

Durée: 1^h00^{mn}

Le domaine continental et sa dynamique

En utilisant les informations des documents et les connaissances, montrer que les roches de la région de Gavarnie témoignent de transformations en profondeur et expliquer l'origine du granite de Gèdre.

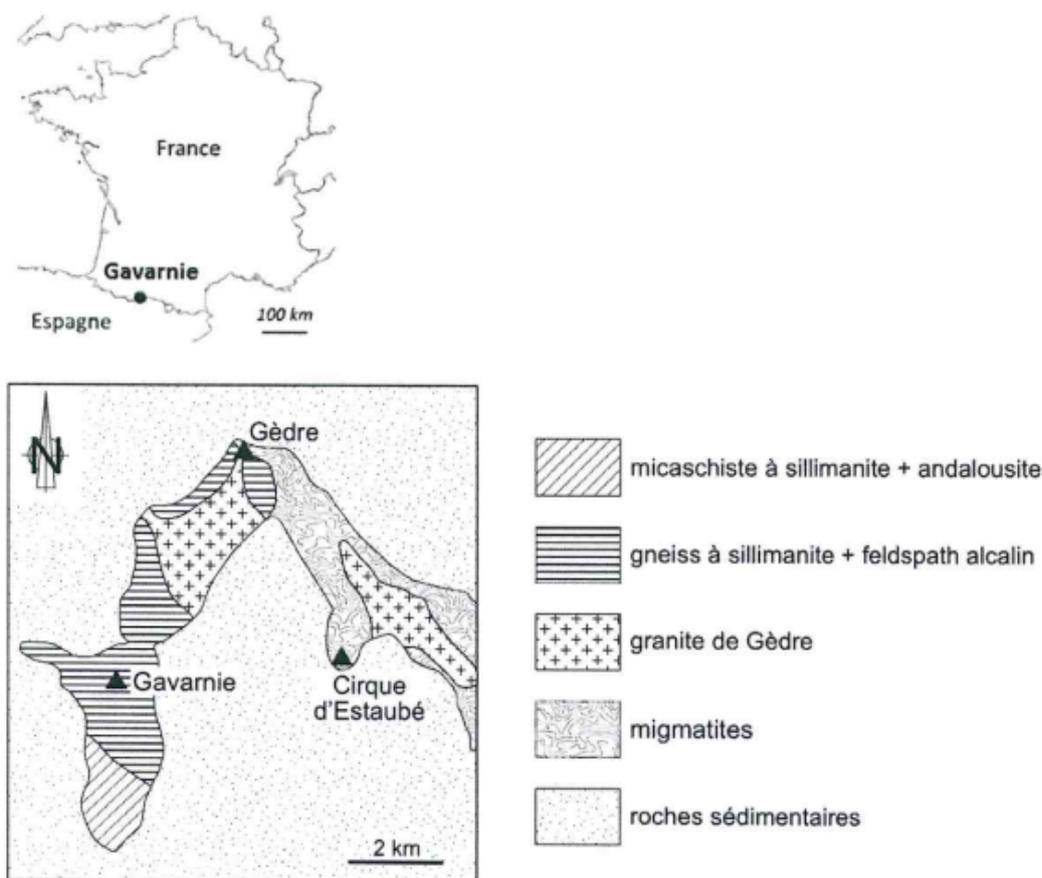
Poser la problématique :

Comment retrouver l'histoire des roches de la région de Gavarnie à travers l'étude de ces documents ?

- Quels sont les indices de transformations en profondeur des roches ?
- Quels sont les indices de l'origine du granite de Gèdre ?

Comment "faire parler" les roches à l'échelle de l'affleurement, de l'échantillon et à travers l'analyse minéralogique ?

Document 1



D'après synthèse géologique des Pyrénées, BRGM, ITGE, 1998.

