

Fascicule Technique à l'usage des Géologues Amateurs

Version 5.0. mise à jour le 14 septembre 2020

Luc Van Bellingen

Table des matières

1. Introduction	4
2. Les difficultés et la complexité de la géologie	4
3. Le pari de ce fascicule	5
4. Le travail collectif à l'honneur	5
5. Petit historique des connaissances géologiques	6
5.1. Introduction	
5.2. La Grèce	
5.3. Rome	
5.4. Le Moyen Age	
5.5. La Renaissance	
5.6. Le XVII ^{ème} siècle	
5.7. Le XVIII ^{ème} siècle	
5.8. Le XIX ^{ème} siècle	
5.9. Le XX ^{ème} siècle	
6. Ce qu'il faut pour travailler sur le terrain	16
6.1. Le matériel	
6.2. Les cartes	
6.2.1. Les cartes topographiques aussi appelées "cartes d'état major" ou cartes I.G.N.	
6.2.2. Les cartes géologiques	
6.2.3. Quelques définitions situant notre champ d'investigation	
6.2.4. Le tableau des roches	
6.2.5. La stratigraphie	
6.2.5.1. Les principes de la stratigraphie	
6.2.5.2. Les couches	
6.2.6. Interprétation d'une carte géologique	
6.2.6.1. Anticlinaux et synclinaux	
6.2.6.2. Les accidents de terrain	
6.2.6.3. Le relief	
6.2.6.4. Un conseil	
6.2.6.5. Un dernier conseil	
6.2.6.6. Quelques coupes	
6.2.6.7. Transgressions et régressions	

7. Le Géologue sur le terrain	63
7.1. Les règles à respecter	
7.1.1. Avant de partir...	
7.1.2. Sur le terrain...	
7.2. L'entrée dans la carrière	
7.3. La mise au travail	
7.3.1. Le temps de l'observation	
7.3.2. Le temps de la réflexion	
7.3.3. Les erreurs d'observation éventuelles	
7.3.4. Le temps de la recherche active	
7.3.5. Le temps de la conversation	
8. De retour à la maison	75
8.1. Les règles à respecter	
8.2. Le laboratoire et les collections	
8.2.1. Le contenu du laboratoire	
8.2.1.1. La table de travail	
8.2.1.2. L'étagère ou le tiroir pour les outils	
8.2.1.3. Une armoire pour les produits chimiques	
8.2.1.4. Une bibliothèque	
8.2.1.4.1. Les ouvrages de minéralogie	
8.2.1.4.2. Les ouvrages de paléontologie	
8.2.1.4.3. La géologie	
8.2.1.4.4. Une étude "régionale"	
8.2.1.4.5. En conclusion...	
8.2.1.4.6. Et Internet ???...	
8.2.1.4.7. Les collections privées et publiques	
8.2.1.5. Une armoire à collection	
8.2.1.6. Une vitrine	
8.2.1.6.1. Une vitrine "normale"	
8.2.1.6.2. Une vitrine "fluo"	
8.2.1.6.2.1. Introduction	
8.2.1.6.2.2. Les ondes longues	
8.2.1.6.2.3. Les ondes courtes	
8.2.1.6.2.4. Comment procéder ?	
8.2.1.6.2.5. La photographie de minéraux fluorescents	
8.2.1.7. Un studio photo	
8.2.1.8. Une réserve	
8.2.2. La collection	
8.2.2.1. Les logiciels de gestion des collections	
8.2.2.2. L'étiquetage	
8.2.2.3. Le classement et le rangement	
9. Ma méthode d'étiquetage, classement et rangement	134
10. Le transport d'une collection ou d'échantillons	168
11. Et qui sait ??? peut-être qu'un jour... La célébrité...	168
11.1. La recherche en géologie	
11.2. Ai-je le profil du chercheur ???	
11.3. Le choix du Thème de la Recherche	
11.4. La Recherche	

11.5. La Découverte	
11.6. Les Séminaires	
11.7. La Gloire (enfin)...	
10. En guise de conclusion...	171
Annexes	172

1. Introduction

Depuis une centaine d'années, la littérature scientifique a comporté des dizaines voire même des centaines d'ouvrages d'initiation technique, des "guides du naturaliste".

Le naturaliste curieux de Géologie et qui ouvre ces "guides" ne verra pas sa curiosité satisfaite. Botanique et Zoologie font l'objet d'importants développements sur la façon de recueillir et de conserver les animaux et les végétaux. Arrivé aux environs immédiats de la table des matières, on découvre le chapitre des géologues réduit à quelques pages. On y conseille l'usage du marteau et du burin et le rangement des collections dans des cuvettes en carton, ou des boîtes en matière plastique et c'est à peu près tout.

N'y a-t-il vraiment que cela à dire aux apprentis géologues ?

2. Les difficultés et la complexité de la géologie

Le sujet est d'apparence assez pauvre. Je ne vois pas l'utilité d'un filet à papillons pour capturer les insectes fossiles, ni de boîtes d'élevage. La dissection et l'examen des formes vivantes ne peuvent s'appliquer aux formes fossiles. Les plantes du Houiller ne peuvent se ranger en herbiers. Et ainsi de suite.

La plupart des procédés techniques et des outils utilisés et mis à la disposition des naturalistes, zoologistes et botanistes, ne semblent pas trouver leur application à la géologie.

A bien examiner la question, c'est-à-dire à réfléchir aux questions qui m'ont été souvent posées par les débutants, il m'est apparu comme une évidence : Les difficultés que j'ai rencontrées au début de mes recherches sont encore aujourd'hui les mêmes. Les débutants se trouvent devant un manque cruel de renseignements, un manque de documents, un manque d'explications claires sur le "Comment fait-on pour... ?"

Bien sûr, rien n'est plus facile que d'aller dans une bourse et d'acheter des minéraux et des fossiles et ensuite de les placer dans une vitrine avec l'étiquette fournie par le vendeur... Mais est-ce cela la géologie ?

Assurément non !

La Géologie est avant tout une science de recherches et une science de terrain. Et donc, je peux admettre que la géologie est une science particulièrement difficile pour les débutants. D'autant plus difficile que si on aborde les roches et les minéraux, il faudra, au préalable aborder la chimie minérale et la géométrie dans l'espace. D'autant plus complexe que si on aborde la paléontologie, il faudra maîtriser la zoologie, la biologie, la botanique et l'écologie des systèmes vivants. D'autant plus difficile à appréhender que si on aborde la géologie, il faudra connaître les rudiments de la physique et de la géographie.

Au-delà, la lecture d'un ouvrage ou d'une carte géologique comporte une série de rébus pour le néophyte qui se sent envahi par l'appréhension et le découragement.

Cette difficulté tient peut-être à ce que rien ne nous est familier en matière géologique. Aucune notion enfantine ne peut servir de support à des griffes. Nous n'avons aucune image mentale des

termes qui nous sont proposés. On a vu voler des papillons, courir des lapins, on a cueilli des fleurs et admiré de beaux arbres. Tout cela est vivant, se rencontre en tous lieux et attire la curiosité par la forme et la couleur.

En dehors des tas de cailloux en vue d'empierrier un passage, une entrée de garage, en dehors des moellons destinés à la construction (très souvent remplacés aujourd'hui par des briques), les roches ne se voient pas facilement. Il faut souvent les chercher dans les chemins creux, dans les carrières, dans les fondations de maison et parfois certains affleurement naturellement visibles ne le sont plus car recouverts de mousses, algues et autres végétaux colonisateurs. Elles n'attirent pas particulièrement l'attention. Quant aux fossiles, bien des adultes n'en ont jamais vu... et beaucoup ne soupçonnent même pas leur existence. Il faut les chercher et parfois dans des lieux d'accès difficile. C'est dire que parler d'un brachiopode ou bien d'un crinoïde, n'éveille absolument aucune image dans l'esprit du néophyte en géologie, alors que le débutant en zoologie ou en botanique a déjà une image mentale d'une pâquerette ou une tortue.

3. Le pari de ce fascicule

Partir de zéro et tenter d'initier le candidat géologue est le pari que je prends ici. En effet, si je n'avais pas eu la chance d'avoir un grand-père ingénieur des mines, si je n'avais pas eu la chance de pouvoir rencontrer des géologues de terrain comme Mr Vincent Dimanche employé par la Société Lhoist, et si je n'avais pas pu participer à des stages de géologie animés par des gens comme Michel Daras, professeur à Athénée Royal de Thuin ou Mr Yves Hanoteau, licencié en Géologie à l'U.L.B., j'en serais encore à me demander : "Comment fait-on pour... ?"

Le candidat géologue va rêver de recueillir, lui aussi une collection de minéraux, de roches et de fossiles. Ceci implique leur recherche sur le terrain et nécessite quelques instruments dont nous reparlerons plus loin.

Pour utiliser ses fossiles, le géologue doit savoir dans quel terrain il les trouve et avant d'entreprendre des recherches personnelles, il lui faut se guider d'après les renseignements de la carte topographique et de la carte géologique.

Ensuite notre débutant devra aller sur le terrain et apprendre comment on relève la coupe d'une carrière : des couches horizontales, des couches inclinées, des couches ondulées, des plis, des failles transformantes... sans oublier les cas particuliers que sont les grottes, les terrains d'origine volcanique ou d'origine glaciaire.

Familiarisé avec les divers aspects des terrains fossilifères, le géologue revient chez lui chargé d'échantillons récoltés au cours de ses excursions. Il faudra organiser son petit laboratoire personnel et ses collections.

Enfin, avant de ranger ses échantillons, il faudra les classer et donc les déterminer.

4. Le travail collectif à l'honneur

La meilleure manière d'apprendre la géologie est de participer à des excursions collectives.

Les clubs de géologues amateurs sont souvent de très bons conseils. Ils expliquent simplement les mécanismes complexes des Sciences de la Terre. Les membres les plus aguerris guident

facilement les plus jeunes et les néophytes, leur montrant où et comment chercher minéraux et fossiles.

Certains muséums d'histoire naturelle (le Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, L'institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique et le Musée du Marbre de Rance... pour ne citer qu'eux) organisent des stages sur le terrain afin d'initier les débutants.

Ce sont autant d'occasions pour le débutant comme pour les autres, d'aller pratiquer sur le terrain sous la direction de guides compétents, ce qui est supérieur à toutes les conférences et à tous les livres.

De plus, au cours de ces excursions le géologue a eu l'occasion de sortir avec des confrères. En vacances, rien ne l'empêche d'en faire autant. Le géologue a partout des confrères inconnus faisant partie ou non d'une association.

Grâce à Internet, le monde est devenu un petit village. Tous les géologues amateurs peuvent, en quelques "clics", être en contact les uns avec les autres. Les adresses mail s'échangent facilement, on peut être en contact direct avec son interlocuteur via MSN, des forums de discussions thématiques se créent où chacun peut échanger ses expériences. On peut se rencontrer virtuellement d'abord et si des intérêts communs naissent on peut organiser une sortie sur le terrain ensemble. C'est l'occasion de se montrer mutuellement ses collections et de s'échanger impressions, sentiments et renseignements divers. Les sites web dédiés à la géologie fleurissent un peu partout. Souvent l'œuvre d'amateurs ou d'associations, ils invitent à la découverte d'un monde merveilleux.

Enfin, il y a les bourses minéralogiques et paléontologiques. Outre l'aspect mercantile (achat-vente de minéraux et fossiles), il faut voir ces manifestations comme une occasion d'échanger des informations avec certains "vendeurs" qui ne sont pas que "vendeurs" mais qui sont aussi collectionneurs.

5. Petit historique des connaissances géologiques

5.1. Introduction

De tous temps les roches et les minéraux ont retenu l'attention des hommes, qui très tôt se sont exercés à reconnaître empiriquement les « pierres » utiles à la confection des outils et des armes de plus en plus perfectionnés, ainsi que de leur parure et de leur ornementation. Les hommes préhistoriques ont ainsi utilisé progressivement certains matériaux terrestres, tels que les silex, les jaspes et même des coquilles de dentales fossiles pour faire des colliers, bien avant d'en acquérir toute conscience scientifique. Les formes curieuses et géométriquement régulières des cristaux naturels, les couleurs souvent splendides de certains minéraux et roches leur ont suggéré, au contraire, des vertus magiques, des concepts mystiques, dont des réminiscences subsistent encore de nos jours. L'utilisation des métaux a succédé progressivement à celle de la pierre dès la plus haute antiquité, surtout au Moyen-Orient. Le cuivre a été découvert le premier au 5^{ème} millénaire avant J.-C. du fait de sa métallurgie très facile, et exploité activement en Iran. Au début du 3^{ème} millénaire apparaissent l'étain et son alliage avec le cuivre, le bronze; enfin le fer commence à être utilisé au premier millénaire par les Hittites. Pendant cette période ancienne, les exploitations minières se sont développées : et les

hommes ont appris à reconnaître les caractères des minerais métalliques en vue de leur prospection.

5.2. La Grèce

La Grèce antique a contribué d'une manière brillante au développement des connaissances géologiques, dont la plupart possèdent dès lors un caractère et une formulation scientifiques. Dès le 5^{ème} siècle av. J.-C., Pythagore (580-500 environ) reconnaît que la Terre est une planète sphérique et que le modelé du relief est dû à l'érosion par les agents superficiels tels que l'eau, qui est responsable du creusement des vallées. Anaxagore (500-428) puis Aristote (384-322) comprennent le cycle superficiel de l'eau, évaporation, pluie, ruissellement des eaux courantes et rassemblement dans les rivières et les fleuves.

Une autre découverte importante est celle de la nature exacte des fossiles. Xénophane (570-480) observe l'existence de fossiles marins dans des terrains consolidés situés à l'intérieur des terres, et loin de toute mer. Pythagore à peu près à la même époque et plus tard Hérodote (484-425) font des observations similaires desquelles ils concluent à la variation avec le temps des limites entre les continents et les Océans. Le problème des causes responsables de ces fluctuations entre mers et continents a préoccupé plusieurs philosophes grecs. Thalès (640-547) qui avait découvert les propriétés électrostatiques de l'ambre imaginait l'eau comme principe actif. Au contraire le feu intérieur fut invoqué comme cause principale par Parménide (6^{ème}-5^{ème} siècle), son élève Zénon d'Élée (5^{ème} siècle), et surtout Empédocle (490-430) qui étudia l'Etna et qui mourut d'ailleurs en tombant dans le cratère de ce volcan.

De ses observations sur les éruptions volcaniques, cet auteur eut l'idée des mouvements souterrains de laves et est ainsi à l'origine de la notion importante de transfert de matière à l'intérieur de la Terre.

Le concept de la durée considérable des phénomènes géologiques par rapport à l'échelle humaine apparaît également dans les enseignements d'Anaxagore et surtout d'Aristote qui écrit : « Les révolutions du globe sont si lentes, comparativement à la durée de notre existence, qu'elles passent inaperçues. » Dans le même courant d'idées, Strabon définit une méthode pour déchiffrer l'histoire de la Terre et qui constitue un premier énoncé du principe dit des « causes actuelles » : « Il convient de déduire nos explications de choses qui tombent sous nos sens et qui, dans une certaine mesure, se passent tous les jours sous nos yeux. »

La civilisation grecque classique a donc apporté un nombre important de résultats et de méthodes scientifiques concernant la géologie. Plusieurs concepts fondamentaux furent émis, comme la variation des domaines océaniques et continentaux au cours des temps, la durée considérable des processus géologiques, le cycle de l'eau, l'existence de transferts de matière de l'intérieur vers l'extérieur de la planète, les fondements de la paléontologie et le problème du renouvellement des espèces.

5.3. Rome

L'apport des Romains est au contraire décevant à côté de celui des Grecs dans le domaine scientifique. La progression des connaissances géologiques est pratiquement arrêtée dès la conquête de la Grèce (premier siècle av. J.-C.) et les premiers siècles de notre ère virent même une régression et le retour de certaines croyances mystiques. Mais le caractère ingénieux du

peuple romain permit le développement des exploitations de pierres pour la construction et la décoration ainsi que celles des mines dont la conquête a joué un rôle important dans l'histoire romaine.

5.4. Le Moyen Age

L'héritage de l'esprit scientifique de la Grèce ancienne dont un dernier éclat luit grâce à la deuxième école d'Alexandrie, est transmis par Byzance aux Arabes qui, ayant traduit les œuvres des savants grecs et alexandrins, vont maintenir dans le monde méditerranéen le niveau des connaissances.

En Europe occidentale, la période qui s'étend du 5^{ème} au 9^{ème} siècle est marquée par une importante régression de l'acquis scientifique. Il fallut attendre le 12^{ème} siècle pour qu'une tentative de renouveau s'amorçât. Ce phénomène qui se traduisit notamment par la fondation d'universités dans plusieurs villes importantes (Paris, Oxford, Montpellier, Naples...) fut une des conséquences des croisades et aussi du rayonnement des universités arabes de Séville, de Tolède et surtout de Cordoue, avec Averroès (1126- 1198) qui fit traduire de nombreux textes arabes en hébreu. Plusieurs lettrés juifs entreprirent leur traduction en latin (Gérard de Crémone, Jean de Luna, Ibn Tiddon...), surtout à partir des ouvrages conservés à Tolède, et permirent ainsi un accès plus aisé des lettrés occidentaux à la connaissance des savants helléniques, en particulier Aristote.

Ainsi depuis cette époque, l'Occident européen commença à rapprendre la science antique progressivement jusqu'au 15^{ème} siècle. On redécouvrit la signification exacte des fossiles, avec Albert de Bollstœdt, dit le Grand (1193-1280), ou le moine Ristoro d'Arizzo (1239- 1282), qui le premier semble avoir introduit l'explication du Déluge comme facteur responsable de l'extinction de ces espèces animales. La découverte de la pensée d'Aristote va en effet peser sur la pensée des lettrés médiévaux, dont une des préoccupations fut de se livrer à des spéculations pour concilier le rationalisme et la logique aristotéliens avec les principaux dogmes chrétiens. Il en résulta de nombreuses discussions d'ordre métaphysique, laissant très peu de place aux observations réelles ou aux méthodes expérimentales. La science dut donc évoluer sous la double emprise de la Bible et d'Aristote et s'enferma dans un véritable dogmatisme. Certains esprits tentèrent cependant de secouer ce joug au 14^{ème} siècle, comme Albert de Saxe (1316-1390) qui entrevit l'action antagoniste de l'érosion et du soulèvement des continents dans l'élaboration de la morphologie de la surface terrestre.

5.5. La Renaissance

La première moitié du 16^{ème} siècle est marquée par une tentative de lutte contre l'emprise d'Aristote et de la scholastique. Elle fut généralement l'œuvre de médecins, car en ce temps-là l'art de la médecine couvrait pratiquement l'étendue des connaissances scientifiques. Trois noms se dégagent pendant cette période dans le domaine des sciences de la Terre.

Léonard de Vinci (1452-1519), véritable génie de la Renaissance italienne, jeta les bases de la stratigraphie et de l'analyse structurale des terrains plissés; il démontra que contrairement à l'opinion généralement admise à l'époque, la présence des fossiles marins n'est pas la conséquence du Déluge, puisqu'on en rencontre dans des couches différentes, qui sont forcément d'âges différents. Ces constatations lui suggérèrent d'ailleurs la durée considérable des temps géologiques. Un des premiers aussi, il préconisa le recours à l'expérience et à l'observation: « La

véritable science est celle que l'expérience a fait pénétrer en nous par les sens, en imposant silence aux clabauderies des disputeurs. » Ses écrits et ses enseignements sont malheureusement restés sans grand écho auprès de ses contemporains.

Bernard Palissy (1510-1590) émit les mêmes réserves que Vinci sur le rôle du Déluge pour expliquer la répartition des fossiles marins. Il montra également l'existence des fossiles non marins, de coquilles d'eau douce, entrevoyant la possibilité de retracer les conditions de vie des milieux passés.

Georges Bauer, dit Agricola (1494-1555), est très connu par son ouvrage illustré posthume *De re metallica* (1556) dans lequel il consigna la somme des connaissances de l'époque sur l'art minier, appliqué spécialement aux gisements métallifères (mines de Saxe). Il établit une classification des minéraux d'après leurs propriétés physiques (éclat, couleur, densité, dureté...). On lui doit également le mot « fossile » (*De re fossilium*, 1530).

Le mouvement de réaction contre l'aristotélisme se poursuivit pendant le 16^{ème} siècle, mais alla trop loin. Il aboutit à la résurrection du néoplatonisme et au développement du mysticisme et de doctrines hermétiques ou dogmatiques. Les grandes querelles religieuses qui accompagnèrent la Réforme ont entretenu ce climat peu propice à l'épanouissement de la science rationnelle.

Cependant cette époque est marquée par le début des grandes collections de minéraux (surtout les gemmes auxquelles on attribuait des vertus curatives), de roches et de fossiles, comme celles du Vatican. Leur inventaire entraîna la rédaction de plusieurs catalogues (Conrad Gesner, 1565; Valerius Cordus, 1561; Mercati, 1574), qui constituèrent les premiers ouvrages de référence nécessaires à l'élaboration d'une nomenclature systématique de ces objets.

La Renaissance correspond donc à un échec de cette première tentative pour dégager un savoir positif. Cet effort s'appuyait trop sur l'humanisme et demeurait trop littéraire; il n'a jamais pu se sortir de l'emprise des auteurs anciens pour lesquels les hommes du 16^{ème} siècle ont manifesté un trop grand respect. Les études sur le règne minéral faites par les humanistes de la Renaissance ne sont pas encore vraiment de la science.

5.6. Le XVII^{ème} siècle

La contrainte intransigeante imposée par l'Eglise et surtout les Jésuites à la suite du Concile de Trente eut un effet bénéfique assez inattendu pour le développement scientifique. Comme il devenait dangereux de discuter et d'exprimer des idées qui pouvaient être rapidement considérées comme hérétiques, les savants, en ce début du 16^{ème} siècle, se consacrent beaucoup plus à l'observation et à la méthode expérimentale. Ce siècle marque vraiment le début de la mesure scientifique qui permit de trancher la discussion, et tout d'abord dans le domaine de la physique. De grands esprits comme Bacon (1561 -1628) et Descartes (1596-1650) ont contribué à donner les méthodes rationnelles à la science. On va donc assister au triomphe progressif de l'expérience et de la raison. Par opposition à la pensée aristotélicienne et à la pensée humaniste des siècles antérieurs, Galilée supprima la distinction entre la physique céleste et la physique terrestre. Descartes exprima une idée analogue en 1630 : « La terre et les cieux sont faits d'une même matière. » Notre planète avec les phénomènes qui l'intéressent est ainsi replacée dans son contexte, l'Univers.

Dans cet état d'esprit général, la géologie, dont le mot apparut dans les écrits pour la première fois en 1657 (*Geologia norvegica*, par Escholt), commença à s'ériger scientifiquement à partir de la deuxième moitié du XVII^{ème} siècle. Les premières idées sur la constitution générale de la Terre sont dues à Descartes qui imagina une structure en couches concentriques entourant un noyau sans doute fondu et en cours de refroidissement. Kircher (1601-1680) découvrit en 1664 l'existence du gradient géothermique, la température augmentant progressivement avec la profondeur, à l'intérieur du globe terrestre. Il suggéra également que l'état de notre planète a subi une évolution lente et irréversible depuis sa formation. Enfin en 1693, avec la rédaction de son ouvrage *Prorogea*, Leibniz (1646-1716) mit l'accent sur les phénomènes ignés dont le rôle lui parut prépondérant dans l'origine et les transformations du globe terrestre. Il distingua nettement les deux grands types de roches d'après leur mode de formation, les roches ignées et les roches sédimentaires. Les connaissances sur les minéraux s'organisèrent principalement grâce au Danois Niels Steensen (plus connu sous le nom de Nicolas Sténon) [1638-1686] qui donna un premier énoncé de la loi sur la constance des angles des cristaux d'une même espèce en 1669. Le terme « minéralogie » est d'ailleurs employé pour la première fois dans le sens actuel par Robert Boyle en 1696.

Les notions fondamentales de la stratigraphie sont établies à cette époque à l'aide de nombreuses observations sur le terrain. Sténon fit aussi œuvre de pionnier dans ce domaine, en mettant en évidence le principe de superposition, les couches inférieures étant plus vieilles que les couches sus-jacentes, du fait de leurs dépôts successifs aux fonds des mers. Les Anglais Lister (1638-1711) et Woodward (1665-1722) furent les auteurs d'observations stratigraphiques pertinentes. John Ray (1627-1705) et surtout Nicolas Sténon prirent conscience des durées importantes qui caractérisent les processus évolutifs de la Terre. Ce dernier établit la première division des temps géologiques en six époques et distingua fondamentalement les terrains « primitifs » des terrains fossilifères. Les bases méthodologiques de la chronostratigraphie relative et de la paléogéographie ont été jetées et la notion de discordance angulaire fut également entrevue par Sténon qui peut donc être considéré comme le fondateur de la stratigraphie et de la tectonique.

Les connaissances sur les fossiles s'améliorèrent surtout sur le plan de l'anatomie et progressèrent avec celles sur le monde vivant actuel à la suite de l'introduction de l'esprit cartésien en zoologie et en botanique. La notion d'espèce fossile fut précisée, avec John Ray et surtout Robert Hooke (1635-1703) qui, par l'emploi du microscope, fit des observations intéressantes sur l'anatomie des végétaux et découvrit les Foraminifères. Soucieux de déterminer pour chaque reste d'être vivant le milieu naturel dans lequel il avait évolué, il fonda ainsi la paléoclimatologie.

Au XVII^{ème} siècle, les brumes de l'obscurantisme mystique et religieux se dissipent quelque peu devant l'assaut du cartésianisme, mais ayant droit de cité, elles gênent encore le développement de la science, en contrôlant rigoureusement la diffusion des publications (mise à l'index des œuvres de Descartes, Galilée, etc.). Il faudra que presque tout le XVIII^{ème} siècle, le « Siècle des Lumières », s'écoule pour que disparaissent toutes ces entraves.

5.7. Le XVIII^{ème} siècle

Pendant cette période, de nombreux écrits concernant les sciences de la Terre vont encore être empreints de fantaisie et manquer de rigueur positive. Ils furent l'œuvre d'auteurs qui se sont efforcés d'expliquer l'origine de toutes les choses de l'Univers avec l'appui d'une quantité

souvent très faible de faits d'observation. Il fallut en effet beaucoup de temps encore pour que les hommes comprennent qu'une théorie, un modèle vraisemblable de la Terre ne peuvent être établis tant qu'un grand nombre d'arguments, fournis par la Terre elle-même, n'a pas été rassemblé.

Buffon (1707-1788), que son caractère poussait à la vision généralisatrice des choses, peut être rangé dans cette catégorie. En 1749 il publia la *Théorie de la Terre*, en introduction à sa volumineuse *Histoire naturelle*. Il se pencha sur la signification des coquilles fossiles et en déduisit que le globe a dû évoluer tout au long de son histoire; il entrevit ainsi l'intérêt des reconstitutions paléogéographiques. Il affirma aussi la liaison intime entre l'histoire de la Terre et celle du système solaire : les planètes seraient des parties échappées du Soleil primitif autour duquel elles gravitent. Il admit l'existence d'une masse centrale en fusion (feu central) entourée d'une croûte provenant du refroidissement progressif à partir de la matière solaire primaire. Dans *les Époques de la Nature* qu'il publia en 1778, Buffon divisa l'histoire de la Terre en six époques auxquelles il ajouta une septième (l'époque de la civilisation) qui se caractérise par l'influence puissante de l'homme sur les modifications de la surface terrestre.

A côté de cette brillante vision sur l'origine des objets terrestres, des chercheurs de plus en plus nombreux commencèrent à accumuler les faits d'observation, à les passer soigneusement au crible et à les coordonner de façon systématique et logique. Parmi eux, Guettard (1715- 1786) rassembla ses observations sur la distribution des roches et des minéraux à la surface de la Terre en confectionnant une véritable carte géologique, qu'on appelle à l'époque carte minéralogique : il publia ainsi en 1746 un *Mémoire et carte minéralogiques sur la nature et situations des terrains qui traversent la France et l'Angleterre*, dans lequel il donna une esquisse exacte de la structure du Bassin parisien et de son prolongement Outre-Manche sur le territoire britannique. Voyageur infatigable, il entreprit avec l'aide de Lavoisier puis de Monnet la carte minéralogique de la France, qui se traduisit par la publication en 1780 de *l'Atlas et description minéralogiques de la France, entrepris par ordre du roi par MM. Guettard et Monnet*. Ses travaux couvrirent aussi des domaines de la paléontologie, avec la description de nombreux fossiles et de gisements fossilifères, de la géodynamique externe, en s'intéressant au problème de l'érosion par les eaux de ruissellement, les fleuves et la mer. A la suite d'un voyage (1757), il suggéra que de nombreux monts d'Auvergne sont d'anciens volcans, bien qu'il n'eût jamais vu de volcan actif; il arriva à cette conclusion parce qu'il avait vu des régions volcaniques, en particulier d'Italie, et en comparant les roches d'Auvergne avec les échantillons qui lui avaient été rapportés du Vésuve.

La géologie du volcanisme se développa en même temps, surtout en ce qui concerne la nature des matériaux volcaniques. Desmarests (1725-1815) démontra en 1763 de façon définitive l'origine volcanique du basalte et des structures prismées si fréquentes dans les coulées basaltiques (Auvergne, Chaussée des Géants...) et considérées par les minéralogistes anciens comme une sorte de schorl cristallisé. La même conclusion fut avancée en 1771 par Faujas de Saint-Fond (1741-1819) pour les basaltes de Saxe.

La structure et la formation des montagnes firent aussi l'objet d'études de reconnaissance. Pallas (1741-1811), participant à une expédition scientifique à travers l'Empire russe qui dura plus de six ans, observa une disposition régulière des unités structurales dans une chaîne de montagnes (l'Oural en l'occurrence) : les parties les plus anciennes se situent dans la partie axiale et les plus récentes sur les côtés. De Saussure (1740-1799), créateur de l'alpinisme avec l'ascension du mont Blanc en 1787, qui contribua puissamment à ôter de l'esprit des hommes le mythe du caractère maléfique des montagnes, s'attacha à l'étude descriptive de la géologie alpine et à la tectonique.

Dans la deuxième moitié du XVIII^{ème} siècle, de grands progrès furent réalisés dans la connaissance de l'histoire de la Terre. Plusieurs géologues, principalement allemands, conçurent que les différentes parties de la croûte terrestre sont les témoins des différentes étapes de l'évolution de notre planète : elles ne sont pas disposées au hasard mais suivant un ordre bien défini. Les travaux de Lehmann (mort en 1767) et de Fuchsel (1722-1773) s'inscrivirent dans cette optique. Mais c'est surtout Abraham Werner (1749-1817) qui s'illustra le plus dans cette démarche et acquit une très grande autorité auprès de ses contemporains et de ses successeurs. Professeur à Freiberg, le « père de la géologie descriptive » sut donner à ses nombreux élèves le goût de l'observation méticuleuse, au point de réduire cette science à la seule constatation des faits, comme elle apparaît dans ses œuvres écrites; la théorie tenait au contraire une place plus importante dans son enseignement. Il eut avant tout le souci de la classification et de la terminologie afin de pouvoir désigner les roches, les minéraux, les terrains de façon méthodique et sans ambiguïté; c'est un des mérites de son œuvre. Il étendit sa doctrine à la succession géologique, à laquelle il attribua un caractère universel. Il admit l'existence d'un Océan primitif couvrant toute la surface de la Terre, à partir duquel ont commencé à précipiter chimiquement les premières roches solides, comme les granites, les gneiss, les micaschistes qui constituent les terrains primitifs. Au-dessus se sont déposés successivement les terrains de transition, les terrains secondaires (essentiellement sédimentaires) et enfin les séries alluviales. Toutes les formations lithologiques résultent donc de dépôts marins, d'où le nom de *neptunisme* donné à cette théorie. Werner et ses disciples nièrent l'origine volcanique du basalte et minimisèrent à l'excès le rôle des volcans, qui seraient dus à l'incendie de couches de charbon. L'influence du neptunisme fut très grande, mais extrêmement néfaste et désastreuse car elle freina l'évolution des concepts géologiques au cours du XIX^{ème} siècle.

On a l'habitude dans toute revue historique des sciences géologiques d'opposer au nom de Werner la personne de James Hutton (1726-1797), que l'on considère comme le chef de file du *plutonisme*. Les idées de base émises par ce savant écossais sont consignées dans son célèbre ouvrage *Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations* (1795) dans lequel il décrit les filons de granite de la vallée de Glen Tilt en Ecosse. Il considère que ces filons ont été injectés à l'état liquide comme une lave dans des fissures. Il précise la distinction fondamentale établie par Sténon entre les roches sédimentaires et les roches ignées. Il émit des conceptions très modernes sur l'érosion, la sédimentation et la consolidation des sédiments, le plissement et la surrection des roches sédimentaires, qui l'amènèrent ainsi à la notion de cycle géologique. Cette idée lui fut en particulier suggérée par l'examen de la discordance des Vieux Grès Rouges, presque horizontaux, sur les strates verticales siluriennes observée à la Pointe Siccar sur la côte sud-est de l'Écosse. Hutton peut aussi être considéré comme le père de la géologie moderne, car on lui doit surtout le premier énoncé du principe des « causes actuelles » : tous les phénomènes géologiques sont attribuables à des processus naturels observables et vus en action de nos jours.

La fin du XVIII^{ème} siècle vit également le développement de la géologie stratigraphique, particulièrement en France et en Angleterre, où les formations secondaires et tertiaires non plissées se prêtent bien à ce genre d'étude. Giraud-Soulavie (1752-1813) découvrit la possibilité de dater les couches d'une région à l'autre à l'aide des fossiles qu'elles renferment; il suggéra donc l'intérêt de la paléontologie pour la chronostratigraphie relative. Malheureusement Giraud-Soulavie fut un piètre écrivain et tomba dans l'oubli. En Angleterre William Smith (1769-1839) contribua à la mise au point de cette méthode. Ce dernier, baptisé le père de la géologie anglaise, que ses activités professionnelles (travaux publics) appelèrent à parcourir de nombreux kilomètres à travers le territoire britannique, publia en 1799 la première, échelle stratigraphique des terrains secondaires d'Angleterre méridionale. Les fondements vraiment scientifiques de la géologie sont enfin solidement établis; il en est de même dans le domaine de la minéralogie qui, à

cette époque, couvrait l'étude de tous les matériaux de la croûte terrestre, les roches comme les minéraux. Les travaux de Lomonossov, de Romé de l'Isle et surtout d'Haüy marquent la naissance de la cristallographie qui va fournir un cadre législateur à la science des minéraux.

5.8. Le XIX^{ème} siècle

L'exploration des continents, principalement l'Europe, va démarrer de façon intensive à l'aide des méthodes géologiques élaborées au siècle précédent et les observations vont s'accumuler. On enregistra également une diversification de plus en plus grande des spécialités de la géologie dont certaines branches s'individualisent progressivement en disciplines plus ou moins autonomes (pétrographie, géochimie, paléontologie...). Le principe de la stratigraphie paléontologique fut appliqué à de nombreuses régions d'Europe occidentale. Georges Cuvier (1769-1832) et Alexandre Brongniart (1770-1847) fondèrent la stratigraphie du Bassin parisien avec la publication d'un important mémoire en 1808. Les terrains antérieurs au Secondaire, correspondant en gros à la Formation de transition de Werner, furent étudiés par les Anglais Sedgwick (1785-1873) et Murchison (1792-1871) qui créèrent les termes de Cambrien, Silurien et Dévonien. Les formations plus anciennes, qui couvrent des surfaces importantes en Amérique du Nord (bouclier canadien), attirèrent l'attention de Logan (1798-1875) qui en établit une première ébauche d'échelle stratigraphique malgré l'absence de fossiles et qui les groupa sous le terme de Précambrien.

En même temps, la cartographie géologique se développa, méthode permettant de regrouper de façon cohérente une grande quantité de faits d'observation et démontrer les hypothèses. W. Smith publia, en 1815, une carte couleur de plusieurs comtés d'Angleterre au 316 800e. Élie de Beaumont entreprit en 1822 la réfection de la carte géologique de France au 500 000e qui parut en 1841. Cet effort de cartographie nécessita l'élaboration d'échelles stratigraphiques codifiant l'histoire géologique afin d'harmoniser les légendes des cartes. La nomenclature des ères, des systèmes, des étapes fut établie peu à peu, et d'Orbigny (1802-1857) publia en 1849 une première synthèse générale.

La paléontologie (mot créé en 1834), outil indispensable à la géologie historique, fit de grands progrès. Cuvier, fondateur de la paléontologie des Vertébrés, fut surtout un anatomiste. Bien qu'il défendît avec acharnement et autorité une thèse « catastrophiste » pour expliquer par des crises violentes les changements de faunes dans le passé (*Discours sur les révolutions du globe*, 1822). Il rejoignit malgré lui, par ses observations d'anatomie comparée et par les lois qu'il en a tirées des arguments aux théories transformistes. L'hypothèse de l'évolution des espèces, le transformisme, fut en effet avancée par Lamarck (1744-1829) et soutenue par Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844). Cette doctrine évolutionniste, combattue par de nombreux savants, fut relancée en 1859 lors de la publication de *The Origin of Species* par Darwin (1809-1882). Le paléontologiste Gaudry (1827-1908) contribua alors à fournir un regard objectif sur cette idée transformiste et à la faire adopter définitivement par la majorité des naturalistes.

En dépit de l'œuvre de Hutton, nombreux étaient les géologues qui invoquaient au début du XIXe siècle des crises violentes, catastrophiques, de « grandes débâcles » périodiques, pour expliquer l'histoire de la croûte terrestre.

Constant Prévost (1787-1856), qui occupa à la Sorbonne la première chaire dénommée « Géologie » en France, et Charles Lyell (1797-1875), qui publia en 1830 un ouvrage célèbre, *Principles of Geology*, défendirent la doctrine de Hutton (appelée « uniformitarisme » par Lyell), consistant à considérer le présent comme la clef du passé : les facteurs responsables des phénomènes anciens

ne sont pas essentiellement différents de ceux qui opèrent aujourd'hui. Le principe de l'uniformitarisme, qui permit d'asseoir solidement la géologie comme science historique, fit réfléchir les scientifiques sur la durée possible des temps géologiques, et incita plusieurs savants à avancer des estimations qui, bien que fausses, sont déjà chiffrées en millions d'années (par exemple 10 millions d'années pour le Tertiaire selon Lyell).

Les explorations géologiques détaillées qui sont en plein essor dans cette période, amènent à considérer les dislocations et les déformations subies par les terrains après leur dépôt. Une controverse va opposer deux clans pour expliquer les chaînes de montagnes. Reprenant une théorie erronée de Léopold von Buch (1774-1853), Elie de Beaumont (1798-1874) préconisa la théorie des cratères et des soulèvements (1833) et du réseau pentagonal dans lequel il essaya de faire entrer tous les plissements du globe. L'action des poussées horizontales et des mouvements tangentiels est cependant reconnue peu à peu, suite aux expériences de l'Écossais James Hall et aux observations sur le terrain de Heim et de Bertrand (1847-1907) qui formulèrent la notion de nappes de charriage. En 1873, l'Américain Dana (1813-1895) créa la notion et terme de géosynclinal, pour désigner le sillon océanique dans lequel s'élabore une chaîne de montagnes. Les théories sur l'orogénèse s'organisent et profitent des progrès de la géoophysique, en particulier de la gravimétrie grâce aux Anglais Pratt et Airy à qui on doit l'hypothèse de l'isostasie, induisant l'équilibre des différentes parties de la croûte. L'étude des tremblements de terre, qui avait débuté au siècle précédent avec Mitchell, prit un essor conséquent dans les années 1880 quand les premiers séismographes purent être construits; les premières données précises sur la structure interne du globe terrestre en découlèrent quelques années plus tard. Le XIX^{ème} siècle fut marqué aussi par le développement la pétrographie qui s'individualisa avec ses propres méthodes à partir de la minéralogie. La controverse entre les Neptuniens et les Plutoniens entretint une émulation certaine. Mais les progrès vinrent surtout de l'invention et de la mise au point du microscope polarisant pour l'examen des roches. Après la découverte de la polarisation de la lumière (Malus, 1808) et de la polarisation chromatique des lames cristallines (Arago, Brewster, Fresnel), l'invention d'un polariseur rectiligne en calcite par William Nicol (1792-1852) fit faire un bond important aux techniques d'observation. Bien que ce savant ait imaginé dès 1827 la possibilité de tailler des lames minces dans les minéraux et les roches, il fallut attendre le milieu du siècle pour que Sorby généralise la méthode et la vulgarise auprès des minéralogistes et des pétrographes. L'examen au microscope de la texture des roches était rendu possible, et les observations se succédèrent rapidement à partir de cette date. Sorby étudia la structure du marbre (1856), le granite dans les cristaux de quartz duquel il découvrit les inclusions fluides (1858). Zirkel en Allemagne et Fouqué en France développèrent cette méthode, qui permit alors la réalisation de monographies pétrographiques régionales. L'analyse de plus en plus poussée des variétés de roches ignées rendit nécessaire de les classer. Ainsi à la fin du siècle, plusieurs classifications systématiques des roches apparurent, fondées sur des critères minéralogiques (A. Michel-Lévy, 1879), des critères de gisement (Rosenbusch, 1887) ou des critères chimiques (Cross, Iddings, Pirsson et Washington, 1903).

L'étude du volcanisme démarra sérieusement au XIX^{ème} siècle, curieusement grâce aux deux principaux disciples de Werner, Humboldt (1769-1859) et Léopold von Buch, qui, contrairement à leur maître, furent des voyageurs infatigables. Von Buch étudia l'Auvergne, les Canaries, le Vésuve, l'Etna et souligna les alignements des volcans en rapport avec les structures tectoniques. Le flambeau de la vulcanologie passa ensuite en France avec Elie de Beaumont, qui accompagna von Buch à l'Etna en 1835, et ses disciples, Sainte-Claire Deville (1818-1886), Fouqué (1828-1904) et enfin Lacroix (1863-1948) qui analysa en très grand détail l'éruption de la montagne Pelée à la Martinique en 1902.

Hall est considéré comme le père de la pétrographie expérimentale, à la suite de ses expériences entre 1801 et 1805 sur les transformations de calcaires en marbres par chauffage en tube scellé et sur la fusion et recristallisation du basalte. Entre 1860 et 1879, Daubrée réalisa une série de synthèses hydrothermales de minéraux et d'associations minérales variées, et démontra l'influence importante des fluides « minéralisateurs », principalement l'eau, dans certains phénomènes de cristallisation magmatique. Fouqué et Michel-Lévy (1878-1881) réussirent enfin la synthèse de diverses roches volcaniques, obtenues par fusion purement ignée et sans l'intervention d'une phase gazeuse.

5.9. Le XX^{ème} siècle

Les sciences de la Terre se sont donc progressivement constituées pendant le XIX^{ème} siècle, parallèlement au développement considérable des sciences physiques et chimiques. Au XX^{ème} siècle, elles vont faire un véritable bond en avant, conséquence des découvertes importantes sur la nature de la matière, comme celles des rayons X ou de la radioactivité. La possibilité d'utiliser des sources d'énergie de plus en plus commodes permet une accélération grandissante des progrès techniques, particulièrement dans le domaine des transports, entraînant une exploration plus complète de notre planète. On assiste aussi à un effort croissant de quantification des phénomènes géologiques analysés.

Deux périodes peuvent être distinguées. La première, du début du siècle jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale, correspond à une continuation de l'impulsion donnée au siècle précédent, avec un souci accru pour la mesure quantitative. Ainsi, deux branches annexes de la géologie acquièrent leur autonomie, la géophysique et la géochimie. Cette dernière, dont le terme fut introduit en 1838 par le chimiste suisse Schônbein, s'est attachée d'abord à établir la composition moyenne de la croûte terrestre, à partir d'un grand nombre d'analyses de roches; la première estimation par l'Américain Clarke fut publiée en 1908. L'étude chimique des mouvements de matière fut ensuite abordée pour connaître les bilans des échanges d'éléments au sein de la Terre (Goldschmidt et Vernadsky qui créa la notion de cycle géochimique). Une branche de la géochimie, celle des isotopes radioactifs, s'est progressivement spécialisée vers la détermination quantitative de l'âge des roches (géochronologie absolue) et a permis la numérisation de l'échelle stratigraphique.

Devant la spécialisation de plus en plus marquée de la géologie, quelques essais de synthèse générale se manifestèrent, en particulier une tentative pour changer les bases des sciences de la Terre avec la notion de dérive des continents. Le météorologiste allemand Wegener (1912) déploya beaucoup d'efforts pour l'étudier et la démontrer. Il rallia beaucoup de géologues comme Argand, Staub, à ses idées « mobilistes », mais la plupart des géophysiciens rejetèrent catégoriquement la majorité de ses propositions qui contenaient d'importantes erreurs et ne permettaient pas de conclusions véritables. Cet échec est dû au manque de données suffisantes, à l'époque, sur les domaines océaniques et sur la structure interne du globe terrestre (pour laquelle Wegener avait adopté un schéma inexact).

La période postérieure à la Deuxième Guerre mondiale peut être subdivisée en deux. Un premier temps, de 1944 à 1964, est caractérisé par l'introduction massive des techniques modernes de la physique et de la chimie dans les différentes disciplines des sciences de la Terre. Les mesures sont prodigieusement améliorées grâce à l'électronique moderne, et la mise au point d'appareils de plus en plus sensibles et de moyens de calcul (ordinateur) puissants fait faire des bonds considérables aux diverses branches de la géologie; spectromètre de masse pour la géochimie, micro-analyseur électronique qui introduit en pétrographie une dimension nouvelle, comparable à

la révolution des idées que l'utilisation du microscope a entraînée au siècle précédent. Les progrès énormes des moyens de locomotion permettent d'atteindre tous les points de la surface de la Terre et d'y procéder à des observations quantitatives : c'est le cas en particulier des fonds océaniques dont la cartographie et l'échantillonnage se développent activement. Jusqu'à cette date, les modèles géologiques globaux s'appuyaient presque exclusivement sur des observations effectuées sur les continents, évidemment plus accessibles. Pendant ces deux décades, la diversification des spécialités devient telle que chacune d'entre elles a tendance à évoluer de façon autonome, afin d'aller jusqu'au point le plus avancé, grâce à la technique qui sert en fait de support à la spécialité, en ignorant à peu près tout des disciplines voisines. Cependant, les progrès énormes de nos connaissances, réalisés à l'aide de ces techniques analytiques raffinées, impliquèrent nécessairement une prise de conscience globale des problèmes géologiques. Vers 1956, les mesures paléomagnétiques enregistrées sur divers continents purent montrer de façon formelle leurs déplacements relatifs. L'hypothèse de la dérive des continents reprit vigueur, cette fois sous l'impulsion des géophysiciens et, en 1963, Vines et Matthews lancèrent la théorie expansion océanique. A partir de cette date, cette perception mobiliste commence à être adoptée en nombre de plus en plus grand par les géologues de différentes spécialités, tectoniciens, paléontologistes, sédimentologistes, géographes, géochimistes..., et conduit à l'hypothèse de la tectonique des plaques, hypothèse unificatrice à l'échelle du globe. Les sciences de la Terre connaissent donc une véritable révolution, qui confère un nouveau mode de pensée à chacun des spécialistes, en donnant une dimension vraiment planétaire aux modèles relatifs aux phénomènes particuliers. Ce nouvel état d'esprit nécessite la confrontation constante entre géologues, géochimistes et géophysiciens, mais aussi paléontologues, minéralogistes, biologistes, zoologues, cartographes et géographes... et de toutes les spécialités des sciences de la Terre, dans l'espoir d'élaborer un lien de plus en plus précis entre toutes ces disciplines et de mettre au point une synthèse sur l'évolution générale du Globe.

6. Ce qu'il faut pour travailler sur le terrain

Nous allons ici examiner tout ce dont le géologue amateur a besoin pour débiter ses travaux sur le terrain.

6.1. Le matériel

Le matériel à emporter doit être réduit au minimum parce qu'il faut le porter, ensuite parce qu'il est inutile de s'encombrer d'instruments qui ne peuvent servir à rien. Dans le vocable "matériel", j'y inclus le matériel de travail et le matériel de sécurité.

D'abord voyons les deux outils essentiels : le marteau et le burin.

Il ne faut pas essayer d'aller travailler sur le terrain avec un marteau de menuisier. Le manche en bois ne résistera pas aux coups que vous allez porter. De plus, l'acier de ce marteau est trop faible. Il va finir par s'écraser et de dangereuses esquilles de métal risquent de s'envoler à chaque coup de marteau.

Il faut faire le sacrifice d'acheter, cher, il est vrai, un vrai marteau forgé dans la masse.

La remarque faite à propos de l'acier du marteau est également valable pour celui du burin. Mieux vaut un bon burin d'un acier trempé avec pointe au carbure de tungstène qu'un burin qui pliera et deviendra un outil dangereux.



Outre, le marteau et le burin, il faut une petite loupe, une petite brosse afin d'effectuer un premier nettoyage des échantillons et des petites boîtes garnies de papier essuie-tout pour garder les échantillons.

Pour ce qui est de la sécurité, il ne faut pas lésiner. Gants, casques de sécurité avec visière (s'il n'y a pas de visière, prévoir une paire de lunettes protectrices), de bonnes chaussures de marche ou de sécurité (pas de bottes... elles ne protégeraient pas le pied en cas de chute de pierre)... et n'oublions pas la petite trousse de secours afin de soigner écorchures et coupures...





lieux, il aura besoin de petits burins et enfin, parfois, ce sera une petite pelle et un tamis qui lui seront utiles...

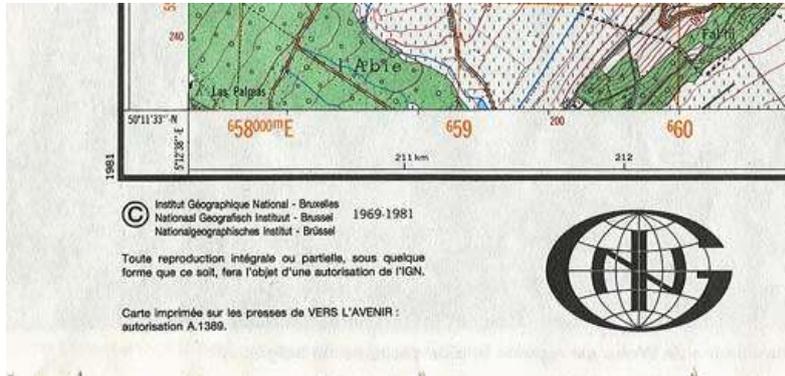
Pour le reste, le géologue amateur verra au fur et à mesure de ses recherches. Parfois certains lieux demandent un équipement plus lourd comme

Un élément indispensable est le petit carnet de notes. Il doit être solide et recueillera les notes et croquis pris sur le terrain.

N'oublions pas des journaux et quelques boîtes garnies d'ouate ou de papier essuie-tout dans lesquels il pourra emballer ses découvertes petites et grandes de manière à protéger des cristaux ou les fossiles pendant le voyage de retour.

6.2. Les cartes

6.2.1. Les cartes topographiques aussi appelées "cartes d'état major" ou cartes I.G.N.



Petit extrait d'une carte topographique au 1/25.000^{ème}
Photo L.V.B.
Avec l'aimable autorisation de l'I.G.N.

Une carte topographique représente d'une façon aussi exacte que possible une certaine région. Cette reproduction est tout d'abord **un dessin orienté** et selon la convention, le **Nord** est toujours au dessus, le **Sud**, en dessous, l'**Ouest** à gauche et l'**Est** à droite.

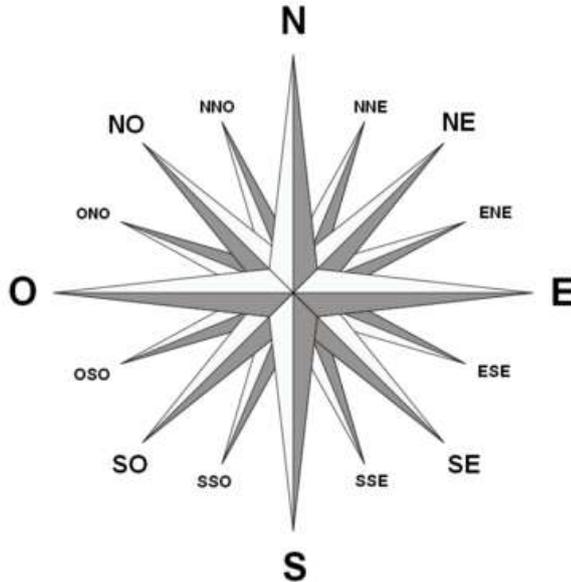
Une carte est aussi une réduction de la réalité et la proportion selon laquelle se fait la réduction s'appelle l'**échelle**. L'échelle d'une carte exprime donc le rapport entre les dimensions réelles sur le terrain et les dimensions reportées sur la carte.

Toutes les cartes ne sont pas à la même échelle. Il vaudra mieux privilégier une carte à grande échelle car plus précise et montrant plus de détails... mais l'aire de la portion de terrain reproduite sera plus petite.

Carte au 1/10.000^{ème}, 1 m sur la carte représente 10.000 m dans la réalité, soit 100 m. Carte au 1/1.000^{ème}, 1 cm sur la carte représente 1000 cm dans la réalité soit 10 m.

Comment calculer les distances ?

Toutes les cartes topographiques portent une échelle. Ici, en l'occurrence il s'agit d'une carte au 1/25.000^{ème}. On mesure la distance séparant deux points. On trouve une valeur en cm qu'il faudra multiplier par l'échelle pour obtenir la distance réelle.



Exemple : Entre le point A et le point B, sur la carte, le géologue amateur mesure une distance de 12 cm. Donc en réalité la distance séparant le point A du point B est de $12 \text{ cm} \times 25.000 = 300.000 \text{ cm}$ ou 3.000 m . Ceci est une distance en ligne droite, à vol d'oiseau.

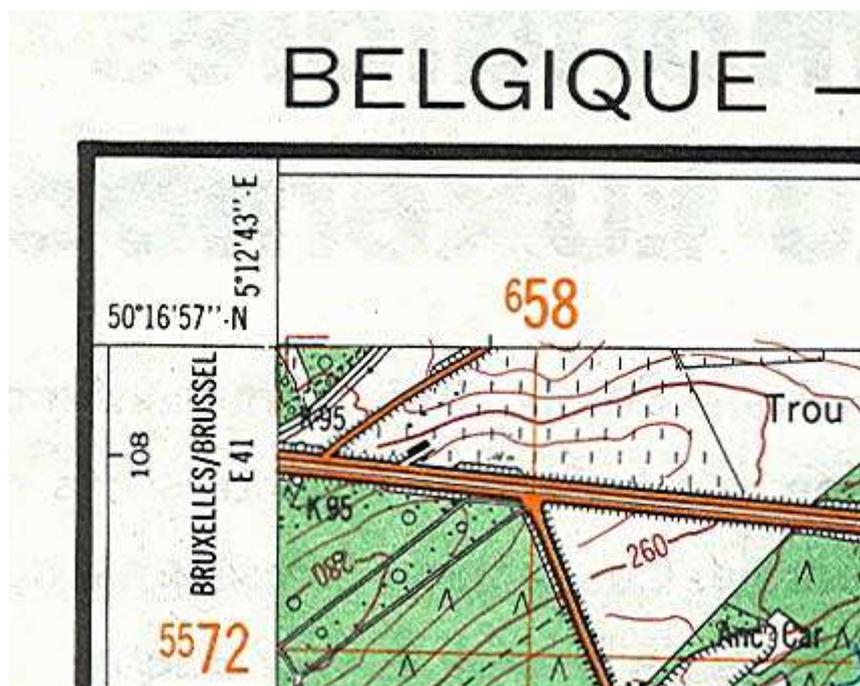
Si l'on veut connaître la longueur d'une route sinueuse, on peut utiliser le curvimètre, un outil précis et coûteux, qu'on veillera à ne pas utiliser sur le terrain. Le plus simple est de faire suivre la route à morceau de ficelle depuis le point A jusqu'au point B. Ensuite tendre la ficelle et mesurer la section utilisée. On peut alors appliquer la règle de l'échelle et le tour est joué.

Les cartes classiques analogiques (dessinées) au $1/25.000^{\text{ème}}$ vont progressivement être remplacées par les cartes numériques (réalisées par ordinateur) au $1/10.000^{\text{ème}}$ et au $1/20.000^{\text{ème}}$.



Petit extrait d'une carte topographique au $1/25.000^{\text{ème}}$
Explication de l'échelle
Photo L.V.B.
Avec l'aimable autorisation de l'I.G.N.

Chaque feuille porte un nom, un numéro qui lui vient de la place qu'elle occupe dans l'assemblage des cartes de Belgique. Les premiers numéros étant ceux des cartes du Nord et les derniers étant ceux de la Lorraine belge.



De nombreuses indications se trouvent sur le dessus de la carte :

Dans le coin Nord-Ouest, nous trouverons la longitude, la latitude et le pays concerné.

Petit extrait d'une carte topographique au $1/25.000^{\text{ème}}$
Coin Nord-Ouest de la carte avec les indications de longitude et de latitude ainsi que le pays concerné par la carte.
Photo L.V.B.
Avec l'aimable autorisation de l'I.G.N.

La **longitude** est une valeur angulaire, mesurée en degrés ($^{\circ}$), minutes ($'$) et secondes ($''$). Cette valeur exprime le positionnement de l'objet considéré à l'Est ou à l'Ouest d'un méridien de référence. Dans notre cas, le méridien de référence est le **méridien de Greenwich**. Tous les points de même longitude se trouvent donc sur une ligne imaginaire épousant la courbure terrestre (nous considérons la terre comme une sphère), coupant à angle droit l'équateur et passant par le Pôle Nord et le Pôle Sud. Tous les points de même longitude sont donc situés sur un même méridien.

Le méridien de Greenwich étant donc une ligne imaginaire faisant le tour d'une sphère, on peut le considérer comme un cercle ayant une valeur de 360° . Où que l'on soit sur terre, on peut donc se situer sur un méridien allant de 0° à 180° de longitude Est et de 0° à 180° de longitude Ouest par rapport au méridien de Greenwich.

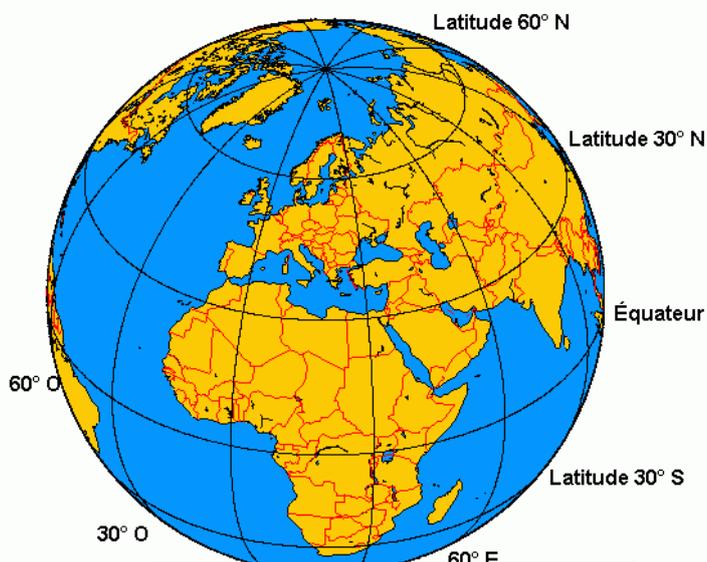
Sur l'exemple présenté ici, le coin Nord-Ouest de la carte est situé à $5^{\circ}12'43''$ à l'Est du méridien de Greenwich symbolisé par $5^{\circ}12'43''$ E.

La **latitude** est aussi une valeur angulaire mesurée en degrés ($^{\circ}$), minutes ($'$) et secondes ($''$). Cette valeur exprime le positionnement de l'objet considéré au Nord ou au Sud de l'Équateur. Tous les points d'une même latitude sont positionnés sur une ligne imaginaire parallèle à l'Équateur. Où que l'on soit sur terre, on peut donc se situer sur une ligne parallèle à l'équateur allant de 0° (à l'Équateur) à 90° de Latitude Nord (au Pôle Nord) et de 0° (à l'Équateur) à 90° de Latitude Sud (au Pôle Sud).

Sur l'exemple présenté ici, le coin Nord-ouest de la carte est situé à $50^{\circ}16'57''$ au Nord de l'Équateur, symbolisé par $50^{\circ}16'57''$ N.

Ces deux mesures forment deux perpendiculaires qui se croisent en un point. L'objet considéré se trouve donc juste à ce croisement.

Dans le coin Nord-Est, nous trouverons le numéro de l'édition, la date, le numéro de la carte et sa place dans l'assemblage des cartes du Royaume.



Le globe terrestre, les méridiens et les parallèles
Dessin L.V.B



Petit extrait d'une carte topographique au 1/25.000^{ème}

Côté Nord-Est de la carte avec les indications d'édition, date, numéro et assemblage des feuilles.

