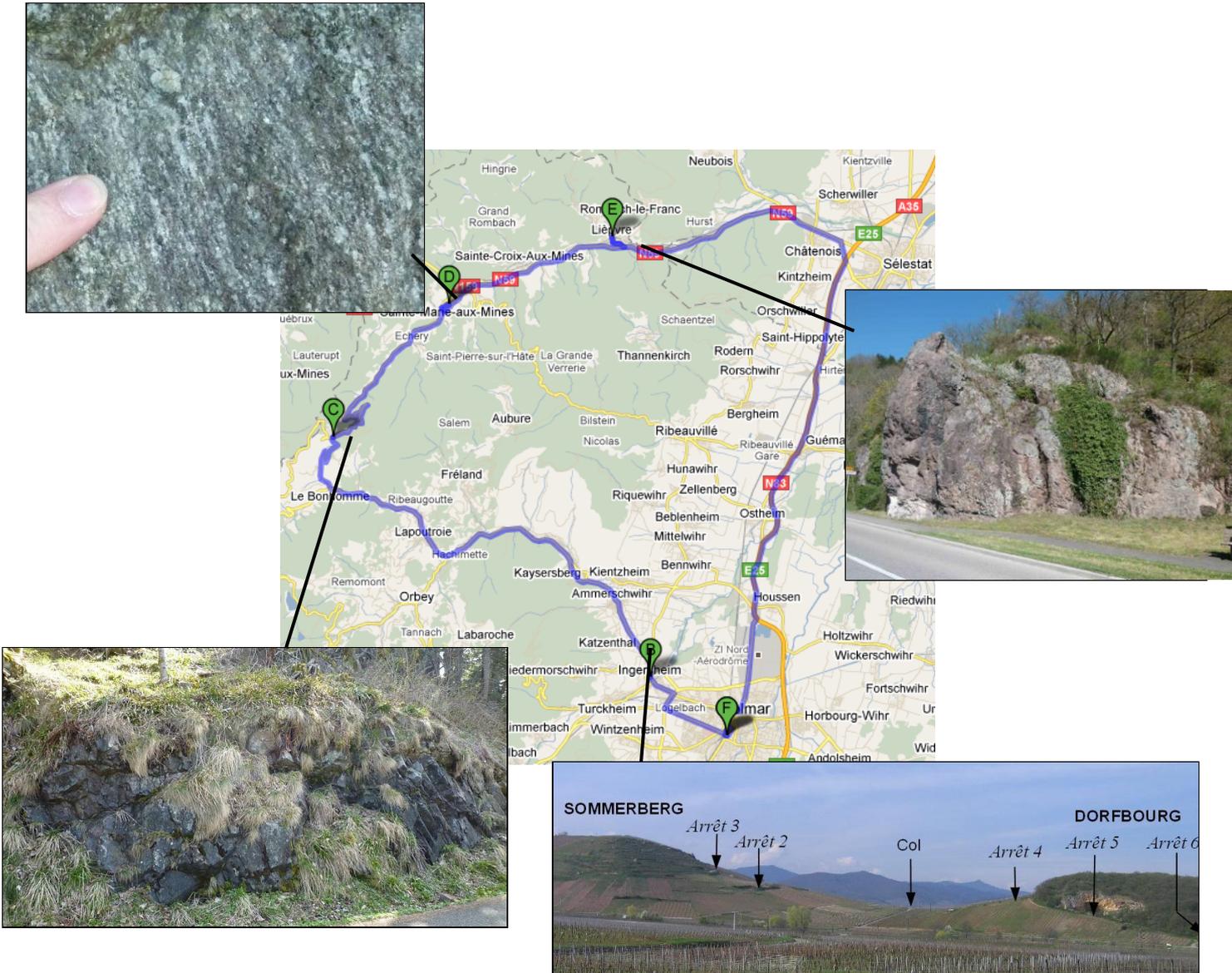


PAF – 6 Mai 2011

EXPLOITATION PEDAGOGIQUE DE QUELQUES SITES GEOLOGIQUES ENTRE COLMAR ET SAINTE-MARIE-AUX-MINES



Horaires indicatives	Site	Objectif
9h30-11h15	Florimont (B)	Etude de la tectonique tertiaire Paysage, érosion et milieu de dépôt sédimentaire
11h45 – 12h30	Col des Bagenelles, Chemin du Haycot (C)	Etude de roches du socle (granulites, péridotites) et interprétation géodynamique
Déjeuner		
13h30 – 14h30	ASEPAM (D)	Présentation de l'ASEPAM et des possibilités de visites de mines
14h40-15h20	Petit-Haut (D)	Etude de roches du socle (gneiss, amphibolites) et interprétation géodynamique
16h00 – 16h40	Lièpvre (E)	Etude de roches du socle (gneiss migmatitique) et interprétation géodynamique

ARRET 1 : LE FLORIMONT

I/ Etude de l'Affleurement.

Le site géologique du Florimont, ensemble de deux collines, le Sommerberg (382 m) et le Dorfbourg (308 m) est situé à l'extrémité Sud du champ de fractures de Ribeauvillé. Entre vignes et flore méditerranéenne, c'est un endroit unique en Alsace où il est possible de retracer sur quelques centaines de mètres, toute l'histoire géologique des Vosges et du fossé rhénan ; on y retrouve de l'Ouest vers l'Est, du Sommerberg vers le Dorfbourg les terrains du Primaire au Tertiaire, âgés de -320 Ma à -30 Ma.

Après être descendus du bus, un trajet à pied entre les 6 arrêts permet de découvrir les indices pétrographiques, fossilifères et tectoniques de l'histoire géologique régionale. L'observation du paysage permet également de repérer les éléments morphologiques de la région dont on esquissera la formation à partir des indices tectoniques de la carrière de la "grande oolithe" du Dorfbourg et de l'ensemble des terrains géologiques traversés.



Florimont vue d'ensemble

- Arrêt n°1 : observation du paysage et des futurs arrêts,
- Arrêt n°2 : calcaire du Muschelkalk,
- Arrêt n°3 : granite, grès et faille vosgienne
- Arrêt n°4 : calcaire du Bajocien moyen
- Arrêt n°5 : calcaire oolithique de la carrière du Dorfbourg (Bajocien supérieur)
- Arrêt n°6 : conglomérat Oligocène

- **Le premier arrêt** permet de visualiser le **paysage** : deux collines, le Sommerberg entièrement dédié à la culture des vignes sur la gauche, le Dorfbourg sur la droite, entaillé par la carrière de calcaire oolithique et coiffé d'une couverture végétale de type méditerranéenne (chênes pubescents...) entre lesquelles se trouve un col, emprunté par une route goudronnée qui mène à Katzenthal. Dans la pente du Sommerberg, on distingue un plateau très nettement visible.

- **Le second arrêt** est l'occasion d'étudier les calcaires du Muschelkalk (65 à 70 m d'épaisseur). Ils sont traditionnellement décrits (Hirlemann, 1970) comme une succession d'unités lithostratigraphiques : Calcaire à entroques (8-10 m), Calcaire à cératites (45 à 50 m) et Calcaire à térébratules (6 à 8 m). Ils représentent l'épisode marin le plus franc du Muschelkalk.



Le Calcaire à entroques est un calcaire massif, sans marnes, de couleur "bleutée", formant un relief vigoureux dans le paysage. Il présente un aspect bréchique bien visible, en rapport avec l'agitation de l'eau peu profonde lors du dépôt dans une zone récifale, riche en encrines soumises à de brusques variations des niveaux d'eau à la suite de tempêtes.



Calcaire du Muschelkalk supérieur

Duringer explique les variations d'unités lithostratigraphiques par des variations du milieu de dépôt et distingue ainsi :

- un domaine marin restreint de type lagon, peu profond dans lequel se déposent les carbonates fins et micritiques très bioturbés correspondant en grande partie au faciès micritique du Calcaire à entroques,
- un domaine de barrière peu profonde à Echinodermes, très riche en matériel biodétritique (entroques), discontinu,
- un domaine marin ouvert caractérisé par des alternances marnes/calcaires du Calcaire à cératites, les marnes représentant la sédimentation en eau calme, tandis que les bancs à cératites représentent des épisodes tempétueux.

On remarquera sur l'affleurement : le calcaire morcelé en bandes étroites par des failles parallèles à la faille vosgienne, le redressement des strates renforce la résistance à l'érosion, d'où le plateau visible dans le paysage, l'aspect bréchique du calcaire micritique.

- **Le troisième arrêt** montre un contact entre le grès vosgien (à gauche) avec le granite (à droite). Granite et grès se trouvent à la même altitude alors qu'ils devraient normalement être superposés. Ceci est dû à la présence d'une faille le long de laquelle les grès sont abaissés. Cette faille fait partie de la faille vosgienne, faisceau de failles ayant globalement une direction N-S et caractérisé par la mise en contact des terrains granito-gneissique du Primaire avec la couverture sédimentaire post paléozoïque. Son rejet atteint 1000 m par endroit, là où le fossé est le plus étroit. La faille vosgienne est apparente là où affleurent les terrains du Secondaire, au niveau des collines sous-vosgiennes.

Au niveau de l'affleurement, le plan de la faille de direction N-S sépare le granite à l'Ouest (en arrière du plan de faille) du grès à l'Est (en avant du plan de faille). La route de laquelle on observe l'affleurement suit globalement le tracé N-S de la faille.



Le granite de Turkheim date du Viséen Supérieur (- 320 Ma). Au niveau de l'affleurement, ce granite de couleur claire jaunâtre est très altéré. Il contient deux micas et présente fréquemment un débit régulier en bancs. Certains secteurs montrant aussi une orientation suggérant un caractère granito-gneissique ; il se serait mis en place à grande profondeur et serait tardi-hercynien.

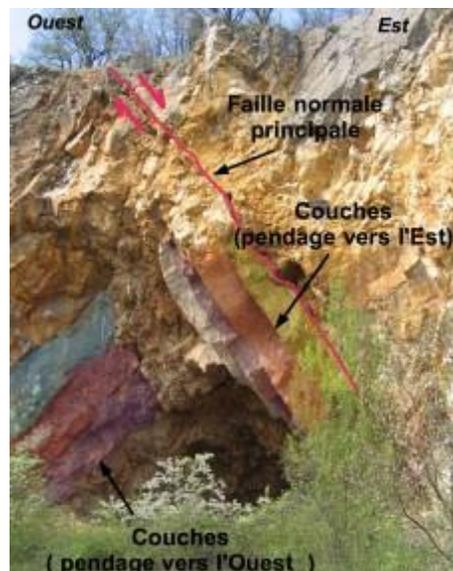
Le grès vosgien, de couleur rouge, date du Buntsandstein moyen (-245 Ma à -241 Ma). Au niveau de cet affleurement, les strates présentent un pendage très élevé, presque vertical, avec du conglomérat sur le bord sud de l'affleurement. C'est un grès grossier d'origine détritique, formé des grains de quartz (85%) et des grains de feldspath potassique (15%) réunis par un ciment silico-ferrugineux. L'épaisseur de la formation peut atteindre 180 m.

Les vignes plantées dans la pente poussent sur les terrains marno-calcaires du Sinémurien, du Pliensbachien, du Toarcien et de l'Aalénien qui se succèdent par âge décroissant d'Ouest en Est. Le relief en creux illustre bien la plus faible résistance à l'érosion de ces terrains. Le Keuper n'est pas visible à l'affleurement.

- **Le quatrième arrêt** permet l'observation de la série du Bajocien moyen (10 à 22 m, datée de -178 Ma à -170 Ma) de couleur jaune brun qui se voit dans le paysage et au sol. Elle est caractérisée par une alternance de marnes et de calcaires. La série débute par 4 à 12 m de marnes riches en grosses Belemnites, puis se poursuit par 1 à 4 m de calcaire oolithique plus ou moins ferrugineux qui donne sa couleur à la formation avec Belemnites et Ammonites, (*Megateuthis giganteus*, *Stephanoceras humphriesianum*) et des grosses huitres (*Lopha marshi*) plissées à coquille très épaisse indiquant une eau chaude riche en carbonate de calcium, et se termine par 5 m de marnes noires, localement sableuses à nombreuses concrétions.

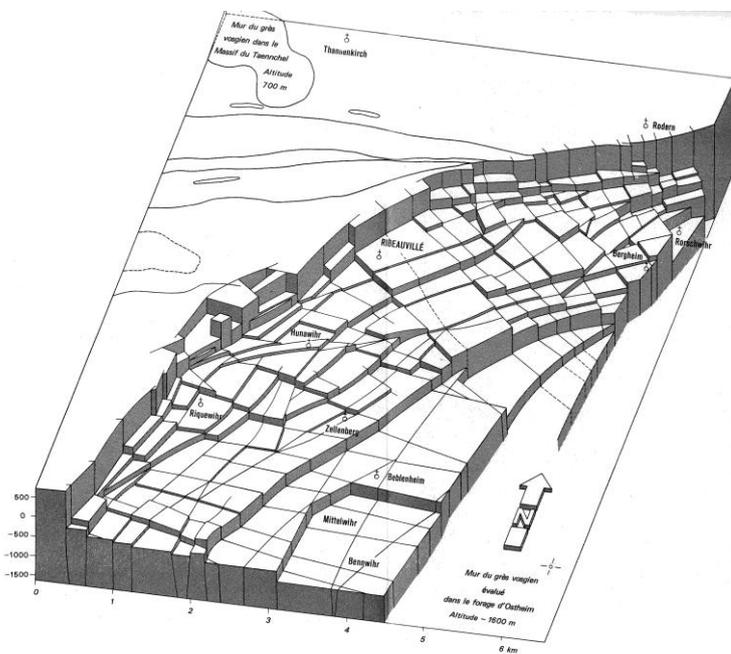


On peut encore trouver quelques fossiles, malheureusement brisés dans ces marnes et des oolites bien formées et en relief.