FIGURE 1: Carte simplifiée du métamorphisme de la région de Gavarnie

Saisie des informations :

Nous voyons affleurer, sous une couverture de roches sédimentaires, un cortège de roches métamorphiques et plutoniques particulières et dont les positions relatives sont riches d'informations :

- les roches sont des micaschistes, des gneiss, des migmatites et du granite ;
- les micaschistes sont en contact avec les gneiss dans la partie Sud-Ouest de la carte ;
- dans la partie centrale de la carte ces gneiss sont à la fois en contact avec le granite qu'ils semblent cerner et les migmatites dans la partie Nord ;

- dans la partie Est de la carte les migmatites cernent un affleurement de granite.

Interprétation :

Le métamorphisme agit sur des roches à l'état solide. Modifications structurales, minéralogiques et chimiques d'une roche lorsque celle-ci est soumise à des conditions physico-chimiques (essentiellement pression, température et circulation de fluides) différentes de celle de sa formation. Ici, les roches métamorphiques présentées (micaschistes et gneiss) sont liées à des transformations liées à l'enfouissement de roches sédimentaires sous l'effet d'un épaissement crustal.

Un micaschiste est une roche métamorphique à forte transformation constituée principalement de minéraux en feuillets, tels que des micas. Elle est le signe d'un enfouissement (et donc de conditions de pression et de température supérieures) plus profond que les schistes (à chlorite par exemple) mais moins profond que le gneiss. La transformation de ces micaschistes par un enfouissement plus profond donne le gneiss. Le gneiss est une roche 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.

Les migmatites à l'échelle d'un affleurement, présente un mélange de granite et de gneiss. Elles résultent d'une fusion partielle. Les migmatites sont des roches "métamorphiques¹" issues d'anatexie. Cette fusion partielle est le signe de conditions de pression et de température très importantes et donc d'un enfouissement supérieur à celui des gneiss.

Le granite est une roche plutonique, résultat d'un refroidissement lent, en profondeur et en masse du magma issu, ici, de la fusion partielle des minéraux des gneiss, localement ou après une faible migration vers la surface.

L'étude des roches de la région de Gavarnie qui présentent toutes des signes d'enfouissement à différentes profondeurs, au niveau de l'affleurement, nous renseigne ainsi déjà sur l'origine du granite de Gèdre qui est le résultat d'un phénomène d'anatexie suite en l'épaississement de la croûte continentale.

Le micaschiste se trouvant à l'Ouest et les migmatites et le granite se trouvant à l'Est de la carte, nous voyons ainsi que les roches à l'est proviennent de profondeurs supérieures à celles qui se trouvent à l'Ouest.

Si ce premier document peut nous donner des informations sur le phénomène global, nous n'avons ici que des données qualitatives et nous ne savons pas précisément la valeur des profondeurs évoquées. Ces données vont nous être apportées par l'étude des échantillons et en particulier l'étude minéralogique de ces roches.

1. la fusion partielle est en contradiction avec la notion de métamorphisme.

