

ST-G-LE  
MÉTAMORPHIS  
ME, MARQUEUR  
DE LA  
GÉODYNAMIQUE  
INTERNE  
TP



Les principales  
roches  
métamorphiques







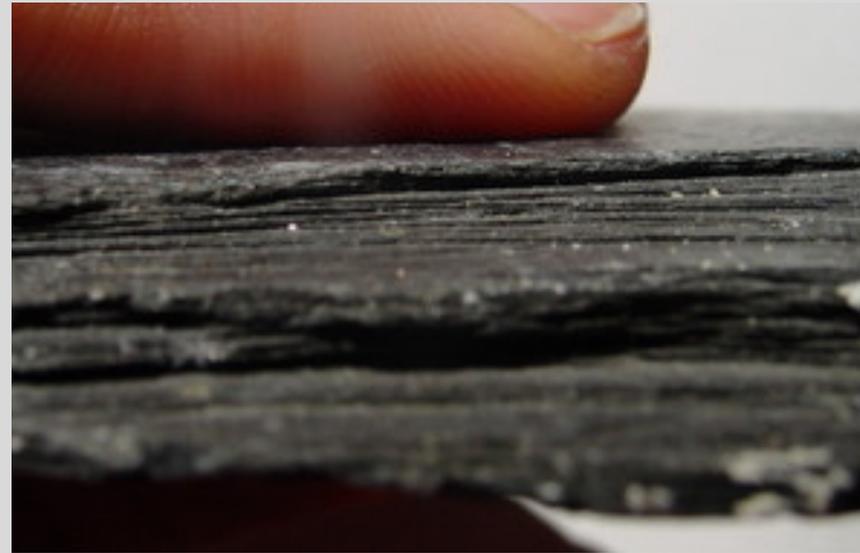
Schiste à séricite



Schiste bleu



Schiste ardoisier



# Micaschistes



phengite

grenat

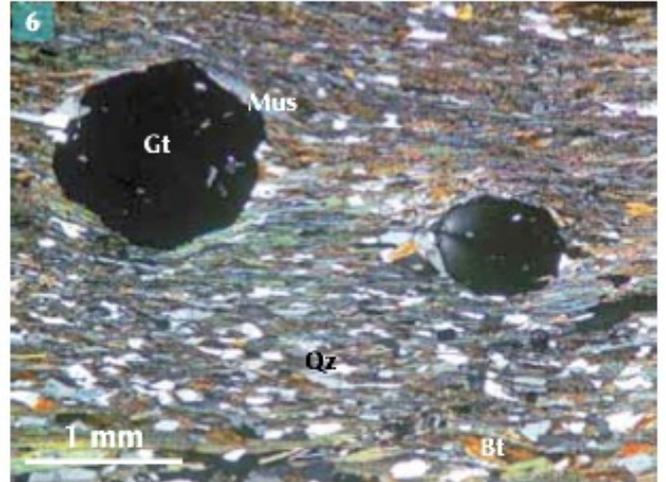


0,2 mm

Qz

LPA

6



Gt

Mus

Qz

Bt

1 mm

Bt = biotite ; Fd = feldspath ; Ct = grenat ; Mus = muscovite ; Qz = quartz

**Analyse la plus complète possible de ce micaschiste**



**Analyse la plus complète possible de ce gneiss**



Analyse la plus complète possible de ce gneiss



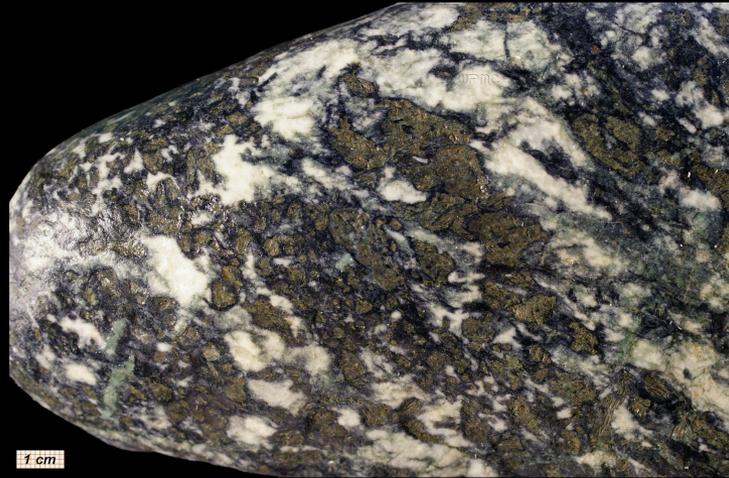


lien?





vue de face



zoom

Cas 1 : Galet de métagabbro du Queyras (Château-Queyras). On y voit les **pyroxènes** magmatiques, les couronnes de **glaucophane** (amphibole bleue) et des veines de **jadéite**. Échantillon : Laurent Jolivet Photographie : Marco Moroni  
Source : ISTeP



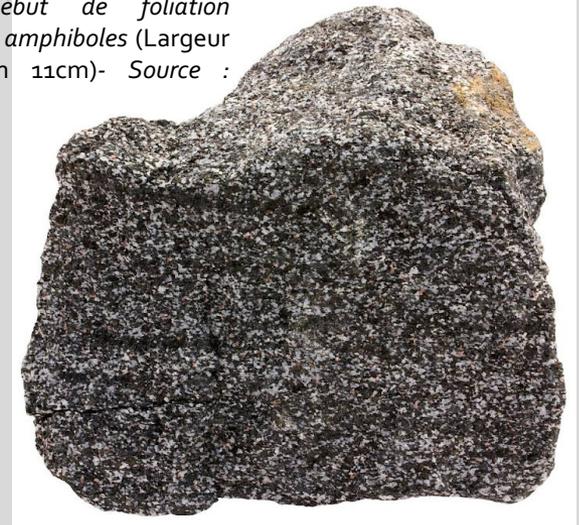
Cas 2 : Métagabbro du Chenaillet. On y observe l'association de **plagioclase**, de **pyroxène**, de **chlorite**, (d'actinote non visible ici) et d'**amphibole verte**.  
Photographie : Florent Figon



Minéraux sombres = amphiboles

Minéraux clairs = feldspaths

Amphibolite début de foliation marquée par les amphiboles (Largeur de l'échantillon 11cm)- Source : Sandatlas-



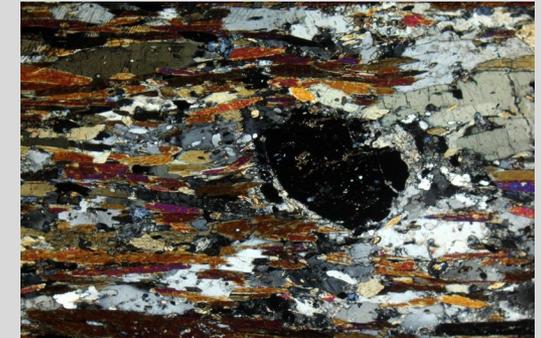
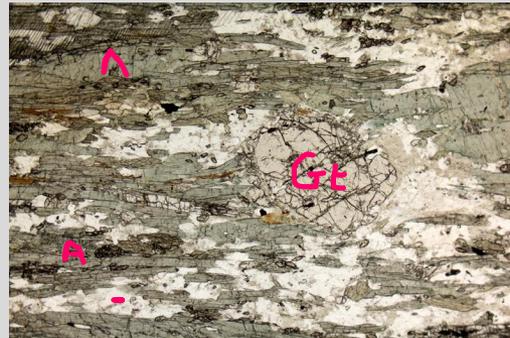
Amphibolite- (Largeur de l'échantillon 9cm)  
Source : Sandatlas-



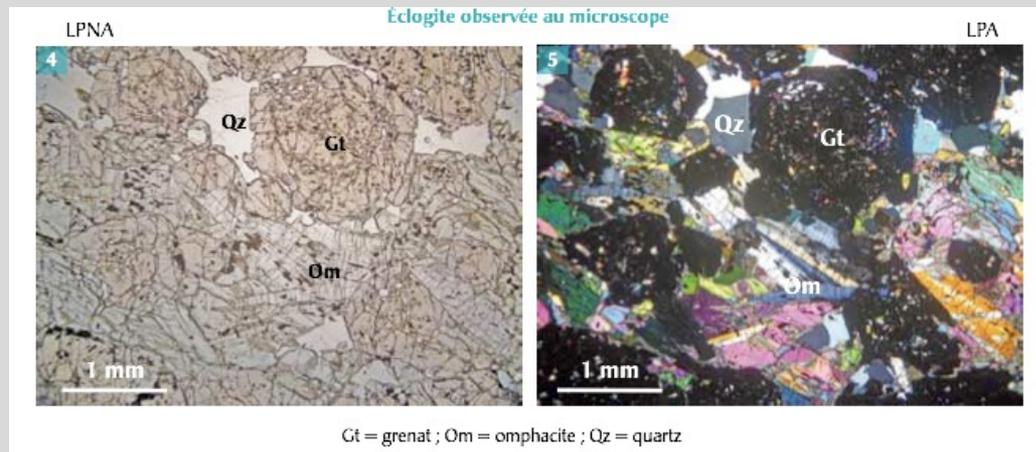
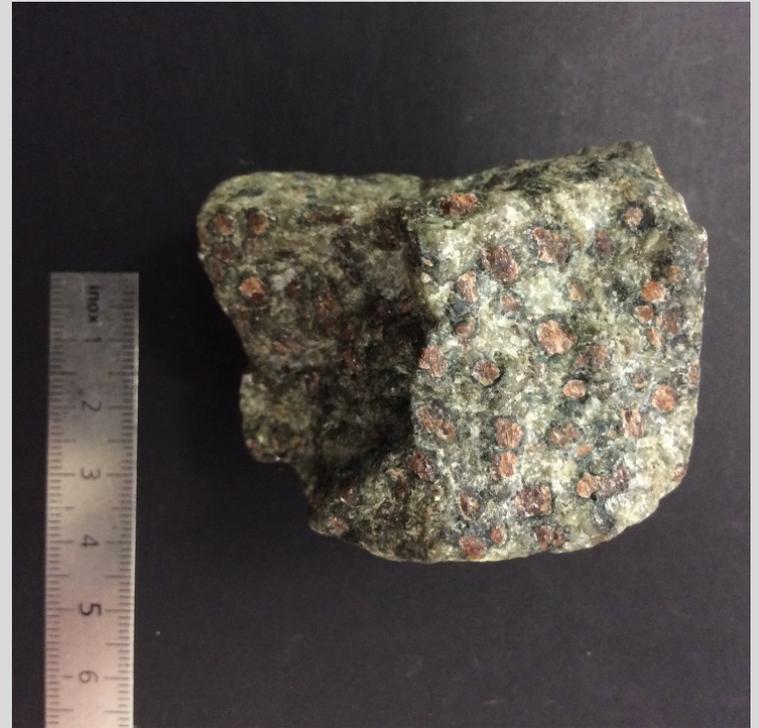
Hornblende et plagioclase dans une amphibolite. LPA . (Champ de vision 7mm).  
Source :www.alexstrekeisen



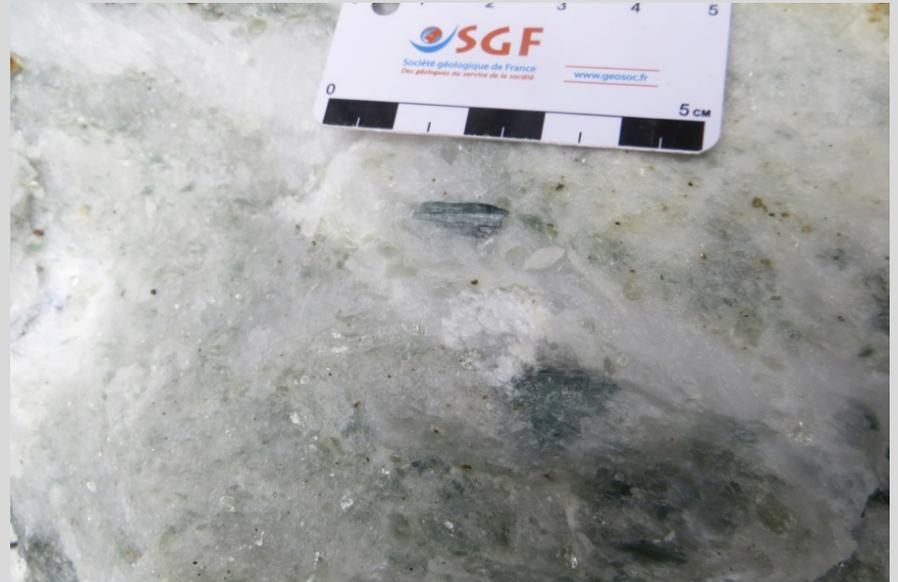
Amphibolite foliée – présence de phénocristaux de grenats  
- (Largeur de l'échantillon 16 cm)- Source : Sandatlas-



Grenat au centre de la foliation marquée par les minéraux de couleurs marrons à verts en LP et de couleurs vives en LPA (amphiboles). Le reste est occupé par des feldspaths et un peu de quartz. (Champ de vision 7mm). Source :www.alexstrekeisen