- **Le cinquième arrêt** permet l'observation de la carrière entièrement taillée dans le calcaire blanc jaunâtre à oolites du Bajocien supérieur (-178 Ma à -170 Ma), ce qu'on appelle "la Grande Oolithe" ; elle présente des strates redressées presque à la verticale et des bancs décimétriques à métriques, découpés en blocs. Ce découpage est lié à la tectonique du Tertiaire.

Au niveau de la tectonique, on peut y repérer une faille principale, zone broyée, (pendage grossièrement vers l'Est), un très beau miroir de faille (pendage grossièrement vers le Nord), plusieurs systèmes de failles, l'un orienté parallèlement à la faille principale, un autre, perpendiculaire à la direction précédente (pendage des failles vers l'Ouest). Par le jeu de toutes ces failles conjuguées, des blocs sont découpés, ce qui à une échelle plus grande, permet de comprendre la formation d'un champ de fractures comme celui de Ribeauvillé.

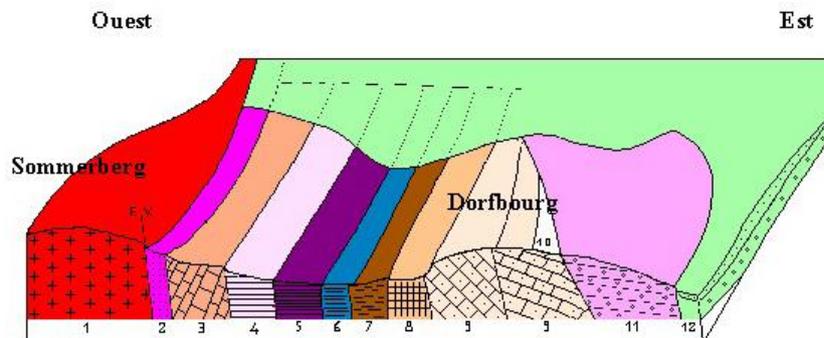
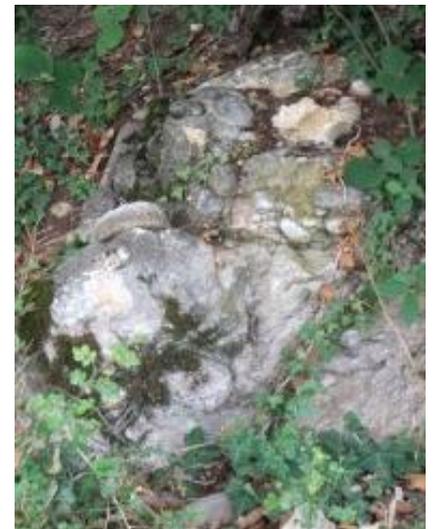


BLOC-DIAGRAMME DE LA PARTIE NORD DU CHAMP DE FRACTURES DE RIBEAUUVILLÉ
(La surface de référence est le mur du Grès vosgien)

Le champ de fractures de Ribeauvillé correspond aux collines sous-vosgiennes entre Saint-Hippolyte au Nord et Turckheim, au Sud, soit une vingtaine de km sur 4 à 1 km de large respectivement du Nord au Sud. Il dessine une sorte de croissant d'allongement parallèle au fossé rhénan (Nord - Sud), limité à l'Ouest par la faille vosgienne (contact entre le socle granito-gneissique et terrains sédimentaires postérieurs) et à l'Est par la faille rhénane (contact entre terrains secondaires côtiers avec les sédiments tertiaires du centre du bassin). Un réseau complexe de failles se développe entre la faille vosgienne et la faille rhénane : on distingue des failles longitudinales de direction plutôt Nord-Sud (N 10° à N 70°) qui découpent des lanières juxtaposées et des failles transversales postérieures (N 90° à N 150°) qui fragmentent les lanières en blocs qui glissent plus ou moins les uns par rapport aux autres d'où l'aspect "en touches de piano", à l'intérieur d'un dispositif général "en marches d'escalier" (cf document). Le fonctionnement de ces failles débute à l'Éocène, reprise en fait des grandes structures varisques, mais la phase principale est datée de l'Oligocène.

- **Le sixième arrêt** montre une série de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, datée du Latorrien, début de l'Oligocène (-34 Ma à -23 Ma), elle comprend de puissantes formations conglomératiques où s'intercalent marnes rouges, brunes, vertes ou beiges. Tous les intermédiaires existent entre les conglomérats grossiers et les sédiments fins. Les conglomérats obéissent au principe de la sédimentation inverse : les niveaux les plus récents contiennent des galets de matériel le plus ancien. Les galets sont d'origine fluviatile, plus ou moins arrondis (certains pas du tout), de taille variable (du mm au m) ; mal triés, ils comprennent toute la gamme des terrains anté-bathoniens (cependant les galets de socle y sont rares).

Les conglomérats dits "côtiers" et les marnes interstratifiées sont les produits grossiers du démantèlement de la couverture sédimentaire qui recouvrait complètement les Vosges (et la Forêt Noire). Ils témoignent de l'érosion active des reliefs proches (à l'Ouest) consécutifs à l'effondrement du fossé. Les sédiments détritiques sont transportés par des cours d'eau qui ont entaillé profondément le relief en formant des canyons et se déversent, mal triés dans le fossé en formant des "fan delta". La sédimentation devient de plus en plus fine au fur et à mesure qu'on s'approche du centre du fossé (P. Düringer).



Bloc diagramme du Florimont

Légende: 1. Granite de Turckheim - 2. Grès vosgien - 3. Muschelkalk - 4. Sinémurien - 5. Pliensbachien - 6. Toarcien - 7. Aalénien - 8. Bajocien moyen - 9. Bajocien sup., Grande oolite - 10. Bathonien - 11. Conglomérat oligocène - 12. Alluvions récentes - FV faille vosgienne. (M Boutantin, d'après M. Ruhland)

Le bloc diagramme du Florimont permet de visualiser l'ensemble des formations présentes.

II/ Des pistes d'exploitation avec une classe.

On remarquera en particulier :

- **la diversité des roches**, de l'Ouest vers l'Est avec la succession de roches magmatiques et sédimentaires, granite /grès /calcaire à entroques /marnes et argiles /calcaire oolithique /conglomérat permettant de reconstituer plusieurs paléoenvironnements
- **la relation entre roches et morphologie du paysage : résistance à l'érosion et relief** ; les roches qui résistent le mieux à l'érosion (granite, calcaire à entroques, calcaire oolithique) forment des plateaux visibles dans le paysage, les roches marno - argileuses sont en creux
- **le rôle de la tectonique** : morcellement de tous les terrains sédimentaires déposés au Secondaire par un système de failles actives au Tertiaire au moment de la formation du fossé rhénan et bien visibles dans la carrière du Dorfbourg et dans le paysage (extrémité méridionale du champ de fractures de Ribeauvillé).

1/ Un exemple d'exploitation en classe de cinquième.

A/ Arrêt 1 - Etude de paysage

a/ Réalise le schéma du paysage dans le cadre ci-dessous, tu y placeras :

Les points cardinaux, le nom des deux collines : Sommerberg à l'W et Dorfbourg à l'E ; les arrêts successifs

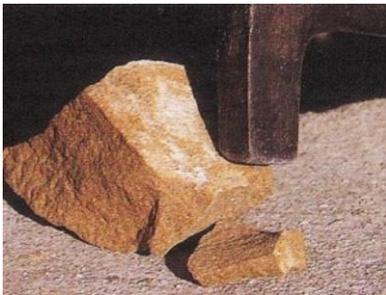
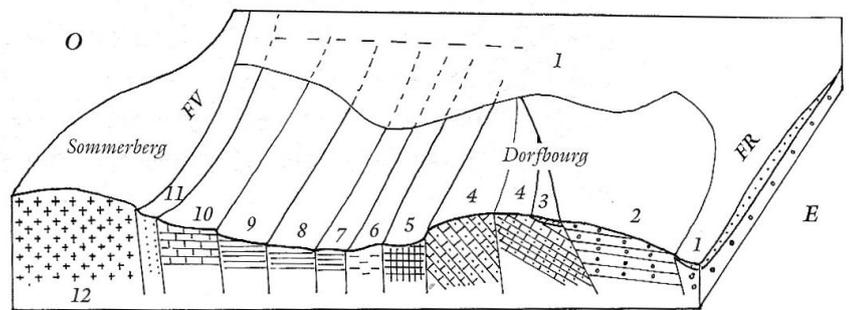
b/ Colorie en Jaune : la plaine ; Vert : les collines et les monts boisés des Vosges ; Orange : les collines cultivées ; Rouge : les traces de l'activité humaine.

B/ Arrêts 2 à 6 - Comment expliquer le relief observé ?

a/ Propose une hypothèse pour expliquer la différence d'altitude entre les deux collines et la partie qui les sépare.

b/ Indique sur le schéma ci-contre la nature des roches à chaque endroit à l'aide de tes observations, de la clé de détermination et des indications du professeur.

c/ Test ton hypothèse à l'aide de ta réponse précédente et des photographies ci-dessous.



Fragmentation d'un grès



Fragmentation d'un calcaire



Fragmentation d'une marme



Arrosage d'un grès



Arrosage d'un calcaire



Arrosage d'une marme

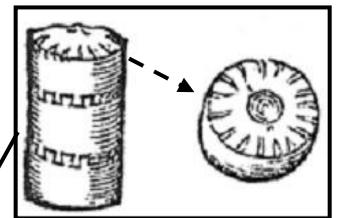
d/ Résume comment le relief du Florimont a pu se former au cours du temps.

C/ Arrêts 2 et 6 - Les roches sédimentaires - archives géologiques de l'histoire de la Terre.

a/ Réalise un dessin de l'échantillon de roche prélevée à l'arrêt 2 (dans le cadre à sa droite) et annote-le.



b/ Trouve à quel groupe d'être vivant pourrait appartenir les fossiles de cette roche en t'aidant des doc ci-dessous.



Dans des roches de la même couche géologique on a trouvé le fossile ci-contre, appartenant au même type d'espèce



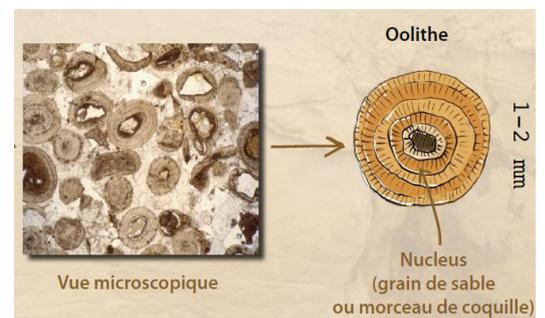
Actuellement les plongeurs peuvent photographier une espèce appelé Umbrella encrinus (photo ci-contre) faisant partie du groupe des crinoïdes. Ce sont des animaux à test calcaire possédant une « racine » et une « tige, » terminée par un calice muni de longs bras segmentés et flexibles leur permettant de filtrer dans l'eau les particules nutritives. Étant des Echinodermes, leurs plus proches parents dans le monde vivant sont les oursins et les étoiles de mer. Les segments ou « articles » qui constituent la tige et les bras de ces animaux, (les entroques), sont circulaires ou pentagonaux et présentent un canal central. Les crinoïdes sont des animaux marins. Ils vivent surtout dans les mers tropicales bien qu'il en existe deux espèces en Méditerranée : et une dans l'Atlantique nord. Ils se rencontrent surtout dans la zone littorale mais ils en vie jusqu'aux grands fonds.

c/ Décris quel type d'environnement devait se trouver à cet endroit il y a 235 Ma.

d/ Décris un échantillon de roche de l'arrêt 5.

La formation des oolithes

Les restes de la vie animale marine se déposent petit à petit sur le fond de la mer. Dans les courants marins, des petits grains de sable ou morceaux de coquille roulent au fond de l'eau et se couvrent doucement de calcaire (un peu comme une boule de neige qui grossit en roulant). Cela forme des petites billes de calcaire de 1 à 2 mm que l'on appelle des oolithes (oolithe vient du grec òon qui signifie « oeuf » et lithos qui signifie « pierre ». La cimentation de ces oolithes par de la calcite (minéral du calcaire) donne le calcaire oolithique.



e/ Décris quel type d'environnement devait se trouver à cet endroit il y a 170 Ma.