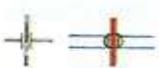
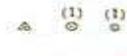
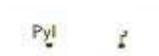
Photo L.V.B. Avec l'aimable autorisation de l'I.G.N.

Détaillons un peu cet "assemblage" des feuilles couvrant tout le Royaume. Comme je le précisais ci-dessus, les premiers numéros de cartes sont au Nord du pays et les derniers au Sud.

Sur cet extrait de carte nous avons le numéro 54/7-8. Voyons l'assemblage tout autour...

48/5-6	48/7-8	49/5-6	49/7-8
54/1-2	54/3-4	55/1-2	55/3-4
54/5-6	54/7-8	55/5-6	55/7-8
59/1-2	59/3-4	60/1-2	60/3-4

Enfin, sur chaque carte se trouve une légende, des symboles, couleurs, abréviations et signes conventionnels employés. Connaître ces symboles et ces abréviations conventionnels est le seul moyen d'utiliser pleinement la carte. On court sans cela, le risque de ne jamais pouvoir se situer et de se perdre à l'occasion, en confondant un sentier et un cours d'eau intermittent ou une église avec une chapelle ou un moulin à vent...

	Dunes Duinen Sand-dunes		Rochers Rotsen Rocks
	Lande ou bruyère Heide Heath or moor		Sable Zand Sand
	Prairie Grasland Meadow	Ab	Abbaye
	Feuillus en futaie et taillis Hoogstamming loofhout en kreupelhout High foliated trees and copse	Anc	Ancien(ne)
	Conifères Naaldhout Conifers	At	Atelier de réparation de chemin de fer
	Peupleraie Populierenbeplanting Poplars	Bar	Barrage
	Verger Boomgaard Orchard	B ^{MI}	Borne(s)
	Pépinière ou oseraie Boomkwekerij of rijshout Tree nursery or osier-bed	Cab	Cabaret
	Pont fixe - Pont mobile Vaste brug - Beweegbare brug Fixed bridge - Mobile bridge	Calv	Calvaire
	Pont fixe sur piliers, viaduc Vaste brug op pijlers, viaduct Fixed bridge on pillars, viaduct	Car	Carrière
	Point géodésique, (1) dans un signe conventionnel Geodetisch punt, (1) in een kaartteken Trigonometrical point, (1) in a symbol	Chap	Chapelle
	Quartier bâti - Geheel bebouwd Built-up area	Charb	Charbonnage
	Bâtiment, maison - Jardin Gebouw, huis - Tuin Building, house - Garden	Ch ^{eau}	Château d'eau
	Église - Chapelle - Croix Kerk - Kapel - Kruis Church - Chapel - Cross	Couv	Couvent
	Tour - Gazomètre Toren - Gashouder Tower - Gasometer	Déb	Débarcadère
	Moulin à Vent - Moulin à eau - Aéromoteur Windmolen - Watermolen - Windmotor Windmill - Watermill - Wind-engine	Dép	Dépôt
	Cheminée - Arbre remarquable - Four à chaux Schoorsteen - Merkwaardige boom - Kalkoven Chimney-stack - Conspicuous tree - Lime-kiln	E	Est
	Usine Fabriek Factory	e	Entrepôt
	Entrepôt (1500 m ² au moins) - Hangar Stapelplaats (ten minste 1500 m ²) - Loods Warehouse (at least 1500 m ²) - Shed	Ecl	Écluse
	Garage (100 voitures au moins) - Serre Garage (ten minste 100 auto's) - Serre Garage (at least 100 motor-cars) Greenhouse	Fme	Ferme
	Cimetière - Ruine Begraafplaats - Ruine Cemetery - Ruin	Font	Fontaine
	Pylône - Pylône : radio, télévision Mast - Mast : radio, televisie Pylon - Pylon : radio, television	Gaz	Gazomètre
	Borne - Borne kilométrique Paal - kilometerpaal Stone - kilometre-stone	Gie	Gendarmerie
	Phare - Fanal - Balise Vuurtoren - Lichtopstand - Baken Lighthouse - Signal-light - Beacon	M for	Maison forestière
	Canalisation importante et visible - Belangrijke en zichtbare pijpleiding Important and visible pipe-line	Mil	Militaire
	Ligne de transport de force - Hoogspanningsleiding Power transmission line	M ^a	Moulin
		N	Nord
		Nac	Nacelle
		Pens	Pensionnat
		Pyl	Pylône
		R ^{MI}	Ruisseau
		Red	Redoute
		R ^{MI}	Ruines
		Sabl	Sablière
		S ^{MI}	Source(s)
		Sig	Signal
		Us	Usine

	Autoroute - Autoweg - Motorway
	Route : revêtement dur d'une largeur de 7 m et plus Weg : verharding van 7 m of breder Road : hard surface of 7 m or more
	Route : revêtement dur d'une largeur inférieure à 7 m Weg : verharding smaller dan 7 m Road : hard surface less than 7 m wide
	Route de praticabilité médiocre - Moelijk berijdbare weg Road with poor trafficability
	Route privée - Particuliere weg - Private road
	Chemin de terre - Aardeweg - Earth road
	Sentier - Pad - Path
	Coupe feu - Brandlaan - Fire lane
	Chemin de fer à voies multiples - Spoorweg met meervoudig spoor Multitrack railway
	Chemin de fer à voie simple - Spoorweg met enkel spoor Single track railway
	Chemin de fer électrifié - Geëlektrificeerde spoorweg Electrified railway
	Siphon - Vanne Grondduiker - Valdeur Siphon - Sluice
	Canalisation d'eau importante et visible Belangrijke en zichtbare waterleiding Important and visible water pipe-line
	Château d'eau - Watertoren - Water-tower
	Source, fontaine, puits, réservoir Bron, fontein, put, reservoir Spring, fountain, well, reservoir
	Barrage - Écluse Stuw - Sluis Dam or weir - Lock
	Gué pour (1) piétons, (2) voitures Wad voor (1) voetgangers, (2) voertuigen (1) Foot and (2) vehicular ford
	Bac - Nacelle Pontveer - Voetveer Ferry - Wherry
	Passerelle - Dalot ou ponceau Loopbrug - Duiker of bruggetje Footbridge - Culvert
	Fleuve, rivière ou canal Stroom, rivier of kanaal River, small river or canal
	Partie navigable ou flottable d'un cours d'eau Bevaarbaar of vlotbaar gedeelte van een waterloop Navigable or floatable part of a watercourse
	Ruisseau, fossé - Beek, sloot - Brook, ditch
	Cours d'eau intermittent - Intermittierende waterloop Intermittent watercourse
	Marécage avec marais profond et tourbière Drasland met diep moeras en veenput Marshland with deep swamp and peat-bog
	Étang - Vijver - Pond
	Rangée d'arbres - Bomenrij - Tree row
	Haie - Haag - Hedge
	Mur - Muur - Wall
	Talus, (1) crête - Talud, (1) kam - Fill, (1) crest
	Digue ou levée de terre Dijk of aarden wal Dike or levee
	Crassier (terril) Stortberg (terril) Spoil-heap
	Courbe de niveau - Hoogtelijn - Contour
	Courbe de niveau intercalaire - Aanvullende hoogtelijn - Auxiliary contour
	Courbe de niveau maîtresse - Hoofdhoogtelijn - Index contour
	Point coté - Punt met hoogtegetal - Spot elevation
	Abrupt Steilte Abrupt

Légende d'une carte
topographique
Photo L.V.B.
Avec l'aimable autorisation de
l'I.G.N.

Les courbes de niveau : Sur toutes les cartes d'Etat Major, on trouve des traits fins bruns, ondulants et concentriques sur lesquels sont indiqués des nombres : ce sont les courbes de niveau indiquant l'altitude à laquelle on se trouve par rapport au niveau de la mer. L'espace séparant deux courbes de niveau équivaut à une différence de 5 mètres. Cela veut dire que plus les traits sont rapprochés, plus les pentes sont fortes et plus ils sont espacés, plus les pentes sont faibles. C'est aussi une manière de pouvoir efficacement se repérer.

Un esprit curieux, comme c'est le cas de tout naturaliste, tire beaucoup plus encore de la carte topographique, parce qu'il voit que les formes du terrain se trouvent exprimées graphiquement grâce, justement, aux courbes de niveau. Or, les formes du terrain résultent principalement de la sculpture du sol par l'érosion aboutissant à la création d'un réseau hydrographique en creux, dont les divers éléments sont encadrés par des reliefs.

Ces reliefs n'ont pas tous la même forme et la variété de ces formes dépend en grande partie de la nature des roches, de leur situation horizontale ou non, des cassures de l'écorce terrestre.

Toute carte est un schéma qui ne peut prétendre à donner la figure réduite exacte du relief. A partir de ces observations et des photos aériennes, le topographe doit interpréter et exprimer les reliefs selon un certain nombre de formes élémentaires compréhensibles, parlant à l'œil. Il est clair que les cartes actuelles basées sur les photos aériennes et numérisées par ordinateur seront d'une bien plus grande précision que celles qui étaient dessinées.

Quoi qu'il en soit, on peut retrouver sur une bonne carte, le tracé d'un pic, d'un escarpement, d'un canyon, d'un dôme, d'un cirque. on apprend vite le rôle important des roches dures comme le calcaire, sous forme de plateaux terminés par des escarpements, coupés de gorges plus ou moins profondes et des roches plus tendres comme les schistes, les marnes ou les sables, qui donnent des pentes plus douces. L'étude rationnelle du relief et de sa représentation cartographique n'est possible que si elle est appuyée de bonnes connaissances géologiques, portant surtout sur la lithologie, la tectonique et l'érosion. En cas de réussite, le géologue, de son côté, peut lire beaucoup de renseignements d'ordre géologiques sur la carte topographique qui lui servira à diriger ses recherches.

6.2.2. Les cartes géologiques

La carte géologique est une carte topographique sur laquelle les affleurements des divers étages géologiques sont teintés de couleurs différentes, conventionnelles.

Donc la carte géologique répond aux mêmes lois que la carte topographique. Les mêmes signes, abréviations et dessins conventionnels sont d'application. A ceux-là, il faut ajouter quelques signes très importants, spécifiques à la géologie:

f : indique un gîte fossilifère

Car : indique une carrière



: indique une mine en activité



: indique une mine abandonnée

La carte géologique est établie par les soins de l'Institut Géologique National, rue Jenner à Bruxelles, division de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Chaque carte est accompagnée d'une légende explicative des symboles et des couleurs. Le même service publie des Bulletins, des mémoires paraissant dans des fascicules et des études spécifiques.

Les diverses teintes des cartes géologiques représentent des étages différents. Chaque surface teintée est en outre accompagnée de lettres et de chiffres précisant l'étage (Coa, Cob, Gva, Gvb, Fr2a, Fr2b, ...)

Chacun de ces étages a été défini en un lieu donné d'après une faune caractéristique et représente un moment de la vie sur terre.

Un premier principe, facile à comprendre, détermine le nom des couches rencontrées. L'endroit où se trouve l'affleurement de roche initial qui a permis la détermination chimique et la datation précise de la dite roche donnera son nom à la couche, additionné du suffixe "ien". Ainsi si un affleurement de roche situé sur la commune de Givet (Ardennes françaises 08) a pu donner l'occasion aux scientifiques de déterminer une nouvelle couche, elle s'appellera "Givet"+"ien" = "Givétien" et l'affleurement de référence s'appellera le **stratotype**. On donnera au stratotype une abréviation (Gv). Ce stratotype sera alors divisé en plus petites subdivisions déterminées par des caractères chimiques, physiques ou paléontologiques et chacune de ces subdivisions recevra une lettre ou un nombre en indice de l'abréviation générale de manière à pouvoir la situer par rapport aux autres couches du même stratotype (Gva, Gvb...)

Le total constitue une liste de couches assez longue allant du plus récent au plus ancien, en indiquant l'origine, le signe conventionnel et la teinte généralement adoptée sur les cartes.

Attention, les couleurs employées dans l'échelle géologique ci-dessous ne sont pas celles employées sur les cartes...

Millions d'années	Ere	Période	Epoque	Principaux évènements	Plissements
0,0012	Quaternaire supérieur	Néolithique		Début de l'âge du fer	
0,0015				Installation de civilisation proto-celtes en Gaule	
0,0016				Début de l'âge du bronze	
0,0018				Installation des Ligures en Europe Occidentale	
0,0025				Début de l'âge du cuivre	
0,0075				Sédentarisation Apparition de l'élevage, de l'agriculture, de la	

			poterie, du tissage et des premiers mégalithes	
0,015		Mésolithique		
0,020		Paléolithique	Fin de la glaciation de Würm	
0,025			Disparition de l'homme de Néandertal	
0,035			Début de la civilisation Moustérienne du Chatel	
0,04			Arrivée de l'Homo Sapiens en Europe	
0,05			Apparition des premières peintures rupestres	
0,07			Début de la civilisation Moustérienne	
0,08			Début de la glaciation de Würm Premières scéputures	
0,13			Fin de la glaciation de Riss	
0,30			Début de la glaciation de Riss	
0,20			Apparition des premiers Homo Sapiens	
0,40			Début de la glaciation de Mindel, domestication du feu	
0,65			Début de la période inter- glaciaire Günz-	

					Mindel	
0,80	Quaternaire inférieur	Pléistocène Supérieur			Apparition des premiers Hommes de Néandertal en Espagne (Atapuerca)	
0,95					Début du prépaléolithique Début de la glaciation de Günz	
1,2					Apparition de l'Homo Erectus dans le Sud de la France Disparition de l'Australopithecus Robustus	
1,3					Disparition de l'Homo Habilis	
1,6					Apparition de l'Homo Erectus	
1,8					Pléistocène Inférieur	
2	Première présence de l'Australopithecus Robustus					
2,5	CENOZOÏQUE (Tertiaire)	Néogène	Pliocène	Plaisancien	Apparition de l'Homo Habilis et des premiers outils	<u>Alpin</u>

3					Première présence de l' <i>Australopithecus Africanus</i>	<u>tardif</u> <i>Alpes</i>				
3,18					Présence de l' <i>Australopithecus Afarensis</i> (Lucy) près de Hadar					
3,5					Empreintes de préhumains près de Laetoli					
3,7					Première présence de l' <i>Australopithecus Afarensis</i> près de Laetoli					
4					Zancléen		Apparition de l' <i>Australopithecus Anamensis</i>			
4,4				Présence de l' <i>Australopithecus Ramidus</i> dans la vallée de Lawash						
5,5				Miocène				Présence d' <i>Australopithèques</i> près du Lac Turkana		
6								Messinien		Premiers <i>Australopithèques</i> près de Lothagam Millenium Ancestor, ancêtre probable de l'homme moderne
8								Tortonien		Séparation de la lignée des Primates et de Hominidés, début de l'East Side Story
15								Serravalien		

20				Langhien	Apparition du Proconsul	
22				Burdigalien	Séparation de l'Australie de l'Antarctique	
23				Aquitaniens		
29		Paléogène	Oligocène	Chattien		
35				Stampien	Apparition des Rhinocéridés	
42			Eocène	Bartonien		
49				Lutétien		
56				Yprésien	Apparition des premiers Primates Explosion des Mammifères	
				60	Thanétien	
65			Paléocène	Dano-Montien	Epanouissement des Mammifères Apparition des Insectivores Explosion des plantes à fleurs	
70	MESOZOIQUE (Secondaire)	Crétacé	Supérieur	Maestrichtien	Chute d'une météorite géante Fin des Dinosauriens et des Ammonites, apparition des Primates Formation de l'Atlantique Nord Apparition des premières plantes à fleurs	
72				Campanien		
83				Santonien		
85				Coniacien		
88				Turonien		
95				Cénomaniens		

Alpin
moyen
(Pyrénées
et
Caucase)

107		Inférieur	Albien	Formation de l'Atlantique Sud	Apparition des oiseaux et marsupiaux	
110	Aptien					
112	Barrémien					
114	Hauterivien					
119	Valanginien					
125	Berriasien					
130	Malm	Jurassique	Portlandien	Explosion des ammonites		<i>Autriche</i>
140			Kimméridgien			
145			Oxfordien			
150	Dogger		Callovien			
			Bathonien			
			Bajocien			
		Aalénien				
181	Lias	Toarcien	Apparition de la famille des palmiers	Apparition des dinosaures aériens et marins		<u>Alpin</u> <u>Précoce</u>
188		Pliensbachien				
195		Sinemurien				
204		Hettangien				
220	Trias	Rhétien	Fin de la Pangée	Premiers		
		Keuper				

			Muschelkalk	Mammifères	
245			Buntsandstein		
250	PALEOZOÏQUE (Primaire)	Permien	Thuringien	Premiers Dinosaures	<i>Asturies</i>
270			Saxonien	Glaciation 5ème extinction massive des végétaux et des animaux	
290			Autunien	Conifères	
300		Carbonifère	Stephanien	Reptiles	<u>Hercynien</u>
310			Westphalien	Fougères arborescentes	
320			Namurien	Insectes	
340			Viséen	Amphibiens	
360			Tournaisien	Fougères Poissons osseux	
367		Dévonien	Famennien	Plantes terrestres	<i>Bretagne</i>
375			Frasnien	Glaciation 4ème extinction Premières ammonites	
378			Givétien	Stringocephalus burtuni	<i>Acadie</i>
382			Eifelien	Calceola sandalina	
385			Emsien	Geesops sparsinodosus gallicus	
387			Siegenien	Paraspirifer cultrijugatus	<i>Ardennes</i>
390			Gedinnien	Chlorodictum problematicum	
400	Silurien	Pridolien	Schistes Bigarrés		

405			Ludlovien	d'Oignies et de Saint Hubert	<i>Ecosse</i>
408			Wenlockien	Poissons cuirassés	<u>Calédonien</u>
412			Llandovérien	Paradoxides	
418		Ordovicien	Ashgillien	Apparition des premiers poissons et des mollusques céphalopodes	<i>Baikal</i> <i>Appalaches</i>
425			Caradocien		
438			Llandeilien		
450			Llanvirnien		
470			Arénigien		
480			Trémadocien		
495		Cambrien	Potsdamien	Apparition des éponges, des mollusques, des trilobites, des échinodermes	
520			Acadien		
540			Géorgien		
565		PROTEROZOÏQUE	Protérozoïque supérieur	3ème extinction massive	
580	Apparition des premiers vers				
620	Nouvelle Glaciation				
760	Protérozoïque moyen		Glaciation		
2.000			Début du règne des Acritarches (algues vertes)		
2.100			Apparition des premiers métazoaires (êtres pluricellulaires)		
2.200			Glaciation huronienne 2ème extinction		
2.330	Protérozoïque inférieur		Apparition des bactéries coccoïdes (ancêtres du phytoplancton)		
2.500			Développement des stromatolites		
2.680	ARCHEEN		Apparition des Eucaryotes (cellules présentant un noyau)		

3.200		Apparition des algues bleues et de la photosynthèse
3.250		Impact d'une météorite géante (Fig Tree) 1ère extinction
3.400		Apparition des premières formes de vie (bactéries)
3.800		
4.500	Etoiles et planètes	Naissance du système solaire
15.000	Big-Bang	Naissance de l'univers

On peut ainsi trouver des renseignements sur les sols, les matières d'amendement, les eaux douces, salées, minérales, les exploitations forestières et agricoles, les puits, les combustibles solides, et liquides, les matières premières et les usines de poterie, de verrerie, de chimie, les carrières, les mines en activités, les mines abandonnées, les gisements de minerais métalliques et non métalliques, les ateliers et hauts fourneaux, les matériaux de construction, d'étude ou d'ornement, les affleurements rocheux et enfin, les gisements fossilifères.

C'est dire la grande quantité de renseignements que l'on peut trouver sur une carte géologique. Et ce n'est pas tout.

En effet, toutes les couches sédimentaires ne sont pas restées horizontales, beaucoup ont été ondulées, voire plissées. Les parties des plis surélevées en forme de dos d'âne ou de Λ , portent le nom d'**anticlinaux**, tandis que les parties surbaissées en forme d'auge ou de V portent le nom de **synclinaux**.

Au cours des temps géologiques, ces couches se sont souvent brisées, des fractures se sont produites, des effondrements et des soulèvements de blocs de l'écorce terrestres ont provoqué des décalages. Ces fractures avec décalage sont appelées "failles" et sont indiquées sur la carte par un trait fort.

Munis de tous les renseignements fournis par la carte géologique, qu'il faut savoir utiliser au maximum, on peut établir des coupes permettant de se rendre compte de l'état actuel de la structure, de l'architecture d'une région donnée.

Ces coupes sont de première importance pour la recherche des matières minérales utiles ou à collectionner mais n'affleurant que rarement ou jamais.

Mais avant de parler de coupe et surtout d'en réaliser une, nous devons envisager quelques principes de base.

6.2.3. Quelques définitions situant notre champ d'investigation

Géologie : science qui étudie, dans tous ses aspects et applications, la partie accessible de la lithosphère.

Objets géologiques : objets d'origine géologique, tels que roches, minéraux et fossiles; cette catégorie comprend également des objets ayant subi une modification par un processus naturel.

Géologue professionnel : personne dont la profession est la géologie et qui possède les diplômes et/ou l'expérience requise pour l'exercer.

Géologue amateur : personne qui pratique la géologie par loisir, par plaisir et surtout par passion, sans en faire sa profession, ni en retirer un quelconque avantage financier.

Commerçant : personne qui fait de façon légitime et plus qu'occasionnellement, commerce d'objets géologiques.

Collectionneur : personne qui rassemble des objets géologiques d'origines diverses.

La Terre : Chaque homme est reconnu unique. La Terre est aussi une planète unique.

Notre lien avec la Terre : La Terre nous porte. Nous sommes liés à la Terre et la Terre est lien entre chacun de nous.

La vie sur Terre : La Terre, vieille de 4 milliards et demi d'années est le berceau de la vie, du renouvellement et des métamorphoses du vivant. Sa longue évolution, sa lente maturation ont façonné l'environnement dans lequel nous vivons.

La Terre et nous : Notre histoire et l'histoire de la Terre sont intimement liées. Ses origines sont nos origines, son histoire est notre histoire et son futur sera notre futur.

Notre environnement : Le visage de la Terre, sa forme sont l'environnement de l'homme. Cet environnement est différent de celui d'hier et différent de celui de demain. L'homme est l'un des moments de la Terre, il n'est pas finalité, il est passage.

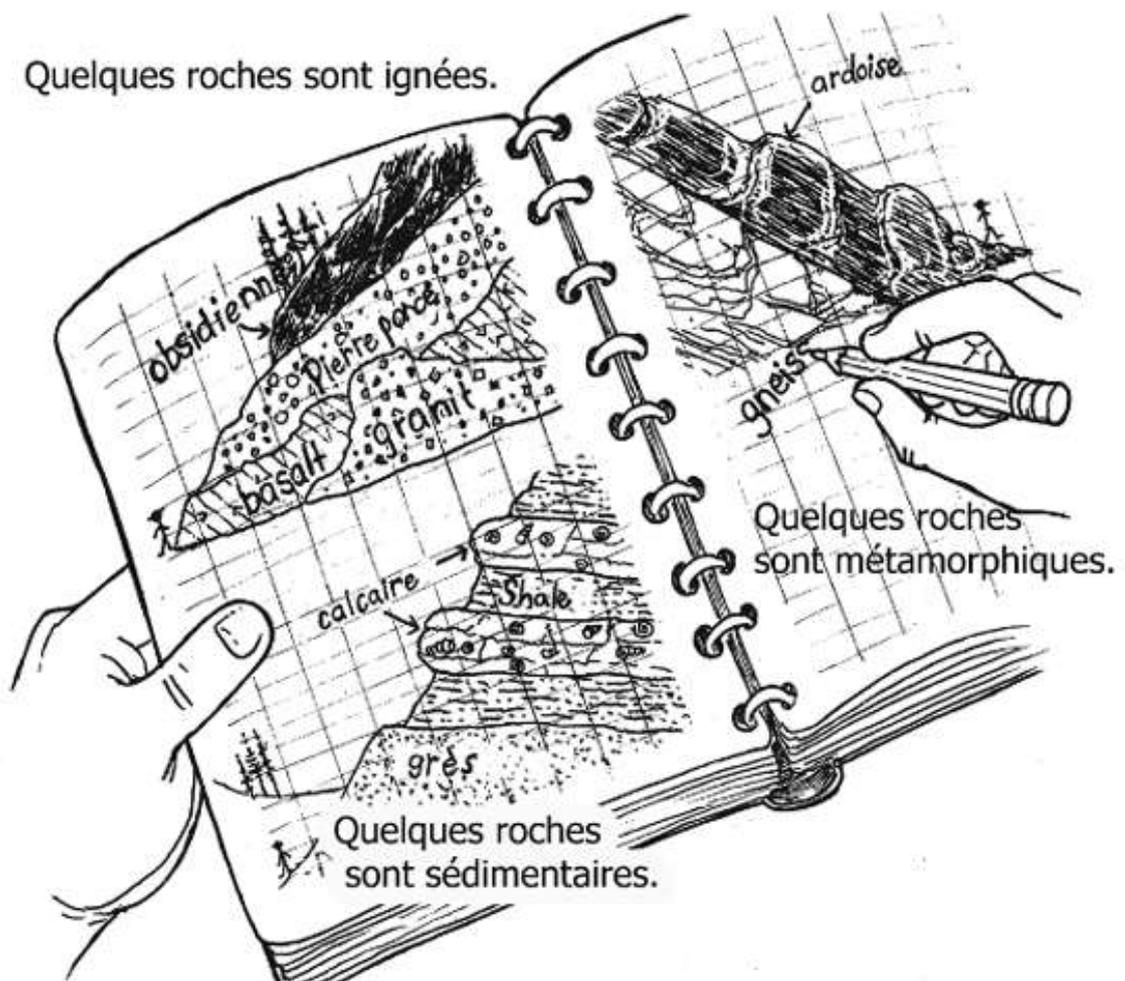
La mémoire de la Terre : Comme un vieil arbre garde la mémoire de sa croissance et de sa vie dans son tronc, la Terre conserve la mémoire du passé. C'est une mémoire inscrite dans les profondeurs et sur la surface, dans les roches, les fossiles et les paysages, une mémoire qui peut être lue et traduite.

La protection du patrimoine : Aujourd'hui, les hommes savent protéger leur mémoire, leur patrimoine culturel. Nous commençons à protéger notre environnement immédiat, notre patrimoine naturel. Le passé de la Terre n'est pas moins important que le passé de l'homme. Il est temps que l'homme apprenne à protéger et, en protégeant, apprenne à connaître le passé de la Terre, cette mémoire d'avant la mémoire de l'homme qui est un nouveau patrimoine : le patrimoine géologique.

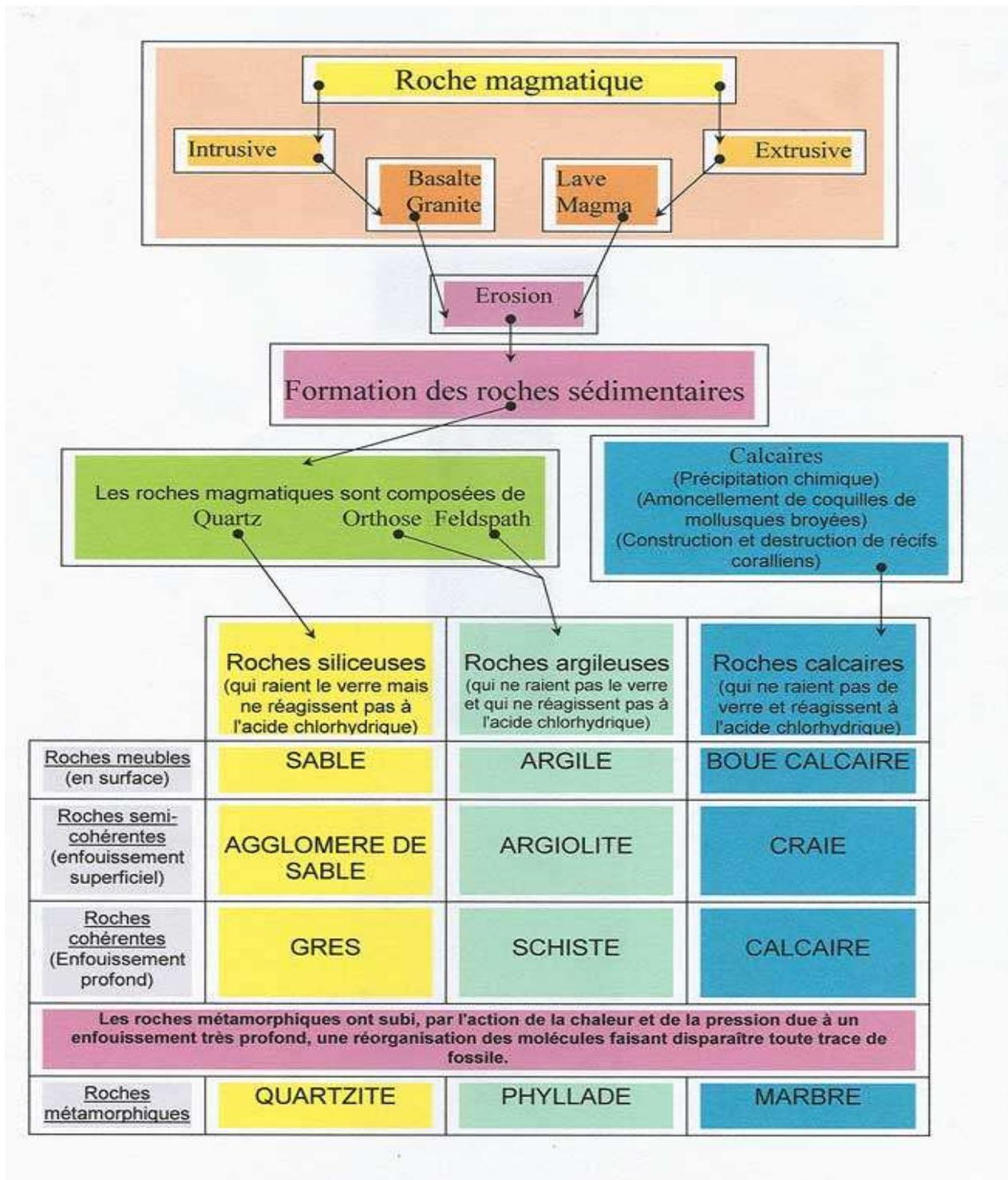
L'impact de l'homme sur le patrimoine géologique : Le patrimoine géologique est le bien commun de l'homme et de la Terre. Chaque homme, chaque gouvernement n'est que le dépositaire de ce patrimoine. Chacun doit comprendre que la moindre déprédation est une mutilation, une destruction, une perte irrémédiable. Cependant, il est économiquement impensable et totalement irréaliste de vouloir faire cesser toute activité humaine sous prétexte de la préservation du Patrimoine géologique. L'homme utilise la Terre et l'exploite selon ses besoins : mines, carrières, creusements de tunnels, tracements de routes, fondations et constructions de bâtiments, creusements de canaux... Les activités de l'homme marquent la Terre de leurs traces indélébiles. Les géologues, qu'ils soient professionnels ou amateurs ont le devoir, lors de ces travaux, de récupérer un maximum de matériel géologique (minéraux et fossiles) afin de les sauver, de les protéger et de les préserver. Il faut, en effet, essayer d'éviter au maximum que du matériel géologique de valeur ne passe au concasseur (dans les carrières) ou ne soit inutilement exposé aux agents atmosphériques (tracés de routes, creusements de canaux...) qui les détruiraient irrémédiablement.

Les réserves géologiques : Le point précédent me fait dire que certaines "réserves géologiques" n'ont aucun sens, si les couches géologiques intéressantes sont mises à nu. (C'est le cas de Vireux et Foisches (Ardennes), Luc sur Mer et Lion sur Mer (Normandie), Cap de la Chèvre (Finistère), Digne les Bains (Alpes de Haute Provence), et bien d'autres...) En effet, les infiltrations et écoulements d'eau, les gelées de l'hiver et les fortes chaleurs de l'été auront à court ou moyen terme, fait éclater les roches proches de la surface et donc auront détruit les minéraux et fossiles qui y sont contenus. Sans aucune protection valable, (récupération et mise en collection privée ou publique), ce matériel géologique sera par la faute de l'immobilisme des pouvoirs publics, perdu pour tout le monde.

6.2.4. Le tableau des roches



Considérons le tableau suivant et expliquons-le...



Que pouvons-nous apprendre avec ce tableau ?

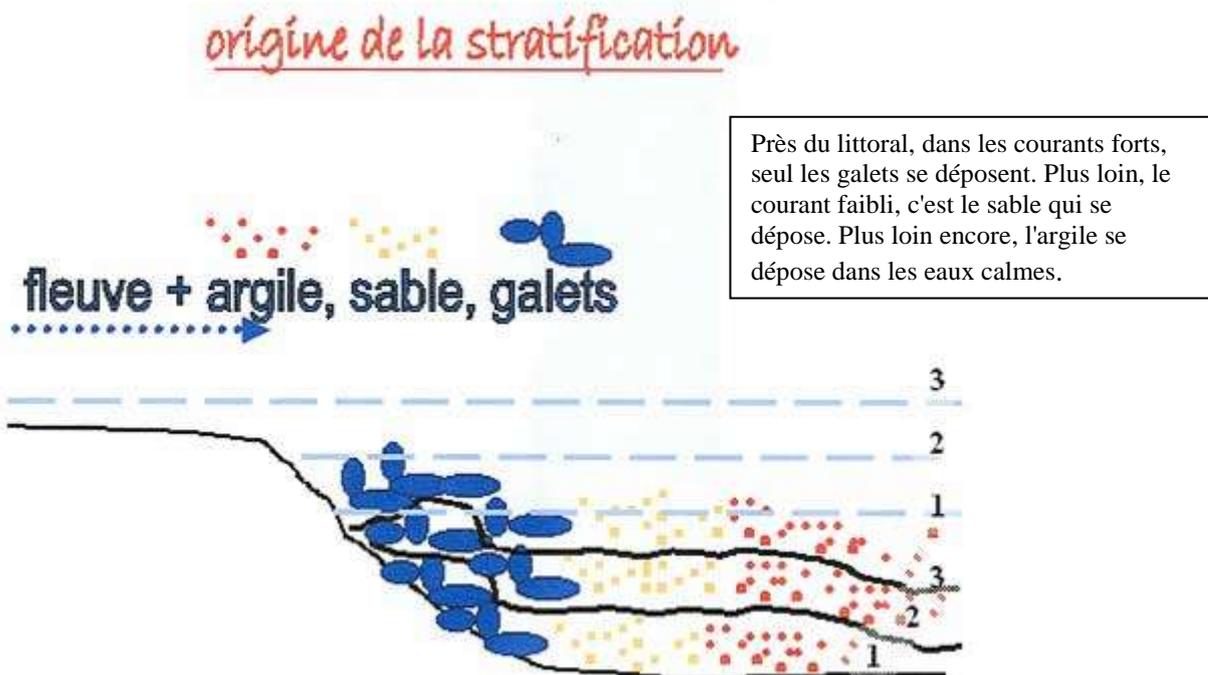
Lisons-le et détaillons-le...

Toutes les roches (sauf les calcaires qui ont une origine chimique (précipitation) ou organique (provenant d'êtres vivants)) ont une origine **magmatique**.

Les roches magmatiques peuvent être **endogènes**, c'est à dire qu'elles sont restées contenues dans l'écorce terrestre (c'est la grande famille des granites). Elles peuvent être aussi **exogènes**, c'est à dire qu'elles se répandent à la surface de la terre lors des éruptions volcaniques (c'est la grande famille des laves).

Qu'elles soient endogènes ou exogènes, elles ont la même composition chimique. Elles sont composées de **quartz**, d'**orthose** et de **feldspath**. Lorsqu'elles sont en contact avec la surface de la terre, le vent, l'eau, la chaleur, le gel... en un mot, les agents atmosphériques, ceux-ci vont les attaquer et les détruire petit à petit. C'est le phénomène de l'**érosion**.

Les grains rocheux ainsi arrachés à la roche-mère vont être transportés par les cours d'eau jusqu'à la mer où ils vont se déposer au fond de la mer en couches horizontales.



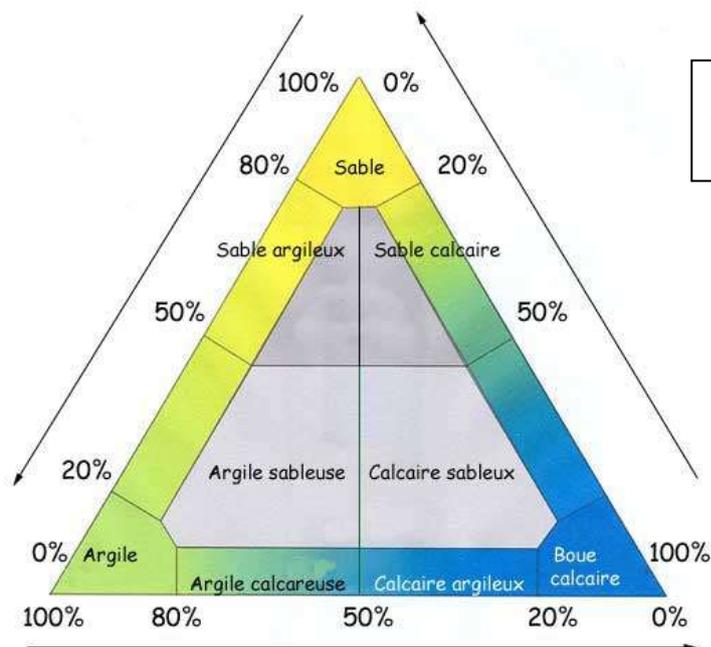
A chaque changement du niveau de la mer, se forme une nouvelle **strate**.

C'est ainsi que se forment les **roches sédimentaires**. Les quartz vont se transformer en petits grains de **sable** tandis que les orthoses et les feldspaths vont devenir des **argiles**. Pendant ce temps, dans le fond de la mer, les coraux bâtissent des édifices qui finiront par s'écrouler, les coquilles de tous les coquillages morts vont être réduits en poussière et la chaleur va faire précipiter le calcaire contenu dans l'eau formant ainsi la troisième roche sédimentaire : la **boue calcaire**.

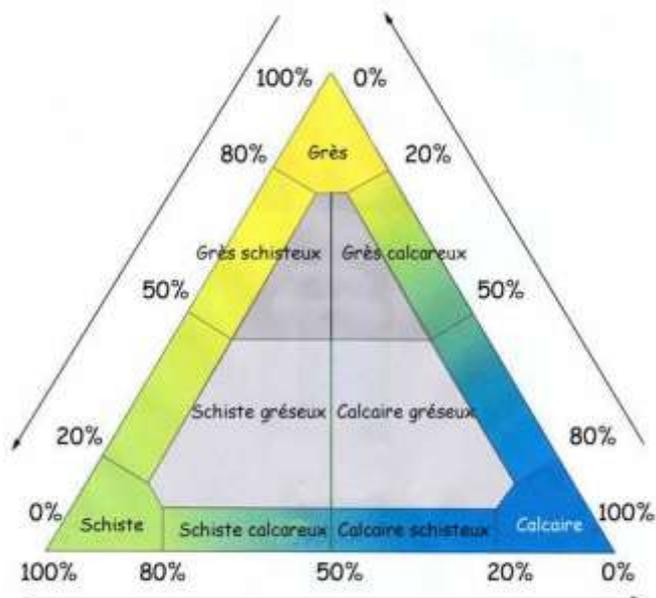
Pour reconnaître ces différentes roches, rien de plus simple : Les **roches siliceuses** (de la famille du sable) ne réagissent pas à l'acide mais raient le verre. Les **roches argileuses** ne réagissent pas à l'acide et ne raient pas le verre. Les **roches calcaires** ne raient pas le verre mais réagissent à l'acide.

A la lecture de ce qui précède, on pourrait croire que 3 grands types de roches sédimentaires existent, bien différentes les unes des autres et n'ayant aucune interaction les unes avec les autres.

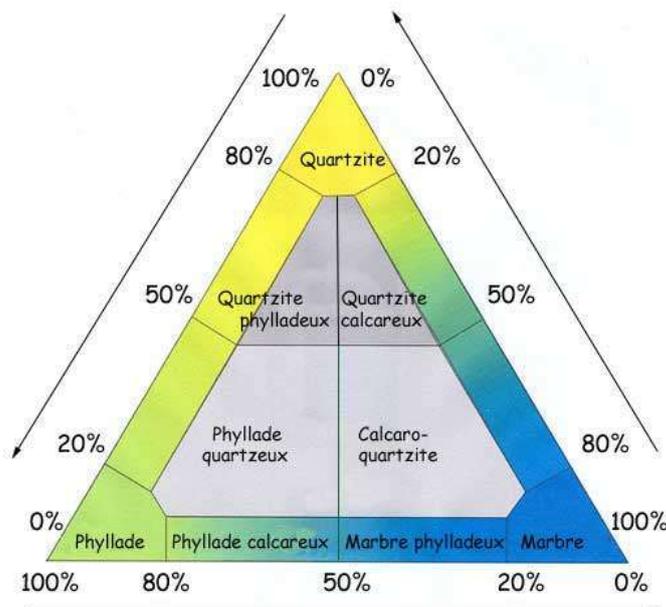
Mais rien n'est vraiment aussi simple car les cours d'eau ne transportent pas uniquement des argiles, ni des sables, ni des grains de calcaire... mais un savant mélange de tout cela avec des proportions variables.



Les roches meubles et leurs mélanges
Tableau L.V.B.



Les roches cohérentes et leurs mélanges
Tableau L.V.B.



Les roches
métamorphiques et
leurs mélanges
Tableau L.V.B.

En fait et pour faire court, rien n'est noir, rien n'est blanc, mais tout est un dégradé de gris allant du gris clair au gris foncé. Comme quoi, la Nature n'aime pas la simplicité...

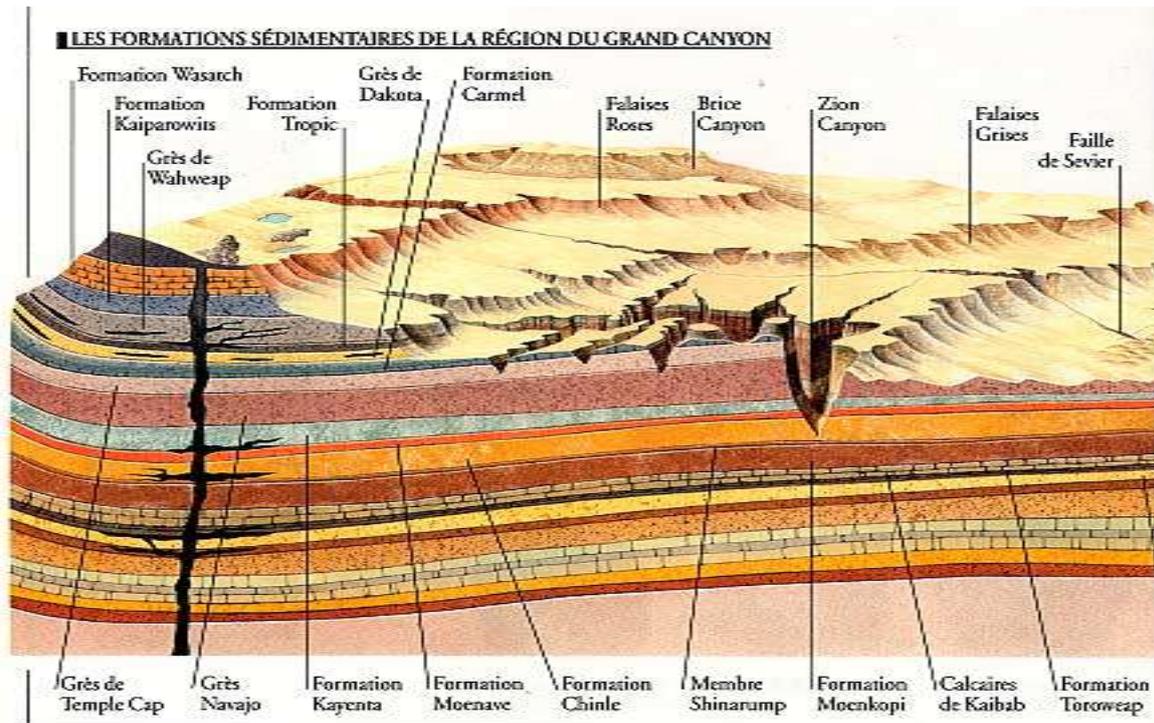
6.2.5. La stratigraphie

La **stratigraphie** est la science qui étudie la succession des dépôts sédimentaires, généralement arrangés en couches (strates). L'étude de la succession des couches ou des formations rocheuses d'une région permet de reconstruire les événements géologiques. Par exemple, la nature des roches sédimentaires nous informe sur le milieu de sédimentation et comment cet environnement a évolué dans le temps.

6.2.5.1. Les principes de la stratigraphie

En outre, la stratigraphie permet d'établir une chronologie stratigraphique relative, notamment par l'utilisation raisonnée de 5 principes auxquels il ne faut pas donner la valeur d'axiome :

- **Le principe de continuité** selon lequel une même couche a le même âge sur toute son étendue
- **Le principe de superposition**, selon lequel, de deux couches superposées non renversées par la tectonique, la plus basse est la plus ancienne.
- **Le principe d'horizontalité** selon lequel les couches sédimentaires sont déposées à l'origine horizontalement. Une séquence sédimentaire qui n'est pas en position horizontale aurait subi des déformations ultérieurement à son dépôt.
- **Le principe de recoupement** selon lequel les couches sont plus anciennes que les failles ou les roches qui les recoupent.
- **Le principe d'inclusion** selon lequel les morceaux de roche inclus dans une autre couche sont plus anciens que leur contenant.



L'observation des couches sédimentaires formant le Grand Canyon aux U.S.A. nous montre un très bel exemple pouvant illustrer les principes ci-dessus : continuité, superposition, horizontalité, recoupement et inclusion.

Ainsi, aboutit-on à des divisions **lithostratigraphiques** fondées sur la nature des terrains, la chronologie des dépôts et accessoirement sur les fossiles qu'elles renferment (accessoirement car le même fossile peut se retrouver parfois dans plusieurs couches différentes).

[[lithos = roche + strate = couche + graphos = écrire, dessiner)=(le dessin des couches de roches)] Un mot important vient d'être prononcé : la **couche**...

6.2.5.2. Les couches

Ainsi, la plus petite division est la **couche**.

Une couche est un ensemble sédimentaire compris entre deux surfaces approximativement parallèles qui correspondent à des discontinuités ou à de brusques variations pétrographiques permettant de délimiter nettement cet ensemble des terrains voisins. On parle aussi parfois de **banc** surtout lorsqu'il s'agit d'une roche dure, d'un **lit** si elle est de faible épaisseur et de **niveau**, **assise** ou **horizon** si on peut la caractériser sur une certaine distance par sa nature pétrographique ou par son contenu paléontologique.

Plusieurs couches forment un **membre**.

Plusieurs membres constituent une **formation**.

Une formation est un ensemble de couches et de membres possédant des caractères communs et constituant un ensemble qu'il convient de distinguer. Il s'agit souvent d'un caractère géologique (Formation schisteuse... si elle est entourée de formations calcaires, par exemple). À cette formation, on associe bien souvent le nom d'un lieu (Formation des Valisettes à Senzeilles).

Plusieurs formations un **groupe**.

Un ensemble de couches rassemblées en membres, formations et groupes auxquelles on fait correspondre un intervalle de temps est un **étage** défini par rapport à un affleurement type qui sert en quelque sorte d'étalon et que l'on nomme **stratotype**. Le nom de l'étage est souvent associé à un lieu géographique actuel ou antique auquel on ajoute le suffixe « ien ». (Ex. le Frasnien).

Plusieurs étages constituent une **série** ou une époque

Plusieurs séries forment un **système** ou une période.

Plusieurs systèmes constituent une **ère** ou un ératème

Enfin, plusieurs Erathèmes forment une **Eonothème** appelé aussi "Eon"

Eonothème Eon	Ératème (Ère)	Système (Période)	Epoques Série	Etage	Groupe	Formation	Membre	Couche
Phanérozoïque de -650 millions d'années à nos jours.	Cénozoïque (Tertiaire)	Quaternaire Néogène Paléogène						
	Mésozoïque (Secondaire)	Crétacé Jurassique Trias						
	Paléozoïque (Primaire)	Permien Carbonifère						
		Dévonien	(Dévonien) Inférieur	Emsien	(Emsien) Supérieur	De Bure	De Saint Joseph	Sj2 Calcaires crinoïdiques et coquilliers.
		Silurien Ordovicien Cambrien						
Protérozoïque -2,5 Milliards d'années à -650 millions d'années								
Archéen -4 à - 2,5 Milliards d'années								
Hadéen -4,6 à -4 Milliards d'années								

Avec tout ceci, que pouvons-nous faire ?

Essayons d'interpréter une carte géologique et essayons de réaliser une coupe géologique.
Commençons par quelque chose de simple...

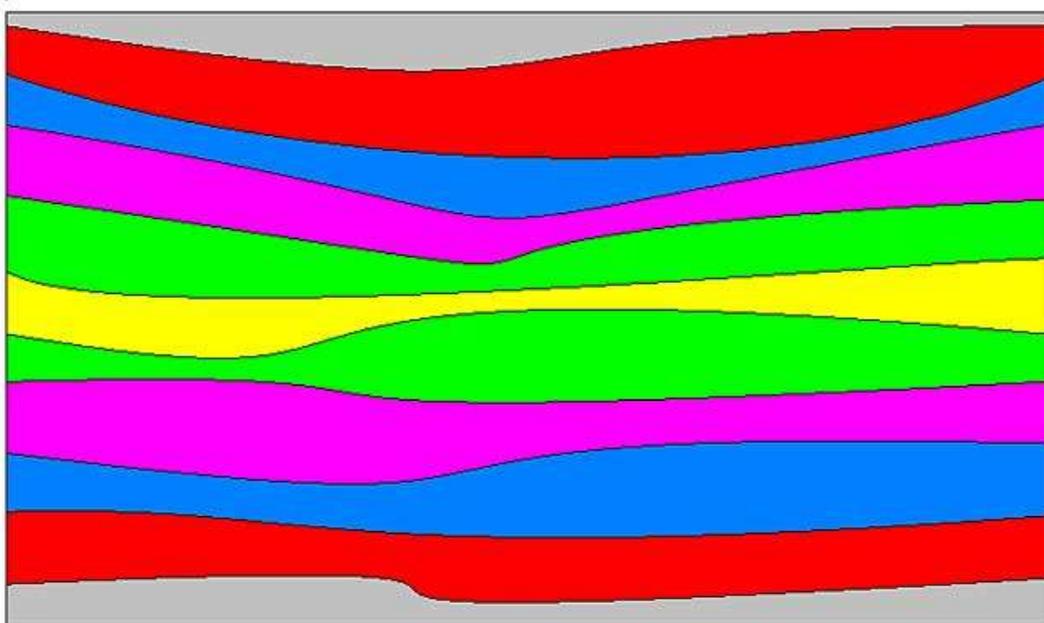
6.2.6. Interprétation d'une carte géologique

Voici une carte géologique fictive... simple (trop simple pour être réelle)... mais ne faut-il pas commencer par quelque chose de simple...

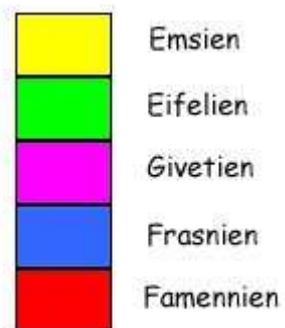
6.2.6.1. Anticlinaux et synclinaux

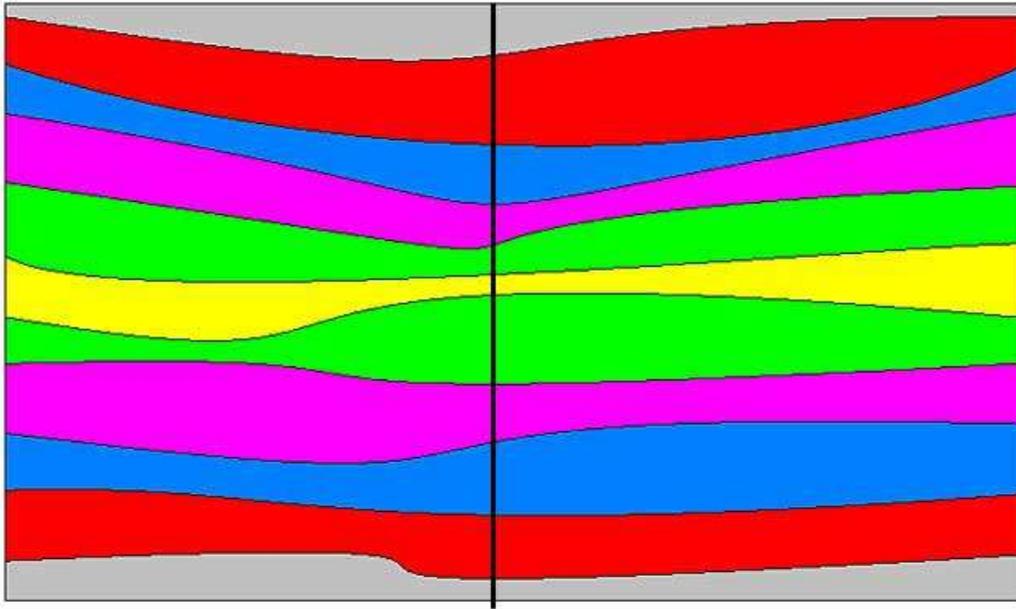
Pour faciliter la compréhension, nous allons supposer qu'il n'y a aucune faille transformante et que le relief actuel de l'endroit est plat... ce qui est rare... mais encore une fois, il faut faire simple et nous compliquerons plus tard pour arriver à des situations réelles.

Voici donc la carte géologique accompagnée de sa légende...



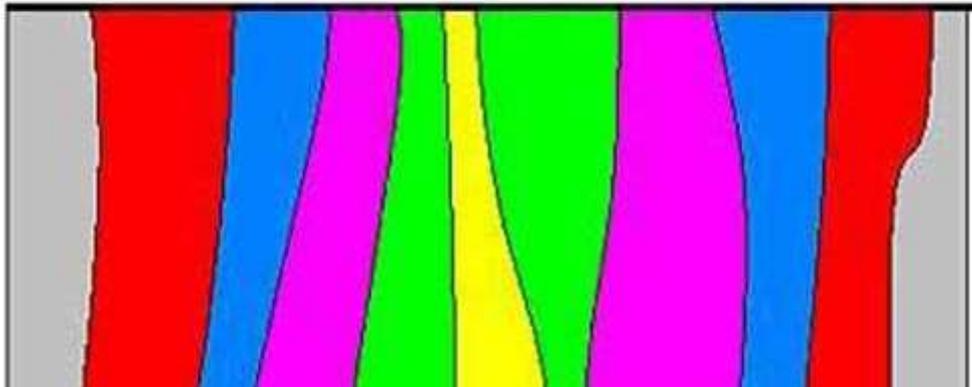
...et nous décidons de réaliser une coupe selon la ligne ci-dessous...





Voici notre carte fictive coupée et retournée afin de visualiser le sous-sol.

Comme nous l'avons signalé au départ, le relief est plat, bien érodé. A nous d'imaginer les couches avant érosion.



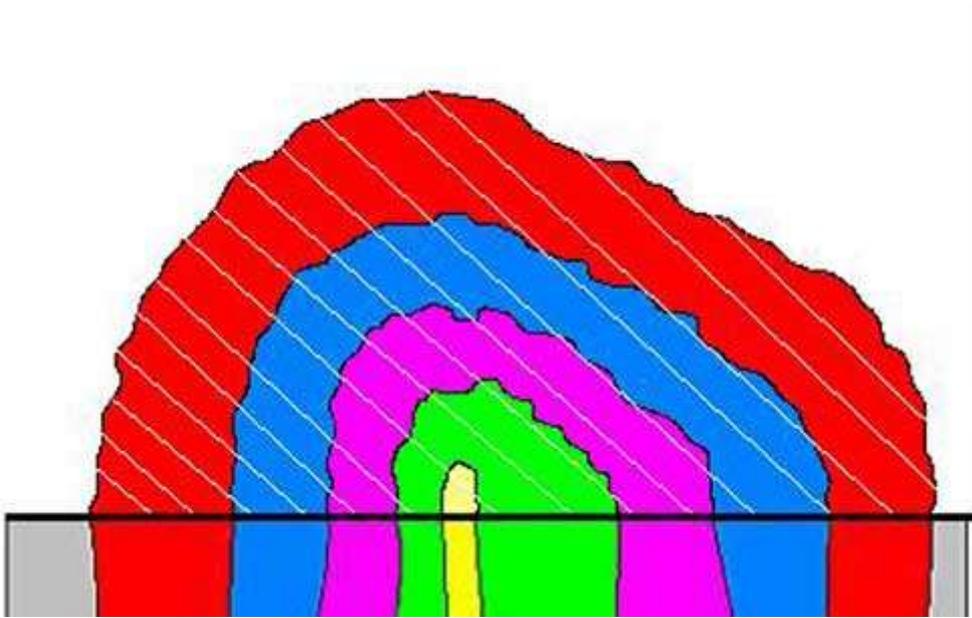
En regardant la légende et l'échelle stratigraphique, nous nous rendons compte qu'une couche emsienne (jaune) est entourée de deux couches eifeliennes (vertes) plus jeunes, elles-mêmes entourées de deux couches givetiennes (violetttes) encore plus jeunes, elles-mêmes entourées de deux couches frasniennes (bleues) toujours plus jeunes, elles-mêmes entourées de deux couches famenniennes (rouges) toujours plus jeunes.

En fonction de 3 des 5 principes de stratigraphies qui nous disent que :

- **Le principe de continuité** selon lequel une même couche a le même âge sur toute son étendue,

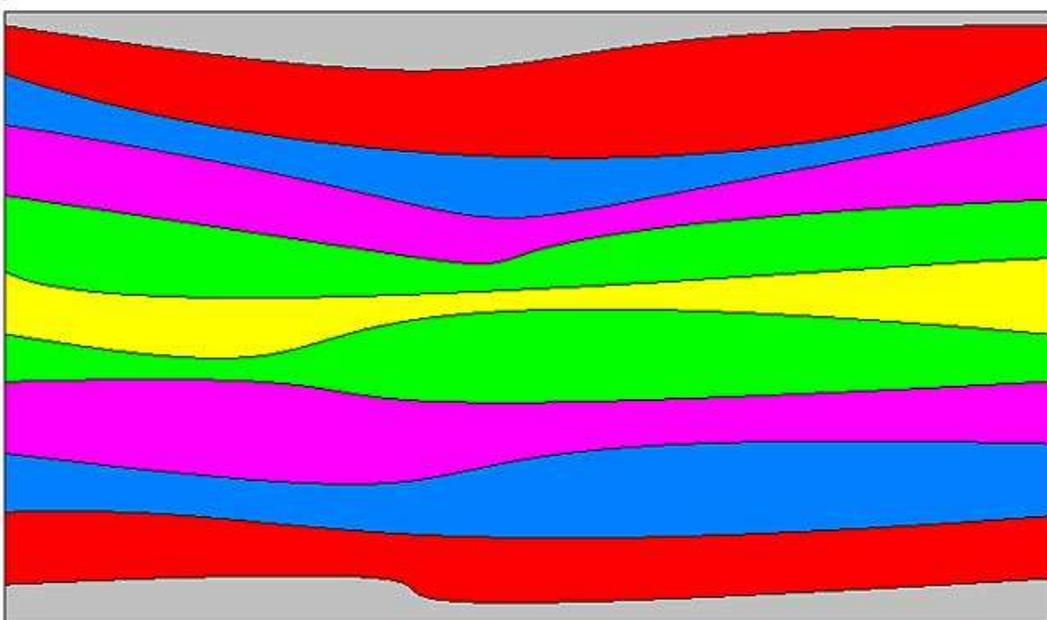
- **Le principe de superposition**, selon lequel, de deux couches superposées non renversées par la tectonique, la plus basse est la plus ancienne,
- **Le principe d'horizontalité** selon lequel les couches sédimentaires sont déposées à l'origine horizontalement. Une séquence sédimentaire qui n'est pas en position horizontale aurait subi des déformations ultérieurement à son dépôt,

Nous ne pouvons imaginer les couches disparues que comme ceci :



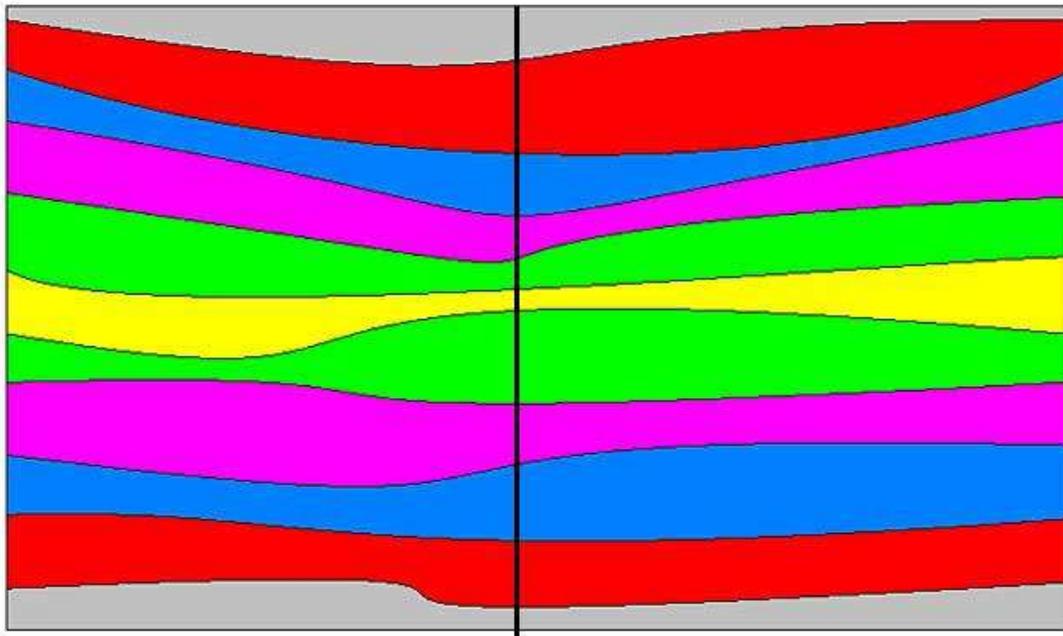
..... un anticlinal formé de couches plissées plus ou moins arrondies avec la couche la plus ancienne au cœur de la formation et les couches les plus jeunes à l'extérieur.