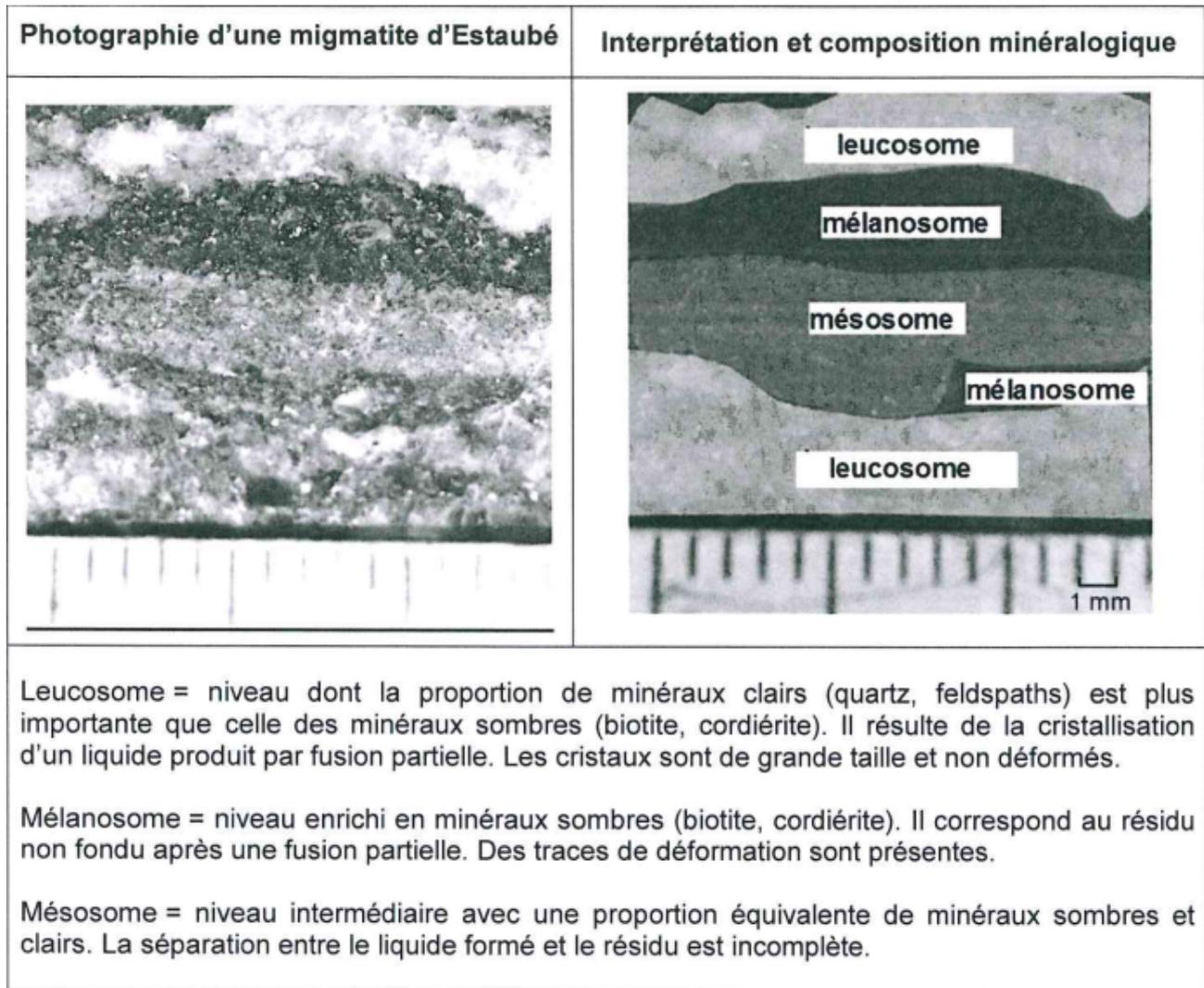


FIGURE 2: Migmatite d'Estaubé

Saisie des informations :

- La migmatite d'Estaubé présente une alternance de lits d'une largeur d'un centimètre, clairs, les leucosomes, avec une forte proportion de minéraux clairs (quartz, feldspath) et une faible proportion de minéraux sombres (biotite, cordiérite) et sombres, les mélanosomes, avec une forte proportion de minéraux sombres.
- On trouve aussi dans ces migmatites des lits intermédiaires avec une proportion égales de minéraux sombres et de minéraux clairs, la séparation des minéraux réfractaires et du liquide issu de la fusion partielle ne s'étant pas complètement réalisée.
- Il est précisé que les lits clair résultent de la cristallisation d'un liquide produit par la fusion partielle les cristaux de quartz et de feldspath sont de grande taille et non déformés.
- Et que les lits sombres où sont surtout représentés les micas et la cordiérite des déformations sont visibles et on nous précise que ces minéraux sont ceux qui ont été réfractaires à la fusion partielle qui a affecté la roche.

