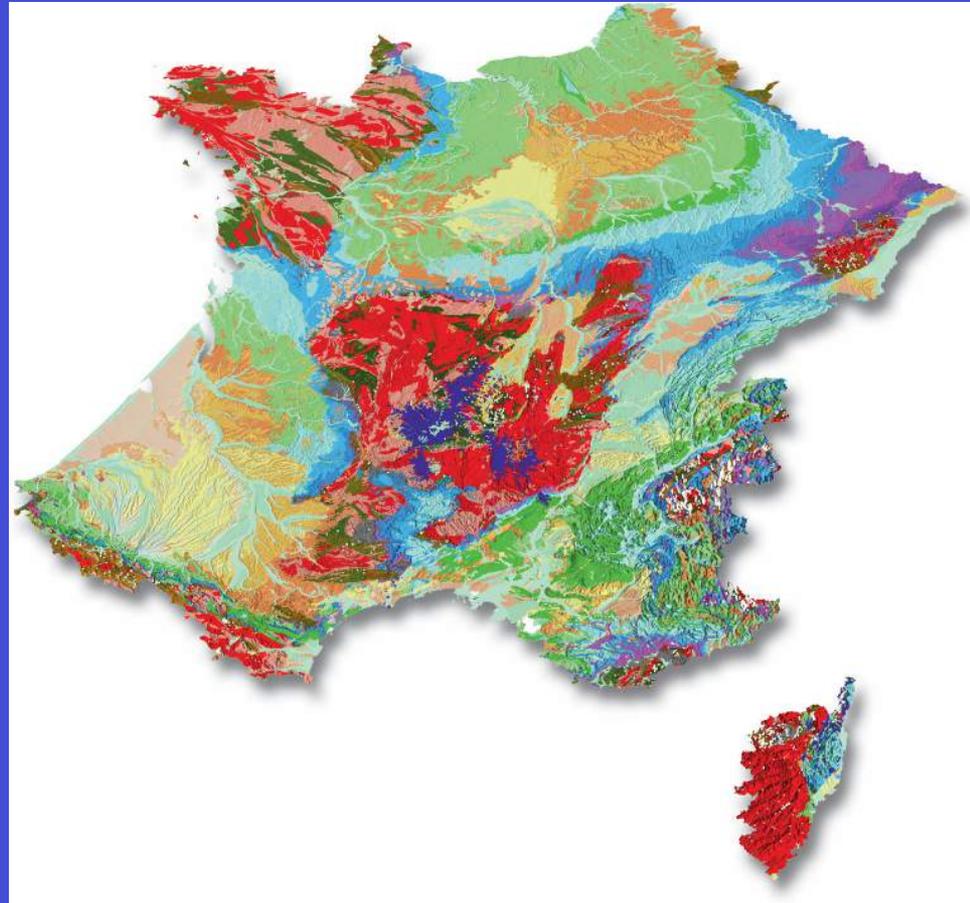


# CARTE GEOLOGIQUE DE LA FRANCE au millionième

*JM LARDEAUX*  
*Université Côte d'Azur*

*Président du Comité de la Carte  
Géologique de la France (1999-2013)*

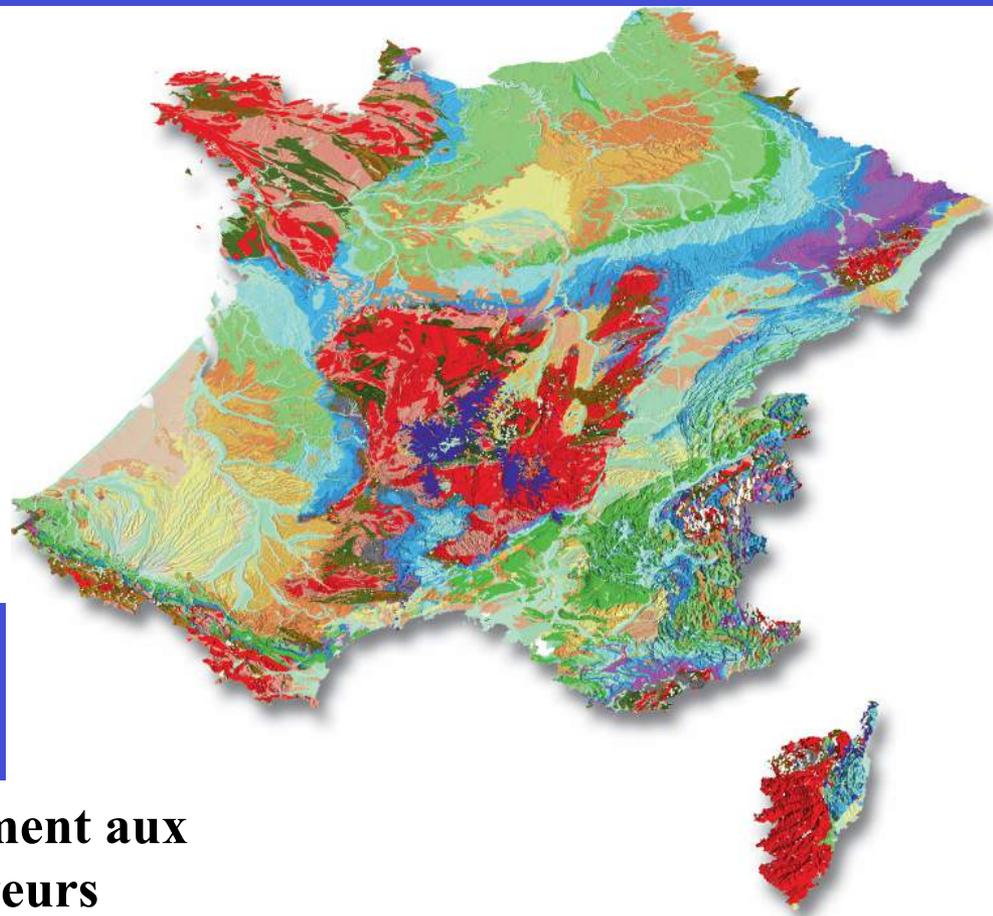
*Président du Conseil Scientifique du  
« Référentiel Géologique de la  
France » (2013-2019)*



- Présentation et guide de lecture.
- Identification des cycles géodynamiques

# La Carte Géologique : Pour quels besoins? Pour quels utilisateurs?

**C' est le système le plus abouti de représentation de l' information géologique en tout point de la surface (et/ou de la sub-surface) terrestre. La carte géologique est en effet une base de données, *validée scientifiquement*, mise à disposition de toute la communauté scientifique s' intéressant à la Planète Terre.**



**Cette base de données répond également aux besoins exprimés par tous les acteurs (scientifiques, industriels, décideurs publics ou privés) impliqués dans la gestion, l' aménagement et la protection des milieux et des ressources naturels**

*« Une carte géologique est un document interprétatif établi par le géologue à partir des données dont il dispose, de son « savoir-faire » et de sa culture géologique (et donc de ses choix de représentation-modélisation) ; elle constitue en cela un modèle probabiliste, prédictif, de représentation de la nature géologique de la (sub-)surface... »*

*À l'instar de tout modèle scientifique qui se nourrit d'un corpus limité de données, la carte géologique ne peut être considérée comme un produit définitivement abouti. Ce modèle prédictif évoluera et gagnera sans cesse en précision sur la base de nouvelles informations qui y seront introduites. »*

# Le rôle du programme de la Carte Géologique

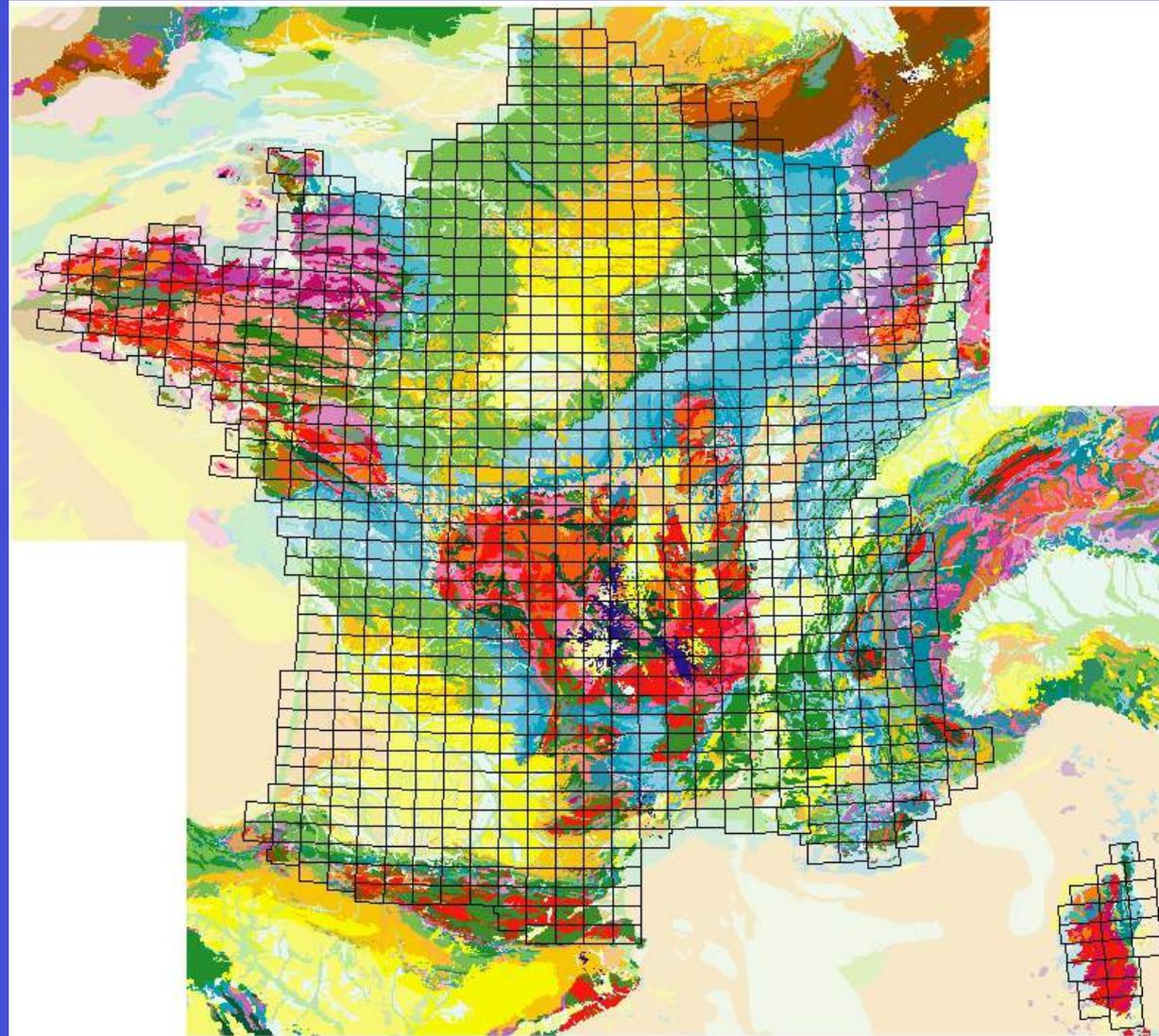
Une couverture complète à haute résolution de l'ensemble du territoire français dans le cadre du plus grand programme national de géologie.