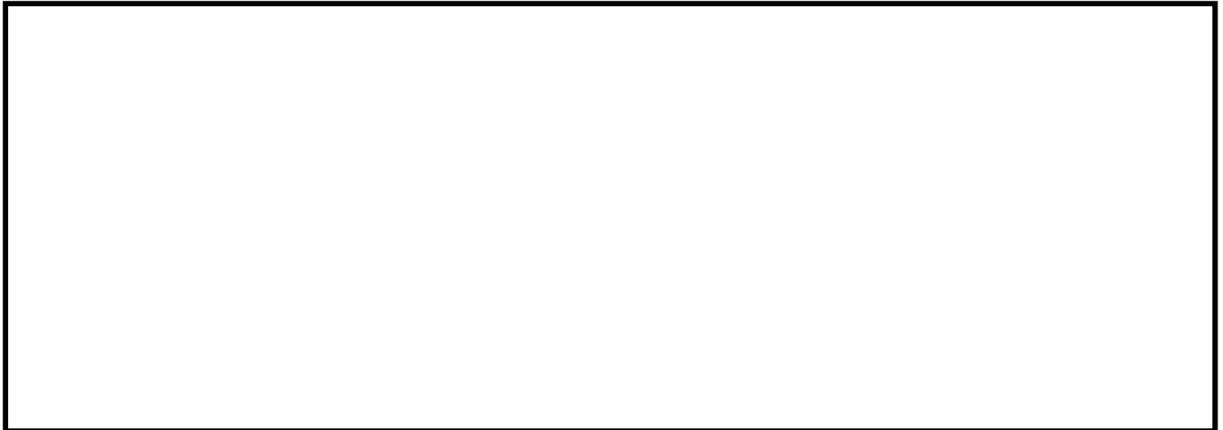
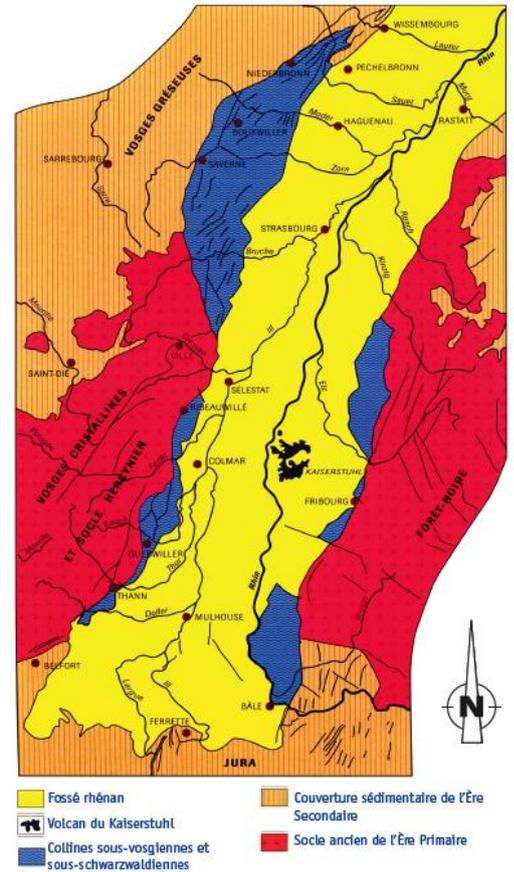


2/ Un exemple d'exploitation en classe de première S.

a/ Repérer sur le schéma structural ci-contre, le site du Florimont, et les unités structurales : collines sous-vosgiennes, les Vosges, la Forêt Noire, le fossé rhénan, le Kaiserstuhl

b/ Faire un schéma du site du Florimont dans le cadre ci-dessous, en y plaçant les annotations suivantes : Sommerberg, Dorfbourg, col, replat, arrêt 1, arrêt 2, arrêt 3, arrêt 4, carrière, forêt sommitale, vignes.

Doc 1 : Carte du schéma structural du Fossé



Arrêt 1 :

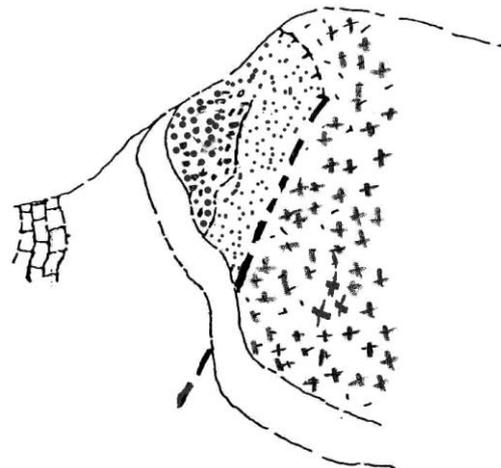
c/ Décrire les roches observées au niveau de l'affleurement

d/ Annoter le document 2 en y indiquant le nom des roches, la faille, le sens de déplacement des compartiments, les orientations Nord et Sud

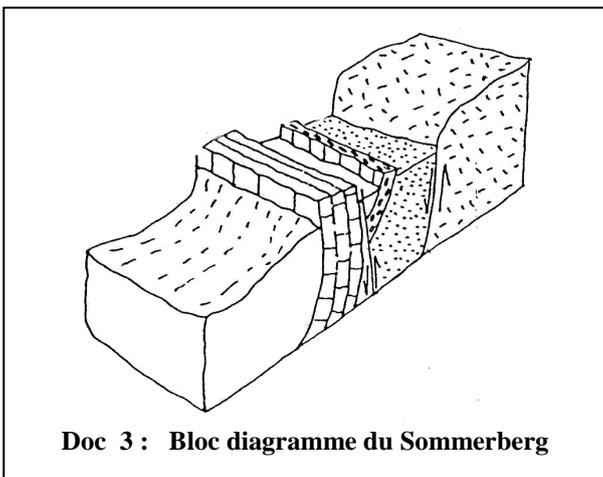
e/ Préciser l'âge des roches à l'affleurement

f/ Estimer le pendage de la faille

g/ Quel type de faille avez vous mis en évidence ?



Doc 2 : Schéma du contact anormal



Doc 3 : Bloc diagramme du Sommerberg

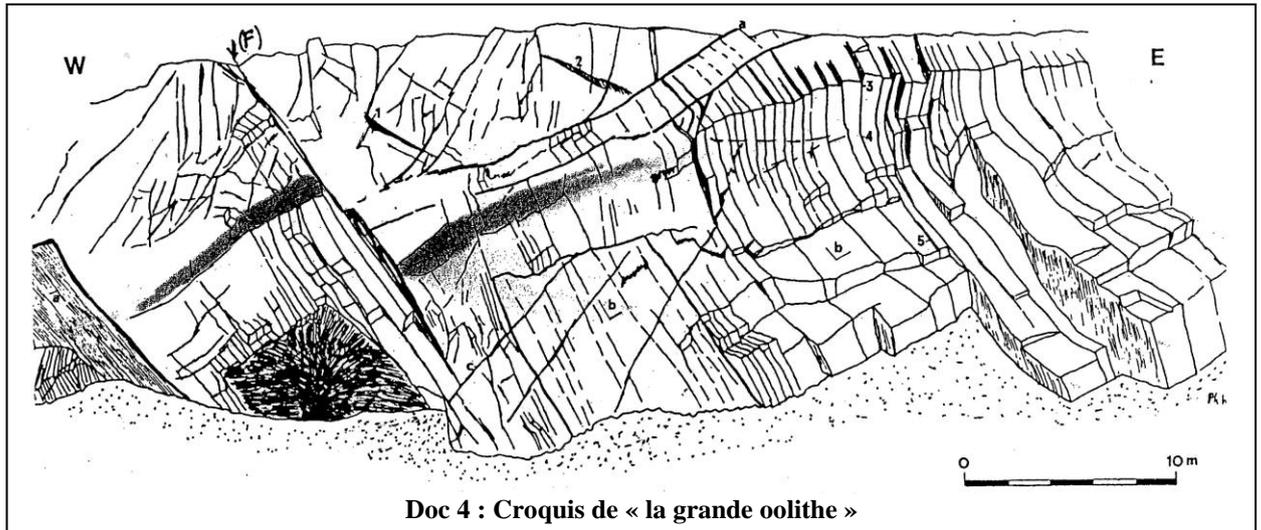
Arrêt 2 :

h/ Repérer et annoter dans le document 3 le « calcaire à Entroques » et les deux types de roches observées à l'arrêt 1

i/ Préciser l'âge de la formation

j/ Quel est le pendage de la strate de « calcaire à Entroques »?

Arrêt 3 :



Doc 4 : Croquis de « la grande oolithe »

k/ Quel est l'âge de la « grande oolithe » ?

l/ Repérer sur le doc.4 l'accident principal : il s'agit d'une faille ; quel est son pendage, comment a-t-elle fonctionné ?

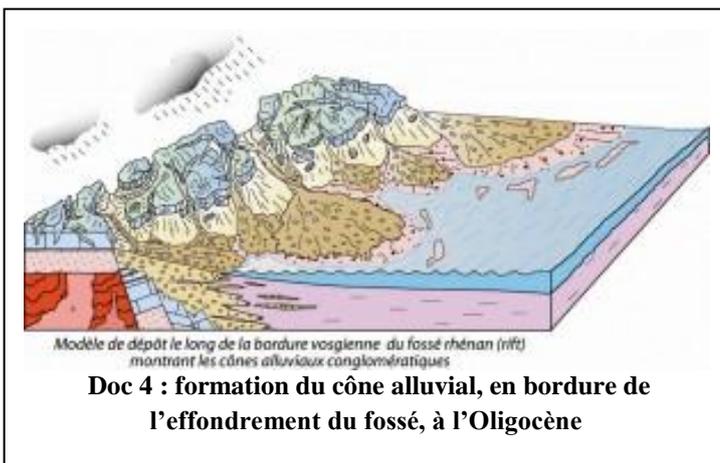
m/ Repérer 2 autres pendages différents de strates que vous identifieriez en les surlignant par des couleurs différentes

n/ Repérer le miroir de faille et indiquer son pendage

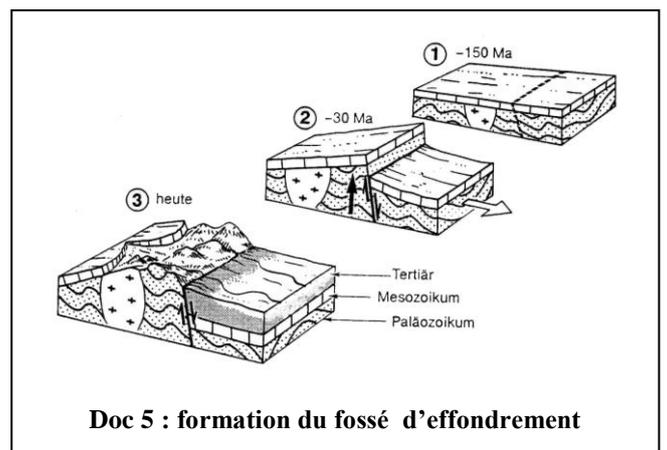
o/ En déduire la nature des mouvements et leur âge

Arrêt 4 :

Le conglomérat observé est en contact anormal avec la « grande oolithe » du Bajocien et contient des galets.



Doc 4 : formation du cône alluvial, en bordure de l'effondrement du fossé, à l'Oligocène



Doc 5 : formation du fossé d'effondrement

p/ Identifier quelques uns des galets de ce conglomérat,

q/ Décrire la formation du conglomérat en utilisant le doc 4,

r/ Quelle information vous apportent ces précisions sur l'âge de l'effondrement du fossé rhénan ?

3/ Aspects de la tectonique du fossé rhénan, les champs de failles aux environs de Colmar,

(Par Michel Ruhland)

1. Les unités structurales et sédimentaires du fossé alsacien

Les caractères structuraux et sédimentaires du fossé rhénan permettent de le subdiviser en quelques zones allant des bords au centre.

1.1. Zone des bordures du fossé

Il s'agit des Vosges à l'ouest et du Schwarzwald à l'est, massifs anciens avec leur couverture sédimentaire formée de dépôts permien et des grès du Buntsandstein. Les faisceaux de failles vosgiennes ou schwarzwaldiennes, limitent ces bordures

1.2. Zone des champs de fractures

La faille rhénane (FR) à l'est, limite les champs de fractures ; par convention, c'est la faille au-delà de laquelle on rencontre les terrains marneux tertiaires qui localisent le fossé proprement dit ; zone d'affleurement des terrains secondaires fracturés en compartiments plus ou moins affaissés et situés en position intermédiaire entre les bordures et la plaine.

Du côté alsacien, ce sont les collines sous-vosgiennes. Les champs de fractures sont plus importants à l'ouest qu'à l'est ; ils ont la forme d'un croissant allongé parallèlement au fossé rhénan. Du Nord au Sud, on identifie 3 principaux champs de fractures : celui de Saverne, le plus vaste (100 km²), de Ribeauvillé (40 km²) dont le Florimont forme l'extrémité Sud et de Guebwiller-Rouffach ; le champ de fractures de Vieux Thann et de Lauw – Senheim, plus réduit, de forme différente correspond à une zone faillée très étroite.

1.3. Zone marginale du fossé rhénan

Au delà de la faille rhénane, ce secteur correspond à la « zone d'affleurement » du Lattorien (Oligocène inférieur). C'est une région relevée le plus souvent par des failles antithétiques à rejet compensateur. Là se situent aussi la plupart des champs pétrolifères du Tertiaire. Le toit du substratum secondaire est à 500 m de profondeur.