Reprenons la même carte géologique fictive, toujours sous relief plat, mais modifions la légende et observons les changements...



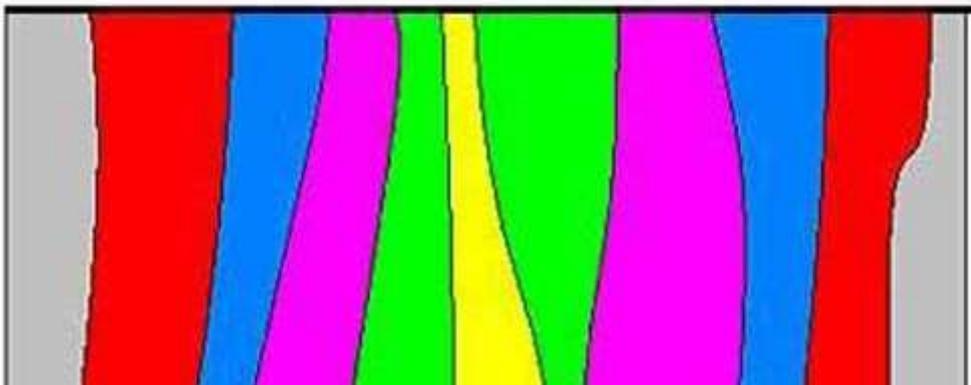


... et nous décidons de réaliser la même coupe ci-dessous...



Voici notre carte fictive coupée et retournée afin de visualiser le sous-sol.

Comme nous l'avons signalé au départ, le relief est plat, bien érodé. A nous d'imaginer les couches avant érosion.

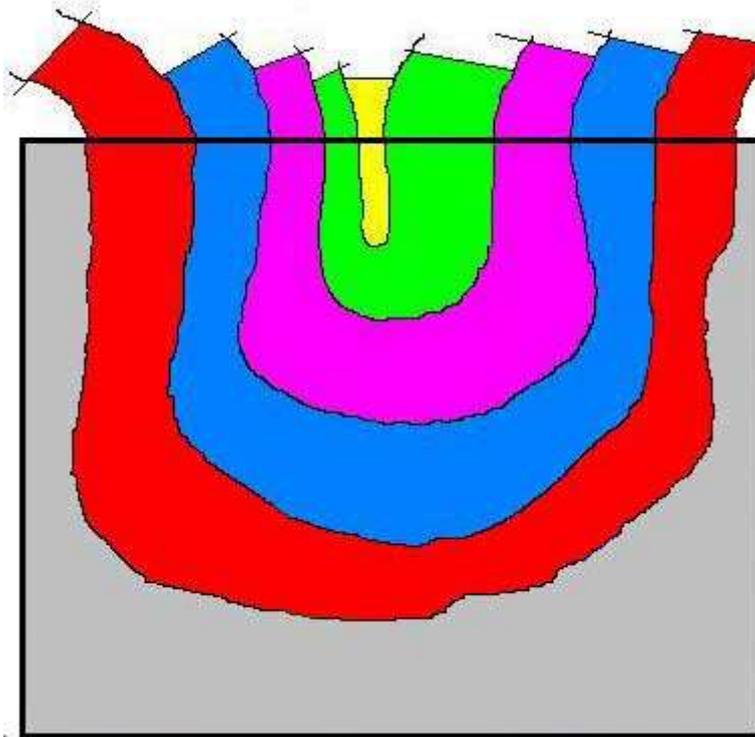


En regardant la légende et l'échelle stratigraphique, nous nous rendons compte qu'une couche famennienne (jaune) est entourée de deux couches frasnienne (vertes) plus vieilles, elles-mêmes entourées de deux couches givetiennes (violette) encore plus vieilles, elles-mêmes entourées de deux couches eifeliennes (bleues) toujours plus vieilles, elles-mêmes entourées de deux couches emsiennes (rouges) toujours plus vieilles.

En fonction de 3 des 5 principes de stratigraphies qui nous disent que :

- **Le principe de continuité** selon lequel une même couche a le même âge sur toute son étendue,
- **Le principe de superposition**, selon lequel, de deux couches superposées non renversées par la tectonique, la plus basse est la plus ancienne,
- **Le principe d'horizontalité** selon lequel les couches sédimentaires sont déposées à l'origine horizontalement. Une séquence sédimentaire qui n'est pas en position horizontale aurait subi des déformations ultérieurement à son dépôt,

Nous ne pouvons imaginer les couches que comme ceci :



..... un synclinal formé de couches plissées plus ou moins arrondies avec la couche la plus jeune au cœur de la formation et les couches les plus vieilles à l'extérieur.

Jusqu'ici, nous avons considéré des plissements simples. Nous verrons plus loin que ce n'est pas toujours si simple... mais pas beaucoup plus compliqué non plus. Disons, pour être simple qu'il

existe plusieurs "espèces" de synclinaux et plusieurs espèces d'anticlinaux. Mais tous répondent aux mêmes lois. Donc, en un mot : Pas de panique !!!

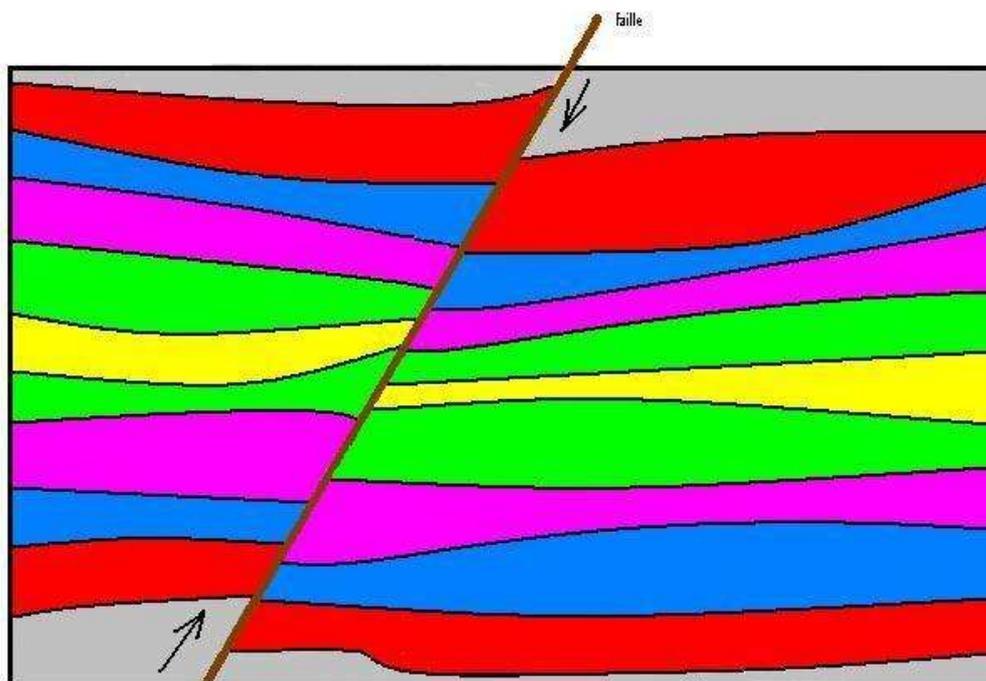
6.2.6.2. Les accidents de terrain

Un nouvel aspect des choses est maintenant à envisager. Les roches sédimentaires se déposent sous formes meubles (non cohérentes) au fond de la mer, en couches successives horizontales, avec les plus anciennes en dessous et les plus jeunes au dessus. Au fil du temps (des millions d'années), ces roches vont devenir cohérentes et dures. Quand vont apparaître les mouvements tectoniques, les roches vont se plisser en forme de synclinaux ou d'anticlinaux.

Cela correspond à ce que nous venons de voir au point précédent.

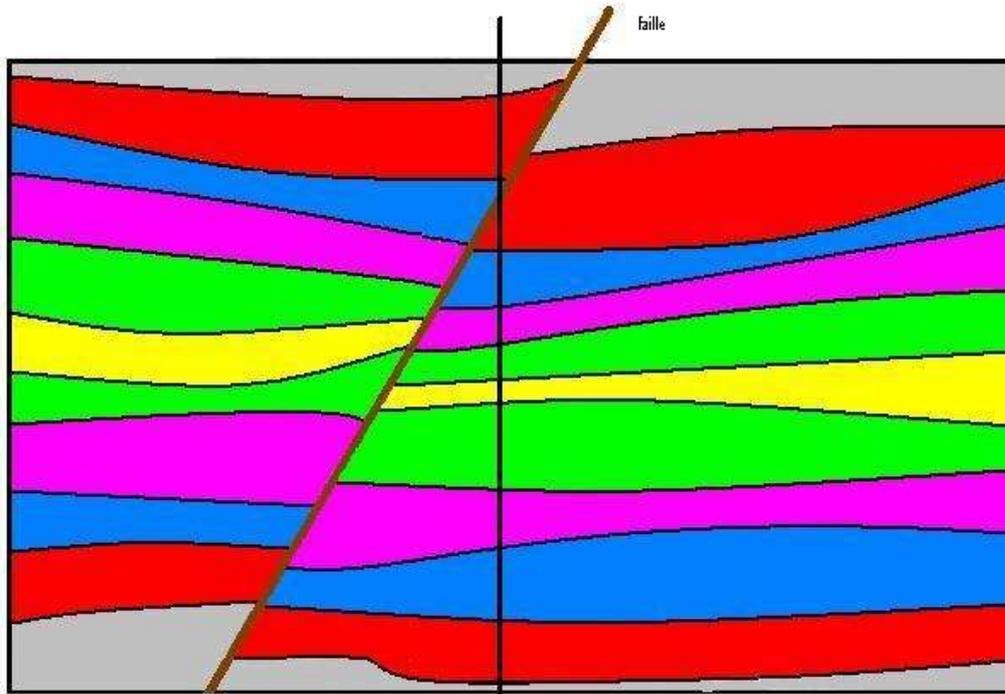
Cependant, dans un but de meilleure compréhension et de simplification, j'ai volontairement passé sous silence un aspect de la problématique qu'il est temps d'aborder.

Les roches cohérentes, quand elles se plissent ne sont pas élastiques. Donc, lors du plissement, des zones de fractures apparaissent avec des déplacements de blocs rocheux. Ce sont des failles. Pour notre facilité, elles aussi sont indiquées sur les cartes géologiques. Reprenons donc notre carte fictive et insérons-y une faille transformante...



	Emsien
	Eifelien
	Givetien
	Frasnien
	Famennien

Nous pouvons sans peine remarquer que la faille (en brun) a cisailé les roches et que celles-ci se sont déplacées en glissant selon le plan de faille. Gardons la première légende et décidons de réaliser une coupe similaire à ce que nous avons déjà fait selon...

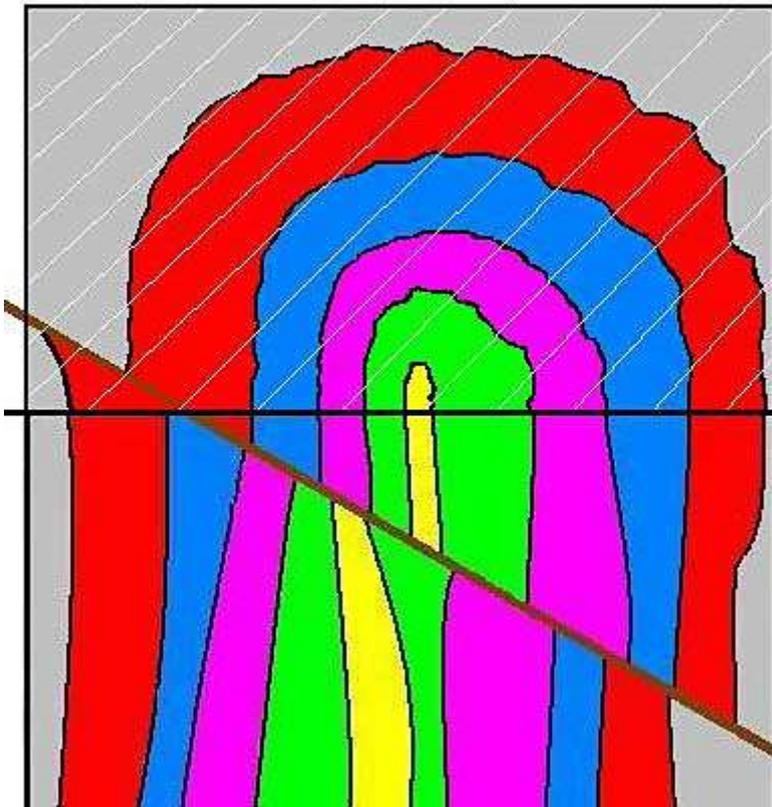


En regardant la légende et l'échelle stratigraphique, nous nous rendons compte dans le premier cas que nous avons étudié : une couche emsienne (jaune) est entourée de deux couches eiféliennes (vertes) plus jeunes, elles-mêmes entourées de deux couches givetiennes (violette) encore plus jeunes, elles-mêmes entourées de deux couches frasniennes (bleues) toujours plus jeunes, elles-mêmes entourées de deux couches famenniennes (rouges) toujours plus jeunes.

En fonction de 3 des 5 principes de stratigraphies qui nous disent que :

- **Le principe de continuité** selon lequel une même couche a le même âge sur toute son étendue,
- **Le principe de superposition**, selon lequel, de deux couches superposées non renversées par la tectonique, la plus basse est la plus ancienne,
- **Le principe d'horizontalité** selon lequel les couches sédimentaires sont déposées à l'origine horizontalement. Une séquence sédimentaire qui n'est pas en position horizontale aurait subi des déformations ultérieurement à son dépôt,

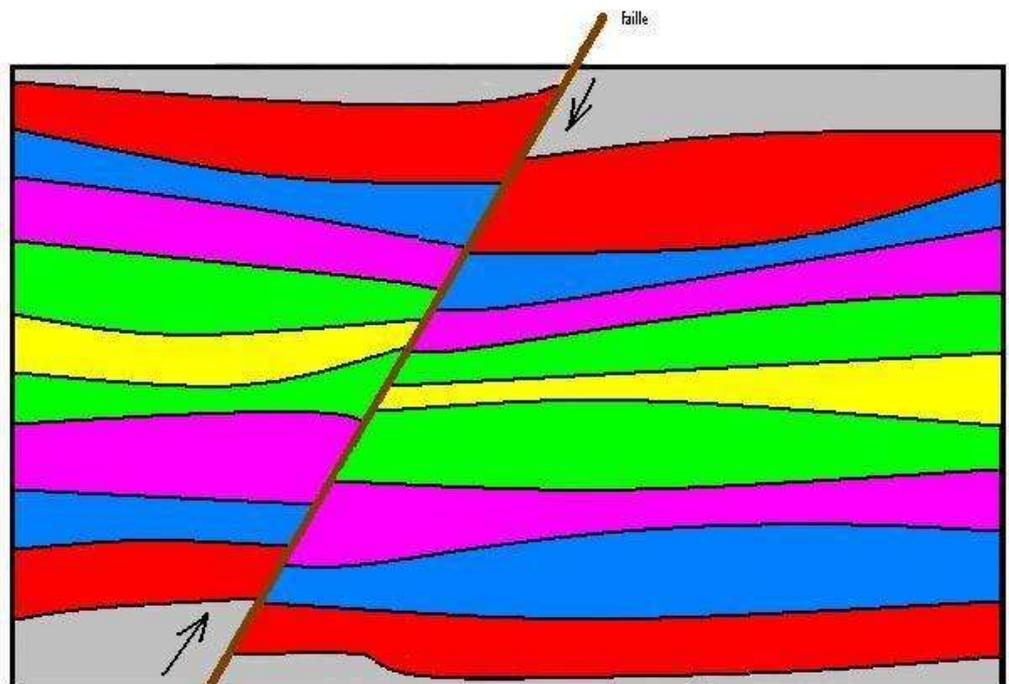
nous ne pouvons imaginer les couches disparues que comme ceci :



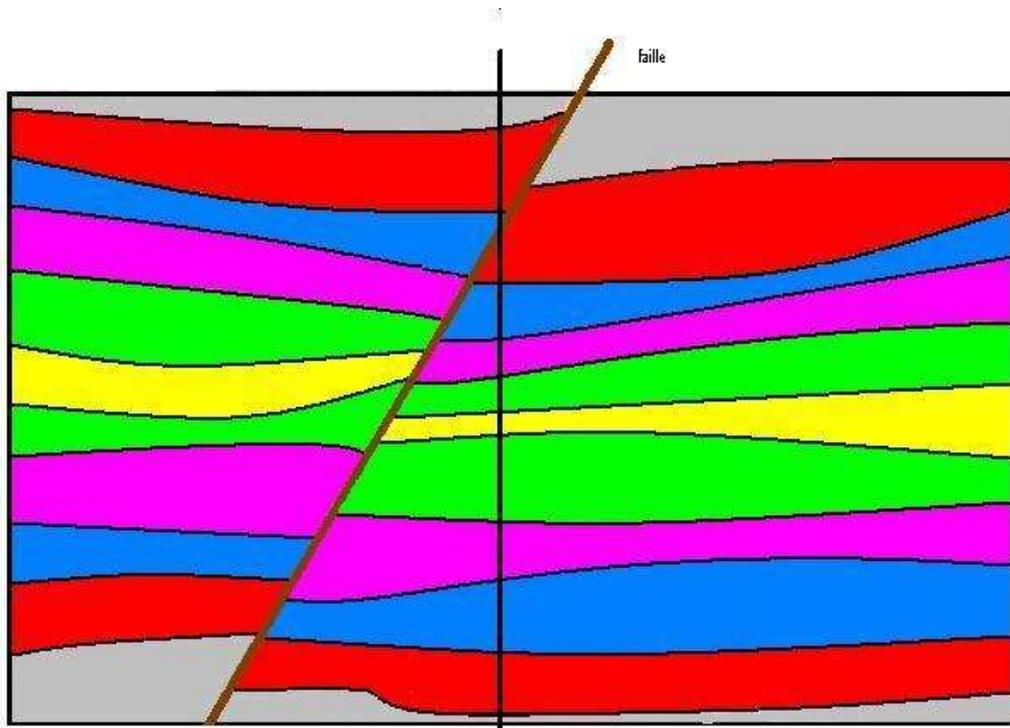
..... un anticlinal formé de couches plissées plus ou moins arrondies avec la couche la plus ancienne au coeur de la formation et les couches les plus jeunes à l'extérieur mais qui a été cisailé par une faille et qui a glissé le long de cette cassure.

Reprenons la même carte géologique fictive, toujours sous relief plat, et toujours avec la même faille, mais modifions la légende et observons les changements...

	Famennien
	Frasnien
	Givetien
	Eifelien
	Emsien



...et nous décidons de réaliser la même coupe ci-dessous...

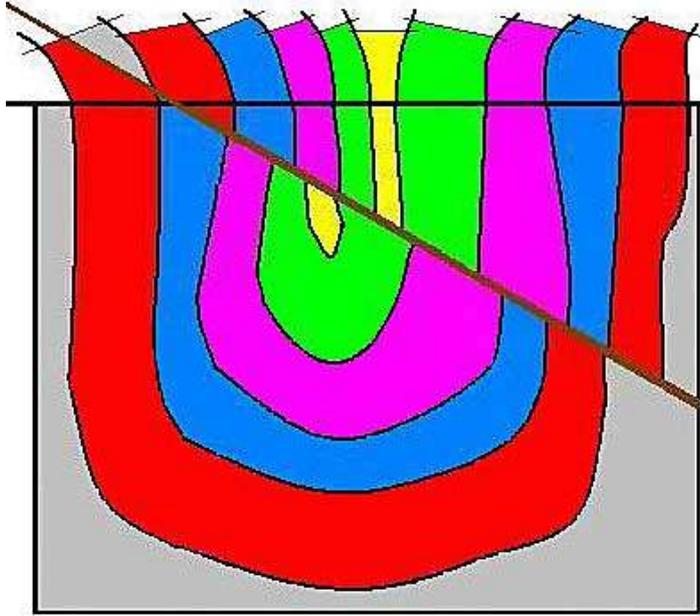


Comme nous l'avons signalé au départ, le relief est plat, bien érodé. A nous d'imaginer les couches avant érosion.

En regardant la légende et l'échelle stratigraphique, nous nous rendons compte que nous sommes dans de deuxième cas étudié : une couche famennienne (jaune) est entourée de deux couches frasniennes (vertes) plus vieilles, elles-mêmes entourées de deux couches givetiennes (violette) encore plus vieilles, elles-mêmes entourées de deux couches eifeliennes (bleues) toujours plus vieilles, elles-mêmes entourées de deux couches emsiennes (rouges) toujours plus vieilles.

En fonction de 3 des 5 principes de stratigraphies qui nous disent que :

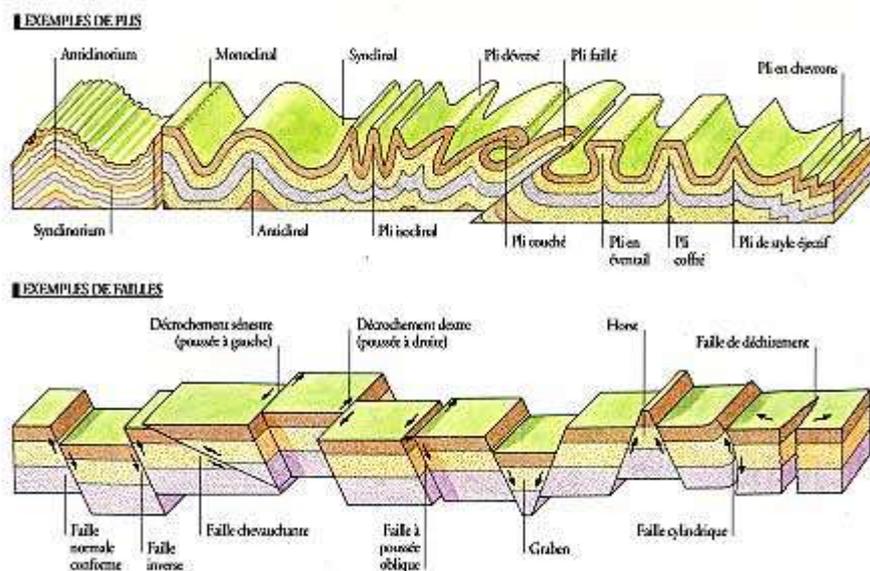
- **Le principe de continuité** selon lequel une même couche a le même âge sur toute son étendue,
- **Le principe de superposition**, selon lequel, de deux couches superposées non renversées par la tectonique, la plus basse est la plus ancienne,
- **Le principe d'horizontalité** selon lequel les couches sédimentaires sont déposées à l'origine horizontalement. Une séquence sédimentaire qui n'est pas en position horizontale aurait subi des déformations ultérieurement à son dépôt, nous ne pouvons imaginer les couches que comme ceci :



..... un synclinal formé de couches plissées plus ou moins arrondies avec la couche la plus jeune au coeur de la formation et les couches les plus vieilles à l'extérieur mais qui a été cisailé par une faille et dont une partie a glissé le long du plan de faille.

Jusqu'ici, nous avons considéré une faille simple. Nous verrons plus loin que ce n'est pas toujours si simple... mais pas beaucoup plus compliqué non plus. Disons, pour être simple qu'il existe plusieurs "espèces" de failles. Des failles, il y en a autant que des synclinaux et des anticlinaux. Mais ici aussi, toutes répondent aux mêmes lois. Donc, en un mot, ici aussi : Pas de panique !!!

Voici un condensé de ce qu'on peut observer sur le terrain...

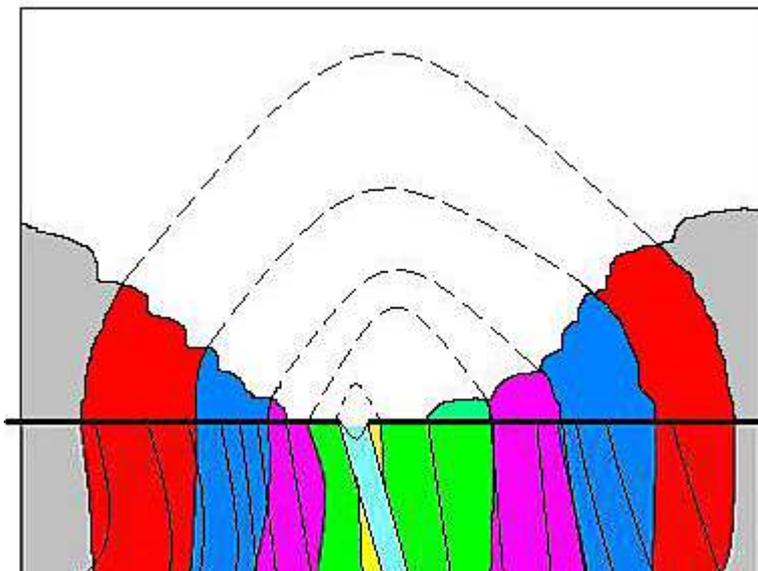
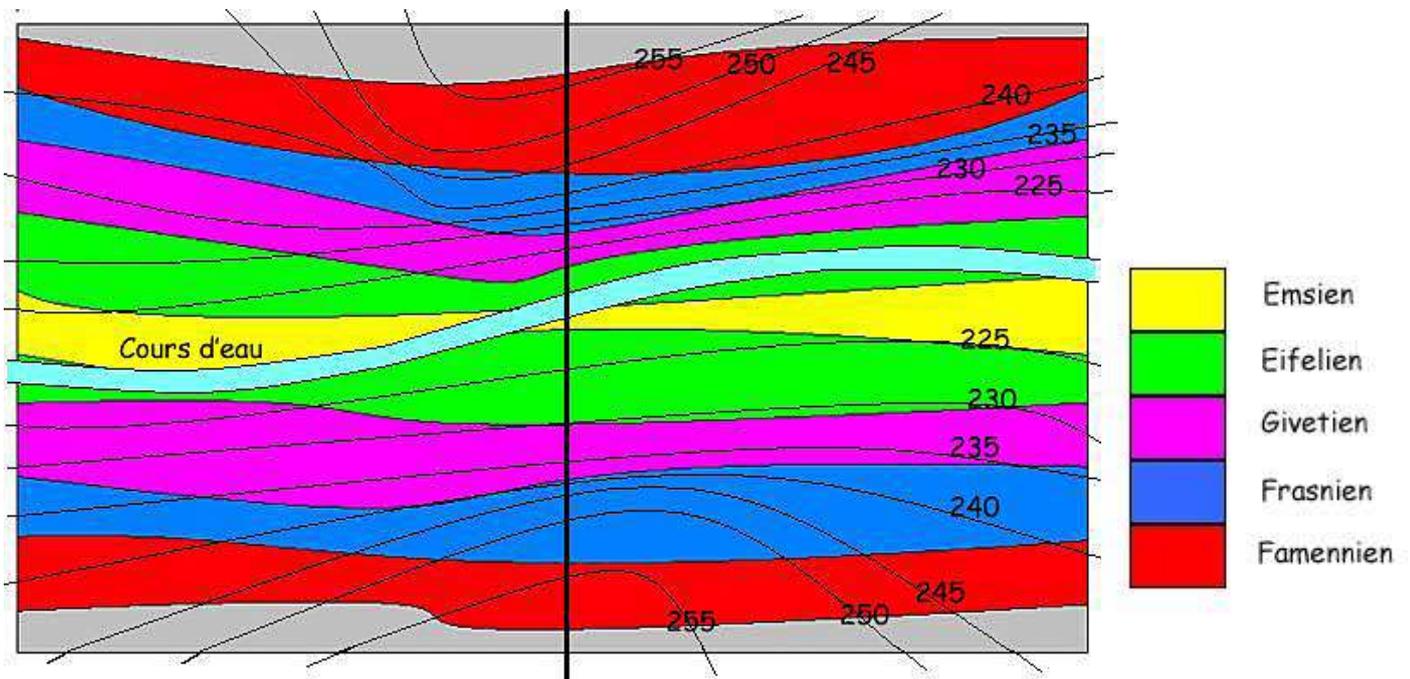


6.2.6.3. Le relief

On peut maintenant intégrer le relief à nos coupes de terrains. Cela peut se faire de deux manières différentes : sur le terrain ou d'après les cartes IGN.

Etant donné que nous ne sommes pas encore sortis sur le terrain, restons dans le domaine du théorique et travaillons sur base de cartes. Nos hypothèses pourront toujours être vérifiées ensuite lors de notre excursion.

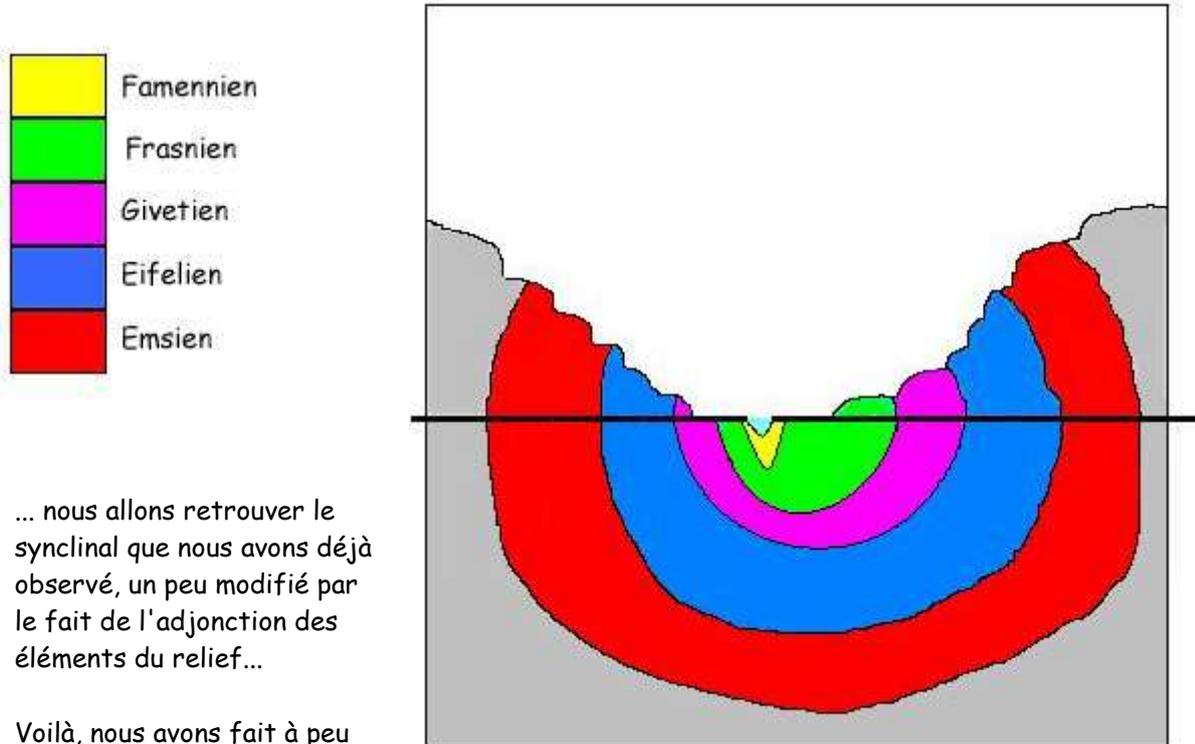
Reprenons la carte principale fictive que nous avons utilisée jusqu'à présent et pour y intégrer la notion de relief, décidons de la faire traverser par un cours d'eau, qui dessine une vallée. La carte IGN nous indique des courbes de niveau qui sont équidistantes de 5 mètres...



... et décidons comme précédemment de réaliser la même coupe de terrain tout en reprenant la première légende de carte.

Dans ce cas, le plus simple est de dessiner d'abord le paysage en relief sur base des courbes de niveau et ensuite d'y intégrer les notions géologiques... Cela nous donne évidemment un anticlinal évidé par le cours d'eau, cisailé par la vallée...

En gardant la même carte et en modifiant la légende géologique, comme nous l'avons déjà fait...



... nous allons retrouver le synclinal que nous avons déjà observé, un peu modifié par le fait de l'adjonction des éléments du relief...

Voilà, nous avons fait à peu près le tour de la question...

tout en sachant bien que ce qui a été présenté ici est purement théorique. Sur le terrain, il en est tout autre. Cependant, avec de l'observation et de la patience cette mise en bouche devrait permettre à tout un chacun de s'y retrouver et de pouvoir dresser une coupe géologique d'un endroit précis.

6.2.6.4. Un conseil

Avant de se lancer dans l'observation et la retranscription des couches rencontrées, rappelons-nous le tableau au point 5.2.4. Il nous présente les différentes roches et les manières de les reconnaître. Au cours de nos promenades, nous allons être amenés à les rencontrer à divers moments. Il est donc intéressant de se composer un système de symboles colorés à reproduire sur le carnet de notes afin de pouvoir s'y retrouver.

Je vous livre mon système. Il m'est propre et il ne tient qu'à vous de l'améliorer ou de le modifier.

Roche magmatique endogène		Roche magmatique exogène	
Sable	Boue argileuse	Boue calcaire	
Aggloméré de sable	Argilite	Craie	
Grès	Schiste	Calcaire	
Quartzite	Phyllade	Marbre	

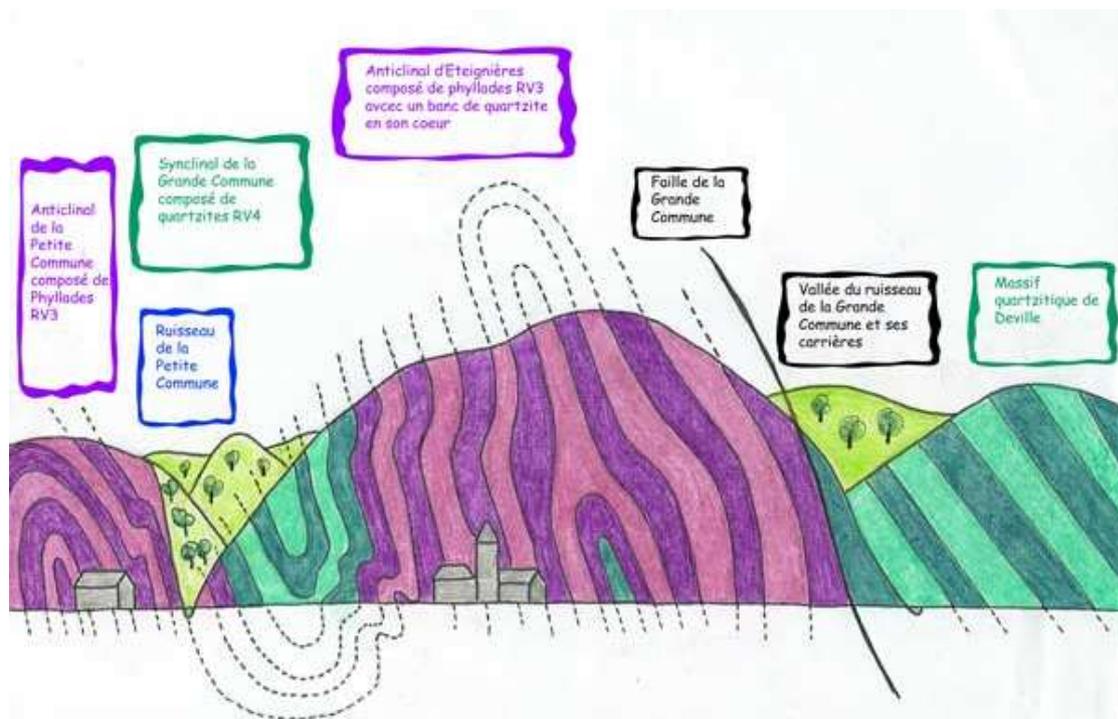
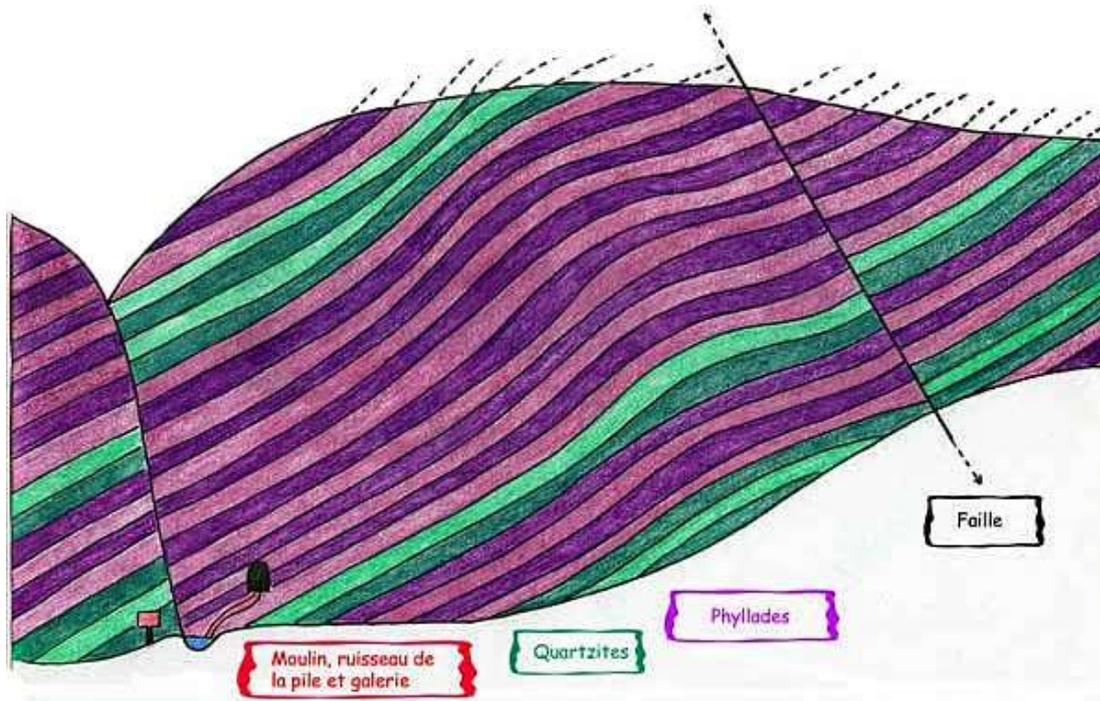
6.2.6.5. Un dernier conseil

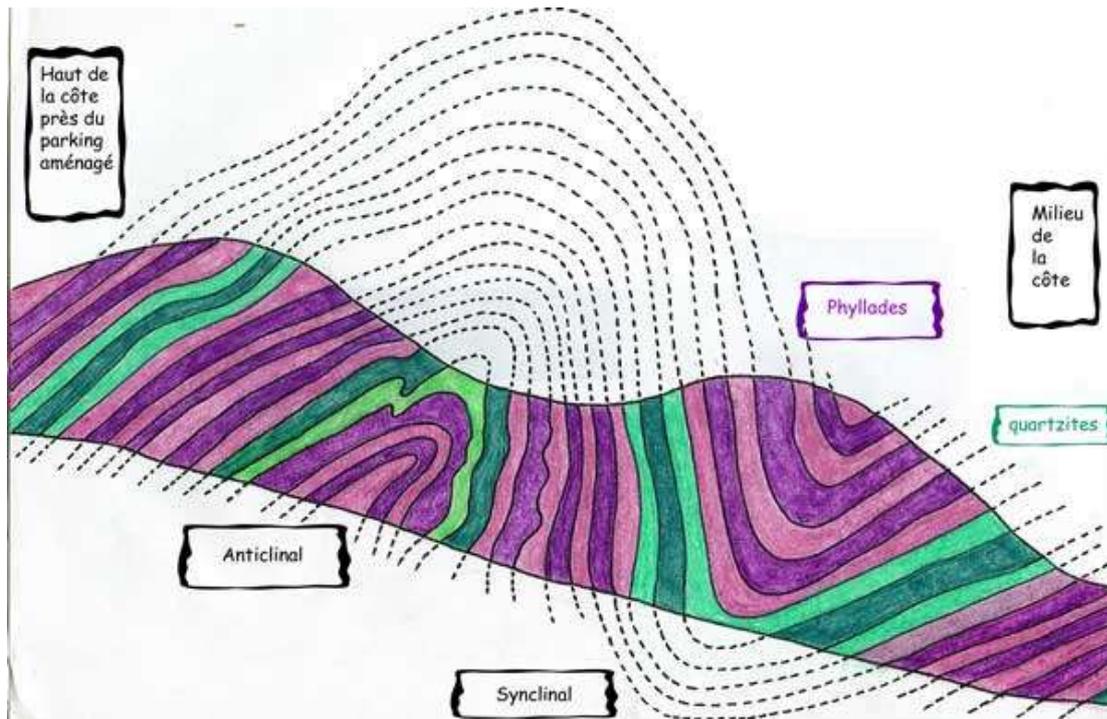
Utilisez votre échelle stratigraphique à outrance. En effet, chaque fois que vous allez observer un affleurement de roche, que vous allez le dater, le déterminer, en prélever des échantillons, y rechercher des minéraux et fossiles, notez ces renseignements dans votre carnet et ensuite, reportez-les dans votre échelle stratigraphique.

Au fur et à mesure de vos sorties sur le terrain, votre échelle va se nourrir d'informations toujours nouvelles qui, après un certain temps vont vous permettre de constituer une synthèse des observations pour une couche observée à différents endroits, pour une série dans un lieu dit...

6.2.6.6. Quelques coupes

En guise d'exemples, voici quelques coupes réalisées...





6.2.6.7. Transgressions et régressions

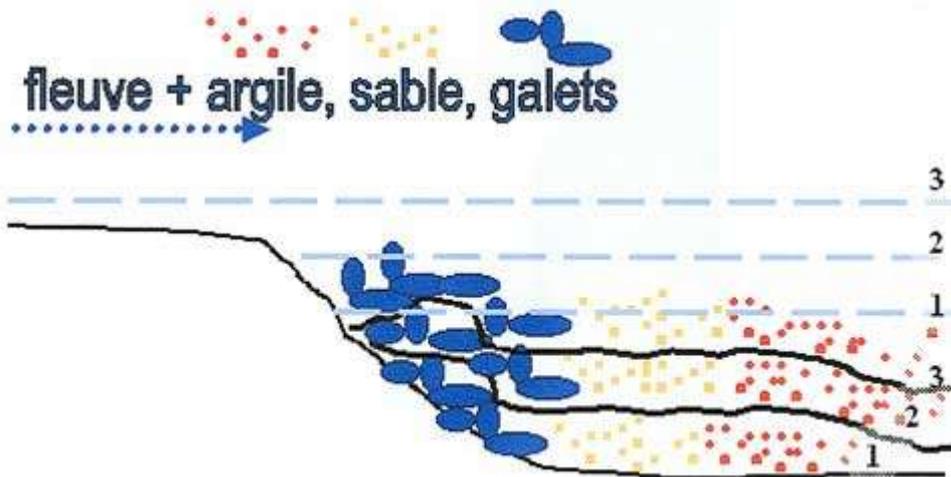
Un fait est certain : si aujourd'hui, nous trouvons dans des roches émergées, en plein centre de la Belgique, des fossiles marins, c'est qu'à une certaine époque, la mer s'y trouvait.

La mer se déplace. Si elle avance et recouvre les terres, on parlera d'une transgression marine. Par contre, si elle recule et laisse derrière elle des terres émergées, on parlera alors d'une régression marine.

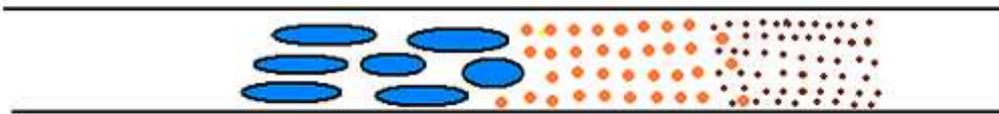
Il est tout à fait possible d'observer ces mouvements en observant la succession des couches de roches.

Revenons pour cela à notre tableau qui nous expliquait l'origine de la stratification et rappelons-nous ce que nous en disions : "Près du littoral, dans les courants forts, seul les galets se déposent. Plus loin, le courant faiblit, c'est le sable qui se dépose. Plus loin encore, l'argile se dépose dans les eaux calmes."

origine de la stratification

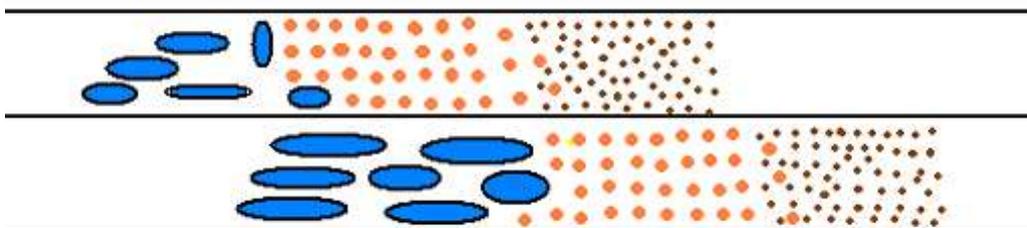


Imaginons une première séquence : un bord de mer. Qu'observons-nous ?

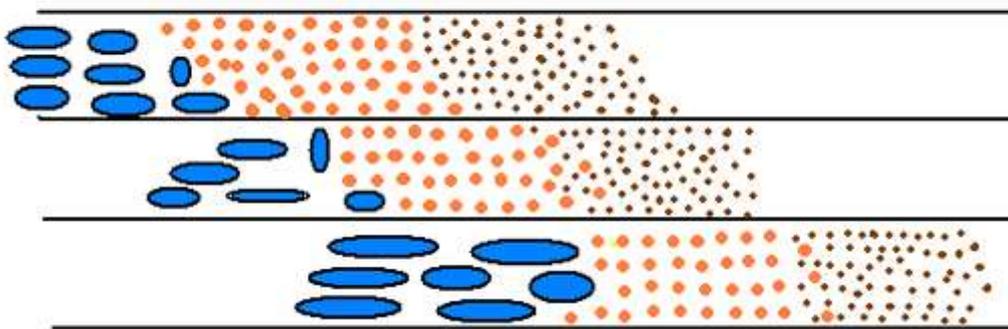


En partant de la plage et en allant vers le large : des galets, suivis de sables aux grains plus fins, suivis d'argiles aux grains encore plus fins.

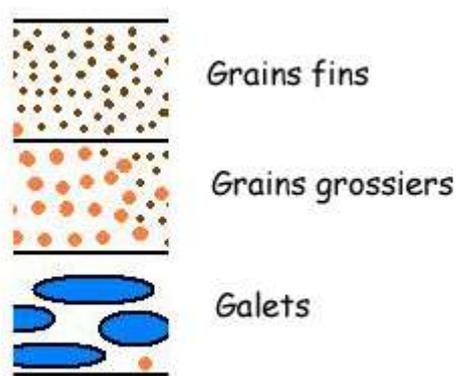
Imaginons que la mer se déplace vers la gauche, transgressant les terres. La plage va se déplacer et la séquence va devenir...



La mer continue sa progression à travers les terres. La plage se déplace encore vers la gauche et la séquence devient...



Observons les trois couches d'âges différents en un même endroit géographique...



... et pour autant que les couches n'aient pas été bouleversées par des mouvements tectoniques, une succession de bas en haut de couches d'une granulométrie plus fine indique une transgression marine. Le contraire nous indique une régression marine.

Ainsi, nous pouvons constater que lorsque les formations rocheuses sont disposées régulièrement les unes sur

les autres sans qu'il manque d'**étage**, il s'agit d'une structure **concordante**.

À certains endroits dans une série sédimentaire l'information fait défaut; soit que les roches ont disparu suite à l'érosion, soit que la sédimentation s'est interrompue. Ces manques, ces absences d'informations correspondent à des intervalles de temps dans la succession des événements géologiques. L'intervalle de temps peut être restreint et ne toucher qu'une localité, ou peut être de longue durée et s'étendre à toute une région.

Lorsqu'un étage est absent, en tout ou en partie, il s'agit d'une **lacune**. Une lacune suppose l'interruption provisoire de la sédimentation (lacune de sédimentation) ou une période d'érosion (lacune d'érosion) d'une durée inconnue.

La **discordance** elle, implique un arrêt de la sédimentation, un soulèvement suivi d'une période d'érosion puis un nouveau dépôt. Cette période d'érosion, souvent associée à des déformations, correspond à un soulèvement tectonique et au retrait de la mer (**régression**). Si la mer réenvahit la région (**transgression**) suite à de nouveaux mouvements, la surface des roches anciennes sera recouverte, c'est la **surface de discordance**. Il s'agit d'une surface de contact entre des formations d'âges différents.

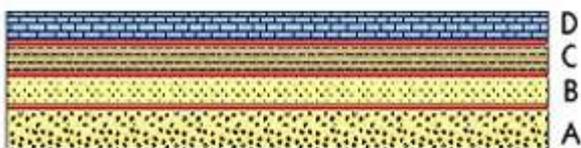
La **discordance angulaire** est une surface d'érosion recoupant d'anciennes séquences déformées. Elle implique le plissement ou le basculement, le soulèvement, l'érosion et la sédimentation de nouvelles couches.

Tout ceci peut évidemment nous aider à comprendre les modifications écologiques ayant affecté une région au cours du temps... dont voici quelques exemples...

Les coupes suivantes représentent schématiquement les divers types de contacts que l'on peut rencontrer entre différentes formations rocheuses. Les contacts sont en rouge et l'âge relatif est symbolisé par des lettres.

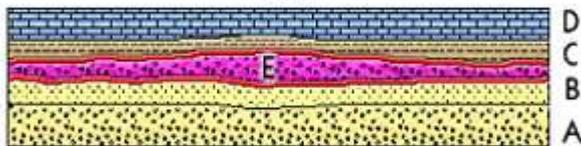
Types de contacts concordants

- horizontaux



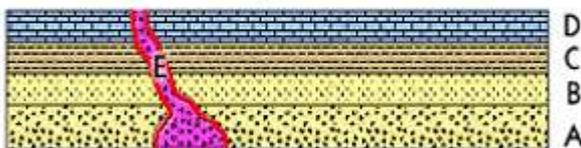
Une séquence sédimentaire transgressive continue A-D (grains de plus en plus fins de bas en haut). Le contact entre les différentes couches est concordant puisqu'il respecte l'horizontalité.

- avec un intrusif // à la structure



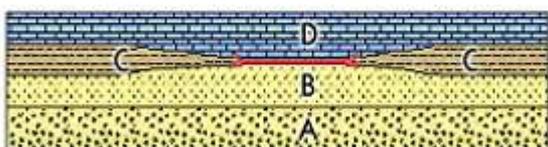
Une séquence sédimentaire transgressive continue A-D. Une insertion de magma E (filon ou sill) est venue s'installer entre B et C. L'intrusion est concordante puisqu'elle suit l'horizontalité des couches.

- avec un intrusif \perp à la structure



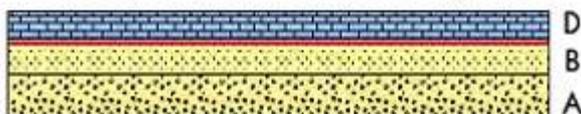
Une séquence sédimentaire transgressive continue (A à D) puis insertion de magma (E) à travers les couches. Le dyke E est une intrusion discordante puisqu'elle recoupe la structure horizontale des couches. Le contact est normal.

- lacune de sédimentation locale



Séquence sédimentaire transgressive continue (A à D). Il y a lacune de sédimentation entre les couches B et D. La couche C y est localement absente. La couche C se termine en biseau. Le contact entre les couches est concordant.

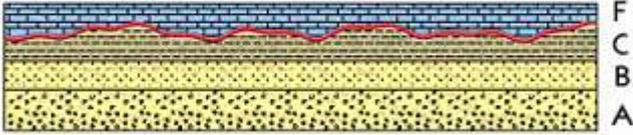
- lacune de sédimentation régionale



Séquence sédimentaire transgressive continue (A à D). Il y a lacune de sédimentation puisque la couche C est absente régionalement mais elle peut apparaître ailleurs. Le contact entre les couches est concordant.

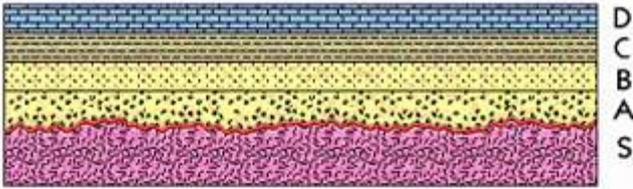
Types de contacts discordants

- discordance simple



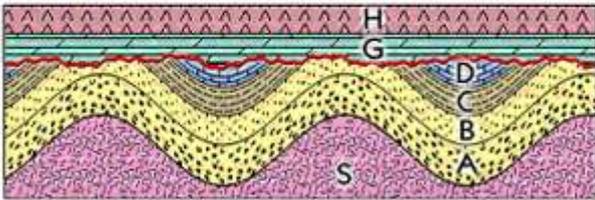
Une séquence sédimentaire transgressive continue (A à C et peut-être D et E), soulèvement, régression, érosion complète de D-E. (disparition des couches), érosion partielle de C. Transgression et sédimentation de F. Le contact entre C et F est discordant, c'est une surface de discordance.

- discordance sur le socle (discordance majeure)



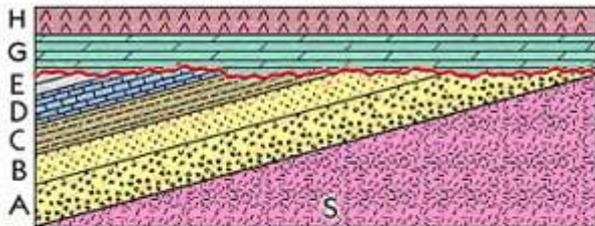
Soulèvement d'un socle (S), érosion longue, transgression et sédimentation d'une séquence sédimentaire (A à D). Le contact entre S et A est discordant, c'est une surface de discordance.

- discordance angulaire sur structure plissée



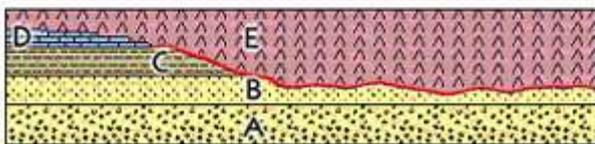
Une séquence sédimentaire transgressive continue (A à D et peut-être E et F) sur un socle (S), plissement, soulèvement, érosion, transgression et sédimentation de H et G. Le contact entre G et les autres couches est une discordance angulaire.

- discordance angulaire sur structure monoclinale



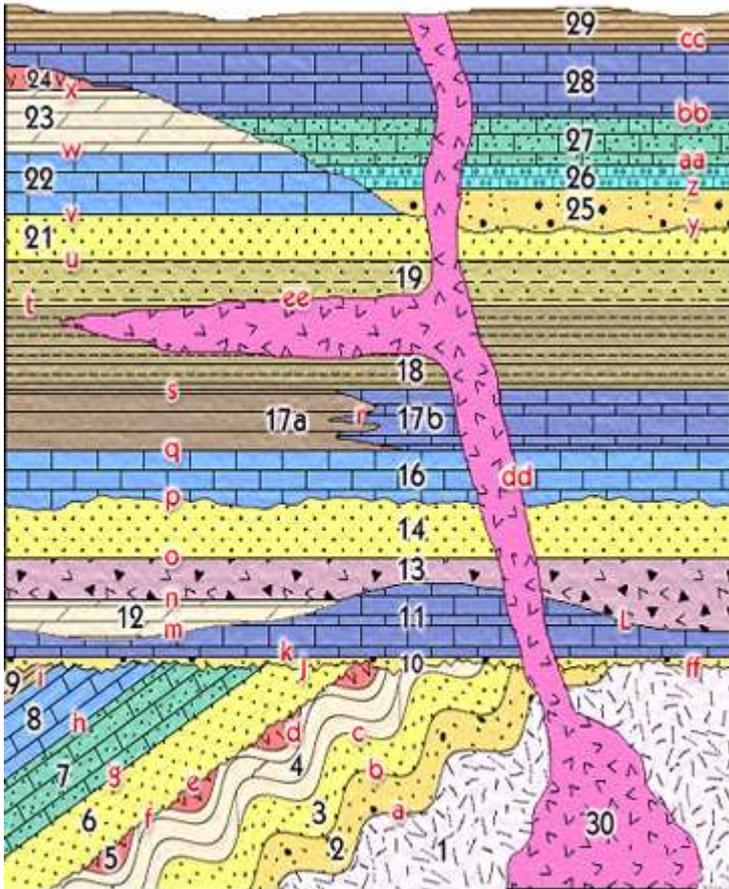
Une séquence sédimentaire transgressive continue (A à E et peut-être F) sur un socle (S), basculement, soulèvement, érosion, transgression et sédimentation de G et H. Le contact entre G et les autres couches est une discordance angulaire.

- lacune d'érosion locale



Une séquence sédimentaire transgressive continue (A à D), érosion puis sédimentation de E. Le contact entre la couche E et les couches B, C, D est une lacune d'érosion (non une discordance) puisque les couches n'ont disparu que localement lors d'une période d'érosion de durée restreinte (sans soulèvement ni régression).

Armés de ces nouvelles connaissances, nous pouvons nous livrer à un exercice de style : analyser une coupe complexe. C'est une coupe schématique et totalement théorique illustrant la plupart des types de contacts que l'on peut rencontrer entre des formations rocheuses. Les formations sont numérotées dans l'ordre chronologique de la plus ancienne à la plus récente. Les contacts sont représentés par des lettres ou des doubles-lettres en rouge.



Soit un socle granitique (1) sur lequel se dépose une série sédimentaire transgressive continue (2, 3, 4, 5). Après ce dépôt sédimentaire, a suivi une période de plissements. Les couches ont été surélevées, émergées et l'érosion a largement décapé la couche 5. Vient ensuite une nouvelle période de transgression marine continue avec le dépôt des couches 6, 7, 8, 9. Après ce dépôt, intervient une nouvelle période de mouvements tectoniques. Toutes les couches déjà présentes se retrouvent basculées. Toutes les couches (1 à 9) affleurent et sont érodées (contact ff). Intervient alors une nouvelle phase de transgression marine avec le dépôt des couches 10 et 11. Survient un nouveau soulèvement du massif produisant l'érosion différenciée de la couche 11. Vient ensuite une période de transgression marine et le dépôt des couches 12, 13, 14 et 15. Nous observons un nouveau soulèvement du massif avec une érosion totale de la couche 15 et partielle de la couche 14. Survient alors une nouvelle phase de transgression marine rapide et dépôt de la couche 16. On enregistre ensuite des mouvements marins traduisant de petites régressions suivies de petites transgressions, permettant le dépôt de la couche 17 formée de sédiments de natures différentes. Le mouvement ayant engendré la couche 17 s'intensifie vers une régression marine lente mais continue avec le dépôt des couches 18, 19, 21. Il y a une lacune sédimentaire car la couche 20 est ici absente. Cet épisode est suivi d'une transgression rapide ayant permis le dépôt des couches 22, 23 et 24. Le massif tout entier se soulève. Les roches émergent et on peut assister à une érosion différenciée des couches 21, 22, 23 et 24. Une nouvelle transgression marine s'amorce, lente et continue, permettant le dépôt des couches 25, 26, 27, 28, 29. Enfin, une intrusion magmatique discordante (30) traverse toutes les couches.