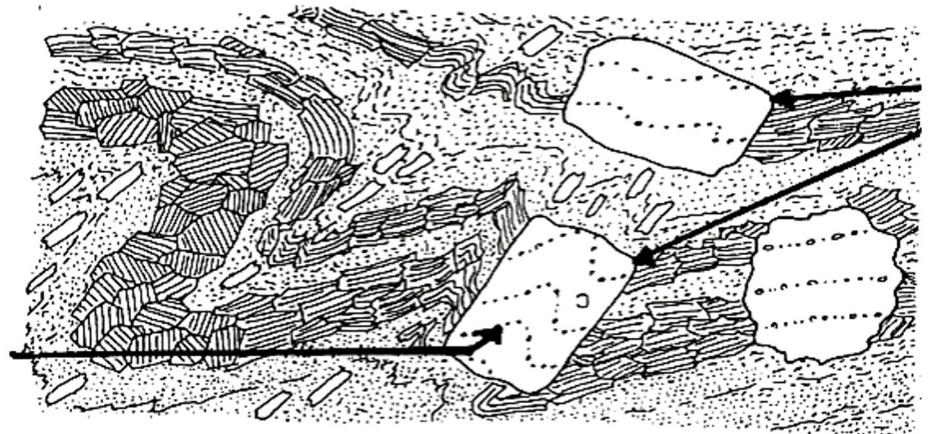
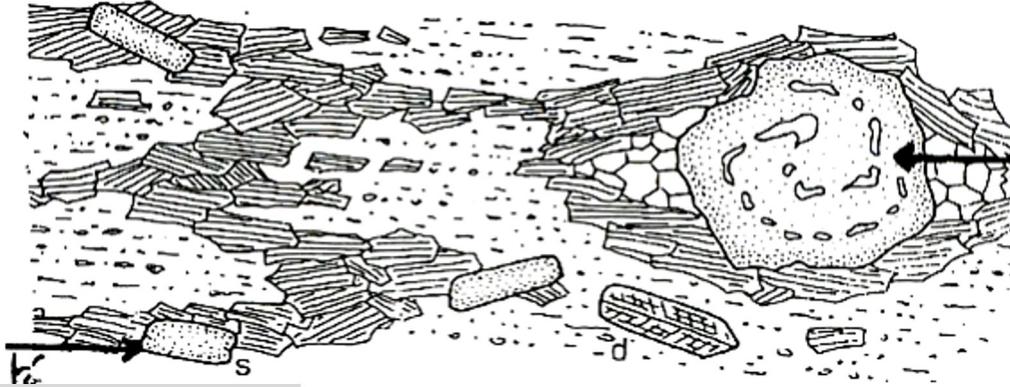
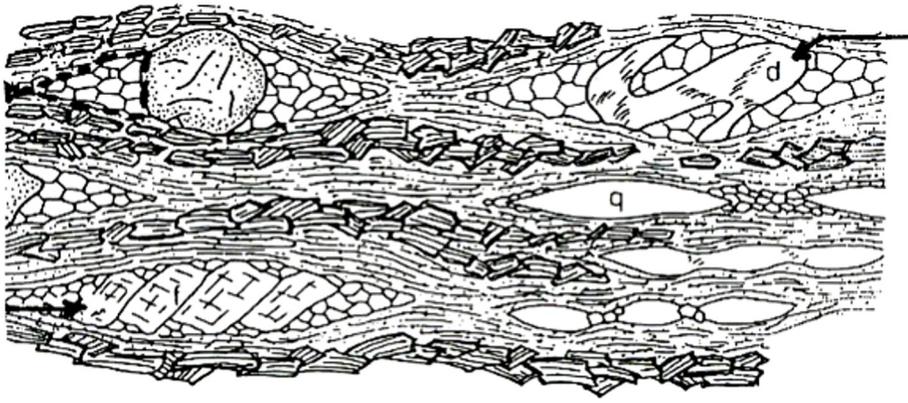
# CORNEENNE

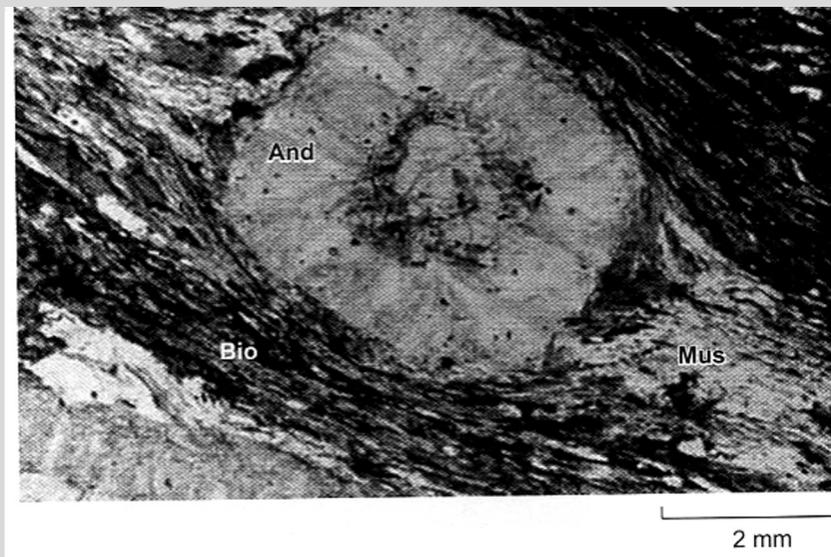
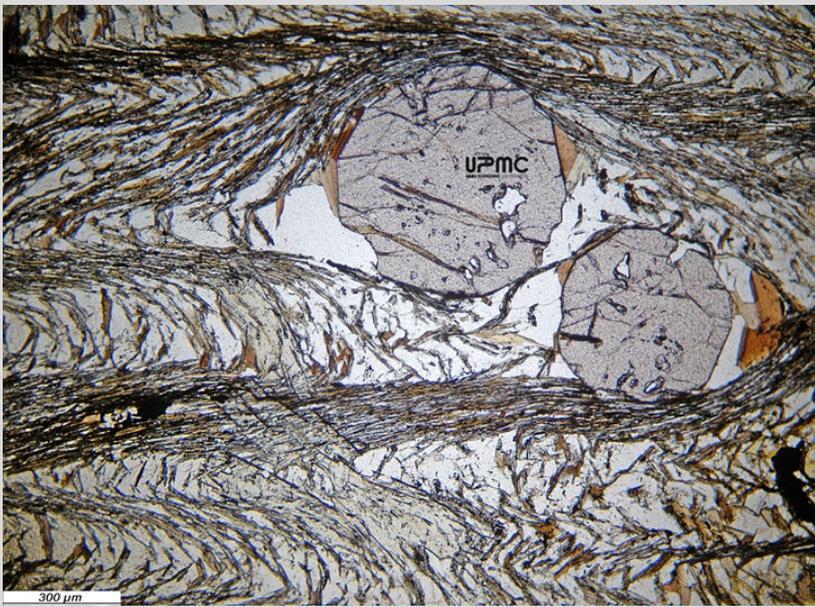


## Déformation des roches et recristallisation à l'échelle des minéraux

A l'aide de votre cours sur les déformations complétez les schémas et annotez le plus précisément possible les trois clichés.







Les figures 1, 2 et 3 sont des photographies d'échantillons de roches (notés X, Y et Z respectivement) qui affleurent dans un même orogène, à quelques kilomètres d'intervalle. Les clichés, bien qu'en noir et blanc, permettent une identification des minéraux. L'observation de n'importe quelle face de l'échantillon X aurait donné un cliché semblable à celui de la figure 1. Ce n'est pas le cas pour les échantillons Y et Z.

1. Analysez de manière comparative les deux échantillons des figures 1 et 2.
2. Analysez l'échantillon de la figure 3 de composition minéralogique proche des précédents.
3. Établissez les liens susceptibles d'exister entre ces divers échantillons ?

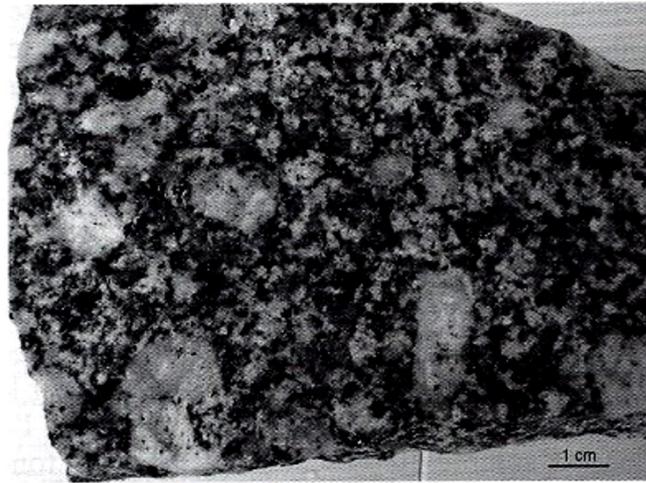


Figure 1 Échantillon X.



Figure 2 Échantillon Y.

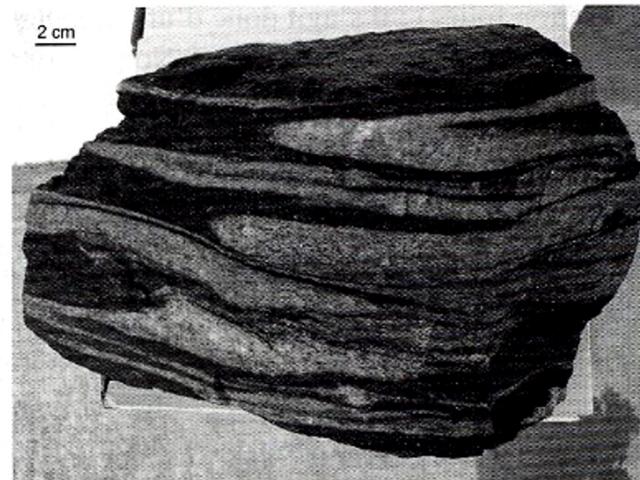


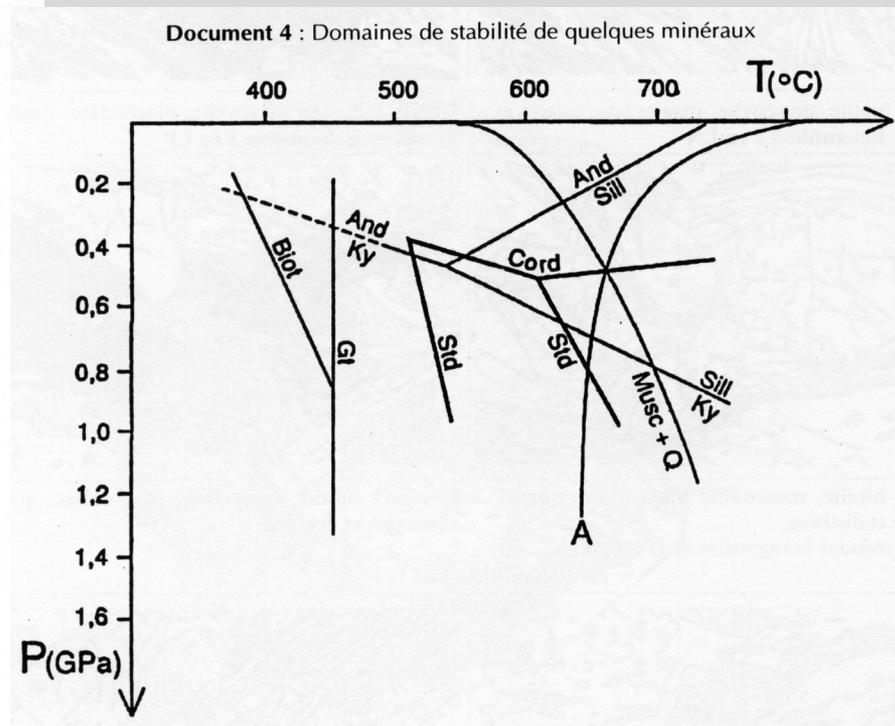
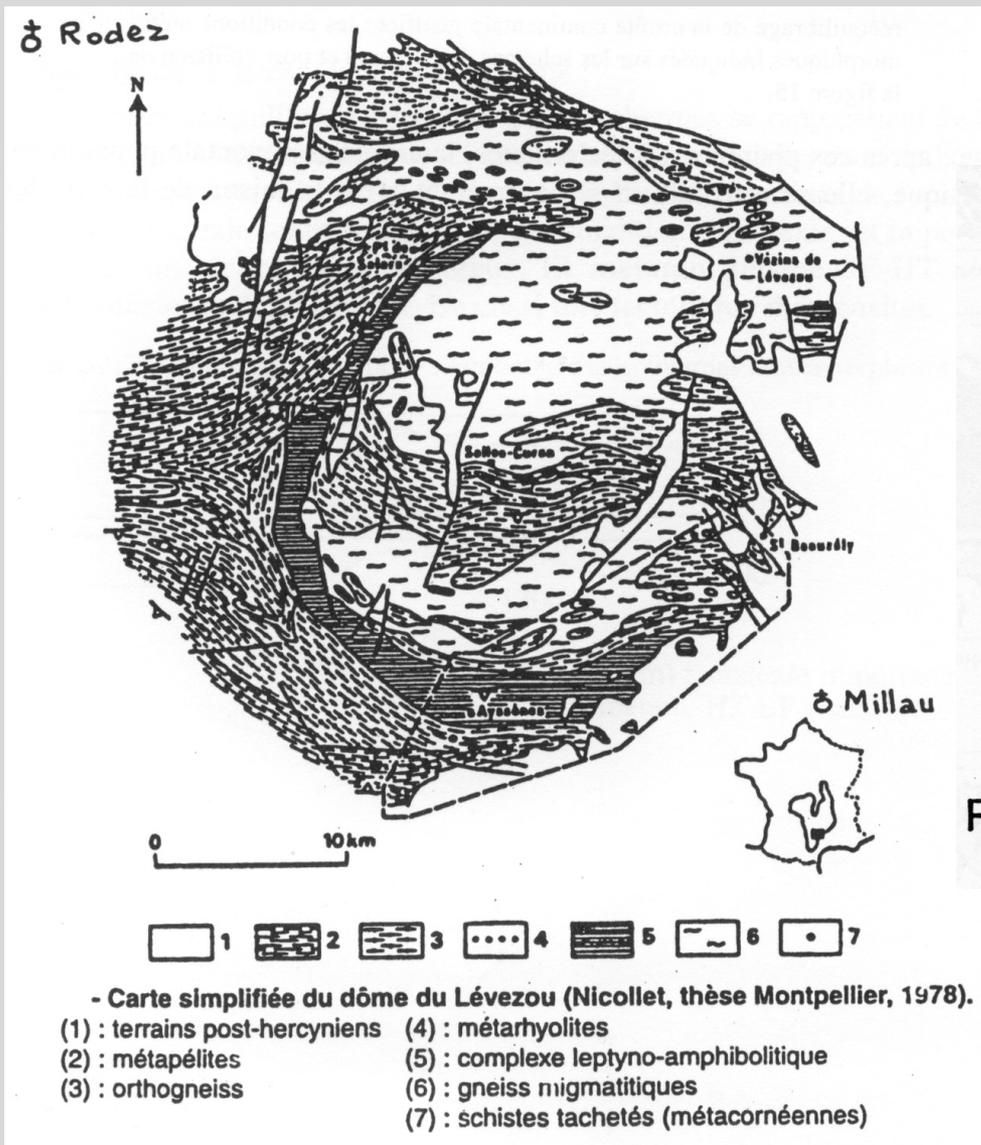
Figure 3 Échantillon Z.