1.4. Zone moyenne du fossé rhénan

C'est la zone d'affleurement du Rupélien (Oligocène moyen), souvent la plus étendue de toutes les zones à l'intérieur du fossé. Des failles synthétiques d'effondrement, assez importantes, limitent cette région vers l'extérieur. Une grande variété de structures tectoniques, horst et fossés, seuils et bassins, détermine souvent des champs pétrolifères du Secondaires. Le toit du substratum secondaire se situe entre 1000 m et 1500 m de profondeur.

1.5. Zone centrale du fossé rhénan

De nouvelles failles à rejets importants déterminent une zone d'affleurement du Chattien-Aquitainien (Oligocène > et Miocène <). Dans cette dépression centrale, dès l'origine du fossé, la sédimentation salifère était importante à l'Éocène et à l'Oligocène. Les terrains oligocènes y sont plus épais et le substratum secondaire est enfoui à plus de 2000 m.

2. Le Florimont et la carrière du Darfbourg

À son extrémité Sud, le champ de fractures de Ribeauvillé très étroit est constitué de minces bandes de terrains parfois flexurés comme cela se voit à la carrière ; la Grande Oolite y est basculée et flexurée jusqu'à la position verticale des strates. Plus à l'Est, les conglomérats oligocènes qui occupent le sommet du Darfbourg reposent sur la Grande Oolithe par une faille de pendage 45° Est.

Les phénomènes tectoniques à observer sont :

- les couches basculées vers l'Est et localement rebroussées ; le découpage de la roche par 3 systèmes de fractures ; l'omniprésence des mouvements de glissement sur couches et sur fractures ;

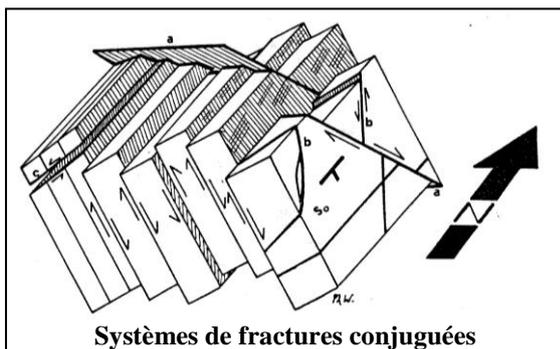
La stylolittisation et la lenticulation tectonique seraient aussi remarquables à condition d'accéder à la carrière, dangereuse par les chutes de pierres et strictement privée. Le relevé tectonique montre :

- la disposition des fractures selon 3 systèmes conjugués subperpendiculaires aux couches et d'orientation N 70-90 (système a), N 130-140 (système b), et N 0-20 (système c) ; l'ensemble de ces plans fonctionne en jeu normal
- rebroussement des couches, accompagné de jeux couche à couche en coulissement dextre, en affaissement à l'Est, et localement en jeu inverse.

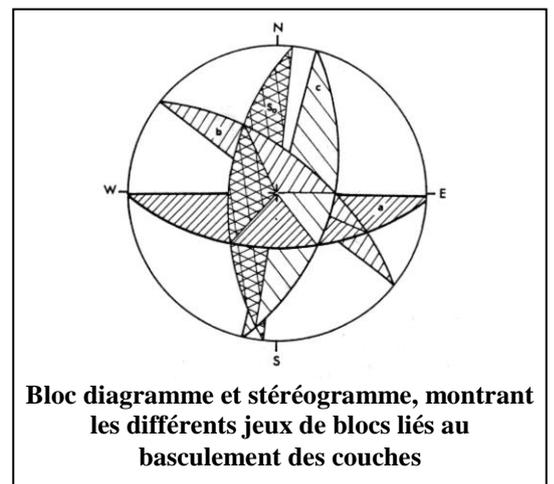
Bilan : l'évolution de la déformation se traduit par le basculement progressif vers l'Est des couches et des systèmes de fractures, accompagné de phénomènes d'affaissement, de réajustement et de blocage avec stylolittisation associée.



Schéma de la carrière



Systèmes de fractures conjuguées



Bloc diagramme et stéréogramme, montrant les différents jeux de blocs liés au basculement des couches

ARRET 2 : CHEMIN DU HAYCOT

PREMIER ARRET sur la route forestière, sous de la ferme auberge du Haycot : **GRANULITES**

Aspect de la formation : affleurements de **roches claires** (granulite claire) alternés avec des affleurements de **roches sombres** (granulites sombres) avec un passage latéral de faciès ; le grain est fin et les granulites sont associées dans les Vosges à la durbachite, à la vognérite et à la serpentinite.



Granulite sombre à verdâtre à hypersthène: son aspect rappelle celui d'un « métabasalte », roche sombre calco-alcaline.
- minéraux principaux : orthose, plagioclase, grenat (parfois de taille centimétrique), biotite, orthopyroxène qui signe le faciès granulite basique, quartz rare.



Granulite claire (blanche ou rose) : son aspect rappelle celui d'une roche dérivée d'un granite, roche acide ; elle contient aussi des filons de granite
- minéraux principaux : orthose, plagioclase, quartz, grenat (série pyrope-almandin), parfois sillimanite, zircon, rutile ; l'association quartz, orthose, sillimanite signe le faciès granulite acide.

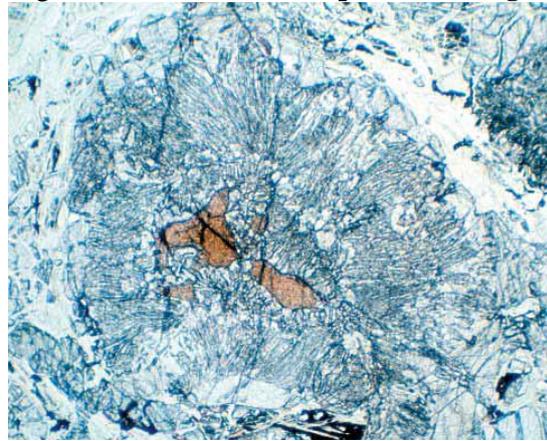
Interprétation : grenat + orthopyroxène : faciès granulites, méta HP°, HT°, T° de 800-900°C, profondeur de 40 km : **paroxysme du métamorphisme HP°, HT°** correspondant à l'enfouissement maximal de la LC. Granulites **claires** - - - > roche d'origine acide (rhyolite ...) ou roche d'origine détritique. Granulites **sombres** - - - > roches d'origine calco alcaline (andésite ...) et signant un contexte « chaud » type bassin d'arrière arc.

SECOND ARRET sur la route forestière, près du col des Bagenelles : **Péridotites serpentinisées à grenats**



Aspect macroscopique des péridotites

Dans les Vosges, les péridotites sont systématiquement associées aux granulites. Elles ont une couleur brun rouge si non altérée **ou** couleur d'altération, bleutées, verdâtres avec un aspect lustré (en peau de serpent) due à serpentine. En lame mince, elles montrent olivine, grenat kélyphitisé, clinopyroxène (enstatite), picotite.



Grenat kélyphitisé de 2 mm de diamètre dans la péridotite des Bagenelles

Les péridotites (faites essentiellement de péridot) renferment un grenat particulier, le pyrope, riche en magnésium. Celui-ci n'est stable qu'aux très fortes pressions qui sont celles du manteau supérieur, au-delà des 150 km de profondeur. Après la mise en place des péridotites dans les granulites, le pyrope se déstabilise pour donner naissance à un mélange fibreuse dénommé kélyphite, qui conserve la forme globuleuse du grenat primitif (le grenat n'est jamais conservé dans les péridotites des Vosges).

Interprétation : C'est la partie sud de la série des gneiss de St Marie, qui est descendue le plus bas. Des copeaux du manteau (les péridotites à grenat) se sont introduits, sous l'effet d'un écaillage, dans cette partie profonde des gneiss. Le métamorphisme aux environs de ces copeaux de manteau revêt un faciès particulier : il n'y a plus de place pour les minéraux qui contiennent de l'eau, comme les micas ou les amphiboles. Les gneiss sont ici composés de quartz, feldspath, grenat, disthène et des deux pyroxènes (hypersthène et diopside) : ce sont les **granulites**. Le matériau de départ de ces roches est pourtant le même que celui à l'origine des gneiss à grenat ! Les péridotites, sont formées à une profondeur d'environ 150 km (5 Gpa), étayé par la présence de clinopyroxène stables à 5 GPa. Les grenats se forment dans le faciès HP°HT° des granulites, à 40 km profondeur. La présence de l'orthopyroxène montre la remontée, sous forme d'écailles mantelliques incorporées aux granulites; la remontée des 2 roches ensemble est possible car les 2 roches ont des densités voisines (la densité de la péridotite serpentinisée est fortement abaissée).

GRANITE DES CRÊTES sur des blocs du col des Bagenelles :

La vallée de Sainte-Marie-aux-Mines vue du col des Bagenelles

L'aspect le plus frappant est l'aspect rectiligne de la vallée de la Liepvrette jusqu'à Echery. Cette morphologie est liée à la présence de la faille majeure du socle vosgien, dite justement faille de Sainte-Marie, mais qui se prolonge vers le sud jusque dans la Haute- Saône. Le deuxième point qui retient l'attention est l'aspect très encaissé de cette vallée, jusqu'à hauteur de Sainte-Marie, puis son élargissement.

La partie effondrée est constituée par les gneiss de Sainte-Marie, bordés au N-W par le Granite des Crêtes aux pentes raides, et au S-E, par le granite du Brézouard et les granulites. Granites, gneiss et granulites ont sensiblement les mêmes constituants de base (quartz, feldspaths et mica), mais la structure y est différente : la structure foliée des gneiss favorise l'érosion de la roche. Par beau temps, on aperçoit le massif de l'Ungersberg, butte témoin de grès triasique, qui coiffe le Permien du bassin de Villé, et plus au nord encore on peut apercevoir la coupole du Champ du Feu granitique.



Le « granite des Crêtes »



Il affleure sur les pentes Sud des reliefs : grande Goutte, tête du Violu... Il forme l'ossature de la crête principale des Vosges entre les cols du bonhomme et de Sainte-Marie-aux-Mines. Pour cette raison il fut baptisé par P. Groth granite des crêtes en 1877. C'est un granite MgK car riche à la fois en Mg et en K. C'est un granite sub-alcalin, proche des syénites et il fut autrefois appelé « syénite des Crêtes ». Il est sombre avec grands phénocristaux de **feldspath potassiques** (riche en K) se détachant sur un fond riche en phénocristaux de **biotite** et **d'amphiboles automorphes**. Cl. Gagny (1968) et P. Fluck (1979) le rattachent aux granites à amphibole de la vallée de Munster et du Val d'Orbey. La carrière du grand-Rain, en amont de Chipal est donnée comme un bon affleurement de référence. Les datations se situent autour de -340 Ma.

Il occupe dans ce secteur une sorte de lame, dont l'épaisseur varie de 1 à 2 kilomètres. Cette lame qui semble présenter une pente orientée vers l'ouest, paraît injectée dans une zone de dislocation, due à un cisaillement sénestre dont les manifestations ultérieures détermineront la "faille de Sainte-Marie-aux-Mines". L'origine du magma des Crêtes est basique et profond. Il occupe de grands réservoirs allongés

d'Est en ouest sur des centaines de kilomètres (on connaît aussi ce granite en Bohême). Sa mise en place réchauffe la croûte profonde suivant une bande est-ouest large de 20 à 25 kilomètres et qui peut aller jusqu'à la fusion des vieux gneiss du socle, donnant des granites d'anatexie. En profondeur les deux magmas basique et acide se mélangent et donnent naissance à un magma hybride, le magma des Crêtes.

Il se met en place dans des parties plus superficielles de la croûte où il cristallise. Son gisement est en lames : dans les plans de réouverture de la faille de Sainte-Marie-aux-Mines, dans la surface de décollement socle/couverture. Cette dernière, coupée par le jeu des érosions successives, se présente actuellement, vue en carte, sous la forme d'une bande ouest-est, de Saint-Bresson (Haute-Saône) au Petit Ballon et, du Petit Ballon à Lapoutroie, d'une bande sud-nord discontinue (la couverture est au sud et à l'est, le socle au nord et à l'ouest). Les zones les plus éloignées, par rapport à l'axe de la bande de réchauffement est-ouest, se forment dans un environnement plus froid : la structure microgrenue sera alors prépondérante, comme entre Saint-Bresson et la Haute Moselle. Notons bien que le concept de magma basique initial permet de mieux comprendre l'histoire du pluton des Ballons évoquée plus haut. On y trouve aussi des précurseurs basiques : les gabbros d'Ermensbach et de Château-Lambert, le syénogabbro du Petit Langenberg, qui ont même des formes volcaniques en surface. Ces petits plutons basiques seraient des émanations du magma originel, mis en place à un niveau structural plus élevé (dans la couverture carbonifère) et donc plus rapidement figé, échappant à l'hybridation. A l'Est, les durbachites paraissent être des cumulats du magma des crêtes injectés dans les gneiss.

