigle, le tétra-lyre.

Derborence est donc une région où les paysages sont restés pratiquement intacts.

C'est pour cette raison qu'en 1969 le Département fédéral de l'intérieur a demandé d'étudier la possibilité de créer un *parc naturel fédéral supplémentaire en Suisse romande*. Aujourd'hui cette initiative est toujours en discussions. Malgré cela, en 1997 la vallée a été inscrite dans *l'inventaire fédéral des paysages et sites naturels d'importance nationale*. Ceux-ci doivent en principe être conservés intacts !

Un dernier point me semble important à mentionner. En effet Derborence n'a été accessible aux véhicules qu'à partir de 1960. De plus la route est fermée en hiver ce qui permet à la vallée de rester à l'écart de tout type de tourisme. Cependant, durant la bonne saison les alentours du Lac de Derborence ainsi que les sentiers de randonnées (*Tour des Muverans*) sont régulièrement fréquentés. Les passages dans ce secteur amènent en particulier le problème des déchets, ce qui demande une surveillance plus régulière.

5.3 Mythes et légendes en relation aux éboulements des Diablerets

Aujourd'hui, nous savons que deux grands éboulements ont modifié les paysages de Derborence. Il s'agit des éboulements du 23 septembre 1714 et de 1749 (le jour de l'événement est méconnu). Le célèbre écrivain Suisse, C-F. Ramuz s'est inspiré de ces événements pour en écrire un roman intitulé <<Derborence>>.

A cette époque la population ne connaissait que très peu les phénomènes naturels. Lors d'un malheur, elle soupçonnait aussitôt les mauvais esprits. De plus la montagne était pour elle, le refuge du diable où il avait été refoulé. Il hantait la montagne ce qui la rendait menaçante et dangereuse.

Pour les autochtones de l'époque, cette région était habitée par des démons, des damnés et par le diable tout puissant. D'ailleurs les montagnards ont désignés des lieux-dits dans la vallée par des noms en relation avec ces croyances, comme les Diablerets, Tête d'enfer, Quille du Diable (appelée aujourd'hui Tour Saint-Martin).

La légende raconte que la Quille du Diable servait de but ou de quille lorsque les démons jouaient aux palets. Il arrivait parfois que le palet n'atteigne pas son but et dégringole sur Derborence. On associait cette histoire aux fréquentes chutes de pierres provenant des Diablerets.

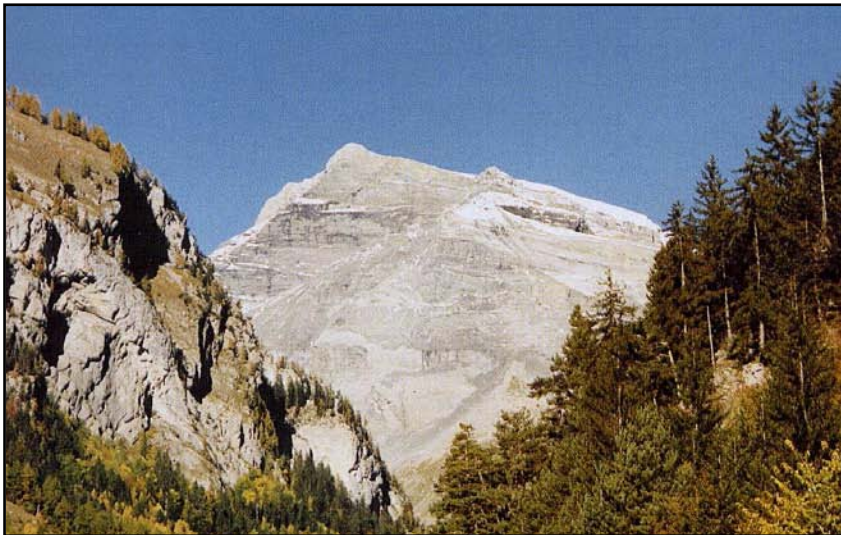
Ils prétendaient encore que ces esprits erraient la nuit avec de petites lumières dans les pâturages et les forêts. Ceux-ci descendaient jusqu'au village d'Aven et d'Ardon en gémissant. Les villageois affirmèrent avoir vu les lumières avant et pendant l'éboulement de 1714. Avant la catastrophe, on aurait entendu des bruits provenant des entrailles des Diablerets. Un curé fut même désigné pour exorciser la montagne afin de préserver les villages des malheurs.

L'éboulement fini par se déverser du côté du Valais en provoquant de nombreux dégâts. Il a enseveli des chalets ainsi que du bétail et dévié quatre torrents.

L'effondrement a recouvert toute la plaine entre Derborence et Godey, ce qui a barré la Derbonne et créé ainsi le Lac de Derborence. Le flot d'éboulis fut ensuite déversé jusque dans une étroite vallée.

De cet incident une histoire reste ancrée dans l'esprit de la population du village d'Aven. Il s'agit d'un rescapé d'une mort certaine, enseveli sous les éboulis. Cet homme a fait réapparition au village trois mois après l'éboulement et serait frayé une sortie de sa prison souterraine. Nous ne connaissons pas les sources exactes de cette histoire, cependant cet épisode c'est transmis de génération en génération.

Depuis ces deux grands événements, d'autres chutes de pierre moins spectaculaires se sont produites. Et aujourd'hui encore, il n'est pas rare d'entendre de petits éboulements.



*Ci-dessus, la sortie de la vallée de la Lizerne avant le cirque de Derborence.
Ci-dessous, la parois sud des Diablerets qui a causée les effondrements.*



Partie Personnelle

6. Introduction

Pratiquant la spéléologie depuis mon enfance, j'ai toujours parcouru les cavités sans connaître l'approche scientifique qu'il peut y avoir à leur sujet. Il ne m'en fallait donc pas plus pour proposer le thème de la découverte de la géologie et de l'hydrogéologie comme travail de Diplôme. Cette démarche me donna la possibilité d'apprendre et de comprendre plus en détail les facteurs influençant la formation de karsts.

Compte tenu du fait que ces sciences m'étaient presque totalement méconnues, j'ai participé à des cours et assisté à des conférences afin de mieux me préparer à l'apprentissage de ces branches. De plus, il fut nécessaire que je m'informe vers des personnes compétentes dans le but de présenter un travail cohérent.

Pour ce dossier, je me suis tout particulièrement intéressée à un site encore peu fréquenté présentant un potentiel karstique assez important et une histoire géologique très riche. Cette région se trouve à Derborence en Valais. Mon lieu d'étude se situe sur une zone appelée la Chaux d'Einzon.

J'espère que le lecteur ou la lectrice prenant le temps de me lire découvrira avec plaisir une multitude d'informations relatives aux karsts en général. Peut-être que cette démarche créera l'envie de mieux connaître le monde fascinant du souterrain et de tout ce qui s'y rattache !

"Bon voyage" dans le monde des ténèbres !

7. Préambule

Les explorations spéléologiques à Derborence ont commencé durant l'année 1964 sur le massif du Mt. à Cavouère. Les spéléologues de l'époque découvrirent rapidement un gouffre de plus de 200m de profondeur, atteignant un développement d'environ 700m. Ultérieurement, dans une région se situant plus au nord (Vallée de Dorbon), un second gouffre (-170m/640m) fut répertorié dans l'inventaire des gouffres de Derborence.

Durant 30 ans plus d'une centaine de cavités d'importances diverses furent explorées et répertoriées. A l'heure actuelle l'on dénombre plus de 4km de conduits souterrains topographiés.

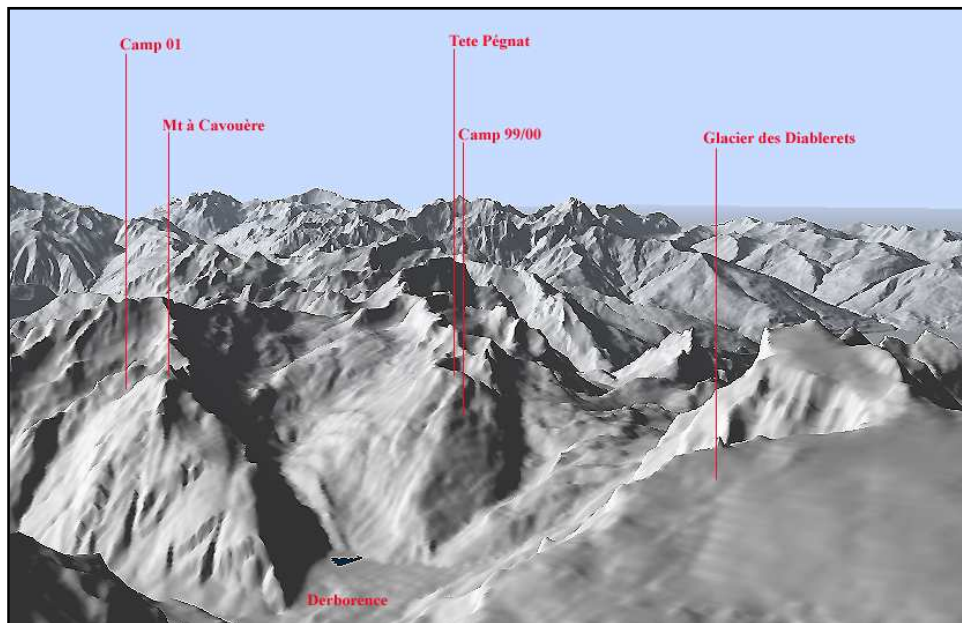
Le secteur de la Chaux d'Einzon (mon lieu d'étude) fut parcouru par des spéléos depuis les années 1990. Cependant, ce n'est qu'au courant de l'automne 2000 que l'on commença à s'y intéresser plus en détail.

L'intérêt pour cet endroit a tout de suite été très marqué. Il faut dire que du point de vue géologique, ce secteur est très intéressant (voir développement dans le chapitre suivant). Lors d'une exploration plus approfondie de la zone, un premier camp spéléologique d'une semaine (été 2001) a été organisé. Une

dizaine de spéléologues suisses y participèrent. Un nombre important de gouffres fut découvert d'où, l'intérêt d'un second camp. Cette seconde expédition, également d'une semaine, a été organisée durant l'été 2002 et regroupa des spéléos suisses et belges.

C'est durant cette période que commença pour moi le début de l'étude générale de ce secteur dans le cadre de mon travail de diplôme.

Pour réaliser un tel travail, j'ai pu compter sur de nombreuses personnes. Tout particulièrement celle de Jérôme Perrin Docteur en hydrogéologie et d'Eric Weber étudiant en quatrième année de géologie. Grâce à cet encadrement, j'ai pu, dans la mesure de mes possibilités, apprendre à connaître plus en détail les mystères de ces lieux. La suite de ce travail présentera les observations et expériences faites sur le territoire de la Chaux d'Einzon.



8. Situation géographique

La Chaux d'Einzon se situe sur le flanc nord de la vallée du Rhône à une altitude comprise entre 2200m et 2667m. Le meilleur moyen pour s'y rendre est d'emprunter l'ancienne route reliant le village d'Ardon à Derborence.

Celle-ci emprunte le versant ouest des gorges de la Lizerne jusqu'au lieu-dit de "l'Airette" (altitude : 1205m). A partir de ce point, la suite du parcours se fait à pied et nécessite une marche d'approche d'environ 3 heures pour une dénivellation (différence d'altitude entre deux points) approchant les 1100m.

Le cirque d'Einzon d'environ 1km de diamètre forme un demi-cercle, dominé au sud-ouest par le Mont à Perron (2667m) et au nord par le Mt. à Cavouère (2613m). De par sa localisation le site nous offre un panorama unique sur la Vallée du Rhône.

Afin d'avoir encore une meilleure approche de ces lieux, je vais vous donner quelques informations sur les conditions climatiques de ce secteur.

Il faut préciser que Derborence ne dispose d'aucune étude approfondie, puisque le site ne bénéficie pas de station d'observation. Toutefois, on peut

tout de même connaître un certain nombre d'informations. Notamment, du côté de la vallée de la Lizerne et vers les massifs des Diablerets, Tête Pegnat et le col du Pas de Cheville.

La vallée de la Lizerne est caractérisée par son climat continental dû à sa situation géographique et à sa configuration topographique. Cette vallée se trouve être encaissée et protégée par les crêtes de montagnes ainsi que par le coude de la vallée de Martigny qui agissent comme barrières. D'après les analyses, le régime annuel climatique classe cette région comme étant l'une des plus sèche du Valais, voir de Suisse.

Néanmoins, l'influence continentale donne lieu à de fortes variations journalières de la température. Ce climat s'étend sur tous les abords immédiats de la vallée de la Lizerne. C'est à la bordure de celle-ci que se forme la transition avec le climat plus humide des Préalpes et des Hautes-Alpes calcaires dans lesquelles la gorge s'est creusée.

Après ces quelques explications sur le secteur Lizerne, je tiens à préciser que je ne clos de loin pas le "thème", puisque j'y reviendrai ultérieurement compte tenu du fait que ces gorges sont le lieu de résurgence de mon site d'étude.

Signalons également la provenance de l'influence climatique atlantique. Celle-ci se développe sur le Plateau Suisse et profite de l'échancrure du Pas de Cheville pour faire pénétrer les vents d'ouest amenant précipitations et orages. Grâce à ces deux configurations climatiques, cette zone permet le développement d'un nombre varié de végétaux présentant une grande diversité de paysages. Sur les photos suivantes, quelques espèces de végétaux que l'on rencontre depuis la Vallée de la Lizerne jusqu'à la Chaux d'Einzon.

*Mt. à Cavouère**Diablerets**Chaux d'Einzon**En avant, plan la vallée de la Lizerne*

*Vue depuis l'Itre du Buis.
Altitude : 1999m.*

9. Cadre géologique

Avant de présenter le contexte géologique exact du cirque d'Einzon, il me paraît important de donner des informations supplémentaires concernant la *nappe de Morcles*. De toute évidence, ces données seront utiles puisque la Chaux d'Einzon y est située.