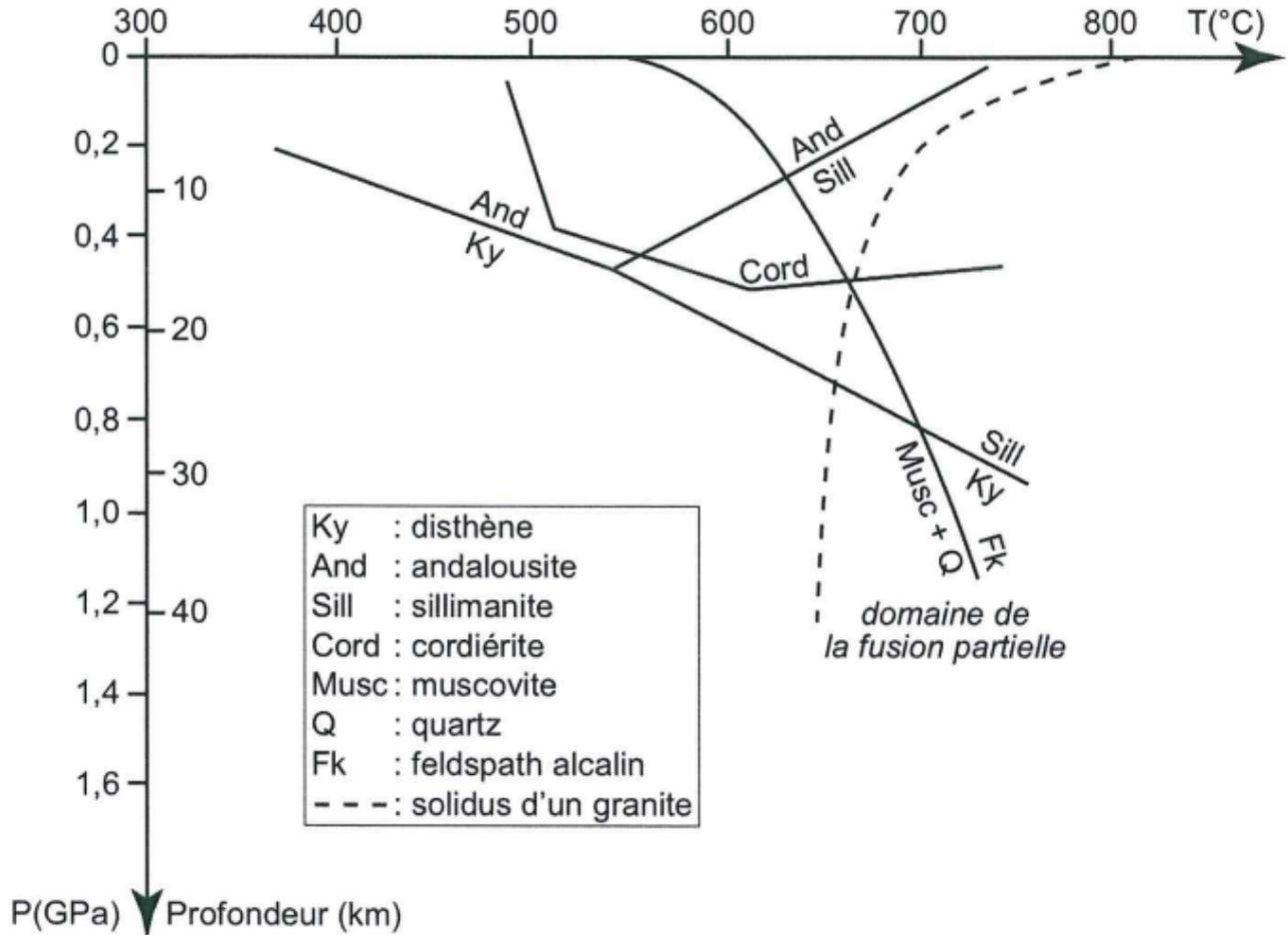
Interprétation :

Les migmatites sont des roches qui présentent des lits dans lesquels le magma issu de la fusion partielle a cristallisé et nous voyons que les minéraux qui en sont issus sont le quartz et le feldspath. La texture de ces lits est grenue

et les minéraux ne sont pas orientés. Dans les mélanosomes, par contre, biotite et cordiérite qui n'ont pas fondu présentent une déformation qui se traduit par un alignement suivant une direction principale qui correspond au litage des gneiss qui ont subi la fusion partielle suite à un enfouissement supérieur.