Exploitation de données  
pétrogénétiques et  
structurales pour proposer une  
hypothèse en terme de  
chemin P,  $T = f(t)$

1. Le chemin P,  $T = f(t)$  d'un gabbro  
de la croute océanique → Cf cours

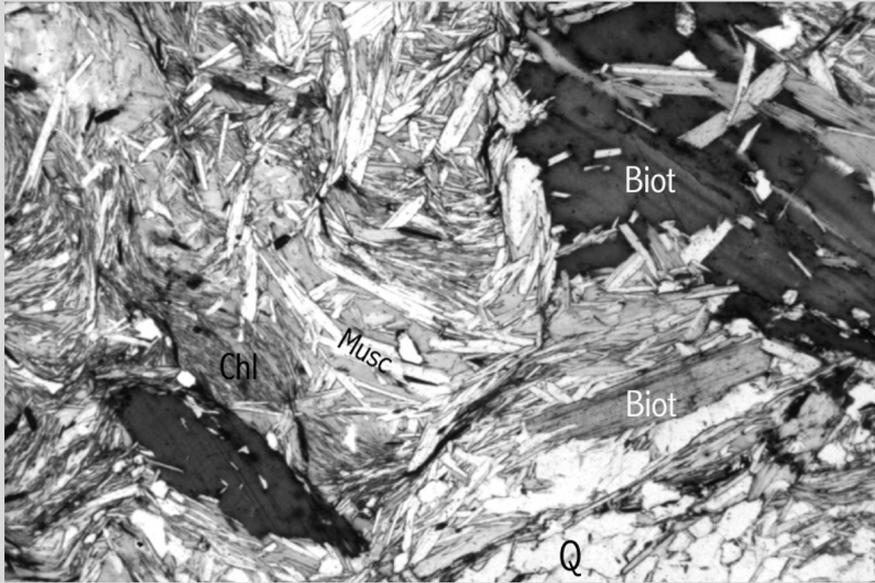


# Déterminer un gradient métamorphique : le dôme de Levezou (activité 2 ou 3)

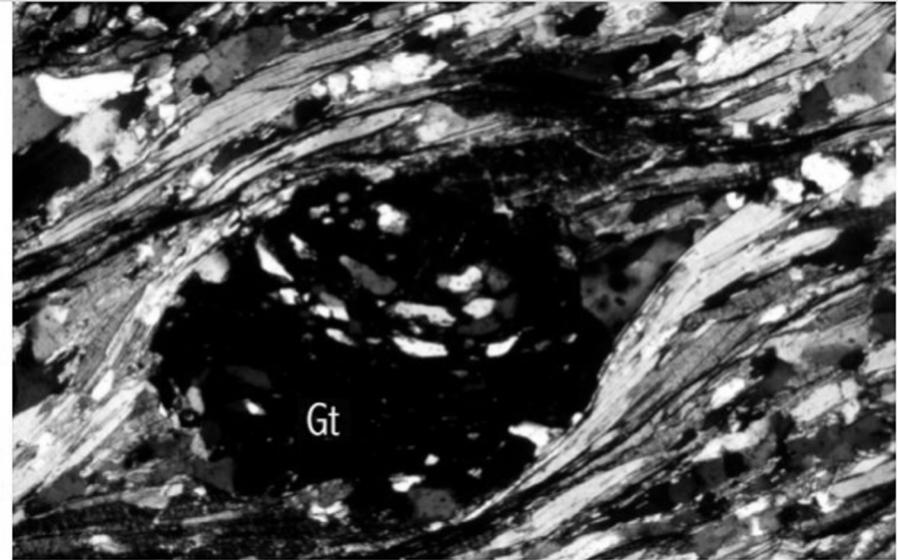


Replacer les échantillons étudiés sur le graphique ci-dessus pour étudier le gradient métamorphique et donner le type de métamorphisme régional

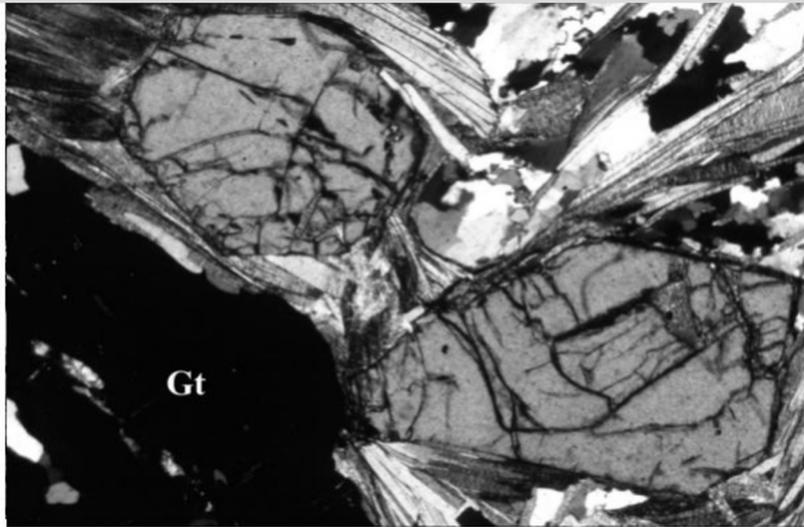
D'après les clichés, quelles sont les paragenèses des roches présentes ? *rappel : Les présenter dans le tableau où chaque minéral présent dans une roche sera indiqué par un trait horizontal*



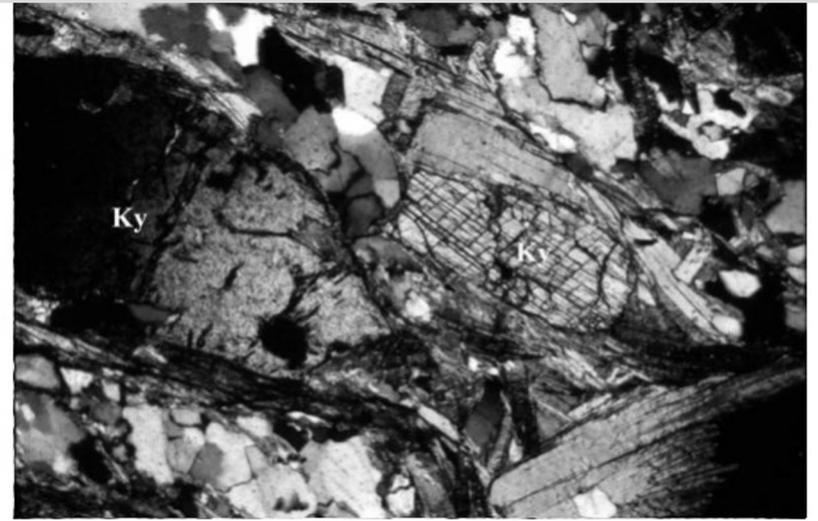
E1 : métapélite à 2 micas = micaschiste  
Les minéraux repères sont: la muscovite, la biotite, la chlorite



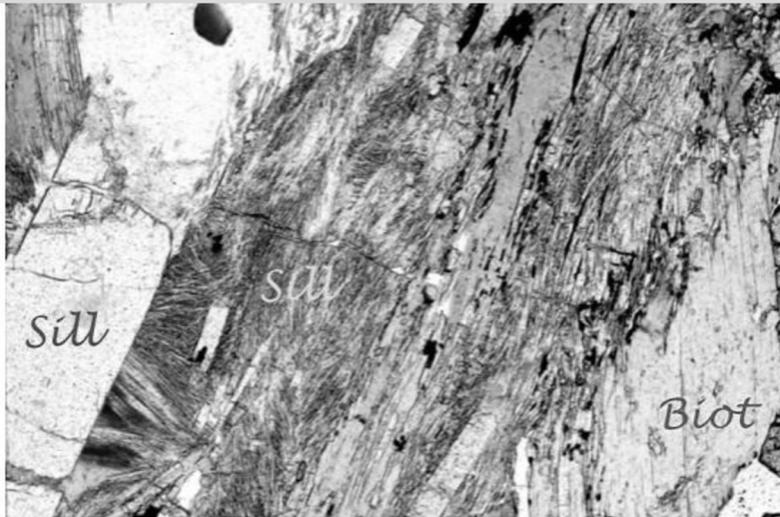
E2 : Gneiss à biotite, muscovite, plagioclase, quartz et grenat



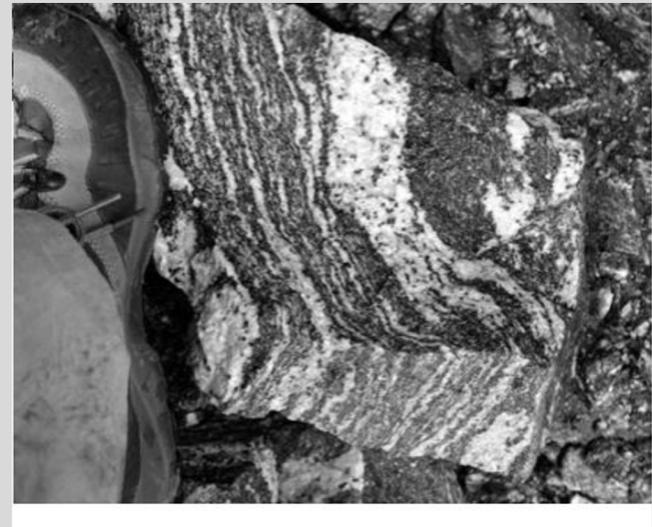
E3 : Un peu plus loin, la métapélite est un gneiss à biotite, muscovite, plagioclase, quartz, grenat et staurotide



E4 : Puis le même gneiss présente aussi des cristaux de disthène (ou Kyanite)



E5 : L'apparition de sillimanite intervient juste avant le contact avec les migmatites



E6 : Migmatite

1

2

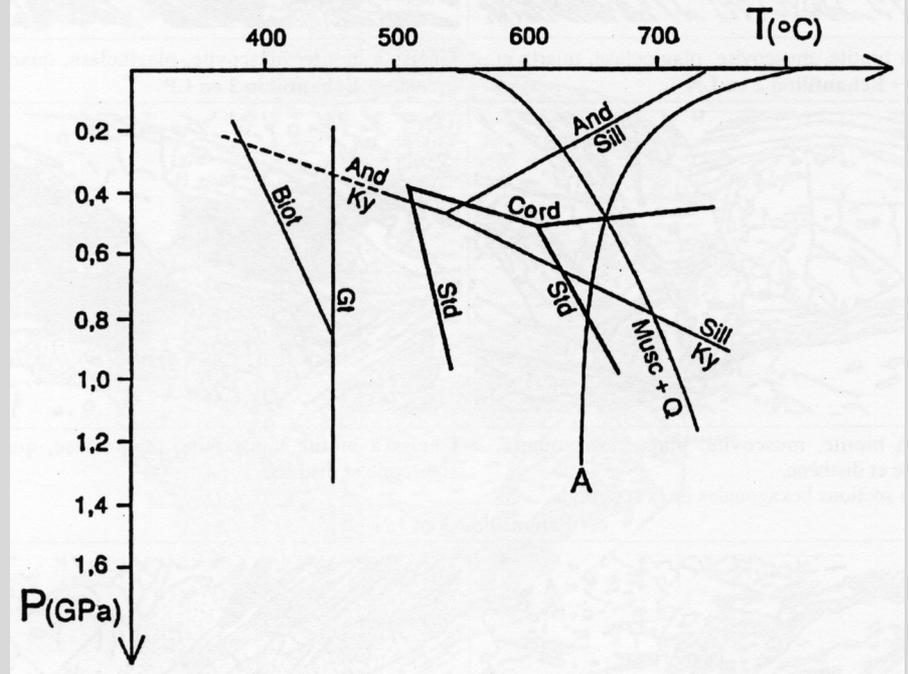
3

4

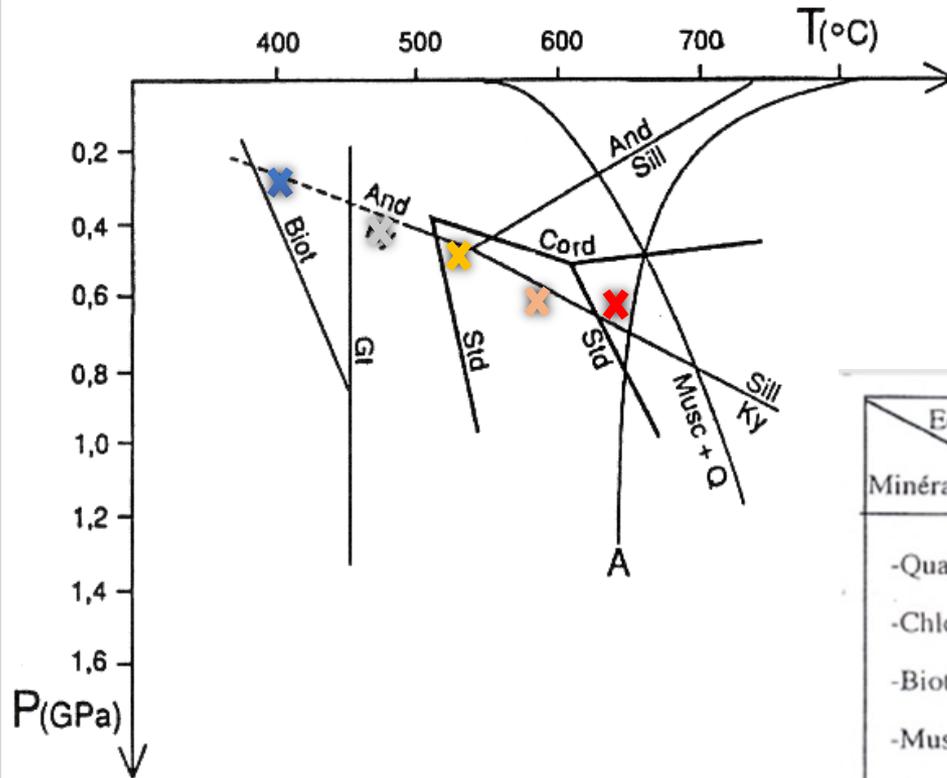
5

- Quartz
- Chlorite
- Biotite
- Muscovite
- Grenat
- Staurotide
- Disthène
- Sillimanite
- Plagioclases