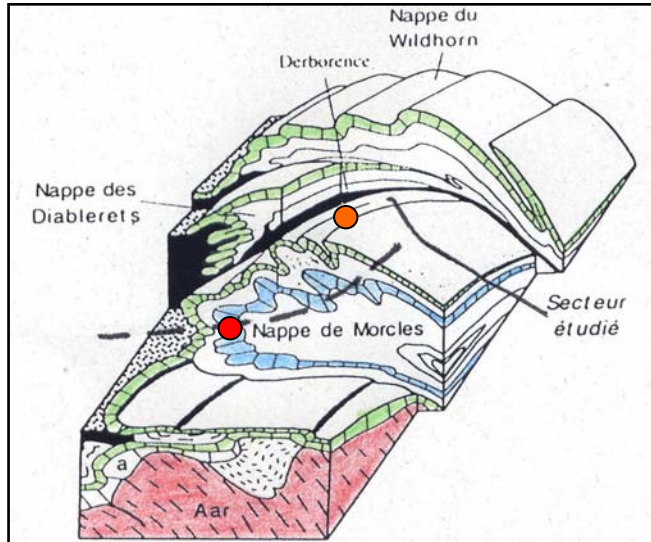
9.1 *La nappe de Morcles*

La nappe de Morcles bénéficie d'une réputation mondiale dans le monde des sciences de la terre grâce à son incroyable contexte tectonique et géologique. Les terrains de la nappe se sont sédimentés quelque part au sud du massif des Aiguilles Rouges dans un bassin mesurant 15 à 20 km de large. Sa taille atteint 12km des racines au front pour une épaisseur d'environ 5km. Elle se caractérise comme un grand pli couché.

Cette dernière est l'exemple type de la nappe possédant un flanc inverse. Voilà déjà des termes qui demandent une explication. Il faut savoir que les nappes sont faites de différentes couches géologiques allant de la plus vieilles à la plus récentes, c'est ce que l'on nomme le *flanc normal* d'une nappe.

Dans le cas d'un flanc inverse (ou renversé), on retrouve ces mêmes couches mais retournées. En d'autres termes, elles sont placées de la plus vieilles à la plus récente.

Pour que ce qui précède soit le plus représentatif possible, je continuerai mes explications par rapport à une illustration.



Vue de la nappe de Morcles son ensemble avec la position du secteur étudié.

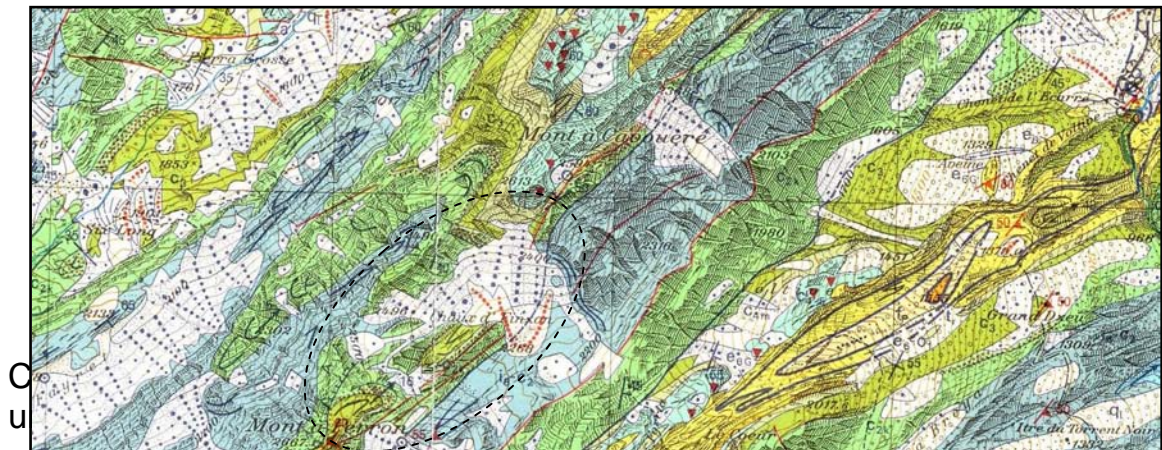
Le cas particulier du flanc inverse s'explique ainsi :

Premièrement, il faut que lors de la déformation de la nappe un plissement se soit rabattu sur un autre. Puis, c'est l'érosion qui entrera en jeu jusqu'à ce qu'une partie du flanc normal disparaisse, laissant apparaître les couches plus anciennes. En nous référant à l'image ci-dessous, la surface en-dessus du traitillé est la partie érodée et le point rouge est un endroit se situant dans le flanc inverse.

Le point orange représente le site étudié (Derborence) et l'on remarque qu'il se trouve encore dans le flanc normal.

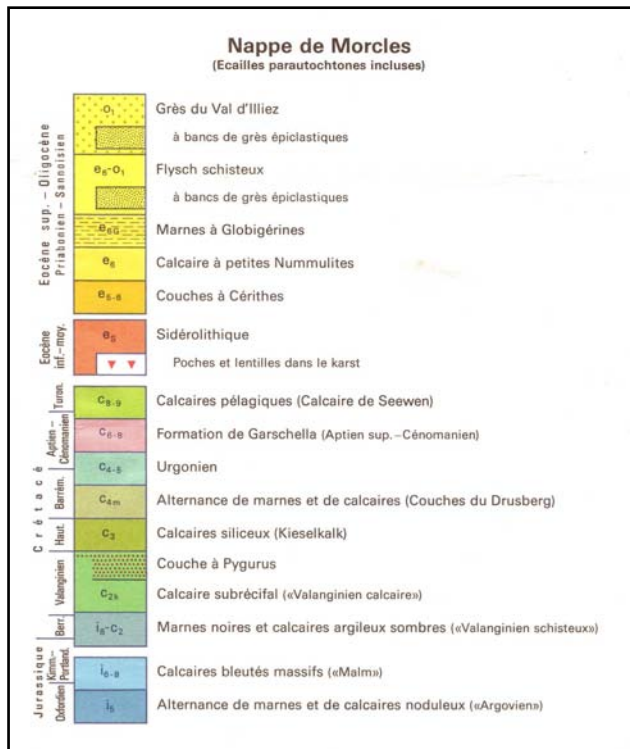
9.2 Contexte géologique du site étudié :

Afin d'avoir une idée plus claire de la configuration géologique de Derborence, et plus précisément celle de la Chaux d'Einzon, il me paraît judicieux de commenter et d'expliquer certains aspects de la carte ci-dessous.



géologiques comme présentées ci-dessus sont le fruit d'un long travail de détermination effectué par des professionnels.

Par exemple, on peut apprendre, en se référant au tableau annexé, que la surface jaune orange e6 correspond au Priabonien. La légende de cette roche nous informe également que le Priabonien est un calcaire à petite nummulites appartenant aux roches de la période Eocène Supérieur. Il est possible de retrouver ce calcaire sur d'autres nappes. Toutefois, il aura toujours le même numéro (e6) et sa couleur ne changera pas.



Le petit tableau est donc le moyen, lorsque l'on est sur le terrain, de pouvoir se situer par rapport à la couche géologique et ainsi de se faire une idée de l'âge de la roche (exemple : Eocène = relativement récent).

Sur la carte géologique, et plus particulièrement dans la zone étudiée, on peut distinguer deux traits rouges caractérisant des failles et un trait bleu indiquant un chevauchement (mouvement tectonique conduisant un ensemble de terrains à en recouvrir un autre). Le chevauchement est parallèle aux failles et délimite le contact entre le Valanginien schisteux (i₈-c₂) et le Valanginien calcaire (c_{2k}).

Au centre du secteur, on aperçoit une zone de couleur vert-jaune. Elle représente le calcaire siliceux de l'Hauterivien. Celui-ci a été recoupé par l'érosion et on le perd dans l'éboulis (partie blanche tachetée) Néanmoins, il est possible à nouveau de le distinguer sur les hauteurs du Mt. à Perron.

Les failles majeures qui traversent longitudinalement la zone dans la couche de Valanginien calcaire, sont des éléments favorables à la karstification.

9.3 A la découverte de la géologie

Afin de mieux comprendre la géologie de la Chaux d'Einzon, et avec l'aide du Docteur Jérôme Perrin, j'ai représenté sur une carte topographique vierge de 1: 10 000 les différentes couches de la zone.

Cette phase pratique s'est déroulée durant le camp spéléologique d'été 2002. Avant d'être plongé dans cet univers mon professeur me conseilla de lire quelques livres concernant la géologie et la karstification. Les lectures m'apportèrent quelques connaissances de base indispensable à une meilleure approche du sujet traité.

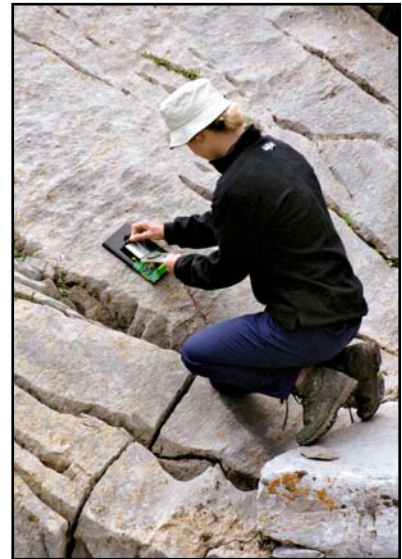


Pour mener à bien cette tâche, voici la liste de matériel que j'ai dû me procurer :








1. une bonne boîte de crayons de couleur afin de pouvoir discerner les couches géologiques en présence.
2. un calepin nécessaire à l'inscription de différentes notes
3. une carte topographique vierge de 1: 10 000
4. une bonne paire de chaussures pour les déplacements sur la zone

Dans le but d'effectuer un relevé géologique d'après une carte topographique, il est important de trouver un endroit sur les hauteurs permettant d'avoir une vue d'ensemble sur la zone.

Il faut également déterminer les couleurs des zones prises en considération (toujours en respectant au mieux les unités de tout tableau géologique).



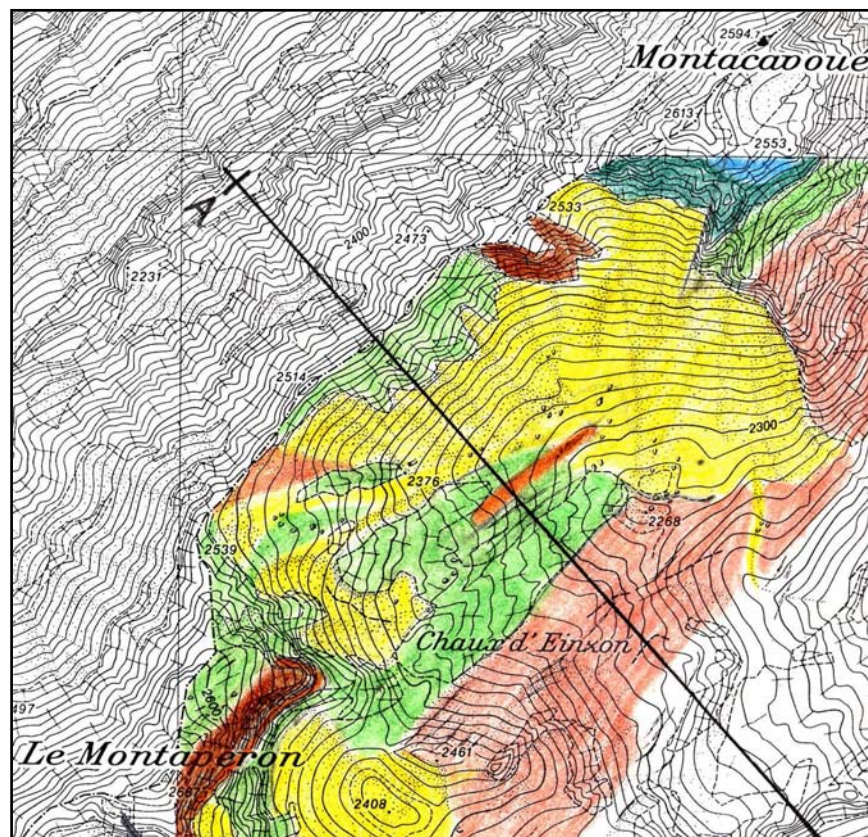
Ci-contre mesure de pendage des couches.

| | | | |
|---|---------------------------------------|---|---------------------------|
|  | <i>Kalaginen schisteux</i> |  | <i>Hauterivien</i> |
|  | <i>Kalaginen calcaire</i> |  | <i>Couche du Drusberg</i> |
|  | <i>Quaternaire: moraines, éboulis</i> |  | <i>Urgonien</i> |
|  | <i>Couche à Pygurus</i> | | |

Ce tableau illustre les unités de couleurs choisies pour l'élaboration de la carte.

Nous avons rempli la carte en observant la zone par différents angles permettant ainsi une meilleure délimitation de chaque couche.

Je dois admettre que cette démarcation est loin d'être simple, surtout lorsque l'on n'a jamais été familiarisé à cette science auparavant. Cependant, j'ai fait au mieux afin que cette carte soit le plus explicite possible, en voici le résultat :



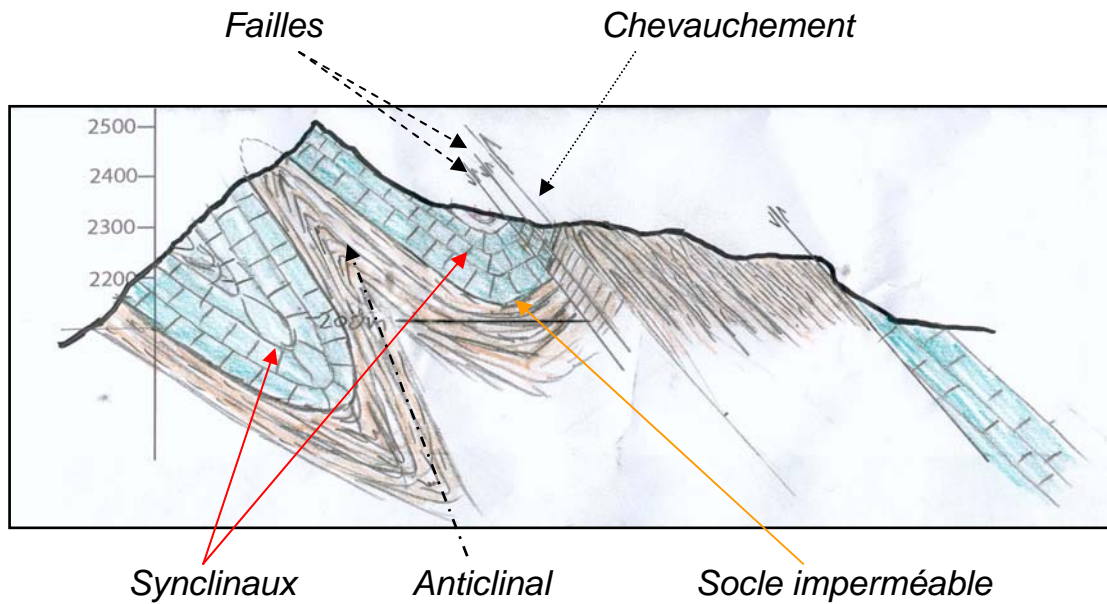
Cette dernière n'a pas la précision d'une carte géologique. Toutefois, le fait d'avoir eu la chance de la réaliser, m'a permis d'acquérir certaines notions. Suite à cela, nous avons observé la géologie du site par rapport à son réseau karstique. La spéléologie (*étude de monde souterrain*) peut contribuer à mieux comprendre la géologie d'un secteur étudié.