ARRET 3 : PETIT HAUT

Carrière d'amphibolite et de gneiss perlé de la formation des « gneiss perlés »

La formation des gneiss perlés fait partie de l'unité supérieure de la série des gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines et comprend à la fois des leptynites, des amphibolites, des gneiss perlés, parfois à grenats et des cipolins. La carrière offre la possibilité de voir des **amphibolites et des gneiss perlés**. D'autres affleurements (*D416, dir. Aubure et Ribeaupillé, puis direction Bourgonde*) permettent de voir les gneiss perlés à grenats. Le *vallon du Rauenthal* est réputé pour ses calcaires cristallins (cipolins).



Gneiss perlé clair avec foliation



Carrière du Petit haut : contact amphibolite et gneiss perlé



Amphibolite, très sombre (hornblende brune)

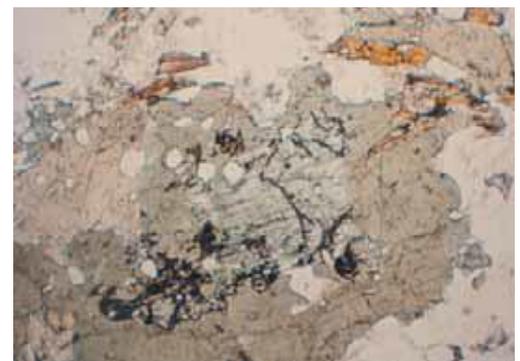
Interprétation : les grenats des « gneiss à grenats », caractéristique du méta HP°, HT°, faciès granulites sont en inclusion dans des minéraux non transformés (qz + feld) et/ou **associés à la** présence de disthène fantôme dans les lits clairs ; ce sont des indicateurs de rétro-morphose. Les conditions du premier métamorphisme étaient de l'ordre de 750°C – 12 Kbar (≈40km) soit des conditions réalisées à la base d'une croûte épaissie.

La roche du faciès granulite est remontée dans le faciès des amphibolites (méta HT°, BP°). Le disthène, rétro-morphosé en sillimanite est aussi caractéristique de ce même méta BP°, HT°. Les plis dans les leptynites sont liés à une remontée des roches sous contrainte, pendant la phase d'extrusion.

La remontée des roches (comme la descente) est rapide, estimée à 3-4 mm par an (remontée isotherme) entre 340 et 330 Ma.

Les amphibolites et les gneiss à amphibole se présentent en lentilles dans les gneiss et sont formés de Hornblende à 80 %, de plagioclases, parfois grenat et biotite parfois des pyroxènes (diopside) en inclusions dans la hornblende. Elles ont des compositions de basaltes et d'andésites, elles correspondent donc à un édifice volcanique. Certaines de ces laves ont dû s'épancher sous la mer, comme l'indiquerait un fort enrichissement secondaire en sodium. D'autres niveaux correspondent à d'anciens tufs issus d'un volcanisme explosif. On peut même préciser que ces basaltes et andésites avaient un caractère calco-alcalin, caractéristique d'une zone de subduction.

Les gneiss à grenat montrent un grain relativement grossier, des plagioclases globuleux, des quartzs interstitiels, biotites +/- chloritisés. La composition est celle de grauwackes, c'est-à-dire de grès grossiers issus du démantèlement de l'appareil volcanique précédemment formé. Ils renferment de minces niveaux d'amphibolites qui correspondent à d'ultimes coulées basaltiques et de leptynites (anciennes roches volcaniques acides à composition de rhyolites), mais aussi des cipolins, des calcaires cristallins dolomitiques métamorphiques qui pourraient résulter d'anciens récifs coralliens (cela reste une hypothèse, le métamorphisme ayant effacé les traces de vie construite qui auraient permis de le vérifier).



Gneiss amphibolique du Petit-Haut
Augite (pyroxène relique d'origine basaltique) d'environ 3 mm dans la hornblende (amphibole)

Voici donc reconstitué un paysage : de grands volcans baignant dans une mer non loin de la bordure d'un vieux continent, soumis à l'érosion qui accumule dans les dépressions périphériques d'épais dépôts de grauwackes, parfois recouvert par une coulée volcanique et peut-être de récifs coralliens.

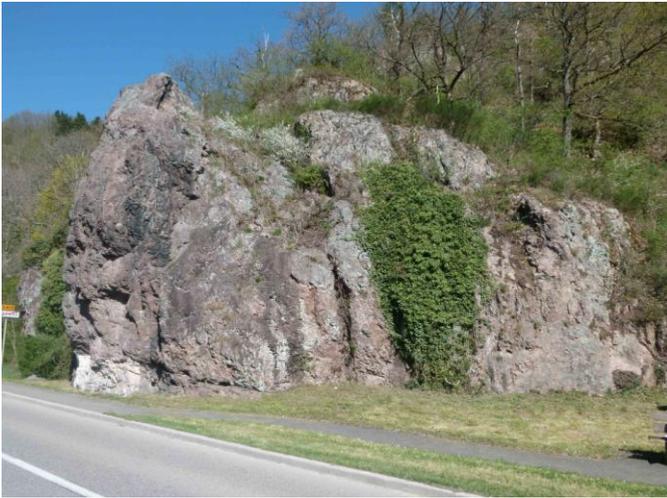
ARRET 4 : LIEPVRE

Affleurement de GNEISS MIGMATITIQUE

La roche est claire et massive, à grain fin et avec une foliation (alternance de lits sombres à biotite, cordiérite et clairs à quartz, feldspath). Sa composition est globalement granitique : c'est un gneiss

Le pendage des lits varie : sub horizontal vers le NE, pendage redressé, esquisse de pli.

Les têtes de plis sont facilement visibles, surimposées à la foliation. On observe aussi des auréoles de restites sombres (biotite). Ce gneiss appartenant à la **série métamorphique de Sainte-Marie-aux-Mines** est un **gneiss migmatitique rubané ou granitique**.



Affleurement, bord de route D450



Foliation, roche claire, massive



Tête de pli



Auréole de biotite

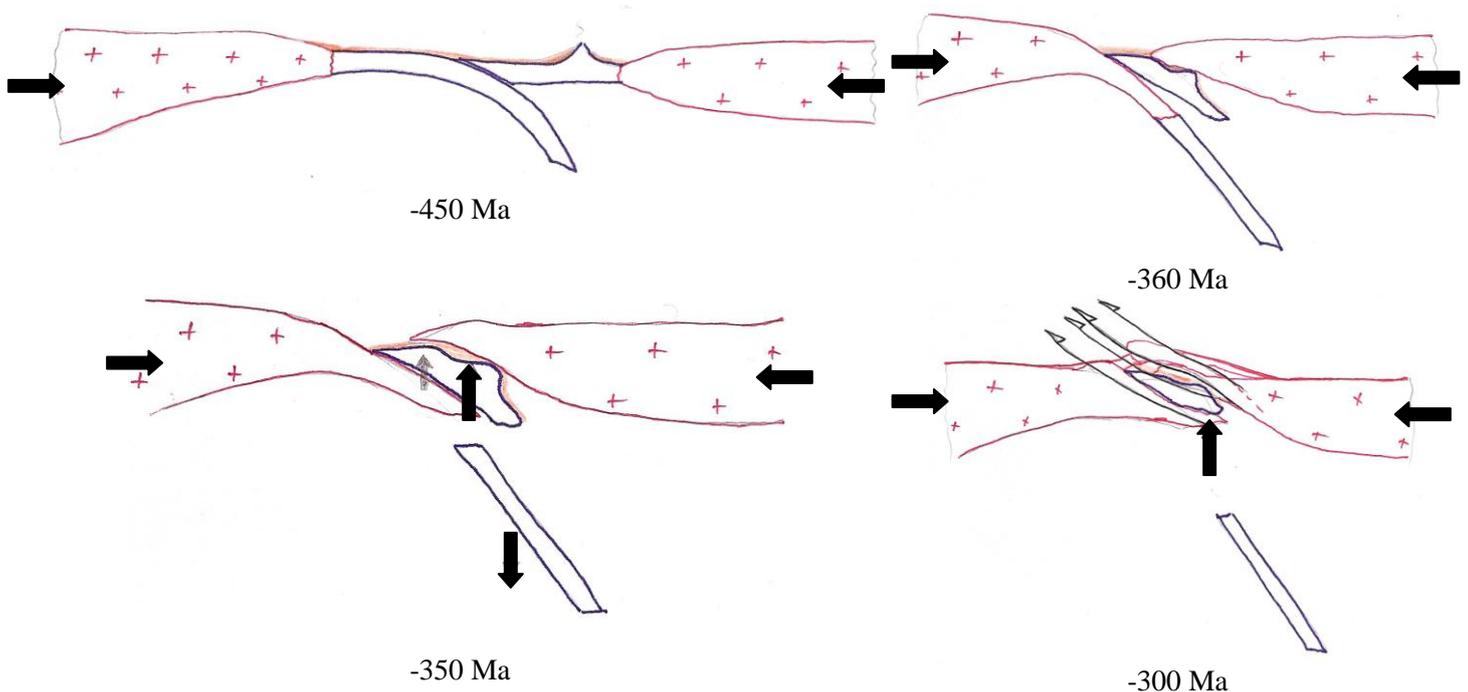
Interprétation : la présence de **sillimanite**, minéral de métamorphisme dans des roches voisines de faciès très légèrement différents (gneiss à sillimanite), est caractéristique d'une T° de 600°C d'où fusion partielle possible si les conditions de pression le permettent ; les minéraux des zones claires sont issues de fusion (ils sont fusibles à des T° « basses » de 500 à 600°C), **alors que** les niveaux sombres sont des **restites**, constituées des minéraux non fusionnés (leur T° de fusion est élevée comme pour la biotite). **La** présence de pli indique que la fusion se fait sous contrainte **tectonique associée à la remontée des roches**.

Le protolithe serait une pélite.

ARRETS 2-3-4 : INTERPRETATION

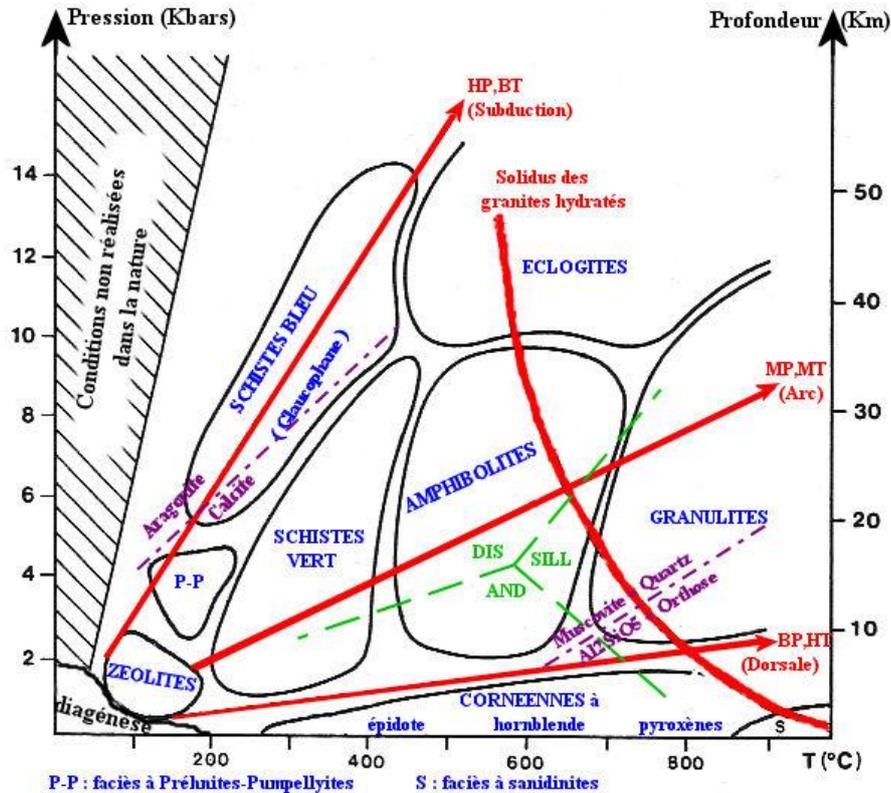
Arrêt	pétrographie	Minéralogie	Faciès métamorphique Protolithe	Interprétation
2 : Col des Bagenelles	Granite des Crêtes (≈345 Ma) Granite MgK	Grands phénocristaux de feldspath potassiques Phénocristaux de biotite et d'amphiboles automorphes	Magma calco-alcalin d'origine mantellique (riche en Mg) Contamination du magma par encaissant CC (Bcp de K)	Magmatisme liée à une zone de subduction il y a 340-330 Ma
2 : chemin du Haycot (haut)	Granulites claires (≈340 Ma) Granulites sombres	orthose, plagioclase, quartz, grenat, parfois sillimanite, orthose, plagioclase, quartz, grenat, biotite, orthopyroxène	Faciès granulites HT°-HP° (>9kBar/800°) Roches acides Roches calco-alcalines	Croûte continentale descendue à 40 km de profondeur Bassin d'arrière arc +/- entrainé en profondeur
2 : chemin du Haycot (bas)	Péridotite à grenat	Olivine, Clinopyroxène Orthopyroxène Grenat kéliphytisés	Roche mantellique Association avec granulite	Péridotite formée à 150 km profondeur Témoin de la remontée d'écailles mantelliques sous continentales à la base de la CC lors de l'extrusion (prisme orogénique)
4 : D 416, carrière Petit-Haut	Amphibolites Formation de « gneiss perlé » (≈330 Ma)	Foliation Hornblende Plagioclase Pyroxène parfois inclus dans amphibole Grenat parfois présent	Faciès amphibolite Association à cipolin, à leptynites	Le faciès amphibolite (disthène rétrotransformé en sillimanite) témoigne d'une remontée des unités crustales lors de l'extrusion Le plissement montre que la remontée verticale, rapide se fait sous contrainte alors que la subduction est terminée (3 à 4 mm par an)
4 : D 416, carrière Petit-Haut	Gneiss perlé Formation de « gneiss perlé » (≈330 Ma)	Foliation Alternance de parties sombres (biotite) et claires (qz, feld, sillimanite, zircon, rutile ...), parfois grenats ; Pli	Faciès amphibolite (présence de sillimanite)	
5 : D450, Liepvre	Gneiss migmatitique	Foliation, Alternance de lits sombres (biotite, cordiérite) et clairs (qz, feld,) à composition globalement granitique Auréoles sombres de restites. Pli	Fusion partielle Anatexie (>6-7kBar/600°)	Portée à des profondeurs plus faibles la pression moins élevée et des contraintes verticales amènent la roche de la croûte supérieure (protolithe = pélites, grauwackes...) à entrer en fusion partielle lors de la remontée rapide (slab break off)