**1868:** Lancement du programme carte au 1/80.000.

**1913:** Lancement du programme carte au 1/50.000.

**1968:** Clôture du programme au 1/80.000.

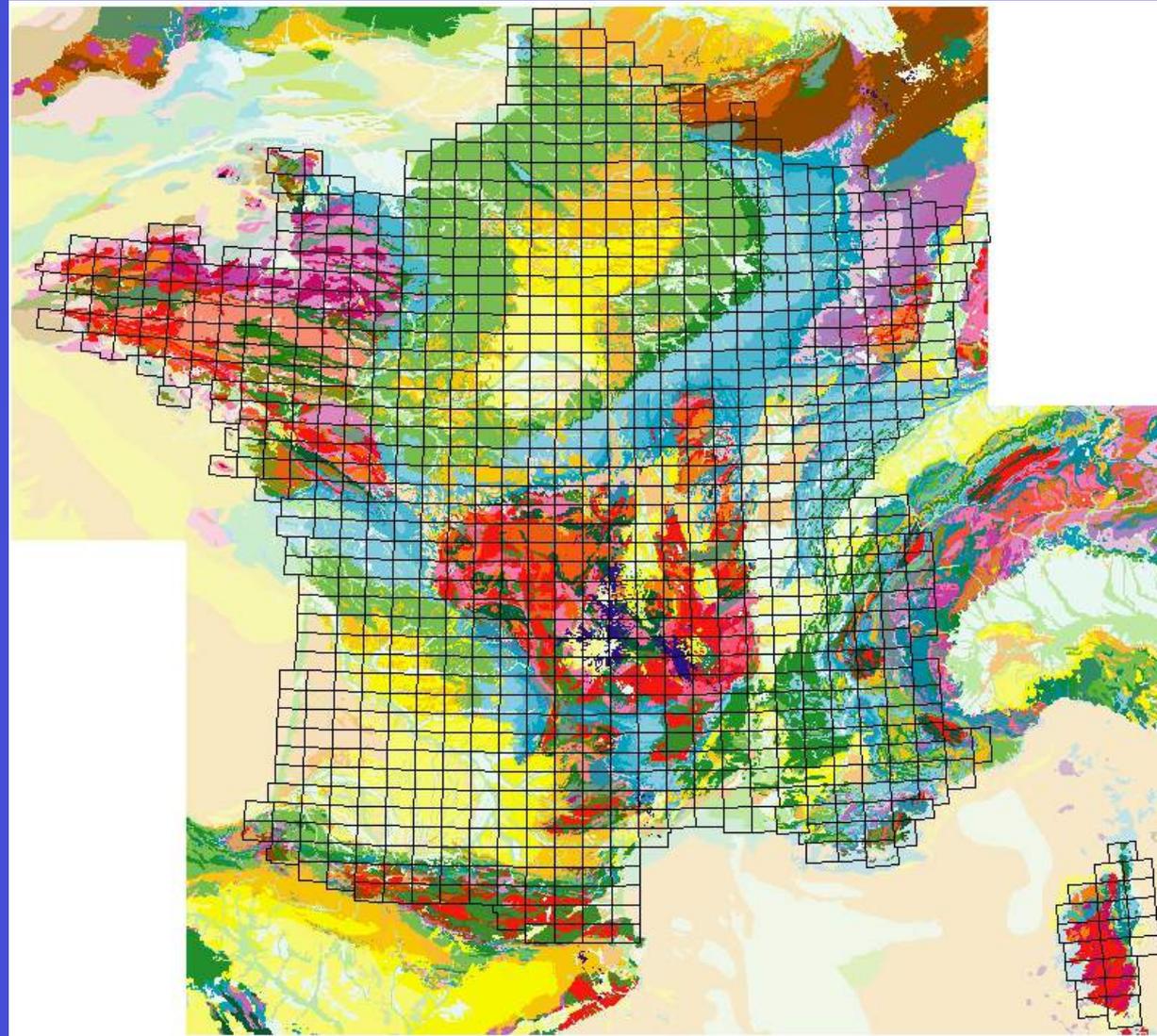
**2014:** Clôture du programme au 1/50.000; *Lancement du RGF (carte numérique 3D)*



## Le rôle du programme de la Carte Géologique

Une couverture complète à haute résolution de l'ensemble du territoire français dans le cadre du plus grand programme national de géologie.

- Une énorme quantité d'observations et de données, obtenues en un siècle et demi, dans un programme fédérateur de la communauté des géosciences : 3.500 collaborateurs !
- A l'origine d'avancées conceptuelles majeures sur le territoire national (Métropole et Outre Mer)
  - 3 échelles de cartographie (50.000; 250.000; 1.000 000)

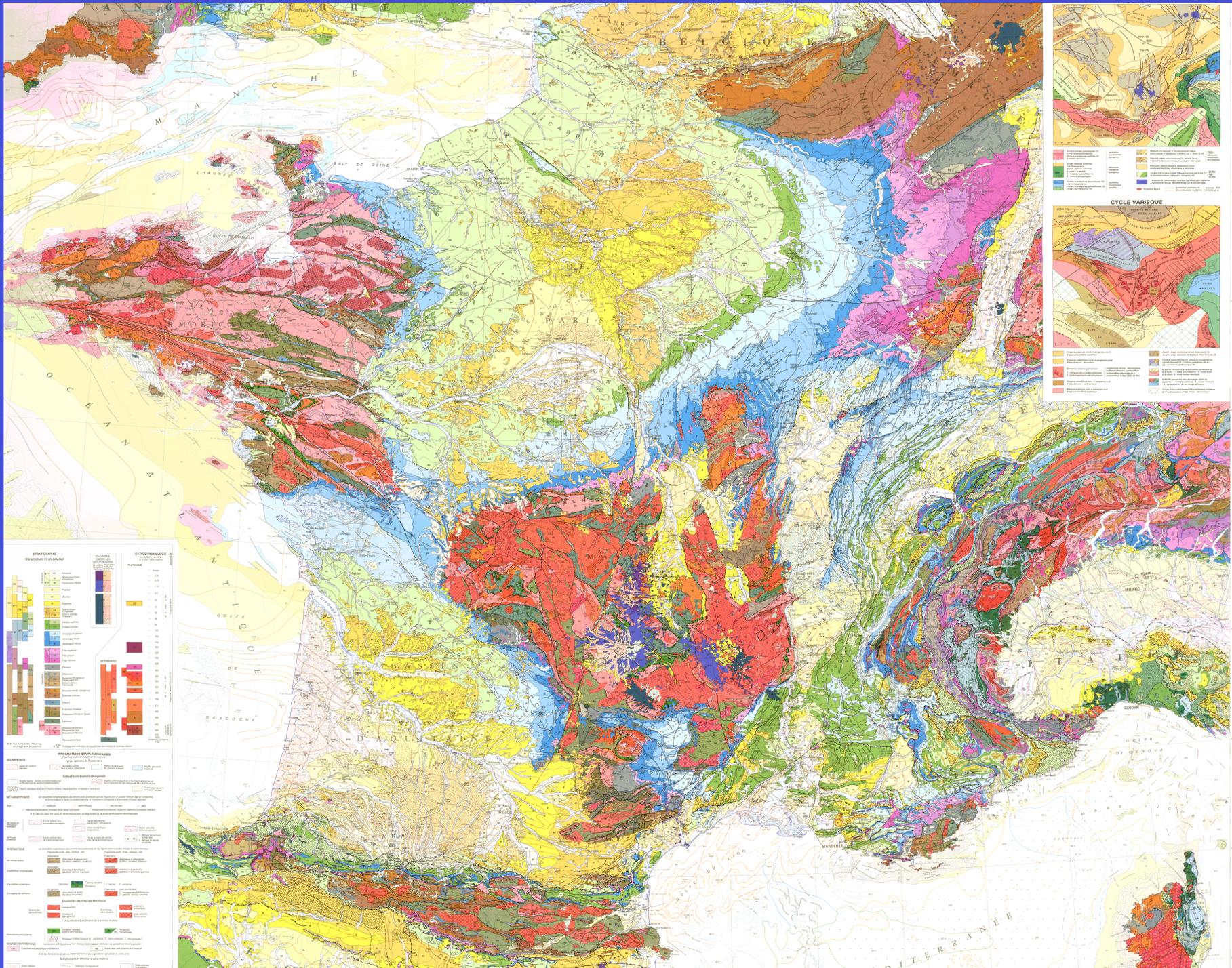


# Carte Géologique au Million de la France: Pertinence de ce support cartographique ?

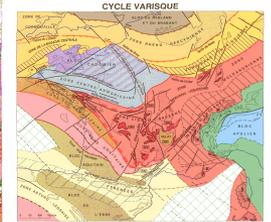
*- Identification des grands ensembles géologiques de la France*

**- En Science, pour étudier et comprendre un SYSTEME: il faut en définir  
correctement les LIMITES :**

- \* Un bassin sédimentaire,
- \* une chaîne de montagnes,
- \* une marge continentale,
- \* un pluton granitique, ...



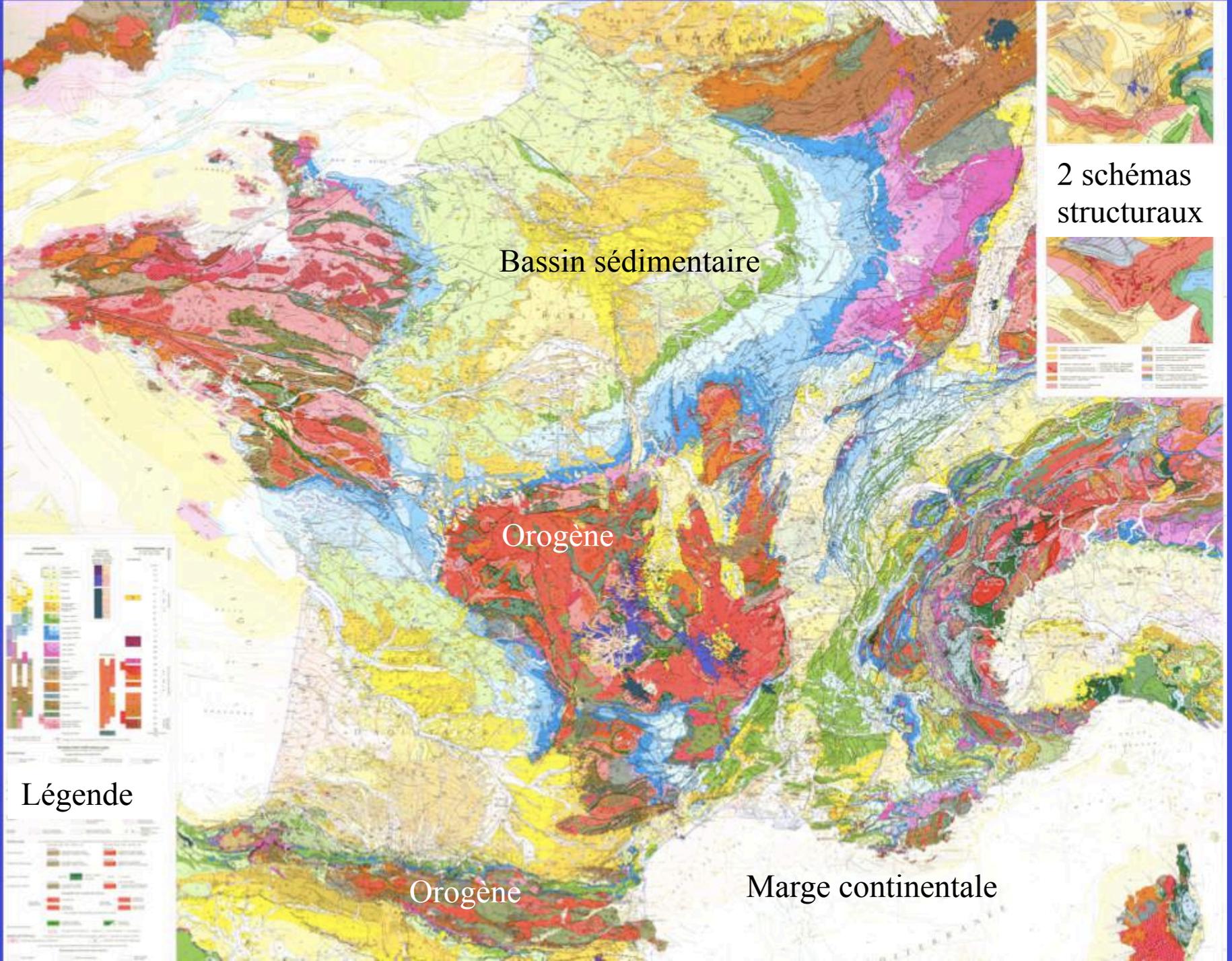
	Massif de la Vanoise		Massif de la Savoie
	Massif de la Chartreuse		Massif de la Savoie
	Massif de la Savoie		Massif de la Savoie
	Massif de la Savoie		Massif de la Savoie



	Massif de la Savoie		Massif de la Savoie
	Massif de la Savoie		Massif de la Savoie
	Massif de la Savoie		Massif de la Savoie
	Massif de la Savoie		Massif de la Savoie

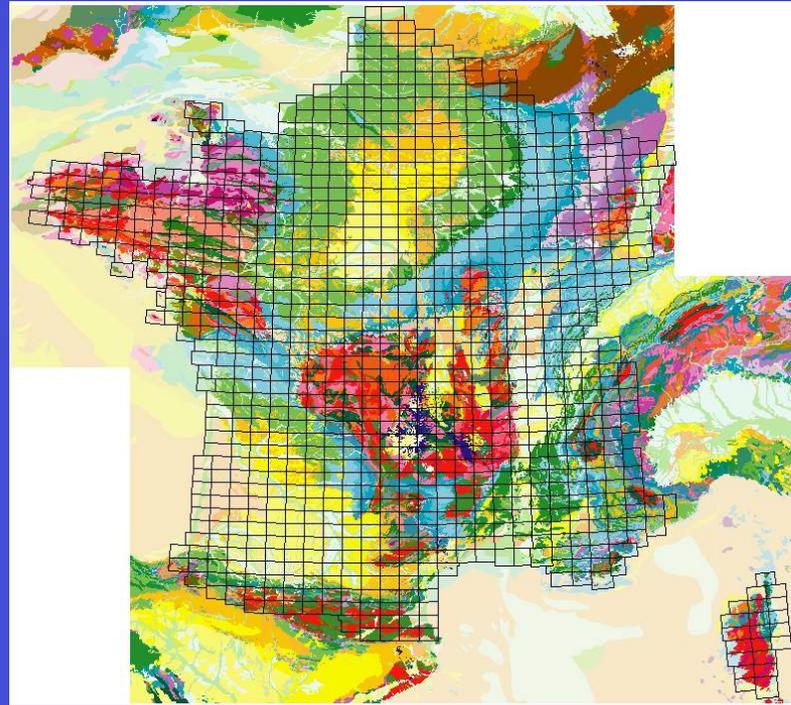
STRATIGRAPHIE	
	Stratigraphic units and their corresponding colors.
RADIOCHRONOLOGIE	
	Radiometric dates and their corresponding colors.