A la page suivante, une coupe géologique dessinée par M. Eric Weber. Cette vue représente sur ma carte le trait noir partant du point « A ».

En l'observant, on retrouve des synclinaux et anticlinaux, séries de phénomènes géologique liés au plissement alpin.

Sur la carte géologique, le bleu correspond au vert clair de ma carte, soit le Valanginien calcaire.

Tandis que le brun, indiqué en saumon sur la carte ci-dessus, mentionne la présence de Valanginien schisteux.



Avant d'entreprendre des recherches karstiques, les spéléologues s'intéressent au milieu souterrain auquel ils vont être confrontés. Il arrive fréquemment que les suppositions exprimées relatives à la karstification d'un lieu par rapport à une carte géologique, s'avèrent en partie inexacte.

Cette observation se fait généralement lors de l'exploration à proprement dit. Ce cas est notamment arrivé à la Chaux d'Einzon. L'explication de cette constatation sera développée dans le prochain grand thème, qui s'intitule :

10. Les mystères du réseau karstique de la Chaux d'Einzon

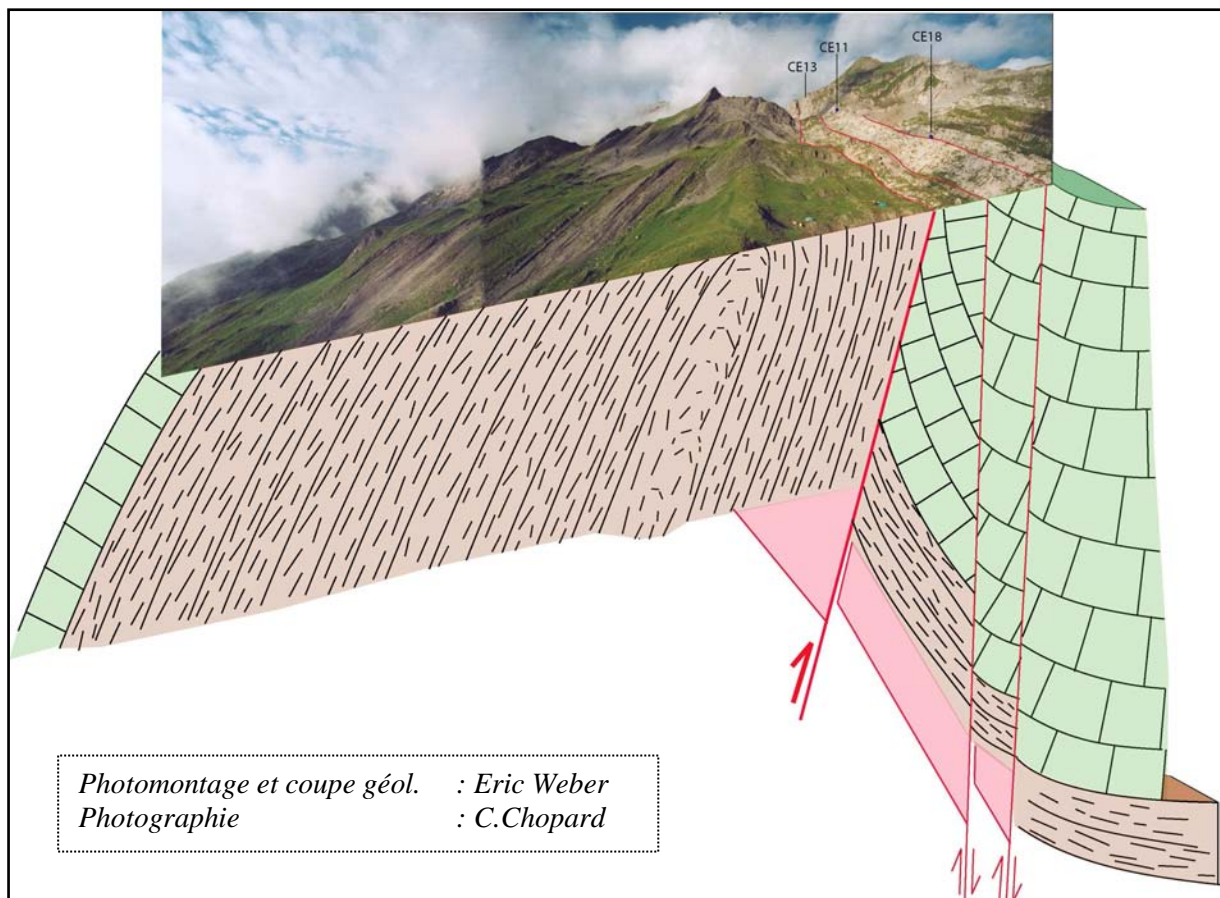
D'après les observations faites sur les coupes géologiques, nous étions convaincus que les gouffres s'ouvrant dans les couches du Valanginien calcaire ne descendraient verticalement pas plus d'une cinquantaine de mètres. Après avoir franchi cette épaisseur, nous aurions du découvrir une morphologie de galeries subhorizontales. Cette hypothèse a été fondée d'après l'épaisseur du calcaire Valanginien en présence sur la zone. *En se référant à la notice explicative accompagnant la carte géologique, on apprend que cette roche ne doit pas excéder une cinquantaine de mètres d'épaisseur.* Le passage d'un creusement vertical à l'horizontal serait causé par la présence des épaisses couches de Valanginien schisteux. Ce calcaire marneux doit former un socle imperméable, obligeant l'eau à s'écouler plus horizontalement.

L'exploration des différents gouffres sur cette zone durant ces deux dernières années a remis en doute ces interprétations. En effet, et sur les dix-neuf gouffres actuellement répertoriés, deux d'entre eux descendent à plus de 100m sous terre. Il faut donc croire que la couche de Valanginien calcaire est plus épaisse que prévue.

D'après la configuration du terrain sur la zone de la Chaux d'Einzon on sait que le Valanginien calcaire constitue un synclinal. Comme illustré au début de mon travail, cette déformation a la forme d'une cuvette. Grâce aux découvertes spéléologiques, il est à supposer que le plissement du synclinal du Valanginien calcaire soit beaucoup plus important. Celui-ci forme une sorte de charnière refermée sur elle-même, ce qui expliquerait l'épaisseur anormale de cette couche.

Le photomontage ci-dessous apporte une meilleure idée du sous sol avec l'emplacement des principaux gouffres.

Au premier plan on distingue le camp spéléo de l'été 2002.



Cette zone va sans doute nous réserver encore de nombreuses surprises. Les travaux de recherche et de prospection spéléologique sont loin d'être terminés. Il est fort probable que durant les années à venir plusieurs découvertes aideront à mieux comprendre la complexité du sous sol.

L'attrait pour la suite de nos travaux réside dans l'espoir de pouvoir accéder à un réseau souterrain bien développé. Selon nos hypothèses les eaux disparaissant dans les karsts d'Einzon devraient réapparaître plus de mille mètres plus bas dans les gorges de la Lizerne. A l'heure actuelle ce point constitue une grande énigme.

Cet aspect hydrogéologique sera abordé plus tard.

10.1 **Présentation des cavités découvertes**

Comme il a été cité précédemment, dix-neuf cavités sont actuellement inscrites dans l'inventaire spéléologique de la Chaux d'Einzon. A titre indicatif la région de Derborence (bassin versant de la Lizerne) compte un ensemble de dix-huit zones de travail. Cette base de données est transmise régulièrement aux archives valaisannes puis au fichier spéléologique suisse. Dans le but de répertorier les gouffres de la zone un numéro différent à chaque entrée est inscrit. Ce chiffre est précédé de l'abréviation CE se rapportant à « Chaux d'Einzon ».

Les gouffres sont placés à une altitude variant de 2300m à 2600m. Cet emplacement géographique est un facteur empêchant une exploration régulière de chaque cavité. A ces altitudes l'hiver est long et l'accumulation de neige importante pouvant recouvrir les cavités de plusieurs mètres.

Durant la belle saison celle-ci va fondre en surface mais, va persister dans les « névières » (gouffres contenant de la neige ou glace).

Cette neige, ainsi piégée, aidera à conserver une température proche du 0°C. Cette dernière ne fondra alors que péniblement, puisque dans un tel environnement il est connu que l'air frais stagne au point bas (l'air chaud monte).



Ci-dessus l'orifice bâché du CE12

Lors de nos premières reconnaissances, nous avons découvert plusieurs gouffres partiellement remplis de neige. Il est bien clair que pour nous spéléologues cela valait la peine de s'y intéresser. Cela d'autant plus que la plupart d'entre eux sont positionnés entre les failles présentées sur les pages 36-37. Comme nous l'avons vu précédemment, les failles sont des facteurs aidant à la karstification.

Pour cette raison, depuis 1998 nous plaçons chaque automne des bâches de fermeture à l'entrée des cavités. Ainsi, le passage de la neige est limité durant l'hiver. Cette technique s'est avérée bénéfique puisque chaque année, nous avons pu constater que le niveau de neige avait fondu en moyenne de cinq à dix mètres. L'inconvénient majeur de cette technique est le renouvellement annuel de toute l'installation afin d'assurer un minimum de réussite.

Afin de se faire une idée de la température moyenne des trous de la zone, M.Jérôme Perrin et moi-même avons pris quelques mesures durant le camp de 2002.

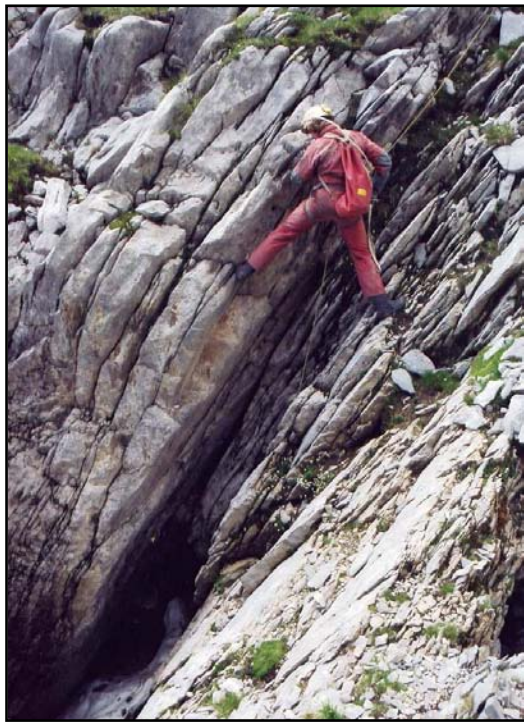
Celles-ci ont été faites avec un conductimètre dans les deux cavités les plus importantes du secteur, à savoir le CE11 et le CE18 (une description de ces cavités sera donnée dans les pages suivantes).

Les résultats ont été surprenants, puisque la température à l'intérieur du gouffre ne dépassait pas les 1,5 degrés à 100 mètres de profondeur. Pour comparaison, dans les gouffres du Jura, la température moyenne est de 8 à 9 degrés.

Les gouffres Alpains ont la particularité d'être froids mais possèdent, également d'autres caractéristiques. Avant tout, ils ne présentent généralement que peu de formes de concrétionnement (stalagmites, stalactites, ...). La roche y est très noire et fortement érodée ce qui rend la surface parfois coupante.

De plus, ces karsts ne bénéficient presque pas de couverture végétale en surface, ceci notamment dû au climat. Ce facteur peut expliquer le manque de concrétionnement, de couleur, d'argile, etc...

Néanmoins, il peut arriver de voir sur les parois les différentes couches stratigraphiques (photo 1) ou alors des veines de calcite parfois spectaculaires (photo 2).

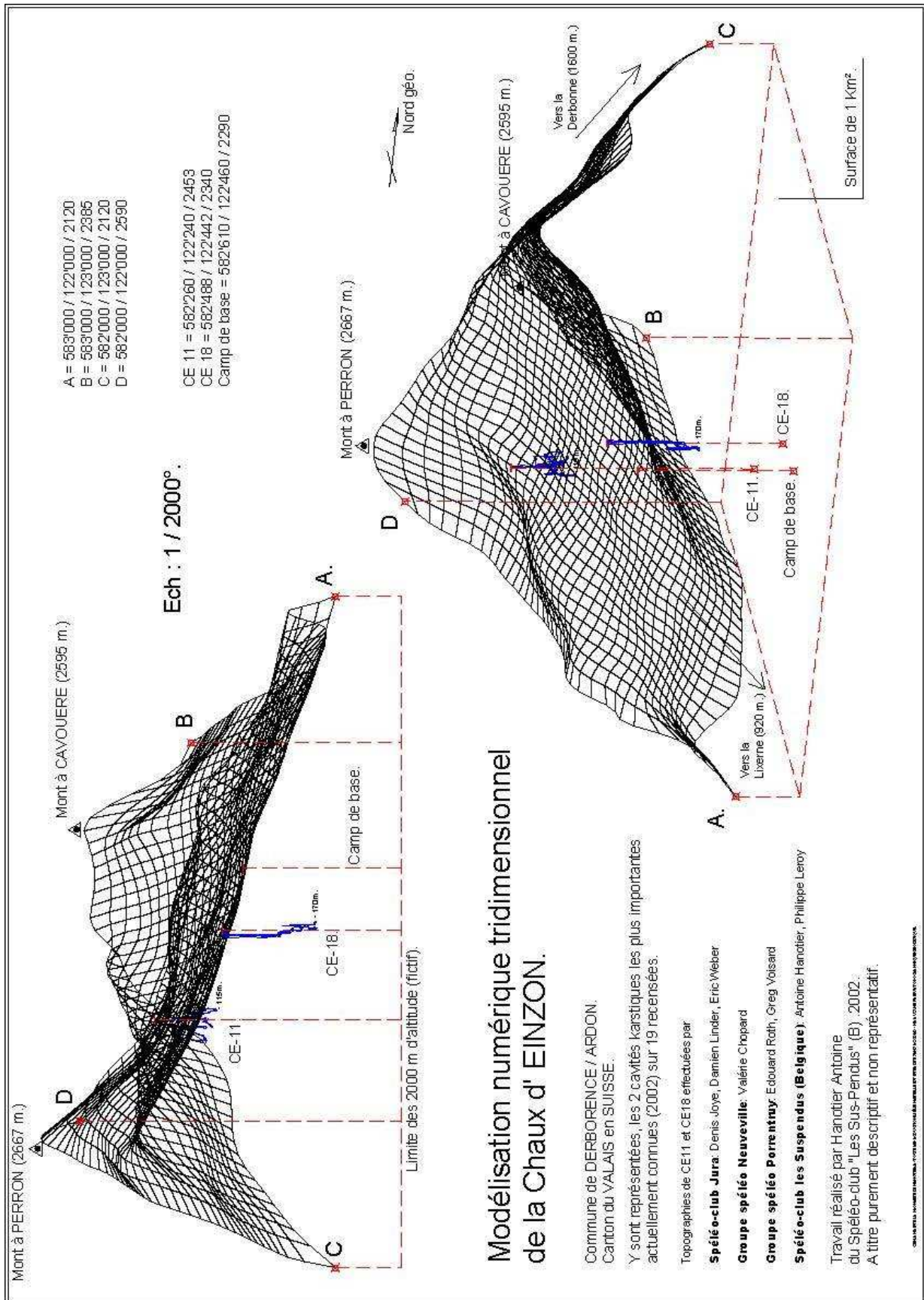


1) L'entrée du CE2



2) GT1, massif de Tête Pegnat

A la page suivante, on peut découvrir une représentation en trois dimensions avec les deux cavités principales de la zone. On remarque qu'elles sont placées sur un même axe. Ce dernier correspond à la bande de Valanginien calcaire.