Document 4 : Domaines de stabilité de quelques minéraux



Document 4 : Domaines de stabilité de quelques minéraux



Echantillons	1	2	3	4	5
Minéraux	✕	✕	✕	✕	✕
-Quartz					
-Chlorite					
-Biotite					
-Muscovite					
-Grenat					
-Staurotide					
-Disthène					
-Sillimanite					
-Plagioclases					

**ÉTUDE DES CARTES GÉOLOGIQUES**



# LA CARTE DE FRANCE AU MILLIONIÈME APPORTE DES RENSEIGNEMENTS SUR LES DÉFORMATIONS ET LE MÉTAMORPHISME

## ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

### Isobathes et structures profondes

-  Isobathes de la base du Pliocène : bassin du Pô
-  Isobathes de la base du Cénozoïque : fossé rhénan, bassins péri-alpins, bassin sous-pyrénéen, bassin de l'Èbre et golfe du Lion
-  Isobathes du toit du socle : bassin subalpin, bassins de Paris et d'Aquitaine, Manche, golfe de Gascogne



Discontinuités géophysiques



Diapirs et rides salifères

### Accidents et failles



Faille normale, détachement



Faille inverse, chevauchement



Accident décrochant



Accident indifférencié



Accident majeur



Accident important



Accident mineur

Tirés : accidents masqués

## MÉTAMORPHISME

Les caractères métamorphiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique l'âge de l'orogénèse, la forme indique le faciès du métamorphisme, et l'orientation correspond à la principale foliation régionale

Âge :

 cadomien

 méso-varisque

 néo-varisque

 alpin

 Métamorphisme permo-triasique de la marge sud-alpine

 Métamorphisme lépontin, oligocène supérieur à miocène inférieur

N. B. Dans les Alpes les faciès de haute pression sont privilégiés bien qu'ils soient généralement rétro-morphosés

Faciès  
l'orogénèse néo-varisque  
est prise comme exemple

de basse et  
moyenne  
pression



Faciès schiste vert  
en domaine de nappes



Faciès amphibolite  
(paragneiss, orthogneiss)



Zones anatectiques  
(migmatites)



Faciès granulite  
de basse pression



Faciès schiste bleu  
de basse température



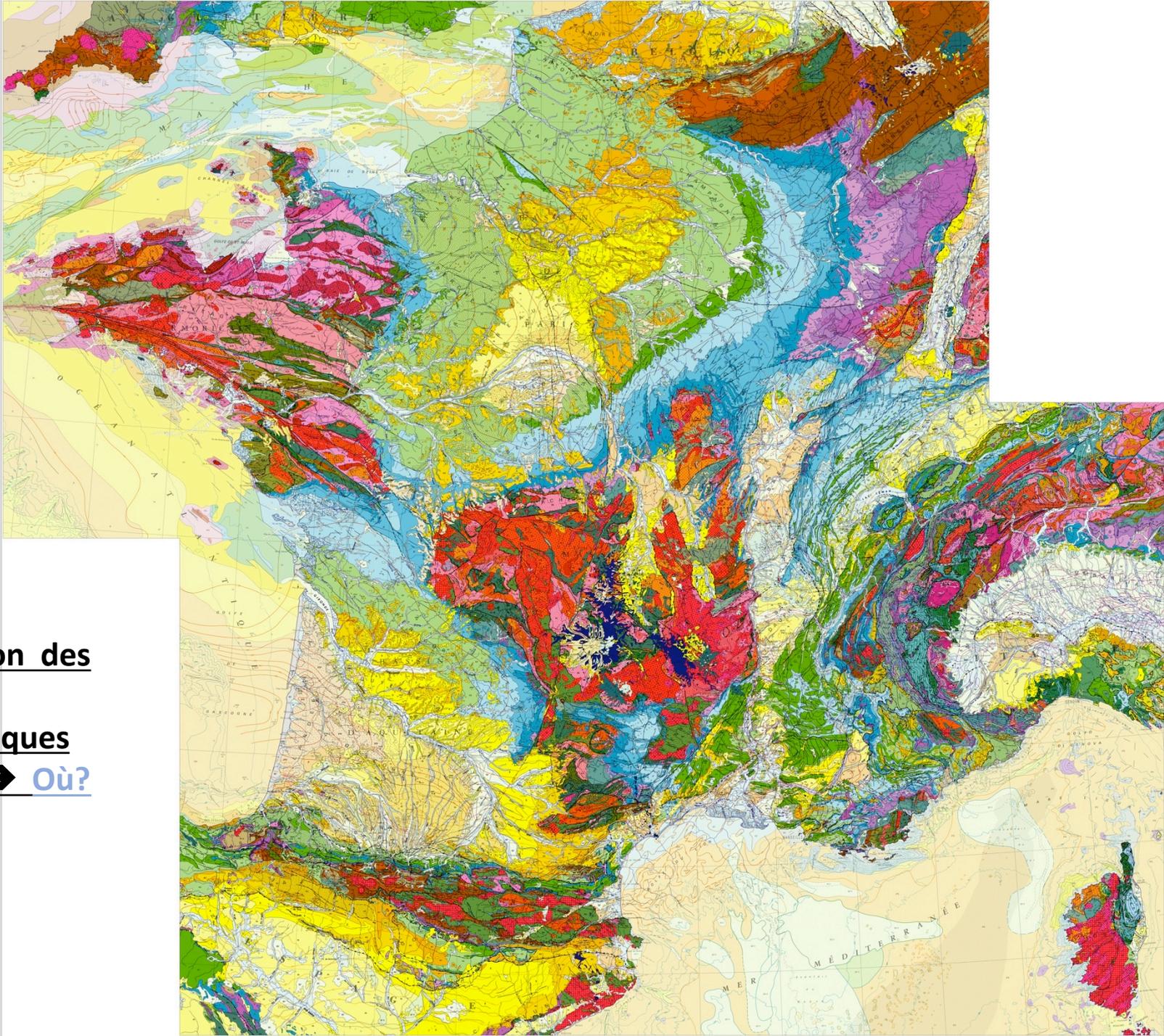
Faciès éclogite (et schiste  
bleu de haute température)

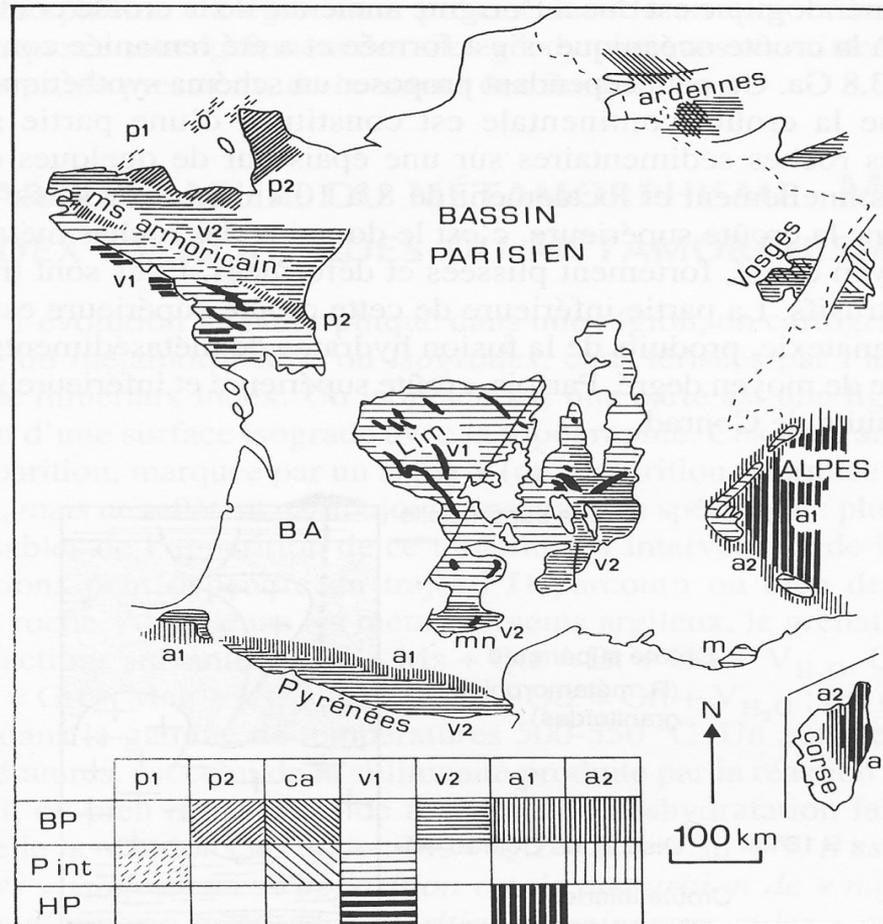


1 : Relique éo-varisque  
éclogitique

2 : Relique éo-alpine  
à coésite

La répartition des  
roches  
métamorphiques  
en France → Où?  
quels âges?





**Répartition des séries métamorphiques sur le territoire français, en fonction de leur âge et du type de gradient métamorphique (d'après Kornprobst *et al.*, 1981).**

BP : gradient de BP-HT ; P int : gradient MP (ou pressions intermédiaires) -HT ; HP : gradient HP-BT. p1 : Protérozoïque inf-lcartien ; p2 : Protérozoïque supérieur (Cadomien) ; ca : Calédonien ; v1 : éohercynien ; v2 : hercynien ; a1 : éoalpin ; a2 : Lépontin. M : massif des Maures ; mn : Montagne Noire ; Lim : Limousin. Les boudins noirs représentent les principales formations à métaophiolites et roches de haute pression (éclogites et granulites) qui apparaissent en reliques dans les séries hercyniennes. BA : bassin Aquitain. (Kornprobst, 2001)

**ETUDE D'UNE SERIE MÉTAMORPHIQUE**  
**D'APRÈS LA CARTE AU 1/50 000 DE SAINT-**  
**GIRONS (ACTIVITÉ 3 OU 4)**

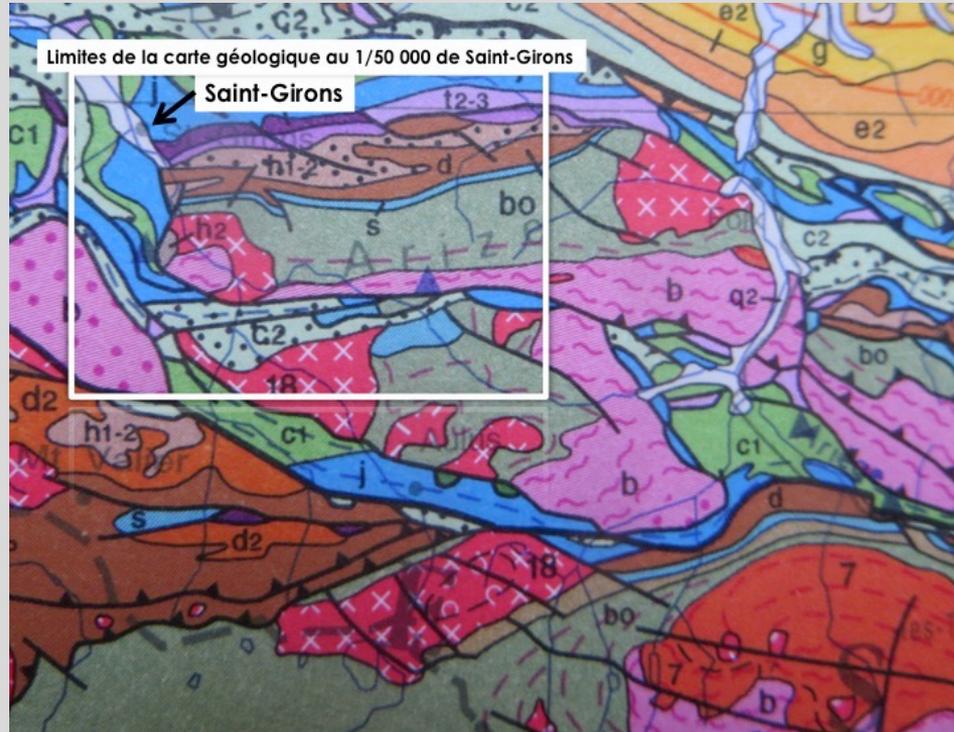
Dans la région de l'Arize (Pyrénées), affleure un ensemble de roches métamorphiques, sédimentaires et magmatiques.

***En utilisant les différents documents proposés, montrez que les affleurements recensés dans la région sont les témoins d'épisodes métamorphiques dont vous donnerez les principales caractéristiques (âge, faciès, gradient)***

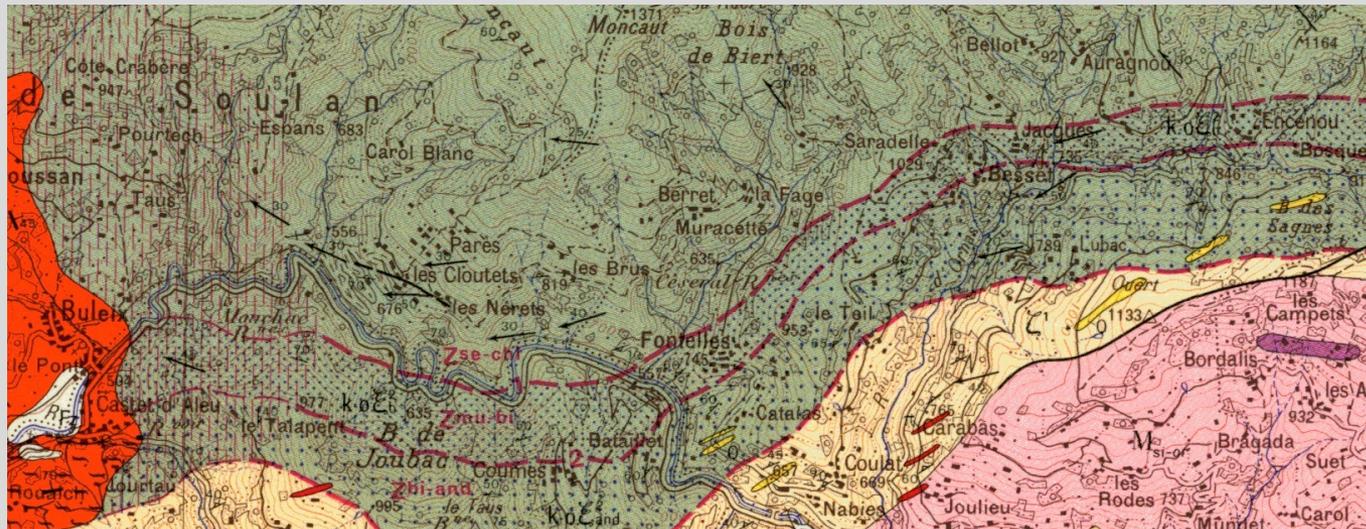
***Utilisez le domaine de stabilité des minéraux fourni au document 2, le tableau 3 que vous remplirez et les graphiques des documents 4 afin de déterminer les faciès et le gradient de ce métamorphisme régional.***