SYMBOLES	
	Fault
	Anticline
	Syncline
	Unconformity
	Contact
	Road
	Railway
	River
	Lake
	Sea level
	Elevation



# Comment a-t-elle été dressée?

La maquette de la carte au millionième est réalisée par assemblage de maquettes régionales établies au 1/500.000 ème. Ces dernières résultent de synthèses à partir de la couverture géologique nationale au 1/50.000 ème.



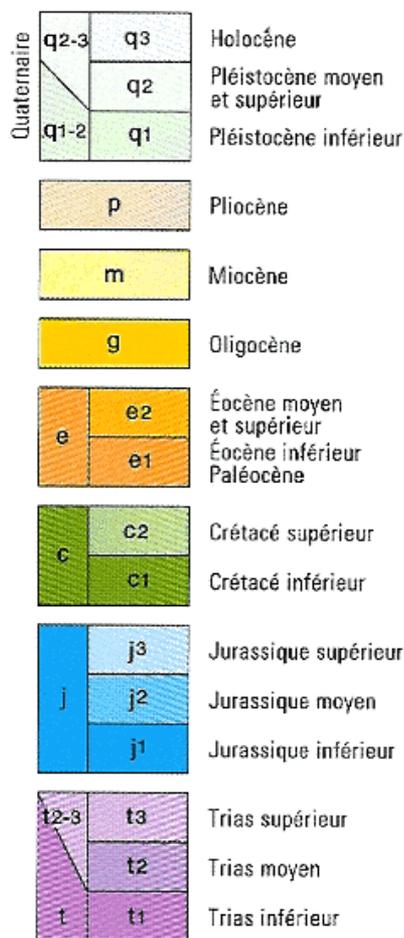
On y ajoute les principales contraintes géologiques issues des synthèses géodynamiques les plus récentes.

Enfin, un certain nombre de données géophysiques sont utilisées pour préciser les profondeurs des bassins sédimentaires ( épaisseur des sédiments, toit du « socle » ) ou les géométries des marges continentales.

# Ce document expose 2 types d'informations géologiques correspondant à 2 types d'attributs graphiques :

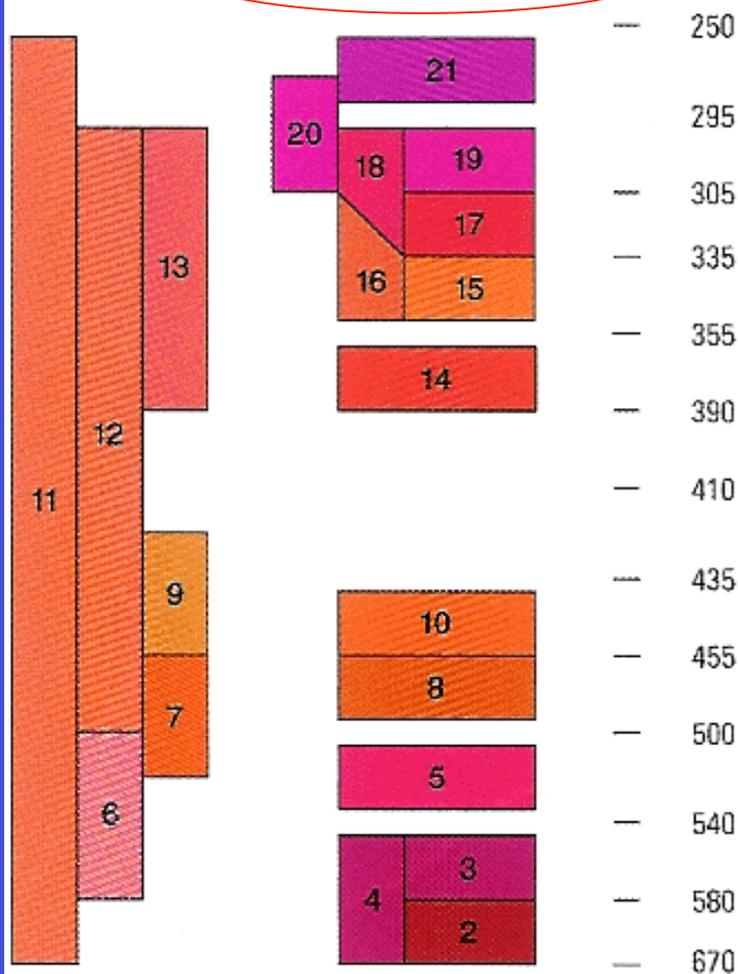
- Une information générale : l'âge des terrains sédimentaires, magmatiques et métamorphiques, indiqué par la gamme des couleurs.

## Sédimentaire et volcanisme



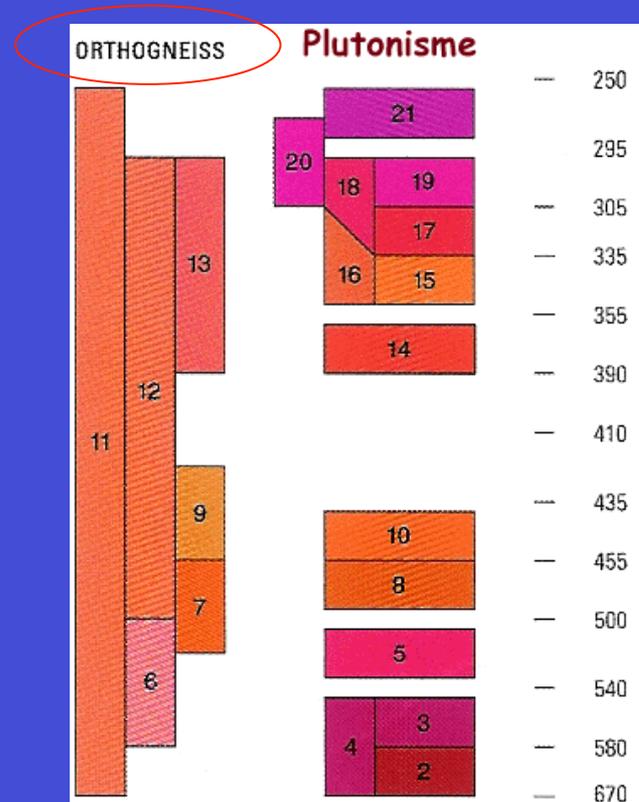
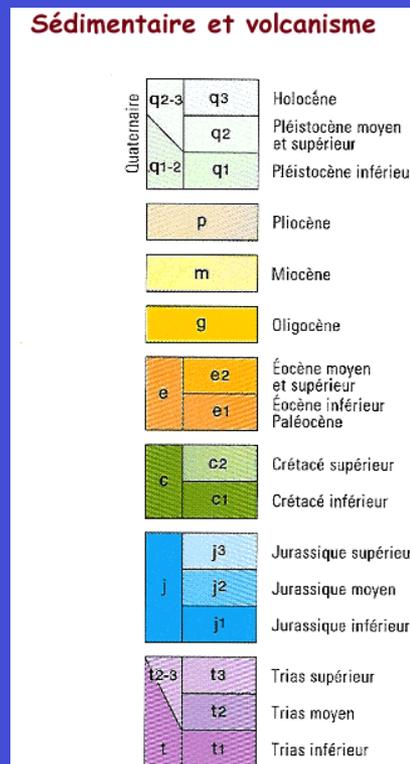
## ORTHOGNEISS

## Plutonisme



# Ce document expose 2 types d'informations géologiques correspondant à 2 types d'attributs graphiques :

- Une information générale : l'âge des terrains sédimentaires, magmatiques et métamorphiques, indiqué par la *gamme des couleurs*.



- Des informations complémentaires, *géodynamiques*, variables selon la nature des terrains et indiquées par des *figurés spécifiques*.

# Granites et granitoïdes



Quartz



Biotite (généralement en faible quantité, on parlera de **leucogranite**)



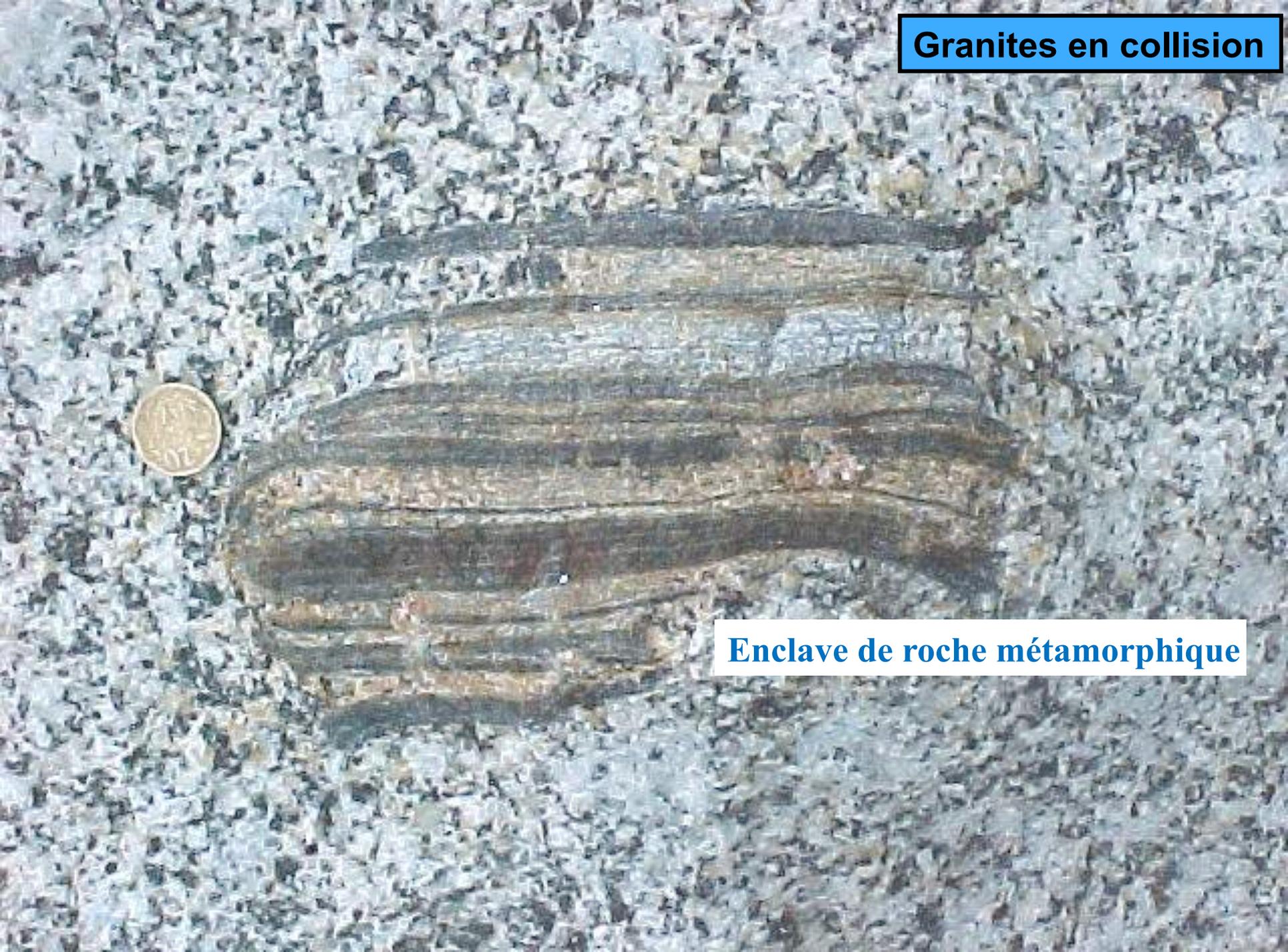
Muscovite



Plagioclase + Orthose (FK)