Il est certain que la configuration du terrain, ainsi que l'emplacement des différents karsts du massif, favorisent une relation entre eux. D'ailleurs, il est probable qu'un système de failles permette de passer d'un gouffre à l'autre. Toutefois, une jonction humaine n'a pas encore pu être effectuée.

La majeure partie de ces cavités n'excède actuellement pas 30m de profondeur. Les raisons principales de ces obstructions sont :

- L'abondance de neige et de glace.
- La présence de sédiments (sable et cailloux) certainement dus aux dépôts des glaciers.
- L'effondrement des plafonds dus aux plissements alpins (encore actifs de nos jours).

Une des dernières caractéristiques se rapportant aux trous de la zone est la présence de courant d'air. Ce phénomène est compliqué à définir et plusieurs facteurs peuvent être pris en considération ; en voici un aperçu:

- Présence d'un grand volume d'air froid emprisonné dans le karst. Celui-ci s'échappe par un ou plusieurs orifices.
- Présence d'une entrée inférieure située en contrebas du massif permettant un échange d'air (principe de la cheminée aspirante).

Ces exemples sont les principaux cas applicables au site de la Chaux d'Einzon.

Sur le lapiaz de la Chaux d'Einzon, actuellement deux gouffres se différencient des autres par rapport à leur développement karstique.

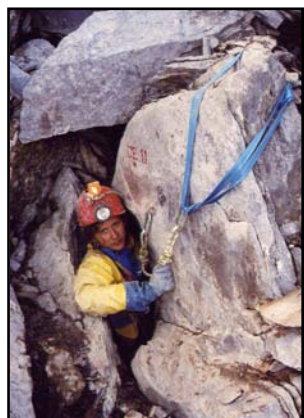
Le CE11 atteint une profondeur de -115m, tandis que le CE18 détient le record en descendant jusqu'à -170m.

Etant donné que ces deux karsts ont été sujets d'analyses hydrogéologiques dans le cadre de mon travail, il me semble intéressant de les présenter brièvement.

10.2 Le CE11

Ce gouffre fut découvert en 1992. Toutefois l'exploration fut interrompue à une trentaine de mètres sous terre par la présence de neige.

Dès lors, on construisit un muret de pierres sèches à l'entrée de la cavité. Ce gouffre restera un numéro noté sur un inventaire jusqu'en été 2001.



Durant le camp de 2001, nous avons atteint le fond du puits d'entrée. Le névé avait totalement disparu. A cet endroit, nous avons trouvé une petite lucarne d'où s'échappait un fort courant d'air. Suite à cette découverte, nous avons consacré trois jours à l'agrandissement de cette chatière. Le passage a été ouvert à l'aide d'explosif ce qui nous a permis d'accéder à un vaste puits de 42m. En bas de celui-ci, nous avons pu pénétrer dans une grande salle encombrée d'un important éboulis. Cette salle est actuellement la plus grande du massif. Ces dimensions dépassent les 30m de côtés.

A l'extrémité de l'éboulis, une escalade de 8m nous a permis d'atteindre un second puits. Quarante mètres plus bas, une seconde salle a été atteinte. A ce niveau nous avons rencontré notre premier ruisselet souterrain. Malheureusement, pour des questions de temps, l'exploration a dû être interrompue.

Celle-ci s'est poursuivie durant le camp 2002. Une prospection approfondie de la cavité, permis de faire de façon considérable le développement du gouffre qui atteint aujourd'hui près de 500 mètres. Toutefois, nous sommes actuellement stoppés vers -115m de profondeur par des galeries comblées ou des passages trop étroits.

Il est de coutume de faire des relevés topographiques pour chaque cavité découverte. Les mesures et observations sont transcrites sur papier ou sur ordinateur, ce qui permettra de reproduire un rendu par un dessin ou par une illustration en trois dimensions (3D).

Les mensurations sont faites généralement à l'aide d'un décamètre (chevillière), d'une boussole et d'un clisimètre. Ces appareils sont conçus pour être utilisés dans des milieux particuliers (humidité, obscurité,...).



Ci-dessus une photo prise lors des relevés topographiques effectués dans le gouffre du CE11 ainsi qu'une de l'entrée du gouffre.

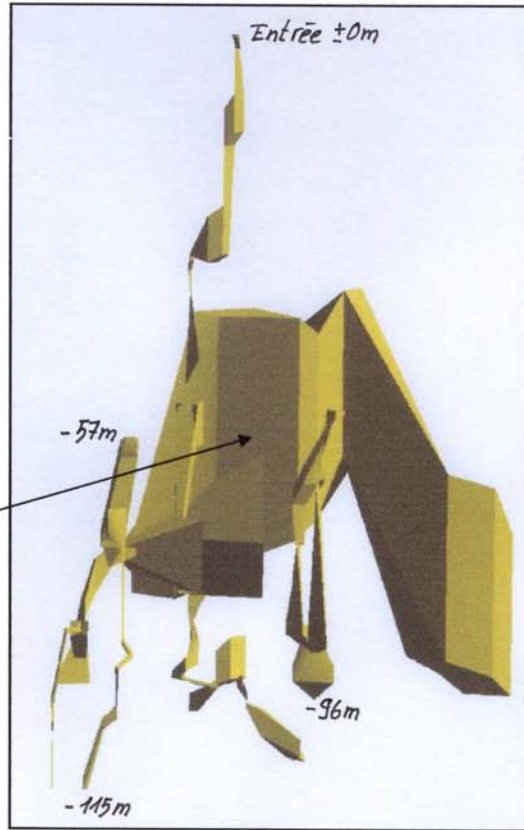
Ci-après une représentation en 3D de ce gouffre. Celui-ci n'a pas encore été dessiné au propre, car plusieurs points d'interrogations subsistent. Nous établirons un dessin à l'encre lorsque l'exploration sera achevée. Il serait trop fastidieux de refaire tout le dessin chaque année.

Le CE 11 - Vues 3D

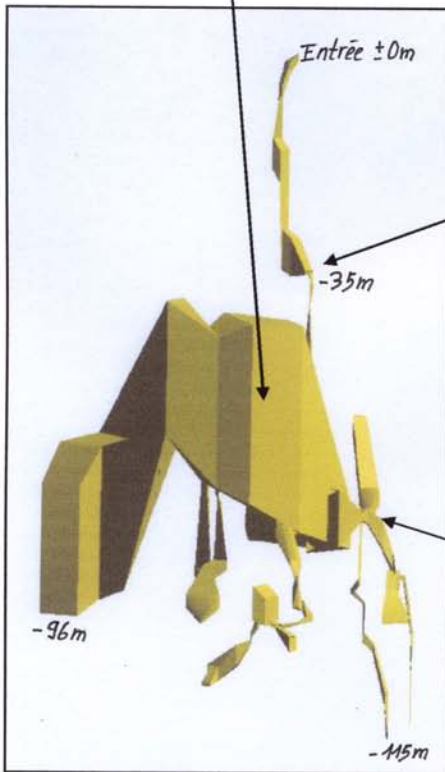
Développement : 465 m

Pénivellation : -115m

Altitude : 2453m



vue de face



vue arrière



10.3 Le CE18

L'entrée de ce gouffre fut marquée d'une flèche (*symbole indiquant la présence d'un courant d'air*) en 1992. C'est sans doute par manque de moyen que celui-ci ne put être exploré cette même année. Il faut dire que l'orifice fort étroit ne permettait pas d'être franchi sans travaux de minage.



Ces travaux ont été entrepris durant le camp de 2001, sans grand succès. Car, après avoir forcé l'entrée et atteint une petite salle, la présence d'un méandre partiellement comblé interrompit notre exploration.

Ci-contre la zone d'entrée

Ce n'est que durant l'été 2002, après deux demi-journées de travaux que nous sommes parvenus au sommet d'un puit de 138m illustré par la photo qui suit.

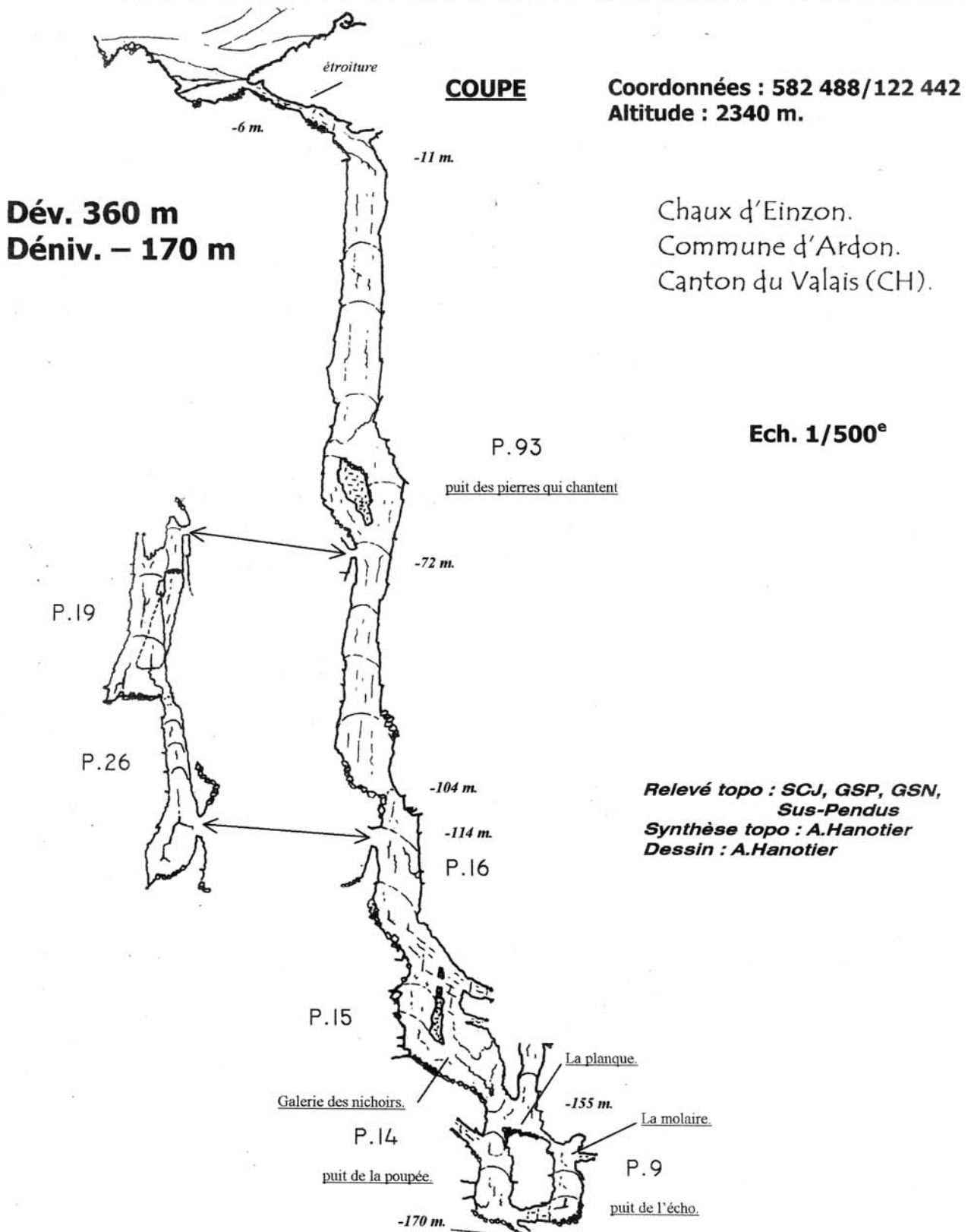


Le terminus du gouffre se situe à -170m de profondeur sur un éboulis. A cet endroit un méandre est comblé de blocs. Seule une désobstruction pourrait permettre d'ouvrir le passage. Néanmoins, plusieurs départs vierges dans des lucarnes sont visibles tout au long de la descente. Une de celles-ci pourrait offrir la possibilité d'une éventuelle suite.

Ce gouffre a également été topographié. Les données ont cette fois-ci servie à faire un dessin. Les deux pages suivantes représentent ce gouffre vu de

coupe (*de côté*) mais également vu en plan (*de dessus*). La mise au net de ces dessins a été faite par Antoine Hanotier, spéléologue belge.