Proposition de schéma :

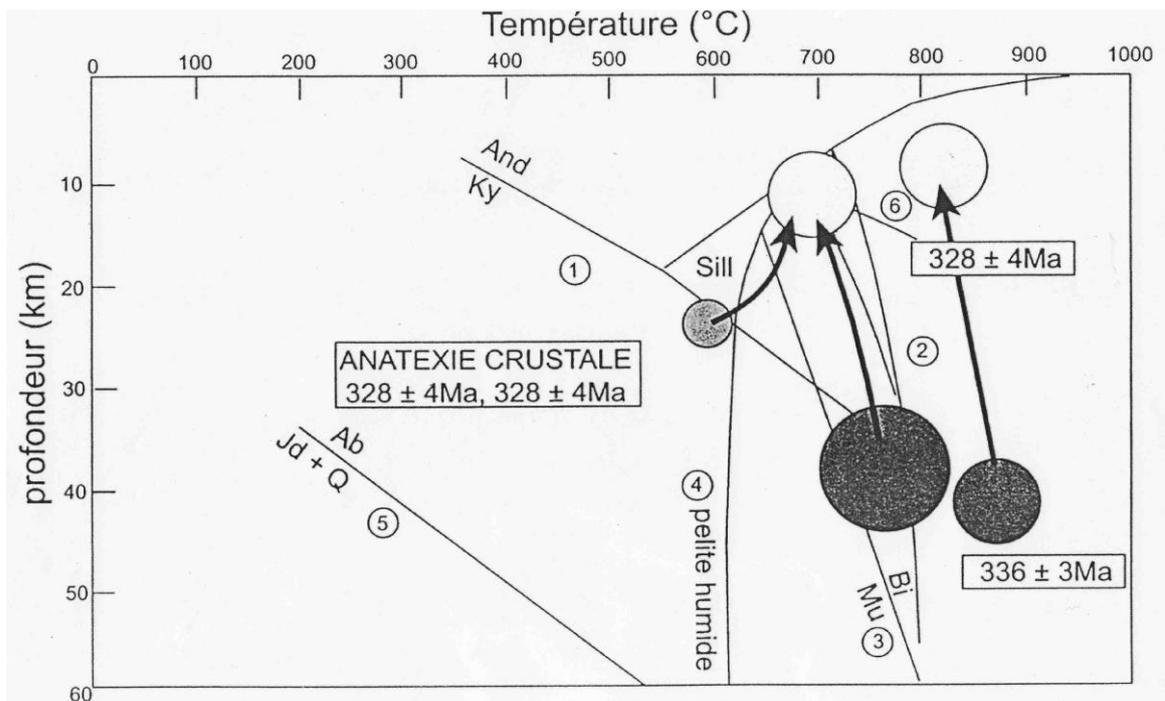


DIAGRAMMES PRESSION/TEMPERATURE

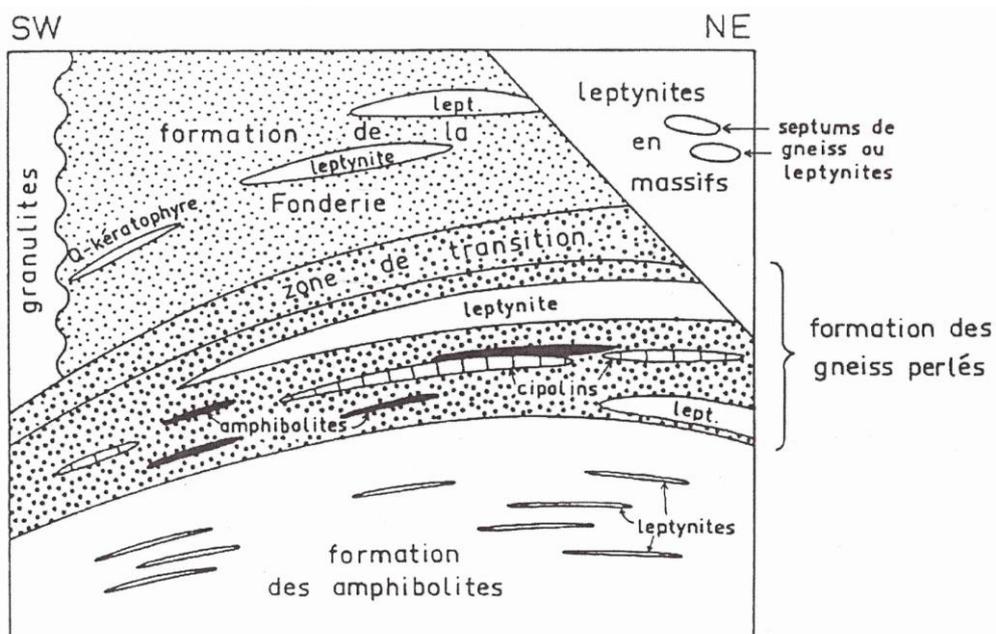
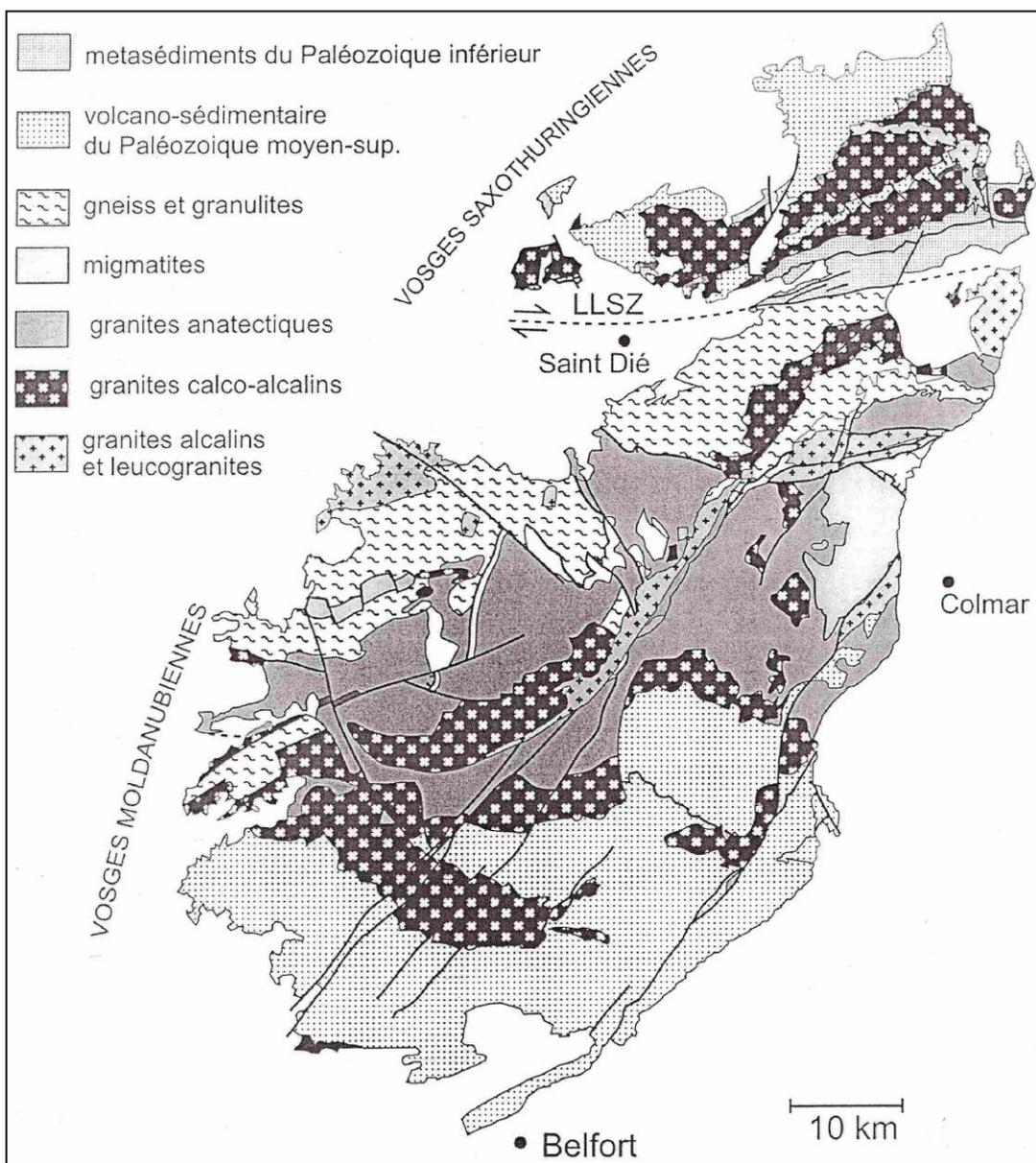
Le domaine P-T est découpé en " **faciès métamorphiques** ". Cette notion permet de regrouper des roches soumises à des intervalles de P et T données, indépendamment de leur composition chimique. Les noms des faciès correspondent aux noms des roches de composition basaltique, métamorphisées dans les intervalles PT définis pour ces faciès.
 Ce diagramme montre les conditions de pression et de température dans lesquelles il existe des minéraux caractéristiques.
 1Kbar = 0.1GPa