**Granites en collision**



**Enclave de roche métamorphique**

# Granitoïdes en subduction



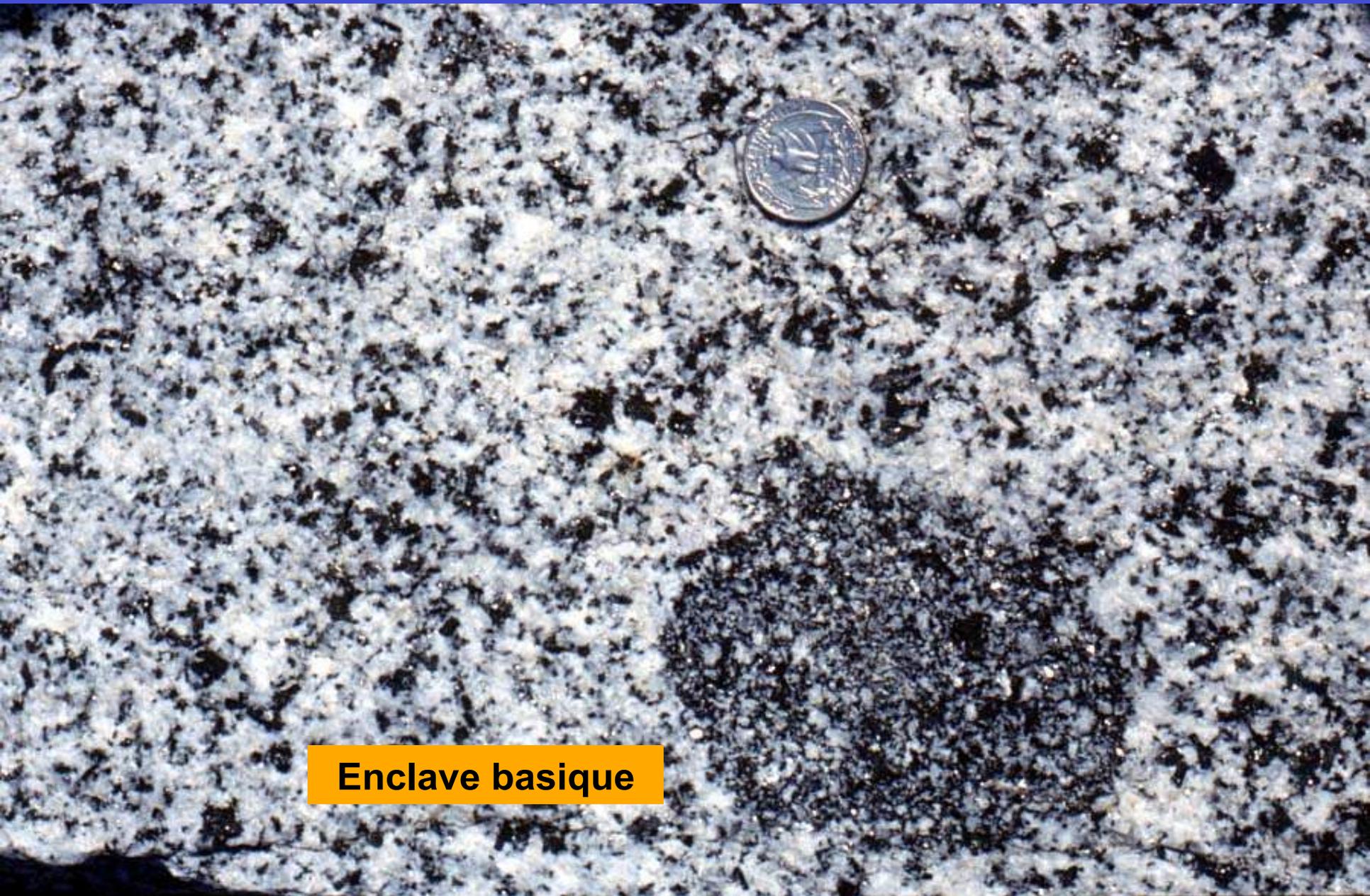
**Biotite et/ou Amphibole abondantes** généralement

quartz

Plagioclases

**= Granite s.s. calco-alcalins et granodiorite**

**Granites Calco-Alcalins**



**Enclave basique**

## Granitoïdes en extension continentale



Présence d'amphibole  
(Riebeckite,  
Arfvedsonite) et/ou  
pyroxène sodique  
(Aegerine) – minéraux  
bleu/noir

= Granites Alcalins

# MAGMATISME

Les caractères magmatiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique la nature chimique :

Volcanisme acide : bleu ; basique : vert

Plutonisme acide : blanc ; basique : noir

Le magmatisme carbonifère (h2, 17) est pris comme exemple

de marge active

Volcanisme



tholéiitique à calco-alcalin  
(basaltes, andésites, rhyolites)

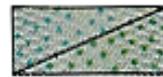
Plutonisme



tholéiitique à calco-alcalin  
(gabbros, tonalites, granites)

d'extension continentale

Volcanisme



tholéiitique à peralcalin  
(basaltes, dacites, rhyolites)

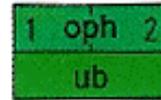
Plutonisme



tholéiitique à peralcalin  
(gabbros, monzonites, granites)

d'accrétion océanique

Ophiolites



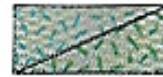
Gabbros, basaltes  
Péridotites

1 : alpines

2 : varisques

de collision continentale

Volcanisme



calco-alcalin à alcalin  
(basaltes à rhyolites)

Plutonisme



(sauf granitoïdes)

1 : microgranites indifférenciés  
2 : gabbros, diorites, tonalites

## Granitoïdes des orogènes de collision

Granitoïdes peralumineux



Leucogranites



Granites et granodiorites

Granitoïdes calco-alcalins



subalcalins potassiques



calco-alcalins stricto sensu

1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

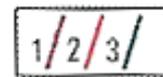
Formations particulières



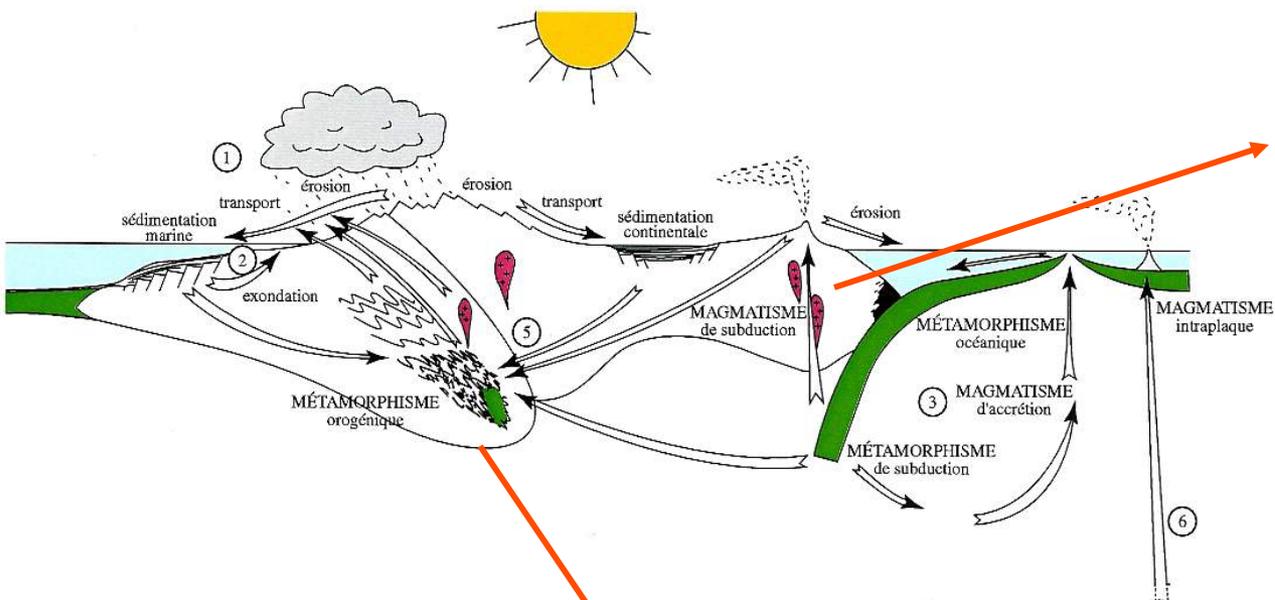
Complexe varisque leptyno-amphibolique



Péridotites mantelliques



Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques )



jurés dont la couleur indique la nature chimique :  
 Plutonisme acide : blanc ; basique : noir

**Plutonisme**  
 tholéïitique à calco-alcalin (gabbros, tonalites, granites)

**Plutonisme**  
 tholéïitique à peralcalin (gabbros, monzonites, granites)

1 : alpines    2 : varisques

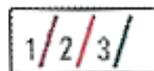
**Plutonisme** (sauf granitoïdes)  
 1 : microgranites indifférenciés  
 2 : gabbros, diorites, tonalites

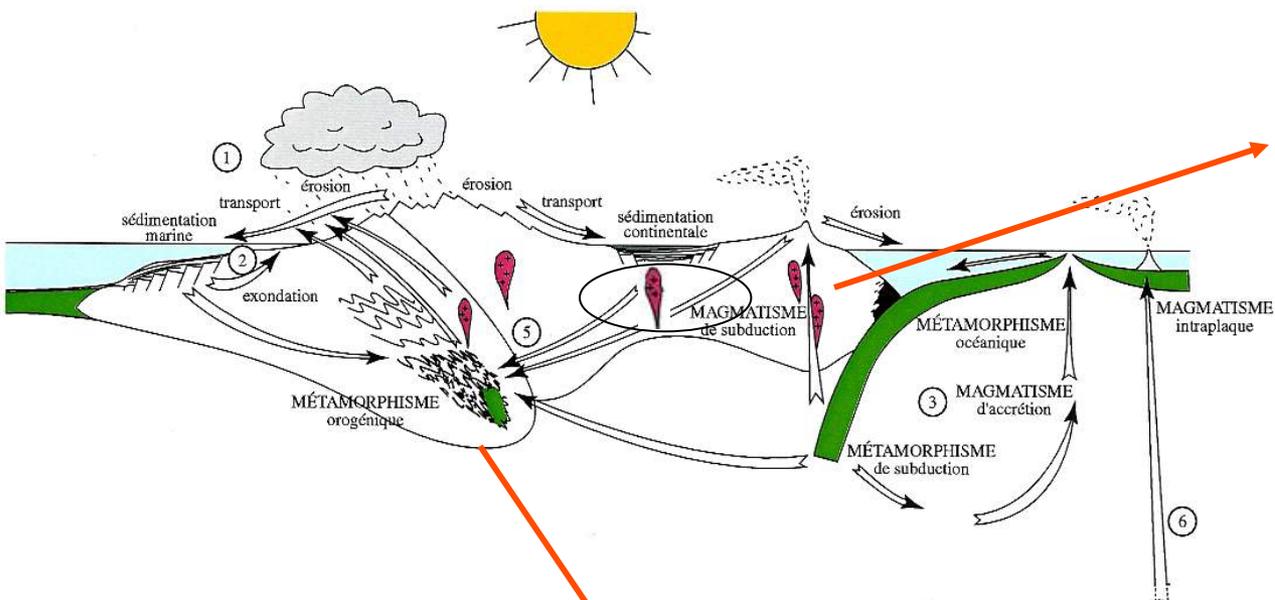
### Granitoïdes des orogènes de collision

Granitoïdes peralumineux	 Leucogranites	Granitoïdes calco-alcalins	 subalcalins potassiques
	 Granites et granodiorites		 calco-alcalins stricto sensu

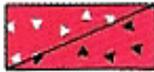
1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

### Formations particulières

 Complexe varisque leptyno-amphibolique	 Péridotites mantelliques
 Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques )	



jurés dont la couleur indique la nature chimique :  
 Plutonisme acide : blanc ; basique : noir

**Plutonisme**  
 tholéïitique à calco-alcalin (gabbros, tonalites, granites)

**Plutonisme**  
 tholéïitique à peralcalin (gabbros, monzonites, granites)

1 : alpines    2 : varisques

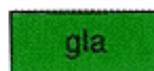
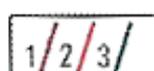
**Plutonisme** (sauf granitoïdes)  
 1 : microgranites indifférenciés  
 2 : gabbros, diorites, tonalites