Gouffre de la grande Evasion - CE 18



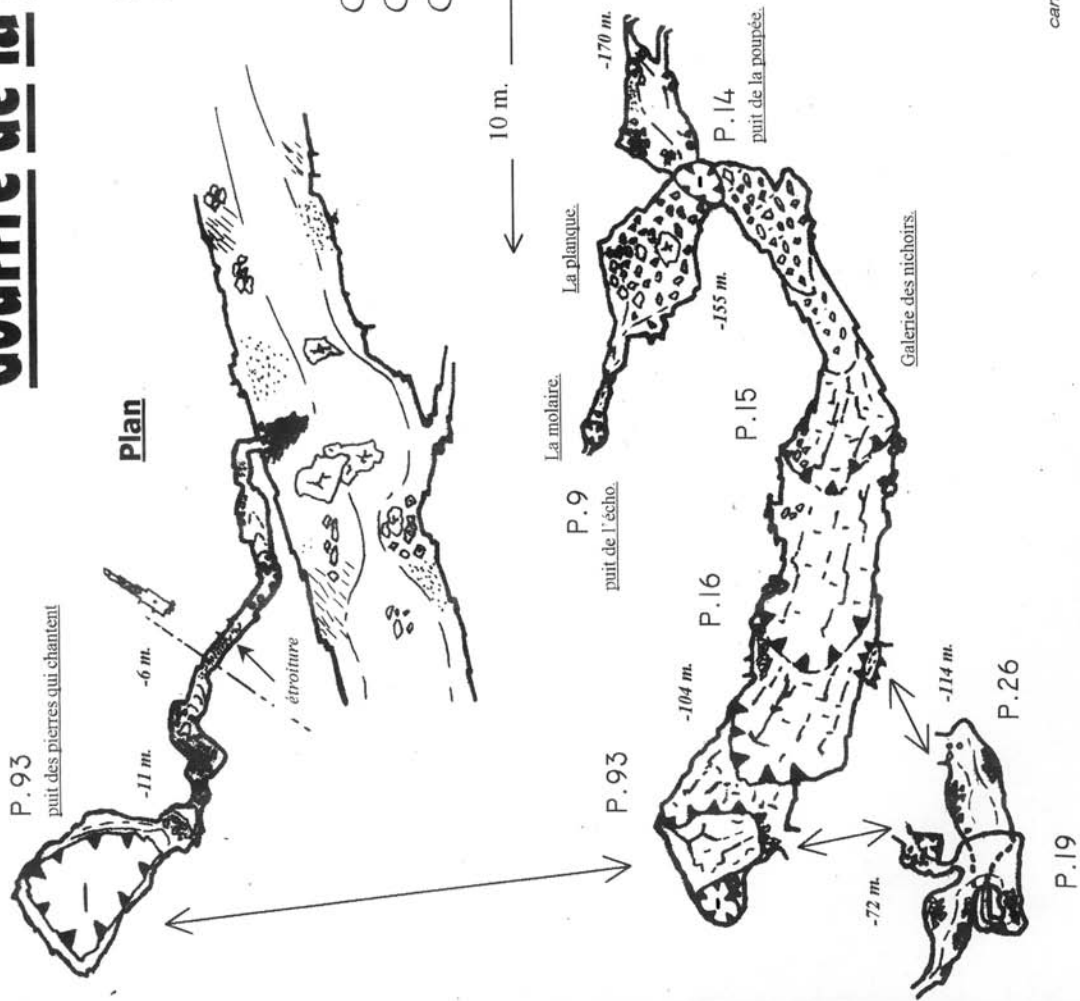
Gouffre de la grande Évasion - CE 18

Coordonnées : 582 488 / 122 442
Altitude : 2340 m.

Dév. 360 m
Déniv. - 170 m

Chaux d'Einzon.
Commune d'Ardon.
Canton du Valais (CH).

Ech. 1/200^e



Relevé topo : SCJ, GSP, GSN, Sus-Pendus
Synthèse topo : A.Hanotier
Dessin : A.Hanotier

camp d'exploration 2002 par le SCJ, GSN, GSP (CH) et les Sus-Pendus (B).

11. Présentation des calcaires de la Chaux d'Einzon

Après avoir dessiné et représenté les différentes couches géologiques de la Chaux d'Einzon, il m'a paru intéressant d'aller chercher dans chaque couche représentée, un échantillon de roche. J'ai donc repris la carte géologique et me suis dirigée vers chaque secteur afin de me procurer un bout de roche. Le but principal de cette recherche était de pouvoir analyser chaque échantillon récolté. Puis, dans un deuxième temps, d'effectuer une série de lames minces. Voici les différents endroits où ont eu lieu les prélèvements :

1. l'éboulis se situant en dessous du Mt.à Perron
2. la couche à Pygurus du Valanginien calcaire
3. la couche du Valanginien calcaire
4. la couche du Valanginien schisteux

11.1 Observations et analyses des différentes roches à l'Université de Neuchâtel

Suite à cette récolte, j'ai pris contact avec Eric Weber étudiant en quatrième année de géologie et me suis rendue à l'Université de Neuchâtel. L'objectif était d'apprendre à observer les différents aspects des roches et de participer à la préparation des lames minces.

Avant de présenter plus en détail les analyses faites durant cette journée, il me semble propice d'expliquer ce qu'est une lame mince.

Les informations recueillies à ce propos, font suites aux explications approfondies de M. Eric Weber. En voici une synthèse :

Une lame mince est une très fine couche de roche de 30 microns (0,03mm) enserrée entre deux plaques de verre que l'on observe avec un microscope. Ces trois couches, verre/roche/verre, sont collées ensemble par une colle spéciale appelé Baume du Canada. La préparation d'une lame mince comporte deux parties. La première est assez simple et peut être effectuée par un étudiant tandis que la seconde partie est beaucoup plus complexe puisqu'elle fait appel à un outillage spécifique utilisé par une personne spécialisée. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'il ne m'a été possible de participer qu'à la première partie.

La notion de *lame mince* étant dès lors plus compréhensible, je passe à la partie pratique et présente le déroulement de la préparation d'une *lame mince*. Avant d'en venir aux faits, je tiens à préciser que ces recherches se sont déroulées dans les laboratoires de l'université de géologie à Neuchâtel.

Dans le cadre de mon travail, j'ai choisi de faire trois lames minces représentées en puissance sur le territoire étudié.

La première issue de la couche à Pygurus, la seconde de la couche du Valanginien calcaire et la troisième de la couche du Valanginien schisteux.

11.2 *Déroulement de la préparation d'une lame mince*

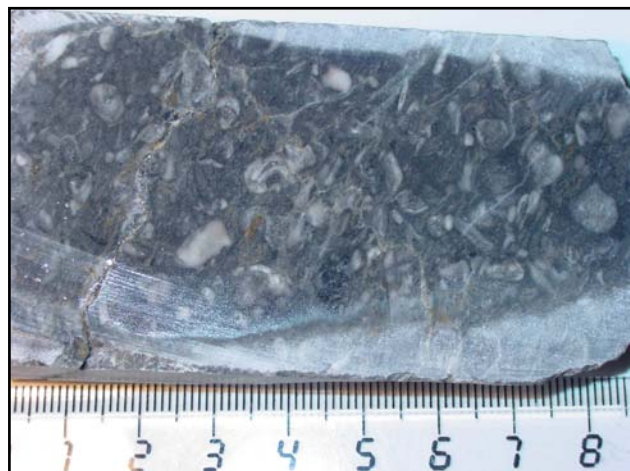
Dans un premier temps, on définit quelle partie de roche sera travaillée. Puis l'on découpe le morceau souhaité à l'aide d'une scie à eau munie d'une lame spéciale (diamantée). Cette première étape permet de dégrossir le caillou récolté, tout en conservant un morceau relativement épais. Dans un deuxième temps on le réduit jusqu'à ce qu'il atteigne une grandeur standard (référence). Cette deuxième manipulation se réalise à l'aide d'une seconde machine permettant un travail plus précis. Après cette étape, notre échantillon de roche a une forme rectiligne dont les six côtés sont droits et "lisses".

Ci-après, il est possible de se faire une meilleure idée de cette opération, grâce aux photos prises durant toute la durée de la préparation.



Cette photo représente la première scie servant à découper le morceau souhaité.

*Ci-contre, le résultat de cette première manipulation.
(ex : Valanginien calcaire)*



Puis, la seconde scie servant à donner la forme plus ou moins rectangulaire. L'échantillon sera ensuite confié à un spécialiste qui se chargera de l'exécution des lames minces.

Nous pouvons observer sur ces photos que la scie possède un plexiglas. Celui-ci protège de l'eau qui est déversée sur le morceau de roche afin de ne pas être souillée par la poussière lors de la coupe.



Article I. Voici la forme qui doit être obtenue afin de pouvoir être travaillée par la personne spécialisée. (ex : Valanginien calcaire)

La réalisation des lames minces ainsi que leurs résultats, demandent un certain temps (parfois plusieurs mois). Durant ce laps de temps et afin de mieux comprendre la nature de ces roches, M. Weber et moi-même les avons analysées en utilisant différentes méthodes de travail ne nécessitant que très peu de moyens.

11.3 *Interprétations visuelles de différentes roches*

En utilisant de l'acide chlorhydrique (*HCl*) il est possible d'observer des réactions de la roche à l'instant même où l'on y dépose le produit. Généralement les roches contenant beaucoup de calcites ont une forte réaction au *HCl*.

11.3.1. *L'observation visuelle se présente ainsi*

A la surface de la roche vont apparaître des bulles et l'on remarque une perte de gaz carbonique.

Lors de cas où la réaction est faible, la roche ne contient que très peu de carbonate.

Les roches contenant du quartz ont une surface abrasive au toucher. Ceci est dû au fait que le quartz ne réagit pas à l'érosion contrairement au calcaire. Par conséquent, lors d'une dissolution par la pluie, seul le calcaire sera dissout en laissant les grains de quartz à la surface. On peut également détecter sa présence dans une roche ayant la faculté de rayer l'acier.

Passons maintenant à une interprétation générale des trois roches proposées pour des lames minces.

Il est envisageable à l'œil nu ou avec une loupe de décrire un certain nombre d'éléments importants telles que la texture et la couleur. Ces aspects de base servent déjà à classer cette roche et à lui donner un nom. La lame mince est alors un complément important qui apporte des informations supplémentaires. Il est ainsi possible de comparer, ajouter et parfois modifier certaines interprétations faites sur le terrain.

Voici les indications primaires concernant nos trois exemples :

Les couches à Pygurus sont des calcaires siliceux à patine brun orangé. D'après la réaction chimique suite à la pose du *HCl*, une présence de dolomite (carbonate de calcium et magnésium) est pensable. La dolomite a la particularité de ne pas réagir à l'acide en raison de sa teneur en magnésium.

En ce qui concerne le Valanginien calcaire, une patine est remarquée (surface de la roche) gris clair. Des micro-organismes pouvant être visibles à l'œil nu s'y trouve. La réaction à l'acide chlorhydrique a été très forte.

Pour le Valanginien schisteux, l'analyse a été différente. Sa patine est foncée et se déforme plus facilement. C'est une roche formée de nombreux feuillets ce qui la rend moins homogène. Sa couleur foncée est due aux matières organiques et aux argiles présentes à l'intérieur. Dans le morceau observé, des bandes plus claires qui pourraient bien être de la calcite sont aperçues.

Voilà toutes les informations qu'il a été possible de remarquer sans grands moyens. Cependant, grâce aux lames minces, nous pouvons accéder à de nombreuses données supplémentaires.

11.4 Observation des roches en lames minces

11.4.1. Une lame mince, comment ça marche ?

La lame mince observée au microscope (à divers agrandissements) donne la possibilité (comme on le verra dans mes trois exemples) de mieux reconnaître la surface. Cette vision plus précise amène à définir avec certitude la plupart des minéraux ou fossiles qui composent la roche.

Par exemple, les calcaires sont des roches composées principalement de micro-organismes aujourd'hui fossilisés observables généralement qu'au microscope. Ces micro-fossiles donnent des indications parfois très précises sur l'âge de la roche ainsi que sur l'environnement dans lequel s'est déposé le sédiment à l'origine de cette roche. Par environnement, l'on entend la température de l'eau (donc le climat), la profondeur, la salinité (taux de sels dans l'eau) et encore bien d'autres éléments.

Dans un calcaire, le minéral le plus important et le plus abondant est bien entendu la calcite. Toutefois, peuvent être trouvés d'autres minéraux comme par exemple les argiles ou le quartz. Comme on le verra dans les trois exemples, le quartz est facilement observable au microscope alors que les argiles (le mot argile définit un groupe de minéraux) ne sont pas identifiables parce qu'ils sont beaucoup trop petits. Pour connaître une composition exacte d'un calcaire (ou autre roche) il est possible d'avoir recours aux rayons X.

L'utilité d'avoir une tranche de roche aussi fine que 0,03mm est que la lumière va pouvoir passer au travers. Le principe de la lame mince est donc basé sur la façon dont la lumière est propagée à travers cette fine couche de roche. La lumière part depuis la base du microscope traverse la lame et, grâce à différentes lentilles, l'image est agrandie puis réfléchi sur notre rétine.

Ce qui est important de savoir, c'est que la lumière subit divers changements quand elle change de milieu.

Par exemple, un rayon de lumière qui traverse une vitre est légèrement dévié. Ainsi l'image observée en regardant à travers une vitre est à peine décalée par rapport à la réalité.

L'air a donc des propriétés physiques qui font ralentir et dévier les rayons lumineux, puis seront en partie réfléchis quand ils arriveront à la surface (dans mon cas) de la roche.

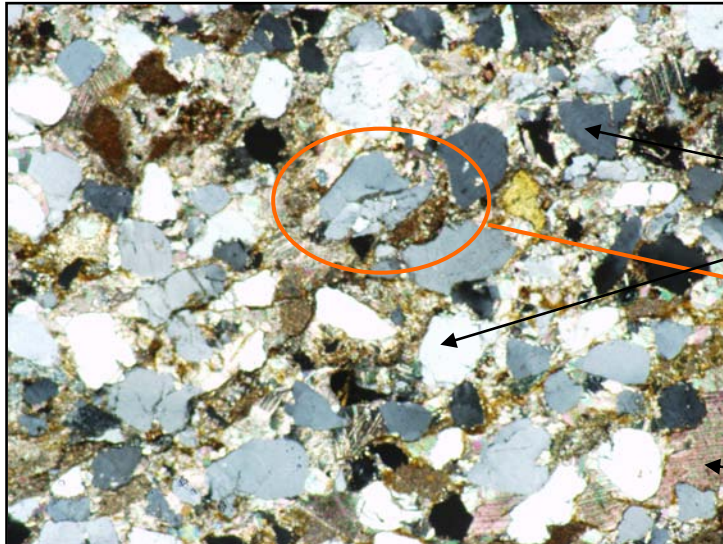
Nos roches sont composées de plusieurs minéraux qui ont tous des propriétés physiques différentes. La lumière va donc traverser chaque minéral d'une manière différente. C'est ces différences que l'on peut observer grâce au microscope.