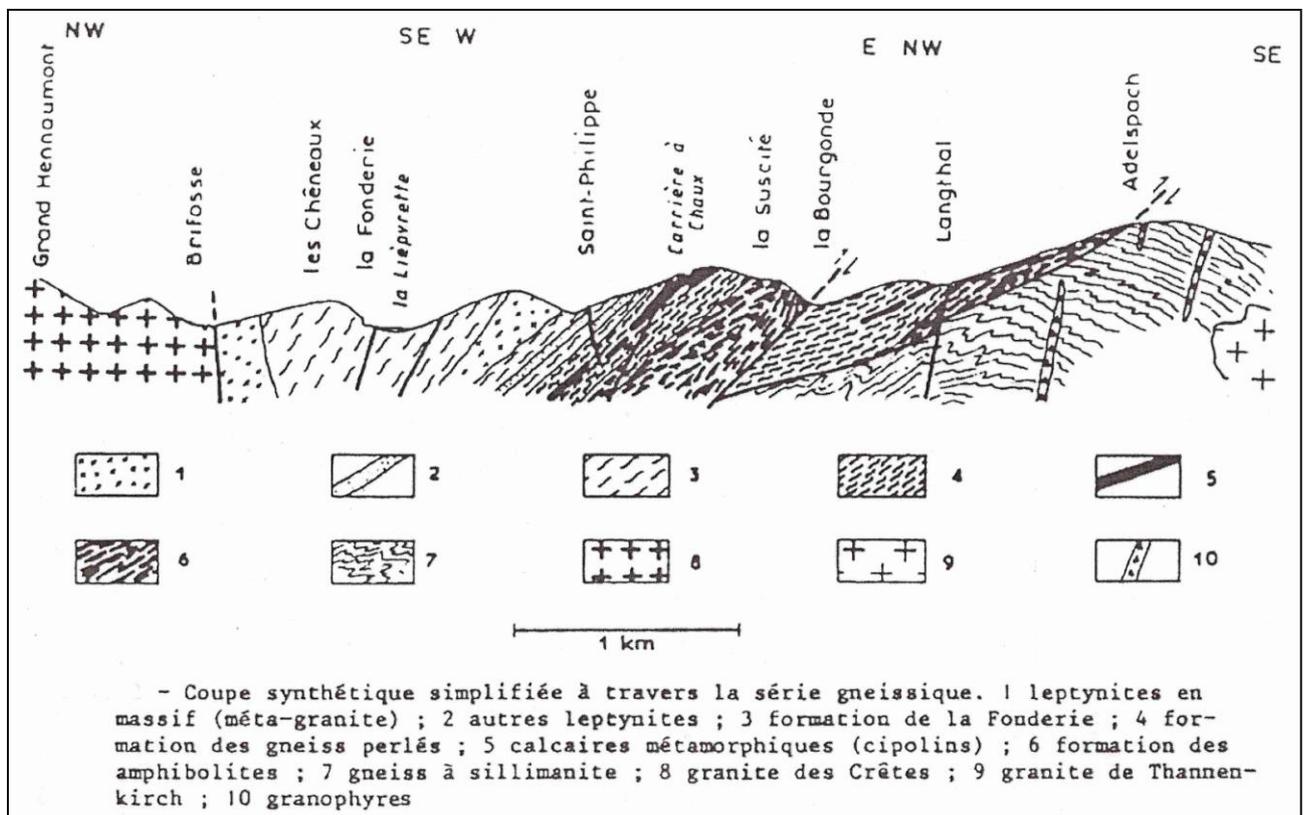
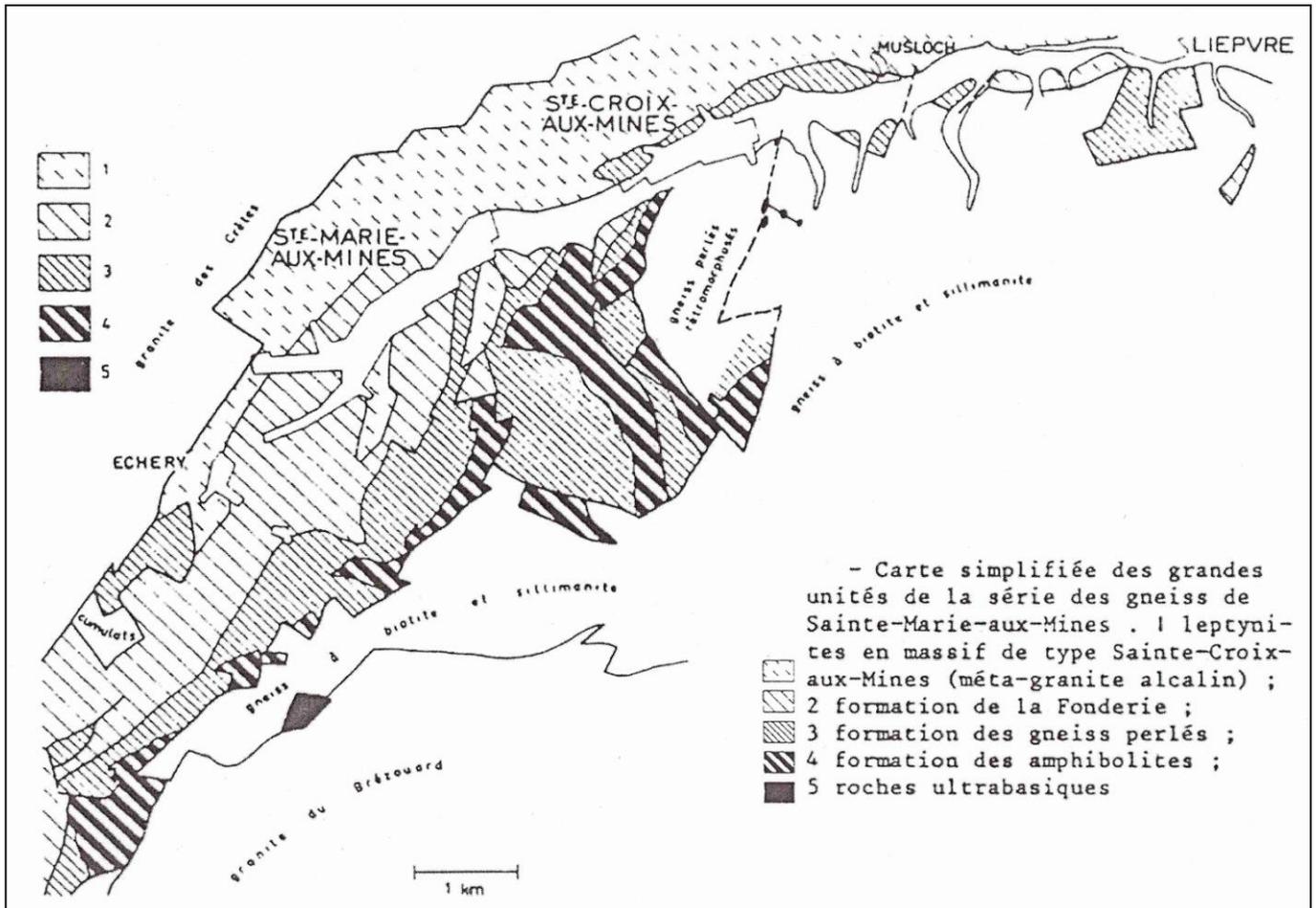
Trajet PT des granulites et des roches de la formation des « gneiss perlés »



CARTE DU SOCLE CRISTALLIN ET LOG STRATIGRAPHIQUE DU GROUPE VARIE



CARTE ET COUPE DE LA SERIE GNEISSIQUE DE SAINTE MARIE-AUX-MINES



EVOLUTION DU SOCLE VOSGIEN (Par Hubert Whitechurch)

Cette excursion a pour but de montrer sur le terrain la partie centrale du socle hercynien des Vosges. Cette partie du massif représente la racine profonde de la chaîne de montagne varisque, liée à la collision des blocs Saxothuringien au Nord et Moldanubien au Sud, séparés dans les Vosges par la dislocation de Lalaye-Lubine. L'histoire de cette racine de la chaîne montre un enfouissement et une exhumation très rapide, accompagnée de migmatisation et d'intrusions de granite.

I.- La série des gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines et de Sainte-Croix-aux-Mines.

Cette zone, comprend des roches métamorphiques de haut degré allant depuis des granulites contenant des écailles de péridotites à grenat de très haute pression, des gneiss et amphibolites du faciès amphibolite, des migmatites et des granites intrusifs. Les granulites sont charriées sur les unités crustales médianes de faciès amphibolite.

L'unité supérieure allochtone (groupe varié) est composée essentiellement de granulites claires et sombres, de kinzigites, d'amphibolites et de migmatites. Les granulites ont subi le métamorphisme de plus haute pression (750-800°C pour 12 kbar ou 1,2 Gpa de pression correspondant au minimum à 30 km de profondeur). Des péridotites à grenat sous continentales, de très haute pression (1100°C pour 50 kbar ou 5 Gpa correspondant à 150 km de profondeur), ont été incorporées dans ces granulites probablement à 50 km de profondeur. Ces péridotites remontent dans le manteau sous la racine de la chaîne et sont incorporées en écailles dans les granulites au moment où celles-ci atteignent le maximum de profondeur, sans doute par subduction continentale (?).

Une partie de ces granulites ont subi une fusion lors de leur remontée et de leur rétro-morphose dans le faciès amphibolite (650-700°C pour 6 à 2 kbars) donnant des leucosomes grenus et des résidus à biotite et grenat. Les péridotites restent chaudes (900°C) pendant la rétro-morphose, indiquant une remontée rapide. Le rééquilibrage à plus faible pression (3 à 4 kbars) est marqué par la présence de cordiérite et est contemporain d'une anatexie importante.

L'unité inférieure est de lithologie plus monotone, composée des gneiss du triangle Ribeauvillé-Aubure-Riquewihr et de la série inférieure de Sainte-Croix-aux-Mines. Ces gneiss ont subi une évolution métamorphique dans le faciès amphibolite à des températures de 650-700°C et des pressions maximales de 6 kbars (association biotite-disthène-sillimanite-staurotide)

II.- La déformation des gneiss.

Le pendage général de la foliation dans les gneiss est vers le Nord et vers l'Est de 25 à 60°. Elle résulte d'une histoire polyphasée compressive importante. Les gneiss affectés par la fusion de basse pression semblent être marqués localement par une foliation subhorizontale, localement avec des bandes de cisaillement et des fentes de tension remplies de liquide granitique. Les critères cinématiques déterminés sur les marqueurs structuraux montrent que la phase finale de déformation a une composante en extension.

III.- Les granites.

Le granite des Crêtes affleurant en lames à l'W et au N des gneiss représente un granite intrusif, en vaste laccolite entre le socle et la couverture ou en lame dans les accidents décrochants. Il a été montré que ce granite subalcalin potassique résulte de mélange entre des magmas issus de la fusion du manteau et de la croûte. Il a été montré avec des arguments de chronologie relative que le granite des Crêtes et celui des Ballons étaient les plus anciens. Une série de granites calco-alcalins ENE- WSW recoupe les gneiss: le granite de Châtenois, le granite de Thannenkirch et les lames de leucogranites du Brézouard et du Bilstein. Ces trois derniers granites ont des compositions isotopiques identiques, en faveur d'une origine crustale commune.

Les déformations enregistrées par ces granites sont de trois ordres : déformation visqueuse, bien observée dans le granite de Thannenkirch, fabrique de haute température à l'état solide et mylonitique de basse température. Les mesures récentes faites en Anisotropie de Susceptibilité Magnétique (ASM), indiquent les directions de mise en place visqueuse.

Les résultats suggèrent une mise en place par flux magmatique E-W pour le granite de Thannenkirch, subverticale et un étalement du liquide aux bordures de l'intrusion dans la direction NW-SE pour le granite du Brezouard, d'un flux magmatique subhorizontal orienté WNW-ESE. Les déformations de haute et basse température dans ces granites sont liées essentiellement à des décrochements. Ces granites sont interprétés comme étant mis en place successivement dans des espaces en extension, type « pull-apart » de systèmes décrochants en régime général de compression. La direction de la contrainte en extension change de direction avec le temps de NE-SW (Thannenkirch), puis NNW-SSE (Brezouard), et enfin WNW-ESE (Bilstein).

IV.- Les migmatites de Kaysersberg et Trois Epis.

Les gneiss reposent sur un ensemble migmatitique. Les migmatites de Kaysersberg résultent de la fusion de métagrauwackes viséennes (Carbonifère inférieur, faciès Culm) à des degrés divers. Les migmatites des Trois Epis, au sommet des migmatites de Kaysersberg, sont des gneiss leptynitiques à biotite ayant subi une anatexie.

Une étude en AMS de ces migmatites a montré que les anisotropies sont liées à un flux visqueux de degrés divers car ces migmatites contiennent des corps solides ou de viscosité très forte. Les parties riches en liquide s'étalant entre les corps solides. Ceci pose le problème de l'origine des migmatites des Trois Epis. Représentent-elles une klippe d'une vaste nappe de migmatites charriée sur la nappe des sédiments viséens (Carbonifère inférieur) du Markstein et dont on voit l'équivalent dans les Vosges occidentales ou un bloc plus rigide de gneiss migmatitique dans les migmatites de Kaysersberg ?

V.- Chronologie absolue des différents événements.

Les derniers résultats géochronologiques montrent que le métamorphisme, l'anatexie des gneiss et des sédiments viséens, la mise en place des granites, s'effectue dans un laps de temps très court. En effet, les datations récentes U/Pb donnent un âge de 335 Ma pour le

métamorphisme granulitique et de 327 à 329 Ma pour la migmatisation et l'intrusion des granites de Thannenkirch, Brezouard et Bilstein, alors que le granite des Crêtes a été daté à 340 Ma. Elles confirment les datations Ar/Ar faites sur micas et amphiboles des mêmes roches.

L'histoire de la partie centrale des Vosges, depuis la sédimentation (série du Markstein), l'enfouissement (faciès granulite) jusqu'à l'exhumation des roches (évolution rétrograde des gneiss accompagnée de migmatisation) suivie d'intrusion de granites en régime extensif, s'est faite au cours du Viséen (-350 à -330 Ma), donc au maximum en 20-25 Ma. L'exhumation des gneiss a été très rapide entre 6 et 8 Ma. Elle a permis de transporter des unités chaudes dans la partie supérieure de la croûte. Cette exhumation, estimée à 3-4 mm/an, est suivie par un refroidissement rapide de ces unités. La modélisation de cette exhumation montre qu'elle ne peut se faire en régime purement extensif qui provoquerait une remontée mantellique et une anomalie thermique durable, mais par une extrusion des unités en régime compressif.

H.W

SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS :

Les observations de terrains sont réinterprétées à l'heure actuelle à la lumière d'analyses plus fines (ASM= Anisotropie Susceptibilité Magnétique sur les roches métamorphiques, calculs de trajets PT,t, datations au K-Ar et Ar-Ar et U-Pb sur des parties de minéraux plutôt que la roche totale...).

Dans les Vosges, des études sont notamment en cours sur

- le métamorphisme en relation avec des analyses effectuées dans le massif de Bohème
- le magmatisme.

Il en ressort que les observations faites séparément dans le massif de Bohème, dans le Massif Central et dans les Vosges vont dans le même sens et tendent à décrire un mécanisme général de l'orogénèse hercynienne.

Les âges de l'orogénèse ont souvent été surestimés (début de l'orogénèse était classiquement estimé à 450 ma) ; l'âge recalculé du « granites des crêtes », et celui du « granite des ballons » et celui des roches métamorphiques montre que cette orogénèse s'est déroulée entre 340 ma et 330 ma, Carbonifère inférieur (Viséen).

Deux ensembles, les Vosges Saxothuringiennes au Nord, les Vosges Moldanubiennes au Sud, séparés par la faille de Lalaye Lubine avaient été distingués à cause des différences de pétrographie.

En fait, ces 2 ensembles se ressemblent fortement à l'exception des schistes de Villé et de Steige, présents uniquement au Nord de la faille de Lalaye Lubine.