**Granitoïdes des orogènes de collision**

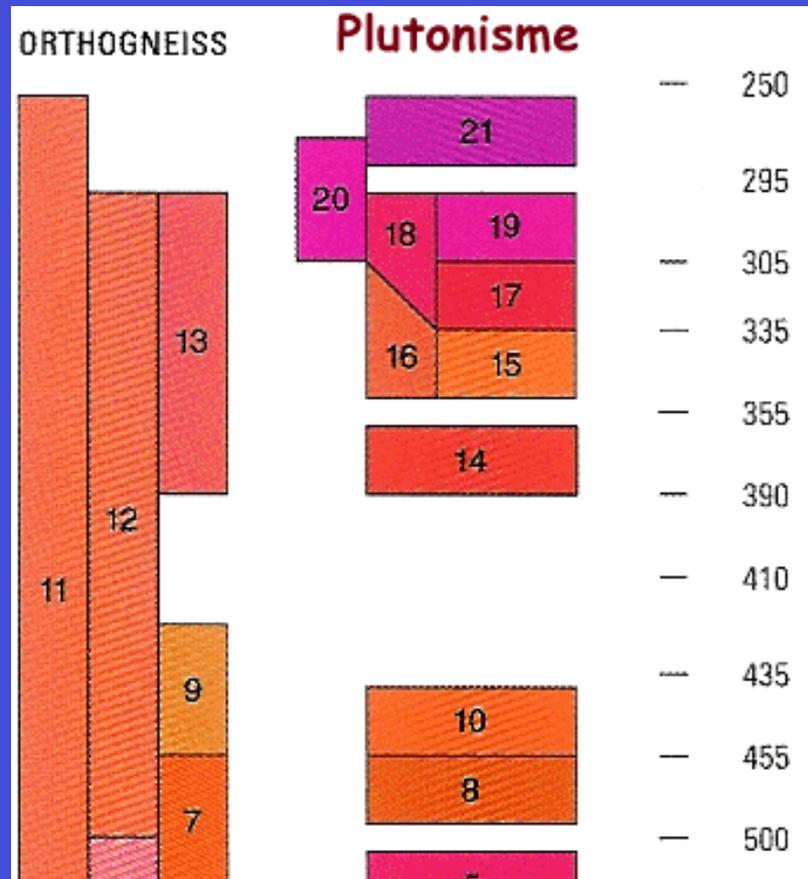
Granitoïdes peralumineux	 Leucogranites	Granitoïdes calco-alcalins	 subalcalins potassiques
	 Granites et granodiorites		 calco-alcalins stricto sensu

1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

**Formations particulières**

 Complexe varisque leptyno-amphibolique	 Péridotites mantelliques
 Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques )	

# Exemple des granites du Massif Central Français



Granitoïdes des orogènes de collision

Granitoïdes peralumineux

-  Leucogranites
-  Granites et granodiorites

Granitoïdes calco-alcalins

-  subalcalins potassiques
-  calco-alcalins stricto sensu

1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place



# MAGMATISME

Les caractères magmatiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique la nature chimique :

Volcanisme acide : bleu ; basique : vert

Plutonisme acide : blanc ; basique : noir

Le magmatisme carbonifère (h2, 17) est pris comme exemple

de marge active

Volcanisme



tholéiitique à calco-alcalin  
(basaltes, andésites, rhyolites)

Plutonisme



tholéiitique à calco-alcalin  
(gabbros, tonalites, granites)

d'extension continentale

Volcanisme



tholéiitique à peralcalin  
(basaltes, dacites, rhyolites)

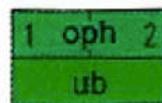
Plutonisme



tholéiitique à peralcalin  
(gabbros, monzonites, granites)

d'accrétion océanique

Ophiolites



Gabbros, basaltes  
Péridotites

1 : alpines

2 : varisques

de collision continentale

Volcanisme



calco-alcalin à alcalin  
(basaltes à rhyolites)

Plutonisme



(sauf granitoïdes)

1 : microgranites indifférenciés  
2 : gabbros, diorites, tonalites

## Granitoïdes des orogènes de collision

Granitoïdes peralumineux



Leucogranites



Granites et granodiorites

Granitoïdes calco-alcalins



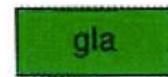
subcalcalins potassiques



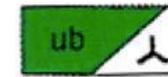
calco-alcalins stricto sensu

1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

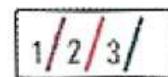
Formations particulières



Complexe varisque leptyno-amphibolique



Péridotites mantelliques

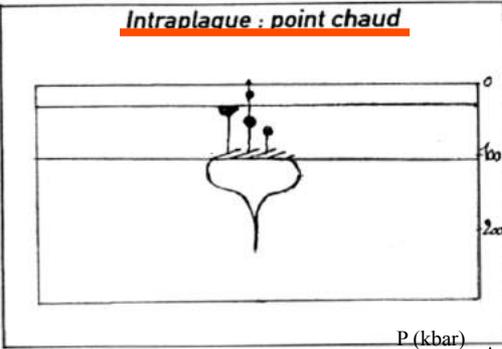


Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques )

# Différents types de basaltes et de roches volcaniques associées

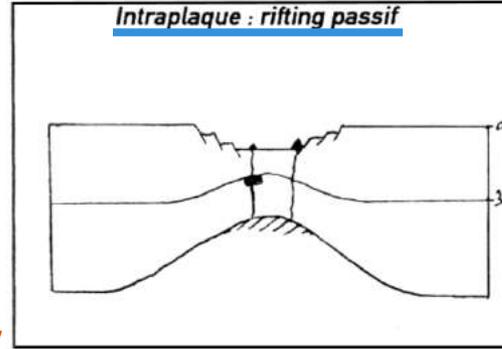


Intraplaque : point chaud

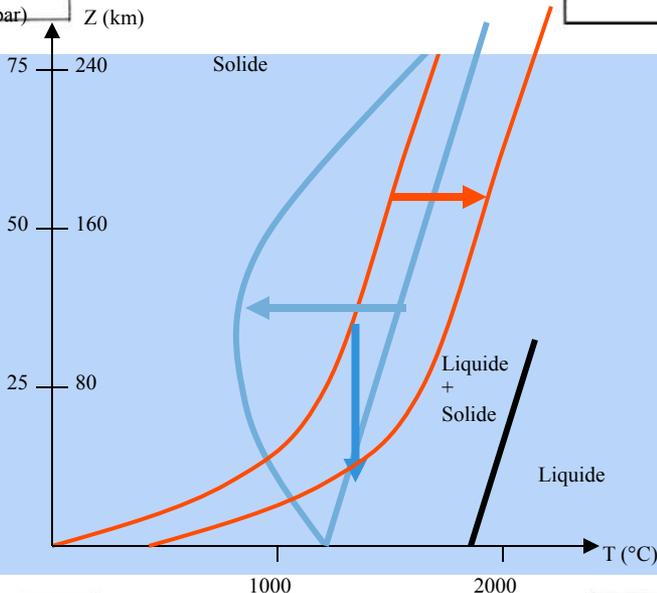


# Fusion partielle Du Manteau (synthèse)

Intraplaque : rifting passif

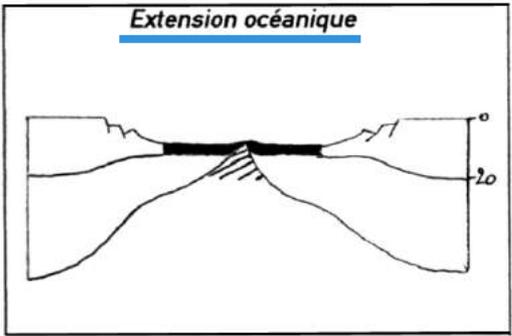


- liquidus
- solidus
- géotherme

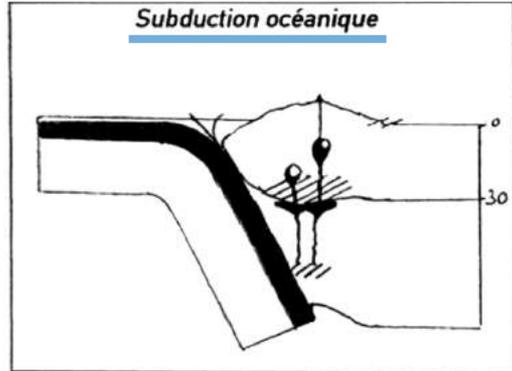


- Augmentation de la T°
- Décompression adiabatique
- Abaissement de la T° de fusion par apport d'eau

Extension océanique



Subduction océanique



***Processus de fusion du manteau et séries magmatiques  
(différentes séries volcaniques  
en fonction du contexte géodynamique)***

**Fusion partielle du manteau:**

**À faible profondeur                      Série tholeiitique (dorsales océaniques)**

**À grande profondeur                      Série alcaline (rifts continentaux, points chauds)**

**Avec apport d' eau                      Série calco-alcaline (zones de subduction)**

# MAGMATISME

Les caractères magmatiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique la nature chimique :

Volcanisme acide : bleu ; basique : vert

Plutonisme acide : blanc ; basique : noir

Le magmatisme carbonifère (h2, 17) est pris comme exemple

de marge active

Volcanisme  
 tholéiitique à calco-alcalin  
 (basaltes, andésites, rhyolites)

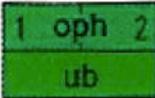
Plutonisme  
 tholéiitique à calco-alcalin  
 (gabbros, tonalites, granites)

d'extension continentale

Volcanisme  
 tholéiitique à peralcalin  
 (basaltes, dacites, rhyolites)

Plutonisme  
 tholéiitique à peralcalin  
 (gabbros, monzonites, granites)

d'accrétion océanique

Ophiolites  Gabbros, basaltes  
 Péridotites

1 : alpines 2 : varisques

de collision continentale

Volcanisme  
 calco-alcalin à alcalin  
 (basaltes à rhyolites)

Plutonisme (sauf granitoïdes)  
 1 : microgranites indifférenciés  
 2 : gabbros, diorites, tonalites

## Granitoïdes des orogènes de collision

Granitoïdes peralumineux

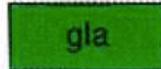
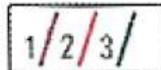
 Leucogranites  
 Granites et granodiorites

Granitoïdes calco-alcalins

 subcalcalins potassiques  
 calco-alcalins stricto sensu

1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

Formations particulières

 Complexe varisque leptyno-amphibolique  
 Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques )

 Péridotites mantelliques

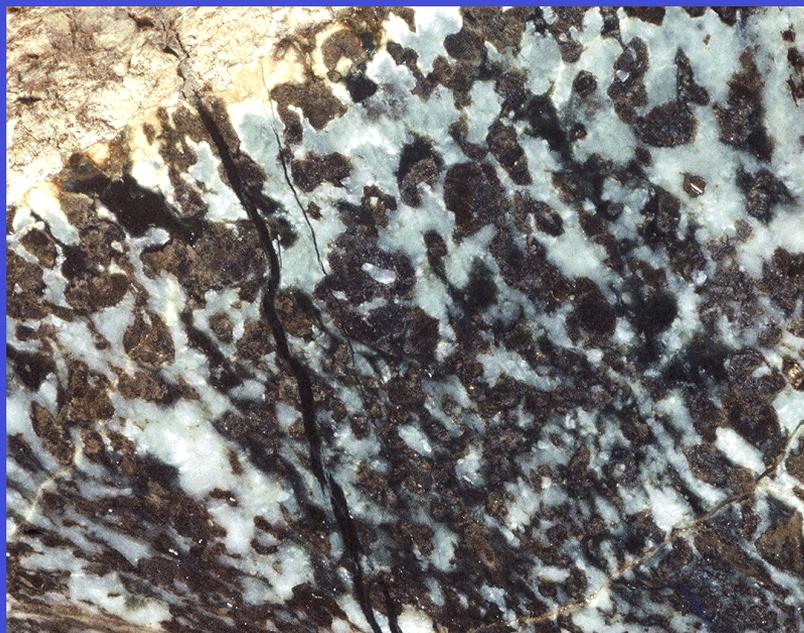


# La croûte océanique: Oph sur carte au Million

Filon de basalte



Lave en coussin: basaltes



Gabbros



# MAGMATISME

Les caractères magmatiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique la nature chimique :