Je pense qu'il n'est pas utile d'entrer plus dans les détails puisque ce domaine, qui est appelé *minéralogie optique* est très complexe et fait l'objet de bien des livres. Les observations sur mes lames minces seront l'occasion de mieux comprendre certains aspects.

11.5 Observation sur les lames minces

Voici deux photos des lames minces concernant la couche à Pygurus, représentées une fois avec une lumière naturelle et la seconde fois avec une lumière polarisée.

Couche à Pygurus



Agrandissement de 4x la lumière naturelle.

Grains de quartz

Grain de quartz fracturé

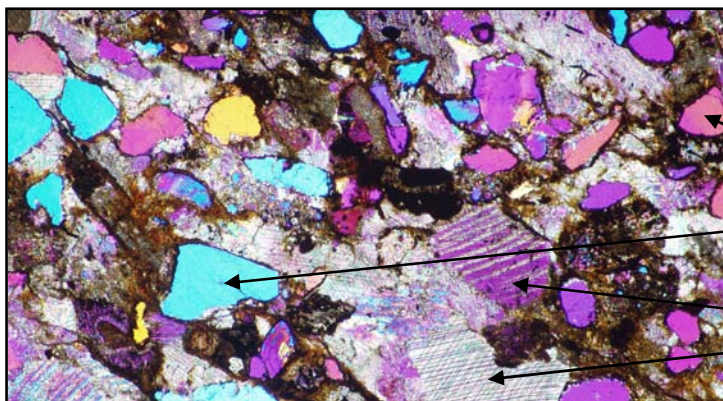
Calcite

Le terme *lumière naturelle* veut dire que l'on ne modifie pas la nature du faisceau lumineux. Sur cette image les quartz ont une couleur qui va du blanc au noir avec toutes les variations de gris. Ces différences de couleur sont dues aux différences d'orientation des cristaux de quartz. On constate également que le quartz apparaît sous forme de grains de tailles différentes dont les bords sont en général arrondis.

La calcite par contre n'apparaît pas sous forme de grains, en revanche, elle remplit les espaces entre les grains. C'est donc la matrice de la roche. Les cristaux de calcite ont une couleur légèrement rosée avec des reflets verdâtres. Les beaux cristaux de calcite sont finalement assez rares ce qui est probablement dû aux forts changements de la roche.

L'on constate également que certains grains sont fracturés. Ces fractures sont le résultat des fortes contraintes subies par ces roches (et donc les grains) lors du plissement des nappes helvétiques.

Couche à Pygurus



Agrandissement de 4x, lumière polarisée.

Quartz

Calcite

Le terme *lumière polarisée* veut dire qu'un filtre rajouté va canaliser la lumière dans une seule direction. Cette modification va changer la couleur et nous aider à mettre en évidence d'autres propriétés des minéraux.

Cette opération permet de constater que les grains de quartz deviennent bleus, violets, roses, alors que certains grains de calcite ne changent pas de couleur et gardent cet aspect rosé, vert. Les grains de quartz sont relativement homogènes alors que la calcite est striée dans deux directions. Ces stries sont dues à un phénomène "d'inter croissance" qui se forme quand la calcite a subi de fortes contraintes.

Passons au deuxième exemple qui s'avère être le Valanginien calcaire.

Valanginien calcaire

Agrandissement sur un détail.

Coquille d'un micro-fossile

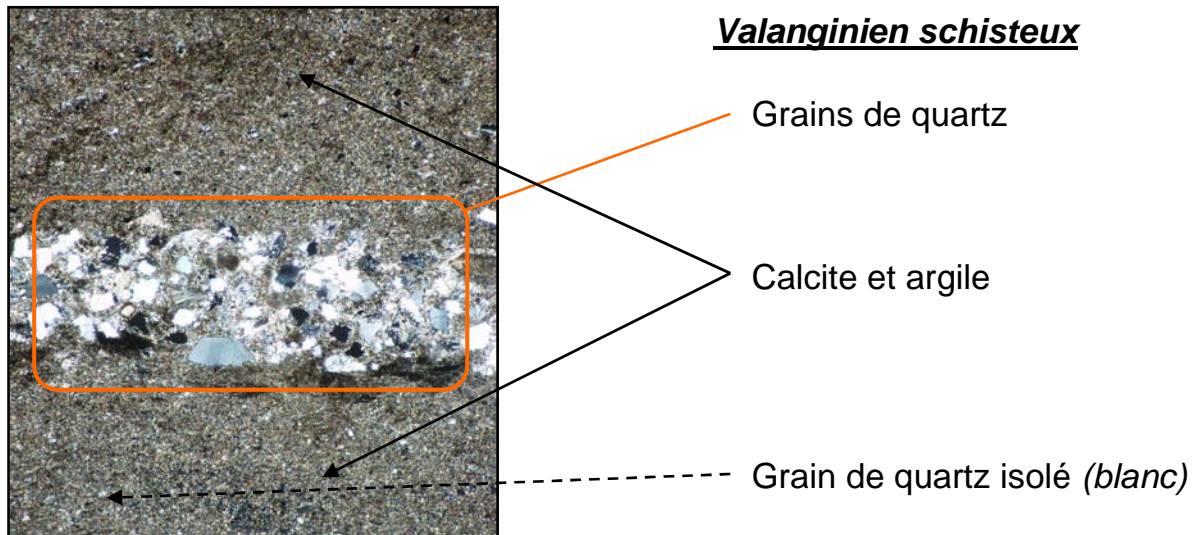
La partie grise est principalement de la calcite



Dans ce cas particulier, l'on trouve la présence d'un micro-fossile entouré d'environ 99% de calcites, le solde étant composé de minéraux et d'argiles. Il est fort probable que ce micro-organisme vivait dans la mer il y a 120 millions d'années. Cette supposition est faite par rapport à l'endroit où a été pris ce morceau de roche. Ce calcaire s'est formé à env. 20-30m de profondeur dans des eaux chaudes et claires. En effet la roche d'origine (Valanginien calcaire) est formée de millions de micro-organismes ne pouvant vivre que dans ce type d'eau. Par exemple, un organisme comme la rudiste (très fréquente dans ce type de roche) formait des récifs jusqu'il y a 65 millions d'années.

La lame mince a été prise en lumière naturelle et dans le cas présent une lumière polarisée aurait permis de mieux refaire sortir la calcite.

Pour terminer nous allons commenter la lame mince du Valanginien schisteux.



Les bandes claires ne sont pas de la calcite contrairement à ce que nous en avons déduit dans l'analyse visuelle de cette roche. C'est en réalité des grains de quartz.

Dans la partie plus foncée les grains de quartz sont devenus pratiquement inexistant, remplacés par de la calcite et de l'argile. Les cristaux, dans cette roche, sont tellement fins qu'ils ne sont même pas visibles au microscope. Nous en connaissons leurs existences grâce à l'acide. Dès lors, et suivant la réaction de la roche, il est possible de détecter la présence de cristaux.

Dans cet exemple de roche la question à se poser est : pourquoi y a-t-il des bandes avec plus de quartz ?

Il faut savoir que ce sont les rivières qui amènent les grains de quartz jusqu'à la mer où ils vont se déposer. Donc, les roches constituées de nombreux grains de quartz se trouvaient à proximité des côtes.

Pour notre exemple ceci est différent puisque seules quelques bandes possèdent du quartz. Ces indications nous amènent à imaginer que cette roche se trouvait plus loin de la côte et que seul un événement de forte crue pouvait amener des grains de quartz à une telle distance. On interprète donc ces couches plus claires comme des suites d'événements de crues.

Dans le cas de la couche à *Pygurus*, mais également pour les deux autres exemples, nous pouvons constater que la lame mince nous apporte de plus amples informations. Cette observation nous permet de mieux examiner tous les éléments qu'une roche peut contenir afin de déterminer au mieux sa nature.

Je tiens encore à préciser que ces trois échantillons ont été préparés sous l'œil averti du géologue Eric Weber. De plus, je remercie l'institut de géologie de l'Université de Neuchâtel qui a financé et permit l'élaboration des lames minces.

Toutes les observations faites à ce sujet sont le fruit de plusieurs heures passées à l'Université, avec l'aide de M. Weber.

12. Partie hydrogéologique

Ce chapitre n'aurait pas pu être établi sans l'aide du Docteur Jérôme Perrin. Grâce à ses explications et informations, il m'a été possible de mieux comprendre le fonctionnement des écoulements des eaux souterraines.

Trois phases ont été nécessaires à l'aboutissement de cette partie hydrogéologique.

A savoir :

1. prélèvements et mesures des eaux de différentes sources.
2. analyse des eaux en laboratoire.
3. commentaires et hypothèses sur les résultats obtenus.

Avant de commenter ces trois phases, il est important d'expliquer les relations qu'il peut y avoir entre les karsts d'altitude et les résurgences (sources) de la vallée de la Lizerne.

12.1 *Présentation du cadre hydrographique et hydrogéologique*

La Derbonne prend sa source au lac de Forcla (altitude 2450m). Après avoir dévalé les pentes du vallon de Dorbon, elle rejoint le lac de Derborence (altitude 1449m). A cet endroit, elle rencontre plusieurs affluents et prend alors la dénomination de Lizerne. Ce torrent continuera sa course effrénée en empruntant les puissantes gorges de la Lizerne. Arrivée ainsi à son terme, la Lizerne, redevenue plus sereine, s'en ira se jeter dans le Rhône.

En complément, je tiens à signaler que la Derbonne n'est active qu'à la fonte des neiges et peut atteindre un débit de 5m³/sec. En période d'étiage (basse eau) elle se perd complètement dans les calcaires alors que la Lizerne peut encore avoir un débit supérieur à 5m³/sec.

Comme énuméré plus haut, la Lizerne est alimentée par plusieurs affluents dont la plupart sont des captages artificiels. Ceux-ci se situent sur le versant est de la vallée de la Lizerne et dans la vallée de la Morge au pied du Sanetsch. (en dehors de mon site d'étude).

Pour conclure cet aspect hydrographique, précisons, que les eaux de la Lizerne (plus de 6m³/sec.) font l'objet d'un turbinage à la centrale hydroélectrique d'Ardon.

En consultant les écrits hydrogéologiques, l'on trouve toute une série de sources (exutoires) situées sur le bassin d'alimentation de la Lizerne (bassin versant). Ces résurgences s'échelonnent entre 900m d'altitude (source de l'Airette) et 1900m (source de Vérout). Les exutoires principaux s'échelonnent entre 900m et 1450m (proximité du Lac de Derborence).

La plus importante du secteur est celle de l'Airette qui peut atteindre en période de crue environ 1500litres/seconde.



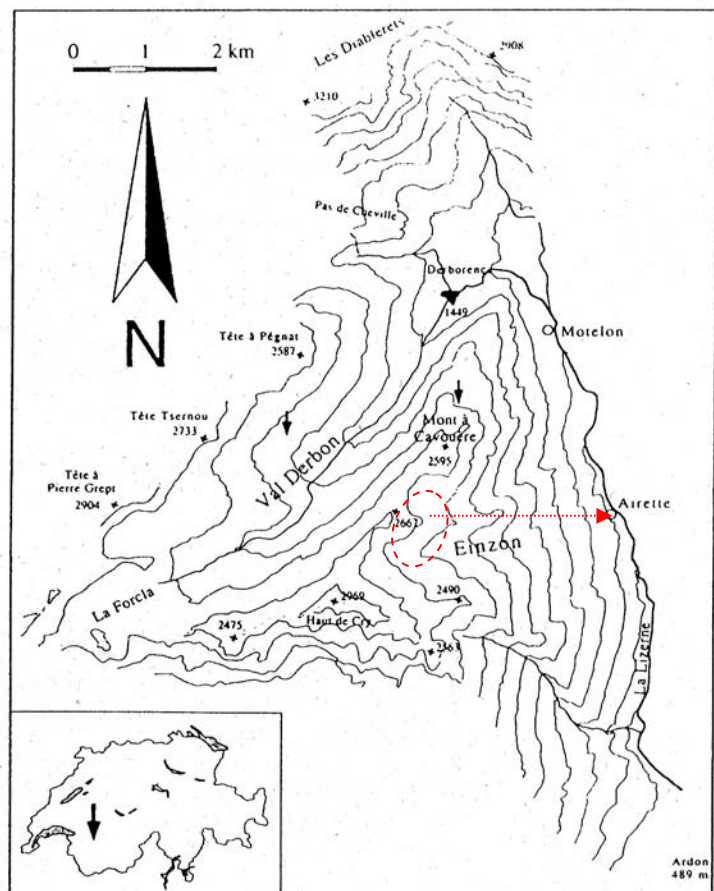
En période d'étiage, le niveau d'eau diminue considérablement, permettant de pénétrer dans la cavité jusqu'à un siphon (galerie noyée). Une tentative en plongée s'avéra infructueuse puisque le passage est fort étroit.

Ci-contre la source en période d'étiage

12.2 Hypothèses hydrogéologiques concernant la Chaux d'Einzon

D'après les observations faites sur carte, l'Airette pourrait être la résurgence du réseau karstique de la Chaux d'Einzon. En effet, cette zone se situe tout comme l'Airette sur la rive ouest de la Lizerne. Si l'on se réfère toujours à la carte, cette source se trouve être l'endroit le plus direct à un écoulement souterrain en partance de la Chaux d'Einzon, bien que ces deux sites soient séparés par plus de mille mètres de dénivellation.

Afin de se faire une meilleure idée de la configuration du site, ci-contre une carte sur laquelle une flèche rouge représente la direction ainsi que la distance séparant les zones mentionnées précédemment.



En présentant les choses ainsi, tous les facteurs semblent être réunis à un développement karstique. Toutefois, c'est en observant une coupe géologique en compagnie de M. Perrin qu'il m'a fait prendre conscience d'un point pouvant tout remettre en question.

Nous connaissons bien la présence de Valanginien schisteux sous la couche de Valanginien calcaire, cependant il est difficile d'évaluer son épaisseur qui doit être comprise entre 100 et 250 mètres. Nous savons que cette roche a la réputation d'être quasi imperméable. Il est possible que l'eau ne puisse pas la traverser et par conséquent ne jamais atteindre la source de l'Airette se situant dans les calcaires du Malm.

Cette hypothèse reste encore à vérifier et tous nos espoirs sont loin d'être perdus. Dans cette région tourmentée, il est envisageable qu'un accident géologique (faulle importante) permette à l'eau de traverser une telle couche.