La localisation de la zone de subduction est donc à rechercher : deux hypothèses

- zone de subduction plus au Nord, sous le bassin de la Sarre (contact entre deux ensembles différents)
- possibilité de l'existence d'une seconde zone de subduction dans les Vosges du Sud (Rossberg, Thalhorn)

L'orogénèse hercynienne, à la différence des orogénèses alpines serait

- une orogénèse chaude, subduction « chaude » avec un « morceau chaud de LO » se détachant et plongeant dans le manteau, possible dans un contexte d'arc ou de bassin d'arrière arc (laminage, slab break off). On ne trouve pas par exemple d'équivalent dans les Vosges du schiste bleu du Queyras car le métamorphisme est HP, HT.
- une orogénèse rapide, 10 Ma entre 340 et 330 Ma

Pendant la phase d'épaississement de la LC, un panneau de LO subducant casse et tombe ; la partie lourde détachée (la racine) tombe et fait remonter par compensation isostatique le manteau et la croûte continentale, c'est ce que nous montrent la remontée rapide et simultanée des granulites et péridotites à grenat, les amphibolites, les leptinytes.

Les conditions sont réunies pour :

- favoriser un épanchement de CC +/- remaniée, fondue par faille normale. Entraînant la formation de dômes gneissiques tels qu'on peut en avoir dans le Massif central, dans les Pyrénées. Lors de cette remontée, ce matériel ductile se plisse.
- faire remonter Lelong de couloirs des morceaux de granulite et de péridotite ; le matériel chaud sous-jacent fait fondre la base de la croûte. 1% de fusion suffit à mouiller la roche à la base de la CC qui devient ductile et remonte ainsi...

LEXIQUE

Amphibolite : roche sombre avec lits sombres d'amphibole verte (Hornblende verte, 80%) reconnaissable à son clivage à 120 ° et des lits clairs de plagioclase/quartz contenant parfois des clastes d'orthose

Anatexie : conditions dans lesquelles les roches commencent à fondre en produisant un magma de composition granitique : les roches subissent alors une fusion partielle. Ces roches, appelées migmatites ou anatexites, sont formées de l'alternance de niveaux clairs (magmatiques granitiques) et de niveaux sombres (métamorphiques).

Faciès métamorphique : gamme de pression et de température dans laquelle on va observer une paragenèse particulière, à condition que la roche ait la composition chimique adéquate. En effet les faciès métamorphiques ont été initialement définis en se basant sur des roches de compositions basiques (riches en Fe et Mg, comme un basalte par exemple). Les pétrographes ont observé la nature et la chimie des minéraux qui apparaissaient et/ou disparaissaient lorsque ce type de roches subissait des variations des conditions P et T. Les courbes de réactions ainsi calculées ont servi à découper l'espace PT en faciès métamorphique.

Foliation et schistosité : ces deux termes désignent la même chose, c'est-à-dire le débit planaire d'une roche. On utilise cependant ces deux termes pour des roches différentes.

- Les roches peu métamorphiques présentent une schistosité, c'est-à-dire un débit planaire de type ardoisier. Ce débit correspond à des plans de dissolution des minéraux de la roche soumise à un raccourcissement.

- Les roches plus métamorphiques présentent une foliation, c'est-à-dire un débit planaire formé par des minéraux métamorphiques qui ont cristallisés selon cette direction (de moindre contrainte).

Gneiss : R. métamorphique contenant du quartz, du mica, des feldspaths plagioclases et parfois du feldspath alcalin, tous suffisamment gros pour être identifiés à l'œil nu. La foliation, toujours présente, est parfois marquée par l'alternance de petits lits clairs et de fins niveaux plus sombres (on parle alors de litage métamorphique). Les lits clairs sont constitués principalement de quartz, de plagioclases et de feldspath. Ils ont une structure granoblastique. Les lits sombres sont micacés avec la présence éventuelle d'amphiboles. Ils ont une structure lépidoblastique. La structure en feuillets ou lits est généralement due à une déformation ductile qui s'est produite en même temps que le métamorphisme. Les plans ainsi définis sont appelés foliation, et correspondent au plan d'aplatissement de la roche. Un gneiss provenant du métamorphisme du granite est un orthogneiss. S'il est issu du métamorphisme d'un sédiment argileux c'est un paragneiss.

Granophyre : R. magma de type microgranite aphanitique blanchâtre, surtout formé de micropegmatites, avec parfois des sphérolites. Ce type de roche est associé à certains massifs de granite, mais aussi à certaines roches basiques (gabbro, dolérite) et il contient alors des amphiboles et des pyroxènes riches en fer. Ce terme est aussi appliqué à des rhyolites dévitrifiées

Granulite : R. méta de HP°-HT°, de teinte claire avec qz et feldspath dominant, hyperstène et grenat

Grauwackes : R. sédim détritique (classe des arénites), en général de teinte sombre, à ciment assez abondant (20%), riche en chlorite et minéraux argileux, contenant des grains de qz et feld, quelques micas et des débris abondants (30%) de roches à grains fins.

Kélyphytisation : Processus de formation d'agrégats de petits cristaux formant une bordure de réaction autour d'un minéral

Leptynite : *du grec leptuno (amincir)*. R. méta de type gneiss, de teinte claire, assez homogène, à grain fin, compacte et à foliation peu marquée, composée de qz et de feldspath alcalin, dominants, souvent riche en grenat, pauvre en mica/amphibole. Elle dérive du métamorphisme de grès arkosique ou de granite. (roche voisine = granulite)

Métamorphisme : Ensemble des transformations minéralogiques et structurales subies par une roche lorsqu'elle est soumise à des conditions physico-chimiques (Pression, Température, composition chimique du système) différentes de son environnement d'origine. Ces changements se font à l'état solide, par dissolution, diffusion de la matière au niveau des contacts entre les cristaux et recristallisation. Il n'y a en aucun cas de fusion de matière (domaine de l'anatexie et du magmatisme).

Migmatite : ensemble, qui à l'échelle de l'affleurement et non du petit échantillon est un mélange de roches de type granite et gneiss, celui-ci en général à grain grossier...leur genèse est liée à une fusion (partielle) ; certaines parties fondent et constituent le mobilisat (magma à composition granitique), d'autres restent solides (restat ou restites). Les niveaux clairs sont composés de quartz (gris) et de feldspath (blanc) ; ces niveaux montrent une texture grenue de roches magmatiques. Au contraire, dans les niveaux sombres, la texture planaire des roches métamorphiques est souvent bien préservée, et marquée par des micas noirs (biotite).

Paragenèse : association de minéraux à l'équilibre, stables dans une gamme de pression et de température, pour une composition chimique donnée.

Pelite : toute roche sédimentaire détritique à grain (très) fin

Stabilité : comme tout système chimique, les minéraux vont répondre aux variations des propriétés de leur environnement en s'adaptant. Ici les minéraux recristallisent, évoluent, changent de forme et de chimisme pour s'adapter aux changements de P et de T. Il y existe deux manières pour un minéral de se transformer et s'adapter:

- Il change la géométrie de son réseau (squelette). Par exemple les trois polymorphes des Silicates d'Alumine : Andalousite, Sillimanite, Disthène. Ils partagent la même chimie Al_2SiO_5 .

- Il change les éléments chimiques qui le composent pour « prendre moins de place ». S'il n'y parvient pas, il change complètement de nature, un autre minéral d'une autre famille se forme à sa place.

Faciès métamorphique : gamme de pression et de température dans laquelle on va observer une paragenèse particulière, à condition que la roche ait la composition chimique adéquate. En effet les faciès métamorphiques ont été initialement définis en se basant sur des roches de compositions basiques (riches en Fe et Mg, comme un basalte par exemple). Les pétrographes ont observé la nature et la chimie des minéraux qui apparaissaient et/ou disparaissaient lorsque ce type de roches subissait des variations des conditions P et T. Les courbes de réactions ainsi calculées ont servi à découper l'espace PT en faciès métamorphique.

ECHELLE DES TEMPS ET EVENEMENTS GEOLOGIQUES MAJEURS EN ALSACE

Ère	Période	Epoque	Etage	Age en Ma	Roches représentatives	Evènements majeurs				
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène		0.01						
		Pléistocène		1.8	Loess, (Achenheim...), tourbe	Glaciations (Günz, Mindel, Riss et Würm) Dépôt de loess. 1 ^{ères} traces humaines				
	Tertiaire	Néogène	Pliocène	Gélocien		Graviers et galets des gravières	Le Rhin coule vers le Nord du fossé et dépose des alluvions			
				Plaisancien	3.4					
				Zancléen	5.3					
			Miocène	S	Messinien			6.5	Carbonatites (Kaiserstuhl)	Les mers disparaissent définitivement de la région. Début plissement jura alsacien Épisode volcanique du Kaiserstuhl
					Tortonien			11		
		M		Serravallien	14.5					
			Langhien	16						
		I	Burdigalien	20						
			Aquitaniens	23.5						
		Paléogène	Oligocène	Chatteien	28	Marnes argileuses grises	Transgression marine généralisée			
	Rupélien			34						
	Eocène		S	Priabonien	37	Marne, potasse, pétrole, conglomérat côtier Calcaire lacustre (Bouxwiller)	Climat aride et évaporation Effondrement du rift. Formation d'un chapelet de lacs Bombement depuis le Jurassique supérieur			
			M	Bartonien	40					
				Lutétien	46					
	I	Yprésien	53							
	Paléocène	Thanétien	59							
		Danien	65							
	Mésozoïque	Crétacé	Sup	Maastrichien	72			Lacune sédimentaire	Émersion et forte érosion dues à un bombement de la région	
Campanien				83						
Santonien				87						
Coniacien				88						
Turonien				91						
Cénomaniens			96							
Inf			Albien	108	Lacune sédimentaire	Émersion et forte érosion dues à un bombement de la région				
			Aptien	114						
			Barrémien	116						
			Hauterivien	122						
		Valanginien	130							
		Berriasien	135							
Jurassique		Malm	Tithonien	141	Calcaire récifal (Ferrette)	Mer chaude très peu profonde				
			Kimméridgien	146						
			Oxfordien	154						
		Dogger	Callovien	160	Calcaire de « la grande Oolites » (Bouxwiller, Bergheim...)	Milieu marin peu profond (0-15m) en zone périrécifale				
			Bathonien	167						
			Bajocien	176						
			Aalénien	180						
		Lias	Toarciens	187	Marnes et calcaires gris (Lixhausen)	Invasions marines : mer assez profonde				
			Pliensbachien	194						
Sinemurien			201							
Trias		Sup	Keuper	Rhétien		Marnes, gypse	Évaporation dans une lagune			
				Norien	220					
			Carnien	230						
	Moy	Muschelkalk	Ladinien	235	Marne, calcaire à cératite	Transgression marine généralisée				
			Anisien	240						
	Inf	Buntsandstein	Scythien	245	Grès à Voltzia, vosgiens et conglomérat principal	Dépôt continental (érosion chaîne hercynienne) fluviatile, puis deltaïque				

Ère	Période	Epoque	Etage	Age en Ma	Roches représentatives	Evènements majeurs
paléozoïque	Permien	Sup	Thuringien	258	Ignimbrites (Niedeck) Grès (Champenay)	Extension, amincissement crustal et volcanisme post orogénique Climat aride, érosion de la chaîne conduisant à des dépôts éoliens
		Inf	Saxonien	265		
			Autunien	295		
	Carbonifère	Silésien	Stéphanien	305	Houille (Lalaye, Ronchamps)	Dernières compressions hercyniennes déforment les dépôts dévono-dinantiens. L'extension créée des petits bassins houillers et volcano-sédimentaires
			Westphalien	315		
			Namurien	332		
		Dinantien	Viséen	350		
			Tournaisien	360		
	Dévonien	Sup.	Franennien	365	Andésites et autres granites (bande médiane Champ-du-Feu)	Volcanisme explosif et plutonisme de marge active. Volcan sous-marin du ballon d'Alsace
			Frasnien	375		
		Moy	Givétien	380	Andésites	
			Eifélien	385		
		Inf	Emsien	390	Phtanite à radiolaires (Fouday) Marbre (Russ)	Extension
			Praguien	396		
	Lochkovien		410			
	Silurien	Sup	Pridalien	415	Schistes (Steige)	Dislocation du Gondwana et sédimentation marine
			Ludfordien	424		
			Gorstien			
		Inf	Homérien	430		
			Scheinwoodien			
			Telychien			
			Aeronien			
	Rhuddanien	435				
	Ordovicien	Sup	Ashgillien	455	Schistes de la série de Villé	
			Caradocien			
		Inf	Llandeilien			
			Llandvirnien			
Arénigien			490			
Trémadocien	500					
Cambrien	Sup	Trepéaléauien	517	Schistes de la série de Villé		
		Franconien				
		Dresbachien				
	Moy	Mayaien				
		Amgaien				520
		Lénien				
	Inf	Atdabatien				
		Tommotien				
Daldynien	540					
Précambrien	Protérozoïque	Briovérien	1000	Gneiss du Climont ?	Plusieurs cycles orogéniques	
		Pentévrien	2500			
	Archéen	Icartien	2900	-		
		Moy	3500			
Inf		3800				
Hadéen				4560		