Le quartz et le feldspath, ici, sont issus de la cristallisation du magma produit par la fusion partielle. Ils sont donc les minéraux dont la composition chimique est celle du magma produit lors de la fusion partielle à cette profondeur à partir des minéraux des gneiss qui fondent le plus facilement. Si la biotite et la cordiérite sont tout deux des minéraux qui résistent à la fusion partielle ils seront donc également les premiers minéraux à cristalliser lors du refroidissement d'un magma formé un peu plus profondément dont la composition chimique serait compatible avec leur composition minéralogique.

Document 3



Le solidus limite le domaine solide (à gauche) du domaine solide + liquide (à droite).

D'après le site <http://pedagogie.ac-montpellier.fr/svt>

FIGURE 3: Domaine de stabilité de quelques minéraux repères

Saisie des informations :

- On nous a présenté les micaschistes dans le document 1 comme étant à sillimanite et à andalousite.
- Les gneiss ne présentent plus d'andalousite mais contiennent de la sillimanite et du feldspath alcalin.
- Il y a de la cordiérite dans les minéraux réfractaires de la migmatite.

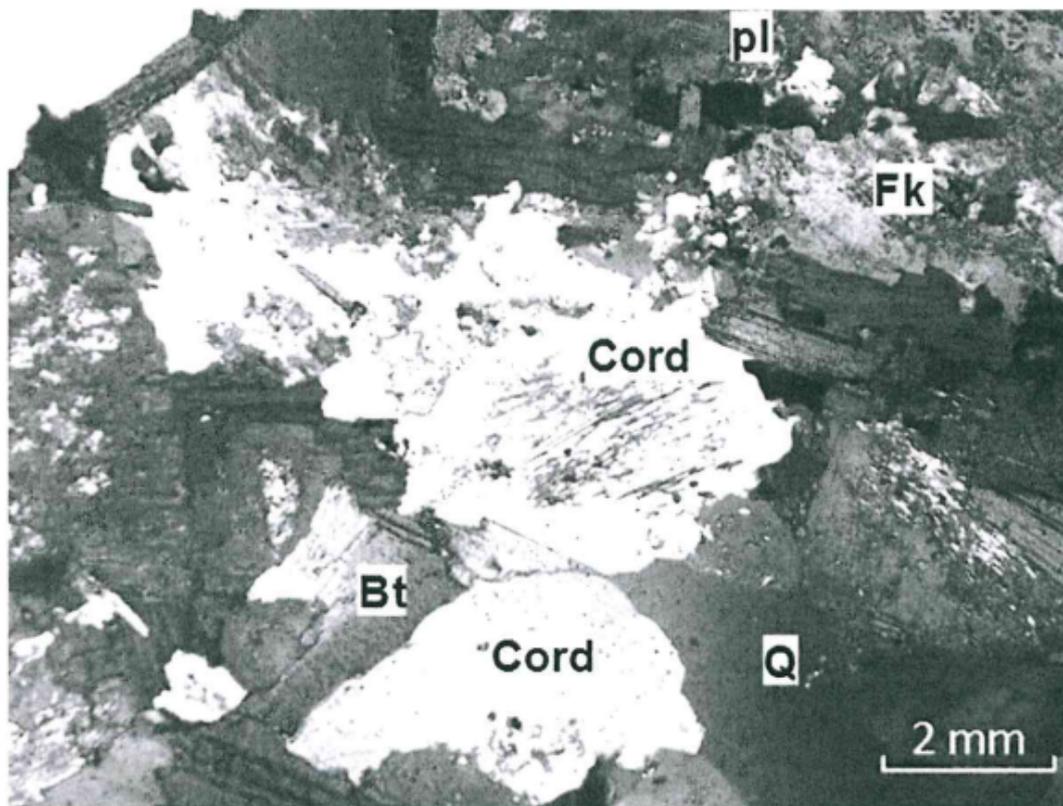
Interprétation :

L'association andalousite et sillimanite que l'on trouve dans les **micaschistes** correspondent à des domaines de pression et température compris entre 550 et 700°C et des **profondeurs comprises entre 7 et 10 km**.