Il est évident que le meilleur moyen de connaître le parcours de l'eau depuis la Chaux d'Einzon serait de faire un essai de traçage (ce thème sera présenté dans la suite de mon travail).

Une autre possibilité est l'analyse de l'eau des différentes sources de la vallée de la Lizerne. Ce travail permettrait de dresser un tableau contenant des valeurs mesurées sur le terrain et apportant quelques informations non négligeables.

C'est en l'occurrence le procédé que j'ai choisi et mis en pratique.

Voyons plus en détail quels ont été les moyens d'investigations nécessaires pour mener à bien toute la partie pratique de ce chapitre.

Grâce au Docteur Jérôme Perrin, relevons que tout le matériel a été mis à ma disposition par le CHYN "Centre Hydrogéologique de Neuchâtel". Les analyses en laboratoire ainsi que les observations des résultats se sont également déroulées au CHYN.

12.3 Hydrogéologie, partie pratique

12.3.1. Prélèvements et mesures des eaux de différentes sources

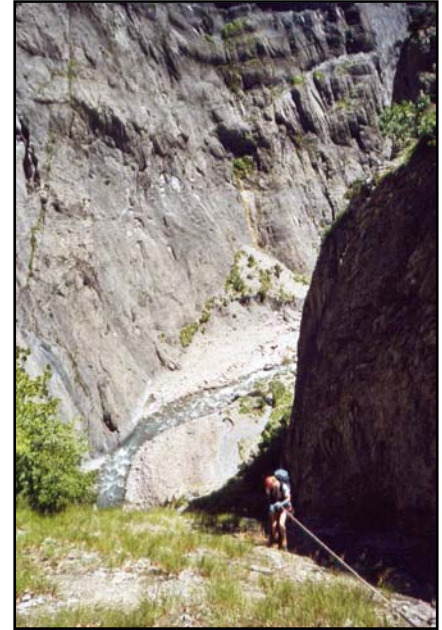
Tous les prélèvements sont issus de la vallée de la Lizerne et plus précisément de huit sources différentes placées sur la rive ouest de la gorge.

Ce choix n'a pas été fait au hasard, mais par rapport à l'emplacement de la Chaux d'Einzon également située le versant ouest.

L'accès à la Lizerne est difficile en raison de ces versants très escarpés. Aucun chemin n'est tracé. Les deux seules façons de pouvoir y accéder sont : en rappel depuis les falaises de l'Airette ou alors en descendant à pied le long du torrent depuis Derborence.

Ce lieu est à déconseiller en cas de pluie. En effet, celle-ci pourrait déclencher une forte crue ne laissant pratiquement aucune chance de fuite.

Les photographies de la page suivante donnent une vision générale de cette vallée. Par l'accès depuis l'amont de la gorge où par les falaises.



La première descente en compagnie de M. Perrin a été faite dans le but de topographier une petite cavité semi-active ainsi que pour effectuer quelques mesures.

Pour chaque source, quatre mesures ont été exécutées :

1. prélèvement d'un échantillon d'eau dans une petite bouteille.
2. mesure du débit.
3. mesure de la conductivité (minéralisation de l'eau).
4. mesure de la température.

Il est important de donner quelques informations pratiques concernant l'échantillonnage.



Lors la mise en bouteille de l'eau et afin d'éviter que le CO₂ (gaz carbonique), dissout naturellement dans l'eau ne s'échappe dans l'air, il est impératif de ne pas laisser d'air à l'intérieur. Ce phénomène provoquerait un déséquilibre chimique.

S'agissant des mesures de conductivité et de température de l'eau, ces valeurs ont été prises à l'aide un conductimètre. Cet appareil est relativement facile d'utilisation. Il suffit d'immerger la sonde à l'endroit désiré. Après quelques manipulations, un écran affiche les résultats enregistrés.

L'unité de mesure de conductivité est le micro siemens.

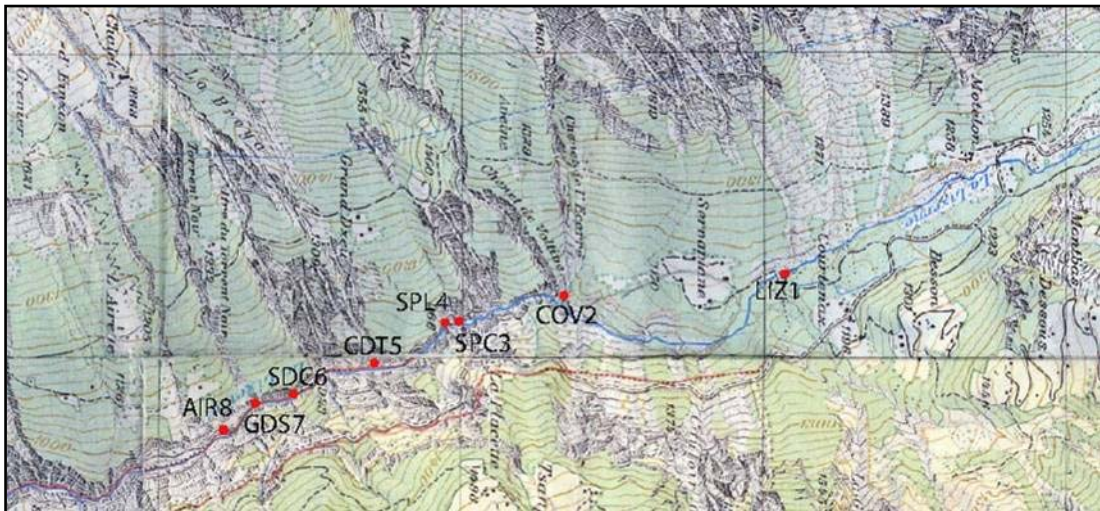
Voici à quoi ressemble cet instrument

Les valeurs de conductivité nous permettent de connaître le taux de minéralisation de l'eau. Ce taux peut s'avérer élevé lorsque celle-ci est sujette à une pollution ou qu'elle a transité dans une roche riche en sulfate (comme le gypse). On parle alors de minéralisation naturelle.

Dans le cas inverse ce sont généralement les eaux de pluie ayant circulées sur du granite qui présentent un taux de minéralisation faible.

Pour pouvoir mieux comprendre les résultats présentés en page 64, il est important de donner quelques informations sur ces huit sources

La carte ci-dessous marquée de points rouges, représente les emplacements de ces résurgences.



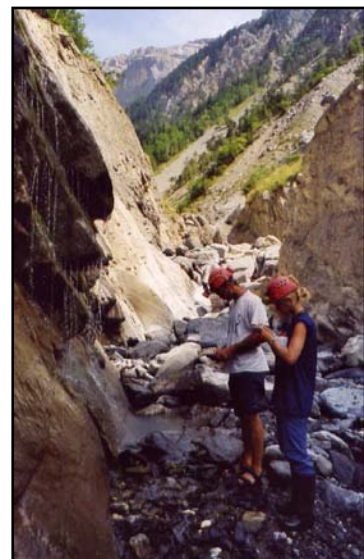
Ces sources ont été recensées dans le but de pouvoir facilement se souvenir de leur emplacement.

Nous avons fait en sorte de toujours analyser les sources dans un même ordre afin de ne pas mélanger les données. Préalablement la source est nommée puis inscrite avec un numéro sur le flacon contenant un échantillon de son eau contenant un échantillon de son eau.



*Photo de droite :
Mesures au
de Voltive.*

Chenet



Ces flacons sont généralement en polyéthylène et possèdent des bouchons à vis assurant une parfaite étanchéité pour le transport et le stockage. Il est important de rincer au moins une fois le flacon avec l'eau du prélèvement.

Nous entamons ensuite la mesure de la conductivité, puis celle de température.

Après quoi le débit est estimé. La méthode la plus simple pour effectuer une telle mesure est d'utiliser un récipient gradué. Son temps de remplissage est chronométré.

Le travail est terminé par quelques notes sur son emplacement géologique, topographique et remarques diverses.

Ci-après, les résultats obtenus pour chaque source :

1. **Rivière de la Lizerne** / flacon : NoLizerne
conductivité : 372us température : 10,6°C
débit : 130 litres/seconde géologie : rivière de surface
commentaire : Ces mesures ont été prises à 1140m d'altitude.

2. **Source du Chenet de Voltive** / flacon : No2
conductivité : 253us température : 9,9°C
débit : 5 litres/seconde géologie : couche de l'Hauterivien
commentaire : Ici la température de l'eau n'est pas vraiment à prendre en considération, puisque son emplacement lui permet de se réchauffer au soleil.

3. **Source de la toute petite cascade** / flacon : No3
conductivité : 290us température : 7,6°C
débit : 1,3 litre/minute géologie : couche du Tertiaire
commentaire : -

4. **Source du petit lac** / flacon : NoEC
conductivité : 285us température : 6,7°C
débit : 4 litres/minutes géologie : couche du Tertiaire
commentaire : Il faut savoir que les sources de la petite cascade et celle du petit lac sont très proches. Toutefois, leur température varie de 1°C. Cela pourrait signifier que l'eau de la source No 3 proviendrait de plus haut dans la montagne.

5. **Source de la cascade en Tuf** / flacon : No4
conductivité : 390us température : 12,8°C
débit : 0,3 litre/seconde géologie : couche du Valanginien calcaire
commentaire : Idem que pour la source No1.

6. **Source de la contorsion** / flacon : No1
conductivité : 341us température : 8,6°C
débit : 3 litres/seconde géologie : couche du Valanginien calcaire
commentaire : -

7. Grotte de l'Airette (A2) / flacon : No5*conductivité* : 591us*température* : 16,6°C*débit* : 5 litres/seconde*géologie* : couche du Malm

commentaire : La température de l'eau est extrêmement élevée. D'ailleurs, à l'intérieur de la grotte l'on sent parfois une odeur de soufre. Cette cavité est très intéressante.

8. Source de l'Airette (A1) / flacon : NoValser*conductivité* : 303us*température* : 6,4°C*débit* : 100 litres seconde*géologie* : couche du Malm*commentaire* : -

En ce qui concerne le stockage des échantillons, il est préférable de les ramener le plus rapidement possible au laboratoire. Néanmoins, si l'on dispose d'un délai entre le prélèvement et l'analyse, les flacons doivent être stockés à l'abri de la lumière et au frais. L'idéal étant de les placer dans un réfrigérateur.

Un jour après le prélèvement des échantillons M.Perrin me présenta au laboratoire du CHYN les différents appareils d'analyse et leur fonctionnement. Cette démarche me permettait d'effectuer le contrôle de mes huit flacons.

12.3.2. Analyse des eaux en laboratoire

Le procédé pour une analyse des échantillons se déroule comme suit :

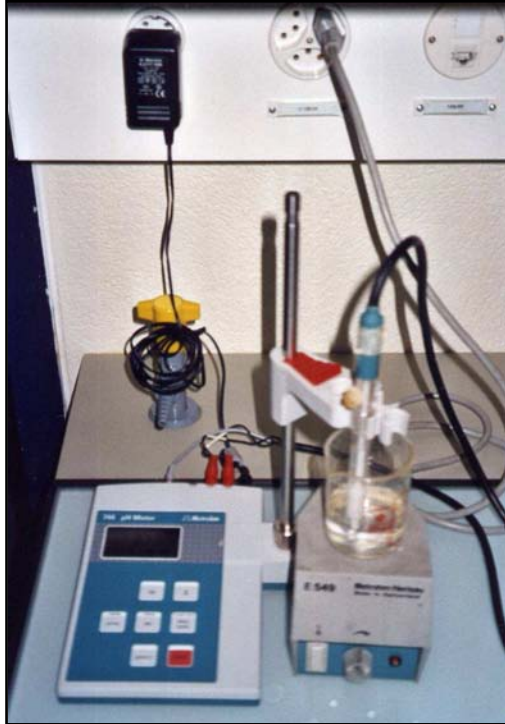
- mesure du pH
- mesure de la dureté temporaire
- mesure de la dureté totale

12.3.3. Mesure du ph

Le pH de l'eau est mesuré à l'aide d'un pH-mètre. Ce dernier doit être ajusté avant d'être utilisé avec une solution appelée "tampon de pH".

Après l'étalonnage du pH-mètre, l'on prend un récipient de 50ml. Un rinçage avec l'eau choisie est nécessaire avant de commencer l'analyse. Il est impératif de ne pas oublier de nettoyer l'électrode pH avec cette même eau avant de le tremper dans l'échantillon. Cette électrode est un agitateur magnétique, appelé plus communément "poisson" et servant à homogénéiser la solution. Il faut également, après chaque utilisation de l'appareil, rincer la sonde qui est placée dans le récipient.



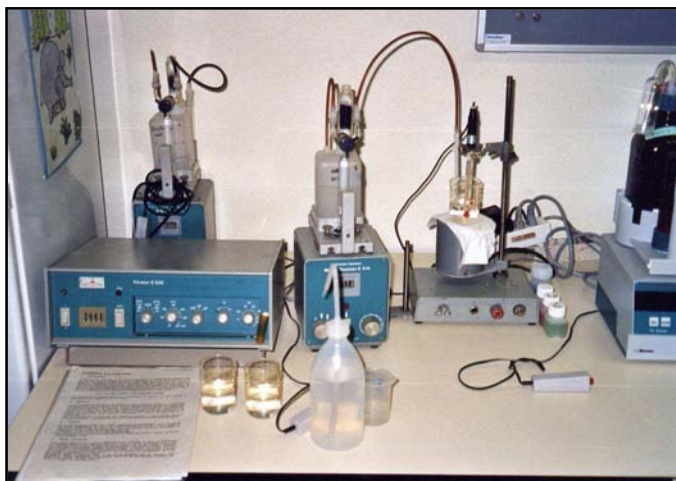


Un pH-mètre

Les résultats obtenus du pH variaient entre 7,2 et 8,4. Pour connaître les détails des résultats un tableau regroupant toutes les analyses est présenté dans le point 3 de ce chapitre.

12.3.4. Mesure de la dureté temporaire

La dureté temporaire ou TAC représente la teneur en bicarbonate. Elle est exprimée en mg/l. La détermination de la dureté temporaire se fait à l'aide d'un acide fort. Le bicarbonate est transformé en acide carbonique qui est un acide faible. L'analyse prend fin lorsque le bicarbonate et l'acide carbonique sont en équilibre de dissociation. C'est-à-dire que la quasi totalité de bicarbonate est transformée en acide carbonique.