***Récapitulez les grands traits de l'histoire géologique du massif de l'Arize.***  
***A l'aide du poly, étudiez les roches de cette série métamorphique***

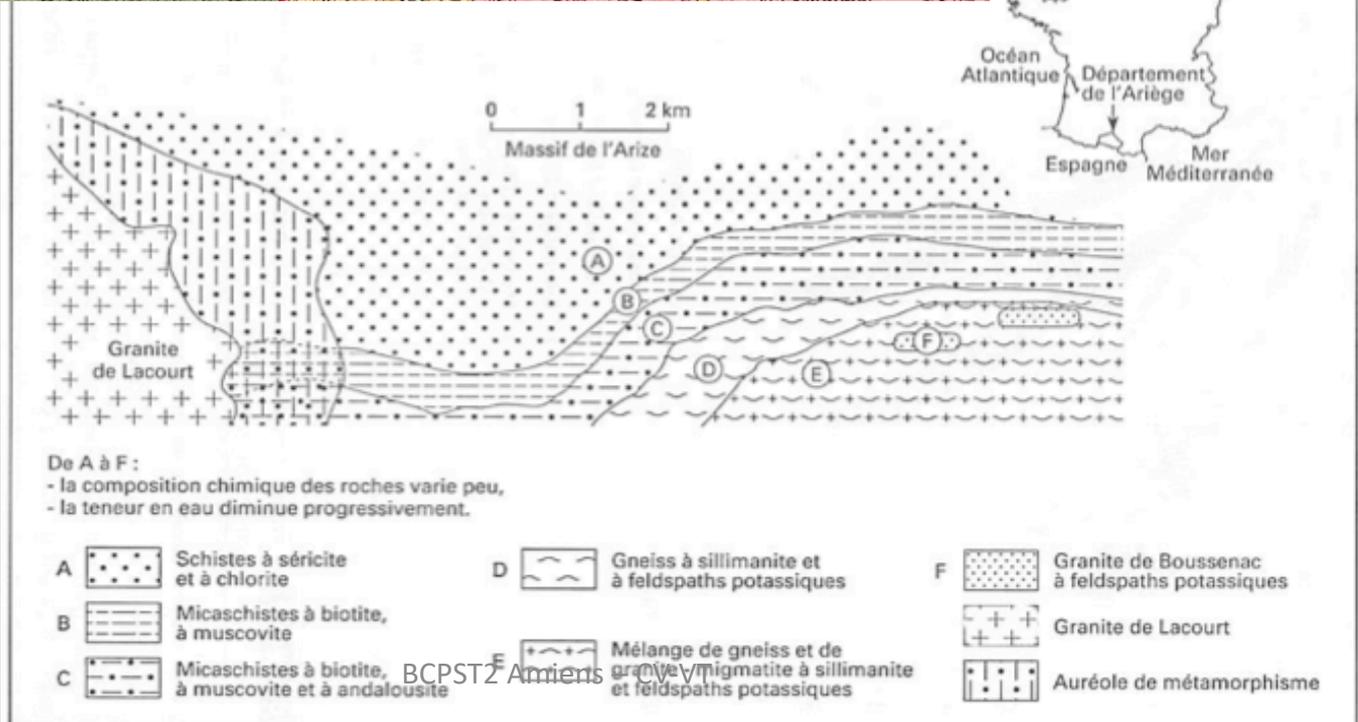
# Localisation de la carte de Saint Giron



# Document 1: extrait de la carte au 1/ 50 000 de Saint-Girons + schéma d'interprétation



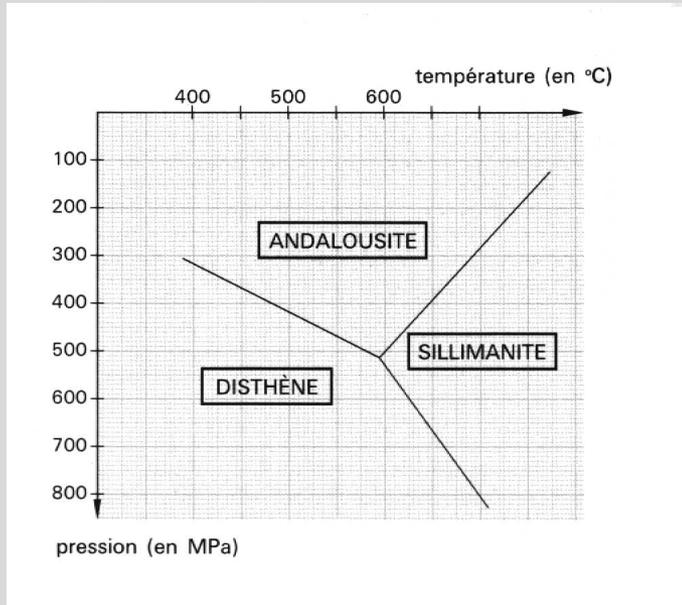
**Piste 1 : Analyser la disposition des roches observables au nord de Biert sur la carte du massif de l'Arize**



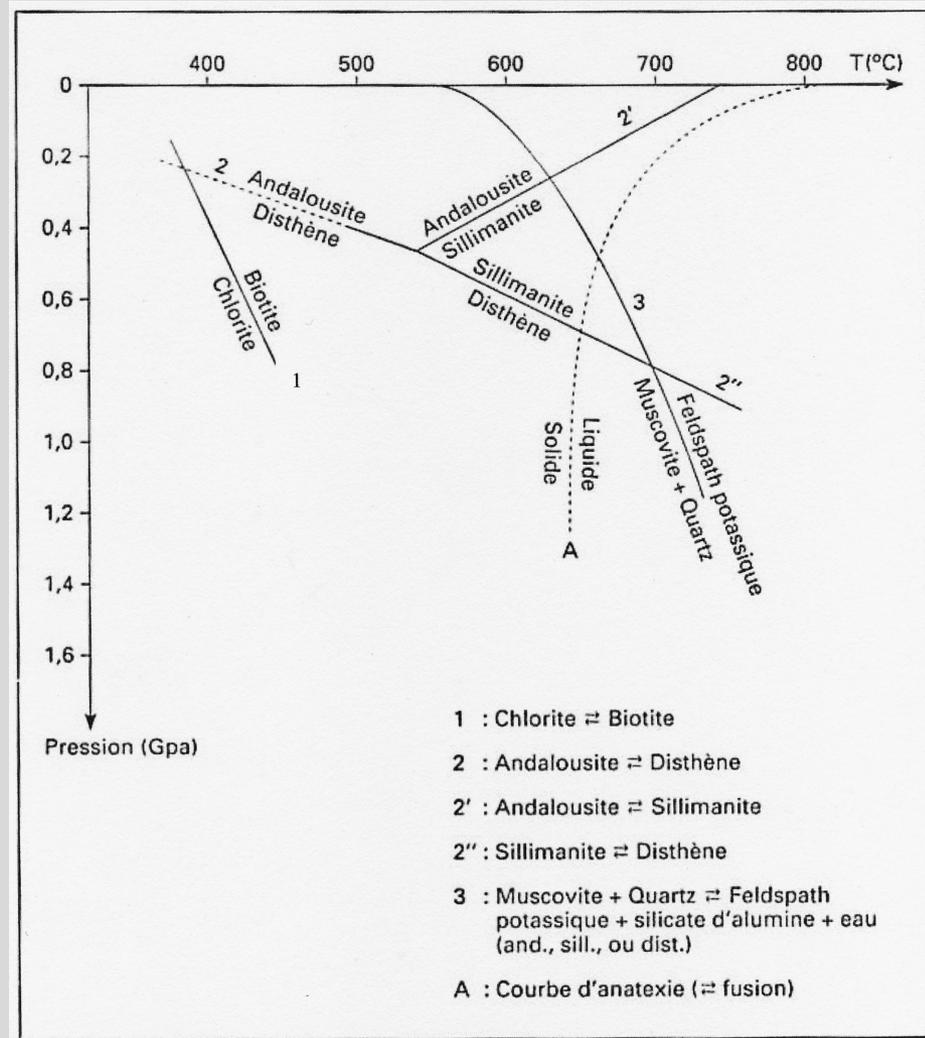
A l'affleurement les roches dénommées schiste, micaschiste, gneiss se présentent en bandes juxtaposées le long d'un massif de roche granito gneissique (migmatite : mélange)

Dans ce massif de migmatite, on observe de petits massifs de granite, roche magmatique issue d'une fusion.

## Document 2 : Domaines de stabilité de différents minéraux



Données expérimentales concernant les domaines de stabilité de différents minéraux



## Document 3 : Composition minéralogique des roches

Chaque roche est caractérisée par une association particulière de minéraux ou paragenèse à trouver d'après la légende de la carte



	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>Chlorite</b>						
<b>Biotite</b>						
<b>Andalousite</b>						
<b><u>Sillimanite</u></b>						
<b>Disthène</b>						
<b>Muscovite</b>						
<b>Quartz</b>						
<b>Feldspath potassique (orthose)</b>						



***Piste 2 : En vous aidant des échantillons macroscopiques et des données microscopiques (Cf tableau descriptif et poly roches), établir une étude comparée des différentes roches rencontrées (complétez le tableau descriptif et le tableau comparatif)  
complétez les paragenèses***

Nom de la roche	Aspect macroscopique	Aspect microscopique
Schiste		Alternance de lits de quartz et de lits argileux L'aspect lité est une conséquence du dépôt
Micaschiste		Présence d'une foliation* : minéraux disposés en feuillets (alternance de niveaux quartzeux et de niveaux micacés)
Gneiss		Structure orientée Cristaux de plus grandes tailles Feuillets clairs : quartz et feldspaths Feuillets sombres : micas, amphibole, sillimanite ou andalousite ou disthène
Granitogneiss		Présence de quartz, de feldspaths et de micas Trace d'une orientation des minéraux
Granite		Quartz, feldspaths, micas sans aucune orientation

Schistosité : feuillette en plans parallèles, plus ou moins serrés de certaines roches. Ces plans sont des zones de fragilité où la roche se casse en feuillets homogènes plus ou moins minces. Cette schistosité est acquise sous l'effet de contraintes tectoniques en compression (ne pas confondre schistosité et stratification liée au dépôt). Dans certains cas, la schistosité peut être soulignée par la disposition des minéraux

Foliation : structure présente dans certaines roches métamorphiques qui se caractérise par la formation de lits de minéraux et qui se superpose à la schistosité. La foliation donne un aspect rubané à la roche qui se présente sous forme d'une succession de lits à contenu minéralogique bien défini.

	Schiste	Micaschiste	Gneiss	Granitogneiss	Granite
<b>Présence de minéraux visibles à l'œil nu</b>					
<b>Présence d'un litage sédimentaire</b>					
<b>Présence d'une schistosité</b>					
<b>Présence d'une foliation</b>					
<b>Présence de quartz</b>					
<b>Présence de micas</b>					
<b>Présence de feldspaths</b>					
<b>Présence d'autres minéraux</b>					
<b>Disparition de la schistosité</b>					
<b>Disparition de la foliation</b>					
<b>Absence totale de schistosité et de foliation</b>					

## BILAN : TABLEAU DESCRIPTIF DES ROCHES DU MASSIF DE L'ARIZE

Nom de la roche	Aspect macroscopique	Aspect microscopique
<b>Schiste</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de cristaux apparents</li> <li>• Aspect brillant</li> <li>• Présence d'une schistosité*</li> <li>• Proche d'une roche argileuse qui aurait été compactée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternance de lits de quartz et de lits argileux</li> <li>• L'aspect lité est une conséquence du dépôt</li> </ul>
<b>Micaschiste</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schistosité bien marquée</li> <li>• Clivables en fins feuillets</li> <li>• Abondance de cristaux de petites tailles : micas, biotite, muscovite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'une foliation* : minéraux disposés en feuillets (alternance de niveaux quartzeux et de niveaux micacés)</li> </ul>
<b>Gneiss</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peu clivable – non débitable en feuillet donc disparition de la schistosité</li> <li>• Apparition de minéraux sombres micacés et de niveaux plus clairs (quartz, feldspaths)</li> <li>• Ces minéraux sont disposés en feuillets bien individualisés (foliation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure orientée</li> <li>• Cristaux de plus grandes tailles</li> <li>• Feuillet clairs : quartz et feldspaths</li> <li>• Feuillet sombres : micas, amphibole, sillimanite ou andalousite ou disthène</li> </ul>
<b>Granitogneiss</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mélange de partie gneissique et de partie granitique</li> <li>• Foliation moins apparente</li> <li>• Présence de minéraux clairs et sombres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de quartz, de feldspaths et de micas</li> <li>• Trace d'une orientation des minéraux</li> </ul>
<b>Granite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cristaux de grandes tailles clairs et sombres sans aucune foliation apparente (quartz, feldspaths et biotite)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quartz, feldspaths, micas sans aucune orientation</li> </ul>

	Schisto	Micaschisto	Gneiss	Granito-gneiss	Granite
Présence de minéraux visibles à l'œil nu		X	X	X	X
Présence d'un litage sédimentaire	X				
Présence d'une schistosité	X	XX			
Présence d'une foliation		X	XX	X	
Présence de quartz	X	X	X	X	X
Présence de micas	X	X	X	X	X
Présence de feldspaths			X	X	X
Présence d'autres minéraux			X	X	
Disparition de la schistosité			X	X	
Disparition de la foliation				X	
Absence totale de schistosité et de foliation					X

## Document 3 : Composition minéralogique des roches

Chaque roche est caractérisée par une association particulière de minéraux ou paragenèse à trouver d'après la légende de la carte



	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>Chlorite</b>						
<b>Biotite</b>						
<b>Andalousite</b>						
<b><u>Sillimanite</u></b>						
<b>Disthène</b>						
<b>Muscovite</b>						
<b>Quartz</b>						
<b>Feldspath potassique (orthose)</b>						



On observe une évolution continue de la structure et de la composition minéralogique du schiste au granito-gneiss comparable à la disposition observée à l’affleurement. Chaque roche de la série en partant du schiste résulte d’une transformation de la précédente.