7. Le Géologue sur le terrain

7.1. Les règles à respecter

7.1.1. Avant de partir...

1. Quel que soit l'endroit où nous allons prospecter (travaux de creusement de route, fondations de maison en construction, carrière en activité, carrière abandonnée, talus de route, haldes d'anciennes exploitations minières...) nous sommes toujours sur un terrain public ou privé. En un mot, on est toujours chez quelqu'un. La plus élémentaire des corrections est de demander l'autorisation de pénétrer sur le chantier, sur le terrain ou dans la carrière.
2. Ce n'est que muni de cette autorisation et après avoir averti le propriétaire de la date et même des heures de notre présence sur le site que nous pourrions partir en chasse.
3. Ces autorisations ne sont pas des permis pour enfreindre les lois. Même munis de toutes les autorisations requises, le géologue amateur devra respecter les prescriptions légales en vigueur au lieu et au moment de son activité de recherche.

7.1.2. Sur le terrain...

1. Dès son arrivée sur le terrain, le géologue amateur veillera à prévenir le propriétaire ou le chef de chantier de sa présence.
2. Le géologue amateur doit se souvenir qu'il n'est pas venu pour faire un cours de géologie aux carriers, mais qu'il vient chez eux dans l'intention de trouver des minéraux et des fossiles qu'il désire emporter. Il faut donc s'assurer, même si on dispose d'une autorisation verbale ou écrite, de l'assentiment des personnes présentes qui pourraient très bien lui interdire l'entrée de la carrière.
3. Beaucoup de carriers ont remarqué les fossiles et les minéraux et savent ce que c'est. Certains les ramassent pour les céder aux amateurs de passage. Pour le géologue amateur, c'est une manière de se constituer une collection qui n'est pas fatigante, mais il faut au moins s'assurer qu'il n'existe qu'un seul niveau minéralier ou fossilifère. S'il y en a plusieurs, tout se complique, car les carriers ont bien pu tout mélanger. Leur aide est essentielle pour démêler l'écheveau et retrouver les différentes couches porteuses.
4. Ces réflexions peuvent paraître étranges mais les néophytes ne se rendent pas toujours compte de l'importance des relations personnelles avec les carriers, ouvriers et paysans. Les géologues passent purement et simplement pour des maniaques et des fous. Les uns se sont signalés à l'attention des foules par des équipements de Tartarins, les autres ont tenu des discours incompréhensibles; bref, il faut faire attention. En un mot comme en cent, ne pas se singulariser et entrer en relations avec les gens du village et les carriers. Une bouteille de vin ou une bonne bière arrive toujours à propos pour bonifier le cœur de l'homme qui serait réfractaire aux conversations stériles.
5. Si personne n'est présent sur le site un petit mot ainsi qu'une décharge de responsabilité dûment signée seront déposées à l'entrée du site, dans la boîte aux lettres.
6. Le géologue amateur n'emprunte pas les lieux de passages interdits (cultures, propriétés privées, etc...) et maintient les clôtures fermées. S'il y a une clôture et seulement s'il est en possession d'une autorisation formelle des propriétaires, le géologue pourra la traverser. Ne pas oublier que les lieux clos sont des lieux privés et non publics. A toute

interpellation du garde-champêtre ou des autorités compétentes, l'autorisation écrite devra être produite afin d'éviter procès-verbal et amendes.

7. Sur le terrain public, il en va de même. Nos superbes forêts, en Wallonie, sont surveillées par les agents de la DNF (Division Nature et Forêt). Ces hommes en vert sont "officiers de police judiciaire" et peuvent donc verbaliser, au besoin, ils sont armés. Leur travail est de gérer une parcelle "en bon père de famille". Ils ont des comptes à rendre à la Région Wallonne. Si on quitte les chemins balisés, si on casse des cailloux, si on arrache des plantes, si on emporte des matières minérales, végétales ou animales, ils peuvent dresser procès-verbal. Bien que ce soient des êtres humains, souvent, leur propos reste donc inévitablement et strictement au niveau de la Loi. En fait les agents de la DNF ont un tout petit pouvoir d'appréciation et la Loi souvent parle de *motif légitime* ou de *quantités raisonnables* ...etc., notions évidemment un peu élastiques. Qu'est-ce qu'une quantité "raisonnable" de jonquilles ? Chercher après les traces d'une exploitation minière pour alimenter un historien local ou une collection d'objets géologiques en prélevant un carton de spécimens, est-ce un prélèvement en "quantité raisonnable" ? Les agents des Eaux et Forêts en ont vu de toutes les couleurs : une camionnette, au petit matin, déverse dix Roumains pour ratiboiser une parcelle de jonquilles, d'autres arrivent et modifient le relief d'une butte pour emporter le plus possible d'échantillons de roche sans se rendre compte que ce gros tas de cailloux héberge une colonie de lézards plutôt rares mais invisibles car en hibernation... Souvent, ces agents n'ont qu'une seule alternative afin de ne pas se laisser déborder : *Dura lex, Dura lex, Sed lex,....* La loi est cruelle, elle est dure, mais c'est la loi. Mais oserais-je répondre : *Summum jus, summa injuria,....* Excès de justice, excès d'injustice.

En "dialogue singulier" les situations sont parfois bien différentes pour autant qu'on communique et respecte et d'ailleurs cela va ensemble, il n'est pas possible de communiquer sans respecter. J'ai de très bonnes expériences de recherches où ce sont des agents de la DNF qui, avec l'aide de fermiers et de forestiers (gens proches de la terre) m'ont permis de retrouver des sites minéraliers "oubliés". Eux aussi s'intéressent à la Nature et n'ont pas qu'un règlement à la place du cerveau. Eux aussi s'intéressent de savoir que sur leur "parcelle" qu'ils doivent gérer, il y a des sites minéraliers ou fossilifères. Évidemment il faut leur demander l'autorisation, choisir le bon moment (pas le moment des orchidées, ni le moment de la chasse, ni le moment où le gibier met bas)... mais là aussi ils sont de bons conseils. Ce sont des gens charmants, qui font leur travail mais qui aident le public... pour autant qu'on ne détruise pas tout et qu'on remette le terrain en place après la recherche.

Il y a des règles et une interprétation de ces règles... encore une fois, tout est question de civisme et de savoir vivre. Échantillonner et pas dévaliser, prendre son dû géologique en sachant qu'il y a des entomologistes, des botanistes, des chasseurs, des pêcheurs, des photographes, des herpétologistes... qui doivent aussi avoir leur plaisir et que le nôtre ne doit pas supprimer ou endommager le leur. Comme on dit toujours : "Notre liberté se termine là où commence celle des autres". Respect, discrétion, protection doivent rester des maîtres mots...

8. Le géologue, essentiellement pacifique et protecteur de la Nature ne doit entrer en conflit avec personne.
9. Au cours de ses recherches, le géologue amateur n'exposera personne à un quelconque danger, par négligence des règles élémentaires de sécurité.
10. Le port d'un gilet fluorescent (comme celui que tout conducteur doit posséder dans sa voiture) est un plus qu'on ne saurait négliger. Il permet d'être vu à bonne distance.

11. Une carrière, même abandonnée, est un lieu où le danger est permanent. Donc le port du casque homologué et de bonnes chaussures de sécurité est obligatoire lors de toute prospection.
12. Il est formellement interdit de se rapprocher des bords supérieurs des fronts de taille, de stationner ou de creuser sous des surplombs, de tenter de se glisser dans des failles ou grottes mises à jour par des explosions successives.
13. Le géologue amateur emploiera exclusivement l'équipement manuel traditionnel du géologue. D'autres outillages ou techniques ne seront utilisées que moyennant autorisation.
14. La plus élémentaire des courtoisies est de mise et les règles de bienséance et de civisme doivent être respectées ainsi que les us et coutumes en vigueur entre géologues amateurs...
15. Lorsque des minéraux, des roches ou des fossiles sont déposés à côté d'un gant, d'un burin ou d'un marteau, c'est à dessein. Cela veut dire qu'ils « appartiennent » à leur découvreur... ce n'est donc pas un « libre service ».
16. Lorsqu'un géologue trouve un minéral ou un fossile dans un bloc, dans un trou, il faut se dire qu'il y en a d'autres ailleurs et même parfois bien plus beaux. Ce n'est donc pas la peine de se presser à cet endroit de manière à « éjecter » la personne de son endroit de fouille.
17. Un burin, un marteau déposé à un endroit précis est souvent là pour marquer un endroit, un bloc... que l'on veut retrouver par la suite. Ce n'est donc pas un « objet perdu » que l'on peut mettre dans sa poche et emporter.
18. Le géologue amateur a le devoir de respecter le milieu naturel. Il ne commet aucune dégradation (arbres arrachés, fossés comblés) Il est de son devoir de remettre le lieu de ses activités dans son état d'origine. Toute forme de vandalisme, tout vol ou bris de matériel sont à proscrire dans tous les cas.
19. Les mesures prises par les autorités en vue de la protection des sites doivent être respectées dans tous les cas. Le géologue amateur veillera aussi à conserver dans leur état primitif les grottes et cavités naturelles dignes d'intérêt et les sites classés qu'il est amené à visiter.
20. Le géologue amateur veillera à ce que son passage soit aussi discret que possible. Il respecte et fait respecter le cadre naturel dans lequel il évolue et lui rend, le cas échéant, son aspect initial (trous à combler...) Il s'interdit toute forme de pollution (abandon de débris...)
21. Le géologue amateur se limitera au prélèvement des échantillons nécessaires à leur propre collection, en pensant au géologue suivant qui devra lui aussi trouver son dû.



Ce photomontage a fait le tour des clubs et des géologues amateurs. Même si c'est un montage, elle prend toute sa valeur après les nombreux accidents de ce type ayant eu lieu en Champagne là où les chercheurs de *Cerithium giganteum* creusent des tranchées dignes de celles de '14-18. Cette image prend aussi toute sa valeur après l'accident mortel survenu en ce début

septembre 2005 à la carrière de Cibly. Le point 12 ci-dessus est donc très important voire vital.

7.2. L'entrée dans la carrière

Muni de ses autorisations, de son matériel, ... de son courage et surtout de sa patience, le géologue amateur est donc arrivé à pied d'œuvre dans la carrière.

Il va pouvoir se mettre en chasse.

Et c'est là, à ce moment précis, qu'un sentiment assez confus envahit l'amateur, sentiment que nous avons tous connu et que nous connaissons tous encore régulièrement.

Il pénètre dans une carrière immense, s'étendant parfois sur une surface de plusieurs hectares, profonde de plusieurs dizaines de mètres répartis sur plusieurs étages. Chaque étage fait le tour de la carrière et sur chaque étage, tout comme sur le fond de la carrière se trouvent des tas de blocs de pierre.



Cette photo nous montre une petite partie de la carrière de la Boverie à Rochefort. Gigantisme garanti. Chaque front de taille mesure 15 mètres de haut. Profondeur totale depuis le pied des arbres, au sommet de la colline jusqu'au fond de la carrière : plus de 80 mètres. Imaginons la taille des tas de blocs ainsi que la taille des blocs eux-mêmes. Colossal... fantasmagorique... phénoménal... Tous les superlatifs sont ici de mise.

Ce sentiment qui peut nous envahir est une espèce d'étourdissement devant le gigantisme de la carrière. On se sent tout petit, minuscule devant ces fronts de taille de 15 mètres de haut, devant ces parois longues de plusieurs centaines de mètres, devant ces énormes tas de blocs de pierre.

Que faire ? Comment s'y prendre ? Où chercher ? Le géologue sait que la journée comportera quelques heures de recherches, en se ménageant un temps de midi pour se restaurer et se reposer un peu. Il se dit, à juste titre, qu'il ne pourra pas tout voir, que c'est trop grand, qu'il y a trop de tas de blocs de pierre.

Il a envie alors de courir d'un tas de blocs de pierres à l'autre, de papillonner, de survoler pour en voir le maximum... mais il sait que cette technique risque de lui faire perdre des informations, risque de le faire passer à côté de LA pièce qu'il aurait fallu extraire mais qui était cachée derrière un bloc. Pour éviter cela, il se dit alors qu'il faut inspecter consciencieusement un maximum de blocs de tous les tas afin de ne pas laisser passer LA pièce importante... mais alors il sait pertinemment bien qu'il ne pourra observer qu'un petit nombre de blocs... et que dans ce qu'il n'aura pas inspecté il y a peut-être LA pièce qu'il voulait ramener.

Le problème est insoluble. La carrière est trop grande, les distances sont trop importantes, les tas trop imposants et les blocs trop massifs.

Il faut donc mettre au point une technique de recherche appropriée.

Je vous livre la mienne, qui n'est pas la seule ni la meilleure. A vous d'en prendre le plus intéressant, ce qui vous parle le mieux.

7.3. La mise au travail

Que faire et comment procéder quand on pénètre dans une carrière ?

7.3.1. Le temps de l'observation

- 1. Regarder et qui mieux est : observer. Avant de noter quoi que ce soit, avant de chercher minéraux et fossiles, il faut regarder longuement l'aspect général de l'ensemble, choisir l'endroit de la carrière le plus propice pour établir une coupe verticale. (Un endroit dégagé de tous gravats permettant une vue verticale complète).
- 2. S'approcher de l'endroit choisi.
- 3. Adopter une couche repère. Celle-ci devra se trouver plus ou moins au centre. Le géologue la choisira en fonction de sa couleur ou de sa nature lithologique.
- 4. A partir de ce choix, dans son carnet, il veillera à établir une coupe lithologique verticale, en partant de sa couche repère et en allant d'une part vers le haut et ensuite vers le bas.
- 5. Il s'approche ensuite de la paroi et il peut alors déterminer la nature lithologique de chaque couche. En fonction du **principe de continuité** selon lequel une même couche a le même âge sur toute son étendue, il ne faut pas observer toute la couche sur toute sa longueur pour la caractériser : une section suffit. Plusieurs informations doivent être notées pour chaque couche :
 - La couleur.
 - La nature lithologique.

- La puissance de la couche (son épaisseur).
- La présence ou non de fossiles.
 - En moules internes.
 - En moules externes.
- La présence ou non d'inclusions de galets arrondis ou anguleux dans la roche.
- La présence ou non de minéraux.
 - En placages sur des surfaces de roches.



- Sur les parois d'alvéoles plus ou moins sphériques (géodes).



- Dans des filons (fractures de la roche, failles, cheminées de dissolution...).



- 6. Il faut maintenant numéroter les couches.
- 7. Lors du dessin de la coupe verticale, il vaut mieux, comme nous l'avons vu au point 6.2.6.4., adopter les signes conventionnels de représentation des roches. Cela facilite la lecture d'une coupe.



- 8. Le géologue veillera à noter les éventuelles lacunes stratigraphiques, transgressions, régressions et les discordances.

- Une lacune stratigraphique est marquée par l'absence de plusieurs étages. Puisqu'il n'y a pas de dépôt marin faisant suite normalement à la couche inférieure, on peut en conclure que la mer s'est retirée, puis qu'elle n'est revenue que bien plus tard. C'est ce retour de la mer inondant une zone continentale qui se nomme une transgression.
- Si les dépôts antérieurs à la transgression n'ont pas été plissés, ni inclinés, ils restent horizontaux. Si au contraire, ils ne sont plus horizontaux, ils se trouvent visiblement érodés et les nouveaux dépôts de la mer transgressive (horizontaux cf. "le principe d'horizontalité") forment un angle avec les séries antérieures. Au lieu d'être concordants avec eux, ils sont discordants.
- Le géologue amateur cherchera aussi la présence de glauconie, minéral vert, se formant exclusivement en milieu marin.
- Lorsqu'il examine la couche de base d'une série succédant à une lacune stratigraphique, il faut y chercher les traces éventuelles de couches antérieures, détruites par l'érosion marine lors de la dernière transgression. Il trouve alors dans la même couche, des fossiles en place et en bon état, mêlés à d'autres fossiles remaniés et roulés, appartenant à un niveau disparu.
- Certaines couches sont parfois inclinées. Cette inclinaison s'appelle le pendage. Il faut que le géologue mesure ce pendage et pour cela, se servir de la "boussole de géologue" qui permet de mesurer le pendage en degré par rapport à l'horizontale tout en mesurant l'orientation de la dite couche. Nous verrons au point 6.3.3. une erreur courante d'évaluation du pendage d'une couche.



- Dans une carrière, le géologue amateur pourra observer une région ondulée et faillée. Rappelons encore, afin que nul doute ne subsiste dans l'esprit du débutant qu'une faille n'est pas une fissure de la roche, une diaclase laissant face à face les strates. Non ! Une faille est une cassure importante permettant le déplacement de blocs entiers de l'écorce terrestre, lesquels se trouvent soulevés ou effondrés provoquant des contacts anormaux entre des terrains différents. Donc il n'y a faille vraie que s'il y a rupture, dénivellement et contacts anormaux.

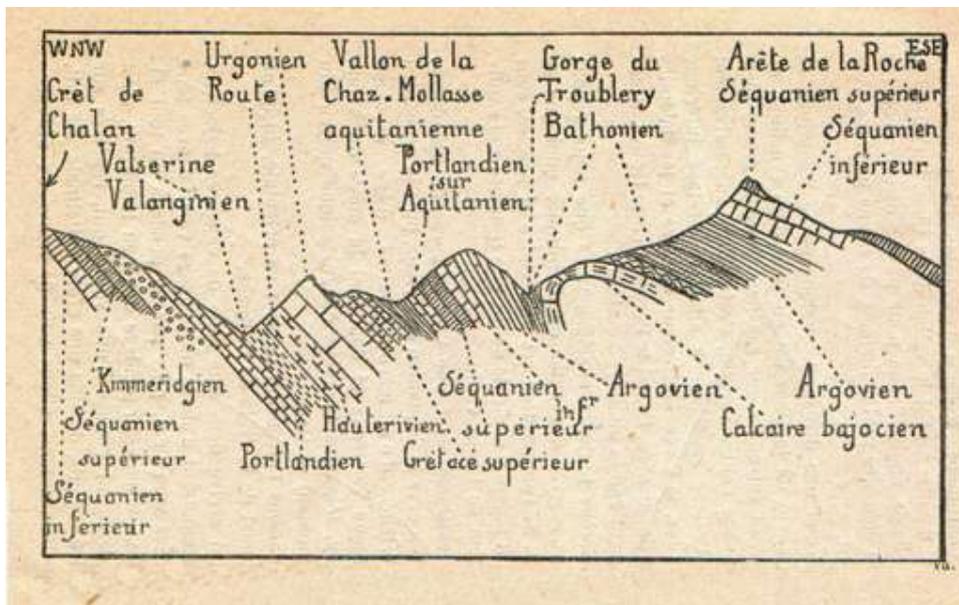
7.3.2. Le temps de la réflexion

Lorsque l'observation est terminée, c'est au tour de la réflexion et je dirais même de l'imagination du géologue de se mettre en oeuvre. Le géologue doit imaginer ce qui a pu produire la série de couches de roches observées.

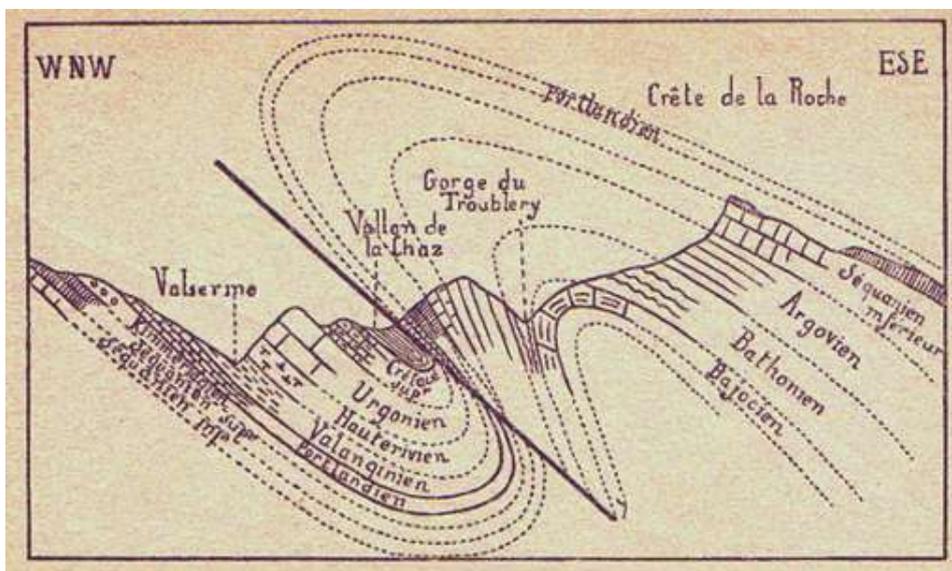
Parfois une cassure et un dérangement ont pu déterminer un arrangement contraire à l'ordre naturel des dépôts. Il peut alors observer une cassure au long de laquelle un glissement des blocs rocheux s'est produit.

Si cassure il y a, par exemple entre deux couches qui ne devraient pas être superposées, le géologue la dessinera d'un trait hardi et il peut voir l'effet produit.

Voici ci-dessous une ancienne coupe réalisée dans la région de Besançon.



La même coupe avec placement de la faille et interprétation du mouvement des couches (synclinaux et anticlinaux, comme nous l'avons déjà fait en fonction du principe de superposition)



A vrai dire, l'effet est excellent et, cette fois, c'est à partir du croquis que nous allons comprendre la structure de la région. Il restera à parfaire le croquis pour arriver à une figure harmonieuse et même plus correcte.



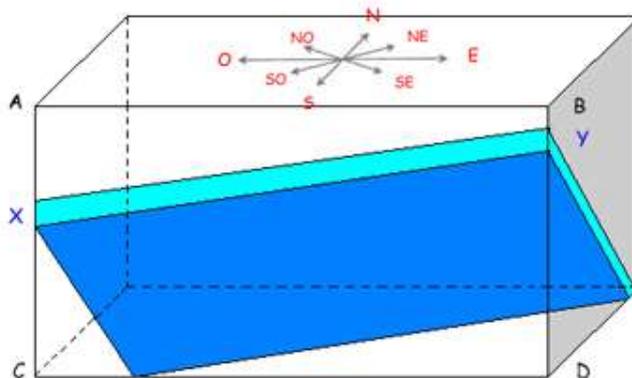
Avant d'abandonner le débutant à ses premiers essais, il faut encore lui signaler l'existence de contacts anormaux, qui ne sont plus verticaux, ni obliques, mais plus ou moins horizontaux. Ils proviennent en principe de plis couchés, qui ont pu se trouver plus ou moins arrachés, séparés de leur racine, entraînés et "charriés" sur une certaine distance.

C'est ce qu'on appelle des "mappes de charriage". Je conseille fortement aux géologues en herbe de faire connaissance avec ces terrains difficiles à observer en compagnie de spécialistes régionaux car il s'agit d'observations délicates et suscitant même parfois d'ardentes controverses entre professionnels.

7.3.3. Les erreurs d'observation éventuelles

Connaissant le pendage en degrés, le géologue doit encore savoir vers quelle direction s'inclinent ou s'enfoncent les couches. Il doit cependant faire attention de ne pas prendre le pendage à un affleurement vertical pour le pendage vrai vers une direction donnée.

Prenons un exemple...



Soit un front de taille (A-B-C-D). Sur ce front de taille nous observons une couche qui affleure en (X-Y). Par rapport au front de taille, on dirait que la couche s'incline de Y vers X (du Nord-Est vers le Sud-Ouest), ce qui est complètement faux.

Si le géologue regarde mieux et qu'il dégage un peu au marteau, le dessus de la couche (X-Y), il s'aperçoit que la couche en réalité elle s'enfonce vers le Nord-Ouest ou l'Ouest.

Le géologue doit toujours avoir à l'esprit que l'inclinaison d'une roche à l'affleurement n'est pas forcément celle de la tranche qu'on voit.

Certaines couches sont parfois inclinées. Cette inclinaison s'appelle le pendage. Il faut que le géologue mesure ce pendage et pour cela, se servir de la "boussole de géologue" qui permet de mesurer le pendage en degré par rapport à l'horizontale tout en mesurant l'orientation de la dite couche.

7.3.4. Le temps de la recherche active

- 1. C'est le moment de chercher les minéraux et les fossiles couche par couche.
 - Les couches stériles en minéraux et fossiles sont laissées de côté.
 - Il faut laisser de côté les tas de blocs issus de couches stériles.



- Les couches riches seront prospectées.
 - Jamais directement sur le front de taille... c'est trop dangereux de taper dans le front de taille. Les vibrations des coups de marteau pourraient faire tomber des blocs. Par contre, si le front de taille présente une poche d'argile, on peut la vider délicatement de son contenu au moyen

d'outils en bois. Des minéraux ou fossiles flottants, dégagés naturellement de leur gangue peuvent s'y trouver souvent dans un état de conservation sublime.

- Dans les tas de blocs aux abords des couches riches.
 - Inutile de vouloir extraire un minéral ou un fossile s'il est situé au centre d'un bloc de plus d'un mètre cube. La roche aura raison de nos forces et de notre matériel et même si on parvient à la briser, la somme de coups de masse qu'il a fallu déployer aura provoqué assez de vibrations pour détruire le minéral ou le fossile.
 - Les cristaux doivent être recueillis avec précaution s'ils adhèrent à une gangue. Détacher un morceau de gangue avec quelques cristaux dessus semble la meilleure solution car vouloir détacher les cristaux de leur support les brise bien souvent.
 - Dans une carrière en activité, les blocs présents sont souvent "fraîchement produits" puisqu'on procède à des tirs de mines chaque semaine. Dans une carrière abandonnée, les blocs épars sont peut-être là depuis plusieurs années et donc les agents atmosphériques ont eu le temps de les altérer. Dans ces cas, il vaut mieux fouiller un peu les éboulis afin de trouver des roches les plus fraîches possibles.
 - La fossilisation ne laisse habituellement subsister que tout ou partie des squelettes, que ce soient des os ou des coquilles. Plus les animaux étaient petits et mieux leurs tests se sont conservés intacts. Les mollusques à grande coquille ont été souvent brisés et les ossements de Vertébrés ont été généralement dispersés et cassés.
 - En dehors de ceux qui sont trouvés dans les sables, les fossiles sont plus ou moins emprisonnés dans une gangue dure, qui en dissimule une partie. Dans toute la mesure du possible, un fossile doit être aussi dégagé que possible de sa gangue et nettoyé avec soin. Il est ainsi bien plus facile à déterminer et participe à l'esthétique de la collection.
- 2. Il faut veiller à ne pas mélanger les récoltes. Si les fossiles ou les minéraux récoltés sont fragiles, le géologue les enveloppe chacun dans un morceau de papier essuie-tout ou dans un morceau de plastique à bulles et tout ce qui vient d'une même couche est enfermé dans un même sac portant le numéro de la couche. Si plusieurs sacs d'échantillons contiennent des pièces d'une seule couche, chaque sac portera le numéro de la couche et une lettre qui l'identifiera (exemple : 3a, 3b, 3c...). Le géologue veillera dans le carnet de notes, en face de la couche intéressée d'inscrire en retour les sacs correspondants (fossiles : sac 3a, minéraux : sac 3b)... les fossiles et les minéraux étant déterminés plus tard, Le géologue saura leur provenance exacte.
- 3. Le géologue ne négligera rien : il recherchera, non seulement toutes les carrières, mais tous les chemins creux, les tranchées, tous les affleurements possibles et les notera dans son carnet et sur son échelle stratigraphique. Lorsqu'il aura ainsi étudié une région, il aura tous les éléments pour en établir une coupe géologique générale. Aux points visités, il peut dessiner, en s'aidant des courbes de niveau, le tracé des affleurements observés d'abord. Ensuite, par interpolation, il peut établir une carte géologique complète, s'il dispose d'un nombre suffisant de coupes locales.

7.3.5. Le temps de la conversation

En général, le géologue amateur est rarement seul sur le terrain. Quand on fait une sortie, c'est



souvent entre copains, entre collègues. Le moment du repas de midi ou du repas du soir est le moment de la rencontre et des retrouvailles après un long moment de recherches.

Arrivés ensemble, les géologues se sont éparpillés du terrain de fouilles ou dans la carrière. Chacun a vécu des choses différentes, a récolté des échantillons différents. Le moment du repas est un moment privilégié pour se raconter, pour partager ses expériences, pour montrer aux autres ses trouvailles... quitte après le repas, à se

rassembler à un endroit précis découvert par un des participants pour unir les efforts et l'exploiter au mieux.

8. De retour à la maison

8.1. Les règles à respecter

1. Devant la négation des géologues amateurs par certains professionnels, il est indéniable que l'amateur ne devra compter que sur ses propres forces.
2. Le géologue amateur visera dans tous ses actes l'excellence.
3. Le géologue amateur sera patient. Un travail de qualité ne se réalise pas dans la rapidité et encore moins dans la précipitation.
4. Même si on est amateur, on doit pouvoir agir en professionnel.
5. Le géologue amateur devra toujours être à la hauteur de la confiance des autres.
6. Il devra, par ses actes, son charisme, sa philosophie et son mode de vie, forcer le respect des autres, se forger une réputation à toute épreuve et ainsi être un modèle pour les plus jeunes.
7. Le géologue amateur ne vend pas et n'achète qu'occasionnellement, seuls les échanges en vue d'enrichir leur propre collection sont permis et même encouragés. Cela crée des liens, des contacts autres que la vente et l'achat.
8. Le géologue amateur se refuse à tirer un quelconque profit commercial de ses trouvailles et il n'utilisera pas ses connaissances en matière de géologie, minéralogie et paléontologie à des fins lucratives.
9. Le géologue amateur devrait acquérir les connaissances élémentaires pour être à même d'évaluer l'intérêt scientifique des objets récoltés.

10. Le géologue amateur s'engage à informer les institutions scientifiques compétentes, de chaque découverte importante.
11. Le géologue amateur s'engage à gérer sa collection d'une manière correcte, chaque échantillon sera répertorié d'une façon suffisamment explicite.
12. Il est inadmissible de commettre des fraudes en présentant comme vrais ou naturels, des objets géologiques artificiels, falsifiés, réparés ou transformés. La diffusion délibérée de fausses informations constitue également une faute grave.
13. Les géologues amateurs devraient faciliter l'accès à leurs collections aux géologues professionnels et aux autres chercheurs, sur demande courtoise et sur rendez-vous.
14. Les géologues amateurs devront rechercher la collaboration et la coopération des autres mais devront s'abstenir d'accepter l'assistantat.

8.2. Le laboratoire et les collections

Nous employons le mot "laboratoire" parce qu'il est commode et qu'il a un sens exact : c'est le lieu de travail.

A quoi sert le "laboratoire" ? Il sert à préparer les roches et les fossiles qui seront déterminés et classés dans une collection.

C'est dire tout de suite qu'il n'y a pas besoin de disposer de locaux immenses pour travailler. Il n'y a pas besoin non plus d'un matériel considérable et très coûteux. Chacun peut travailler selon ses ressources personnelles. Nous dirons que la question financière n'intervient que comme une commodité ou un luxe.

8.2.1. Le contenu du laboratoire

Même le laboratoire le plus sommaire doit contenir un certain équipement que nous allons citer ici et que nous détaillerons ensuite.

- Une table de travail
- Une étagère ou un tiroir pour les outils
- Une armoire pour les produits chimiques
- Une bibliothèque
- Une armoire à collection
- Une vitrine
- Un studio photo
- Une réserve

8.2.1.1. La table de travail

Choix de la table

Le géologue ne cherchera pas de grandes complications. Il s'agit d'une table de travail et non d'une table d'apparat. Cette table va lui servir à préparer les minéraux, les roches et les fossiles avant de les placer dans la collection. Donc il veillera à sa solidité et à son esprit pratique plutôt qu'à sa beauté. Rien de tel qu'une table de cuisine en bois. Une table en vrai bois et non en bois reconstitué, triplex, multiplex... ou autres imitations d'une solidité très limitée. Le

géologue en trouvera de bien bonnes à bons prix dans les brocantes. Une table avec un tiroir est un atout indéniable, il servira à entreposer les petits outils qui lui seront utiles.

Préparation de la table

Sur cette table vont se retrouver des minéraux, roches et fossiles à préparer, c'est-à-dire à dégrossir, à nettoyer, à laver en utilisant parfois des produits chimiques. Il faudra donc prévoir de bien préparer cette table en lui administrant quelques couches de bouche-pores et au moins



deux bonnes couches de vernis ou de peinture. On y adaptera un petit étau et on y placera une petite enclume afin de pouvoir maintenir les objets géologiques pour les dégrossir.

Un trimer servant à casser les pierres par pression plutôt que par des coups de marteaux qui risquent de par leurs vibrations d'endommager les minéraux et fossiles.

De petits trimeurs peuvent s'acheter dans le commerce mais avec un peu d'imagination, tout un chacun peut s'en construire un.

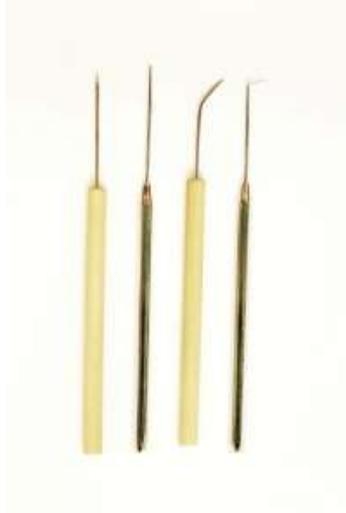
8.2.1.2. L'étagère ou le tiroir pour les outils

Si la table possède un tiroir, le problème est résolu

Si la table ne possède pas de tiroir, il est intéressant d'avoir une petite étagère pour y garder les outils dont le géologue aura besoin.

Détaillons-les et expliquons-en l'utilité. En préambule, je dirai que certains magasins spécialisés peuvent fournir ces instruments... mais qu'il est tout aussi facile d'en fabriquer une partie soi-même. Je présenterai donc les outils "professionnels" mais aussi ceux que j'ai conçus moi-même et qui peuvent rendre les mêmes services.

- **Aiguilles montées.** Les aiguilles montées, emmanchées, droites et lancéolées, utilisées en dissection sont utilisées au laboratoire pour le nettoyage des petits échantillons fragiles. On peut en fabriquer sans problème en emmanchant un fil de fer rigide (morceau de cintre métallique, clou...) dans un fin manche (section de tuteur en bois) et de façonner le bout au marteau pour l'aplatissement ou à la meule pour la pointe.



- Brosses. Là non plus, ne cherchons pas la complication. Une bonne brosse à poils rigides en plastique semblable à celles utilisées pour se décrasser les mains est impeccable. Une brosse de chien est aussi bien utile. Pensons aussi à utiliser une vieille brosse à dent pour pouvoir atteindre les petites cavités.



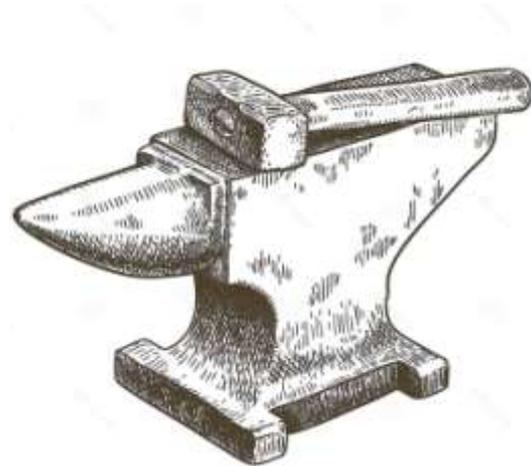
- Burins. Un jeu de petits burins en acier permet de dégager les fossiles de leur gangue et permet aussi de casser les roches.



- Colle. Il n'y a qu'une seule colle valable pour consolider les fossiles : le lait de colle à bois. Il se prépare facilement avec 1/3 de colle blanche à bois et 2/3 d'eau. On consolide le fossile en le plongeant dans cette mixture et ensuite en le laissant sécher à l'air libre.



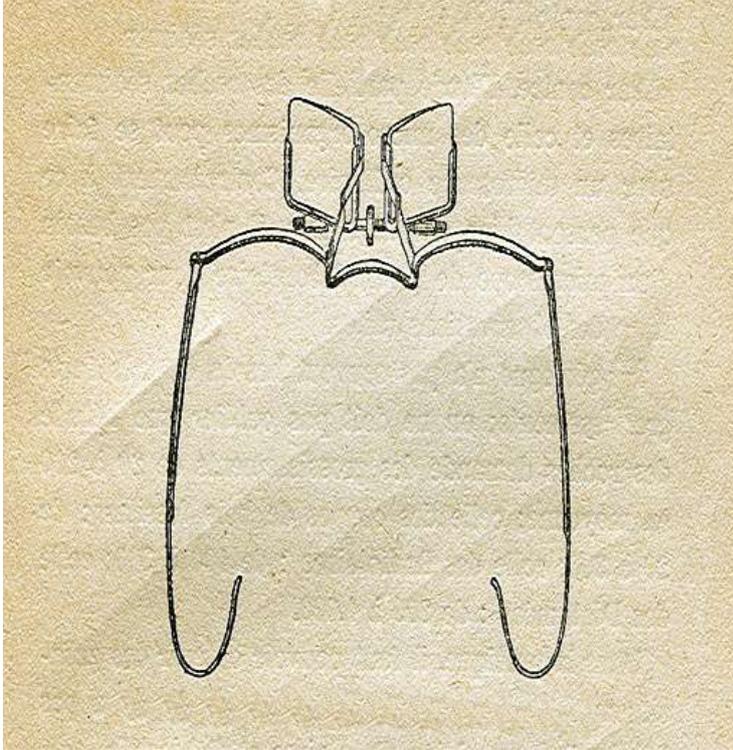
- Enclume. Le géologue n'en a pas besoin d'une grosse. Une petite enclume de cordonnier trouvée sur une brocante fera très bien l'affaire.



- Étau. Un petit étau à mâchoires d'acier permettra de maintenir les pièces pendant leur nettoyage avec les différents outils nécessaires à cette opération. Pour ne pas endommager les minéraux et les fossiles avec les mâchoires de l'étau, il convient de protéger la pièce de part et d'autre avec deux petites planches de bois.



- Loupe binoculaire de Berland. Cette loupe binoculaire, réglable, à écartement variable laisse les deux mains libres et se porte comme des lunettes pour les anciens modèles ou comme un casque pour les modèles plus récents. Voici ci-dessous une gravure représentant un modèle ancien et une photo d'un modèle dernier cri. Celle que je possède est intermédiaire...



Loupe binoculaire de Berland
(ancienne gravure 1935)
Photo L.V.B.



Loupe binoculaire de Berland : modèle
actuel avec lumière intégrée qui éclaire
le sujet observé.
Photo L.V.B.



Mes loupes : à gauche une loupe
binoculaire de type Berland et une loupe
montée sur pied totalement pliable.
Photo L.V.B.

- Tamis : Un tamis comme ceux que l'on trouve dans les "Brico" pour tamiser le sable, avec des mailles d'un demi cm de côté peut être très intéressant, surtout pour recherches les petits fossiles dans les faluns ou les sables tertiaires.



Petite panoplie d'outils simples et faciles d'utilisation...

Détails ci-dessous...
Photo L.V.B.



De haut en bas : une petite brosse en laiton (le fer est trop dur), deux brosses à dent, deux pinceaux de peintre et à droite un petit tournevis dont le bout a été limé pour en faire une pointe...



... de gauche à droite : l'aiguille montée et une série de lames de formes différentes pouvant être "clipsées" sur les 3 manches de scalpels de droite...



... de gauche à droite : les 3 scalpels et 7 petits ciseaux d'ébéniste... en dessous une cuillère à café aplatie et dont le bord a été aiguisé afin d'en obtenir un tranchet coupant comme un rasoir.

Photo L.V.B.

8.2.1.3. Une armoire pour les produits chimiques

Dans le domaine que nous allons aborder ici, le géologue amateur doit faire preuve de sérieux, de responsabilités et de précautions. En effet, certains produits utilisés dans le cadre de la géologie sont dangereux, voire très dangereux. Certains peuvent même être mortels. Il faudra donc utiliser ces produits avec de très grandes précautions et surtout les conserver dans une armoire sécurisée fermant à clé. Le géologue veillera à toujours laisser ces produits enfermés et ne les utilisera qu'à bon escient. Il ne laissera jamais traîner ni ces produits, ni les flacons les ayant contenus et surtout, il fera attention à ce qu'aucun enfant ne puisse d'une manière ou d'une autre être en contact avec un de ces produits.

- Acide chlorhydrique (HCl) : L'acide chlorhydrique, aussi appelé "esprit de sel" est couramment utilisé pour la détermination des roches calcaires. Il en faut une petite goutte pour faire les essais. Il permet aussi de dissoudre le calcaire ou la calcite pour laisser apparaître des minéraux qui y sont contenus comme le quartz, par exemple. A partie d'une certaine concentration, il est dit "fumant", c'est à dire que lorsqu'on ouvre le flacon, il s'en échappe une espèce de fumée blanche. Attention cette fumée blanche est en réalité du chlore gazeux qui attaque les yeux, les voies respiratoires... Il faut donc toujours utiliser cet acide dans un endroit bien ventilé... Rien de tel que de l'utiliser à l'extérieur. Propriétés : attaque les carbonates (calcaire,...), les oxydes de fer (rouille, limonite,...) Utilisation : pour dégager de la calcite ou de la craie des minéraux qu'il n'attaque pas comme la pyrite, la fluorine, le quartz ou pour retirer les oxydes de fer sur certains quartz.
- Acide fluorhydrique (HF) : C'est le plus dangereux de tous les acides. C'est le seul acide qui attaque le verre !!! Il démange et brûle tout sur son passage. Il cause des dommages irréversibles aux yeux et aux voies respiratoires. Plus dangereux que l'acide sulfurique, c'est un produit vicieux qu'il ne faut utiliser qu'en dernier recours et avec de très grandes précautions. Si on doit s'en servir, il est impératif de l'utiliser à l'extérieur et le dos au vent. Si les vapeurs dissoutes dans l'air touchent un arbuste ou un arbre, on verra dans les jours suivant la plante dépérir et même parfois mourir. S'il attaque le verre, il attaque la silice. C'est donc le seul acide pouvant attaquer le quartz et le quartzite pour laisser apparaître les sulfures, par exemple.





- Eau de Javel : Nettoie assez bien les impuretés, surtout organique, sur les fossiles mais il est préférable de tester avant car certaines pièces peuvent changer de couleur.
- L'eau oxygénée (H₂O₂) : Existe en plusieurs concentrations (X volumes). A acheter à 130 volumes et à diluer à au moins 50%. Attention : très corrosif, attaque la peau, très dangereux pour les yeux. Propriétés : détruit la matière organique par une forte oxydation (à ne pas utiliser sur tout ce qui peut s'oxyder : cuivre, sidérite, goethite, limonite...). Utilisation : contre tous débris végétaux sur échantillons, lichens, argile, boue...
- Acide oxalique : 1 à 2 cuillerées à soupe par litre d'eau. Se protéger les mains et les yeux. Propriétés : excellent dérouillant, s'attaque très bien aux oxydes de fer, réagit avec le calcaire de l'eau pour former de l'oxalate de calcium qui se dépose sur les échantillons. Utilisation : avec de l'eau distillée, de l'eau minérale ou de l'eau de pluie. Il faut de l'eau non calcaire même pour le rinçage ! Contre les dépôts de rouille sur les quartz, les pyrites oxydées, les carbonates de fer (sidérite).
- Alcool à brûler, ammoniacque, poudre à lessiver : Ce sont des défloculants à utiliser contre les argiles, la boue.
- Bicarbonate de sodium (en vente dans les pharmacies) : dosage : d'1 cuillerée à soupe par litre d'eau à 100 grammes pour 10 litres. Neutralise les acides, à mettre dans l'eau de rinçage pour éliminer les acides et éviter que ceux-ci ne continuent d'agir dans vos vitrines.
- Savon de Marseille : Sans crème ni parfum. A utiliser sans modération, neutralise les acides, enlève la poussière et les boues, l'argile. Attention : réagit avec les acides ce qui rend les échantillons huileux par dépôt des acides gras du savon. Bien rincer les échantillons après les avoir nettoyés.
- Dithionite de sodium : Se trouve chez les fournisseurs spécialisés. Réducteur puissant, a l'avantage de n'être que faiblement acide. A utiliser en milieu basique avec soude, potasse ou bicarbonate.
- L'huile de lin ou huile de paraffine : Utile pour masquer les légers coups que présentent les calcites
- L'huile de coude : Se trouve chez tous les géologues amateurs à utiliser avec discernement et sans modération.

Utilisation du Dithionite de Sodium en milieu tamponné

Le Dithionite de sodium, en milieu aqueux produit un acide (acide sulfurique) qui pourrait endommager les minéraux sensibles aux acides comme les calcites, par exemple. Il faut donc travailler en milieu « protégé ».

On va donc créer une solution tampon qui va neutraliser l'acide produit. Pour cela,

- On va dissoudre 28 grammes de bicarbonate de soude et 59 grammes de citrate de sodium dans un litre d'eau.

ou

- On va dissoudre 54 grammes d'acide citrique et 28 grammes de bicarbonate de soude et ajouter à cette solution 125 ml d'ammoniaque à 12%

ensuite

- Dans un bac en plastique avec couvercle hermétique, on va y placer les minéraux à nettoyer, les recouvrir de solution tampon et ensuite saupoudrer le tout de 33 grammes de Dithionite de sodium par litre de solution tampon employé. Mélanger délicatement pour dissoudre la poudre de dithionite et fermer hermétiquement. Attendre 24h et vos minéraux seront nettoyés de toutes les traces d'oxydes métalliques présents à leur surface.

8.2.1.4. Une bibliothèque

Dès les premières récoltes, le géologue n'aura de cesse que de déterminer ce qu'il a trouvé. C'est évidemment le propre de l'homme que de vouloir à tout prix donner un nom à toute chose. Psychologiquement, ce fait d'avoir la possibilité de donner un nom à une chose est une marque de pouvoir vis-à-vis de cette chose, c'est, en quelque sorte, la posséder.

Pour pouvoir assouvir ce besoin, le géologue devra se constituer une bibliothèque.

Les débutants ont une tendance à se figurer qu'il est facile de déterminer des minéraux et des fossiles. Il n'en est rien et les professionnels le savent bien.

Le géologue essaiera de déterminer les minéraux et fossiles en utilisant les figures d'un manuel. Malheureusement, les manuels ne peuvent représenter qu'un très petit nombre d'espèce, les espèces dites "caractéristiques". Il est donc essentiel d'en posséder plusieurs afin de pouvoir effectuer des comparaisons.

Certains minéraux ne se trouvent que dans certaines roches ou ne se forment que dans certaines conditions. Certains fossiles sont, en effet, caractéristiques d'un étage ou d'un niveau. Cependant les uns comme les autres, sont parfois absents de l'endroit où on les attendait. On en recueille d'autres qui leur ressemblent de près ou de loin,

Mais comment faire ? Quels livres choisir ? Certains livres proposent des minéraux et des fossiles ensemble... Est-ce judicieux ? Certaines "collections" proposent une série de deux livres : un pour les minéraux et un pour les fossiles... Est-ce meilleur ?

Je vais proposer au géologue amateur ma méthode. Ce n'est certainement pas la meilleure... mais elle me convient. A chacun d'en prendre ce qui lui semble intéressant et de l'améliorer selon ses sensibilités ou ses besoins.

8.2.1.4.1. Les ouvrages de minéralogie

Pour ce qui est des minéraux de nombreux livres existent dans de nombreuses collections, produits par de nombreuses maisons d'éditions.

Le choix est vaste et donc il appartient à chacun de choisir, mais je vais tout de même vous proposer quelques critères pour aider le géologue en herbe à choisir.

D'abord, trois grands groupes de livres sont proposés. Des livres qui classent les minéraux par les couleurs (sur la tranche un trait de couleur permet de situer plus ou moins l'endroit où on peut trouver le minéral découvert sur le terrain), et d'autres livres présentent les minéraux en fonction de leur groupement chimique.

- Pour le néophyte, le premier type de livres semble le plus simple à utiliser... cependant, étant donné que certains minéraux peuvent avoir plusieurs couleurs différentes, cela risque de ne pas aider le géologue amateur. De plus, il faut bien le reconnaître, ce classement n'aborde absolument pas une démarche scientifique (mais nous en reparlerons ensemble plus tard).
- Un autre type de livre est de présenter les minéraux par ordre alphabétique. Ce n'est pas plus scientifique que le précédent.
- Le livre scientifique par excellence est celui qui présente les minéraux classés par groupement chimique, une classification totalement scientifique :
 - Eléments natifs
 - Sulfures
 - Halogénures
 - Oxydes
 - Hydroxydes
 - Carbonates
 - Nitrates
 - Sulfates
 - Phosphates
 - Borates
 - Silicates
 - Organiques

Evidemment, il est indéniable que dans ce cas, le géologue amateur doit déjà avoir une bonne base de chimie.

Mais il faut aussi savoir que la géologie est une science qui demande des connaissances physique, chimie, géographie, histoire, minéralogie, cristallographie, paléontologie, botanique et zoologie.

Ben oui, je n'ai jamais dit que ce serait simple...

Donc, pour moi, un bon livre de minéralogie scientifique est un ouvrage qui va présenter les minéraux en les classant selon leur appartenance à un groupe chimique.

Ensuite, cet ouvrage devra offrir au lecteur de belles photos en couleur, d'une belle grandeur montrant bien les caractéristiques du minéral. Enfin chaque minéral sera accompagné d'un texte à caractère scientifique donnant les propriétés physiques et chimiques ainsi qu'un dessin montrant un monocristal afin de pouvoir discerner sa cristallographie ainsi que les macles possibles (macle= interpénétration de plusieurs cristaux).

Voilà donc ma vision d'un bon livre de minéralogie...

8.2.1.4.2. Les ouvrages de paléontologie

Pour ce qui est des fossiles, ma vision du livre est tout autre. En effet, un fossile, par définition est le reste d'un animal mort il y a des millions d'années. Les parties molles ont disparu tandis que les parties dures, enfouies dans des boues ont pu se transformer en pierre au cours des millions d'années. Cette transformation a pu avoir lieu grâce à des échanges de minéraux avec le milieu ambiant.

Donc, par définition, le joli coquillage multicolore quand il était vivant est devenu un fossile qui aura perdu ses couleurs d'origine et aura maintenant la même couleur ou tout au moins une couleur approchante de celle de la roche dans laquelle il est resté prisonnier.

Ensuite, puisqu'il est resté prisonnier des sédiments pendant des millions d'années, le fossile et les roches qui l'entourent ont pu subir des mouvements tectoniques... ce qui veut dire que le fossile découvert n'a peut être plus tout à fait la forme qu'il avait lorsque l'animal était en vie.

C'est pour ces raisons que je me méfie des livres montrant de belles photos en couleurs de fossiles. Le fossile que vous avez découvert est peut-être celui présenté dans le livre mais n'aura peut-être pas la même couleur ni tout à fait la même forme, ce qui complique les choses.

En effet des livres, encyclopédies, répertoires, atlas, clés de détermination existent, la plupart réalisés avec soin, par des gens très compétents, voire même des spécialistes en la matière. Souvent, ces documents sont richement illustrés par des photos présentant le fossile dans sa réalité. (On y voit les couleurs naturelles de la gangue, les déformations et les écrasements dus aux mouvements tectoniques et à la pression des couches). Parfois, les illustrations sont des dessins, parfaitement réalisés qui idéalisent le fossile et qui souvent, le présentent en position de vie.

Tout cela est magnifique mais bien souvent, l'amateur se retrouve avec différents livres qui proposent différentes photos et différents dessins d'une même espèce... et bien souvent, il a bien du mal à se persuader que toutes ces photos et tous ces dessins ne sont en fait qu'une seule et même espèce. Les couleurs étant différentes, les déformations, les écrasements ayant pris des directions différentes, il a devant lui des fossiles qui ne semblent pas se ressembler... et qui ne ressemblent pas vraiment à ce qu'il a découvert.

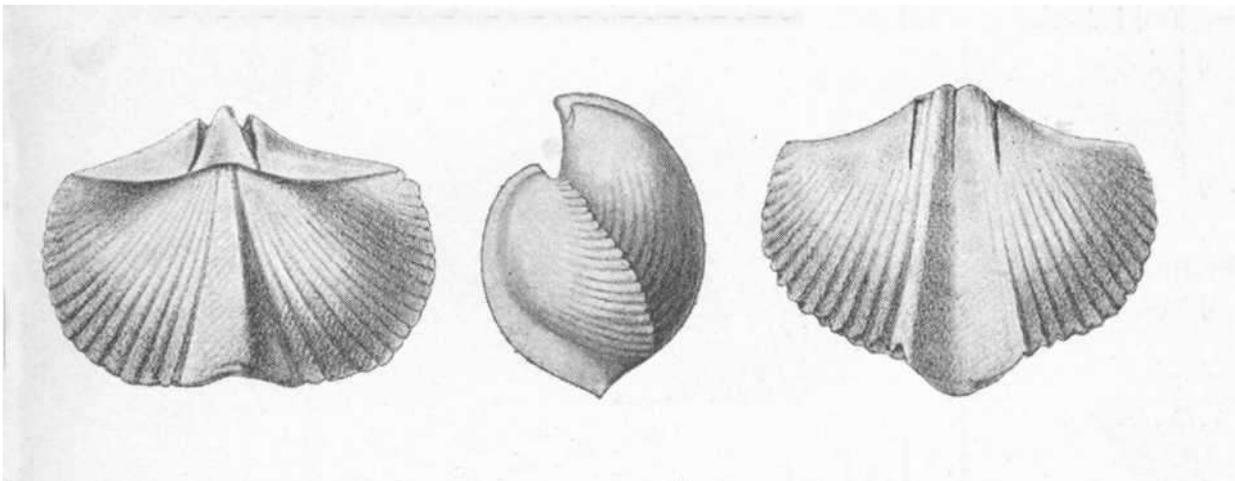
Depuis les travaux de Monsieur Béclard, Dupont, Gosselet et consort, la littérature paléontologique a pris une extension considérable. Elle a produit, dans la synonymie, une incroyable confusion qui n'a fait qu'augmenter avec le nombre toujours croissant des publications.

Avec le temps, j'ai été amené à étudier bon nombre d'ouvrages consacrés à la Paléontologie. Ces ouvrages montrent bien la diversité des points de vue, le manque de coordination des recherches mais aussi et surtout le manque de concertation des chercheurs. Pour peu que l'on soit Européen de l'Ouest, Européen de l'Est ou même Américain, les dénominations des couches géologiques changent et les espèces paléontologiques qui y ont été découvertes aussi.

Je peux comprendre que les européens aient été pendant de longues années séparés politiquement par le Rideau de Fer et que, par conséquent, les contacts entre chercheurs aient été au cours de ces années proscrits par les pouvoirs politiques. Je peux aussi comprendre, que les Américains, forts de leur puissance économique, militaire et intellectuelle, ne voient plus en l'Europe que « l'Ancien Monde » et que donc, par conséquent, ils n'ont plus l'humilité de faire part aux autres de leurs découvertes et d'en discuter avec eux, de comparer leurs trouvailles au cours de séances de concertations globales.

Et comme si cela ne suffisait pas, nous sommes aujourd'hui en pleine "guerre de spécialistes". Nous assistons impuissants au "démontage" des espèces que les "anciens" ont déterminées et à leur "remontage" par les "jeunes-paléontologues-qui-veulent-se-faire-un-nom".

Je considère donc que le dessin d'un fossile est bien supérieur à une photo... pour autant que celui-ci ait été réalisé par un spécialiste en dessin scientifique qui n'invente rien mais propose un dessin en noir et blanc fidèle à la réalité, comme celui présenté ci-dessous...



Il me semble essentiel d'acquérir plusieurs livres de plusieurs auteurs, tant Européens, que le l'ancien bloc de l'Est (Il existe de très bons livres tchèques traduit en français, évidemment, et parus chez Gründ) qu'américains (en Anglais, ceux-là...)

- Ah oui, vous ai-je dit que le géologue amateur devait aussi détenir une maîtrise en langues modernes... et en latin (puisque les noms des fossiles sont en latin) ?
- Non ?
- Oups... Heu... bon, ben maintenant, vous le savez !

- Eh oui, le géologue est un maître ès sciences et polyglotte accompli de surcroît...

Il me semble donc qu'un bon livre de paléontologie devrait comporter des dessins. Il est vrai que certaines photos, bien préparées, sur des échantillons de valeur (non pas "de valeur marchande" ... mais "de valeur scientifique"), avec un éclairage adéquat peuvent apporter un plus.

Un bon livre de paléontologie doit aussi comporter des renseignements complets à propos des couches susceptibles de les receler mais aussi à propos de sa classification, de sa vie, de son écologie. Il faudrait aussi qu'une bonne description de l'espèce soit présente.

8.2.1.4.3. La géologie

Ces livres présentant les roches magmatiques endogènes et exogènes, les volcans, l'érosion des roches magmatiques et le transport des éléments, la sédimentation, la stratification, la formation des roches sédimentaires, les fossiles, les minéraux, les roches métamorphiques, la dérive des continents, les accidents tectoniques, les mouvements tectoniques... à travers le monde, histoire de se familiariser avec tous les processus géologiques que la nature a mis en œuvre sur notre Terre.

8.2.1.4.4. Une étude "régionale"

Après avoir acquis divers livres de minéralogie, de paléontologie et de géologie générale, venant de divers horizons, de divers auteurs, de diverses maisons d'éditions, le géologue amateur pourra se lancer dans une étude régionale.

Pour ce faire, il devra trouver des livres de géologie, de paléontologie et de minéralogie régionale. Dans cette seconde gamme de livres, une partie seulement des processus détaillés dans le "précis de géologie générale" seront développés plus complètement (juste ceux qui intéressent la région envisagée... Inutile de parler des volcans en Famenne, alors que ce sera le sujet de prédilection si on aborde l'Auvergne...), ainsi qu'une partie des minéraux et fossiles (juste ceux qui peuvent être observés dans la cette région.)

Je pense qu'avant de se lancer dans l'étude d'une région, il faut pouvoir maîtriser et comprendre les mécanismes généraux du cycle des roches. Le transfert des acquis au niveau mondial se fera plus facilement lors de l'étude d'une région particulière.

Le géologue amateur devra alors essayer de trouver ces ouvrages. Peu répandus, il devra faire appel aux clubs (d'où l'importance des clubs à cet égard), aux géologues amateurs et professionnels locaux et surtout aux monographies d'amateurs qui lui seront d'une grande utilité.

8.2.1.4.5. En conclusion...

La bibliothèque du géologue amateur est donc composée d'un nombre important de livres de minéralogie, de paléontologie, de géologie.

En minéralogie, un ouvrage scientifique sera :

- un ouvrage qui va présenter les minéraux en les classant selon leur appartenance à un groupe chimique;
- un ouvrage qui va offrir au lecteur de belles photos en couleur, d'une belle grandeur montrant bien les caractéristiques du minéral;
- un ouvrage qui accompagnera chaque minéral d'un texte à caractère scientifique donnant les propriétés physiques et chimiques ainsi qu'un dessin montrant un monocristal afin de pouvoir discerner sa cristallographie ainsi que les macles possibles (macle= interpénétration de plusieurs cristaux).

En paléontologie, un ouvrage scientifique sera :

- un ouvrage qui devrait comporter surtout des dessins mais aussi des photos, bien préparées, sur des échantillons de valeur (non pas "de valeur marchande"... mais "de valeur scientifique"), avec un éclairage adéquat peuvent apporter un plus,
- un ouvrage qui devrait comporter des renseignements complets à propos des couches susceptibles de les receler mais aussi à propos de sa classification, de sa vie, de son écologie.
- un ouvrage qui présente des photos des dessins mais aussi une bonne description de l'espèce.

8.2.1.4.6. Et Internet ???...

Il est vrai qu'aujourd'hui, Internet est LE réseau mondial de communication et d'information. Converser avec d'autres géologues par mail ou en direct via un "Tchat" ou via MSN est un moyen rapide d'obtenir des renseignements.

Il faut savoir qu'aujourd'hui, de nombreux sites internet amateurs ou professionnels permettent d'aider les débutants.

Visiter des sites internet est aussi un très bon moyen de glaner des informations... tout en sachant qu'en géologie, tout comme dans plein d'autres matières d'ailleurs, on trouve de tout sur "la toile" : du très bon, du bon, du moins bon et du franchement mauvais, des vérités et des erreurs flagrantes, des théories sérieuses et des élucubrations de pseudo-scientifique complètement déjanté, de vrais amateurs et de "parfaits agités du bocal qui n'ont pas l'électricité à tous les étages".

Sur le Net, tout est une question d'esprit critique, de comparaison et surtout de vérification d'informations. Savoir choisir judicieusement ses documents et ses interlocuteurs est LA condition à remplir pour ne pas se faire bernier.

8.2.1.4.7. Les collections privées et publiques

Pour déterminer utilement des éléments géologiques, il faut d'abord suivre des excursions et se renseigner près des confrères qui ont déjà beaucoup plus de pratique et connaissent un certain nombre d'espèces. C'est le plus sûr moyen d'apprendre à connaître les éléments géologiques.

Au delà, il faut se rendre dans les collections publiques ou privées et comparer ses échantillons avec ceux qui sont exposés. Dans ces collections, l'amateur pourra trouver des clés de détermination, des planches explicatives... Lorsque le débutant aura acquis quelque pratique,

l'accès des laboratoires lui sera permis et il pourra y rencontrer ceux de ses confrères spécialisés dans un étage ou un groupe et qui pourront l'aider dans les déterminations délicates.