Appareil mesurant la dureté temporaire

Les modes de désinfection sont pour ainsi dire les mêmes que pour le pH. Lors de cette mesure, on procède généralement à deux analyses. Si les

résultats des deux essais varient de quelques unités un des deux est choisi. Toutefois, si la différence est trop grande, une troisième analyse sera effectuée.

12.3.5. *Mesure de dureté totale*

La dureté totale sert à calculer la concentration de magnésium qu'il y a dans l'eau. Toutefois, cette analyse n'a pas pu se faire dans le cadre de mon travail. La machine servant à obtenir ces résultats étant malheureusement en panne. Afin de pouvoir tout de même accéder à ces données, M. Perrin procéda à une analyse par filtration très complexe, difficilement saisissable sans avoir fait des études à ce sujet.

Sur la page suivante, tous les résultats ont été regroupés sur un même tableau permettant de faire certaines hypothèses à leurs sujets.

12.3.6. *Commentaires et hypothèses sur les résultats obtenus*

Les différents composants chimiques que nous avons analysés peuvent être regroupés en plusieurs ensembles.

Tout d'abord, le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et les bicarbonates (HCO_3) correspondent aux éléments de la dissolution de la calcite et de la dolomite. De hautes valeurs de ces trois composants, ainsi que des valeurs élevées de conductivité, proviennent ordinairement d'une eau karstique.

Les éléments correspondant à une haute teneur en sulfate (SO_4) sont dus à une dissolution de la pyrite et du gypse.

Le sodium (Na), les chlorures (Cl), les nitrates (K) et les sulfates (SO_4) peuvent se trouver dans des eaux contaminées par des activités humaines.

En observant plus en détail le tableau, l'on constate que trois groupes distincts ressortent après l'analyse des données chimiques.

Groupe 1 (en bleu) :

Il représente la majeure partie des résultats. La haute teneur en magnésium, calcium et bicarbonate démontre que ces eaux proviennent bien d'un réseau karstique. De plus, ces dernières ont une haute teneur en sulfate permettant de faire l'hypothèse qu'elles passent dans des couches contenant de la pyrite. Cette dernière est constituée de fer et de soufre (sulfates).

Groupe 2 (en vert) :

Celui-ci est constitué par la rivière de la Lizerne et de la source de l'Airette (A1). On s'aperçoit que les deux sites ont des résultats relativement identiques. Ceci pourrait signifier que leur parcours est assez similaire.

Groupe 3 (en rouge) :

La grotte de l'Airette (A2) forme un groupe à elle seule. Elle obtient des résultats très surprenants. Cette cavité, méconnue avant 2001, présente toutes les caractéristiques d'une source thermale.

D'après les chiffres, l'eau proviendrait de très profond, peut-être depuis les couches de Aalénien. Ce qui expliquerait la riche teneur en sodium, chlorure, sulfate. De plus, la température anormale de l'eau fait régner une étrange atmosphère à l'intérieur de la grotte.

Tableau récapitulatif des échantillonnages d'eau en 2002 Servaplane - gorge de la Lizerne / Derborence (Valais)

Mesures août 2002:

| Abréviation, N° | Echantillon | date | géologie | altitude | débit [l/s] | cond. [µS/cm] |
|-----------------|------------------------------|----------|----------|----------|-------------------------|---------------|
| LIZ1 | lizerne (rivière Servaplane) | 25-08-02 | surface | 1100 | 500.00 | 300 |
| GDS7 | grotte de l'airette (A2) | 25-08-02 | malm | 905 | 15.00 | 163 |
| AIR8 | source de l'airette (A1) | 25-08-02 | malm | 905 | 1500.00 | 161 |
| | | | | | Débits approximatifs !! | |

Mesures octobre 2002:

| Abréviation, N° | Lieu d'échantillonnage | date | géologie | altitude | débit [l/s] | cond. [µS/cm] | temp. [°C] | pH | TAC |
|-----------------|------------------------------|----------|------------------|----------|-------------|---------------|------------|------|-----|
| LIZ1 | lizerne (rivière Servaplane) | 04-10-02 | surface | 1100 | 150.00 | 540 | 10.8 | 8.30 | 136 |
| COV2 | chenet de voltive | 04-10-02 | hauterivien | 1055 | 5.00 | 253 | 9.9* | 8.38 | 120 |
| SPC3 | source petite cascade | 04-10-02 | tertiaire | 1005 | 0.02 | 290 | 7.6 | 7.83 | 134 |
| SPL4 | source du petit lac | 04-10-02 | tertiaire | 1005 | 0.07 | 285 | 6.7 | 7.75 | 133 |
| CDT5 | cascade de tuf | 04-10-02 | valang. calcaire | 975 | 0.30 | 390 | 12.8* | 8.23 | 190 |
| SDC6 | source de la contorsion | 04-10-02 | valang. calcaire | 970 | 3.00 | 341 | 8.6 | 8.09 | 165 |
| GDS7 | grotte de l'airette (A2) | 04-10-02 | malm | 905 | 5.00 | 591 | 16.6 | 7.60 | 177 |
| AIR8 | source de l'airette (A1) | 04-10-02 | malm | 905 | 150.00 | 303 | 6.1 | 7.13 | 105 |

Suite du tableau, échantillonnage du 4 octobre 2002:

| Abréviation, N° | Na [mg/L] | K [mg/L] | Mg [mg/L] | Ca [mg/L] | Cl [mg/L] | NO3 [mg/L] | SO4 [mg/L] | HCO3 [mg/L] | BI [%] |
|-----------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|--------|
| LIZ1 | 0.7 | 0.3 | 14.8 | 57 | 0.6 | 0.7 | 70.4 | 166 | 1.1 |
| COV2 | 0.3 | 0.1 | 4.8 | 48 | 0.6 | 1.0 | 16.4 | 146 | 0.2 |
| SPC3 | 0.9 | 0.1 | 6.3 | 53 | 0.5 | 0.9 | 21.4 | 163 | 1.1 |
| SPL4 | 0.9 | 0.2 | 6.1 | 51 | 0.6 | 0.9 | 20.5 | 162 | 0.6 |
| CDT5 | 1.5 | 0.4 | 10.3 | 71 | 0.7 | 0.4 | 29.9 | 232 | 0.1 |
| SDC6 | 0.5 | 0.1 | 5.6 | 69 | 0.6 | 0.6 | 20.0 | 201 | 2.6 |
| GDS7 | 25.2 | 1.1 | 18.6 | 75 | 14.9 | 0.7 | 132.3 | 216 | 2.6 |
| AIR8 | 0.7 | 0.1 | 14.5 | 43 | 0.6 | 1.0 | 56.6 | 128 | 0.6 |

Echantillons relevés en analyses par Valérie Chopard et Jérôme Perrin / 2002-2003

La découverte de cette grotte et de ces caractéristiques pourrait bien s'avérer d'importance majeure dans la connaissance de la nappe de Morcles. C'est pour cette raison que nous avons décidé de retourner sur les lieux en automne 2002. Cette fois-ci pour y placer une sonde électronique.

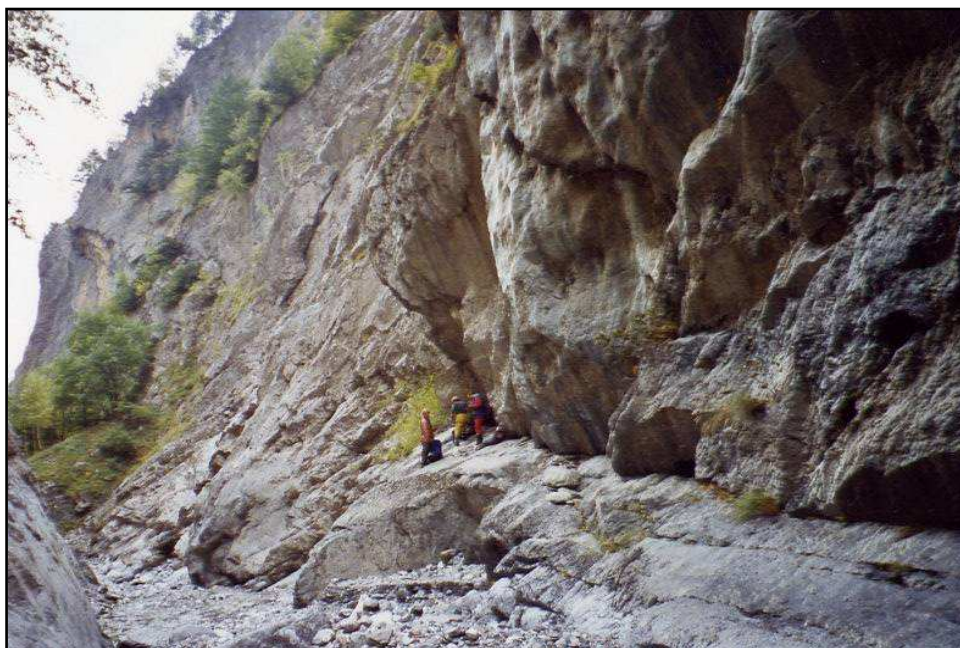
En complément et à titre indicatif on constate sur le tableau que le débit de la source de l'Airette (AIR8) est dix fois inférieur en octobre qu'au mois d'août. Cela est dû à la quasi disparition de la neige sur les massifs alentours ne permettant plus une alimentation en eau par fonte des neiges.

12.4 Installation de la sonde dans la grotte de l'Airette

Les informations collectées ont provoqué un grand nombre d'interrogations. Grâce à l'installation de cette sonde nous espérons obtenir des données capitales pour l'étude de cette source. Il se peut que des variations élevées de température s'opèrent tout au long de l'année, causées notamment par des périodes de crues et d'étiages.

Il faut savoir que cette cavité est encore méconnue et que pour l'instant seul un petit cercle de personnes en connaît l'existence.

Ci-dessous une photographie indiquant la zone où s'ouvre cette cavité.



L'installation de la sonde s'est déroulée en compagnie du Docteur Jérôme Perrin, du géologue valaisan Pascal Tacchini et du spéléologue Damien Linder.

Le but était mise en place de cet instrument de mesures à l'intérieur de la cavité sous une profondeur d'eau d'environ un mètre. Grâce à M. Jérôme Perrin, la sonde a été mise à dispositions par la CHYN.

12.4.1. Description de la sonde



Programmée pour calculer la conductivité ainsi que la température depuis le 30/10/2002 à 20:30 (heure d'hiver) jusqu'au 3 juin 2003. Le pas de temps est de 30 minutes, ce qui signifie que jusqu'au 3 juin elle aura enregistré 16'000 données.

Cette sonde est un instrument performant, mais sensible. Il a donc fallu la fixer solidement pour qu'elle ne puisse pas heurter les parois lors de crue.

La photographie ci-dessous représente l'endroit exact où la sonde a été placée et par quels moyens nous l'avons fixée.

Les résultats ne pourront officiellement être connus qu'à partir de début juin. Mais il se peut que l'échéance soit avancée pour l'obtention des résultats avant la soutenance de mon travail afin de pouvoir les communiquer à temps utile. Ceci reste encore à définir, car il ne faut pas oublier que les conditions d'enneigement favorables et une météo optimale jouent un rôle important dans l'accessibilité de la cavité.



13. Conclusion

Ce travail a débuté courant juillet 2002 par des observations faites sur le terrain lors de différentes expéditions spéléologiques. Un engagement de plusieurs séances de laboratoire fut également effectué dans le cadre de l'Université de Neuchâtel. Se sont les conditions météorologiques et climatiques qui m'obligèrent à commencer relativement tôt les expériences sur le site étudié.

Rapidement, j'ai pris conscience de la complexité du sujet et du temps nécessaire à engager pour une bonne compréhension de ces différentes disciplines. Cependant, ce fut pour moi très captivant et enrichissant.

Certes, mes observations et mes analyses ne sont pas celles de scientifiques confirmés. Ce sont les démarches d'une spéléologue passionnée essayant de comprendre la mise en place et le fonctionnement des phénomènes karstiques sur la zone de la Chaux d'Einzon.

De plus, la réalisation de ce travail m'a permis de faire connaissance de nombreux professionnels qui m'ont soutenu par de précieux conseils.

Je précise également que la participation active de spéléologues dans une zone d'étude est très importante. Grâce aux données obtenues par le biais des topographies et des explorations, leurs démarches permettent de mieux cerner certaines interrogations et ainsi faire évoluer les découvertes karstiques.

14. Bibliographie

- Michel Marthaler (2001) : *Le Cervin est-il africain ?*
- Eric Gilli (1995) : *La spéléologie*, Edition Que sais-je.
- Philippe Renaut (1970) : *Formation des cavernes*, Edition Que sais-je.
- Théodore Kuronen (2000) : *Derborence et la vallée de la Lizerne*.
- Toni Labhart & Danielle Decrouez (1997) : *Géologie de la suisse*.
- Andres Wildberger & Christian Preiswerk (1997) : *Karst et Grottes de Suisse*.
- Foucault & J.-F. Raoult (1995) : *Dictionnaire de géologie*, 4^e édition.
- Walter Schumann (1989) : *Guide des pierres et minéraux*.
- Marcel Burri (1994) : *Connaître la nature en Valais – Les roches*.
- Vincent Pilloud (2002) : *Les Bons de Bière*, Institut de Géographie Université de Lausanne.
- Pierre-Yves Jeannin & Stève Beuret (1995) : *Multitraçage dans la Région de Derborence (VS)*, Caverne (Neuchâtel) 1/2 1995.
- Philippe Audra (2001) : *Mesures de débits et traçages*.
- Spéléo-Club-Jura & G. S. Troglologues : *Archives et notes d'explorations*.
- H. Badoux, J.H. Gabus & C.H. Mercanton (1990) : *Atlas géologique de la Suisse 1 :25'000, carte et notice – feuille 1285 Les Diablerets*.
- H.Badoux (1971) : *Atlas géologique de la Suisse 1 :25'000, carte et notice – feuille 1305 Dt. de Morcles*.
- Maurice Audétat : *Notions de géologie et hydrogéologie*

15. Remerciements

L'élaboration et la réalisation de ce travail n'aurait pas pu être accompli sans la généreuse collaboration des personnes suivantes :

Monsieur Jérôme Perrin, Docteur en hydrogéologie
Monsieur Eric Weber, étudiant en quatrième année de géologie
Monsieur Damien Linder, spéléologue

Je remercie tout particulièrement le Centre Hydrogéologique de Neuchâtel pour les prêtés de matériels ainsi que la mise à disposition des appareils d'analyses.

Encore à tous un grand merci !

Valérie Chopard