***Piste 3 : Si vous avez un tableau de composition chimique des roches présentes, vérifiez si votre hypothèse vous semble judicieuse***

Composition chimique moyenne, en %, des roches présentes au massif de l'Arize

	<b>Schistes à Séricite et chlorite</b>	<b>Micaschiste</b>	<b>Gneiss</b>	<b>Granites</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	69	67,5	68	71
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15,7	15,9	16,7	15,4
<b>FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	3,7	5,1	6	1,5
<b>MgO</b>	2,1	2,4	1,8	0,9
<b>CaO</b>	0,7	2,1	2,1	1,4
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	2	3,9	2,8	4,7
<b>K<sub>2</sub>O</b>	3,9	1,4	1,3	4,2
<b>H<sub>2</sub>O</b>	2,9	1,7	1,3	0,9

La composition élémentaire des trois roches (du schiste au gneiss) est globalement identique ce qui confirme le lien de parenté entre ces roches.

Rq : on y retrouve tous les éléments chimiques d'une roche sédimentaire argilo-quartzeuse déshydratée

Les granites (issus d'un magma refroidi) ont une composition proche mais enrichie en silice (> 70%) et en alcalin (Na et K) et appauvrie en fer, magnésium et calcium.

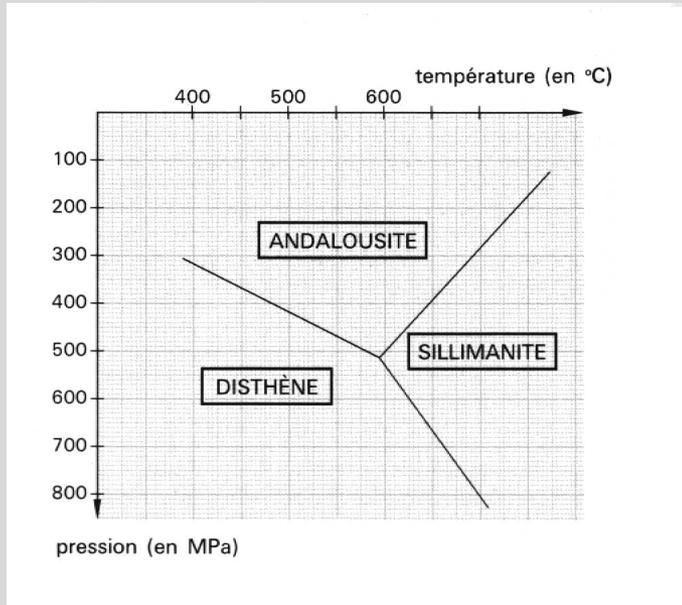
*Il semble bien y avoir une transformation à partir d'une roche sédimentaire se traduisant par des minéraux différents. On va donc rechercher les conditions permettant une telle transformation en partant d'une composition chimique initiale.*

***Piste 4 :***

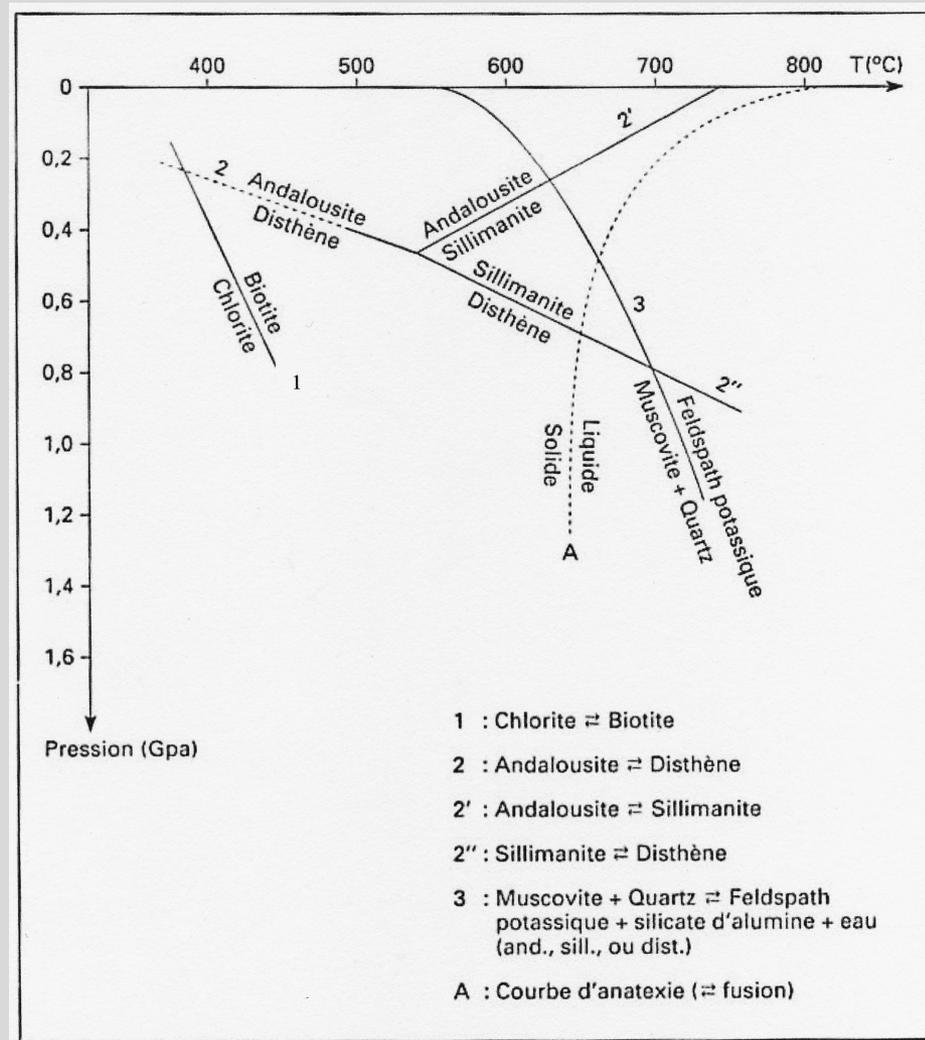
***Utilisez les différentes paragenèses pour déterminer les différents domaines de pression et de température atteints par les roches et en particulier la plus forte température lors de l'évolution prograde. (placez les roches sur le graphique)***

***Définissez alors le gradient métamorphique de la région***

## Document 2 : Domaines de stabilité de différents minéraux



Données expérimentales concernant les domaines de stabilité de différents minéraux



La roche A contient de la chlorite = à gauche de la courbe d'équilibre 1

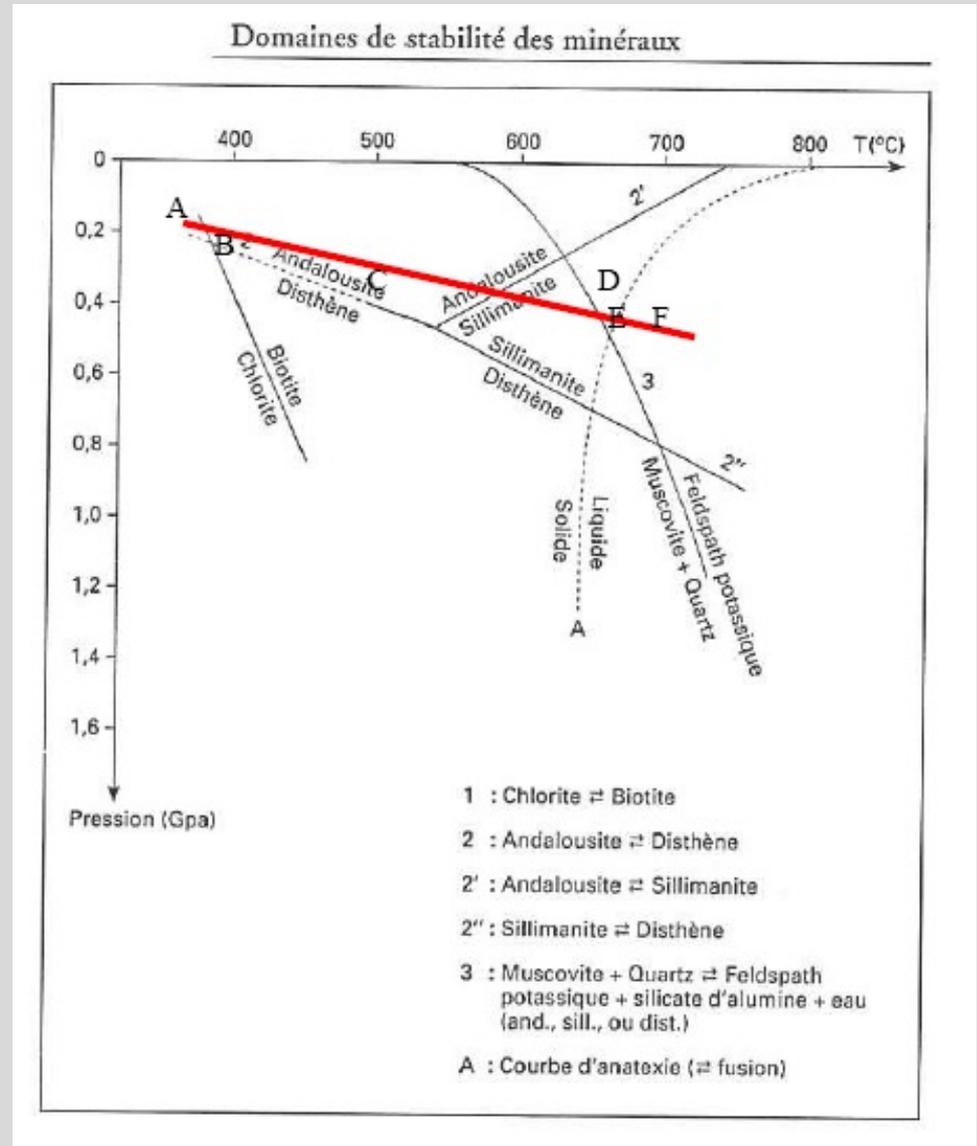
Le roche B contient de la biotite = à droite de la courbe d'équilibre 1

La roche C contient de l'andalousite = au dessus des courbes 2 et 2'

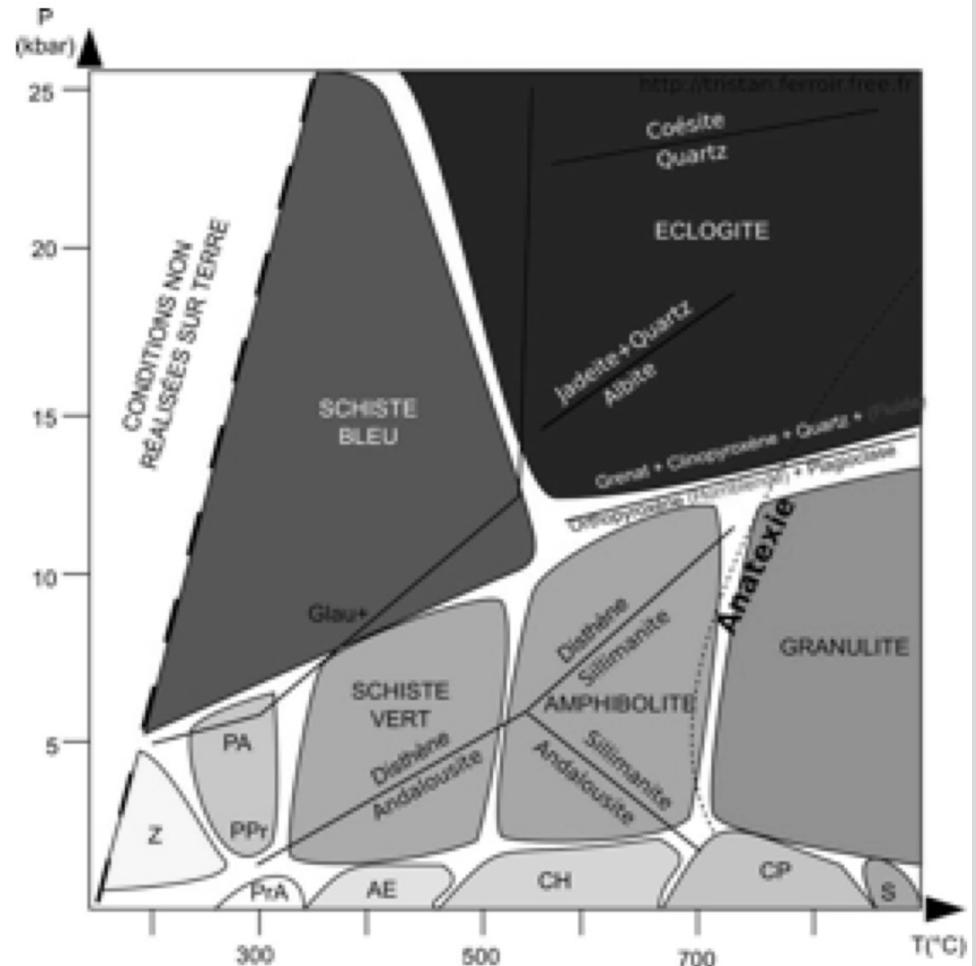
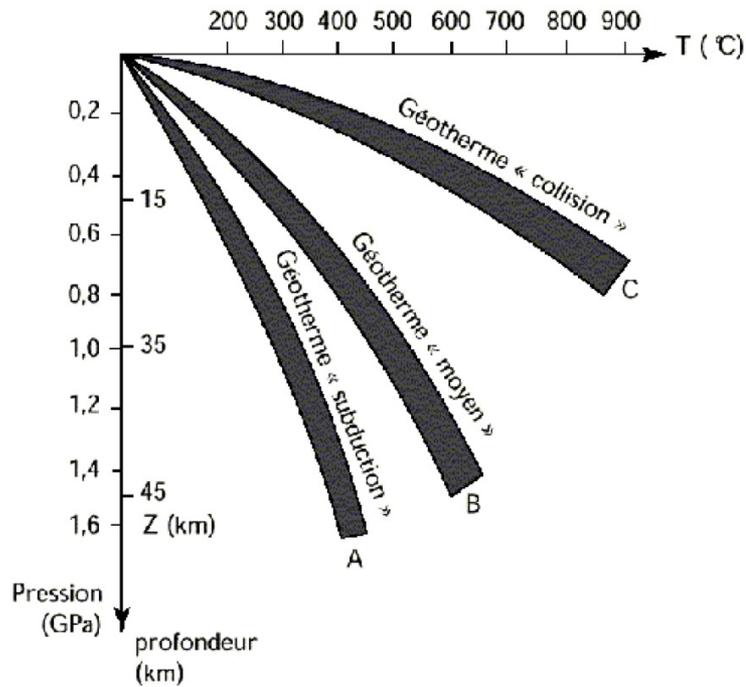
La roche D contient de la sillimanite et des feldspaths potassiques = à droite de 2' et 2'' et à droite de 3

La roche E a les mêmes minéraux que D mais présente des traces de fusion (anatexie) = droite de solidus A

La roche F est un granite d'anatexie = à droite du solidus



## Documents 4 : Géothermes et Faciès métamorphiques



*Il s'agit d'un métamorphisme de BP, HT*  
*Faciès Amphibolite*  
*Contexte post-collisionnel.*

- Age hercynien : Il s'agit de socle (croûte continentale métamorphisée lors de l'orogénèse varisque, couleur orange sur le millionième).