Volcanisme acide : bleu ; basique : vert

Plutonisme acide : blanc ; basique : noir

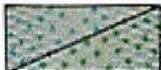
Le magmatisme carbonifère (h2, 17) est pris comme exemple

de marge active

Volcanisme  
 tholéiitique à calco-alcalin (basaltes, andésites, rhyolites)

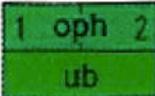
Plutonisme  
 tholéiitique à calco-alcalin (gabbros, tonalites, granites)

d'extension continentale

Volcanisme  
 tholéiitique à peralcalin (basaltes, dacites, rhyolites)

Plutonisme  
 tholéiitique à peralcalin (gabbros, monzonites, granites)

d'accrétion océanique

Ophiolites  Gabbros, basaltes }  
 Péridotites }  
 1 : alpines 2 : varisques

Plutonisme (sauf granitoïdes)  
 1 : microgranites indifférenciés  
 2 : gabbros, diorites, tonalites

de collision continentale

Volcanisme  
 calco-alcalin à alcalin (basaltes à rhyolites)

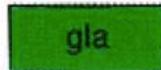
## Granitoïdes des orogènes de collision

Granitoïdes peralumineux {  
 Leucogranites  
 Granites et granodiorites

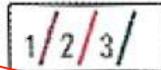
Granitoïdes calco-alcalins {  
 subcalcalins potassiques  
 calco-alcalins stricto sensu

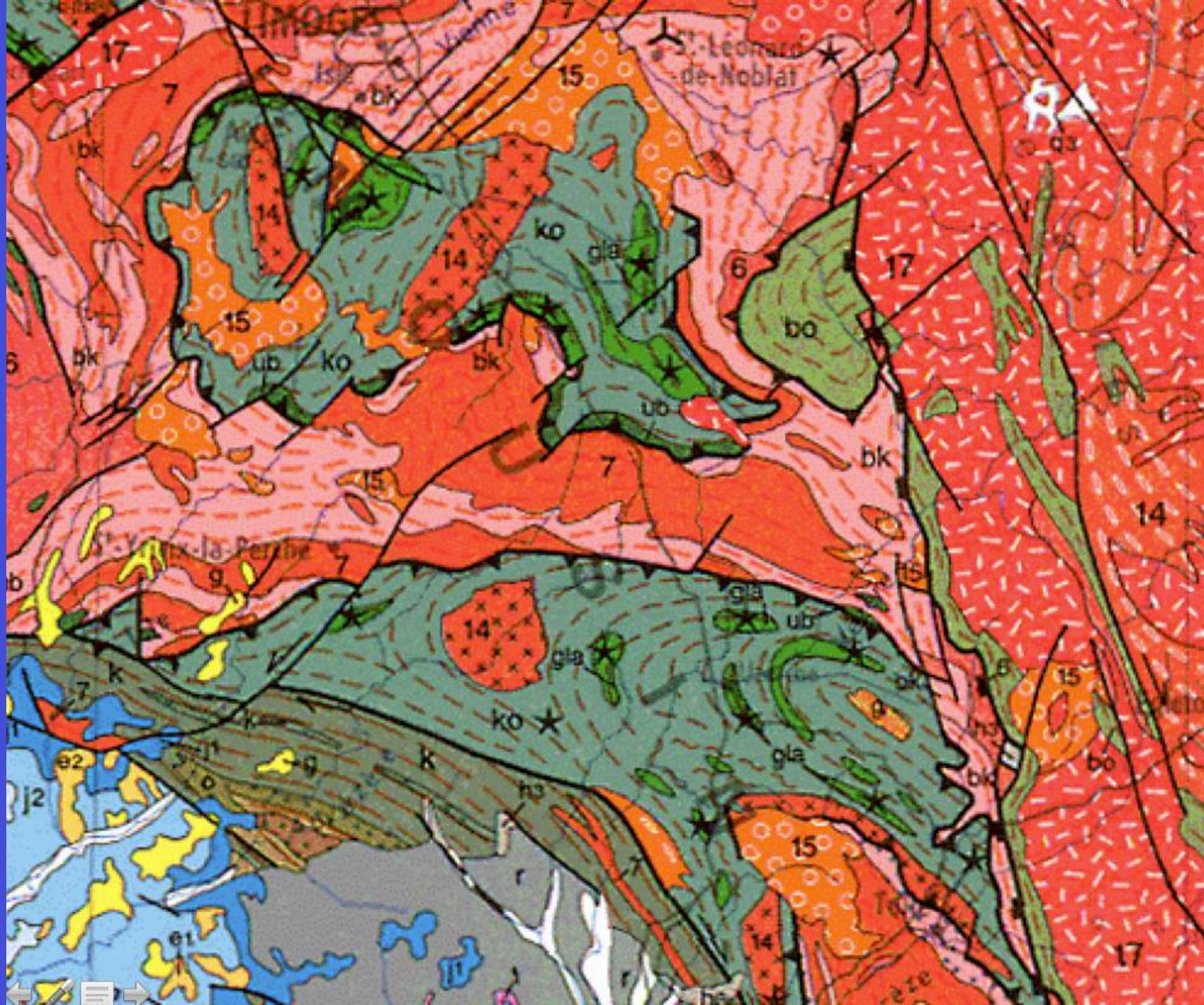
1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

Formations particulières

 Complexe varisque leptyno-amphibolique

 Péridotites mantelliques

 Principaux champs filoniens ( 1 : cadomiens ; 2 : méso-varisques ; 3 : néo-varisques )



# ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

## Accidents et failles

 Faille normale, détachement

 Faille inverse, chevauchement

 Accident décrochant

 Accident indifférencié

 Accident majeur

 Accident important

 Accident mineur

en tiretés :  
accidents ou flexures  
masqués ou supposés

## 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

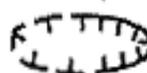
 Isobathes de la base du Trias : bassin subalpin, bassins de Paris et d'Aquitaine, Manche, golfe de Gascogne

 Discontinuités géophysiques

 Diapirs et rides salifères

## Morphologies et autres structures

 Strátocône du Cantal

 Caldeira volcanique probable

 Impactite de Rochechouart

 Incision messinienne

 Paléodéfilé messinien

Eocène (50 Ma)

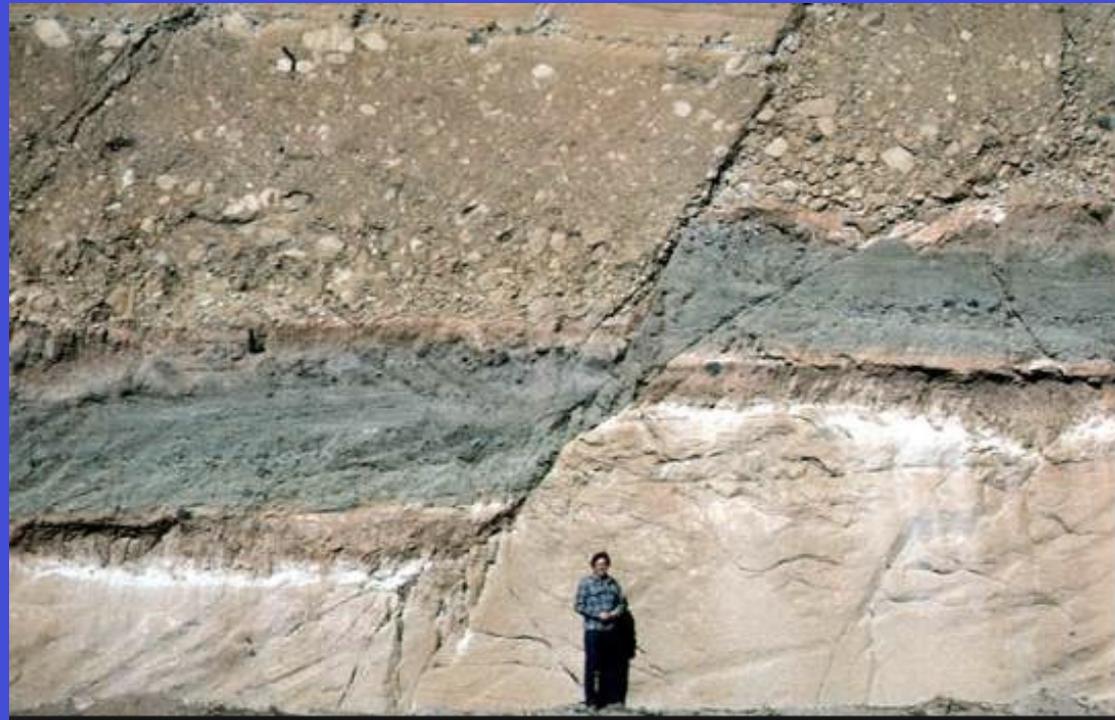
Jurassique (160 Ma)



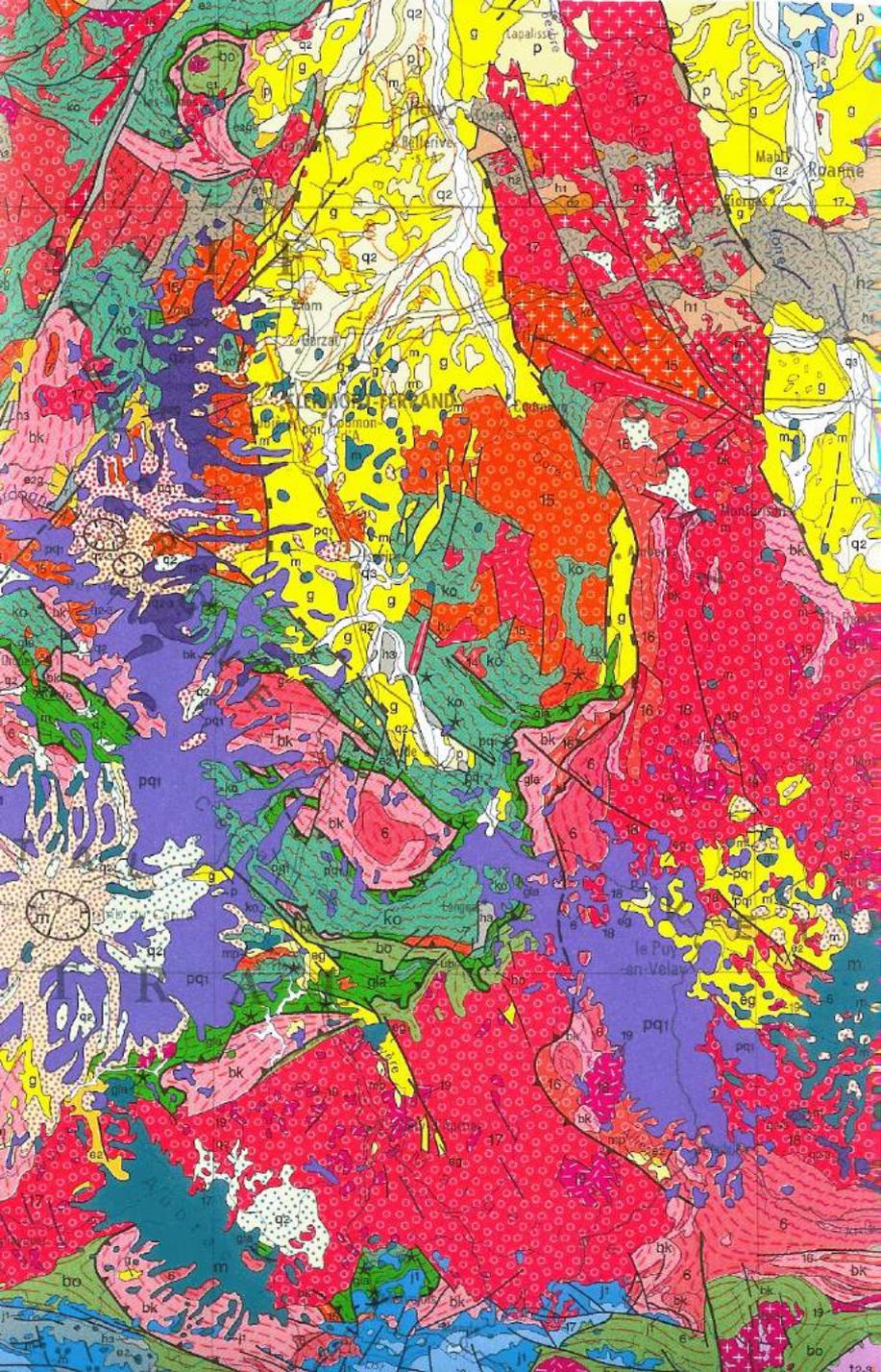
Miocène (20 Ma)

Chevauchements (failles inverses)