8.2.1.5. Une armoire à collection

Pour ranger ses collections de minéraux et fossiles, le géologue amateur peut acheter des meubles somptueux et pratiques, il y a aussi les meubles de rangement tout faits (le prêt à porter du meuble, style Kewlox...!) mais on peut aussi aménager convenablement une vieille armoire ou des placards. Cela est laissé à l'appréciation de chacun, en fonction de ses compétences en bricolage ou de la grosseur de son portefeuille.

Pour ranger des minéraux et des fossiles, il semble, puisque, somme toute, ce ne sont que des cailloux, qu'il n'y a pas de précautions à prendre. C'est une grande erreur !!!

Il faut savoir que le pire ennemi de la collection du géologue est la poussière qui s'insinue partout, s'infiltré partout, dans tous les interstices des cristaux, se dépose sur tous les fossiles.

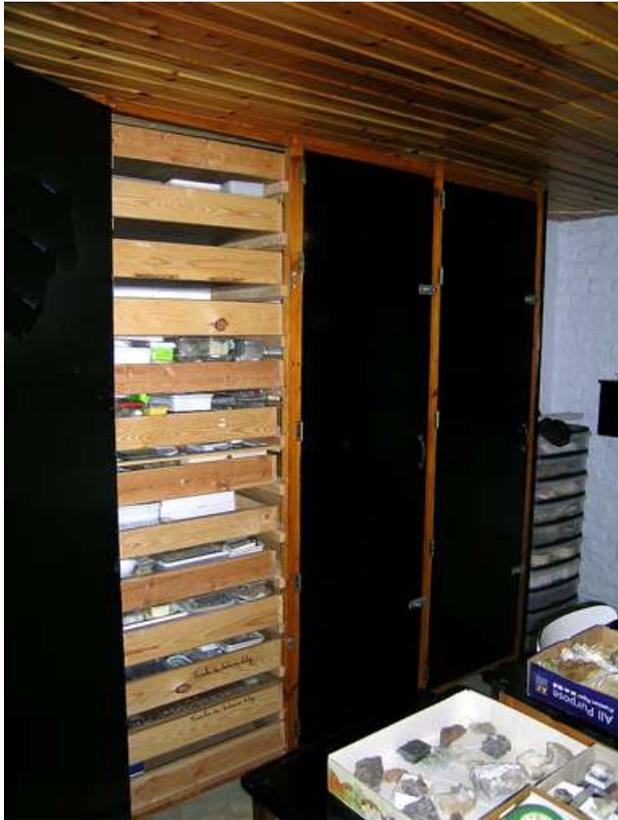
Quel que soit le modèle d'armoire ou de rangement choisi, il est donc absolument nécessaire de prévoir un système qui va permettre de protéger les minéraux de cet ennemi sournois et insidieux.

Evidemment, si on n'a pas les moyens de s'offrir, comme dans les musées bien tenus, des tiroirs vitrés fermant hermétiquement, il va falloir innover. Tout est permis pour protéger sa collection de minéraux et fossiles : l'enfermer dans des placards ou des meubles étanches ou dans des tiroirs qui ferment très bien, sans jeu. Il n'est pas simple de combattre cet ennemi.

Je vous livre mon système : un placard mural, composé de tiroirs... le tout de ma fabrication, puisque l'étendue de mes finances est limité. Malheureusement, ce "bricolage maison", s'il est pratique et répond bien à mes besoins est loin d'être étanche. Aussi, mes échantillons sont-ils protégés dans des boîtes en plastique de récupération (margarine, beurre...) fermant hermétiquement. Ces boîtes sont garnies de papier essuie-tout ou de plastique à bulle de manière à éviter les chocs éventuels.



Un placard mural de 4 portes
Photo L.V.B.



13 tiroirs par porte : total 52 tiroirs.
 Dans chaque tiroir, une multitude de
 boîtes de toutes les grandeurs contenant
 minéraux et fossiles
 Photo L.V.B.

Mon système a pour avantage de bien protéger les échantillons mais a pour désavantage de les dissimuler du regard. Pour les voir, il faut ouvrir les boîtes. Cependant, les boîtes étant numérotées et portant une étiquette d'identification, il est facile de savoir, grâce au catalogue (nous en reparlerons plus loin) quel minéral ou quel fossile y est conservé.

8.2.1.6. Une vitrine

Il y a deux types de vitrines possibles :

- la vitrine que j'appellerai "normale"
- la vitrine fluo

8.2.1.6.1. Une vitrine "normale"

La vitrine normale est d'abord et avant tout un lieu d'exposition, pour son propre plaisir mais aussi pour le plaisir des autres personnes qui viennent vous rendre visite (qu'elles fassent ou non partie du monde des géologues).

Il faudra donc penser à un endroit propice pour l'installer. Un endroit où la lumière du jour pourra mettre les pièces exposées en valeur... ou alors prévoir un système d'éclairage artificiel qui le fera. Il faudra ensuite choisir avec circonspection les pièces destinées à être exposées. Les pièces (que ce soient des minéraux ou des fossiles) doivent immanquablement être parfaites :

- ni coups
- ni ébréchures
- ni trace de clivage
- ni trace de fracture interne
- ni recollage
- ni restauration d'aucune sorte

De plus, la grosseur des pièces exposées doit être en rapport avec la grandeur de la vitrine. (il est inconcevable de présenter une pièce minuscule dans une grande vitrine... elle passerait inaperçue... tout comme il serait de mauvais goût de présenter une pièce énorme dans une petite vitrine... elle monopoliserait le regard et ferait de l'ombre aux pièces de taille plus modeste. Il faut donc veiller à ce que les pièces présentées soient en harmonie les unes avec les autres.

Il existe des entreprises très connues belge, scandinave ou néerlandaise qui peuvent proposer des vitrines en kit, modulables à monter soi-même. Certaines ne sont que de vulgaires armoires sans aucun cachet. C'est primaire, sans aucune finition, en un mot : laid. D'autres entreprises proposent des modules plus luxueux qu'on peut arranger selon ses goûts et ses besoins. Ces entreprises proposent également de réaliser des vitrines modulables sur base de mesures non standard... un peu comme du "sur mesure". Divers coloris sont disponibles et ils peuvent même venir les monter chez vous.. C'est joli, esthétique et pratique. Cependant il y a quelques inconvénients à ce type de meuble. D'abord et avant tout, le prix. Ce n'est pas donné. Pour avoir ce que je désirais, il me fallait presque 6.500 euros. Cela est totalement hors budget. Autre inconvénient et de taille, c'est la solidité. Réalisées en MDF, les planches ne sont posées que sur les petits tétons en plastique. Sachant que ces planches vont devoir supporter des minéraux et fossiles, il y a fort à parier qu'avec le temps, les planches vont se laisser aller, plier, gondoler et finir par lâcher prise. Il faut du solide.

N'ayant rien trouvé d'assez solide pour supporter des minéraux et fossiles, de pratique comme je le désire... et de pas trop cher... je me suis amusé pendant un hiver à faire des plans et à construire la vitrine que je désirais : 2,20 m de haut, 3,50 m de long. Partie supérieure : 4 portes vitrées de 1,40 m par 0,85 m. 7 étagères par porte. Eclairage LED. Partie inférieure : 4 portes

pleines de 0,85 m par 0,75 m contenant chacune 3 tiroirs vitrés sur roulettes dans lesquelles, je garde mes petits brachiopodes.

Evidemment, j'ai passé un hiver à concevoir et puis à construire pas à pas la vitrine de mes rêves. Cela m'a demandé du travail... mais quel plaisir de réaliser soi-même un meuble d'exposition. Sans compter que le prix final (chevrons, lattes, planches, quincaillerie, vitres, éclairage et vernis) m'a demandé un peu moins de 2.500 euros. Economie : 4.000 euros.



Vue générale de la vitrine non éclairée.



Vue générale de la vitrine éclairée par les LED.

Vue générale de la vitrine éclairée par les LED.



Vue d'une porte inférieure avec tiroirs vitrés montés sur roulettes

Vue de la partie inférieure de la vitrine, chaque porte contenant 3 tiroirs vitrés montés sur roulettes.



Que l'on utilise l'éclairage naturel ou artificiel, il faudra étudier l'emplacement de chaque pièce afin d'éviter les reflets qui pourraient éblouir le visiteur.

8.2.1.6.2. Une vitrine "fluo"

8.2.1.6.2.1. Introduction

De nombreux minéraux sont fluorescents, c'est à dire que, plongés dans le noir et éclairés par une lampe fluorescente (donc d'une longueur d'onde différente de celle de la lumière visible) ils vont apparaître d'une couleur particulière parfois bien différente de celle qu'ils ont à la lumière du jour.

Pour plus de renseignements, voir la Fluorescence (<http://www.fossiliraptor.be/fluorescence>)

Pour le minéralogiste, c'est alors un réel plaisir de voir des minéraux parfois bien ternes à la lumière du jour devenir jaunes, rouges, verts, bleus, blancs... sous la lumière fluo.

Si vous souhaitez donc montrer vos minéraux et créer une vitrine d'exposition, il faut d'abord choisir un endroit facilement occultable. L'armoire qui va recevoir les minéraux devra être en bois et peinte en noir mat. A l'intérieur de cette armoire, prévoir des "gradins" en bois, eux aussi peints en noir mat. Le noir mat n'est pas fluorescent et donc ne reflètera rien. Ne jamais vernir l'intérieur de l'armoire ni les gradins car certains vernis sont fluorescents. Pour les gradins, éviter le verre, les matériaux plastiques... car certains sont naturellement fluorescents de par la présence de plomb ou de matières organiques issues du pétrole. Cela pourrait donner un effet perturbateur. Au plafond de votre armoire, il faudra prévoir un système électrique pour connecter des néons fluorescents. Ici, deux choix sont possibles :

- Les ondes longues
- Les ondes courtes

Les lampes et tubes UV ont une longueur d'onde inférieure à celle de la lumière visible. Les longueurs d'ondes qui nous intéressent pour la fluorescence sont les 365 nm (ondes longues), les 254 nm (ondes courtes) et dans une moindre mesure les 312 nm (ondes moyennes). À chacune de ces longueurs d'ondes correspondent des lampes ou tubes fluorescents spécifiques.

Le plus simple est de se procurer une lampe de poche pour philatéliste ou pour la recherche de faux billets. Il s'agit d'une lampe équipée d'un tube à lumière noire ("Blacklight"; BLB) de couleur noire de 4 Watts. Acheter également un tube à lumière ultraviolette à onde courte (tube UVC dit "germicide") de même puissance dans une boutique spécialisée.

Ces deux outils, vont permettre au géologue amateur, sur le terrain de repérer les minéraux fluorescents et de les ramener même si de prime abord, ils semblent n'offrir aucun intérêt ni minéralogique ni esthétique.

8.2.1.6.2.2. Les ondes longues

Pour les ondes longues, rien de tels que ces néons bleus utilisés dans les discothèques. Pour une vitrine de 80 cm de long x 60 cm de profond et 60 cm de haut, prévoir 2 néons de 60 cm de long de 15 Watts montés en série avec un ballast de 30 Watts et 2 starters "série". Ces néons coûtent +- 20 euros pièce, ce qui démocratise fortement la vitrine fluo. Il faudra aussi prévoir

aussi une protection (un déflecteur) afin que les rayons ultraviolets ne viennent pas toucher l'œil, non pas qu'ils soient nocif ou dangereux mais le cristallin de notre œil étant fluorescent, si les rayons les touchent, un halo bleu illuminera notre œil et masquera la beauté des minéraux.

Les lampes procurant une émission d'UV ondes longues, principalement dans les longueurs d'ondes de 350-370 nm sont soit de type BLB (black-light-blue / lumière noire bleutée) ou BL (black-light / lumière noire).

Les lampes de type BLB sont bleues plus ou moins foncées car elles possèdent un filtre interne sous forme de poudre absorbante spéciale qui ne laisse passer que les UV longs et aussi une petite quantité de lumière bleue visible qui modifie parfois la couleur de la fluorescence de certains minéraux.

Un autre problème provient de la longueur d'onde émise par ces tubes et qui est très variable. Certains tubes produisent des pics à 350 nm, tandis que d'autres ont des pics plus proches des 365-370 nm, ce qui peut modifier considérablement la couleur de la fluorescence.

8.2.1.6.2.3. Les ondes courtes

Pour les ondes courtes, (germicides, UVC), il est également nécessaire d'ajouter un filtre spécialement adapté. Ceux-ci sont très coûteux : 130 euros pour un filtre de 160 mm x 80 mm importé directement de la fabrique aux U.S.A. ou +-400 euros pour un dispositif de 250 mm x 130 mm complet comportant une fonction ondes longues et ondes courtes, vendu par un spécialiste en matériel optique pour géologie. Ils sont donc très coûteux mais absolument indispensables car les radiations sont dangereuses pour les yeux et la peau. Toutefois ces ondes sont arrêtées par le verre classique (ce qui n'est pas le cas des ondes longues). Regarder une lampe ondes courtes sans protection pendant quelques secondes équivaldrait à fixer le soleil de midi pendant 30 secondes. Cela peut entraîner une cécité partielle ou totale pas toujours réversible. Il est donc aussi tout à fait nécessaire de prévoir ici aussi des déflecteurs. Pour une vitrine de 80 cm de long x 60 cm de profond et 60 cm de haut, il faudra aussi prévoir au moins 2 dispositifs complets, ce qui, je le conçois aisément, n'est pas à la portée de chacun.

Les lampes procurant une émission d'UV ondes courtes (type germicide) et UV ondes moyennes sont en quartz clair sans poudrage et doivent aussi être équipées d'un filtre spécial pour ondes courtes filtrant la lumière visible. À long terme les UV courts provoquent une solarisation de ces filtres, les rendant moins performants. Après 5000 heures d'utilisation il convient de les changer.

8.2.1.6.2.4. Comment procéder ?

Tester d'abord votre collection pièce par pièce d'abord avec les ondes courtes et ensuite avec les ondes longues. Par la suite je vous conseille d'emmener avec vous votre lampe de poche 4 Watts quand vous avez l'occasion de croiser des minéraux sur votre chemin : ballades, brocantes, expo... Il n'y a rien de mieux que de pouvoir tester sur place un minéral avant de l'acheter ou de l'échanger même si les conditions de test ne sont pas idéales.

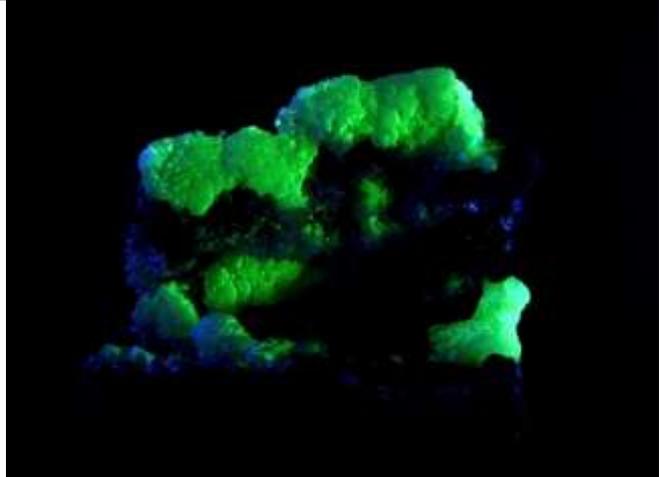


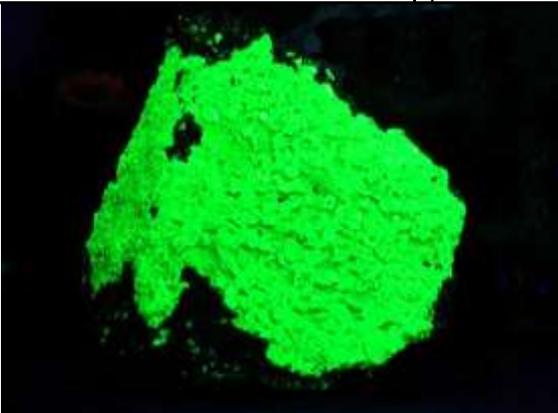
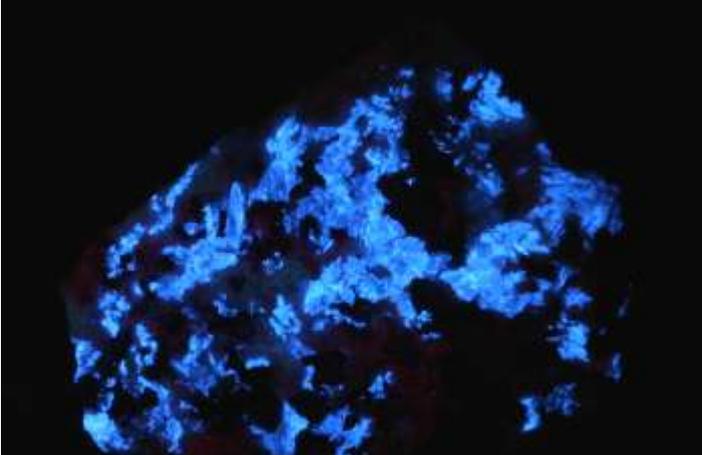
Si je considère la poussière comme un ennemi le pire ennemi de la collection du géologue car elle s'insinue partout, s'infiltré partout, dans tous les interstices des cristaux, se dépose sur tous les fossiles, c'est encore plus vrai dans le cas des vitrines. La poussière se déposant sur les minéraux ou les fossiles va rapidement se voir et si le géologue amateur ne combat pas cet ennemi sournois et insidieux, la vitrine va devenir une réplique de ces musées vieillots et poussiéreux où tout semble figé depuis des siècles.

Dans le cas de la vitrine fluo, c'est encore bien plus grave. En effet, qu'on le veuille ou non, dès qu'on ouvre la vitrine, ou si celle-ci ne ferme pas hermétiquement, des minuscules poussières, invisibles à l'œil nu vont y pénétrer et se déposer sur les minéraux. Ces poussières viennent à 90% de nos vêtements et d'un phénomène qu'on appelle "la destruction naturelle des matériaux". Malheureusement, le tissu qui forme nos vêtements a été blanchi au chlore avant son impression colorée, son découpage et sa couture. Le chlore est hautement fluorescent et donc la moindre poussière de tissus se déposant sur un minéral sera invisible à l'œil nu, mais dès l'allumage des lampes fluos, un point bleu ou gris ou blanc flashant apparaîtra.

Il est donc nécessaire de prévoir régulièrement d'aspirer minéraux, armoire et gradins. Ne jamais essayer quoi que ce soit avec un chiffon humide. Celui-ci déposerait un nombre incalculable de particules parasites du plus mauvais effet.

Liste les principaux minéraux fluorescents avec leurs couleurs (liste non exhaustive)

ADAMITE	Vert Pomme. L'activateur de fluorescence est la présence d'uranium. Réagit aux U.V. longs et courts.
	
AGRELLITE	Rose Magenta. L'activateur de fluorescence est la présence de terres rares. Réagit aux U.V. courts.
ALBITE et MICROLINE	Bleu Violacé à Fuchsia. Faible fluorescence. L'activateur de fluorescence est la présence de fer. Réagit aux U.V. courts.

ANDERSONITE	Vert Clair à Vert-Jaune avec parfois des reflets Bleus. Réagit aux U.V. longs et courts.
ARAGONITE	Blanche ou Grise ou Rose ou Rouge ou Orange ou Jaune ou même Vert Clair ou un mélange subtil de plusieurs de ces couleurs. Réagit aux U.V. longs et courts.
	
AUTUNITE	Vert Pomme Très Brillant. L'activateur de fluorescence est la présence d'uranium. Réagit aux U.V. courts et longs.
	
BARATOVITE	Bleu Brillant. L'activateur de fluorescence est la présence de soufre. Réagit aux U.V. courts.
	

BARYTOCALCITE	Ocre. Réagit aux U.V. courts.
	
CALCEDOINE	Blanc à Verdâtre avec des reflets bleutés. Réagit aux U.V. longs.
	
<p>CALCITE : Blanc Bleuté ou Blanc Flash ou Blanc Verdâtre ou Blanc Jaunâtre ou Rouge ou Orange ou même Jaune Citron. L'activateur de fluorescence des couleurs allant du Rouge au Rose sont des particules de manganèse, le Blanc Jaunâtre pourrait être dû à la présence d'hydrocarbures naturels. Certaines calcites présentent une forte phosphorescence après exposition aux ondes courtes. Réagit aux U.V. longs et courts.</p>	
	
Calcite de Beez sous U.V. longs.	Calcite de Wellin sous U.V. longs.



Calcite du Brésil sous U.V. longs.



Calcite d'Italie sous U.V. moyens et courts.



Calcite de Resteigne sous U.V. longs.

CATAPLEIITE

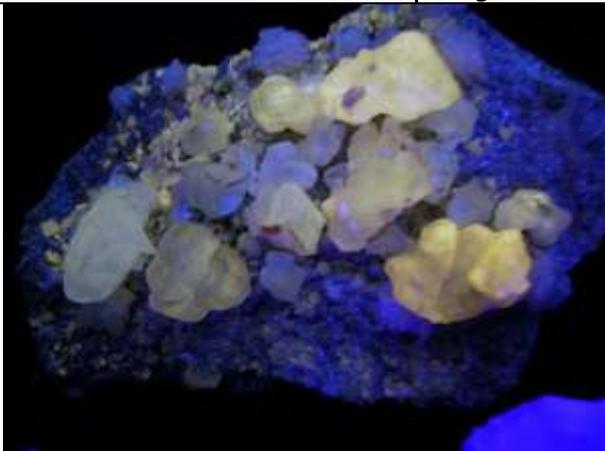
Vert Clair. Réagit aux U.V. courts.

CELESTITE

Bleu Ciel. Réagit aux U.V. longs.

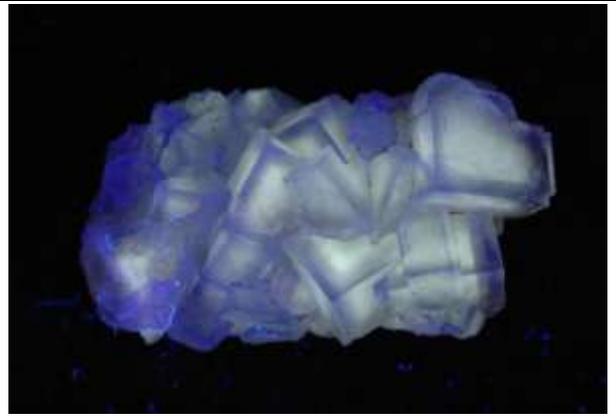
CERUSITE

Jaune Citron. L'activateur de fluorescence est la présence de plomb.
Réagit aux U.V. longs.

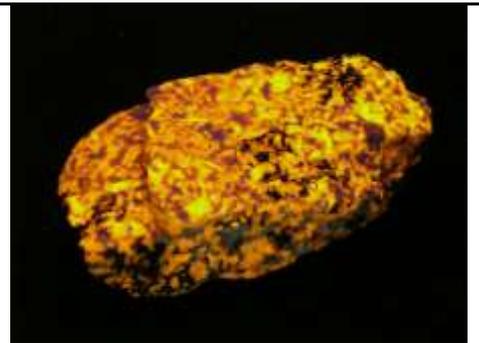


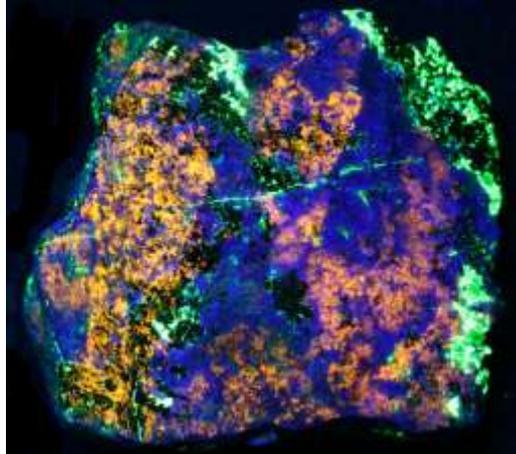
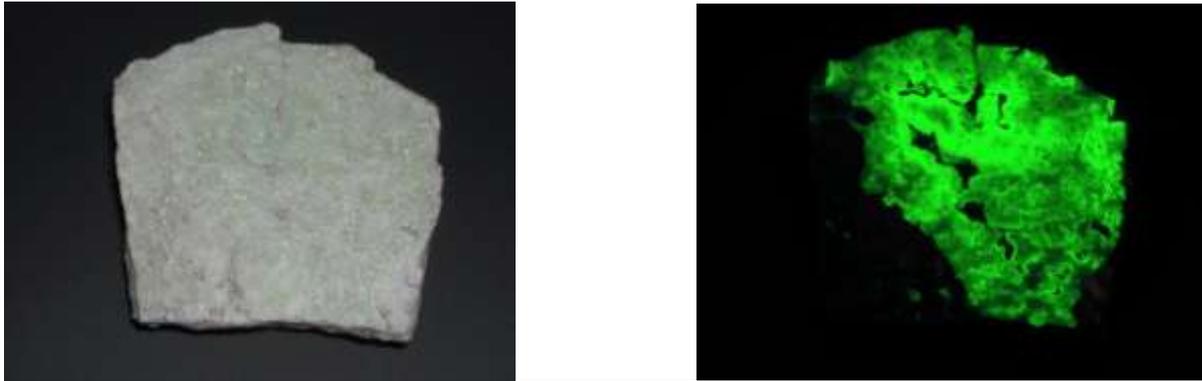
CLINOHEDRITE	Orange. Réagit aux U.V. courts.
CYMRITE (CELSIAN)	Bleu à Bleu Vert. L'activateur de fluorescence est la présence de manganèse. Réagit aux U.V. courts.
DIAMANTS	Brun ou Vert ou Blanc ou Bleu Ciel. Réagit aux U.V. longs.
EUCRYPTIQUE	Rouge. Réagit aux U.V. courts.
FLUOBORITE	Blanc Crème, légèrement Jaunâtre. Réagit aux U.V. courts.
FLUORAPATITE	Jaune Citron. Réagit aux U.V. courts.

FLUORITE : Jaune Verdâtre pour celle provenant de Villabona, déclinaison de couleurs entre le Blanc et le Gris pour cette de Dalnegorsk, Rouge Pourpre à Rose pour celle de Seille à et Bleue intense pour les autres. L'activateur de fluorescence bleue est la présence du samarium ou de l'euporium. Réagit aux U.V. longs.



GYPSE	Bleue avec des reflets Gris combinée à une forte phosphorescence. Réagit aux U.V. courts.
HACKMANITE	Jaune Orangé aux U.V. longs et Bleu Violacé aux U.V. courts.

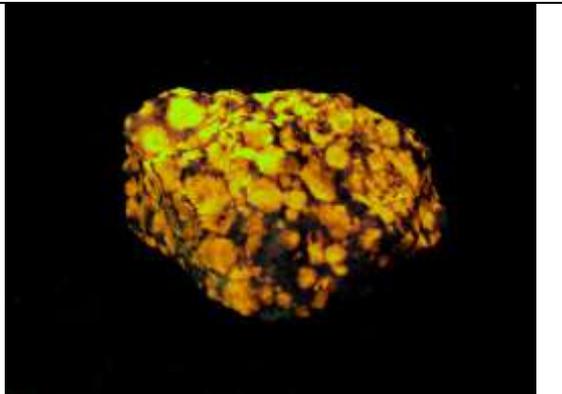


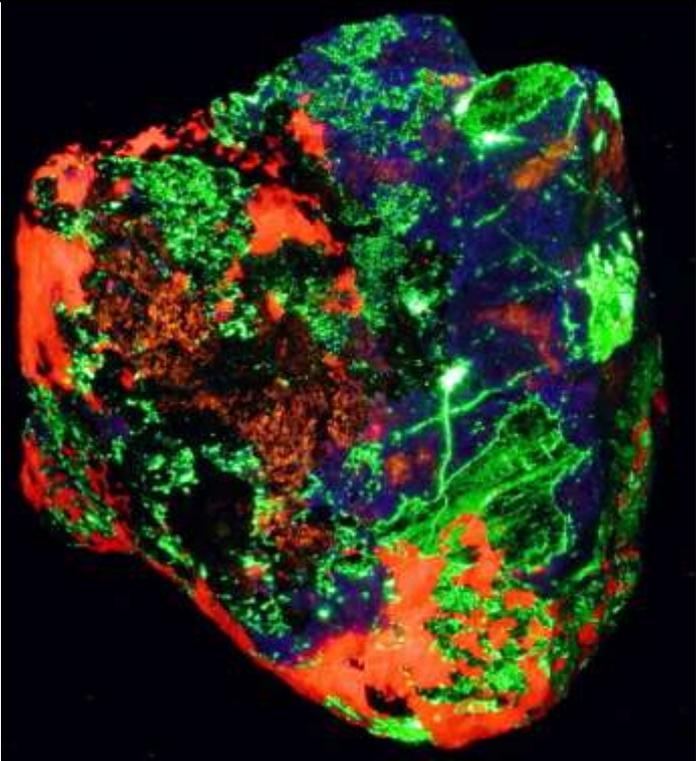
HALITE	Déclinaison de couleurs entre l'Orange et le Rouge en fonction de la concentration de manganèse et de plomb qui sont les co-activateurs de cette fluorescence. Réagit aux U.V. courts.
HARDYSTONITE	Bleue. Réagit aux U.V. courts.
	
HYALITE	Vert pomme. Réagit aux U.V. longs.
	
HYDROZINCITE	Vert Pomme aux U.V. longs et Bleu Brillant aux U.V. courts.
IDRIALITE	Déclinaisons de couleurs entre le Bleu Vert et le Bleu Turquoise pour ce minéral d'origine organique (C ₂₂ H ₁₄). Réagit aux U.V. courts.
LAZURITE	Bleu Ciel. L'activateur de fluorescence est la présence de soufre. Réagit aux U.V. courts.
MARGAROSANITE	Bleu Clair. Réagit aux U.V. courts.
MOLYBDENITE	Jaune Vif. Réagit aux U.V. courts.
NATROLITE	Vert Clair. Réagit aux U.V. courts.
OPALE	Vert Pomme. L'activateur de fluorescence est la présence de petites quantités d'uranium. Réagit aux U.V. longs.
	

PECTOLITE	Jaune Citron à Rouge Brique en passant par le Jaune Ocre. Réagit aux U.V. courts.
PHLOGOPITE	Ocre Clair. Réagit aux U.V. courts.
POLYTHIONITE (variété de micas)	Jaune Verdâtre. L'activateur de fluorescence est la présence de lithium. Réagit aux U.V. longs.
POWELLITE	Jaune Verdâtre. La fluorescence est due à la présence d'oxyde de molybdène. Réagit aux U.V. courts.
QUARTZ	Blanc à Blanc Bleuté ou Jaunâtre à Jaune Vert. La fluorescence est due à la présence d'uranium ou de gouttelettes d'hydrocarbures. Réagit aux U.V. courts
QUINCYTE	Rouge Carmin. Réagit aux U.V. longs.
ROSENBRUSCHITE	Bleu Vert. Réagit aux U.V. courts.
RUBIS	Rouge Carmin. Réagit aux U.V. longs.
SCAPOLITE (=WERNERITE)	Jaune Citron. Réagit aux U.V. courts et reste phosphorescent très longtemps.
SCHEELITE	Bleu Ciel. La coloration est due à la Wolframite (minerais de tungstène) qui la compose. Des atomes de tungstène peuvent être remplacés par du molybdène. En fonction de l'augmentation du molybdène, la couleur passe du Bleu Ciel au Blanc, du Blanc au Jaune et du Jaune au Jaune Vert. Réagit aux U.V. courts.



SODALITE	Déclinaison de couleurs entre le Jaune Citron et le Jaune Orangé. Réagit aux U.V. longs.
----------	--



SPHALERITE	Orange si présence de manganèse, mais aussi Bleu Clair, Bleu Vert, Turquoise. Réagit aux U.V. courts.
SVABITE	Déclinaison de couleurs entre le Jaune Ocre et l'Orangé. L'activateur de fluorescence est le manganèse et le plomb.
TREMOLITE	Orange ou Bleu ou verdâtre. Réagit aux U.V. longs et courts.
TUGTUPITE	Déclinaison de couleurs entre le Rouge Vif et le Rouge Orangé. Réagit aux U.V. longs et courts.
USSINGITE	Orange à Rouge. Réagit aux U.V. longs.
WILLEMITE (=TROOSTITE + de 12% de Zn remplacé par du Mn)	Déclinaison de couleurs entre le Vert Clair et le Vert Foncé. Réagit aux U.V. courts.
	
WOLLASTONITE	Jaune Citron. Réagit aux U.V. courts.
ZIRCON	Jaune Citron à Jaune Orangé. L'activateur de fluorescence est le dysprosium. Réagit aux U.V. longs et courts.

8.2.1.6.2.5. La photographie de minéraux fluorescents

La photographie minérale fluorescente est un défi compliqué car la photographie ne se passe pas en lumière naturelle. Les gens prennent généralement des photos de paysages, de personnes ou d'objets bien éclairés. Les réglages sont simples et ont rarement à se soucier d'une possibilité de sous exposition ou de surexposition de l'image.

Lorsque vous photographiez des minéraux fluorescents, le jeu change radicalement. L'appareil photo doit maintenant capturer des couleurs saturées et éclatantes dans une pièce sombre. Les appareils photos ne sont tout simplement pas conçus pour cela. Certains le gèrent mieux que d'autres, mais la plupart doivent être modifiés pour produire une image acceptable.

Je n'ai pas la prétention d'être un spécialiste en la matière, comme tout le monde j'ai rencontré beaucoup de difficultés qui ont pu être surmontées petit à petit grâce à mes cours de photographie et de reproduction de documents que j'ai suivis alors que j'étais étudiant pour devenir enseignant. A l'époque, on ne parlait pas de photos numériques, ni de photoshop... tout se faisait en argentique et les photos et dias (car on préparait essentiellement des dias pour nos cours de sciences) devaient être calculées étalonnées avant la prise de vue. Pas de possibilité de correction. Il fallait calculer son coup car cela prenait quelques jours pour que le labo photo développe nos clichés et si c'était raté, on avait perdu une semaine dans l'histoire... et il fallait tout recommencer.

Puis, comme tout le monde, je suis passé au numérique avec un certain temps d'adaptation et de nouveaux problèmes à la clé. Après de nombreux essais et erreurs, je peux vous faire part de quelques considérations importantes pour la réussite de la photographie de minéraux fluorescents, ainsi que les principaux problèmes que j'ai rencontrés lors de mes premières prises de vue de ces minéraux lumineux.

J'espère que les lignes qui suivent vous apporteront beaucoup.

La prise de vue dans l'obscurité nécessite généralement de longues expositions dans le temps d'un sujet très variable. De nombreux spécimens de roches contiennent plusieurs minéraux différents qui sont fluorescents avec des couleurs différentes et des intensités différentes. Certains beaucoup plus brillants que d'autres. Mais avec une attention particulière aux paramètres de l'appareil photo, quelques trucs et astuces, de la patience et quelques prises de tête, on peut s'en sortir.

Avant de commencer à travailler, **laissez vos yeux «s'adapter à l'ambiance sombres»** dans laquelle vous allez opérer. Vous allez devoir comparer l'image que vous voyez sur l'écran de votre appareil photo avec la réalité. Si vos yeux ne sont pas habitués à l'obscurité, il sera difficile de mesurer l'exposition appropriée.

Mise au point et distance focale

De nombreux appareils photos ont des difficultés à effectuer les réglages automatiques dans des situations de faible luminosité. Cela peut généralement être résolu en désactivant la mise au point automatique et en effectuant manuellement la mise au point en lumière blanche. On peut ensuite éteindre les lumières et passer en U.V. tout en gardant la mise au point.

Un autre problème de mise au point est **la distance entre l'objectif et le sujet.**

Si vous désirez remplir votre écran de visée avec le sujet à photographier, vous allez devoir, en fonction de la petite taille de la pièce, approcher votre appareil de l'objet. N'oubliez pas que de nombreux appareils photo ont une distance focale minimale d'environ 12 pouces. Si vous êtes trop près de la pierre, aucune mise au point (même manuelle) ne fonctionnera et vos photos seront floues. Pour éviter ce problème, utilisez un objectif macro ou prenez la photo à distance et recadrez ensuite la photo à l'aide d'un logiciel de retouche d'image.

Qualité d'image

La plupart des appareils photo ont un choix de paramètres de qualité / taille d'image. Si vous prenez des photos au format RAW, l'appareil photo sera réglé sur la taille d'image maximale, mais lors de la prise de vue au format jpeg, vous aurez plusieurs choix. Je recommande d'utiliser le paramètre le plus élevé (le meilleur, la plus grande résolution) avec une taille de fichier maximale. Cela vous permettra de prendre des photos de petites roches à partir de la distance

focale minimale de l'appareil photo et d'avoir une photo mise au point. Avec le paramètre de grande résolution d'image, vous pourrez recadrer la photo dans un logiciel de retouche d'image de telle sorte que le résultat soit une image de taille raisonnable qui soit mise au point.

Composition

Cela va de pair avec les deux sujets ci-dessus - distance focale et qualité d'image. La plupart des spécimens minéraux seront de petite taille. En effet, en général, les revendeurs proposent des minéraux dits "cabinet size", c'est-à-dire qu'ils mesurent entre 6 et 10 cm de côté. D'autre part, la majorité des appareils photographiques doivent être positionnées à au moins 60 cm de l'échantillon afin de pouvoir réaliser une mise au point correcte.

Le résultat est souvent une image avec un petit caillou au milieu. Prenez des images de grande taille avec la plus haute qualité (résolution) et vous pourrez recadrer l'image à la taille du minéral et vous retrouver avec une image de taille raisonnable et de bonne qualité. Les objectifs macros améliorent cette situation si votre appareil photo le permet, et les objectifs zooms vous aideront également à zoomer sur l'échantillon (avec une augmentation correspondante du temps d'exposition car lorsqu'on zoome, on perd de la luminosité, et un risque accru d'obtenir une image floue au moindre tremblement de l'appareil. Il faudra donc augmenter le temps d'exposition et veiller à ce que l'appareil soit totalement stable sur son trépied ou sur sa table de reproduction. Voilà toutes sortes de compromis et de contingence avec lesquelles il faudra jongler... Il ne faut pas hésiter à faire des essais et à modifier ses paramètres en fonction des résultats obtenus

Auto ou Manuel

Nous l'avons vu, les réglages automatiques ne fonctionnent pas toujours en lumière atténuée. J'ai vu un appareil photo en mode automatique devenir "fou", ne parvenant ni à mettre au point sur le sujet, ni à choisir une bonne exposition. Je choisis toujours la fonction "manuel". Cela me permet de contrôler le temps d'exposition, les paramètres d'ouverture et l'iso (les trois paramètres critiques). La prise de vue en mode automatique peut sembler un bon choix, mais n'oubliez pas que votre appareil photo est conçu pour prendre des photos de sujets bien éclairés. Il n'est pas conçu pour prendre des photos de roches aux couleurs flashies dans un environnement sombre. En utilisant la fonction "manuel", vous avez un contrôle total sur la durée d'exposition, l'iso, l'ouverture focale et même la balance des blancs. Invariablement, les photos prises en mode automatique seront surexposées.

Si n'avez pas d'autre choix que de prendre des photos en mode automatique, apprenez à utiliser le réglage de compensation d'exposition (généralement marqué par un symbole «+/-»). En diminuant ce réglage de quelques «arrêts», vous pouvez contrôler les surexpositions (ou augmenter pour les sous-expositions). Une autre façon de réduire la surexposition des photos de minéraux très brillants tels que la willémite, l'esperite, la scheelite, la powellite, l'opale hyalite, etc. est d'éloigner la lumière UV du spécimen.

Lors de la prise de vue en mode automatique, l'appareil photo règle souvent automatiquement l'iso sur un nombre plus élevé car il "voit" un sujet très lumineux souvent monochrome sur un champ sombre. Cela suppose pour lui que vous photographiez une scène de nuit, peut-être à la lueur d'une bougie ou d'un feu d'artifice (c'est ce que les concepteurs d'appareils photo ciblent dans des applications à faible luminosité... ils ne savent probablement même pas qu'il existe des minéraux fluorescents). Si l'appareil photo vous le permet, réglez l'iso sur un nombre faible manuellement, même si le reste est en mode automatique. Ensuite, vous aurez peut-être une chance d'obtenir une photo relativement bien exposée. Pouvoir régler manuellement l'iso sur un nombre faible permet de ne pas avoir de bruit sur la photo (le bruit est l'aspect granuleux de la photo causé par des paramètres iso élevés).

Et ce n'est pas parce que vous photographiez en mode automatique que vous n'avez pas besoin

d'un trépied! Le mode automatique réglera probablement l'exposition temporelle à un quart de seconde ou plus. Toute longue exposition nécessite un trépied pour rendre votre appareil stable.

Durées d'expositions

Si votre appareil photo permet une prise de vue manuelle, vous pourrez sélectionner la durée d'ouverture de l'obturateur. Cette durée varie en fonction de la luminosité de votre sujet, de la puissance de votre lampe UV, de la distance de la lampe par rapport à l'échantillon et de la distance séparant votre appareil du minéral. Le réglage de l'iso affectera également la durée d'exposition. Personnellement, j'ai réglé mon iso sur 100, j'utilise des lampes UV positionnées à une distance d'une quarantaine de cm du minéral. La durée d'exposition de mes prises de vue varient de 1 seconde (pour la sodalite très brillante, la willemite, l'esperite) à 3 secondes maximum pour la plupart des minéraux de luminosité moyenne (calcite, fluorite, etc.). La couleur de la fluorescence affectera également ce temps d'exposition : les verts et les jaunes apparaissent beaucoup plus lumineux à la photo que les bleus. Les rouges ont tendance à saturer plus rapidement et les bleus sont souvent très difficiles à capturer.

On fait de bonnes photos quand la fluorescence est importante, pas de secret. Si on a un minéral qui fluoresce beaucoup (autunite par exemple), pas besoin d'envoyer beaucoup d'UV pour que l'intensité de la fluorescence soit importante. On arrive à faire des choses pas mal avec les petites lampes portables 4W de philatélie. En revanche si le spécimen fluoresce peu, il va falloir augmenter la puissance de la lampe UV et traiter les photos. On pourrait penser qu'en augmentant le temps de pause on puisse compenser la faible fluorescence mais en général le violet vient complètement écraser la couleur de fluorescence (et ce même si la lampe dispose de bon filtre pour limiter cet effet).

Attention - contenu technique :

J'ai récemment appris pourquoi il était très compliqué de photographier les roches avec des zones fluorescentes qui sont d'un bleu puissant (comme la fluorite) ou d'un rouge uni (comme certaines calcites). Les photos de ces roches ne montrent pas les détails qu'on voit à l'œil nu. Il y a nettement une perte de netteté et une perte de détails. La fluorite de Rogerley, la tugtupite du Groenland et même les aragonites italiennes sous longues ondes semblent toutes être "douces", dans une espèce de flou artistique, ayant perdu les détails de forme et de relief.

Les roches fluorescentes rouges et bleues sont difficiles à photographier parce que les UV produisent une couleur forte. Chaque appareil photo possède un capteur (souvent appelé CCD). Ce capteur possède ce qu'on appelle un réseau de filtres couleur Bayer qui lui permet d'enregistrer une couleur primo-secondaire par élément de capteur. Dans le logiciel de traitement brut de l'appareil photo, les données du capteur à une seule couleur par pixel sont combinées pour produire une image en couleur. Pour chaque ensemble de quatre éléments capteurs, un est sensible au vert, un est sensible au rouge, un est sensible au jaune et un est sensible au bleu.

Sachant cela, il est facile de comprendre que lorsque le sujet n'est qu'une forte fluorescence rouge (ou bleue, ou jaune, ou verte), l'appareil photo n'enregistre uniquement les données d'image qu'avec 1/4 des éléments du capteur sur le capteur. Les 3/4 restants des données sont perdus et doivent être extrapolés par l'algorithme... mais la plupart des algorithmes d'interprétation par extrapolation ne fonctionneront pas bien sans informations sur les canaux verts ou bleus. Il en résulte une image floue de résolution inférieure, manquant de détails fins.

Retravailler l'image avec un logiciel de rectification permet de retrouver certains détails et d'améliorer la définition des photographies. Il paraît qu'un capteur Foveon pourrait exceller dans des situations comme celle-ci (que l'on trouve dans les appareils photos Sigma SD), car tous ses éléments de capteur sont sensibles à toutes les couleurs, mais je n'ai pas encore essayé cet appareil. Il semblerait que le film couleur ne souffrirait pas non plus de ce problème.

ISO

Habituellement, j'utilise iso100. La photo résultante a plus de détails et un grain minimum. Mais bien sûr, mes expositions sont beaucoup plus longues (environ 2 à 8 secondes généralement), nécessitant ainsi un trépied et une méthode de déclenchement de la prise de vue qui évite toute vibration de l'appareil.

Vous pouvez régler votre iso plus haut et prendre des photos avec des expositions beaucoup plus courtes (si votre appareil photo le permet), mais je pense sincèrement, pour l'avoir testé, que l'image résultante sera généralement de mauvaise qualité.

Contrôle de l'obturateur

Un trépied ou un système de stabilisation de l'appareil est incontournable pour obtenir des photos sans flou lors de la prise de vue en longues expositions, avec un bruit iso minimal. Certains appareils photo ont un accessoire en option permettant de déclencher sans toucher l'appareil photo. La plupart ont la possibilité de déclencher une prise de vue et l'obturateur s'ouvre quelques secondes plus tard (utilisé pour vous donner le temps de rejoindre un groupe de personnes et faire une photo d'ensemble où vous figurez). C'est une astuce intéressante pour prendre une photo sous lumière fluorescente sans que l'appareil photo ne bouge. La plupart des reflex numériques ont une option qui permet au miroir de l'appareil photo de s'installer avant l'ouverture de l'obturateur, réduisant ainsi les vibrations du mouvement du miroir. Si vous prenez beaucoup de photos de minéraux fluos, la prise de vue en mode connecté est une bonne façon de procéder. L'appareil étant en relation avec l'ordi, c'est ce dernier qui commande les réglages et la prise de photo.

Stabilité de la caméra

Le spécimen photographié et l'appareil photo doivent être positionnés de manière à ce qu'aucun des deux ne bouge ou ne vibre à aucun moment de la prise de vue sans quoi la photo sera floue. Souvent, les boîtiers préfabriqués munis de lampes UV possèdent des ventilateurs intégrés à leur structure. Ils peuvent occasionner des vibrations. Bien sûr, il en va de même pour les vibrations du sol, des animaux domestiques qui se promènent, des personnes qui vaquent à leurs occupations dans la maison et des véhicules qui passent sur la rue. Toute vibration, aussi minime soit-elle, peut occasionner une photo floue.

Balance des blancs

On peut régler son appareil sur "auto" et prendre ses photos au format RAW, ce qui permet d'ajuster l'image ("la développer") et de compenser le "saignement bleu" provoqué par les lampes UV. Si les zones noires non fluorescentes restent noires, souvent les zones claires non fluorescentes du spécimen apparaissent bleues-violet. Ce n'est pas de la fluorescence mais un reflet de la lumière visible qui s'échappe de nos lampes UV. Si votre appareil photo n'a pas de RAW, réglez votre balance des blancs sur le paramètre "fluorescent" (si vous en avez un)... si pas, réglez votre appareil sur le paramètre le plus élevé ou "nuageux". La balance des blancs est probablement le meilleur outil utilisé pour se débarrasser du redoutable "fond perdu bleu" (autre qu'un éclairage UV adéquat).

La longueur focale

La longueur focale nous indique le champ angulaire (la partie de la scène qui sera capturée) et le grossissement (la taille des éléments individuels). Plus la valeur de la longueur focale est grande, plus le champ angulaire est étroit, plus le grossissement est élevé et plus la profondeur de champ est faible. Plus la longueur focale est courte, plus l'angle de vue est large, plus le grossissement est réduit et plus la profondeur de champ est grande.

Qu'est-ce que cela veut dire concrètement ?

Lorsque vous prenez une photo de paysage, par exemple, votre angle de vue est très grand, vous embrassez avec votre appareil plus d'une centaine de mètres de large, votre profondeur de champs est importante.

La longueur focale est courte, si bien que l'avant plan est net, tout comme votre arrière plan. C'est une vue d'ensemble

Lorsque vous prenez une photo de très près ou en macro, par exemple, votre angle de vue est très petit, vous embrassez avec votre appareil peut-être pas plus de la grandeur d'un timbre poste, votre profondeur de champs est très faible. La longueur focale est grande, si bien que vous allez mettre au net tous les éléments équidistants de l'appareil, mais 2mm plus près ou 2 mm plus éloignés de l'appareil, c'est flou. C'est une vue en gros plan.

Il est donc simple de prendre une photo d'un timbre poste. C'est un objet plat et tous les points du timbre sont équidistants de l'objectif. Prendre un minéral en photo, c'est autre chose car c'est un petit objet en 3D. Il faut se rapprocher de lui au maximum pour en distinguer tous les détails mais si on se place trop près, on parviendra à mettre au net l'avant plan et l'arrière plan sera flou et si on veut mettre l'arrière plan au net ce sera l'avant plan qui sera flou.

Chaque objectif a un "point idéal". Le mien fonctionne mieux autour de F11. Je préfère obtenir le plus de profondeur de champ possible afin que toute la roche soit mise au point, tout en travaillant avec un maximum de résolution pour ensuite recadrer l'image avec un logiciel de retouche d'image. N'oubliez pas aussi que plus votre ouverture est petite, plus votre exposition devra être longue et plus le risque de vibrations de l'appareil existe.

Filtres

Le cristallin humain est naturellement fluorescent. Si vous regardez une lampe fluo sans protection (ce qui est très dangereux car cela peut brûler votre rétine et occasionner une cécité temporaire ou malheureusement permanente) votre cristallin, naturellement fluorescent émet une lumière bleue. Vous voyez du bleu et vous ne pouvez plus rien distinguer d'autre. C'est aussi le cas de certains objectifs de l'appareil photo qui ont été conçus en matière synthétique. Ils émettront une fluorescence lors d'une exposition aux UV provoquant du brouillard et des images bleues. Un bon filtre UV empêche cela.

Éclairage UV

Jetez un œil au studio d'un photographe en lumière blanche : il est rempli d'éclairage. Nous avons besoin de la même chose pour les minéraux fluorescents. Plus il y a de lumière, plus votre sujet est lumineux. Bien sûr, le placement est important et peut être difficile. Mais je préfère généralement l'éclairage. Je trouve également que plus la lumière UV est brillante, moins il y a de "saignement bleu". Les UV brillants provoquent une fluorescence brillante et l'appareil photo n'a pas à laisser son obturateur ouvert très longtemps.

Les lampes à ondes courtes d'aujourd'hui ont presque toutes des filtres Hoya U-325c, le meilleur de l'industrie. Ils transmettent le maximum d'UV tout en minimisant le saignement bleu visible.

Les lumières à ondes longues sont une histoire différente. Peut-être la plus courante est la lumière noire BLB (les lumières fluorescentes bleues utilisées pour éclairer les affiches psychédéliques tout comme celles qui étaient utilisées dans les soirées et les boums des années '80)). Ceux-ci fonctionnent bien mais on peut aussi utiliser des LED 365 nm de Nichia. Certaines personnes utilisent une lampe UV portable pour "peindre" la roche avec de la lumière.

Souvent, un gros rocher ne peut pas être suffisamment éclairé avec une petite lampe à main, de sorte que la lampe est agitée sur le rocher pendant que l'obturateur de l'appareil photo est ouvert, peignant tous les coins et recoins avec une lumière UV, assurant une exposition complète. Évidemment, cela prend un peu d'expérimentation et un grand soin.





Copyright © 2011 - 2019 Orange County Mineral Society, Inc.

J'ai une armoire lumineuse avec des lampes UV ondes longues, ondes courtes, entourant le spécimen et fermée de tous les côtés par des "murs" peints en noir mat. Cette armoire est dans une pièce sombre sans fenêtre. Je connais certaines personnes qui s'enferment dans des chambres avec des rideaux occultants ou même dans des salles de bains sans fenêtres.

Propreté

La poussière et les peluches sont nos pires ennemis. Les photographes à la lumière blanche n'ont normalement pas à se soucier des petits poils et de la poussière, mais sous la lumière UV, ils brillent en bleu ou blanc vif et ruinent une photo. Lavez votre échantillon, brossez-le ou soufflez-le, peu importe mais nettoyez-le pour une photo plus professionnelle. Et assurez-vous d'avoir une brosse à portée de main pour éliminer les miettes de l'échantillon précédent. Surtout, ne jamais employer de chiffon mouillé ou sec pour épousseter vos minéraux... Il laisserait des milliers de minuscules peluches invisibles à l'œil nu mais qui flasheraient sous la lumière UV. Les minéraux peuvent présenter un énorme problème avec les peluches capturées dans les coins et recoins. Deux solutions peuvent être envisagées pour éliminer des peluches et autres poussières. Si vous prévoyez de prendre des photos professionnelles, après un premier brossage, vous pouvez envisager un passage au nettoyeur à ultrasons pour désincruster ces poussières. Dans certains cas, il peut être impossible de se débarrasser de tous ces déchets. J'ai une solution qu'il faut utiliser prudemment : un petit coup de décapeur thermique peut carboniser et éliminer ces peluches... mais attention au choc thermique qui pourrait fracturer l'échantillon.

Photos

Pour photographier des minéraux fluorescents, il faut travailler, (évidemment) sous lumière fluorescentes ondes longues, moyennes ou courtes (en se ménageant des protections oculaires comme des lunettes anti U.V. et en portant des manches longues pour protéger sa peau).

Etant donné que les minéraux fluorescents ne produisent pas une lumière puissante, il faudra travailler avec un long temps de pause. Il faut donc impérativement que l'appareil soit extrêmement stable. La moindre vibration peut rendre la photo floue. L'emploi d'un trépied ou d'un support, est indispensable.

Il faut régler son appareil manuellement, (éviter tout ce qui est automatique), diminuer la sensibilité à 100/200 ISO (bien que ce soit dans le noir...) et prévoir un temps de pose variant de 0.5 à 5 secondes en général. Faire quelques essais au préalable afin d'affiner les réglages... et le tour sera joué... enfin presque...

La plupart des appareils photos numériques sont livrés avec un logiciel spécial qui vous permet de développer leurs fichiers. Photoshop et Photoshop Elements prennent tous deux en charge les fichiers RAW, PNG, JPEG, GIF. Personnellement, je possède un Nikon Coolpix 5400 et le logiciel qui y est couplé est le "Adobe Photoshop Elements 2.0". Ce n'est pas le nec plus ultra, mais cela me convient pour ce que je veux faire... et de plus, je connais très bien les fonctionnalités de l'appareil et du logiciel que je peux exploiter au maximum. Photoshop est un excellent outil pour obtenir les bonnes couleurs. De plus, le post-traitement des fichiers vous permet d'ajuster l'exposition pour correspondre exactement aux couleurs de la roche observée.



Prendre une photo de la fluorescence de cette Calcite de l'ancienne carrière de Resteigne n'était pas aussi difficile qu'il n'y paraît. J'ai réglé la focale de mon appareil sur f/11, l'ISO sur 100. J'ai installé mon appareil sur un trépied et j'ai mis en place le déclenchement différé. J'ai fait quelques essais préliminaires afin de régler la vitesse d'obturation et j'ai trouvé que la vitesse d'obturation d'1 sec était la meilleure. La photo prise, je l'ai retravaillée avec l'Adobe Photoshop 2.0 de manière à corriger la luminosité, les couleurs et la mise au point, de manière à recadrer l'image et à l'alléger pour ma mise sur le Net. Ce n'est pas vraiment aussi difficile qu'on pourrait le penser... il faut juste de la patience. Il faut compter, réglages, essais compris +- un quart d'heure pour prendre une belle photo.

Pour mes photos de minéraux fluorescents, je préfère un fond noir mat. J'ai vu des collectionneurs utiliser des arrière-plans fluorescents lumineux (Si c'est beau, cela masque le minéral fluo et on ne sait plus trop quel est le sujet photographié). J'ai vu aussi des arrière-plans faiblement fluorescents (cela peut être très agréable). Certains papiers de construction noirs auront une fluorescence terne et peuvent constituer un arrière-plan intéressant. J'ai essayé plusieurs types de fonds, allant jusqu'à la feuille d'aluminium pour obtenir un reflet de la pièce avec des résultats... bof, pas terrible et au final, je reviens toujours au fond noir uni et mat.

Photos plus complexes

Comment prendre une photo d'une roche contenant plusieurs minéraux fluorescents différents et colorés différemment ?

Prenons un cas simple : une Willemite (verte) - Calcite (rouge) + quelques minéraux non fluorescents (noirs). La Willemite et la Calcite sont fluorescentes en des couleurs différentes mais avec des intensités presque similaires.

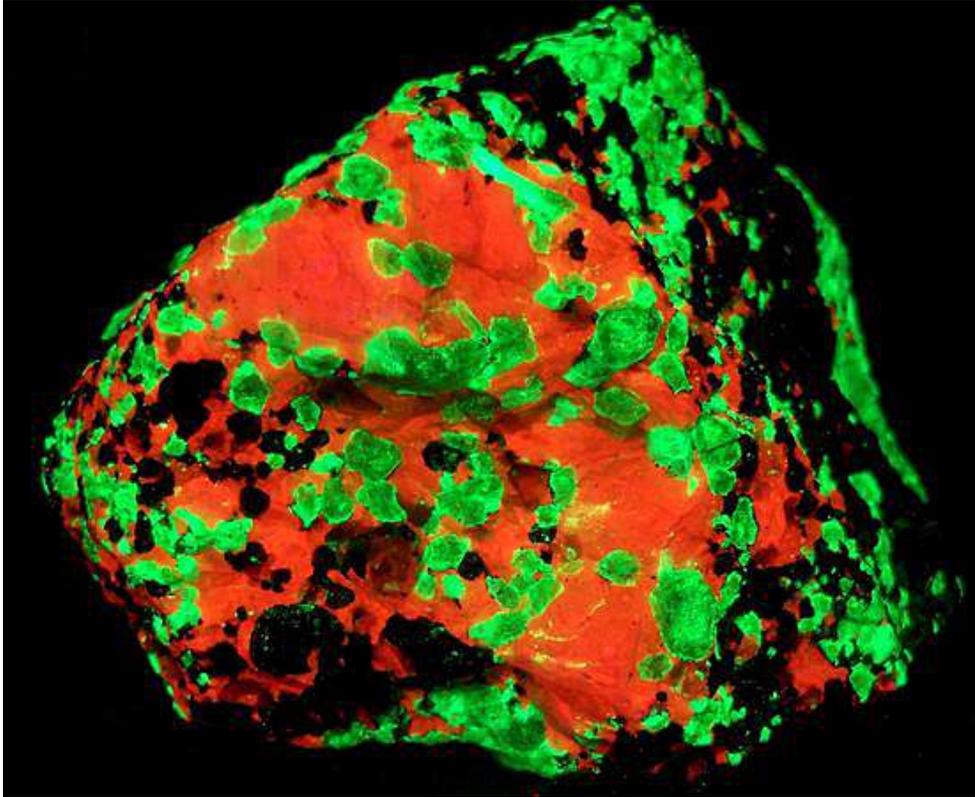
Je vous conseille de régler votre ISO sur 100 ou une valeur approchante, d'installer mon appareil sur un trépied et de mettre en place le déclenchement différé. Faites quelques essais en modifiant la focale et la vitesse d'obturation et choisissez l'épreuve qui se rapproche le plus de la réalité.

Notez bien que votre appareil ne possède pas de cerveau comme vous. Votre œil voit des choses et c'est votre cerveau qui analyse ce que vous voyez et transforme ce que votre œil voit en quelque chose de compréhensible qui se raccroche à une réalité, à un souvenir, à une sensation, à un vécu...de manière à ce que vous compreniez ce que vous voyez, de manière à ce que vous

"fassiez du sens" avec ce que vous voyez.

Quand vous avez choisi l'image qui ressemble le plus à la réalité, rectifiez-la avec votre Photoshop ou avec un logiciel approchant en veillant à ne pas exagérer l'un ou l'autre paramètre de manière à coller au plus près avec la réalité.

P.S. Il est évident que ce travail nécessite certaines compétences en Photoshop. Cela mérite d'être mentionné et nous en reparlerons plus longuement au point suivant !!!



Willemite-Franklinite (vert)
/ Calcite (rouge)
Mines Franklin, Sterling
Hill, Ogdenburg, Comté de
Sussex (New Jersey), USA

Photos encore plus complexes voire très complexes à réaliser

Certains spécimens sont beaucoup plus difficiles à photographier que d'autres. Il s'agit de roches composées de plusieurs minéraux qui sont fluorescents en des couleurs différentes mais surtout avec des intensités différentes. La pièce classiquement la plus difficile à photographier est la Calcite / Willemite- Franklinite / Esperite / Hardystonite (Franklin Sterling Hill - USA). Ces roches "brillent" comme une ampoule à plusieurs tons. Imaginez que vous essayez de prendre une photo d'un arbre de Noël possédant des lumières de couleurs différentes et d'intensités différentes... Si vous réglez votre appareil sur les lumières qui scintillent le plus, elles masqueront les plus faibles et si vous réglez votre appareil sur les plus faibles, votre photo sera surexposée à cause des lampes plus fortes et les couleurs auront changé.