- Il s'agit d'un **métamorphisme varisque de BP, HT.**

Les roches ont un faciès amphibolite. (voire schistes verts pour A et B).

=> **contexte post-collisionnel**

- L'auréole de métamorphisme de contact du granite de Lacourt affecte les terrains A, B et C. Ce granite s'est donc mis en place postérieurement à ces roches.

- Mise en place en profondeur du granite intrusif de Lacourt lequel métamorphise les roches précédentes qu'il traverse (**thermométamorphisme de contact, faciès cornéenne, BP, M à HT**).

***Piste 5 :***

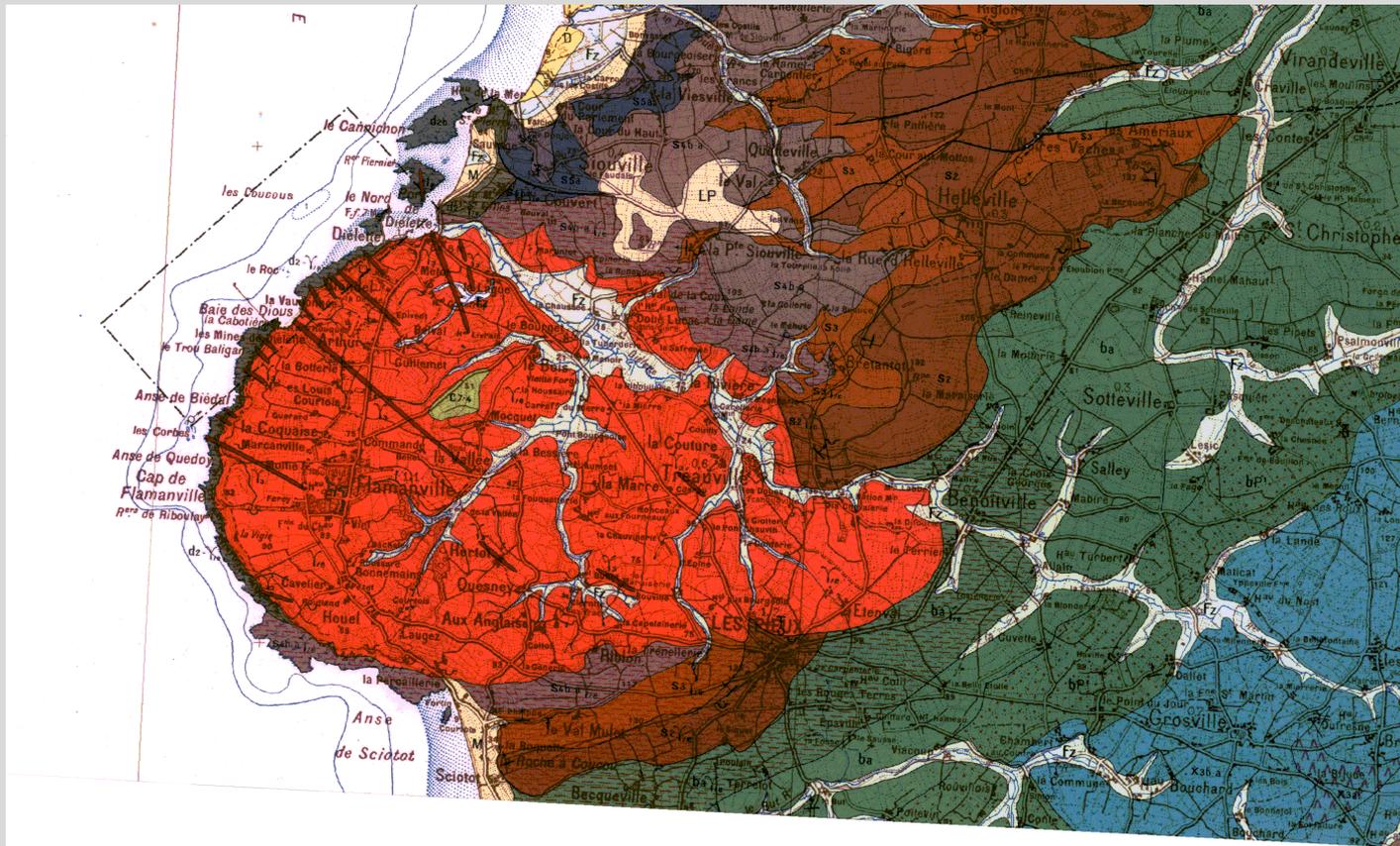
***Hiérarchisez les évènements pour proposez quelques aspects de l'Histoire de la Région***

# ETUDE D'UNE SERIE MÉTAMORPHIQUE D'APRÈS LA CARTE AU 1/50 000 DE SAINT- GIRONS (ACTIVITÉ 4 OU 5)

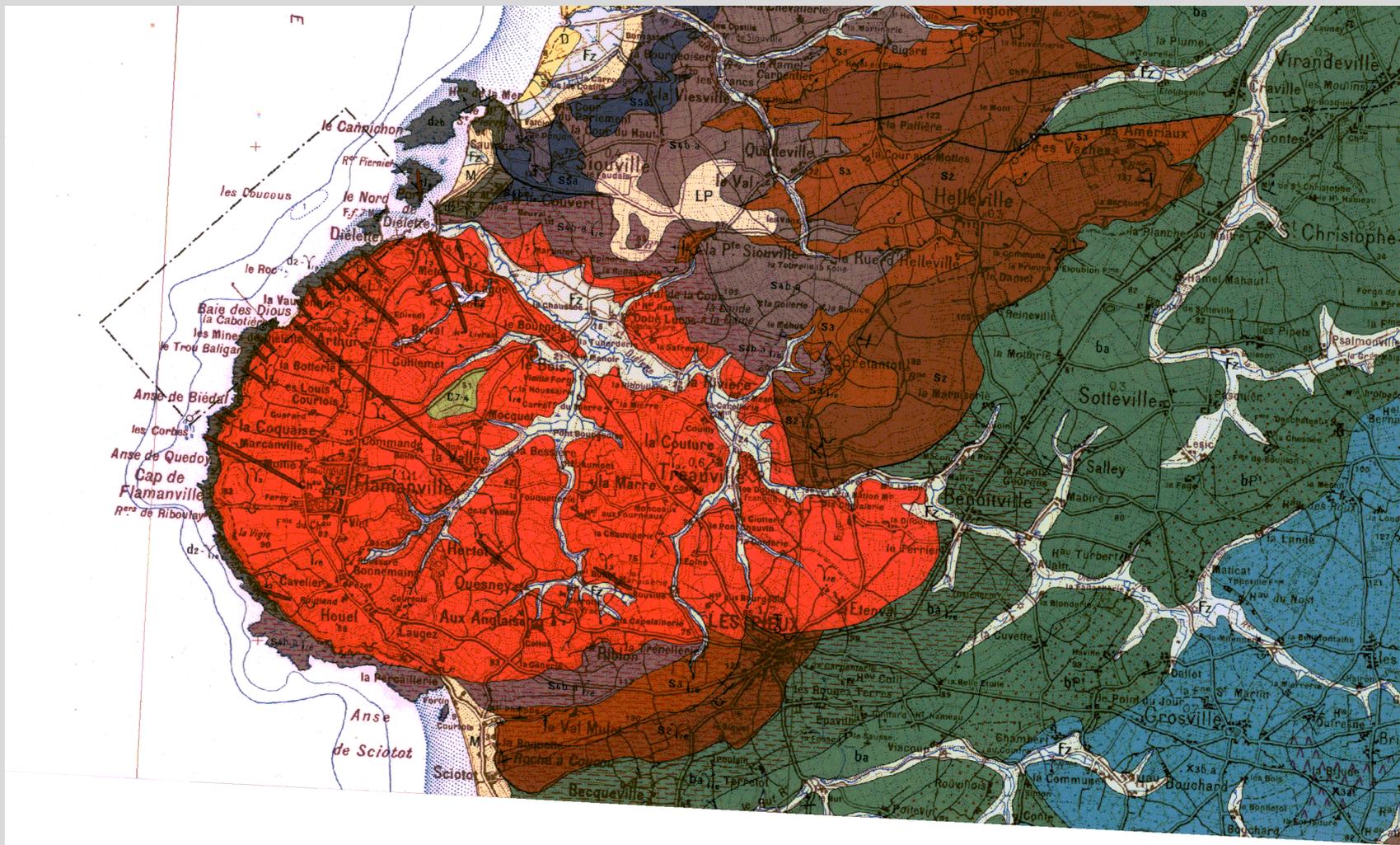
Localisation de la portion de carte de  
Cherbourg sur la carte de France

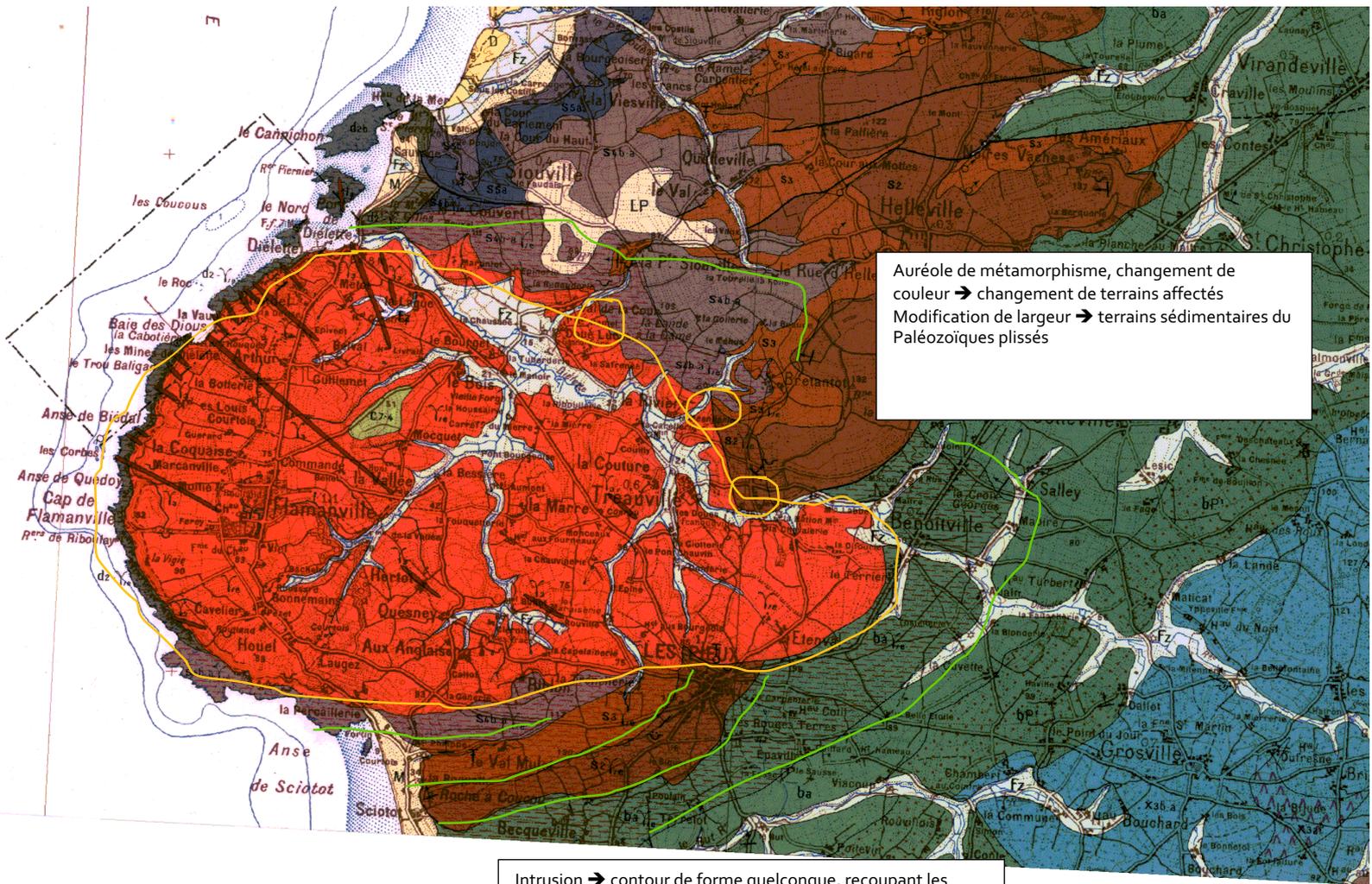


## DOCUMENT 1 : EXTRAIT DE LA CARTE AU 1/50000 DE CHERBOURG



- Repérez sur la carte le granite de Flamanville, réalisez un schéma d'interprétation mettant en évidence :
  - que ce granite est une intrusion
  - que ce granite est à l'origine d'un métamorphisme de contact
- En délimitant l'auréole de métamorphisme que remarquez-vous ? Proposez une hypothèse et intégrez cette nouvelle donnée au niveau de votre schéma.