# Failles normales: exemples sur le terrain

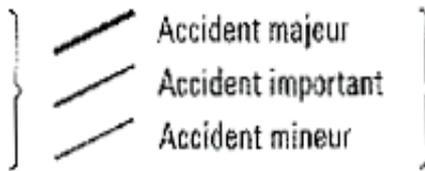






### Accidents et failles

chevauchement  
différencié



en tiretés :  
accidents ou flexures  
masqués ou supposés

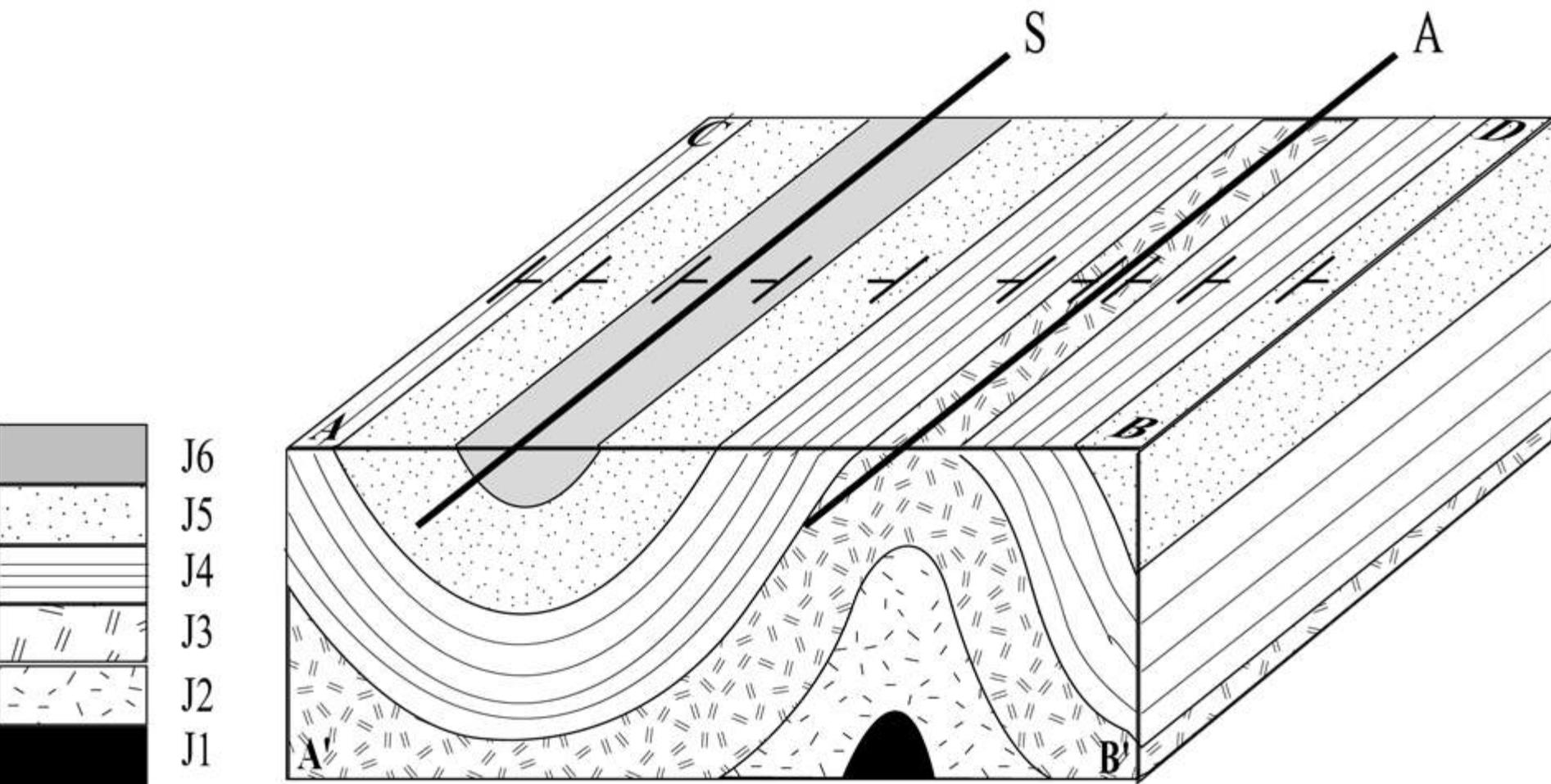




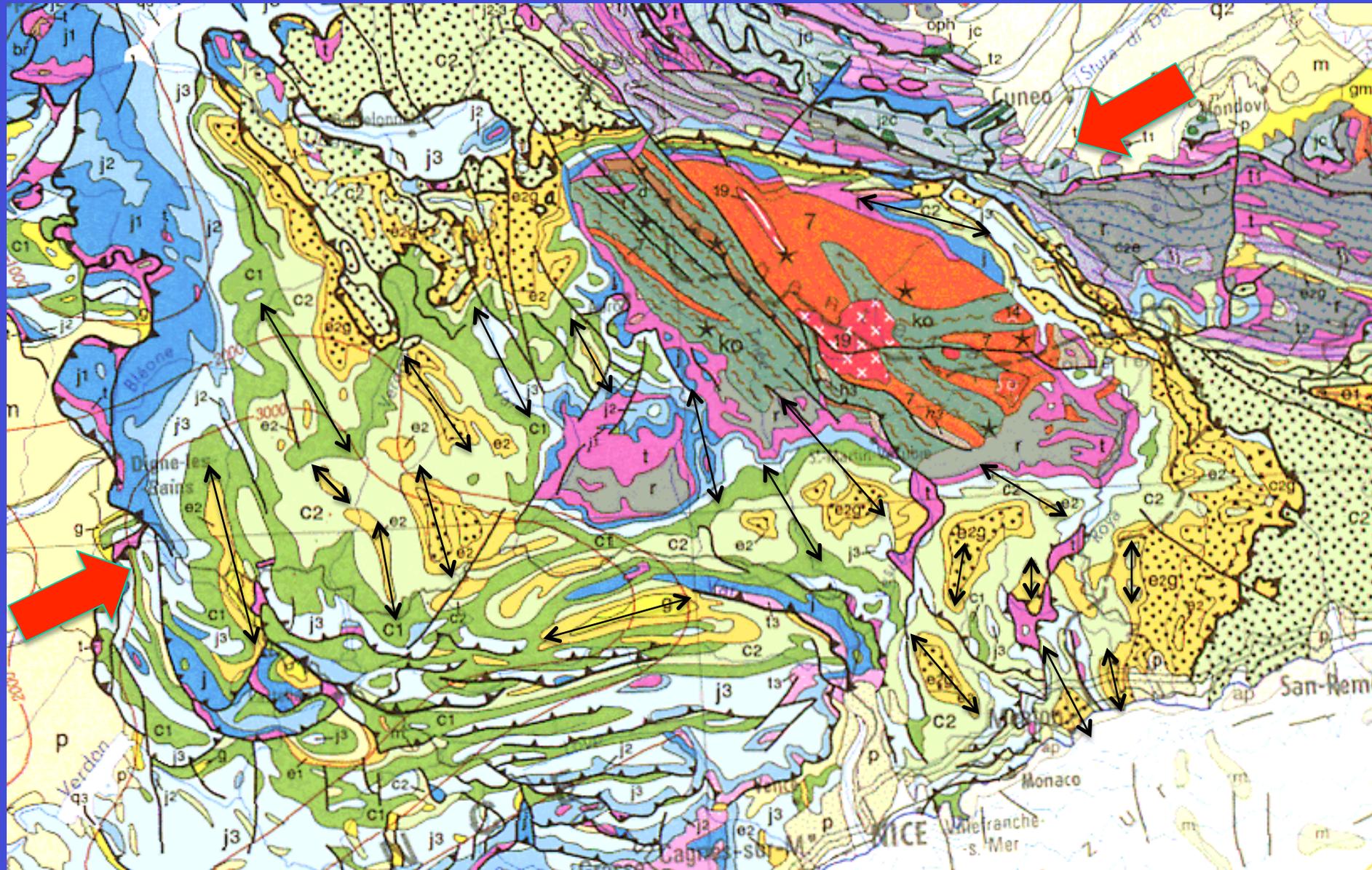
Les plis: Flancs, charnières, des axes de plis.

Structures tectoniques typiques des chaînes de montagnes

# Synclinal et anticlinal



# *Collision Alpine: Plis et chevauchements sur la carte géologique de France au Million*



# 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
  - / éo-alpin
  - / alpin
  - / permo-triasique sud-alpin
  - / mésocrétacé pyrénéen
  - / oligo-miocène lépontin

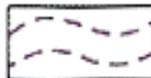
N. B. Dans les Alpes les faciès de haute pression sont privilégiés bien qu'ils soient généralement rétro-morphosés

Faciès :

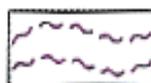
de basse et moyenne pression



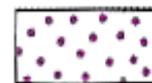
Faciès schiste vert



Faciès amphibolite (paragneiss, orthogneiss)



Zones anatectiques (migmatites)

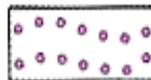


Faciès granulite de basse pression

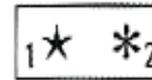
de haute pression



Faciès schiste bleu



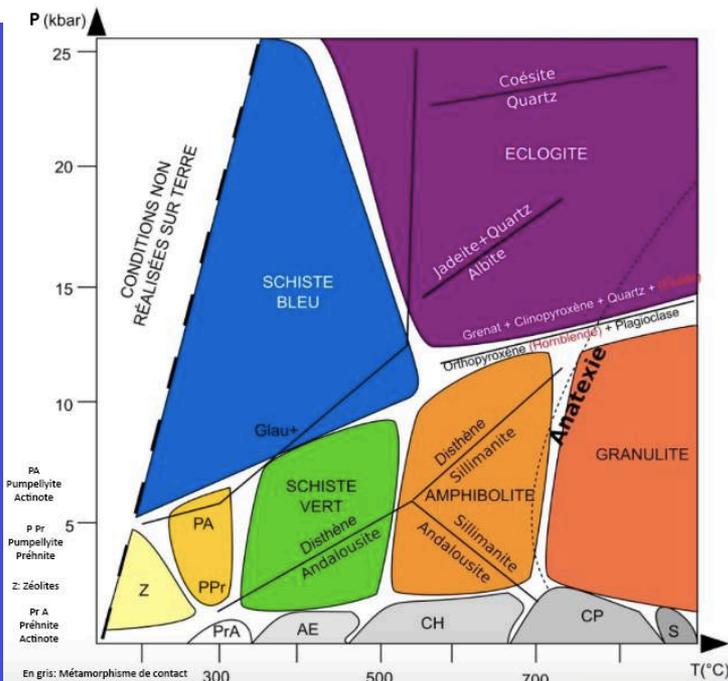
Faciès éclogite (et schiste bleu de haute température)