Toute pièce qui a quelques minéraux très brillants avec parmi eux au moins un plus faible sera difficile à photographier.

La réponse à ce problème n'est pas simple et dépasse quelque peu le cadre de ce fascicule d'initiation destiné aux géologues amateurs, mais je vais tout de même vous donner quelques conseils rapides qui pourraient vous aider.

Premièrement, oubliez d'essayer de prendre une photo correcte avec les appareils photo dits "intelligents" ou les téléphones "intelligents". Ceux que j'ai vus, s'ils sont parfaits pour des prises de vue en lumière du jour, n'ont tout simplement pas les capacités requises pour un bon tirage

dans l'obscurité sous lumière UV. Un reflex est un bon point de départ.

Deuxièmement, Utiliser **obligatoirement** un trépied pour que votre appareil ne bouge absolument pas. La moindre vibration créera une photo floue. Et pour éviter toute vibration au moment où vous touchez l'appareil pour le déclenchement de la prise de vue, utiliser le retardateur.



Voici donc notre roche de Calcite (fluo rouge-organge) / Willemite-Franklinite (fluo vert) / Esperite (fluo jaune) / Hardystonite (fluo bleu violet) (Franklin Sterling Hill - USA).
Photo en lumière naturelle

Je rappelle que j'utilise un Nikon Coolpix 5400 et le logiciel qui y est couplé est le "Adobe Photoshop Elements 2.0" datant de 2003.

J'utilise aussi une boîte peinte à l'intérieur en noir mat et éclairée de toutes parts avec des tubes néon black light ondes longues de 360 nm et des ampoules ondes courtes germicides avec filtre de 210 nm. J'espère que ce que je vais vous "enseigner" ici sera instructif bien que je sache pertinemment bien que les logiciels changent si vite que celui que j'utilise est déjà obsolète.

Vient maintenant la partie difficile de l'action. L'Esperite n'aime pas se faire prendre en photo, et elle essaie de se camoufler en Willemite-Franklinite. En vérité, les longueurs d'ondes pour le jaune d'Esperite et le vert de Willemite ne sont pas particulièrement éloignées l'une de l'autre. Il faut savoir que l'appareil photo n'enregistre pas les couleurs objectives exactement comme vous les voyez. De plus, l'Esperite et la Willemite sont toutes deux intensément brillantes et surpassent de loin les autres minéraux composant la roche, en particulier la Hardystonite et la Calcite. Pour une raison quelconque, votre cerveau peut gérer la différence de magnitude de la luminosité bien mieux que l'appareil photo, il faut donc du travail pour créer une image qui corresponde à ce que vous voyez réellement.

L'idée est donc de prendre plusieurs photos et de les assembler avec Photoshop.

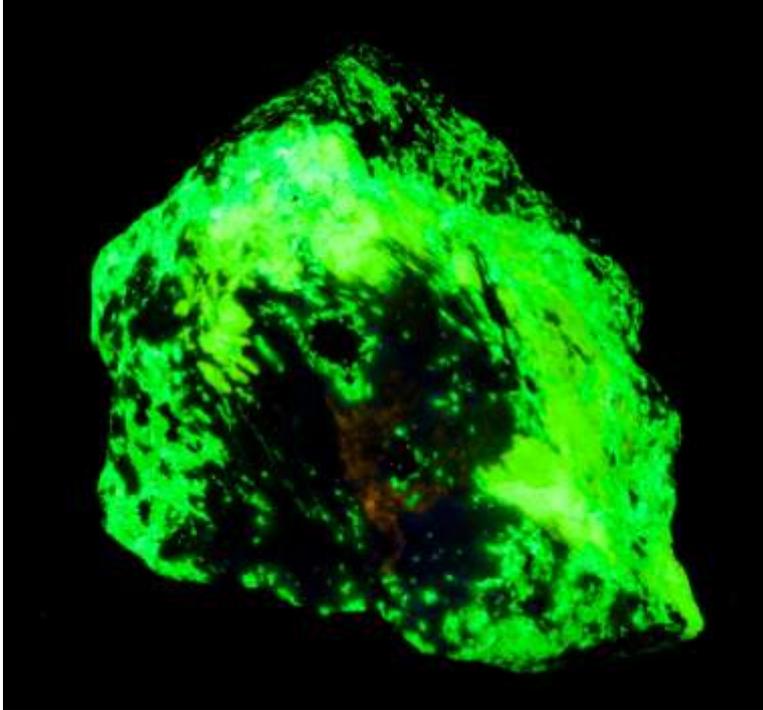
Première étape : le cliché de la Willemite-Franklinite et l'Esperite.

Vous allez devoir prendre quelques clichés pour obtenir celui qui est conforme à la réalité car il est facile de surexposer ou de sous exposer les minéraux.

Pour cette image, la première astuce consiste à régler votre balance des blancs (température) dans la plage "jaune", (peut-être aussi élevée que 50.000K ou à le faire en post-traitement de

l'image avec Photoshop) et il faut ajuster les courbes de tonalité pour augmenter les niveaux de rouge (en faisant glisser le niveau de rouge maximum vers la gauche) pour une exposition d'une durée de deux secondes.

Ce premier cliché pourrait ressembler à ceci :

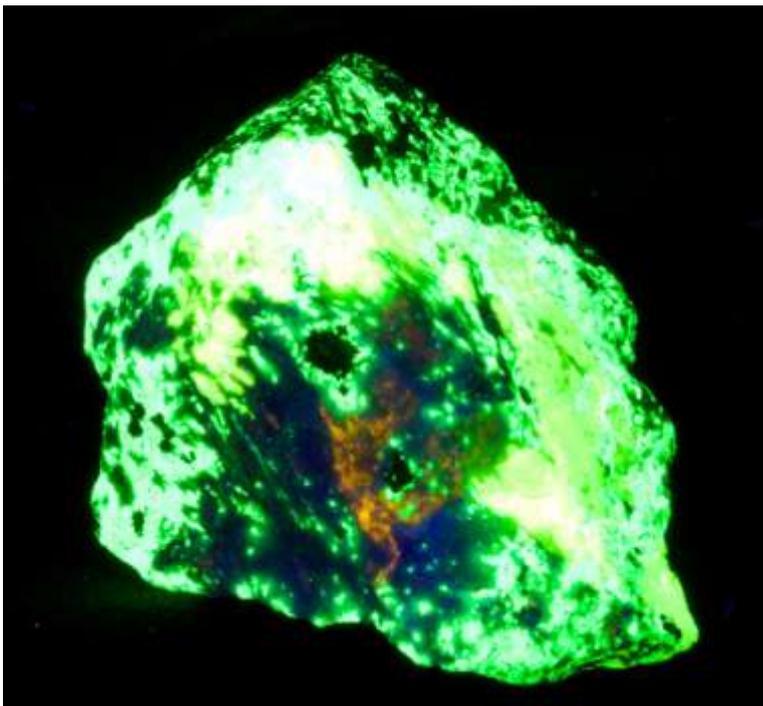


Premier cliché faisant apparaître l'Esperite et la Willemite-Franklinite

Deuxième étape : le cliché de la Hardystonite

Pour le réaliser, j'ai pris la photo comme si il s'agissait d'un minéral foncé normal. C'est-à-dire une prise de vue à $f / 14$ pour 5 secondes. Le reste de l'image est incroyablement surexposé....

Cela a donné ceci :

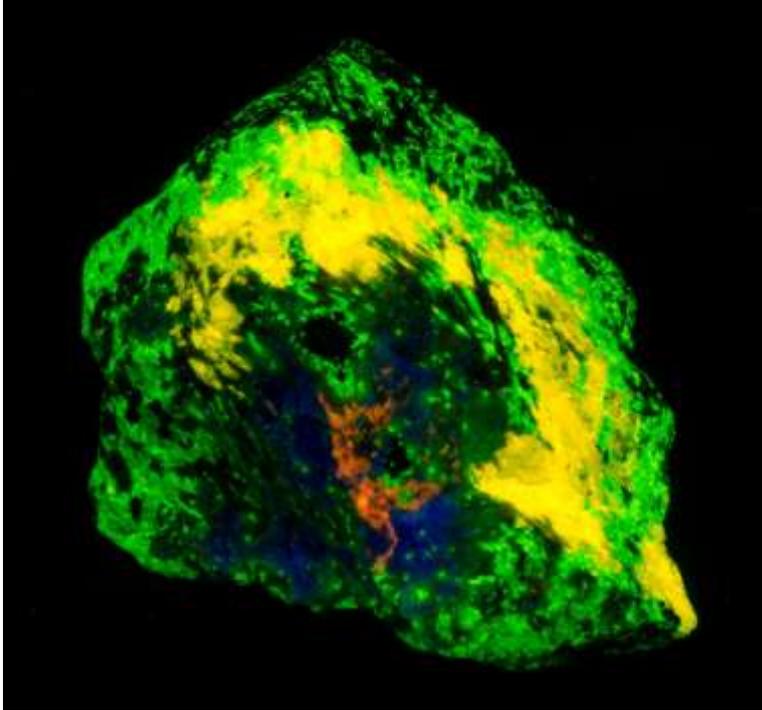


Deuxième cliché faisant apparaître la Hardystonite

Troisième étape : récupération des couleurs d'origine

Pour récupérer une couleur acceptable, j'ai retravaillé l'image avec Photoshop.

Cela a transformé l'image en ceci :

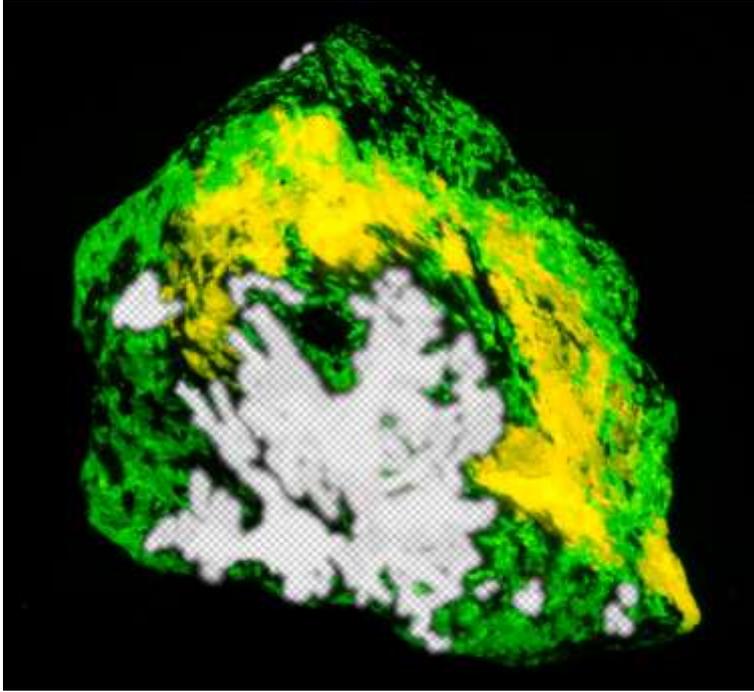


Cela prouve que les deux minéraux ont été capturés sous différentes couleurs, mais cela les a essentiellement interprétés comme étant tous les deux verts. La température de couleur et la manipulation des tons ont séparé les couleurs et ont fait ressembler l'image à l'échantillon réel. (Cela dit, le jaune est trop jaune et devrait probablement être légèrement plus bleu.) Chacune de ces images devient un calque dans une seule image Photoshop.

Quatrième étape : récupération des couleurs d'origine

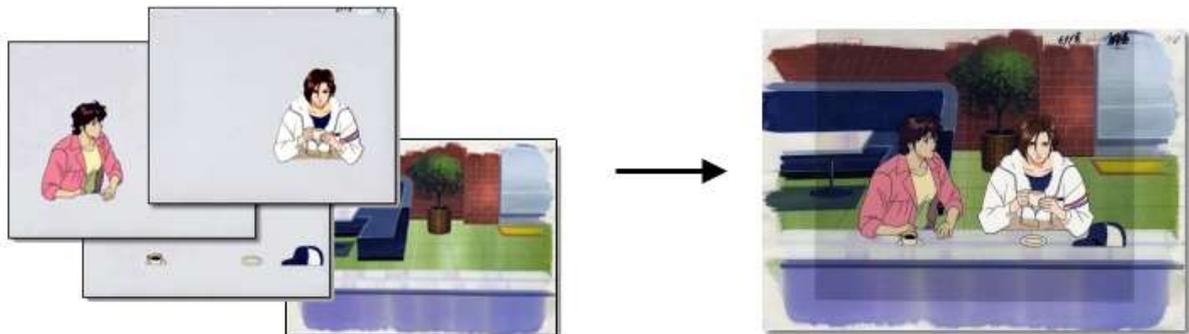
J'ajoute un masque de calque au calque Esperite. Le masque efface des parties de l'image, permettant aux informations de la couche en dessous de briller. Un masque de calque est une meilleure technique car vous pouvez l'activer et le désactiver ou le supprimer ou le modifier. En d'autres termes, vous pouvez le corriger si vous vous trompez. (Ce n'est pas le cas si vous supprimez des parties de l'image d'origine.)

L'image masquée ressemble à ceci :



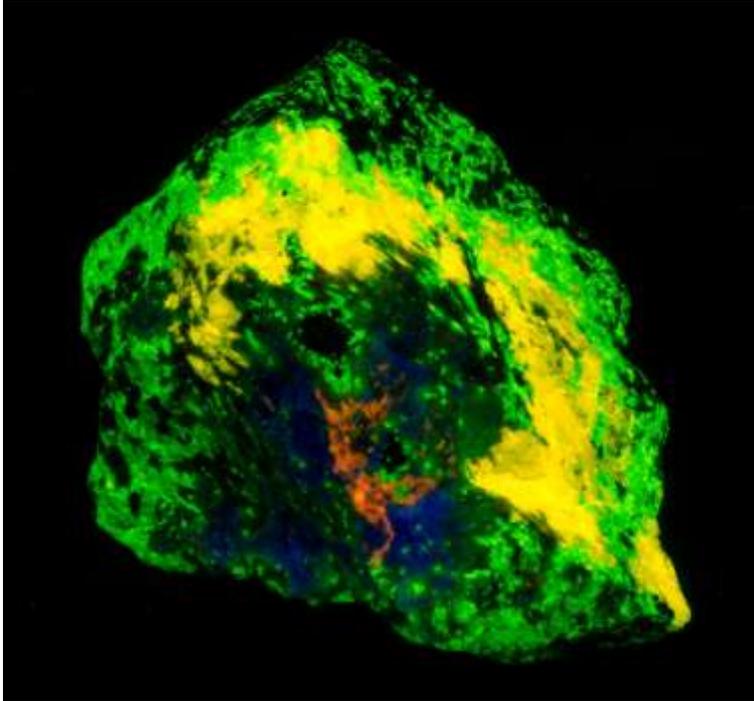
Le masque "efface" les parties hachurées et les rend transparentes. Ces parties hachurées sont noires alors qu'elles devraient être bleues. Le noir disparaît et devient transparent et laissera apparaître le bleu.

Une fois que vous avez un ensemble de photos correctement exposées, elles doivent être fusionnées. Cela se fait facilement en utilisant un logiciel de retouche d'image (Photoshop par exemple) et des calques. Dans le logiciel d'édition, vous combinez les différentes photos, effacez les parties surexposées et vous vous retrouvez avec une seule image qui ressemble à la roche.



Méthode d'empilement des calques pour obtenir une seule image

Enfin, vous les assemblez en rendant tous les calques visibles, et voici ce que vous obtenez :



Pour mémoire, les photos ont été prises avec un Nikon Coolpix5400 à l'aide d'un objectif Nikon 5,8-24 mm, ISO réglé à 100.

Cette procédure n'est pas limitée aux pièces d'Espérite / Willemite-Franklinite / Calcite / Hardystonite. Elle peut être très utile pour tout minéral qui émet une fluorescence de diverses intensités.

Il y a beaucoup plus de choses à prendre en compte avec la photographie de minéraux fluorescents au-delà de la portée de ce rapide et succinct "mode d'emploi".

Considérons qu'il existe de nombreux logiciels différents qui vous faciliteront la tâche. Creusez et faites des recherches sur le Net (vous ne vous doutez pas de ce que pourriez apprendre avec différents tutoriels !)

8.2.1.7. Un studio photo

Un studio photo est aujourd'hui presque indispensable pour tout géologue amateur ou professionnel. En effet, à de nombreuses occasions, le géologue aura besoin de photos de ses minéraux et fossiles.

Quelles occasions ?

- Préparation de son catalogue personnel (nous en reparlerons plus loin)
- Présentation de montages diapos pour le club auquel il est affilié
- Comparaison entre minéraux ou entre fossiles sans devoir pour cela les déplacer de leurs boîtes, évitant ainsi les risques de casse
- Réalisation de montages PowerPoint
- Photos de comparaison entre minéraux naturels et minéraux fluorescents

La démocratisation des prix des appareils numériques et les logiciels performants de rectification des photos permettent à tout géologue amateur de se constituer à moindre frais un atelier photo simple et efficace.

Comment procéder ?

Il faut d'abord se choisir un espace qui sera dédié à cette activité. Une petite table est, à mon sens ce qui est le plus adéquat.

Il convient ensuite d'installer un système d'éclairage diffus qui éclaire tout l'espace où sera placé l'objet à photographier et qui élimine au maximum les zones d'ombre. Une rampe lumineuse LED ou un portique supportant quelques lampes peut faire l'affaire.

L'éclairage est primordial. Vous devez utiliser impérativement des ampoules dites à lumière du jour.

La lumière ne doit être ni trop chaude car le blanc de la photo sera jaune, ni trop froide car le blanc de la photo sera bleuté.

La chaleur d'une lumière se mesure en Kelvins.

Vous pouvez éclairer avec une seule ampoule placée sur le dessus, ou avec plusieurs ampoules placées out autour du sujet à photographier. Naturellement, plus il y a de lampes, et plus la photo est claire et sans ombre.

Personnellement, j'ai récupéré deux blocs de lampes sur une brocante pour 3 francs 6 sous.

Pour que la lumière des lampadaires ne soit pas rude et ne forme des ombres aux alentours de la pièce à photographier, il faut qu'elle soit diffuse. Ce n'est pas parce vous avez un appareil photo numérique de qualité que la photo le sera. La lumière, les ombres, le fond, le contraste, sont au moins aussi importants que la netteté.

De plus, une bonne lumière et un fond correct permettent de ne pas avoir à détourner l'objet (c'est-à-dire retirer numériquement le fond de la photographie). D'où un gain de temps important.

Mais acheter du matériel de photographie professionnel risque d'être un trop gros investissement.

Comment fabriquer soi-même un petit studio photographique afin d'obtenir des clichés de qualité professionnelle d'objets pour un coût de quelques Euros ? Comment obtenir des photos d'objets sans ombre, sur un fond neutre et sans angle, et surtout avec une lumière vive et blanche.

Construire la carcasse d'un cube de 50 à 60 cm de côtés avec des lattes de bois de 3cm de côtés. Renforcer les coins avec des arcs-boutants. Recouvrir une des faces (celle qui sera en dessous) avec une plaque de triplex.

Prendre maintenant la pièce de tissu blanc et la couper afin de pouvoir recouvrir 4 faces des 5 restantes de la "boite". Prévoir également environ 15 cm de plus que la longueur et que la largeur de la boite afin de pouvoir faire les raccords. Le tissu n'a pas besoin d'être neuf, pourvu qu'il soit propre. Ne pas hésiter à passer un petit coup de fer à repasser sur le morceau coupé pour supprimer les plis. Il permet de diffuser la lumière et ainsi d'éviter d'avoir des ombres autour de l'objet.

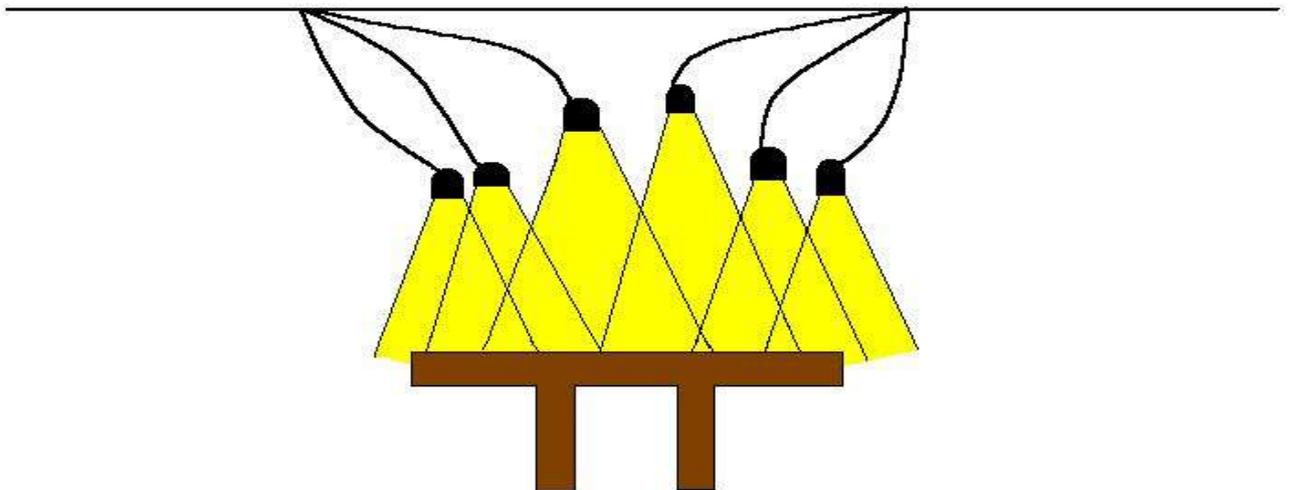
Il va falloir fixer le tissu sur l'armature de bois sans faire de pli, en essayant de bien le tendre. On peut le coller avec de la colle à bois ou à tissu et parachever le tout avec des petits clous de tapissier. Évitez de mettre de la colle sur le fond photographique à l'intérieur de votre studio.

Une fois le tissu collé et fixé, votre mini studio photo est terminé.

Si vous ne vous servez pas de votre mini studio, protégez-le de la poussière. Car une fois salie et tachée, votre boîte donnera des résultats peu esthétiques.

Installer entre deux arêtes opposées un carton blanc qui servira de fond. Certains préféreraient un tissu ou un carton noir comme fond. Cependant, un fond noir, même s'il est très beau, laisse rapidement voir la moindre poussière de couleur claire. Il est plus aisé de travailler avec un fond blanc. S'il est bien propre, il donnera un effet impeccable à vos photos.

Pour prendre une photo de bonne qualité, il faut que l'appareil soit totalement stable. Le mieux est de le fixer sur un trépied ou sur une table de reproduction. Régler l'appareil sur la fonction "macro" et travailler sans flash (pour éviter les reflets indésirables).





Mon studio photo : simple, rudimentaire mais efficace. Photo L.V.B.

7.2.1.8. Une réserve

Mettons les choses au point et appelons un chat un chat !

Si le géologue amateur se rend dans une carrière en activité pour prélever des minéraux et des fossiles, il faut bien se dire que ce qu'il n'aura pas ramassé finira dans le concasseur en vue d'en faire du granulat ou dans le four afin d'en faire du ciment (dans le cas d'une carrière de craie ou de calcaire).

Dans une carrière, j'estime que l'action de tout géologue amateur et/ou professionnel a un but de sauvetage.

Ne me faites pas dire ce que je n'ai pas dit... je n'ai pas dit qu'il fallait ramasser tout et n'importe quoi et j'ai bien parlé d'une carrière en activité et non d'un talus de route, d'une falaise au bord de la mer...

Ceci dit, tout ce qui est de qualité irréprochable devrait être sauvé... mais le géologue amateur n'a peut-être besoin pour sa collection que d'un ou deux spécimens.

Quel dilemme !!! Prendre un maximum de beaux échantillons... alors que seuls un ou deux se retrouveront dans sa collection? Mais que faire avec les autres ???

Pour quoi faire ? C'est tout aussi simple :

- en faire profiter les autres géologues amateurs qui n'ont pas l'opportunité de se rendre sur le site... et donc opérer avec eux des échanges.
- Ensuite, ce n'est pas à souhaiter mais cela arrive parfois, il se peut, lors du nettoyage d'une vitrine, lors d'une présentation ou d'une manipulation quelconque, qu'une maladresse ou qu'un coup du sort fasse d'un minéral ou un fossile se casse. C'est évidemment, pour le géologue amateur, une perte irrémédiable car chaque minéral ou chaque fossile est unique... mais il est toujours bon de pouvoir se dire, maigre consolation, je l'avoue, que dans la réserve, il pourra y trouver une pièce de la même espèce, différente, mais de qualité équivalente.

8.2.2. La collection

8.2.2.1. Les logiciels de gestion des collections

Dès le départ, le débutant a tout intérêt à adopter de bons principes :

- de l'ordre et du soin

Il ne faut pas tout abandonner pêle-mêle, en fouillis. Il faut ranger les échantillons le plus vite possible.

Pour ranger des roches, des minéraux et des fossiles, il semble toujours qu'il n'y a pas de précautions à prendre. C'est une grande erreur. Les collections géologiques, comme nous l'avons déjà souligné, doivent impérativement être gardées à l'abri de la poussière mais aussi parfois de la lumière (le réalgar se décompose en une poudre orangée par l'action de la lumière) et parfois aussi de l'humidité (certaines marcassites, en présence d'humidité se décomposent en une poudre verdâtre tout en dégageant de l'acide sulfurique qui démange tout sur son passage).

En principe, les échantillons doivent être isolés les uns des autres. Chaque échantillon devrait avoir sa propre boîte. Il existe sur le marché des boîtes de toutes dimensions pouvant accueillir chacune un échantillon... mais cela coûte cher. Aussi, comme je l'expliquais plus haut lorsqu'on a abordé le problème de l'armoire, mes échantillons sont protégés dans des boîtes en plastique de récupération (margarine, beurre...) fermant hermétiquement. Plusieurs petits échantillons peuvent se retrouver dans la même boîte, aussi sont-elles garnies de papier essuie-tout ou de plastique à bulle de manière à éviter les chocs éventuels.

Certains collectionneurs, et je me suis laissé tenter par cette technique, préfèrent fixer l'échantillon sur un carré ou un rectangle de carton fort. L'échantillon est fixé à la colle à bois et les indications nécessaires sont inscrites sur le carton même. C'est évidemment un excellent procédé qui évite tout ennui de perte des étiquettes ou de mélange de boîtes. Le carton étant épais, il ne s'use pas et les collections se rangent aussi facilement qu'avec des boîtes.

Cependant, je ne peux pas recommander ce procédé car certains fossiles ou minéraux fragiles peuvent se détériorer au contact de la colle, si une tache survient sur le carton et qu'il convient de le remplacer, il y a fort à parier de lors de l'arrachage de l'échantillon de son support, une partie de la colle avec un bout de carton restera solidaire du spécimen ou au contraire, c'est un morceau du spécimen qui restera fixé sur le carton. Quoi qu'il en soit, cette méthode risque d'abîmer les collections.

Après avoir recueilli des échantillons, on les prépare comme on le verra plus loin, puis on les conserve en constituant une collection... car c'est seulement maintenant que l'acte de collectionner débute réellement.

Une collection n'est évidemment pas constituée par une série d'échantillons rangés sans ordre ajoutés les uns à la suite des autres au fur et à mesure de leur arrivée.

Il existe sur le marché tout un tas de logiciels de gestion de collections (de timbres, d'étiquettes de boîtes d'allumettes, de bagues de cigare, de pièces de monnaie, de CD de musique, de films DVD...) qu'il suffit d'adapter pour en faire un logiciel de gestion de minéraux et fossiles. Il existe aussi sur certains sites consacrés à la Minéralogie et/ou à la Paléontologie et chez certains revendeurs de minéraux et fossiles, des logiciels spécialement étudiés pour la gestion d'une collection géologique (micro-minéraux, macro-minéraux, roches, fossiles)

J'en ai testé plusieurs et je les ai évalués. Evidemment, cette évaluation n'engage que moi et pour ne choquer aucune sensibilité, je me garderai bien de citer ici l'un ou l'autre nom. Je ne peux pas m'instaurer juge en la matière et mon but n'est pas ici de décerner les Oscars, ni les étoiles du guide Michelin des logiciels de gestion de collection géologique.

Néanmoins, voici ce que j'ai pu observer :

- Certains logiciels se sont révélés non satisfaisants parce que peu attractifs, trop rudimentaires, limités dans l'acceptation de photos de spécimens... en un mot, insuffisants...
- D'autres, au contraire, fourmillent d'infos sur les sites, les minéraux, les fossiles, avec des cartes géographiques, des cartes géologiques, avec base de données, avec une gestion en temps réel de la collection, des emplacements photos... Cependant, ces logiciels s'ils sont super-performants, se sont révélés difficile d'utilisation pour un novice, trop complexes. Des programmes mammoths pour des pros ou tout au moins pour des amateurs très éclairés. Ces logiciels sont de vrais labyrinthes. Je m'y suis allègrement perdu.
- Beaucoup de ces logiciels sont en Anglais... la barrière de la langue existe réellement car si on peut tenir une conversation "de tous les jours" en Anglais, il y va tout autrement quand plus de 50% des mots sont des termes techniques applicables à la chimie, à la cristallographie, à la minéralogie, à la géologie...
- D'autres, enfin sont en Français, produits par des Français, pour des Français... et on y parle que de la France (évidemment !!!), comme si les Français ne cherchaient des minéraux et des fossiles qu'en France... et comme si il n'y avait que les Français qui parlent Français. (les Belges, les Suisses... oubliés dans la base de données.) Encore une belle preuve du "nombrilisme" de nos voisins d'outre Quiévrain. Il est clair que dans l'esprit du Français, il y a la France et "le reste du monde".

Je n'ai donc pas trouvé mon bonheur... bien que la présentation et l'organisation de certaines pages m'aient séduit...

Enfin, il faut pousser la réflexion plus loin. Pour cela, je me suis rendu chez d'anciens collectionneurs afin de voir comment les "conservateurs d'un âge pré-informatique" s'y sont pris. Une telle visite n'est absolument pas dénuée d'intérêt, bien au contraire. Le fait de pouvoir discuter avec eux et de comprendre leur mode de pensée permettent de cerner les enjeux qui ont motivé leur sens de la collection.

N'entrant pas dans le moule informatique prédigéré pour nous par d'autres, ils ont dû apprendre à organiser leur collection. De leur aveu, cette activité semble être la plus compliquée lorsqu'on commence une collection.

"Chacun peut faire comme bon lui semble, en fonction de la place disponible et de ses goûts" me dit l'un. Son frère, lui aussi collectionneur de minéraux et fossiles et présent lors de notre discussion ajoute : "Mais il faut quand même tenir compte de quelques "techniques" nécessaires voire indispensables si on ne veut pas, au bout d'un certain temps, se retrouver possesseur d'un tas de cailloux plus ou moins indéterminés dont on n'a que de vagues souvenirs."... **et là, je dois dire qu'il marque un point !**

Il faut donc garder en tête 2 points importants:

- Pouvoir retrouver facilement ce que je cherche.
- Savoir donner une valeur scientifique à toute pièce qui pourrait être intéressante pour une étude ultérieure.

Pour cela vous devez suivre **3 principes importants**: l'étiquetage, le classement et le rangement.

8.2.2.2. L'étiquetage

Après le nettoyage et la détermination du minéral ou du fossile, vous devez l'étiqueter, faire un acte de baptême si vous préférez.

D'abord, vous lui attribuez un code, un numéro qui l'identifiera parmi tous les autres fossiles. Ce numéro doit **ABSOLUMENT** être inscrit **SUR** le fossile lui-même (ou sa gangue) de façon indélébile. Pas de papier collé car le propre d'un papier collé est de se décoller à la première occasion! Par exemple, faites une petite tache de peinture blanche sur laquelle vous noterez le numéro avec une encre qui perdurera (comme l'encre de chine).

Ensuite vous créez une fiche "technique" sur papier qui reprendra les données principales concernant la pièce étudiée:

- son numéro de code (bien sûr!)
- ses noms de genre, d'espèce suivis si possible du nom de l'auteur qui lui a attribué ce nom pour la première fois, pour les fossiles; ses noms, formules chimiques, classe minérale, propriétés chimiques et physiques pour les minéraux
- l'étage géologique d'où il provient. Vous pouvez aussi préciser la nature de la roche et autres données géologiques telles que le pendage, l'orientation..etc.
- le numéro de la boîte où il sera rangé.
- son mode d'acquisition (trouvaille, achat, échange, don)
- le lieu exact de sa découverte que vous pouvez accompagner d'un plan rapide.
- la date de la trouvaille qui peut être intéressante lorsque de nombreux sites disparaissent.
- et pour le plaisir, pourquoi pas une photo, des notes, un article, des renseignements sur l'évolution du genre ... Bref, tout ce qui pourra améliorer la valeur scientifique du fossile qui sans cela resterait un simple caillou pour les curieux.

8.2.2.3. Le classement et le rangement

Ici, tous les goûts sont permis du moment qu'il vous sera possible, dans les temps les plus brefs, de retrouver la pièce "exceptionnelle" que vous désirez faire admirer à un autre collectionneur ou à tout autre personne plus ou moins intéressée par votre passion.

Si vous n'avez pas d'idée bien arrêtée, voici en vrac quelques idées de classement... (liste non exhaustive...!)

1. Pour les minéraux :

- Le rangement en fonction de la dureté des minéraux (échelle de Mohs),

Dureté	Minéral	Composition chimique	Structure cristalline
1	<u>Talc</u> , friable sous l'ongle	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	<u>monoclinique</u>
2	<u>Gypse</u> , rayable avec l'ongle	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	<u>monoclinique</u>
3	<u>Calcite</u> , rayable avec une pièce en cuivre	$CaCO_3$	<u>rhomboédrique</u>
4	<u>Fluorine</u> , rayable (légèrement) avec un couteau	CaF_2	<u>cubique</u>
5	<u>Apatite</u> , rayable au couteau	$Ca_5(PO_4)_3(OH-, Cl-, F-)$	<u>hexagonale</u>
6	<u>Orthose</u> , rayable à la lime, par le sable	$KAlSi_3O_8$	<u>monoclinique</u>
7	<u>Quartz</u> , raye une vitre	SiO_2	<u>hexagonal</u>
8	<u>Topaze</u> , rayable par le carbure de tungstène	$Al_2SiO_4(OH-, F-)_2$	<u>orthorhombique</u>
9	<u>Corindon</u> , rayable au carbure de silicium	Al_2O_3	<u>rhomboédrique</u>
10	<u>Diamant</u> , rayable avec un autre diamant	C	<u>cubique</u>

L'utilisation d'une telle méthode nécessite de posséder déjà une belle collection, car vous vous doutez bien que certaines parties sont difficiles à remplir (notamment celles qui correspondent aux trois derniers niveaux de l'échelle de dureté). Nous avons alors souvent affaire à des pierres

finies, et il est rare qu'un collectionneur débutant ait déjà de telles pièces dans sa collection. Néanmoins, cette méthode est très cohérente et repose sur des bases scientifiques souvent utilisées par les grands musées.

- Le rangement en fonction de leur appartenance chimique (classes chimiques),

Les minéraux peuvent aussi être rangés en fonction de leur appartenance à tel ou tel ordre chimique (composition chimique). Communément, on distingue neuf classes (Strunz, 1970).

N°	Classe
1	Éléments natifs
2	Sulfures
3	Halogénures
4	Oxydes et hydroxydes
5	Nitrates,
6	Carbonates et Chlorates
7	Sulfates, Phosphates, Arséniates, Vanadates
8	Silicates
9	Minéraux organiques

A l'instar de la classification précédente, celle-ci est recommandée pour les petites collections. De même, elle est souvent employée par les plus grands musées, combinée parfois avec la classification reposant sur l'échelle de Mohs.

- Le rangement en fonction de la couleur,
C'est évidemment la méthode qui nous vient en premier à l'esprit. Simple d'utilisation, elle s'adapte à tous les types de collections, à condition évidemment de posséder des minéraux aux

couleurs variées (ce qui n'est pas souvent le cas, contrairement à ce que l'on pourrait croire). Je vous rappelle ainsi les couleurs de l'arc-en-ciel (autant reprendre cette disposition, puisque c'est la nature elle-même qui en est à l'origine) :



L'inconvénient, c'est que certaines couleurs ne figurent pas (elles se situent en fait entre certaines couleurs de l'arc-en-ciel). Vous pouvez mettre alors à part les minéraux blancs, noirs (ou sombres, foncés), roses, marrons (bruns), gris (ils sont rares, mais ils existent), etc... Cela vous permet alors de composer deux types d'ensembles complémentaires : les minéraux de l'arc-en-ciel et les autres.

- Le rangement en fonction de la nomenclature

Cette collection minéralogique est basée sur la nomenclature. Il s'agit alors de prendre un bon livre de minéralogie et de tenter d'obtenir un exemplaire de chaque minéral. (Fastidieux !!! mais complet...)

- La collection thématique unique

Ce type de collection consiste à se spécialiser dans un seul minéral bien précis : la fluorite, quartz et inclusions, formes de la calcite (il y en a 3000 répertoriées),... Dans ce cas, il faudra essayer pour un seul minéral d'obtenir toutes les formes de cristallisations, toutes les macles et toutes les variations de teintes, sans compter que l'on peut aussi y adjoindre toutes les associations possibles avec d'autres minéraux et toutes les bizarreries que la nature peut nous offrir (inclusions, cristaux fantômes...)

- La collection thématique pluraliste

Ce type de collection consiste à se spécialiser dans un seul thème bien précis s'organisant autour de quelques minéraux : minéraux régionaux, gemmes, minéraux du cuivre, minéraux rares, minéraux du métamorphisme, sulfures, minéraux d'une seule mine,...

2. Pour les fossiles

- Le rangement en fonction des groupes, familles ou genres,

Il s'agit ici, tout comme pour la collection minéralogique basée sur la nomenclature, de trouver un exemplaire de chaque famille, voire de chaque espèce.

- Le rangement en fonction de l'étage chronologique,

Intéressés par la chronologie du temps, certains géologues amateurs tenteront de lier à chaque étage géologique, sous étage, formation, couche... un fossile marqueur, typique de la période.

- Le rangement thématique.

Certains Géologues amateurs, intéressés par une classe d'animaux peuvent se lancer dans une collection thématique comme les Mollusques, les Trilobites, les Oursins, les Ammonites... Chaque thème pouvant être abordé au travers de l'évolution.

3. Pour les minéraux et les fossiles

- Le rangement en fonction de leur provenance géographique,

L'avantage de la méthode de rangement qui repose sur l'origine géographique des minéraux et fossiles, c'est qu'elle peut se faire à différentes échelles, tenant compte ainsi de la diversité de votre collection.

Si vous avez une belle collection, si vous avez acheté ou eu l'occasion de récupérer des spécimens des quatre coins du monde, alors un rangement en fonction des continents peut se faire, avec des sous-classes en fonction des pays.

Si vous avez une collection composée essentiellement d'échantillons européens, vous pouvez alors procéder à un rangement par pays.

Enfin, si comme bon nombre d'entre nous vous avez une collection de minéraux et fossiles de Belgique (ou en majorité), vous pouvez alors procéder à des découpages en fonction des régions, des provinces des localités ou encore des carrières. Vous vous construisez une petite carte de Belgique sur laquelle vous épinglez des étiquettes retraçant l'origine de vos minéraux, et vous vous donnez l'occasion d'apprendre la géographie de Belgique... ce qui n'est pas si ridicule...

- Le rangement thématique.

D'autres encore se spécialiseront dans l'étude d'une seule carrière. Ils en suivront les travaux semaine après semaine, répertorieront tous les minéraux et tous les fossiles s'y trouvant.

- Le rangement par chronologie d'acquisition

Simple, mais efficace aussi, c'est la date d'acquisition (trouvaille personnelle au cours de recherches sur le terrain, échange, achat...) qui détermine le classement. Il est très simple de gérer un tel rangement. En effet, imaginons que votre pièce 27 soit un quartz de La Gardette et que dans une bourse vous en trouviez un plus beau. Il est simple de remplacer "l'ancien 27" par le "nouveau 27". L'ancien étant alors destiné aux échanges, par exemple.

- Une collection générale

On peut constituer une collection générale peu importante pour avoir un résumé de l'histoire de la vie sur terre. Une collection de 50 roches, d'une cinquantaine de minéraux et plus ou moins 200 fossiles suffisent. Une collection de ce type peut aussi accueillir une série locale. Il est évident que vu le nombre restreint de pièces, le géologue amateur devra porter un intérêt particulier à la qualité des échantillons.

- Une collection locale

Un Géologue habitant le Bassin Parisien ou l'Aquitaine aura plus de facilités à se consacrer à une étude de paléontologie locale axée sur le Tertiaire. Dans ce cas, il faudra essayer de répertorier le plus d'espèces différentes afin d'en faire un inventaire des plus précis.

On peut dire que tous les arrangements sont possibles. C'est le collectionneur qui doit s'organiser lui-même d'après ses tendances, ses besoins, ses envies et surtout ses intérêts... car si la **géologie est une science, elle doit aussi être un plaisir.**

Bref, c'est à vous de choisir, mais faites-le et surtout, faites-le bien. Soyez "professionnel" dans votre côté amateur. Soyez aussi complets que possible afin d'être crédibles !!!

Les minéraux et fossiles seront alors rangés dans des boîtes, des caisses, des tiroirs, des armoires... mais de façon à ce qu'ils soient facilement accessibles. Vous pourrez les retrouver aisément grâce aux indications de vos fiches "techniques".

Voilà, votre collection est étiquetée, classée, rangée mais ne la laissez pas dormir. **Une collection qui dort est une collection qui meurt.** D'autre part, une collection qui se veut "scientifique" doit servir à faire évoluer la paléontologie aussi ne la gardez pas cachée mais faites en profiter tous ceux qui pourront améliorer leurs connaissances et leurs études grâce aux précieuses données que vous pourriez leur fournir.

Prenons un exemple concret qui montre bien qu'une collection est vivante :

Dans une carrière, lors d'une toute première visite, vous récoltez des fossiles tous différents : des coraux solitaires de plusieurs espèces, des coraux coloniaux de plusieurs espèces, quelques bivalves, quelques gastéropodes et un grand nombre de brachiopodes d'espèces différentes.

Cette collection d'objets différents lorsqu'ils sont déterminés, classés, photographiés étiquetés... entrent dans votre collection et ensuite intervient pour vous la phase de construction de la collection.

Tous ces éléments disparates différents ont pourtant un point commun : ce sont des animaux marins inféodés ou non au fond de la mer, demandant des conditions de vie particulières : une mer chaude, peu profonde, avec une eau claire riche en matières nutritives.

Lors d'une autre visite dans cette carrière vous découvrirez deux autres fossiles tout à fait différents de ce que vous avez trouvé jusqu'alors : un calice de crinoïde et un trilobite. Ces deux éléments entrent dans votre collection après leur étude précise. Ensuite intervient la phase de reconstruction de la collection en employant des questions essentielles :

- Les informations apportées par ces nouvelles pièces confirment-elles le modèle géologique mis en place ? *Oui, nous sommes toujours en présence d'une mer chaude, peu profonde, bien éclairée, avec une eau claire riche en matières nutritives.*
- Les informations apportées par ces nouvelles pièces modifient-elles le modèle géologique mis en place ?
 - Si oui, comment va-t-on modifier le modèle géologique actuel pour qu'il soit en adéquation avec les nouvelles informations reçues ? *Un peu. Le crinoïde, prédateur, nous indique qu'il y avait de petits animaux ou du zooplancton pour se nourrir et le trilobite, éboueur par excellence, nous indique que des débris végétaux et animaux jonchaient le fond des mers.*
- Les informations apportées par ces nouvelles pièces éradiquent-elles complètement le modèle géologique mis en place ? *Absolument pas.*
 - Si oui, quel nouveau modèle géologique en adéquation avec toutes les informations de toutes les pièces de la collection allons-nous mettre en place ?

Ce petit exemple, simpliste, il faut le reconnaître, nous montre plusieurs points essentiels que nous devons avoir à l'esprit :

- Une collection commence par la phase d'acquisition des éléments, leur étude.
- Suit une phase de construction de la collection.
- Ce petit exemple montre aussi de manière criante que retirer une pièce de la collection enlève à celle-ci des informations importantes... donc les pièces d'une collection sont inséparables.
- Lors de l'arrivée de nouvelles pièces l'opération de reconstitution du modèle régénère la cohérence de la collection, mais aussi le désir du collectionneur qui esquisse déjà l'objet manquant. (à la prochaine visite de la carrière, une recherche se fera sur d'autres animaux potentiellement présents dans une mer chaude, peu profonde et riche en éléments nutritifs)
- On peut sentir ici le fait que la collection est potentiellement infinie car de nouveaux indices, de nouveaux restes d'animaux peuvent toujours être découverts, mais en attendant une autre visite de la carrière, elle est *provisoirement* finie au moment présent.

On peut comprendre facilement que le Géologue amateur vit véritablement dans l'avenir, car lorsqu'il termine une recherche dans une carrière, il vibre lors du rangement, il ressent une réelle jouissance lors de la reconstruction du modèle géologique qu'il a mis au point et enfin il exulte d'impatience à l'idée de visiter une nouvelle carrière et déjà des projets de recherches bibliographiques et cartographiques naissent dans son esprit en vue de réaliser de nouvelles prospections.

C'est ici que le catalogue prend toute son importance. C'est l'élément fédérateur de toute la collection. Dans le catalogue, le Géologue y recopie toutes les observations, les dessins, colle les photos prises sur le terrain, toutes les observations faites au retour dans le laboratoire, et tous les renseignements glanés au fil du temps dans les bibliothèques, auprès des collègues, dans les musées et sur Internet. Une collection présente toujours d'autant plus d'intérêt que les échantillons sont accompagnés d'un plus grand luxe de détails et de précisions.

Le catalogue évite ainsi les défaillances de la mémoire.

Disons et répétons encore que les échantillons conservés sans étiquette d'origine, n'ont aucun intérêt scientifique. Ce sont des cailloux bons à jeter.

Une collection bien classée, bien déterminée, pourvue d'étiquettes précisant les origines de lieu et de niveau, présente un intérêt scientifique certain. Une "collection" d'échantillons en vrac, sans indications d'origine, n'a aucune espèce d'intérêt. Par contre, un géologue peut constituer une belle collection locale, susceptible d'attirer l'attention des spécialistes, en prenant ce minimum de précaution. L'amateur éclairé ne se verra jamais attribuer les termes péjoratifs de "coquillard" ou de "caillouteux", créé précisément pour les ignorants abusifs qui accumulaient chez eux des caisses de minéraux et de fossiles, mélangés, sans indication d'origine mais qui se trouvaient ravis d'avoir chez eux, 200 kg d'échantillons ou 50.000 minéraux et fossiles.

En exemple, je vous propose ma méthode. Ce n'est pas la moins bonne, ce n'est pas la meilleure. C'est la mienne, celle qui colle le mieux à ma personnalité et avec laquelle je me sens à l'aise.

Petite précision expliquant pourquoi et comment j'ai choisi cette méthode.

Etant enseignant, je suis tenu légalement à présenter un journal de classe. Sans entrer dans les détails, il doit comporter un semainier (calendrier de la semaine avec la succession des activités), les préparations de leçons en rapport avec les activités prévues dans le semainier et les documents des élèves en rapport avec chaque leçon. Après m'être promené avec des fardes pleines de feuilles, qui finissent un jour par se détacher, se tacher, se perdre... (une année scolaire = 14 à 15 fardes à levier !!!) J'ai imaginé de réaliser un journal de classe informatique. Dans le semainier, à chaque période de cours correspond un lien hypertexte qui renvoie vers la leçon et dans la leçon, des liens hypertextes renvoient vers les documents des élèves. Tout y est gardé dans des dossiers séparés.

J'ai donc imaginé réaliser un catalogue de collection similaire en prenant comme base certaines présentations de certains logiciels qui m'avaient séduit.

9. Ma méthode d'étiquetage, classement et rangement

D'abord et avant tout, je n'écris rien sur le minéral ou sur le fossile. C'est un choix. Je préfère une étiquette autocollante sur la boîte.

Chaque boîte porte une ou plusieurs étiquette(s) comme celle ci-dessous.

"...une ou plusieurs étiquettes..." car il est impossible pour moi de ne disposer qu'un seul minéral ou un seul fossile par boîte... (Il faut gérer une espace réduit... et croyez-moi, les minéraux et les fossiles, à la longue, cela prend beaucoup plus d'espace que prévu). Je n'oublie pas non plus ce que je disais au début du 7.2.2.1. : *"...En principe, les échantillons doivent être isolés les uns des autres. Chaque échantillon devrait avoir sa propre boîte. Il existe sur le marché des boîtes de toutes dimensions pouvant accueillir chacune un échantillon... mais cela coûte cher. Aussi, comme je l'expliquais plus haut lorsqu'on a abordé le problème de l'armoire, mes échantillons sont protégés dans des boîtes en plastique de récupération (margarine, beurre...) fermant hermétiquement. Plusieurs petits échantillons peuvent se retrouver dans la même boîte, aussi sont-elles garnies de papier essuie-tout ou de plastique à bulle de manière à éviter les chocs éventuels..."*

Donc je protège mes minéraux et fossiles...



Chaque boîte porte une étiquette comme celle ci-dessous.

Identification de boîte : 02/05

**Provenance : Ancienne mine de fluorite de
Foisches (08) – 4400 à 4406 Givetien**

Quelques explications sont nécessaires à propos de :

- Numéro de la boîte :
 - 02 : indique le numéro du tiroir (chez moi de 01 à 52)
 - 05 : indique le numéro de la boîte (Au moment où j'écris ces lignes, le tiroir contenant le moins de boîtes en contient 4 et le tiroir en contenant le plus en contient 38... mais certains tiroirs sont encore vides)
- Provenance :
 - Ancienne mine de fluorite de Foisches (08) : indique la provenance exacte et le département français où se situe l'endroit.
 - 4400 à 4406 Givetien : indique la couche géologique où a été découvert l'échantillon.

De manière tout à fait arbitraire, j'ai repris tous **les étages** de toutes les ères géologiques et je les ai numérotées de 100 en 100. Pourquoi de 100 en 100 ? Tout simplement parce que là où je n'ai pas encore prospecté, j'en ai été réduit à n'indiquer que le système et l'étage... et dans le Dévonien, j'ai pu y dégager L'Ere, le Système, la Série, l'Etage, le Groupe, la Formation, le Membre et la Couche et donc opérer une numérotation plus fine. Il en a été de même lors de l'étude du Massif de Rocroi.

A chaque couche, visitée, des informations sur la nature des couches, les minéraux et fossiles trouvés, sont indiqués avec autant de détails que possible. Ainsi, au fur et à mesure des expéditions, l'échelle géologique correspond de plus en plus à ma personnalité, à mon secteur de recherche.

Vous trouverez en annexe* ces échelles géologiques.

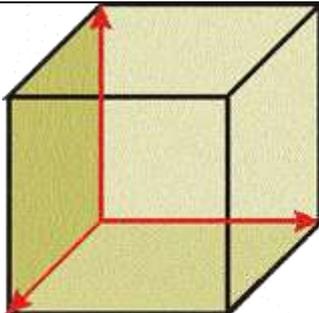
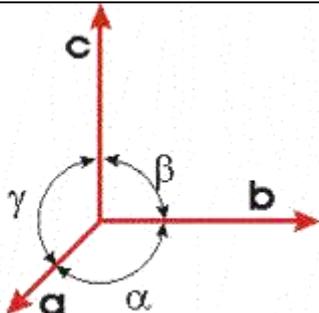
A cette échelle géologique et à cette étiquette collée sur la boîte, correspond un catalogue dont voici une page au hasard : celle consacrée à la fluorite.

<u>Carte d'identité d'un minéral</u>	
Carte d'identité n°000005	Tiroir n°02
<p>Nom : Fluorite de Foisches</p> <p>Localisation : Ancienne mine de fluorite de Foisches (08) (4400 à 4406 Givetien)</p>	
Caractéristiques physico-chimiques	
<u>Composition chimique</u>	CaF ₂ (Fluorure de calcium).

<u>Classe minéralogique</u>	Halogénures
<u>Généralités</u>	
<p>La fluorite présente habituellement une composition presque pure de CaF₂ comprenant 51,3 % de calcium et 48,7 % de fluor. Ce dernier élément, de symbole atomique F et de numéro atomique 9, n'a été isolé à l'état élémentaire qu'en 1886 par Henri Moissan, bien que son existence ait été pressentie de longue date. C'est un élément assez abondant dans la lithosphère, son clark atteignant 625 parties par million; ce dernier est ainsi plus élevé que celui du cuivre (55 p.p.m.) ou du carbone (200 p.p.m.).</p>	
<p>De nombreuses analyses anciennes mentionnent d'autres éléments en petites quantités. Dans la plupart des cas, à l'exception des terres rares, ces éléments sont probablement étrangers au réseau cristallin. Leur détection (par spectroscopie d'absorption, spectroscopie d'émission, analyse chimique, cathodoluminescence, thermoluminescence, triboluminescence, fluorescence aux ultraviolets ou aux rayons X) résulte plus vraisemblablement de la présence d'impuretés ou d'inclusions. Ces éléments, dont la teneur peut parfois dépasser les 50 parties par million sont principalement l'aluminium (Göschenen, Suisse; Wolsendorf, Allemagne; Przibram, Pologne; Rabenstein, Autriche; Cornouailles, Angleterre; Westmoreland, New Hampshire, mine Greenleaf, Nouveau Mexique, États-Unis), l'argent, l'argon, l'azote, le baryum (Madoc, Ontario, Canada; Clay Center, Ohio, mine Greenleaf, Nouveau Mexique, États-Unis), le béryllium (mont Antero, Colorado, États-Unis), le carbone, le chlore, le chrome, le cuivre, l'hélium, l'hydrogène, le fer (mine Hessenbach, Allemagne), le lithium, le magnésium, le manganèse (Cave-in-Rock, Illinois, États-Unis), l'oxygène, le phosphore, le plomb (Cornouailles, Angleterre; Rabenstein, Autriche), le potassium, le silicium (Przibram, Pologne; mine Greenleaf, Nouveau Mexique, États-Unis), le sodium (Rabenstein, Autriche; mine Hessenbach, Allemagne), le soufre, le strontium, le thorium, l'uranium, le vanadium et le zinc.</p>	
<p>À l'opposé, les terres rares et, plus particulièrement, l'yttrium et le cérium se substituent souvent au calcium. L'analyse de 372 fluorites provenant de l'ex-URSS a permis à Fayziyev (1990) d'observer que celles des pegmatites granitiques présentaient la plus forte teneur en yttrium (en moyenne 349 p.p.m. et jusqu'à 2884 p.p.m. pour celles du Tadjikistan); à l'opposé, celles des carbonatites et des roches métasomatiques atteignaient respectivement en moyenne 337 et 343 parties par million, la teneur la plus faible (132 p.p.m.) ayant été mesurée pour une fluorite d'une roche magmatique. Dans la fluorite yttrifiée (Y > Ce) et l'yttrocérite (Ce > Y), ces terres rares peuvent dépasser plusieurs %, leurs rapports (Y, Ce)/Ca et (Ce, Y)/Ca atteignant respectivement 19 % (Hundholmen, Norvège) et 17 % (Fahlun, Suède). Pour les échantillons artificiels, les rapports Y/ICa et Ce/Ca peuvent atteindre respectivement 53 et 50 %. D'autres terres rares ont aussi été détectées en spectrographie, notamment le dysprosium, l'erbium, l'euporium (Weardale, Angleterre), le gadolinium, le lanthane (Madoc, Ontario, Canada; Weardale, Angleterre; Rossie, New York, États-Unis), le néodyme, le praséodyme, le samarium, le terbium et l'ytterbium (Weardale, Angleterre; Göschenen, Suisse; Westmoreland, New Hampshire, mine Greenleaf, Nouveau Mexique, États-Unis).</p>	
<p>Baranov (1966) a montré que la teneur en uranium établie à partir de 160 fluorites pegmatitiques et hydrothermales pouvait être comprise entre 0,1 et 1 partie par million. Plus récemment, Li et al. (1985) ont mesuré des teneurs en uranium plus thorium comprises entre 1 et 18 parties par million dans des échantillons provenant de Bayan Obo (Mongolie intérieure, Chine).</p>	
<p>Certaines fluorites d'un violet sombre presque noir sont réputées pour contenir du fluor libre; lors de leur broyage ou de leur frottement, de tels spécimens émettent une forte odeur d'ozone et des vapeurs très toxiques d'acide fluorhydrique formées par l'action du fluor sur l'air humide. Cette variété dénommée antozonite (ou antozonaire) est toujours associée à des minerais radioactifs, la radioactivité</p>	

étant tenue responsable de la libération du fluor. D'autres fluorites, notamment les parties sombres de la variété «Blue-John» provenant de Treak Cliff près de Castleton (Angleterre) contiennent une quantité non négligeable d'hydrocarbures. Les fluorites pourpres peuvent contenir une quantité appréciable de strontium, jusqu'à 1 % dans celles provenant du Transvaal (Afrique du Sud).

La fluorite possède fréquemment de minuscules inclusions solides ou fluides. Les premières (pyrite, chalcopryrite, galène...) se sont déposées en surface lors de la croissance du cristal. Les secondes, remplies de gaz, d'eau ou de liquide organique, sont fréquemment piégées dans la masse. De telles inclusions, lorsqu'elles sont biphasées ou triphasées, constituent un matériau idéal pour les études de thermométrie ou du chimisme des milieux filoniens ou sédimentaires où s'est formé le cristal hôte.

<u>Système cristallin</u>	Cubique.
 <p style="text-align: center;">$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>	 <p style="text-align: center;">$a = b = c$</p>
<u>Densité</u>	3,2 soit 3200 grammes pour un dm^3 de fluorite massive
<u>Dureté</u>	4 (sur l'échelle de Mohs).

Forme des cristaux

En cristaux fréquemment cubiques, moins souvent octaédriques ou rhombododécaédriques. Les combinaisons du cube avec l'octaèdre ou le rhombododécaèdre. Leurs angles sont souvent modifiés par le tétragonotrioctaèdre et l'hexaoctaèdre. Ces combinaisons ont souvent les faces du cube lisses et les autres ternes ou rugueuses, car elles sont formées de minuscules faces de cube disposées parallèlement. La fluorite étant un minéral cubique appartenant à la classe de symétrie holoèdre, ses cristaux peuvent présenter une grande diversité de forme : sept types de formes sont susceptibles de se développer : l'hexaèdre (ou cube), l'octaèdre, le rhombododécaèdre (ou dodécaèdre), le tétrahexaèdre (ou cube pyramidé), le tétragonotrioctaèdre (ou trapézoèdre), le trigonotrioctaèdre et l'hexaoctaèdre (ou hexoctaèdre).

L'hexaèdre correspond à un cube formé de six faces carrées formant des angles de 90° entre elles. Chacune des faces intersecte l'un des axes cristallographiques et est parallèle aux deux autres.

L'octaèdre est constitué de huit faces triangulaires équilatérales, chacune intersectant les trois axes cristallographiques à égales distances. Cette forme, lorsqu'elle est combinée avec l'hexaèdre, peut être identifiée par ses huit faces identiques, chacune présentant la même inclinaison par rapport aux axes cristallographiques; les faces de l'octaèdre tronquent ainsi symétriquement les angles de l'hexaèdre.

Le rhombododécaèdre est formé de douze faces rhombiques (losangiques). Chacune intersecte deux axes cristallographiques à égales distances et est parallèle au troisième. Qu'il soit associé à l'hexaèdre ou à l'octaèdre, le rhombododécaèdre tronque leurs arêtes.

Le tétrahexaèdre est composé de vingt-quatre faces triangulaires isocèles. Chacune intersecte deux axes, l'un à l'unité et l'autre à une fraction rationnelle, et est parallèle au troisième. Il existe un grand nombre de tétrahexaèdres différant par l'inclinaison de leurs faces. Cette forme, comme son nom l'indique, ressemble à un cube dont chacune de faces est surmontée d'une pyramide à quatre pans.