La présence de sillimanite et l'absence d'andalousite mais aussi la présence de feldspath alcalin désigne un domaine pour les **gneiss** une température de 650 °C et une **profondeur de 10 à 15 km**.

La présence de cordiérite dans les **migmatites** nous indique que la fusion partielle (et donc à une température supérieure à 660°C) des minéraux des gneiss a commencé à une **profondeur inférieure à 15 km**.

Document 4



Q : quartz / Bt : biotite / Fk : feldspath alcalin / pl : feldspath plagioclase / Cord : cordiérite

Site <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt>

FIGURE 4: Photographie d'une lame mince de granite de Gèdre observée au microscope polarisant en LPA

Saisie des informations :

Le granite est une roche de structure grenue. En plus du quartz et du feldspath alcalin déjà présents dans le produit de cristallisation du liquide issu de la fusion partielle dans les migmatites, nous remarquons que l'on trouve de la biotite et de la cordiérite dans le granite.

Contrairement à ce que nous avons vu pour la migmatite, la biotite et la cordiérite ne présentent pas de déformation. Ces deux minéraux, ici, sont donc avec le quartz et le feldspath issus de la cristallisation du magma provenant d'une fusion partielle.

Interprétation :

Le granite est une roche plutonique issue de la cristallisation lente en profondeur d'un magma. Le fait que la composition chimique de ce magma ait permis la cristallisation de biotite et de cordiérite, deux minéraux réfractaires dans la migmatite d'Estaubé implique des conditions de pression et de température supérieures.

La présence de cordiérite qui est donc un des minéraux qui cristallise en premier indique que le granite dont le magma a été produit à une profondeur comprise entre 15 et 20 km, c'est cristallisé à une profondeur qui doit tourner autour de 15 km.

Document 5

composition minéralogique	muscovite ± biotite	biotite ± cordiérite	feldspath alcalin ± biotite	amphibole calcique ± pyroxène calcique	amphibole + pyroxène	amphibole sodique ± pyroxène sodique
origine du magma	ORIGINE CRUSTALE			ORIGINE MANTELLIQUE		

D'après Barbarin, Lithos, 1999.

FIGURE 5: Composition minéralogique des granites en fonction de l'origine du magma

Saisie des informations :

La présence de biotite et de cordiérite dans le granite nous montre que le magma est d'origine crustale.

Interprétation :

Le granite de Gèdre est le résultat de la fusion partielle des roches entraînées en profondeur (environ 15 km) par l'épaississement de la croûte continentale. Il s'agit d'un granite d'anatexie.

Bilan :

Ces documents nous ont donc permis de retrouver pour les roches de la région de Gavarnie, les profondeurs d'enfouissement qui ont permis leur formation :

- 7 à 10 km pour les micaschistes ;
- à peu près 10 km pour les gneiss ;
- moins de 15 km pour les migmatites ;
- aux environs de 15 km pour le granite ;
- le granite est d'origine crustale issu de la fusion partielles des gneiss entraînés en profondeur.

Sur la carte, les roches qui affleurent sont donc le résultat de transformation en profondeur suite à un enfouissement.

Celles qui sont présentes dans le Sud-Ouest portent les traces d'une profondeur de 7 km (micaschistes) alors que dans l'Est de la carte la profondeur a atteint 15 km pour le granite.

Cela nous donne une idée de l'importance des phénomènes d'érosion et du rebond isostatique qui les ont ramenées à la surface dans cette chaîne de montagnes pyrénéenne où le point culminant présente une altitude de 3400 m.