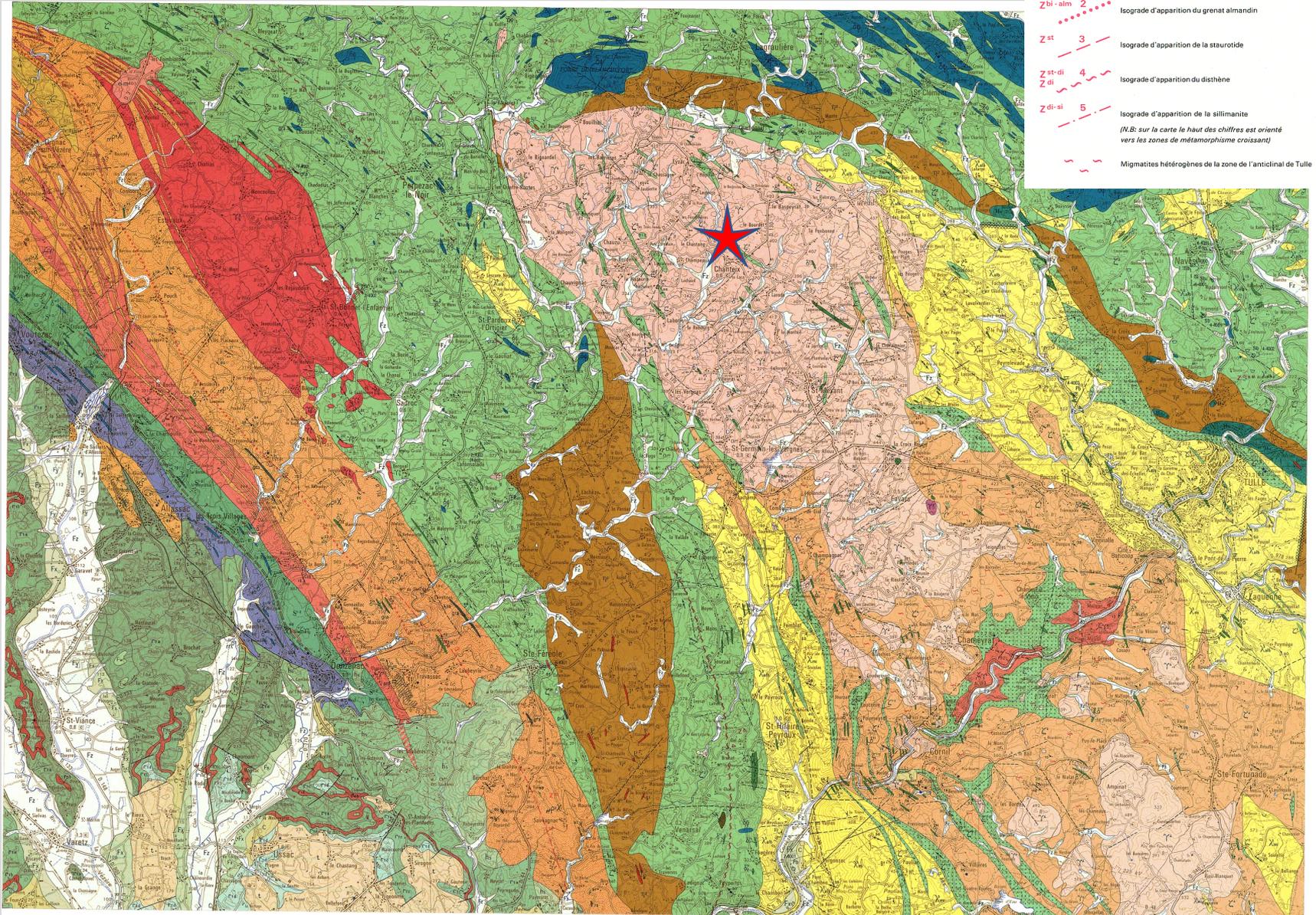
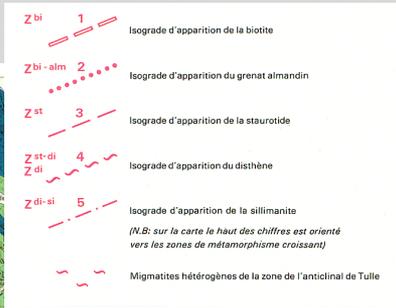


Aurôle de métamorphisme, changement de couleur → changement de terrains affectés  
Modification de largeur → terrains sédimentaires du Paléozoïques plissés

Intrusion → contour de forme quelconque, recoupant les autres contours

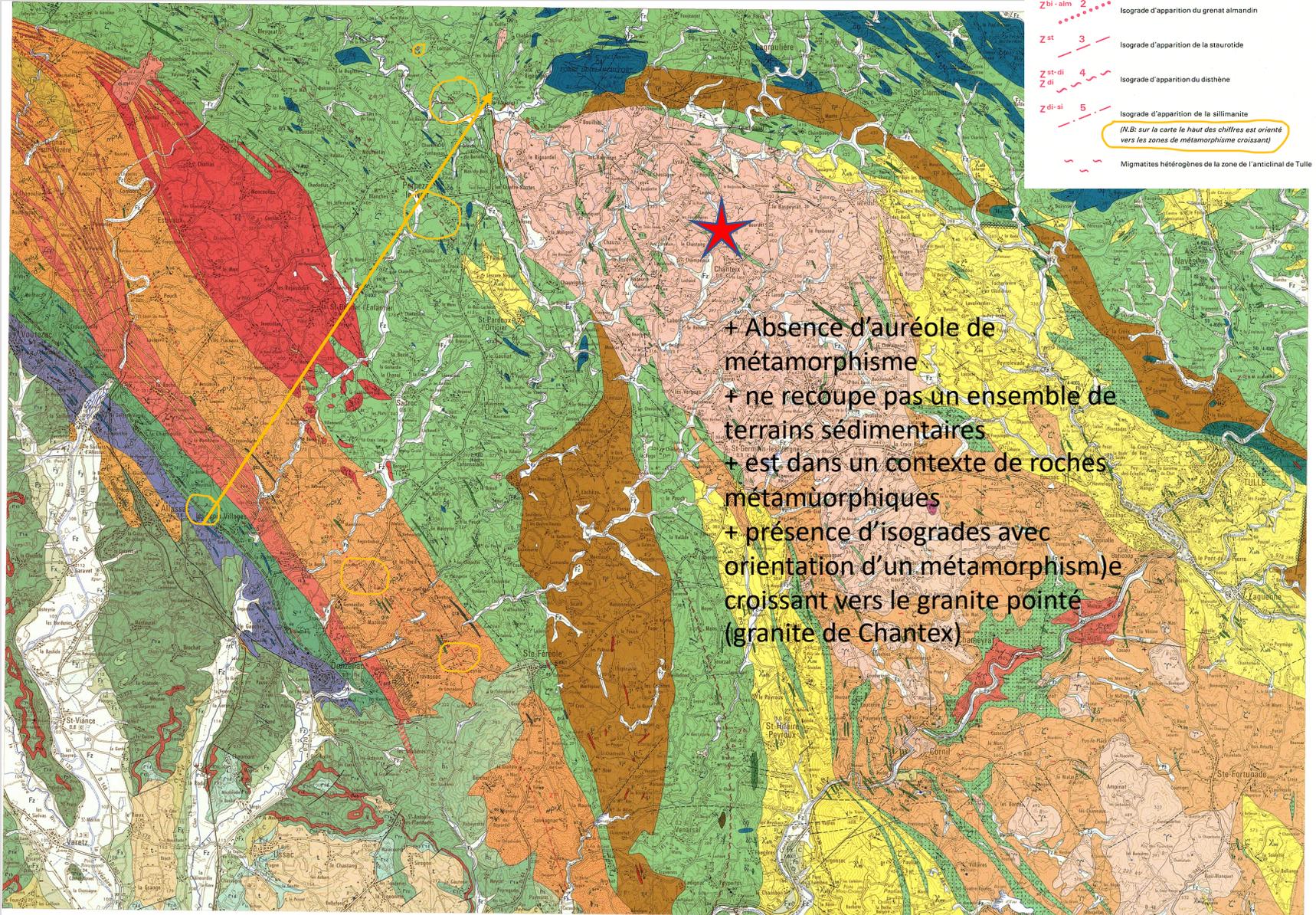
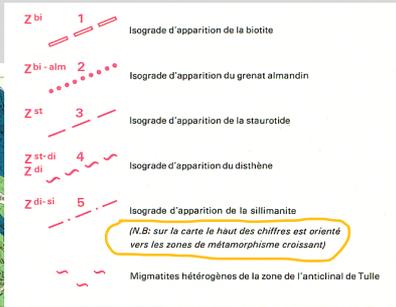
# ETUDE D'UNE SERIE MÉTAMORPHIQUE D'APRÈS LA CARTE AU 1/50 000 DE TULLE (ACTIVITÉ 5 OU 6)

Le granite de Tulle (marqué par l'étoile rouge sur la carte), granite intrusif ou granite d'anatexie? argumentez.

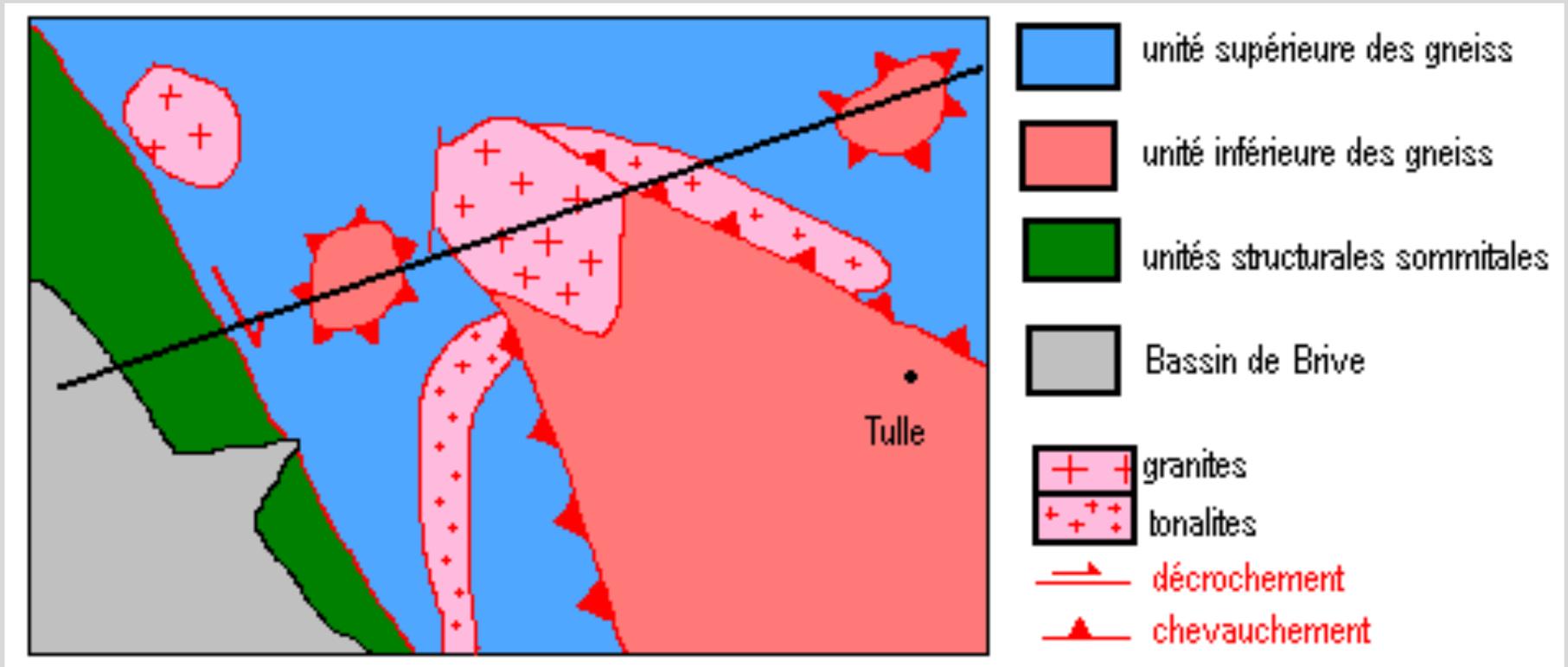


# ETUDE D'UNE SERIE MÉTAMORPHIQUE D'APRÈS LA CARTE AU 1/50 000 DE TULLE (ACTIVITÉ 5 OU 6)

Le granite de Tulle (marqué par l'étoile rouge sur la carte), granite intrusif ou granite d'anatexie? argumentez.



- + Absence d'auréole de métamorphisme
- + ne recoupe pas un ensemble de terrains sédimentaires
- + est dans un contexte de roches métamorphiques
- + présence d'isogrades avec orientation d'un métamorphisme croissant vers le granite pointé (granite de Chantex)



Située en bordure du Massif central, la région de Tulle s'étend sur une partie du domaine métamorphique du bas-Limousin et une partie du bassin sédimentaire de Brive ; deux types de paysages reflètent cette opposition.

Au SO, le bassin sédimentaire de Brive a une morphologie de type tabulaire. Tandis que le secteur du Bas Limousin est un pays de plateaux et de vallées profondes.

## 1. Les terrains sédimentaires

- **carbonifère** : arkoses grises et conglomérats avec quelques lentilles de schistes et grès.
- **Permien** : composés de nombreuses formations variant latéralement. A l'autunien, grès rouges parfois bariolés et calcaires.
- **Trias** : conglomérats et grès blancs
- **Tertiaire** : galets siliceux dans une matrice sablo-argileuse.

## 2. Les terrains métamorphiques

Le métamorphisme d'âge Dévonien est polyphasé, il débute vers 400Ma et s'achève vers 350Ma. Les différentes phases sont caractérisées par des régimes de pressions croissantes :

- Phases précoces : conditions de fortes pressions anhydre , genèse des éclogites.
- Deuxième paragenèse précoce : éclogites rétromorphosées, hydratation des éclogites.
- Troisième phase précoce : chute de pression provoquant une anatexie précoce
  
- Culmination du métamorphisme de type Barrowien : les isogrades sont orientés NW –SE, et le gradient est prograde du SO vers le NE.

*Schéma métamorphique :*

-Manifestations tardives de caractère migmatitique font le lien entre le métamorphisme dévonien et le magmatisme carbonifère. La pression diminue.

## 3. Les terrains magmatiques

On note la présence de tonalites sur les flancs de l'antiforme de Tulle, et de granites de composition granodioritique à monzonitique. Les granodiorites se sont mises en place au dévonien pendant la collision. Les tonalites sont plus récentes (carbonifère 320 Ma).

