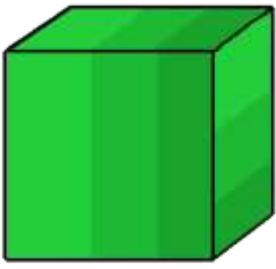
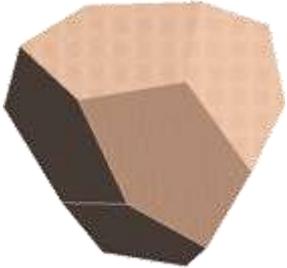
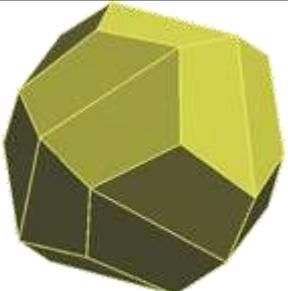
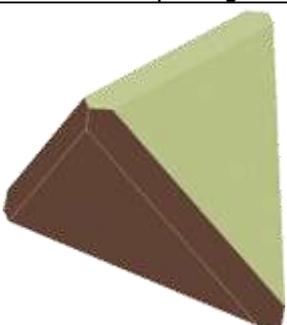
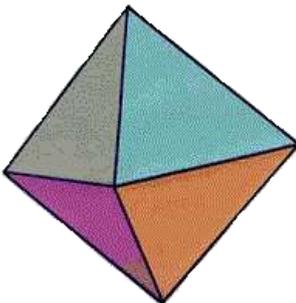
Le tétragonotrioctaèdre est constitué de vingt-quatre faces losangiques. Chacune intersecte l'un des axes cristallographiques à l'unité et les deux autres selon une même fraction rationnelle. Les tétragonotrioctaèdres se différencient par l'inclinaison de leurs faces. Leur nom fait référence à une forme composée de vingt-quatre faces correspondant à un octaèdre dont chaque face est surmontée par trois facettes, chacune comportant quatre angles (tétragone).

Le trigonotrioctaèdre est formé de vingt-quatre faces triangulaires isocèles. Chacune intersecte deux axes cristallographiques à l'unité et le troisième à une fraction rationnelle. Les divers trigonotrioctaèdres varient en fonction de l'inclinaison de leurs faces. Le trigonotrioctaèdre, comme le tétragonotrioctaèdre, peut être considéré comme un octaèdre dont chaque face est surélevée afin de pouvoir en accommoder trois autres. Leur nom fait référence à une forme composée de vingt-quatre faces dont chacune possède trois angles.

L'hexaoctaèdre est composé de quarante-huit faces triangulaires; chacune intersectant les axes cristallographiques selon trois distances différentes.

Les macles d'interpénétration sont courantes. En masses compactes (apathiques) ou granulaires. Ce minéral est plus souvent massif, granulaire, nodulaire, botryoidal, rarement columellaire ou fibreux. Les masses compactes, plus ou moins importantes, arborent souvent un clivage légèrement courbe. Les masses fibrolamellaires, à structure plus ou moins concrétionnée, montrent communément des alternances de zones de diverses colorations «Blue-John» du Derbyshire. De tels habitus peuvent se révéler trompeurs et rendre l'identification de cette phase minérale délicate, notamment les masses grenues, pulvérulentes ou terreuses. La fluorite ferrugineuse d'Escaro dans le massif du Canigou (Pyrénées-Orientales), avec son aspect inhabituel, a longtemps été considérée comme de la silice. Dans le gisement de Quatro Palmas (Mexique), ce sont des concrétions de fluorite coralloïde grisâtre qui rappellent certains calcaires organogènes. Dans de rares cas, seule l'analyse chimique ou la diffraction des rayons X permet d'identifier avec certitude cette espèce (variété terreuse grisâtre de Mae Than, Thaïlande; spécimens de formations lacustres volcano-sédimentaires à faible cohésion des environs de Rome, Italie).

L'apparition d'une forme particulière lors de la croissance d'un cristal de fluorite est corrélée aux conditions de température. De manière générale, le cube serait la forme classique des cristaux, cependant bien d'autres formes peuvent être observées : L'octaèdre serait caractéristique de températures de cristallisation plus élevées ce qui explique que cette habitus soit le faciès typique des cristaux des fentes alpines. Cette forme serait favorisée par des températures caractéristiques des conditions de formation des pegmatites. Les cristaux de fluorite cristallisant dans de telles conditions se distinguent par l'absence d'euporium alors que ceux déposés dans les conditions hydrothermales - donc à des températures plus basses - sont enrichis en cette terre rare. Le passage d'un cœur octaédrique à un habitus externe cubique observé par transparence ou fluorescence chez certains cristaux peut ainsi s'expliquer aisément par une diminution de la température de la solution-mère lors de leur cristallisation et si la température de la solution saline diminue de plus en plus, on constate par contraste et de manière inversement proportionnelle, une apparition de formes cristallines dont le nombre de faces augmente de plus en plus. On passe du cube (6 faces) au diploèdre (12 faces), puis au giroèdre (24 faces) pour arriver à l'hexoctaèdre (48 faces).

			
Cube	Dodécaèdre pentagonal	Diploèdre	Giroèdre
			
Hexoctaèdre	Tétraèdre	Octaèdre	
<u>Clivage</u>		Parfait sur l'octaèdre. L'observation des plans de clivages (zones internes de faiblesses), est aisée sur la fluorite en masses compactes. Casser une masse compacte de fluorite à l'aide d'un marteau de géologue fait inmanquablement apparaître de nombreuses faces lisses qui correspondent aux plans moléculaires du réseau cristallin.	
<u>Fracture</u>		Subconchoïdale (assez proche de celle du verre).	
<u>Couleur</u>			
<p>Les variations de colorations sont nombreuses et dues à la présence d'impuretés (éléments chimiques autres que le calcium ou le fluor et présents en quantités aussi minimes que quelques ppm (parties par millions)). Souvent : mauve, vert, jaune, bleu. Plus rarement rouge, incolore et rose.</p> <p>Les cristaux individuels peuvent être diversement colorés et, comme certaines masses de fluorite, présentent souvent des bandes de couleurs.</p> <p>Dans le cas de la fluorite, le problème de la coloration n'est pas simple car différentes terres rares peuvent être présentes simultanément, tandis qu'il existe aussi de nombreux défauts: lacunes d'ions, ions P⁻ en position interstitielle, ions OH⁻ ou O₂⁻ en remplacement d'ions P⁻, terres rares en remplacement du calcium... Mais voyons cela en détail, couleur par couleur et tentons d'élucider le mystère...</p> <p>Coloration mauve, violette à violet foncé : ces couleurs sont classiques et observables dans la plupart des gisements; elles sont dues à la présence de colloïdes de calcium dispersés dans le cristal et formés à la suite d'une irradiation. Sur les spectres on observe une large bande d'absorption centrée en gros sur</p>			

570 nanomètres.

Coloration bleue: si la présence de colloïdes de calcium de grande taille peut donner, du fait du déplacement de la bande d'absorption vers des longueurs d'onde plus grandes (donc vers le rouge), une coloration bleu intense, il existe également une autre cause de cette coloration dans les fluorites de couleur bleue plus claire : c'est la présence de centres colorés fluorés créés par irradiation et ce d'autant plus facilement que des impuretés comme des ions négatifs d'oxygène et d'hydroxydes (O_2^- et OH^-), ainsi que des défauts structuraux, sont présents dans la structure car ils sont susceptibles de fournir des électrons. Ces centres fluorés sont associés à des ions voisins positifs d'yttrium (Y_3^+) remplaçant des ions positifs de calcium (Ca_2^+). Cette couleur bleu pâle peut encore s'affaiblir par exposition à la lumière solaire.

Coloration verte : Le calcium peut être remplacé par des terres rares (yttrium et lanthanides) généralement à l'état d'ions trivalents. En fait, la coloration verte est due à la présence d'ions Sm_3^+ (samarium) qui ne donnent aucune coloration, l'absorption se situant dans l'ultraviolet, le samarium peut cependant être réduit en Sm_2^+ sous l'influence d'une irradiation avec apparition d'une couleur verte due à la présence d'une bande d'absorption culminant un peu avant 600 nanomètres et éliminant le jaune et l'orangé, tandis que le minimum situé vers 500 nanomètres laisse passer le vert (520 nm). Là encore, un chauffage provoque l'oxydation de Sm_2^+ en Sm_3^+ et la disparition de cette coloration fréquente dans les fluorites d'origine hydrothermale.

Coloration rose : Tous les collectionneurs connaissent les magnifiques octaèdres de fluorite rose des fentes alpines du massif du Mont-Blanc. Leur spectre optique présente une large bande d'absorption dont le maximum est situé un peu avant 600 nanomètres et qui élimine le bleu, le vert, le jaune (580 nm) et même une partie de l'orangé (600 nm) : seules les radiations rouges ne seront pas absorbées, d'où la couleur de ces cristaux. La cause en est la présence d'un centre coloré plus complexe (YO_2), associant un ion Y_3^+ et un ion moléculaire O_2^- ; cet ion moléculaire est instable et, par chauffage et capture d'un électron, il est dissocié en deux ions normaux O_2^- avec disparition de la couleur.

Coloration jaune : elle est due à la présence d'un centre coloré constitué par un ion moléculaire O_2^- remplaçant deux ions F^- voisins. Sur le spectre, on note une large bande d'absorption culminant vers 430 nanomètres et s'étendant, du côté des grandes longueurs d'onde, jusque vers 520 nanomètres. Les radiations jaunes (580 nm) passent donc sans problème.

<u>Trace</u>	Blanche.
<u>Eclat</u>	Vitreuse.
<u>Transparence</u>	Transparente à translucide pour les variétés claires et pures... parfois opaque pour les variétés très sombres

Fluorescence

Przibram (1946) a examiné la variation de couleurs des fluorites, parfois dans le même cristal.

La fluorescence du minéral de Namèche (bleue dans la fluorite incolore et rouge dans la violette) traduit la présence d'euprium et de samarium. Selon Leckebusch et al. (1974), l'origine des couleurs dans la fluorite de Seilles est due à des centres de couleur. Ils occupent une vacance anionique et sont composés soit de deux électrons et un cation étranger trivalent (fluorites vertes et bleues), soit d'un électron, un cation étranger et deux oxygènes (fluorite violette) ; le cation étranger serait une terre rare. Les conditions de gisement sont les mêmes dans ces deux localités.

Elle est fluorescente aux ultras violets de grande longueur d'onde. Elle a d'ailleurs donné son nom à ce phénomène. (Nous en reparlerons plus longuement plus loin).

Chauffée, la fluorite devient fortement lumineuse (elle est phosphorescente). En 1824 le minéralogiste

allemand Friedrich Mohs (1773-1839) découvrit cette particularité de la fluorite et la baptisa fluorescence. C'est une particularité bien reconnaissable sur certains spaths translucides. Si la lumière les traverse, ils ont une autre couleur qu'à la lumière incidente : à la lumière incidente ils sont d'ordinaire violets et verts à la lumière transparente. Le terme de fluorescence s'emploie de nos jours pour désigner un tout autre phénomène ou pour certaines formes de luminescence.



La fluorite de Foisches ou de Rancennes n'est absolument pas fluorescente.

<u>Genèse</u>	Hydrothermale sédimentaire et métasomatique de contact.
<u>Réaction à l'acide</u>	Réagit en présence d'acide sulfurique (H ₂ SO ₄) et provoque un dégagement d'acide fluorhydrique (HF)

Lieu précis où le spécimen a été trouvé, description de l'endroit, photos et historique si nécessaire

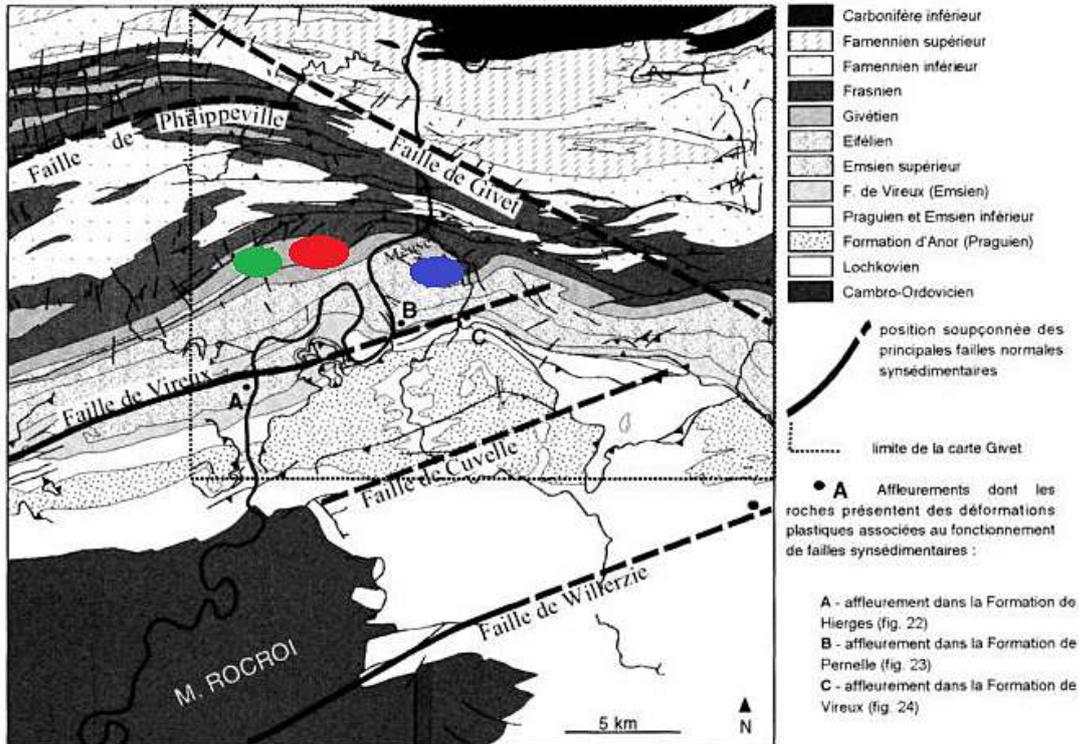
La fluorite est un minéral relativement abondant à travers le monde. On le trouve dans de nombreux gisements hydrothermaux ainsi que dans les roches sédimentaires. C'est un fluorure de calcium (CaF₂) aux nombreuses applications industrielles.

Les cristaux sont généralement cubiques et peuvent présenter différentes couleurs: violet (la plus fréquente), vert, bleu, jaune, rose, etc. La fluorite peut également être incolore lorsqu'elle est pure.

Très appréciée des collectionneurs pour la beauté et l'éclat de ses cristaux, la fluorite a des applications industrielles importantes. Elle intervient dans la verrerie et l'optique, permet la production d'acide fluorhydrique et de produits fluorés dérivés comme le fluorure d'aluminium à partir duquel on obtient l'aluminium métallique. Toutefois, durant la période et la zone géographique qui nous intéressent, les Ardennes entre les années 1870 et 1970, la fluorine sert de fondant dans la métallurgie. La fluorite mélangée avec un minerai permet d'en abaisser le point de fusion. Agricola mentionne déjà cette propriété dans son *Bermannvs sive de re metallica dialogus* publié en 1530.

Quand on est sur place, dans les Ardennes belgo-françaises, on remarque que les minéralisations sont alignées suivant les bandes calcaires du Givetien et du Frasnien. Dans le Givetien, les minéraux fluorés se sont déposés sur toute la largeur de la province de Namur dans la bande continue des calcaires de cet

âge et dans les dômes de Dourbes et d'Ave qui affleurent dans les schistes frasniens au Nord de cette bande. Dans le Frasnien, les concentrations de fluorite se trouvent, en France, dans la lentille de Rancennes, et dans le mamelon de Foisches et en Belgique, à l'Ouest de ces affleurements, dans une étroite bande de schistes et calcaires interstratifiés qui passe de Doische à Gimnée et Villers en Fagne.



Localisation des principaux sites riches en fluorite : en vert, Doische-Gimnée; en rouge, Foisches et en bleu, Rancennes

Localisation du site de Gimnée-Doische

Entre Doische et Gimnée en Belgique. Dans cette dernière localité, une mine souterraine a été creusée dans un bois durant la Seconde guerre mondiale pour extraire la fluorite. Une galerie d'une cinquantaine de mètres de long a été percée et plusieurs tonnes de fluorine ont sans doute été extraites. Dans les années 1950, la mine est abandonnée et ne semble pas avoir été à nouveau exploitée. De nos jours, la galerie est classée en tant que zone d'intérêt naturel et géologique par la Région Wallonne.

LA GALERIE DE LA FLUORINE A DOISCHE

Situation

La galerie de la fluorine est située dans le vallon de la Joncquière sur la commune de Doische, non loin de la frontière française, à l'ouest de Givet. Pour des raisons de sécurité, la localisation précise de celle-ci ne sera pas mentionnée dans cet article.

Entre Doische et Vaucelles, la Joncquière forme une vallée encaissée qui entaille fortement le plateau. A la base des versants, il existe de nombreuses sorties d'eau souterraine. Ces exurgences aux débits plus ou moins importants démontrent la richesse de cette région en phénomènes karstiques de faible amplitude mais d'une grande densité (voir Quinif, 1974. Le vallon de la Joncquière Géologie Géomorphologie Spéléologie, *Les Naturalistes Belges, Tome 55, 108p*).

Géologie

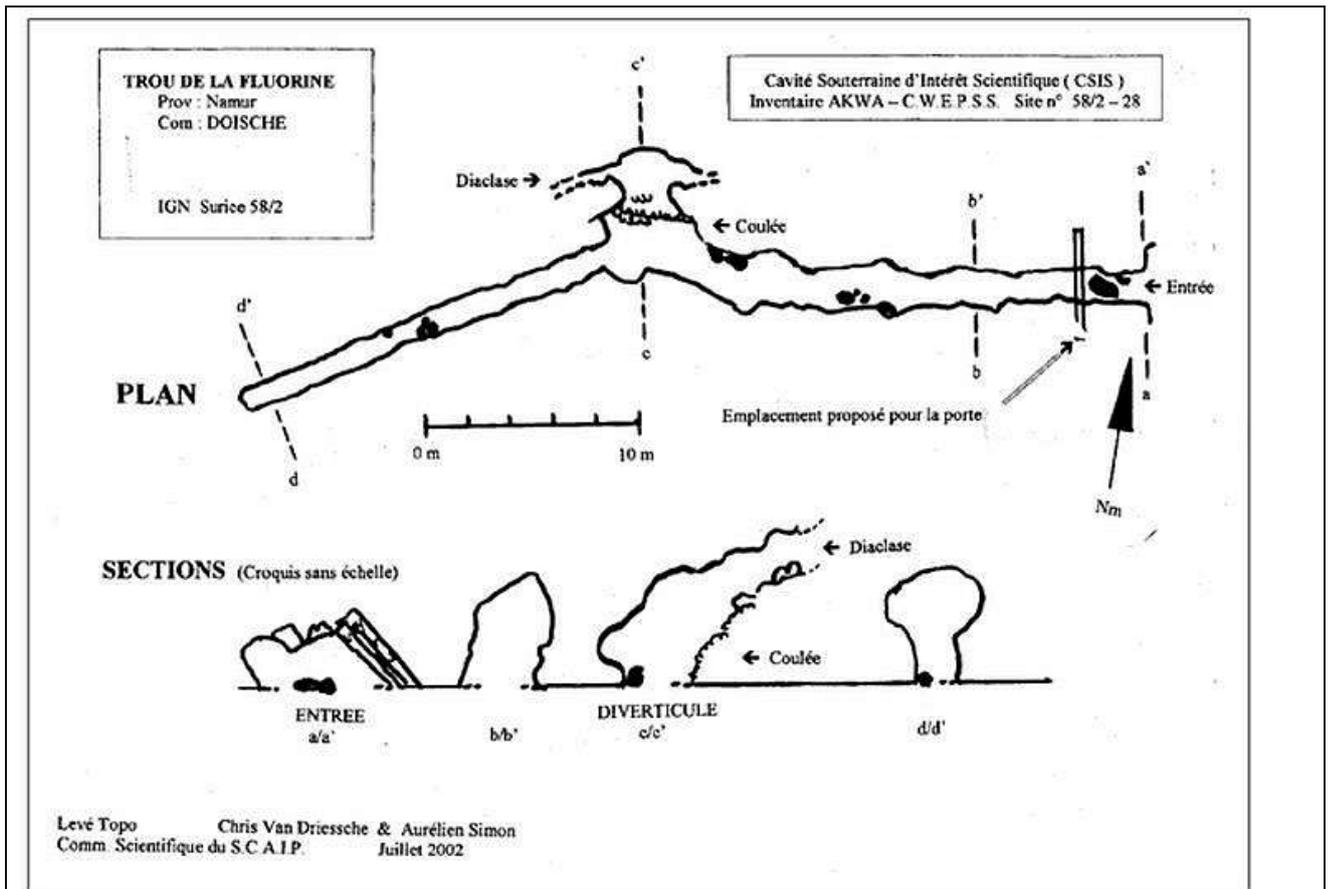
La région entre Hierges et Doische fait partie du bord sud du synclinorium de Dinant. L'aspect général de la géologie du bassin de la Joncquière est une succession d'étages du dévonien moyen où l'on rencontre une importante bande calcaire du givétien entrecoupée de minces bandes de schistes et de calcschistes.

La galerie de la Fluorine

Cette galerie se présente comme un couloir artificiel de 50m de développement pour 2m de large et 2 à 3m de haut, creusé en pleine roche calcaire pour en extraire les cristaux de fluorine. A une trentaine de mètres de l'entrée, elle recoupe une diaclase dans le plafond qui donne accès à une petite cavité naturelle (salle unique de 5m de long se terminant sur deux étroitures impénétrables).



Entrée de la "Galerie à la fluorite", le long de la Joncquière à Doische



Topographie de la galerie de la Fluorine à Doische. Levé réalisé par Chris Van Driessche et Aurélien Simon du SCAIP, afin de disposer d'un document cartographique de référence pour proposer les aménagements et la gestion nécessaires à la protection de cette galerie

Localisation du site de Foisches

Le gisement de Foisches (Ardennes-France) est situé dans un mamelon calcaire boisé, dénommé Bois-le-Duc, qui émerge au milieu de limons récents masquant le substratum paléozoïque. Les calcaires généralement bien stratifiés plongent vers l'Est en dessinant un demi-dôme qui s'enfonce sous les terrains de couverture.

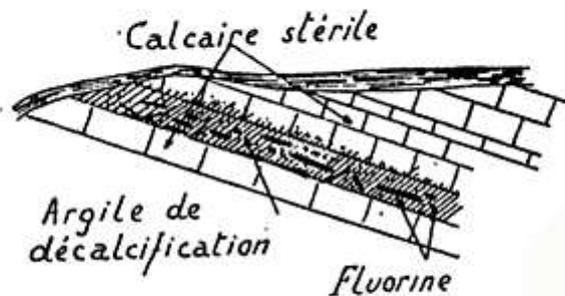
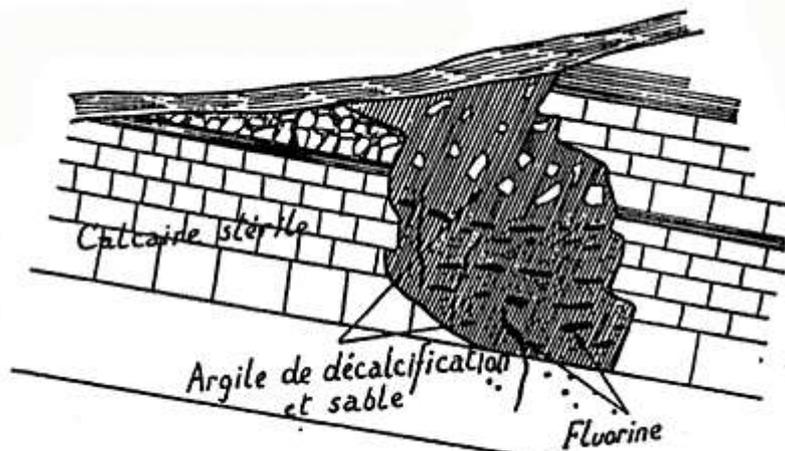
Pour s'y rendre, de Givet, prendre la N51 en direction de Revin et Fumay. Passer devant la Carrière des Trois Fontaines, passer le rond point de Chooz et garder la direction Aubrives, Fumay, Revin, et en haut de la côte, prendre à droite en direction de Foisches. Traverser le village et passer à côté du cimetière. Devant soi, une bute recouverte d'arbres émerge de la petite dépression limoneuse. C'est l'emplacement de l'ancienne mine de fluorite aujourd'hui classée "Réserve Naturelle de la Pointe de Givet".

Minéralisations

Les minéralisations sont éparpillées en divers points au sommet et sur les flancs du mamelon avec une densité et des caractères très variables. La fluorite, généralement violette, plus rarement d'un vert foncé, se présente massive, en filonnets épais de 5 à 6 cm au maximum suivant les joints de stratification et entamant plus ou moins les bancs, en veinettes remplissant les fissures et les diaclases en agrégats cristallins tapissant les géodes ou formant des boules dans la masse du calcaire bleu-gris. On la trouve aussi en blocs de la grosseur du poing. Par endroits, la minéralisation de ces différents types est si ténue qu'elle se réduit à une dispersion clairsemée de mouchetures violacées dans le calcaire bleu-gris. La fluorite est habituellement accompagnée de calcite et de quartz et même de galène.. On peut trouver

aussi des empilements de couches de différentes couleurs, ce qui pourrait être assez joli si les cristaux étaient bien formés et s'ils n'étaient pas recouverts d'une fine couche de rouille brune très difficile à enlever.

L'examen d'échantillons en lames minces indique que la mise en place de fluorite est en relation avec des phénomènes de silicification des calcaires. Le dépôt de fluorite a eu lieu plus tard et dans les zones préalablement silicifiées comme le montre la présence de nombreux cristaux de quartz corrodés à l'intérieur des plages de fluorite.



A cette altération endogène des calcaires s'est surimposée, par la suite, une altération supergène très active en certains points où les eaux d'infiltration ont décalcifié la roche calcaire et désagrégé la roche silicifiée, les transformant respectivement en une argile brune et rougeâtre et en sable. Cette altération superficielle a évidemment laissé intact l'élément stable qu'est la fluorite et celle-ci se présente alors au sein des produits résiduels en masses cristallines violettes de toutes grosseurs. L'altération météorique affecte certains bancs bien plus que d'autres et il est remarquable de constater que les zones les plus fortement transformées par les eaux météoriques coïncident avec celles qui se sont montrées les plus sensibles aux remontées des eaux chargées de minéralisations fluorées. Ainsi, au fond d'une carrière, on peut voir une couche d'argile brune et sableuse enrobant des lentilles et des boules de fluorite, surmonte par des bancs de calcaire peu ou pas silicifiés et exempts de cristallisations. Seul le banc calcaire au toit immédiat de la couche altérée est légèrement moucheté de fluorite. On observe également des bancs de calcaire inaltérés à leur partie supérieure, la plus proche du sol, et ne contenant que quelques cristaux dispersés de fluorite qui passent en aval pendage à une couche d'argile résiduelle

criblée de masses plus ou moins volumineuses de minéraux. En y regardant de plus près, on constate que la zone altérée de l'assise calcaire appartient à une véritable poche de dissolution allant jusqu'à la surface du sol et remplie d'argile de décalcification, de sable détritique, de blocs de calcaire plus résistants et de fluorite. Cette "poche" d'altération coïncide avec une colonne richement minéralisée probablement à cause d'une fracture qui a permis la remontée des saumures minéralisantes. Le banc sous jacent, plus massif n'a subi pratiquement aucune modification ni du fait des solutions siliceuses et fluorées ascendantes ni du fait des agents météoriques.

Historique de la mine de Foisches

Dans les Ardennes belges et françaises, aux environs de la Pointe de Givet, plusieurs mines et carrières d'extraction de la fluorite ont été actives entre les années 1870 et les années 1970.

L'utilisation intensive de la fluorite comme minéral industriel remonte au 19^{ème} siècle. Avant cela, la fluorite a un intérêt principalement ornemental et ce depuis le Magdalénien (-17000 à -12000) [JUNGELS et GOEMAERE, 2007]. À partir des années 1820, des applications industrielles sont menées sur la fluorite. Dans la métallurgie, l'essor de l'utilisation de la fluorine comme fondant débute dans les années 1860-1880.

Dans les Ardennes, surtout dans la région que j'ai explorée entre Doische - Givet - Fumay - Rocroi - Monthermé, l'industrie métallurgique fait partie du paysage économique jusque dans les années 1950-1960. La région est riche en gisements de fer et de fluorite. La plupart de ces derniers dépôts se trouvent dans la partie centrale du synclinorium de Dinant, soit une zone de 50 kilomètres de long sur 5 kilomètres de large. La fluorite est associée avec de la calcite, des galènes et de la baryte.

Certains entrepreneurs miniers choisissent de mettre en valeur ces gisements afin de fournir le minéral aux maîtres de forges.

La mine principale de cette zone se trouve à Foisches dans le bois de Bois-le-Duc. Il s'agit d'un petit monticule calcaire et boisé situé à proximité du cimetière municipal. Ce mamelon fait partie de la Réserve naturelle de la Pointe de Givet. (Toute collecte de minéraux y est interdite depuis 1999) Les cristaux de fluorite y sont généralement violets et parfois verts.

L'exploitation s'y est effectuée de manière intermittente entre 1870 et 1970.

10 février 1871, l'entrepreneur Charles Pierrard, de Gimnée, qui se dit "Directeur de mines", demande au maire et aux conseillers municipaux de Foisches, l'autorisation "pour faire ramasser les morceaux de spath fluor qui se trouvent dans le petit bois près du village afin de s'assurer s'il en existe un gisement". Le Conseil municipal accepte et fixe dans sa séance du 16 mars 1871 à 80 m³ le minimum à extraire annuellement (et à taxer à concurrence de 2 francs le m³).

Le conseil municipal avertit la sous-préfecture de Rocroi qui donne son aval à l'entreprise en précisant certains points :

- L'extraction aura lieu à ciel ouvert.
- L'enlèvement du minerai se fera à la brouette jusqu'au chemin vicinal.
- La concession ne sera valable que jusqu'au 15 décembre 1871, mais sera renouvelable.
- Une redevance de 3 francs au m³ sera applicable avec un minimum de 240 francs par an.

Après une certaine attente due aux lenteurs administratives et une lettre de monsieur Pierrard, à l'administration qui s'impatiente de pouvoir commencer les travaux de recherches pour pouvoir honorer

les commandes de ses clients, ce dernier reçoit l'autorisation de débiter les travaux.

Après trois ans de travail, il faut se rendre à l'évidence que l'entreprise est peu rentable. Pierrard s'est contenté de ramasser la fluorite en surface et le 24 mars 1874, dans une nouvelle lettre à la municipalité de Foisches, il explique qu'il n'a extrait que 114 m³ de fluorite. L'année 1873 a été décevante avec seulement 24 m³ extraits. Il explique néanmoins qu'il a payé 720 francs de redevance. En cette année 1874, Pierrard estime que le site est épuisé et il dénonce la convention de 1871.

Il faut attendre l'Entre-deux-guerres pour que l'extraction se poursuive. Le briquetier Charles Goffette de Falaise reprend l'exploitation. La concession lui est accordée par municipalité de Foisches en 1928 assortie d'une autorisation des Eaux et Forêts en 1929.

Il découvre quatre filons et entre 1928 et 1932. Trois ouvriers y travaillent de façon intermittente. Certaines tranchées atteindront 8 mètres de profond et en 1928, on y extraira 150T, 180T en 1929, 163T en 1930 et 450T en 1931. Il prévoit dans l'avenir d'extraire le minerai en surface et en souterrain, donc, en 1932, l'exploitant demande une extension de concession qui lui est accordée en 1933 pour une durée de 4 ans avec une convention supplémentaire : **exploitation en surface et exploitation du tréfonds.**

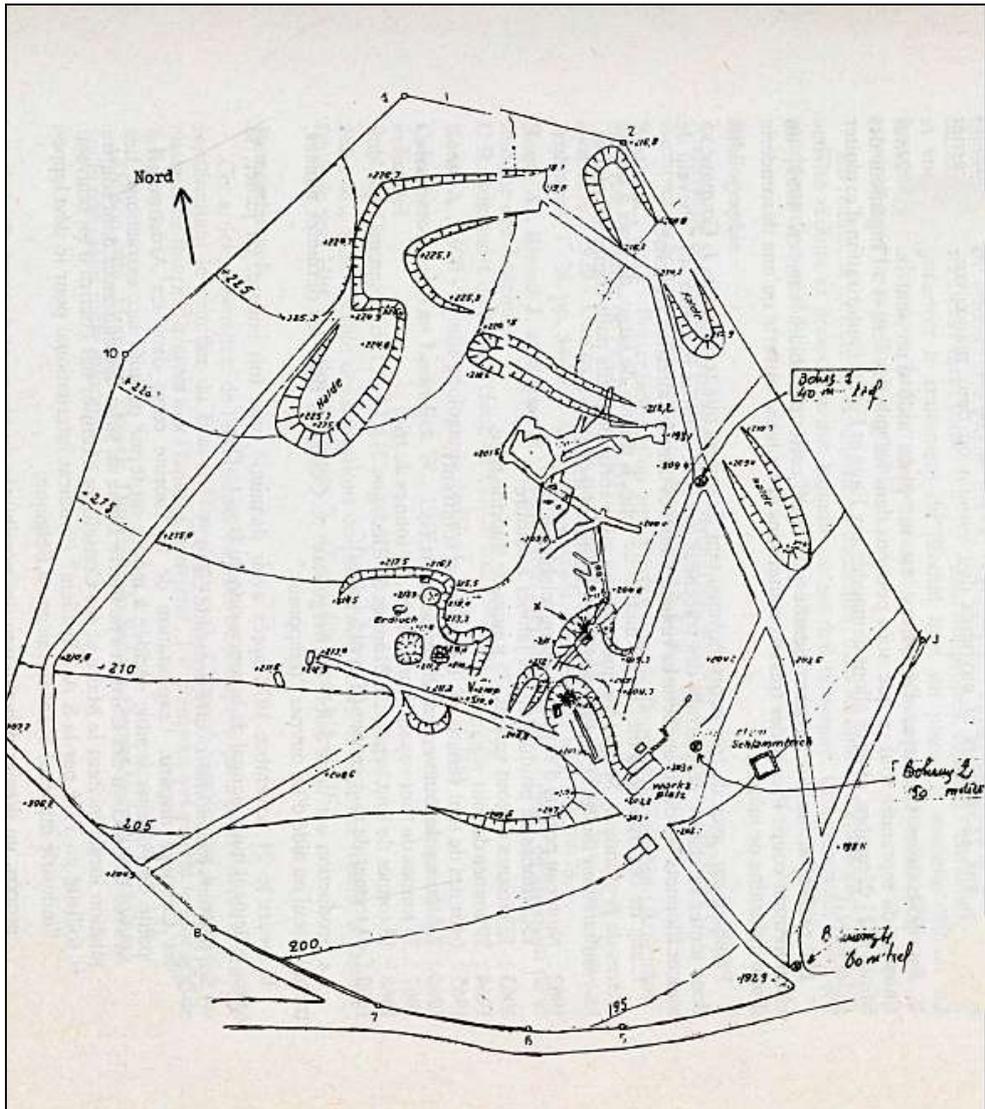
Malheureusement, Goffette tombe malade. Il est obligé d'arrêter son travail et il cède ses droits à Mahieu et Koeberlin. Ces derniers créent une entreprise : la "Société des Carrières de Fluorine de Foisches". Entre 1933 et 1937, l'extraction se poursuit avec une production de près de 200T par mois. Deux chantiers sont ouverts, dix ouvriers travaillent à l'extraction et treize autres sont employés au broyage, au lavage et au tri du minerai, postes que les deux administrateurs ont modernisé avec une certaine mécanisation grâce à deux moteurs Renault de 15 et 8 CV.

Plusieurs centaines de tonnes sont produites par an. Dans les rapports, on parle des "endroits les plus productifs comme étant des colonnes minéralisées aux recouvrements des filons par deux failles remplies de calcite et de fluorine"

Mais en 1937, à la fin de la concession, le site est abandonné, sans raison connue et en 1938, les machines sont remontées et transportées à Romedenne.

Le 28 août 1940, un certain Laurent de Doische demande l'autorisation de reprendre l'extraction. Ne recevant pas de réponse, il exploite le site plus ou moins clandestinement pendant quelques mois.

Du début 1941 jusqu'en mai 1942, c'est Anatole Hecq de Mariembourg qui reprend l'exploitation sous la direction de l'occupant nazi. Dix ouvriers travaillent sur le site et 140T de minerai sont produites. Un ingénieur allemand, fin 1941 réalise même un plan du site. Fin 1942 les travaux s'arrêtent de nouveau.



Le 28 septembre 1946, la commune de Foisches loue la carrière de fluorite à J. Coupaye. Il reste alors une cinquantaine de mètres de galeries souterraines, quelques constructions destinées aux machines et une surface à l'aspect anarchique. L'exploitation est alors sporadique et bien plus modeste qu'auparavant : le concessionnaire et un ou deux ouvriers. La production n'atteint que quelques dizaines de tonnes par an. En 1954, J. Coupaye prévoit de reprendre l'exploitation souterraine mais un éboulement (sans doute en 1959?) bloque les galeries puisqu'à partir de cette année, l'exploitation ne se fait plus qu'à ciel ouvert.

Peu de documents nous sont parvenus pour la suite. Le 5 novembre 1962, un permis d'exploiter valable pour 5 ans est de nouveau accordé à J. Coupaye et en 1963, 74T de fluorite sont produites. En 1967, le permis est prorogé jusqu'en 1972. L'exploitant demande une nouvelle prorogation le 25 juillet 1972 mais il décède le 24 novembre. Sa veuve Eugénie et son fils André renoncent à cette prorogation car ils sont certains que cette exploitation ne sera plus rentable.

L'extraction cesse définitivement en 1972. La municipalité de Foisches met définitivement un terme aux entreprises extractives sur son territoire à cause des nuisances sonores et environnementales engendrées par la mine de fluorite et les Carrières de Pierre Bleue de Givet dont souffrent les habitants. La municipalité rejette une demande de permis déposée en 1975 par la S.A. Syndem (Syndicat International pour le Développement de l'Industrie Minière). Bois-le-Duc et l'ancienne mine sont classés réserve naturelle depuis 1999, empêchant toute possibilité d'extraction future.

MINE ET CARRIÈRES DE BOIS-LE-DUC

Quelques kilomètres avant Givet, prendre la route de Foisches, puis celle de Bois-le-Duc. A Bois-le-Duc, prendre le chemin qui mène au cimetière, longer le cimetière à gauche et prendre un chemin sur la droite qui monte dans le bois.

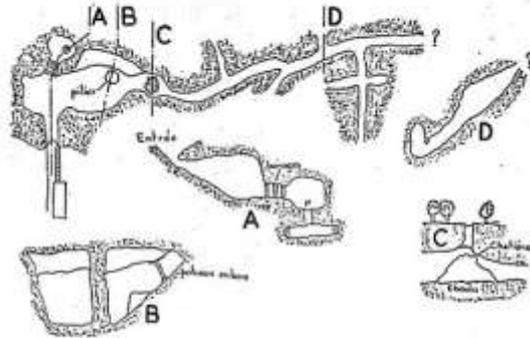
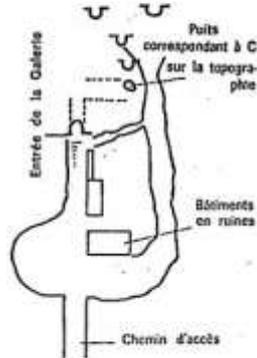
Celui-ci mène sur le carreau de la mine.

Le gîte minéralisé se trouve dans le givetien supérieur (assises de Fromelennes) dans le prolongement d'une faille visible de Foisches et décelable dans l'ancienne exploitation où l'on observe une zone très disloquée à pendage désordonné.

Une visite de la mine peut être faite (voir topographie de la mine) mais celle-ci s'avère relativement dangereuse du fait de très grandes masses d'argile contenues dans la roche encaissante. Autre danger, des masses de plafond maintenues en équilibre incertain par des poteaux en bois.

Dans la mine on peut suivre un filon de fluorite violette, presque noir. Apparemment il n'existerait

aucune trace de minéralisation dans les galeries. Par contre, près de la mine il existe plusieurs petites carrières (voir plan).



Dans les carrières se trouvent des gros blocs de pierres. En cassant ces blocs on trouve des géodes contenant une petite curiosité : des octaèdres de fluorite, verts clairs, mais tronqués sur tous les sommets. Ces géodes sont souvent tapissées de minuscules cristaux de quartz.

A noter que les octaèdres de fluorite peuvent atteindre plusieurs centimètres d'arêtes.

Note sur la topographie relevée en juillet 1977. Ce relevé est juste un relevé visuel des lieux. Aucune échelle n'a été respectée pour ce plan. Il est juste donné à titre indicatif.



Deux vues aériennes : à gauche, en 1980 et à droite en 1956. En 1956, les travaux de recherche sont encore bien visibles alors qu'en 1980, si on en voit encore quelques traces, on peut aisément se rendre compte que la nature reprend ses droits.



Visite du site dans les années 1980. Les bâtiments sont en ruine et les arbres sauvages poussent un peu partout de manière anarchique



Visite du site dans les années 1980. On découvre ici et là les traces de recherches. Des tranchées plus ou moins comblées. Ici, un ancien puits rebouché.



Visite du site dans les années 1980. Au détour d'un sentier, et dans les broussailles, on découvre ici et là des ferrailles, des anciens wagonnets rongés par la rouille.



Visite du site dans les années 1980. Nous pénétrons dans une galerie qui mène à la descenderie. Au sol, des gravats et les restes rouillés des rails sur lesquels cheminaient les wagonnets



La galerie se poursuit, à moitié effondrée et comblée sur la gauche et avec au sol les rails tordus et rouillés

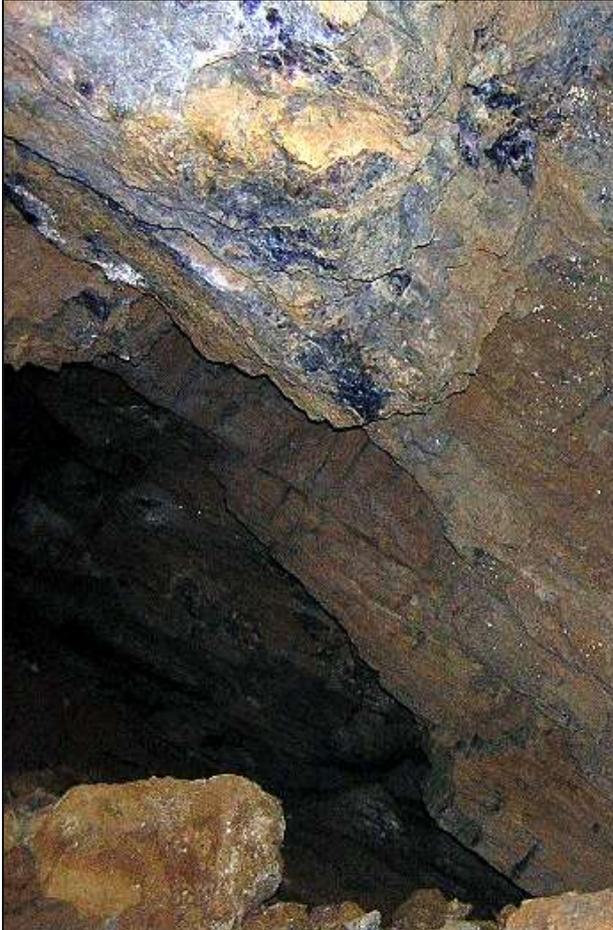


La progression après l'éboulement est délicate et laborieuse. Nous ne touchons à rien pour ne pas créer un nouvel effondrement. Plus loin, à droite une poche de fluorite autant dire vidée. Il en reste un peu au fond. Une barre à mine abandonnée sur place nous empêche d'y accéder. Nous la déplaçons prudemment et nous récoltons au fond de belles plaques cristallisées.



La galerie remonte et visiblement, nous ne sommes pas loin de la surface. Des racines pendent au plafond. De la fluorite ici et là larde les parois.





De fins filons encore présents nous montrent le type de dépôts dans la roche



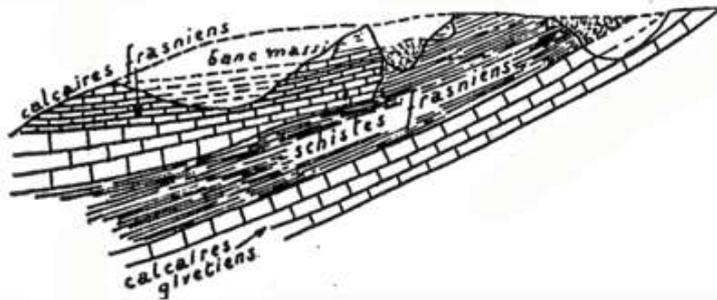
De retour sur le site dans le courant des années 2000. Une grille interdit l'entrée dans la mine. Une petite porte permet aux chercheurs qui étudient les chauves-souris d'y pénétrer à quatre pattes. Visiblement, des collectionneurs de minéraux ou spéléologues ou visiteurs de sites industriels abandonnés, ont essayé d'y pénétrer de nouveau, découpant et pliant les fils. Bien que je sois contre les

"réserves naturelles géologiques", si une grille est placée à un endroit, il faut la respecter, œuvrer légalement pour que ces "réserves" soient aussi peu nombreuses que possible, mais respecter ce qui est légalement acté. Tout acte de vandalisme ne peut que nous nuire et renforcera l'idée dans nos détracteurs de créer de nouvelles réserves et de tout interdire.

Le gisement de Rancennes

Dans la région, d'autres mines de moindre importance ont été exploitées. Ce fut le cas à Rancennes/Fromelennes (qui fait également partie de la Réserve Naturelle de la Pointe de Givet)

A Rancennes, sur le versant ouest de la Houille, le fluorite a envahi une lentille calcaire, située à quelque distance au Sud-Est de la Porte de Fromelennes. La lentille fait partie d'un petit synclinal frasnien placé dans un repli transversal de la grande bande givetienne bien visible sur la coupe de la Meuse. Une carrière ouverte pour l'exploitation du minéral permet de bien se rendre compte de l'allure du contact marquant le passage latéral du Frasnien calcaire au Frasnien schisteux. Cette allure caractérise la bordure des récifs de coraux dont il existe de nombreux spécimens dans les calcaires considérés.



Dans le complexe des schistes et des calcaires massifs et stratifiés, les solutions fluorées ont minéralisé principalement les bancs de calcaire massifs. Dans l'assise schisteuse, à part quelques filets de fluorite violette dans les joints, on n'observe que de rares concentrations de ce minéral dans des lentilles et des nodules calcaires. Les bancs calcaires minces et bien stratifiés sont, en général sains et stériles de toute minéralisation. Dans ce cas, on peut même constater que le calcaire massif silicifié, se présentant en masses jaunâtres et cavernueuses, riches en fluorite cristallisée, passe latéralement avec brusquerie à un calcaire en bancs minces, gris noir, inaltéré et sans aucune trace de fluorite. La stratification du calcaire frasnien se poursuit au moins en bordure, à l'intérieur du filon. Les délits argileux ont été respectés au moins partiellement par la stratification. Enfin, les polypiers et les stromatopores se reconnaissent jusque dans la roche massive centrale, le plus souvent sous forme de vides de dissolution. A Rancennes, la localisation de la minéralisation peut s'expliquer par l'existence de véritables filons de fluorite dans des fractures subverticales de 3 à 30 cm de large. A l'intérieur de ces fractures, la fluorite apparaît pure et massive en beaux cristaux violets, blancs et parfois verts. Dans les épontes, on relève des taches et des traînées violettes dans le calcaire silicifié gris ou jaune. Dans toute la masse du filon, il existe des sortes de poches irrégulières remplies d'une roche siliceuse mais de teinte plus claire. Généralement, lorsque le remplissage de ces poches est lité, la roche est dépourvue de fluorite. Au contraire, les remplissages non lités sont riches en gros cristaux violets et les parois de la poche sont tapissées de magnifiques cubes et cubo-octaèdres de fluorite. En bordure du filon, les parois de certaines diaclases présentent des sortes d'enduit siliceux en relief sur fond calcaire. Tous les

échantillons de la gangue du filon présentent la même structure : ils sont constitués de blocs de calcaire recouverts par un feutrage très serré de minuscules cristaux allongés de quartz transparents orientés de façon quelconque, criblés d'inclusions de calcite recouverts de cristaux de fluorite.

En dehors des inclusions, l'origine calcaire de la gangue est manifestée, notamment vers les épontes du filon, par de nombreux témoins de la roche initiale. Les organismes, principalement des polypiers et des stromatopores ont résisté quelques temps à la silicification et apparaissent dans la masse du filon, sous forme de rognons plus durs. En bordure, leurs squelettes sont restés calcaires, tandis que les remplissages étaient déjà envahis par la silice. Localement, les cristaux de quartz peuvent augmenter de taille et former des géodes tapissées de cristaux pyramidés, quant à la fluorite, elle apparaît uniquement en remplissage des cavités et englobe parfois les cristaux de quartz pyramidés. La gangue des cristaux de fluorite est donc une roche calcaire silicifiée d'aspect jaspéroïde, typique des gisements hydrothermaux de basse température. Les observations précédentes montrent que la formation des filons s'est déroulée en deux phases :

- Premièrement, une silicification des calcaires argileux. La silicification a diminué la compacité des calcaires et les a rendus légèrement poreux.
- Deuxièmement, fluorification. Dans les échantillons fluorifères, tous les cristaux de quartz sont moulés par la fluorite qui s'est insinuée jusque dans les moindres cavités. Par la suite, les agents météoriques s'infiltrant dans la roche siliceuse devenue poreuse ont, par dissolution sélective, provoqué la disparition des polypiers qui avaient résisté à la métasomatose, mis en relief le long des diaclases les zones de silicification superficielle.
- Le terme ultime de l'altération est fourni par des sables blancs extrêmement fins qui recouvrent les filons et qui sont constitués exclusivement par des baguettes de quartz provenant de la désagrégation de la roche silicifiée.

Ce mode de gisement confine les minéralisations dans des zones limitées et on passe sans transition d'une zone richement minéralisée à une zone stérile dans la même assise calcaire. Je n'ai pas pu établir de règles touchant la répartition des filons à cause du manque d'affleurements mais je pense que la zone de passage latéral des calcaires aux schistes est la seule qui soit fracturée et minéralisée.

Petit historique de la carrière de Rancennes

L'exploitation débute en 1931. C'est Charles Goffette, déjà présent sur le site de Foisches qui débute l'exploitation.

En 1932, Goffette cède ses droits d'exploitation à un certain Cornette qui désire extraire la fluorite d'un filon Est-Ouest sur une profondeur de 8 mètres. Selon les sources, 5 à 32 (?) ouvriers y travailleront et la production de 1932 avoisinera les 700T réparties selon : 50T de fluorite qualité industrielle; 400T de qualité métallurgie vendue au groupe Herbinger, société "le Spath-Fluor" de Strasbourg-Fréjus; le reste (le "rogneux"), à destination des ciments et céramiques.

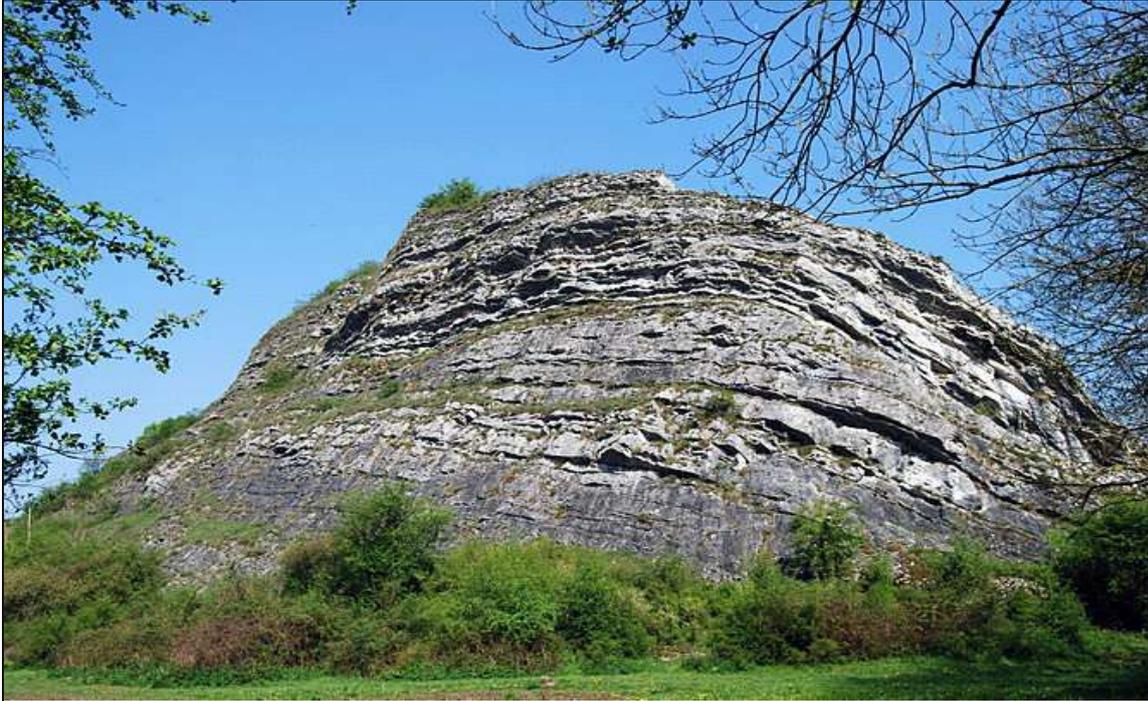
Quand Goffette arrête ses travaux sur Foisches en 1932, il les arrête également sur Rancennes. C'est Jules Coupaye qui reprend l'exploitation en 1939. Malgré les difficultés de transport, 80T de minerai seront livrées aux "Forges de Vireux" en 1939/1940. L'exploitation continuera épisodiquement jusque dans les années 1950, époque à laquelle les travaux s'arrêteront. Seuls des collectionneurs continueront à prospecter le site jusqu'en 1999, date de la mise du site en réserve naturelle.



En général pour accéder au site, on se gare sur la place de Fromelennes, non loin du kiosque. On emprunte la rue de la Manufacture, on la suit jusqu'à un pont qui enjambe la Houille...



On suit la petite rivière et au bout de la rue, on prend à droite un sentier en direction des chènevières...



... On passe non loin de l'anticlinal de Fromelennes (Givetien)...



...puis on grimpe la colline jusqu'à ce qu'on aperçoive les premiers reliefs de l'ancienne carrière...



...On arrive ensuite à un champ de déblais que l'on peut prospector à la recherche de cristaux de fluorite.



En grim pant plus haut, on arrive à une entrée de galerie, haute de 2,5m - large de 3m - profonde de 5m...





À l'intérieur, on peut y voir un morceau de filon non exploité : À gauche, un filon de fluorite violet foncé en deux couches vis à vis s'écartant pour former une géode où ont pu croître des cristaux jaunes à verts. À droite, un cristal violet foncé opaque sur gangue de calcaire siliceux. À droite de la grosse galerie, une petite galerie réalisée par des collectionneurs, où on entre à quatre pattes et profonde de 7 à 8 mètres a permis de rejoindre un filon qui a été bien exploité. De belles pièces en sont sorties.

Photos L.V.B., El mineralo et Spéleo-Insomniaque

Ce qui reste. Les impacts environnementaux des mines artisanales

Bien que les mines de fluorite soient fermées depuis des décennies, les traces de l'extraction subsistent : puits, galeries, friches et ruines, crassiers et déchets d'exploitation sont toujours visibles. À Doische/Gimnée, la galerie est toujours ouverte. Autour de celle-ci se trouvent de petits monticules, les crassiers. La zone est parsemée de pierres, les déchets d'exploitation. Plusieurs dépressions sont également visibles et signale plusieurs sondages de prospection mené pour délimiter le gisement de fluorite. On trouve autour de la mine, dans les crassiers et les rebus des cristaux de fluorine, de quartz et de calcite.

À Foisches, les traces de l'exploitation de fluorine sont encore bien visibles dans le bois de Bois-le-Duc. Des ruines accueillent le visiteur sur le sentier traversant la zone. En se promenant, on croise des crassiers, des haldes, des cônes et entonnoirs d'exploitation, des tranchées d'extraction et des puits rebouchés. La Nature efface peu à peu les traces de la mine mais le paysage est tout de même bouleversé pour plusieurs générations.

À Rancennes/Fromelennes, les déblais de la mine ainsi que les galeries d'accès témoignent de l'activité passée.

À Foisches, comme le montre la vue aérienne reproduite ci-dessous, la nature a repris ses droits. Sur la photo aérienne prise entre 1950 et 1970, on voit les tranchées parcourant le bois. Il s'agit des traces de la mine. Sur l'image satellite actuelle, la forêt a effacé ces cicatrices. Par contre, les bâtiments, les puits et les tranchées creusés durant la période d'exploitation ainsi que les crassiers et les déblais marquent encore profondément de leur empreinte Bois-le-Duc.

Ça et là, des deux côtés de la frontière, on observe des traces de "grattage" effectuées par des minéralogistes désireux de trouver des cristaux pour leur collection.

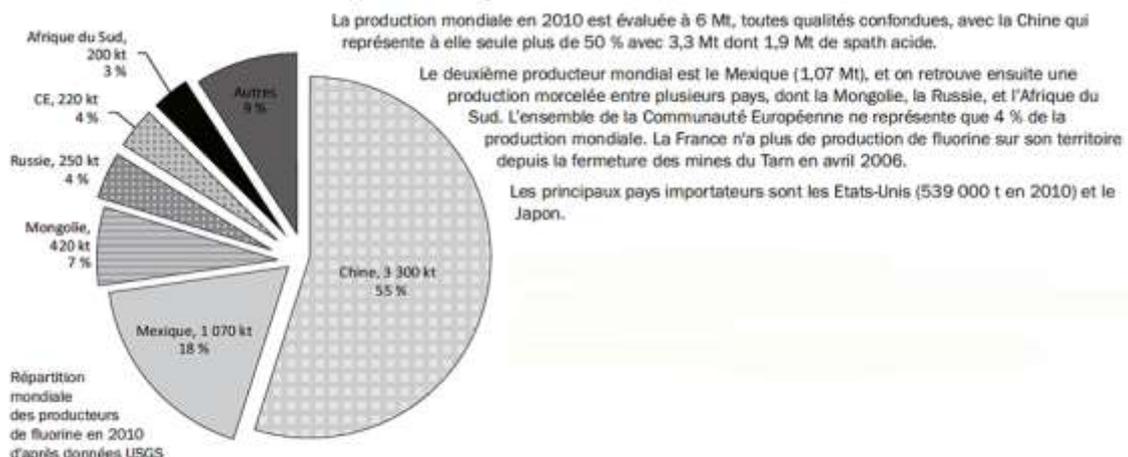
Informations complémentaires

La fluorite (ou « spath fluor » selon la terminologie industrielle traditionnelle) est un fluorure de calcium (CaF_2) contenant environ 49 % de fluor. Ce minéral, unique source de fluor, a trois grands groupes d'utilisation correspondant chacun à des spécifications particulières ; les deux premiers groupes représentent ensemble plus de 90% de la consommation :

- - comme fondant en métallurgie (qualité « spath métallurgique », à plus de 60 % CaF_2);
- - acide (ou chimique) dans l'industrie de l'aluminium et comme source de fluor pour dérivés fluorés (qualité "acide", à plus de 97% CaF_2);
- - comme opacifiant dans l'industrie du verre et des céramiques (qualité "céramique", 85 - 96% CaF_2).

En 1999, les productions minières ont été dominées très largement par la Chine, avec plus de la moitié de la production mondiale (2,25 Mt pour 4,1 Mt), suivie de loin par le Mexique (0,561 Mt) et l'Afrique du Sud (0,217 Mt).

La production française, qui doit faire face à la concurrence des exportations chinoises, est en baisse mais se maintient encore aujourd'hui à un niveau significatif (3^{ème} rang européen derrière l'Espagne et l'Italie), avec 105 800 t de production marchande (constituée à 80% de spath de "qualité acide") en 1999. Le marché a été essentiellement soutenu par les usages en chimie (demande croissante suite à l'interdiction des CFC). En 1999, cette production fut assurée par trois mines exploitées par la Sogerem (filiale de Péchiney) dans le Tarn : les mines à ciel ouvert de **Montroc** et **Le Moulinal** et la mine souterraine du **Burc**. L'extraction a été stoppée la même année dans les mines du **Rosignol (Chaillac)** (37) et **Maxonchamp** (88). A fin 1999, la production cumulée française en spath tout-venant depuis 1861 est de 11 Mt. La production annuelle record a été de 0,37 Mt en 1972.



En France, la fluorite a été exploitée sur une soixantaine de sites, dont cinq ont fourni des productions cumulées de 1 à 2 Mt CaF_2 : **Escaro** (66), **Fontsante** (83), **Montroc** (81), **Le Burc** (81) et **Langeac** (43). Une dizaine de mines ont produit de 0,1 à 0,5 Mt CaF_2 et une vingtaine d'autres de 10 000 t à 100 000 t CaF_2 .

Le reste des productions correspond à des petites mines ayant produit au plus quelques milliers de

tonnes. Ces gisements et les gîtes potentiels sont répartis en quelques grands districts :

- District du **Morvan** : **Maine** (71), **Voltennes** (71), **Pierre-Perthuis** (89), **Antully** (71), **Courcelles-Fré moy** (21);
- District du **Limousin - Marche** : **Chaillac - Le Rossignol** (36), **La Charbonnière** (87);
- District d'**Auvergne** (Puy-de-Dôme) : **Le Beix** (63), **Martinèche** (63);
- District de **Haute-Loire** : **Langeac** (43), **Chavaniac - Lafayette** (43);
- District du **Tarn - Albigeois** : **Montroc** (81), **Le Burc** (81), **Trébas** (81), **Le Moulinal** (81), **Padiès** (81),
- District des **Pyrénées** : **Canigou** (66), **Escaro et Sahorre** (66);
- District de **Provence** : **Fontsante** (83), **Le Garrot** (83), **Le Planestel** (83);
- District des **Ardennes** : **Foisches** (08), **Rancennes** (08);
- District du **Beaujolais - Lyonnais** : **Lantignié** (69);
- District de **Forez** : **Nizerolles** (03), **Ambierle** (42);
- District de l'**Ardèche - Lozère** : **Saint-Etienne-de-Lugdarès** (07), **Saint-Laurent-les-Bains** (07);

Du point de vue typologie, on distingue deux grands groupes de gîtes de caractéristiques très distinctes : Les **gîtes filoniens**, de loin les plus nombreux, encaissés dans des formations diverses du socle hercynien ("filons de socle") où la fluorite est soit associée à des sulfures Pb-Zn-Cu et quartz-barytine en proportions variables (filons essentiellement fluorés, fluo-barytiques ou à dominante Pb-Zn), soit avec des carbonates Ca ou Fe (gîtes fluo-carbonatés à sidérite - chalcopyrite fréquentes); ces gîtes sont contrôlés par des fractures de grande extension, parfois en relation avec des bassins carbonifères ou permo-carbonifères. Leur taille varie de quelques milliers de tonnes à plus de 1-2 Mt de fluorite contenue (Montroc, Le Burc, Langeac, Escaro, Fontsante). La teneur en fluorine est généralement de 40 - 70%, mais des teneurs plus élevées ont permis l'exploitation de très petits gîtes. Les filons représentent pratiquement l'exclusivité des productions.

Les **gîtes stratiformes**, caractérisés par une minéralisation disséminée dans des niveaux sédimentaires particuliers (grès, carbonates) ; la fluorite est associée à de la silice, barytine et traces de sulfures de métaux de base. Ces minéralisations sont contrôlées par les niveaux de base de la série mésozoïque transgressive sur le socle hercynien (Trias et Lias basal), en relation avec des structures actives au cours de la sédimentation. Ces gîtes, localisés essentiellement en périphérie du Morvan, se caractérisent par de forts tonnages de minerai à teneur relativement basse (30 - 40 % CaF₂) et se classent parmi les principales concentrations de fluorite mondiales.

Ils constituent l'essentiel des ressources actuelles.

Les **réserves** actuelles sont estimées à environ 9,6 Mt de fluorite pure. Ce chiffre inclut des réserves prouvées, contenues par les gîtes stratiformes du pourtour du Morvan (**Pierre-Perthuis - Pontaubert** (89), **Marigny-sur-Yonne** (58), **Courcelles-Fré moy** (21) et **Antully** (71). Les autres réserves de cette catégorie sont contenues dans des gisements filoniens après exploitation : **Fontsante** (83), **Padiès** (81) ou inexploités : **Compolibat** (12), **Saint-Etienne de Lugdarès** (07), **Le Rocheray** (Bois Feuillet, 73), **Nizerolles** (03). Les réserves probables et possibles sont localisées principalement dans les gîtes stratiformes d'**Egreuil** (58) et **Antully-Charbonnière** (71), ainsi que dans une dizaine de gîtes filoniens. Des ressources importantes, mais non démontrées, sont associées à des gîtes à teneur relativement basse (**Le Sapéy**, 73), à des minéralisations stratiformes sur le pourtour du Morvan, mais situées à profondeur importante, ou encore associées à des gîtes à barytine dominante avec fluorine récupérable en sous-produit (**Les Renauds** (58), **Chaillac - Les Redoutières** (36). La valorisation de ce potentiel se heurte cependant à des problèmes d'exploitabilité en souterrain, de zones à basse teneur et de contraintes environnementales.

Quand il s'agit d'un fossile, une fiche d'identification de l'animal prend place... Elle a été calquée et aménagée à partir de la synthèse finale d'un travail de groupe réalisé par mes élèves de 6^{ème} primaire pour l'observation d'un animal vivant... (Merci à eux !!!)

Identification de boîte : 14/07

**Provenance : Tranchée du chemin de fer
rue des Mignéés,
Bois de Biron,
entre Barvaux et Hotton
4518 Fr3n**

Carte d'identité d'un fossile

Carte d'identité n°000007

Tiroir n°14

Nom latin : Spirifer verneuilli

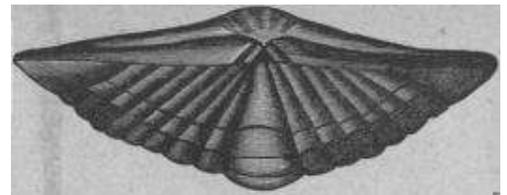
Localisation précise : Tranchée du chemin de fer de Barvaux,
rue des Mignéés,
Bois de Biron, entre Barvaux et Hotton
4518 Fr3n

(Assise de Barvaux composée de schistes violets avec gros fossiles)

Photo d'un spécimen



Dessin idéalisé d'un spécimen



Description du spécimen

C'est l'un des Brachiopodes les plus connus. C'est une grande espèce fusiforme (de 6 à 12 cm de long... parfois même jusqu'à 20 à 25 cm de long pour les plus grands spécimens), plus ou moins allongée transversalement, à bord cardinal rectiligne, crochets plutôt saillants et même assez proéminent, dominant une area bien développée avec large pseudo-deltidium. Ornementation de nombreuses côtes rayonnantes en éventail, arrondies, très serrées (de 40 à 90 côtes radiales sur chaque valve). Un bourrelet dorsal médian, correspondant à une dépression ou sinus de la valve ventrale. Le genre *Spirifer* est caractérisé par ses spirales internes bien développées, à pointes dirigées vers les bords extrêmes de la coquille.

Photos de l'endroit







Description de l'endroit

Nous entrons dans Barvaux en venant de Durbuy, Hotton. Nous passons devant une grande surface située à notre droite. Un peu plus loin, une rue à droite nous conduit sous un pont sur lequel passe le chemin de fer. Tout le talus du chemin de fer est à explorer. Attention, depuis quelques années, la S.N.C.B. l'interdit !!! Nous sortons de Barvaux en se dirigeant vers Marche-en-Famenne. La route longe le chemin de fer par la droite. Dans une côte, un long virage sur la gauche s'amorce et nous passons sur un pont qui enjambe la voie ferrée. Le chemin de fer est maintenant à notre droite passons. Un peu plus loin, à droite, nous croisons la rue des Mignéés. Nous l'empruntons. Nous retraversons le chemin de fer et nous nous garons aux abords de la petite maison. Un chemin forestier sur la gauche pénètre le bois puis longe un talus qui n'est autre que les déchets du creusement de la voie ferrée. Ces talus recèlent de nombreux Brachiopodes comme *Spirifer verneuilli* et *Spirifer grabaui*. L'autorisation de prospection est à demander à l'administration communale de Jalhay et si l'autorisation vous est accordée, elle sera de toute manière soumise à l'accord préalable de l'agent de la DNF en charge de la région Cantonnement de Marche-en-Famenne.

Règne

Végétal		Animal	
---------	--	--------	---

Embranchement

Vertébré		Invertébré	
----------	--	------------	---

Famille

Mammifères		Echinodermes échinides	
Oiseaux		Echinodermes stellérides	
Reptiles		Echinodermes ophiurides	
Amphibiens		Echinodermes crinoïdes	
Poissons		Bryozoaires	
Mollusques gastéropodes		Arthropodes crustacés	
Mollusques bivalves		Arthropodes insectes	
Mollusques céphalopodes dibranchiaux		Arthropodes myriapodes	

Mollusques céphalopodes tétrabranchiaux		Arthropodes arachnides	
Coelentérés hexacoralliaires ou madrépores		Arthropodes trilobitomorphes	
Coelentérés octocoralliaires ou rugueux		Brachiopodes	

Ecologie

Contrairement au Paléozoïque, les représentants actuels sont peu nombreux, moins de 300 espèces. Peu à peu, concurrencés par les lamellibranches, ils ont abandonné les niches écologiques qu'ils occupaient auparavant pour se retirer dans des milieux plus adaptés à leur besoins vitaux. Aujourd'hui, on trouve ces organismes, exclusivement marins, dans toutes les mers du monde, bien que la majorité d'entre eux semblent préférer les eaux froides. Ils occupent un intervalle bathymétrique très étendu, allant des plates-formes peu profondes (0-200 m) aux zones abyssales (plus de 4 500 m). La nature du substrat, fonds durs (parois rocheuses, débris coquilliers, tubes de serpules...) ou fonds meubles (vase, sable...), l'énergie du milieu et les apports terrigènes, conditionnent l'installation et la radiation des peuplements de brachiopodes.

10. Le transport d'une collection ou d'échantillons

A différents moments, le géologue amateur aura l'occasion de transporter sa collection, une partie de sa collection ou seulement quelques échantillons... pour une présentation, une exposition... ou tout simplement au retour de la carrière avec de nouveaux échantillons découverts.

Le transport d'échantillons que ce soit des minéraux ou des fossiles, n'est jamais sans danger.

On ne transporte pas des échantillons géologiques comme on transporte des pommes de terre.

Les minéraux et les fossiles sont des objets fragiles que les heurts et même les frottements prolongés usent et brisent.

Les échantillons doivent donc être emballés de telle façon qu'ils ne puissent ni se heurter si se frotter. Il faut isoler chaque échantillon dans un petit emballage individuel : une boîte garnie de journaux, de plastique à bulles, de papier essuie-tout... pas trop serré. Le tout doit être rangé soigneusement dans une caisse, qui doit être pleine, c'est-à-dire que si la quantité d'échantillons est insuffisante, il faut compléter avec des bouchons de papier ou de la fibre de bois ou des restes de destruction de papier ou encore des chips de polystyrène.

11. Et qui sait ??? peut-être qu'un jour... La célébrité...

11.1. La recherche en géologie

On nous demande souvent, à nous géologues amateurs, ce que nous faisons comme travail de recherche. Malgré tous nos efforts pour essayer d'expliquer les tenants et aboutissants de nos études avec des mots précis et compréhensibles, nos interlocuteurs répliquent invariablement à nos explications : « oui, oui... » en soupirant plus ou moins, plus intrigués que jamais. Aussi, vais-je tenter de vous raconter aussi clairement que possible les étapes d'une recherche scientifique.

11.2. Ai-je le profil du chercheur ???

(Des chercheurs qui cherchent, on en trouve mais des chercheurs qui trouvent on en cherche...)

(Réponse obligatoirement « oui » à toutes les questions !!)

oui	non	
X		Je suis plein d'enthousiasme
X		Je suis un névrosé compulsif pathologique
X		Je suis un ténébreux besogneux
X		Je suis l'esclave de mon travail
X		Je suis maniaco-dépressif chronique
X		Ma conception du bonheur est d'utiliser un jargon que moi seul comprends et de citer des auteurs importants
X		J'ai certaines tendances au suicide
X		J'ai un ulcère à l'estomac

11.3. Le choix du Thème de la Recherche

Pour commencer une étude, il faut que je choisisse un thème d'étude, un problème qu'il faut résoudre. Pour bien faire, ce thème doit être neuf, pas encore étudié et ne doit pas avoir fait l'objet d'une publication officielle.

11.4. La Recherche

Au début, cela paraît si simple que je crois pouvoir régler le problème en deux coups de cuillère à pot. Mais dès les premières études et dès les premières recherches, je me rends compte que c'est tellement compliqué, que je n'y comprends plus rien. C'est comme une hydre à sept têtes. Quand on en coupe une deux autres repoussent. Plus je crois trouver des solutions aux problèmes, plus il y a de nouveaux problèmes qui apparaissent.

Alors, je me mets au travail. Je me lance à corps perdu, tel Don Quichotte attaquant les moulins à vent. Je cherche, je cherche toujours et je peux passer des heures et des heures à chercher sans rien trouver.

Je crois alors que les bibliothèques universitaires vont m'être d'un grand secours... Je m'y rends plein d'enthousiasme et ... je ne comprends rien au système de classement qui change d'une bibliothèque à l'autre et qui change d'un bibliothécaire à l'autre !!! Enfin, après des heures de recherches infructueuses, j'ai enfin trouvé le rayonnage qui m'intéresse et... les références les plus importantes sont en russe ou en japonais. (c'était bien la peine d'apprendre l'anglais pendant 6 ans d'humanités !!!)

C'est dans ces moments-là, qu'on devient drôlement inquiet et c'est alors qu'on se demande si c'était une bonne idée de faire une telle étude. Mais on ne trouve pas vraiment de réponse et on reste seul devant l'énigme de la page blanche. Là, c'est la déprime qui s'installe !!

11.5. La Découverte

Des fois, c'est super, parce que je découvre des trucs importants. Evidemment, ça peut arriver à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit et ça, c'est pas bon pour le sommeil. Je me demande alors si je ne deviens pas complètement fou et je déprime encore un peu plus car je comprends que je vais y laisser une bonne partie de ma santé mentale mais malgré tout, je suis super content...

Des fois aussi, ça se passe mal, parce que je me trompe. Et quand je me trompe, ça ne rigole pas, mais alors pas du tout. Il faut revenir en arrière, trouver l'erreur, recommencer, corriger, modifier ses modèles mentaux et là je déprime de plus en plus... et je commence à penser que je ne finirai jamais (et là, j'ai probablement raison !!)

11.6. Les Séminaires

De temps en temps, des séminaires à propos d'un sujet parallèle à celui que je traite, ou à propos d'un sujet annexe sont organisés. Il est bon d'y participer. D'abord parce que les thèmes abordés peuvent me donner des idées pour continuer mon étude mais aussi et surtout parce qu'il est possible d'y rencontrer des gens qui peuvent m'aider à un moment ou à un autre. Se faire connaître est toujours avantageux. Et puis, un de ces professeurs, un de ces conférenciers pourra éventuellement lire mon travail et m'aider à peaufiner une présentation adéquate... c'est toujours utile de se faire des relations, des connaissances, des amis.

11.7. La Gloire (enfin)...

Le travail arrive à sa fin. Il est temps de rédiger. C'est un travail de titan mais malgré la déprime je m'y attaque.

Disque dur grillé. Faut acheter un nouvel ordi... Avais-je des sauvegardes de tous les travaux, de toutes les recherches, de toutes les expériences ??

Là, je suis au bord de la crise de nerf.

Après 6 mois de rédaction, les conclusions des recherches d'un confrère sur un thème annexe au mien viennent remettre une partie de mon travail en question. Il faut reprendre une partie de la recherche, la retravailler en fonction de ces nouvelles informations.

Et si le professeur d'université, « l'ami » rencontré dans un séminaire qui a accepté de lire mon travail, ne m'a pas poignardé dans le dos en publiant mes découvertes sous son nom, je parviens au terme de ma recherche et je parviens à boucler mon étude.

Mon travail est alors lu par un géologue professionnel, un professeur émérite. Il trouve cela intéressant, ordonne quelques petites corrections, rédige une préface et voilà mon étude publiée.

A lieu ensuite une grande cérémonie, avec plein de gens très importants : des professeurs d'université, des géologues... On y reconnaît ma valeur, on m'accordera peut-être une bourse pour entamer de nouvelles recherches, les chemins de la recherche me sont glorieusement ouverts et je suis l'honneur de mes parents et l'orgueil de mon pays, et tout le baratin et bla bla et bla bla.

J'aurai ma photo dans le journal, on parlera de moi et je serai célèbre... un fossile portera peut-être un jour mon nom.

10. En guise de conclusion...

Ici se termine le "Fascicule Technique à l'usage des Géologues Amateurs version 5.0". Ceci n'est pas LA BIBLE des géologues amateurs ni LA VERITE. Il n'y a pas qu'UNE seule vérité. C'est MA vérité en fonction l'angle de vision que j'ai du problème. D'autres pourront avoir une autre vision des choses et une autre vérité.

Malgré cela, S'il est loin d'être parfait, ce fascicule a le mérite d'exister. Il ne tient qu'à vous de le lire, de le modifier, de le compléter... et, éventuellement, même de me faire part de vos observations.

Néanmoins, je pense qu'un jeune voulant débiter une collection sans pour autant jeter toutes ses économies dans les bourses minéralogiques et paléontologiques, mais voulant chercher sur le terrain peut, après lecture de ce petit fascicule, avoir une bonne base géologique afin de pouvoir faire ses premières découvertes, et peut commencer à gérer une bonne collection personnelle.

Bonne lecture, bonnes recherches, belles découvertes et surtout, prenez beaucoup de plaisir à vous promener dans la Nature, à chercher des minéraux et des fossiles et à créer votre collection.

Annexe 1 : Echelle géologique générale servant de base à la conception des étiquettes et des cartes d'identités de minéraux et fossiles avec les étages numérotés arbitrairement de 100 en 100.

Annexe 2 : Echelle géologique régionale (Dévonien) servant de base à la conception des étiquettes et des cartes d'identité de minéraux et fossiles avec les étages, les formations, les membres et les couches avec une numérotation bien plus précise.

Annexe 3 : Echelle géologique régionale (Massif de Rocroi) servant de base à la conception des étiquettes et des cartes d'identité de minéraux et fossiles avec les étages, les formations, les membres et les couches avec une numérotation bien plus précise.

Annexe 1

Millions d'années	Ere	Période	Epoque	Etage	Principaux évènements	N°
-0,0012		Holocène supérieur	Néolithique		Début de l'âge du fer	12500
-0,0015					Installation de civilisations proto-celtes en Gaule	12400
-0,0016					Début de l'âge du bronze	12300
-0,0018					Installation des Ligures en Europe Occidentale	12200
-0,0025					Début de l'âge du cuivre	12100
-0,0075					Sédentarisation apparition de l'élevage, de l'agriculture, de la poterie, du tissage et des premiers mégalithes	12000
-0,015	Quaternaire supérieur		Mésolithique			11900
-0,020			Paléolithique		Fin de la glaciation de Würm	11800
-0,025					Disparition de l'homme de Neandertal	11700
-0,035					Début de la civilisation Moustérienne du Chatel	11600
		Holocène inférieur				

-0,04					Arrivée de l'Homo Sapiens en Europe	11500
-0,05					Apparition des premières peintures rupestres	11400
-0,07					Début de la civilisation Moustérienne	11300
-0,08					Début de la glaciation de Würm Premières sépultures	11200
-0,13					Fin de la glaciation de Riss	11200
-0,30					Début de la glaciation de Riss	11100
-0,20					Apparition des premiers Homo Sapiens	11000
-0,40					Début de la glaciation de Mindel, domestication du feu	10900
-0,65					Début de la période interglaciaire Günz-Mindel	10800
-0,80	Quaternaire inférieur	Pléistocène	Supérieur		Apparition des premiers Hommes de Néandertal en Espagne (Atapuerca)	10700
-0,95					Début du prépaléolithique Début de la glaciation de Günz	10600

-1,2			Inférieur		Apparition de l'Homo Erectus dans le Sud de la France	10500				
					Disparition d'Australopithecus Robustus					
-1,3					Disparition de l'Homo Habilis	10400				
-1,6					Apparition de l'Homo Erectus	10300				
-1,8					Première présence d'outils (galets) en France en Haute-Loire	10200				
	Apparition des premiers outils symétriques (bifaces) près du lac Turkana									
-2					Première présence d'Australopithecus Robustus	10100				
-2,5					CENOZOIQUE (Tertiaire)	Néogène	Pliocène	Gélacien	Apparition de l'Homo Habilis et des premiers outils	10000
-3									Première présence d'Australopithecus Africanus	
-3,18									Présence d'Australopithecus Afarensis (Lucy) près de Hadar	
-3,5									Plaisancien	Empreintes de préhumains près de Laetoli

-3,7					Première présence d' Australopithecus Afarensis près de Laetoli		
-4				Zancléen	Apparition d' Australopithecus Anamensis	9800	
-4,4					Présence d' Australopithecus Ramidus dans la vallée de Lawash		
-5,5			Miocène	Messinien	Présence d' Australopithèques près du Lac Turkana	9700	
-6							Premiers Australopithèques près de Lothagam Millenium Ancestor, ancêtre probable de l'homme moderne
-8					Tortonien	Séparation de la lignée des Primates et des Hominidés, début de l'East Side Story	9600
-15					Serravalien	Apparition du Kenyapithèque	9500
-20					Langhien	Apparition du Proconsul	9400
-22					Burdigalien	Séparation de l' Australie de l' Antarctique	9300
-23					Aquitaniien		9200

-29			Oligocène	Chattien		9100		
-35				Rupélien	Apparition des Rhinocéridés	9000		
-37			Paléogène	Eocène	Priabonien		8900	
-42					Bartonien		8800	
-49					Lutétien	Cerithium giganteum	8700	
-56					Yprésien	Apparition des premiers Primates Explosion des Mammifères	8600	
-60					Paléocène	Thanétien	Epanouissement des Mammifères Apparition des Insectivores	8500
-64			Dano-Montien	Explosion des plantes à fleurs		8400		
-65			MESOZOIQUE (Secondaire)		Supérieur	Maastrichtien	Chute d'une météorite géante	8300
-72						Campanien	Fin des Dinosauriens et des Ammonites	8200
-83	Santonien	Apparition des Primates				8100		
-85	Coniacien	Formation de l'Atlantique Nord Apparition des				8000		

-88		Crétacé		Turonien	premières plantes à fleurs	7900	
-95				Cénomanién		7800	
-107			Inférieur	Albien	Formation de l'Atlantique Sud	7700	
-110				Aptien		7600	
-112				Barrémien		7500	
-114				Hauterivien		Apparition des oiseaux et marsupiaux	7400
-119				Valanginien		7300	
-125				Berriasien		7200	
-130		Jurassique	Malm	Portlandien	Explosion des ammonites	7100	
-140				Kimméridgien		7000	
-145				Oxfordien		6900	
-150			Dogger	Callovien		6800	

-160				Bathonien		6700	
-167				Bajocien		6600	
-176				Aalénien		6500	
-181			Lias	Toarcien	Apparition de la famille des palmiers	6400	
-188				Pliensbachien		6300	
-195				Sinemurien		Apparition des dinosaures aériens et marins	6200
-204				Hettangien		6100	
-212		Trias		Réthien		6000	
-220				Norien	Fin de la Pangée	5900	
-230				Carnien	Premiers Mammifères	5800	
-235				Ladinien		5700	

-240				Anisien		5600
-245				Scythien		5500
-250	PALEOZOÏQUE (Primaire)	Permien	Supérieur	Thuringien	Premiers Dinosaures	5400
-270			Inférieur	Saxonien	Glaciation 5ème extinction massive des végétaux et des animaux	5300
-290				Autunien	Conifères	5200
-300		Carbonifère	Silésien (Houiller)	Stéphanien	Reptiles	5100
-310				Westphalien	Fougères arborescentes	5000
-320				Namurien	Insectes	4900
-340			Dinantien	Viséen	Amphibiens	4800
-360				Tournaisien	Fougères Poissons osseux	4700
-367		Dévonien	Supérieur	Famennien	Plantes terrestres Premiers tétrapodes	4600
-375				Frasnien	Glaciation 4ème extinction Premières ammonites	4500

-378			Moyen	Givetien	Stringocephalus burtuni	4400
-382				Eifelien	Calceola sandalina	4300
-385		Inférieur		Emsien		4200
-387				Praguien	Paraspirifer cultrijugatus	4100
-390				Lochkovien	Chlorodictum problematicum	4000
-410		Silurien	Pridoli	Pridolien	Schistes Bigarrés d'Oignies et de Saint Hubert	3900
-415			Ludlowien	Ludfordien	Sortie de l'eau des plantes vasculaires	3800
				Gorstien	Actinoptérygiens	3700
-425			Wenlockien	Homérien	Ostéichtyens Myriapodes	3600
-430				Scheinwoodien	Gnathostomes	3500
			Llandovérien	Telychien		3400
- 435				Aeronien	Arachnides	3300
-440				Rhuddanien	Sortie de l'eau des algues	3200

-445			Supérieur	Ashgillien		3100
				Caradocien	Apparition des premiers poissons et des mollusques céphalopodes	3000
-455		Ordovicien	Inférieur	Llandeilien	Trilobites	2900
				Llanvirnien		2800
-470				Arénigien	Premiers végétaux terrestres	2700
-485				Trémadocien		2600
-524		Cambrien	Postdamien	Trempoéaléouien	Apparition des éponges, des mollusques, des trilobites, des échinodermes	2500
				Franconien		2400
				Dresbachien		2300
-545			Acadien	Mayaien		2200
				Amgaien		2100
-560				Lénien		2000
			Géorgien	Atdabatien		1900

				Tommotien		1800
-574				Némakit-Daldynien		1700
-680	PROTEROZOÏQUE	Néo-protérozoïque	Ediacarien	Faune d'Ediacaria	1600	
-1050			Cryogénien	Apparition des premiers vers Glaciation de Sturtien Glaciation de Varangien	1500	
-1500			Tonien	Fragmentation de Rodinia Début du règne des Acritarches (algues vertes)	1400	
-2200			Sténien	Glaciation Formation du super continent Rodinia	1300	
-2400		Méso-protérozoïque	Ectasien	Algues rouges <i>Bangiomorpha pubescens</i>	1200	
-2600		Calymnien	Apparition des premiers métazoaires (êtres pluricellulaires) Fragmentation de Columbia	1100		
-2800		Paléo-protérozoïque	Stathérien	2ème extinction Formation de plateaux continentaux Continent Columbia	1000	

-3050			Orosirien	Apparition des bactéries coccoïdes (ancêtres du phytoplancton) Oxygénation de l'atmosphère Orogenèse sur les terres émergées	900
-3300			Rhyacien	Glaciation huronienne Groupe fossile de Franceville	800
-3500			Sidérien	Formation de fer rubané	700
-3800			Néochéen	Apparition des Eucaryotes (cellules présentant un noyau)	600
-4200			Mésoarchéen	Apparition des algues bleues et de la photosynthèse	500
-4400	ARCHEEN		Paléochéen	Développement des stromatolites Impact d'une météorite géante (Fig Tree) 1ère extinction	400
-4800			Eoarchéen	Apparition des premières formes de vie (bactéries)	300
-5500	ETOILES ET PLANETES			Naissance du système solaire	200
-15000	BIG BANG			Naissance de l'Univers	100

Annexe 2

Millions d'années	Etage	Formation	Assise - Couche	N°
	Etage Famennien supérieur / Strunien		<u>Assise de Comblain-au-Pont</u> composée d'une alternance de calcaires, (calcaires de Comblain-au-Pont), de schistes, de psammites et de macignos (Macignos d'Hastière) à <i>Phacops granulatus</i> , <i>Rhynchonella gosseleti</i> , poisson Diptérus	4700
	Etage Famennien Supérieur (Fa2)	Formation des schistes et grès de la Famenne	Fa2c <u>Assise d'Evieux</u> composée de psammites (Psammites de Huy, Psammites d'Attré et d'Ecaussines) et schistes à végétaux et débris de poissons (Schistes d'Evieux) avec macignos ou schistes noduleux à <i>Palaeotéris hibernica</i> (<i>Archaeopteris hibernica</i>), <i>Holoptychius flemingui</i> , <i>Holoptychius dewalquei</i> , <i>Holoptychius giganteus</i> , <i>Bothriolepis canadensis</i> , <i>Dinichthys terrilli</i>	4608
			Fa2b <u>Assise de Monfort</u> composée de psammites massifs à pavés rouges vers le haut (Psammites de Montfort à <i>Cucullea hardingii</i>) avec couches stratoïdes vers le bas et Schistes (Schistes d'Hyersin) à <i>Cuculloea hardingii</i>	4607
			Fa2a <u>Assise de Souverain Pré</u> composée de macignos ou de schistes noduleux avec psammites et schistes vers le haut à <i>Streporhynchus consimilis</i>	4606

		Formation d'Esneux Fa1c (Région de Marche en Famenne)	<u>Un membre supérieur</u> formé d'une alternance de siltites argileuses et de grès argileux ou micacés (avec horizons à brachiopodes décalcifiés) ; présence de ripple-marks (rides de courant), slumping, structures entrecroisées, pistes de vers, figures de charges, litages à convolutions et débris de plantes..	4605
			<u>Un membre moyen</u> composé de schistes violacés avec des grès calcaireux ou argileux laminaires verts à violacés ; présence de lentilles calcaires avec accumulations de brachiopodes.	4604
			Un membre inférieur composée de grès et grès argileux micacés laminaires verts à violacés avec au sommet des grès calcaireux gris-vert et quelques minces lentilles calcaires passant	

	Etage Famennien inférieur (Fa1)		<p>localement à des lumachelles.</p> <p><u>Limites</u> <i>Les formations d'Aye et d'Esneux peuvent être différenciées, bien qu'à certains endroits la distinction entre ses deux formations s'avère difficile à établir. En parcourant le Famennien inférieur, on remarque que son découpage en formations est loin d'être évident. Cependant l'enrichissement progressif en sédiments de plus en plus grossiers ainsi que l'augmentation de la quantité et de l'épaisseur des bancs silteux et silto-gréseux, permet cette distinction.</i></p>	4603
		Formation des schistes de la Famenne	<p>Fa1b (Région de Marche en Famenne) <u>Assise d'Aye</u> :</p> <p>Alternances variables de schistes gris-vert à gris clair et de siltites ou de grès fins hétérogènes, argileux gris-vert à gris beige, parfois bien stratifiés et laminaires. Notons également la présence de nodules ou lentilles de calcaire à brachiopodes et crinoïdes et localement, des assemblages pluridécimétriques à plurimétriques de bancs de grès micacés.</p>	4602

	Etage Famennien inférieur (Fa1)	Formation des schistes de la Famenne	<p>Fa1b (Région de Couvin) <u>Assise de Mariembourg</u> composée de schistes violacés avec psammites à <i>Rhynchonella dumonti</i>, <i>Cyrtospirifer verneuilli</i></p> <p>Faciès : Après diverses observations, j'ai pu dégager plusieurs tendances : les schistes violacés présentent des bancs minces de psammites avec localement de l'hématite rouge et dans le massif oriental (massif de la Vesdre, massif de Theux) du "fer oolithique de Vézin". Dans l'Est du Massif de la Vesdre et du Massif de Theux, la partie supérieure de l'assise de Mariembourg est composée de macignos et de schistes à nodules calcaires tandis que vers le Sud du Synclinorium de Dinant, vers Romedenne, Doische... l'assise prend un caractère bien plus schisteux avec de nombreux fossiles de brachiopodes.</p>	4601
--	---------------------------------	--------------------------------------	--	------

-367			Fa1a <u>Assise de Senzeilles</u> composée de schistes verdâtres et noduleux F : Rhynchonella Omaliusi	4600
	Frasnien supérieur	Formation de Matagne	Fr3b : Schistes de Matagne très feuilletés verts ou noirs à Cardiola Retrostriata, Goniatites Ferrugineuses, Orthoceras Pyriteux, Buchiola Palmata, Trilobites	4519
		Formation de Barvaux	Fr3n : <u>Assise de Barvaux</u> composée de schistes violets avec gros fossiles : Spirifer Verneuilli <u>Limites</u> <i>La Formation de la Famenne qui succède à la Formation de Barvaux ne s'en différencie souvent que par des critères purement paléontologiques. En effet, il existe un changement important tant dans le contenu que la taille des brachiopodes (absence de grands Cyrtospirifer, présence de différentes espèces de Rhynchonelles,...). Un critère lithologique peut parfois être utilisé ; il concerne la teinte de la roche, pratiquement toujours verte et très rarement brun violacé dans la Formation de la Famenne. Il est cependant malaisé de différencier ces deux formations sur un seul affleurement, surtout à proximité de leur limite.</i>	4518

		Formation des Valisettes	Fr2i Schistes gris foncés et verts noduleux pauvres en fossiles bien que quelques couches en soient très riches avec Spirifers pachyrhynchus	4517
		Formation de Neuville	<u>Membre du Petit Mont</u> : Fr2j Récifs de marbre rouge à Phillipsastrea et Acervularia	4516
		Formation des Grands Breux	<u>Membre du Lion</u> : Fr2h Récifs de marbre gris bleu, stratifiés à stromatopores avec Stromatopora concentrica	4515
			<u>Membre de Bieumont</u> : Fr2g calcaire stratifié en bancs décimétriques à pluridécimétriques de couleur grise, finement bioclastique. Présence d'intercalations argileuses pluricentimétriques.	4514
			<u>Membre de Boussu en fagne</u> : Fr2f : Schistes gris à verts, noduleux à brachiopodes entourant les récifs de marbre gris du Membre du Lion <u>Limites</u>	4513

	Frasnien moyen (Synclinorium de Dinant)		<i>Le Membre de Boussu en Fagne est une série de couches de schistes noduleux entourant les récifs de marbre gris du Membre du Lion. Il est donc clairement établi que ces deux membres sont intimement liés.</i>	
		Formation du Moulin Liénaux	<u>Membre de la Boverie</u> : Fr2e : Calcaires à faciès de bioherme. Visible à la carrière de la Boverie, société Lhoist, à Rochefort	4512
			<u>Membre de l'Ermitage</u> : Fr2d schistes gris noirâtres à verdâtres avec quelques alignements de nodules et petits bancs de calcaires argileux, parfois finement bioclastiques à Phacellophyllum sp., Leiorhynchus formosus, Leiorhynchus megistanus, Receptaculites neptuni	4511
			<u>Membre de Chalon</u> : Fr2c alternance régulière de schistes gris-brunâtre à nodules calcaires et de calcaires argileux gris-noirâtre parfois bioclastiques. avec brachiopodes, rugueux et tabulés. <u>Limites</u> <i>En fait, le Membre de Chalon est intimement lié au Membre de l'Arche. Le Membre de Chalon peut être la semelle calcaire d'un bioherme du Membre de l'Arche mais dans le plus souvent, il sera schisteux et entourera le bioherme</i>	4510

	Frasnien moyen (Synclinorium de Dinant)	Formation du Moulin Liénaux	<u>Membre de l'Arche</u> : Fr2b lentille de calcaire massif biohermal, calcaire massif micritique de couleur rosâtre à grise. La faune y est abondante : stromatopores, tabulés branchus, rugueux, brachiopodes, crinoïdes,... <u>Limites</u> <i>La limite entre le Membre de l'Arche et la Formation de Nismes est le premier banc de calcaire gris à stromatopores surmontant le banc de calcaire gris noduleux. C'est donc le passage d'un calcaire noduleux à un calcaire à stromatopores qui marque le passage du Frasnien inférieur au Frasnien moyen</i>	4509
		Formation de Philippeville	Calcaires noirs en bancs minces avec quelques lentilles bioconstruites avec possibilité de dolomitisation	4508

	Frasnien moyen (Synclinorium de Philippeville)	Formation du Pont de la Folle (Correspond à la formation du Moulin Liénaux dans le synclinorium de Dinant)	<u>Membre des Machénées</u> : Schistes noduleux localement riches en crinoïdes et brachiopodes	4507
			<u>Membre de la Fontaine Samart</u> : Marbre de Cousolre de couleur noire avec de fines veines de calcite blanche	4506
			<u>Membre de la Fontaine Samart</u> : Marbre de Sainte Anne de couleur gris brun tacheté de blanc	4505
	Frasnien inférieur	Formation de Nismes	Fr1o Calcaire gris à rouge stratifié massif et noduleux	4504
			Fr1y Dolomie (dans les carrières en exploitation - Merlemont, Froidchapelle, Villers-le- Gambon...)	4503
			Fr1oy Quelques faciès carbonatés	4502
			<u>Membre de la Prée</u> Fr1m : Schistes verts fins ou noduleux avec brachiopodes à la base avec <i>Goniatites</i> <i>intumescens</i> <i>Receptaculites neptuni</i> <i>Camarophoria formosa</i> <i>Spirifer</i> sp.	4501
-375			Fr1a Schistes calcareux avec très grands brachiopodes de la famille des spiriféridés (zone des monstres) <u>Limites</u> <i>La limite inférieure de la formation de Nismes est fixée au premier banc de calcaire noduleux riche en gros brachiopodes ("Zone des Monstres") situé au dessus du dernier banc de calcaire de la formation de Fromelennes.</i>	4500

		Formation de Fromelennes (Gvb)	<u>Membre du Fort Hulobiet</u> caractérisé par des schistes carbonatés et des calcaires argileux grossièrement noduleux, parfois coquillier.	4406
			<u>Membre du Moulin Boreux</u> constitué d'environ 80 mètres de calcaires biostromaux (au sens large du terme) à coraux, stromatopores globuleux et branchus, tabulés,... le tout en bancs pluridécimétriques à métriques alternant avec des calcaires fins, en bancs décimétriques à pluridécimétriques, à fréquentes laminations algaires; on n'y observe pas de stringocéphales.	4405
			<u>Membre de Flohimont</u> se caractérise par une trentaine de mètres de calcaire argileux, interrompus par une ou plusieurs passées schisteuses.	4404

	Givetien		<p><u>Limites</u> <i>La limite inférieure est définie à la suite du dernier banc de calcaire construit du sommet de la Formation du Mont d'Hauris, isolé dans des calcaires de plus en plus argileux.</i></p>	
		Formation de Charlemont Gva Calcaire de Givet	<p>Calcaire à polypiers du <u>Membre du Mont d'Hauris (Gid)</u> : Calcaires biostromaux massifs à <i>Stringocephalus burtini</i>, Alveolites, Favosites, Disphyllum, Cyathophyllum</p> <p><u>Limites</u> <i>La base du Membre du Mont d'Hauris est marquée par un premier biostrome coiffant les calcaires argileux du Membre de Terre d'Hauris</i></p>	4403
			<p>Calschistes du <u>Membre de Terre d'Hauris (Gic)</u> : Calcaires argileux foncé qui semblent à première vue, un peu gréseux ou finement dolomitiques et qui sont en réalité des calcaires à péloïdes parfois crinoïdiques avec <i>Spirifer mediotextus</i></p> <p><u>Limites</u> <i>La Formation des Terres d'Hauris, succédant à celle de Trois-Fontaines, correspond à une complète réouverture du milieu. En témoigne l'abondance des brachiopodes (<i>Stringocéphales exceptés</i>) et des crinoïdes. Les stromatopores ont totalement disparu et le décompte des coraux se réduit à quelques <i>Thamnopora</i>, l'un ou l'autre rugueux solitaire et, proches de la base, quelques rares colonies d'<i>Hexagonaria</i></i></p>	4402

			<p>Calcaires noirs du <u>Membre des 3 Fontaines (Gib)</u> : Calcaire bleu-noir brillant, massif, dur, peu stratifié en gros blocs, portant des veines de calcite massive blanche avec par endroits, de petites mouchetures de fluorite et dolomitisé vers le haut avec <i>Stringocephalus burtini</i>, <i>Lucina proavia</i>, <i>Phacops fernandini</i> et <i>Orthoceras</i> sp.</p> <p><u>Limites</u> <i>Au point de vue paléontologique il est aisé de différencier les calcaires Eiféliens des calcaires Givetiens. En effet, dans les premiers on y trouve un corail solitaire en forme de</i></p>	4401
--	--	--	---	------

		Formation de Charlemont Gva Calcaire de Givet	<p><i>babouche, Calceola sandalina et dans les calcaires des 3 Fontaines, on y trouve un brachiopode particulier, Stringocephalus burtini</i></p> <p><i>D'un point de vue lithologique le calcaire Givetien commence au premier banc de calcaire bleu-noir brillant, massif, dur, peu stratifié en gros blocs, portant des veines de calcite massive blanche surmontant un calschiste stratifié d'aspect brunâtre, gris-bleu mat sur cassure fraîche.</i></p>	
	Givetien		<p>Schistes calcareux du Gia avec <i>Spirifer undiferus</i>. Si l'on excepte la Formation X très limitée dans l'espace, cette couche marque véritablement le passage de la Formation de Hanonet aux Calcaires noirs du Membre des 3 Fontaines.</p> <p><u>Limites</u> <i>Assez complexe à discerner. D'un point de vue lithologique, cette couche ne se différencie pas vraiment de la Formation de Hanonet... si ce n'est par la disparition totale de Calceola sandalina et l'apparition de Spirifer undiferus.</i></p>	4400

		Formation X	<p>Calcaire argileux crinoïdique stratifié et dolomitique sous forme de lentilles biohermales</p> <p><u>Limites</u> <i>La formation X est très limitée dans l'espace et ne se trouve que dans la partie gauche de la carrière du Fond des Vaulx de Wellin. C'est le seul endroit où une formation surmonte la formation de Hanonet avant l'entrée dans le Givetien. Cette formation est excessivement fossilifère avec brachiopodes, coraux solitaires et coloniaux., crinoïdes et trilobites.</i></p>	4313
--	--	-------------	--	------

	Eifelien	Formation de Hanonet	<p>Cob (sommet) Calcaires assez francs, argileux, schisteux, gris-bleu sur cassure fraîche, prenant rapidement une patine brune terne, finement feuilletée, due à la grande quantité d'argile contenue dans le calcaire avec à certains endroits, un calschiste brun-beige-ocre. Peu de calcite et de minéraux mais de nombreux brachiopodes en bon état de conservation avec <i>Calceola sandalina</i>, <i>Gypidula</i> sp., <i>Cyrtoceras</i> sp., Trilobites, Atrypides, Spiriferidés</p> <p><u>Limites</u> <i>La formation de Hanonet est la partie sommitale de l'Eifelien. Ici le calcaire argileux reprend ses droits avec de nombreux fossiles de brachiopodes, coraux solitaires et coloniaux., crinoïdes et trilobites Les psammites disparaissent.</i></p>	4312
		Formation de la Lomme	<p><u>Membre de Wamme</u> : grès massif psammitique avec calcaire dans la partie supérieure avec lits argile et minces lentilles de calcaire crinoïdique</p>	4311
			<p><u>Membre du Fond des Valennes</u> : Schiste gréseux, par endroit micacés avec passées de grès massif psammitique</p> <p><u>Limites</u> <i>La formation de la Lomme commence avec le premier banc de psammite (grès micacé) surmontant les calcaires et schistes de la Formation de Jemelle</i></p>	4310

			<p><u>Membre de la Chavée</u> : Environ 190 m d'une alternance décimétriques de calcaire massif ou noduleux, par endroits argileux ou crinoïdique, et de schiste en bancs plus épais avec nodules et lentilles calcaires; macrofaune abondante, rugueux solitaires, tabulés, brachiopodes, lamellibranches, trilobites. Ce membre est caractérisé par le développement de biohermes pluridécamétriques de calcaire gris clair massif.</p>	4309
--	--	--	---	------

	Eifelien	Formation de Jemelle	<p><u>Membre du Cimetière</u> : 110 à 115 m de shales fins et siltites gréseuses avec nodules, lentilles ou bancs centimétriques (pluricentimétriques) de calcaire fin, noir.</p>	4308
<p><u>Membre de la Station</u> : Sur environ 40 m, shales gréseux, feldspathifères, avec bancs centimétriques de grès par place micacé et rares nodules calcaires. On observe régulièrement de nombreux brachiopodes.</p> <p><u>Limites</u> <i>La limite entre le membre du Vieux Moulin et le Membre de la Station n'est pas simple à déterminer. En effet, entre Couvin et Treignes, les membres de la Station et du Cimetière sont peu visibles et ne sont présents que dans la région de Beauraing à Rochefort.</i></p>			4307	
<p><u>Membre du Vieux Moulin supérieur</u> : Formé d'un packstone à crinoïdes qui ne contient plus de tempestites et qui présente une forte réaction à HCl. Les fossiles présents dans ce sommet de formation sont des crinoïdes, des brachiopodes, des coraux solitaires et colobiaux. Les bancs deviennent plus épais vers le sommet.</p>			4306	

			<p><u>Membre du Vieux Moulin inférieur</u> : La base de la formation est une siltite fine gris-bleu foncé en bancs pluridécimétriques, contenant des galets calcaires mous (tempestites) et des laminations de couleur rouille.</p> <p>Certains auteurs classent actuellement ici le gîte à trilobites du Mur des Douaniers, de Vireux. Je ne peux malheureusement pas souscrire à cette modification car en "homme</p>	
--	--	--	---	--

			de terrain" je peux dire que les roches présentes sur le site sont des schistes verdâtres micacés exempts de tout galet, ce qui ne correspond pas à la description des roches de Membre du Vieux Moulin. Schistes et siltites se partagent l'épaisseur en proportions sensiblement égales (2 x 130 m environ à Olloy). <u>Limites</u> <i>D'Ouest en Est, la formation de Couvin perd très rapidement la puissance (380 à 400 m) qu'elle avait à Couvin et encore à Petigny. Elle est rapidement remplacée par la formation de Jemelle et le membre du Vieux Moulin. La limite est donc assez aléatoire selon les endroits. Néanmoins, le passage entre les calcaires couvinois et les siltites gréseuses de Jemelle peut être observé sur certains sites.</i>	4305
	Eifelien	Formation de Couvin	<u>Membre de la Goulette</u> : Formé de calcaires en bancs minces très fossilifères (Calceola sandalina). <u>Limites</u> <i>Dans le sentier de la Goulette, le passage de la Formation de Couvin au Membre de la Chavée est visible dans de relativement bonnes conditions. (Membre du Cimetière et de la Station peu visibles entre Treignes et Couvin)</i>	4304
			<u>Membre de l'Abîme</u> : Il est formé d'une épaisseur d'environ 160 m constitué d'une alternance de calcaires en bancs épais métriques à plurimétriques (biostromes) à stromatopores (formes branchues, lamellaires et massives de taille métrique!) et coraux divers, et de bancs décimétriques à pluridécimétriques de calcaire fin, généralement sans macrofaune.	4303

			<u>Membre de la Foulerie supérieur Cobd</u> : 140 m de calcaire crinoïdique à polypiers, gris clair à gris bleu foncé, localement dolomitisé, parfois argileux, renfermant généralement une faune abondante de stromatopores et de coraux.	4302
			<u>Membre de la Foulerie moyen</u> : 40 m de calcaire argileux gris-bleu foncé avec localement de petits bancs de schiste carbonaté à nodules de calcaire fin et noir	4301
			4301.a Co2 ou Cob Assise de Couvin Cobc	4301

	Eifelien	Formation de Couvin	Schistes avec <i>Spirifer ostiolatus</i>	a
			4301.b Co2 ou Cob Assise de Couvin Coba Schistes avec <i>Spirifer speciosus</i>	4301 b
-382			<u>Membre de la Foulerie inférieur</u> Cobm : 40 m de calcaire de Couvin, crinoïdique gris-bleu foncé, généralement avec une faune abondante de stromatopores et coraux, avec <i>Calceola sandalina</i> , <i>Spirifers</i> sp. <u>Limites</u> <i>La Formation de Couvin débute à la base de la succession essentiellement calcaire en bancs décimétriques à métriques qui surmonte le dernier gros banc d'argilo-siltite carbonatée (schiste de l'Eau noire.). Le fossile marquant de la formation est la Calceola sandalina qui se retrouve jusqu'à la Formation X</i>	4300
	Emsien	Formation de Bure	<u>Membre de l'Eau Noire Supérieur</u> : (30 m environ) avec, de bas en haut : des calcaires (quelques mètres) plus ou moins mêlés de schistes, à stromatopores et tabulés lamellaires ; des encrinites (quelques mètres encore) ; des calcaires nodulaires et des calcschistes. <u>Limites</u> <i>Le Membre de l'Eau Noire Supérieur étant essentiellement composé de calcaires et le membre inférieur étant essentiellement composé de schistes, la limite entre les deux est assez visible pour autant que les deux membres de la formation soient présents. En effet, sur de nombreux sites, la formation de l'Eau noire est tellement amoindrie que la Formation de Saint Joseph passe directement à la Formation de Couvin, les reliquats de la formation de l'Eau Noire étant alors englobés dans la Formation de Couvin.</i>	4208

		Formation de Bure	<u>Membre de l'Eau Noire Inférieur</u> : (60 m environ) essentiellement formée de schistes avec encore, à la base, quelques lits gréseux et, dans les 15 ou 20 derniers mètres, un certain nombre de bancs calcaires. <u>Limites</u> <i>Le Membre de l'Eau Noire inférieur débute avec le premier banc de grès surmontant le dernier banc de calcaire crinoïdique du Membre de Saint Joseph</i>	4207
--	--	-------------------	---	------

			<p><u>Membre de Saint Joseph</u> composée de 10-12 m de calcaires suivis de siltites avec l'un ou l'autre banc de grès ou de mauvais calcaire et, pour terminer, un ou plusieurs gros bancs silto-calcaires, crinoïdiques et coquilliers.</p> <p><u>Limites</u> La base du Membre de Saint Joseph est marquée par un banc de calcaire coquillier clair</p>	4206
			<p><u>Membre du Barrage</u> : C'est le sommet de la Formation de Hierges composée de schistes et siltites, contenant par endroits des plages de ciment calcaire et dans lesquels s'intercalent de nombreux bancs de grès calcaires fossilifères et de grès coquilliers ou non.</p> <p><u>Limites</u> La Formation de Hierges, Membre du Barrage débute aux premiers bancs de schistes calcaires surmontant les grès du Membre du Bois Chestion.</p>	4205
	Emsien	Formation de Hierges appelée Formation de Wiltz pour le massif de l'Eifel	<p><u>Membre du Bois Chestion</u> : C'est la base de la formation de Hierges composée d'un niveau d'environ 20 m d'épaisseur caractérisé par des grès quartzitiques ou pélitiques, localement fossilifères, formant deux ou trois ensembles séparés par des intervalles schisteux de couleur grise ou gris-vert, avec certains bancs pétris d'empreintes de fossiles (brachiopodes, lamellibranches) de couleur brun-rouille et d'aspect terreux.</p> <p><u>Limites</u> La Formation de Hierges, Membre du Bois Chestion débute aux premiers bancs de grès et de schistes faisant suite au dernier banc de couleur lie-de-vin de la Formation de Chooz</p>	4204

		Formation de Chooz ou Formation de Winenne	<p>Schistes gréseux et siltites lie-de-vin et verts, avec des bancs décimétriques de grès quartzitiques ou argileux de même couleur, dans lesquels sont intercalés d'importants ensembles de grès verts ou lie-de-vin lenticulaires et pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur. Cette couche est aussi décrite comme étant les Grès et schistes rouges de Winenne appelés Grès et quartzites de Berlé et Schistes Bigarrés de Clervaux pour le massif de l'Eifel</p> <p><u>Limites</u> La Formation de Chooz débute à la base du</p>	4203
--	--	--	---	------

			<i>premier banc de schiste ou de grès de couleur lie-de-vin surmontant la Formation de Vireux</i>	
	Emsien	Formation de Vireux	<u>Membre du Déluve</u> : Grès et grès quartzitiques pélitiques verdâtres, avec des niveaux fossilifères formant d'épaisses masses séparées par des niveaux pluridécimétriques argilo-silteux gris-vert. Certains niveaux contiennent des débris de végétaux, des rides de courant, des craquelures de dessiccation, des laminations. <u>Limites</u> <i>Le Membre du Déluve débute dès l'apparition des grès pélitiques verdâtres surmontant l'ensemble gréseux gris-bleu du Membre de l'Ecluse.</i>	4202
		Cb3 appelés quartzophyllades, phyllades et grès de Schutbourg dans le massif de l'Eifel	<u>Membre de l'Ecluse</u> : Grès et grès quartzitiques gris, gris-bleu, avec des niveaux fossilifères formant d'épaisses masses séparées par des niveaux pluridécimétriques argilo-silteux gris foncé. Certains niveaux contiennent des débris de végétaux, des rides de courant, des craquelures de dessiccation, des laminations. <u>Limites</u> <i>Le Membre de l'Ecluse débute à la base du premier ensemble gréseux gris-bleu surmontant les siltites verts de la Formation de Pesche.</i>	4201
-385		Formation de Pesche	Siltites et schistes verts interstratifiés de bancs et lentilles de grès. Certains sont coquilliers, à ciment carbonaté. <u>Limites</u> <i>La Formation de Pesche débute par des schistes et siltites verts coiffant les grès brunâtres et fossilifères de la Formation de Pèrnelle</i>	4200

		Formation de Pèrnelle	Grès et grès quartzitiques bleu-vert, brunâtres, fossilifères, en bancs épais avec des joints schisteux au sein desquels s'individualise, dans la partie médiane (du moins dans le stratotype), un niveau plurimétrique formé de schistes et de siltites foncés avec quelques minces bancs de grès. <u>Limites</u> <i>La limite inférieure de la formation de Pèrnelle est le premier banc de grès fossilifère brunâtre surmontant le dernier banc de</i>	4105
--	--	-----------------------	---	------

			<i>schistes phylladeux bleu sombre de la formation de La Roche</i>	
	Praguien = anciennement Gedinnien et Siegenien	Formation de La Roche	Schistes phylladeux généralement bleu sombre à verts et phyllades quartzeux avec des niveaux plus franchement gréseux d'épaisseur décimétrique à pluridécimétrique. Fréquemment, présence de petits bancs pluricentimétriques à décimétriques et de niveaux à pseudonodules de grès gris-bleu. <u>Limites</u> <i>Le passage de la Formation de Villé (grès et siltites de couleur rouille) à la Formation de La Roche (schistes phylladeux bleu sombre) est généralement bien marqué dans la topographie : les premiers phyllades de cette dernière formation forment généralement une arête saillante.</i>	4104
		Formation de Villé	Association en bancs décimétriques à pluridécimétriques de schistes et siltites de couleur verte ou gris-vert avec de fréquents niveaux de grès carbonatés, souvent fossilifères (brachiopodes, crinoïdes, lamellibranches, etc.), cariés superficiellement et de grès laminaires gris-vert, gris-bleu, présentant souvent une altération superficielle brune. <u>Limites</u> <i>La formation débute par des schistes gris-vert surmontant le sommet de la dernière masse de quartzites de couleur claire de la Formation de Mirwart</i>	4103

	Praguien = anciennement Gedinnien et Siegenien	Cb2 Formation de Montigny-sur-Meuse	Grauwacke, schistes, psammites et grès de Montigny sur Meuse Il s'agit d'une grauwacke possédant des brachiopodes divers en moules internes et le fameux Corail Chlorodictium Problématiqueum (corail vivant sans doute en symbiose avec un ver.) <u>Limites</u> <i>La formation débute par le premier banc de psammites fossilifères surmontant le dernier banc de quartzites de la Formation de Mirwart.</i>	4102
			<u>Grès, quartzite, schistes et phyllades de Mirwart</u> : Il s'agit essentiellement de niveaux	4101

		Formation de Mirwart = anciennement Cb1a Formation d'Anor	de quartzites, de grès grossiers verts, brunâtres, en bancs lenticulaires d'épaisseur décimétrique à métrique. Ces masses devraient être séparées les unes des autres par des bancs de schistes riches en micas noirs ou bronzés avec fossiles de plantes sur le dessus. <u>Limites</u> <i>La formation débute par des siltites schisteuses vert grisâtre surmontant l'importante masse de grès de couleur claire de la Formation d'Anor ou de Bastogne</i>	
			Grès d'Anor et de Bastogne : Ensemble peu stratifié de grès fin de couleur claire à ciment siliceux. <u>Limites</u> <i>La limite inférieure est le premier banc de grès de couleur gris à crème surmontant les schistes gris-vert de la couche précédente.</i>	4100
-387			<u>Schistes et phyllades de Saint Hubert :</u> Ensemble mal stratifié de schistes et siltites parfois caverneux, verts à gris-vert.	4008
	Lochkovien		<u>Grès et quartzites de Saint Hubert :</u> Ensemble mal stratifié de grès et quartzites parfois caverneux, verts à gris-vert. <u>Limites</u> <i>La limite inférieure est le premier bloc de schiste vert à gris-vert surmontant la couleur rouge (lie-de-vin) de la couche précédente</i>	4007
		Formation d'Arkose	Il s'agit d'une arkose vraie avec grains de feldspaths s'altérant en kaolin (argile blanche) <u>Limites</u> <i>Très facilement visible car le faciès de schistes rougeâtres et de "béton naturel" de la Formation d'Oignies fait radicalement place à une couche de grès grossier clair.</i>	4006

		Formation d'Oignies	Alternance de siltites et schistes rougeâtres en bancs épais dans lesquels sont fréquemment interstratifiés des bancs parfois pluridécimétriques de grès de couleur verte et de schistes et siltites de couleur rouge lie-de-vin ou bigarrée (rouge et vert). Certains bancs contiennent des nodules carbonatés d'aspect carié, suite à l'altération atmosphérique. <u>Limites</u> <i>La limite inférieure est le premier banc de schistes lie-de-vin lardé de quartzite blanc surmontant une alternance beaucoup plus</i>	4005
--	--	---------------------	--	------

	Lochkovien		<i>régulière de bancs silteux et le dernier banc gréseux toujours bleutés, parfois marbrés de couleurs violacées-bleutées de la Formation de Mondrepuis</i>	
		Formation de Mondrepuis	Schistes et siltites bleutés en niveaux épais et compacts (plurimétriques à décamétriques). Présence de bancs souvent lenticulaires d'épaisseur décimétrique à métrique de grès également bleutés. <u>Limites</u> <i>La limite inférieure est le premier banc de grès bleuté surmontant le dernier banc de grès grossier d'arkose d'Haybes</i>	4004
		Formation de l'Arkose d'Haybes	Il s'agit d'un grès grossier, blanchâtre, grisâtre ou verdâtre avec grains de tourmaline noire. A certains niveaux nous retrouvons des cailloux roulés ainsi que des filons de quartz blanc ou de teinte rouille qui proviennent d'un remplissage secondaire des fissures. C'est la "fausse arkose". <u>Limites</u> <i>Très facilement visible car le faciès de schistes foncés et de "béton naturel" de la Formation de Fépin fait radicalement place à une couche de grès grossier clair.</i>	4003
		Formation de Fépin	Au sommet, un faciès schisteux formé de schistes fins et silteux de teinte variée (verdâtre, noire, bleu-vert) dont l'épaisseur des bancs peut atteindre le mètre.	4002
			Au centre, un faciès gréseux où sont associés des grès grossiers à gravillons et galets mous, à stratifications entrecroisées en bancs métriques, d'extension décamétrique, et des grès fins nettement mieux classés que les précédents, en bancs d'épaisseur inframétrique.	4001

-390	Lochkovien	Formation de Fépin	A la base, un faciès conglomératique formé de bancs épais de galets et de blocs mal classés, souvent anguleux et dispersés dans une matrice argilo-sableuse. <u>Limites</u> <i>La base de la formation est un contact sédimentaire discordant sur les roches déformées du Cambrien de la bordure nord du Massif de Rocroi. Le contact est sédimentaire parce qu'il épouse les aspérités d'une surface d'érosion liée à la phase de pénéplation</i>	4000
------	------------	--------------------	--	------

Annexe 3

-524	Postdamien	Trempoéaléouien				2500
		Franconien				2400
		Dresbachien				2300
-545	Acadien	Mayaien				2200
		Amgaien				2100
		Lénien	Devillien (Dv) Quartzites verts et phyllades violets de Fumay	Devillien supérieur (Dv2)	Veine ardoisière de la Renaissance (Dv2b)	2011
					Quartzite des 4 Fils Aymon (Dv2a)	2010
			Roches noires (ferrugineuses) avec quartzites, schistes et psammites (devenant par altération rouillées, jaunes, brunes, vertes....)	Devillien inférieur (Dv1)	Veine ardoisière Sainte Anne (Dv1b)	2009
					Formation de la Longue Haie : Quartzites noirs (Dv1a)	2008
			Revinien (Rv) Quartzites verts et noirs, phyllades violets verts et noirs avec cubes de pyrite.	Revinien supérieur	Formation de la Petite Commune : Quartzites riches en quartz cristallisé sur lit de minerais de fer (Rv4)	2007
					Formation d'Anchamps : Quartzites clairs d'Anchamps (Rv3c)	2006

			Roches sombres et micacées avec inclusion de sills de diabase concordants.	Revinien supérieur	Formation d'Anchamps : Phyllades ferrugineux de la Crapaude Pierre (Rv3b)	2005
					Formation d'Anchamps : Quartzites noirs (Rv3a)	2004
					Veine ardoisière	2003

	Acadien	Lénien	Niveaux de quartz cristallisés avec chlorite, épidote, pyrite, marcassite, sidérite...	Revinien inférieur	de la Folie (Rv2b)	
					Veine ardoisière des 7 heures (Rv2a)	2002
					Veine ardoisière des Peureux (Rv1b)	2001
-560					Niveau de transition composé de phyllades et de quartzites verts (Rv1a)	2000
	Géorgien	Atdabatien				1900
		Tommotien				1800
-574		Némakit-Daldynien				1700