1 : Relique éo-varisque éclogitique



2 : Relique éo-alpine à coésite

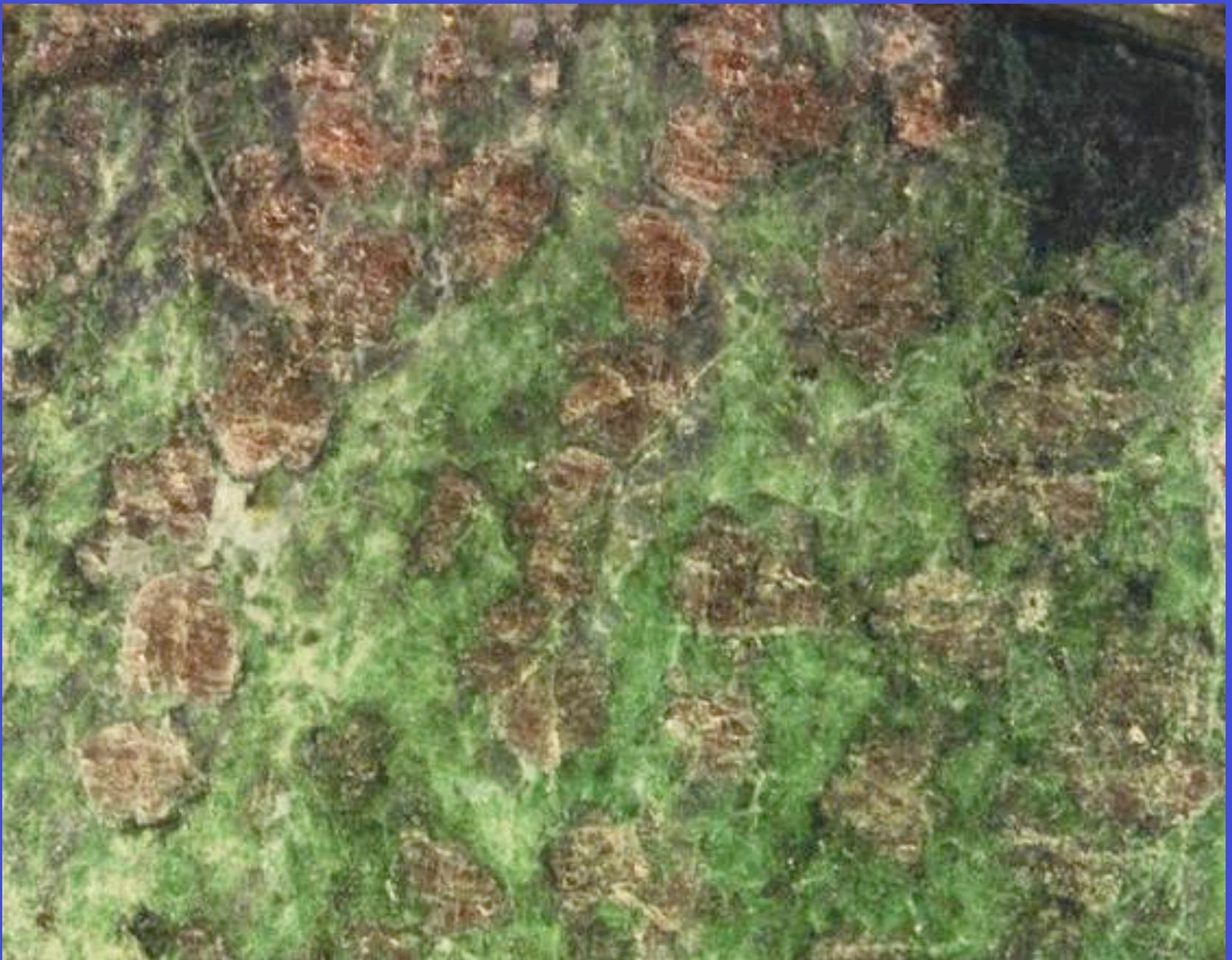


l'orogénèse néo-varisque est prise comme exemple

# Glaucophanites (Glaucophane, grenat)



Faciès des Schistes Bleus



Eclogite

Mélanosomes

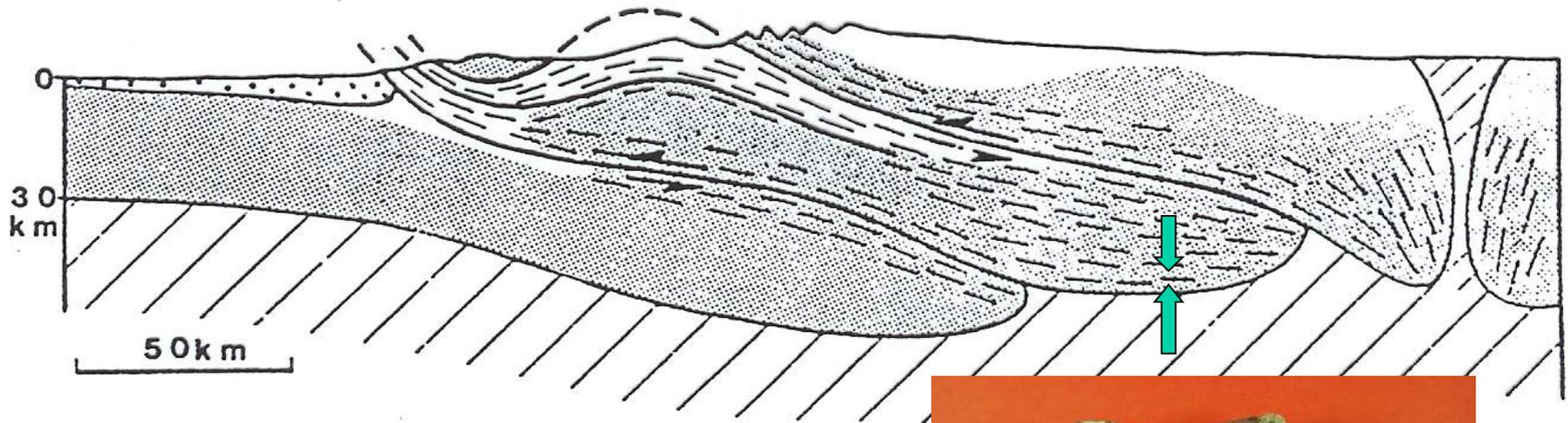
*Migmatite*



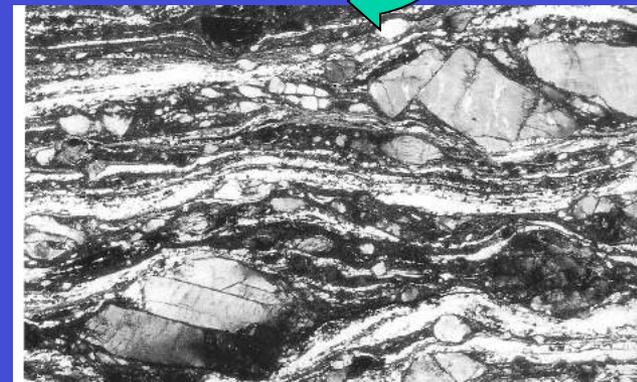
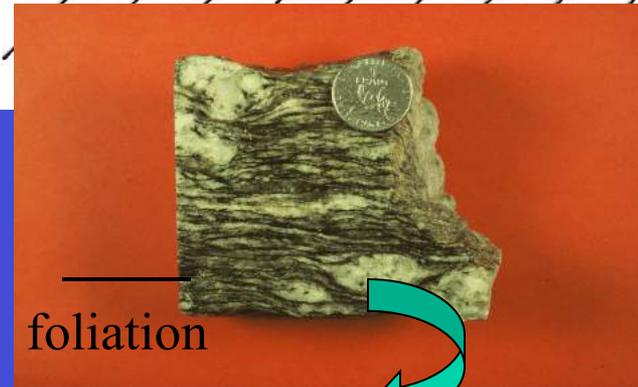
Faciès des Granulites

Leucosomes

# Architecture des roches métamorphiques



**Plan de foliation (schistosité) =  
plan d'aplatissement qui est  
perpendiculaire à la direction  
principale de raccourcissement**



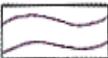
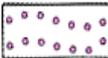
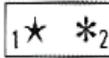
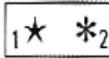
# MÉTAMORPHISME

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

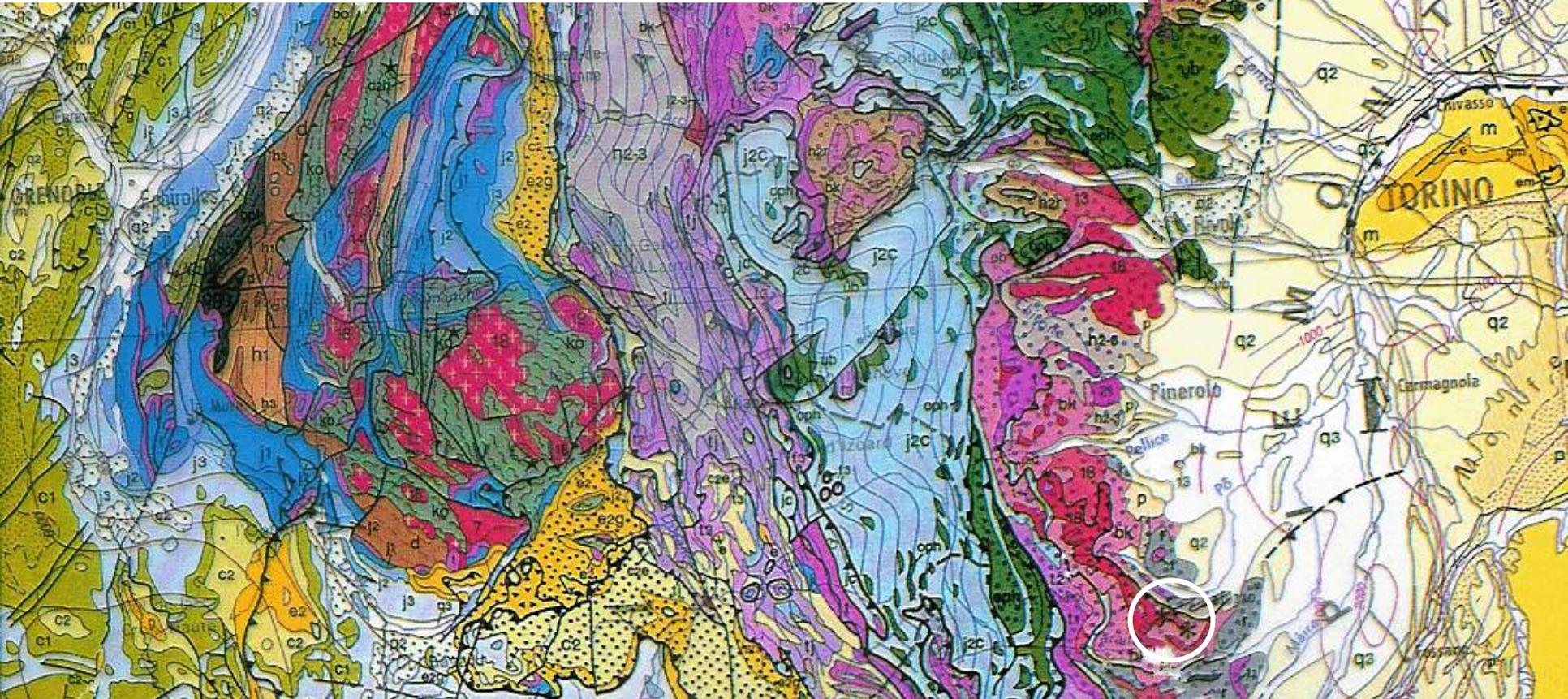
- Âge :
- / cadomien
  - / méso-varisque
  - / néo-varisque
  - / éo-alpin
  - / alpin
  - / permo-triasique sud-alpin
  - / mésocrétacé pyrénéen
  - / oligo-miocène lépontin

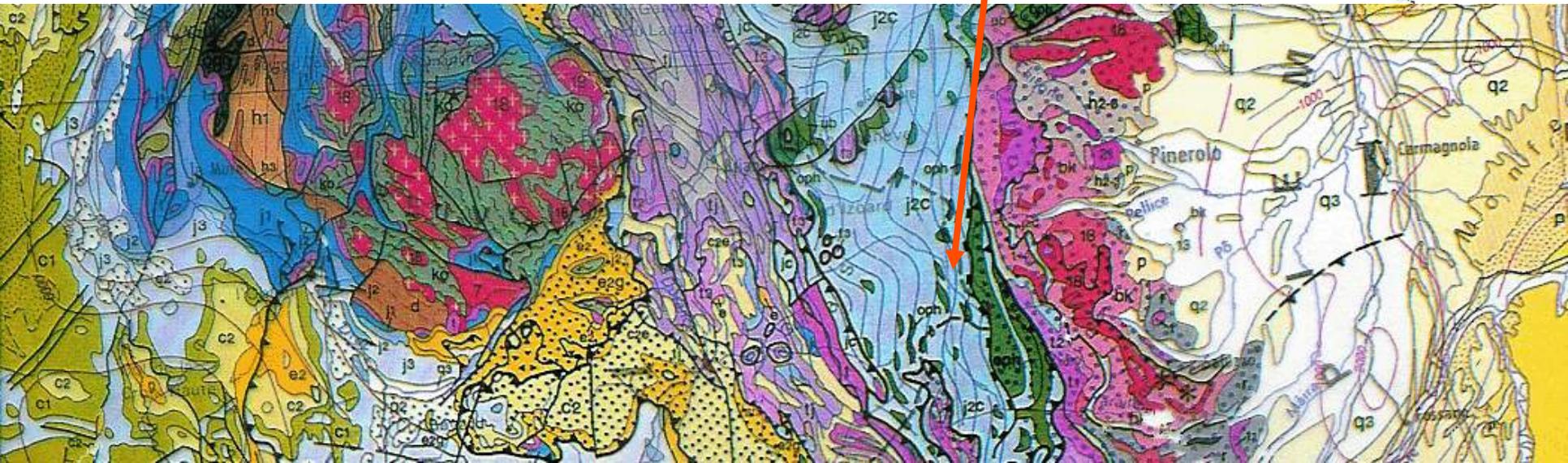
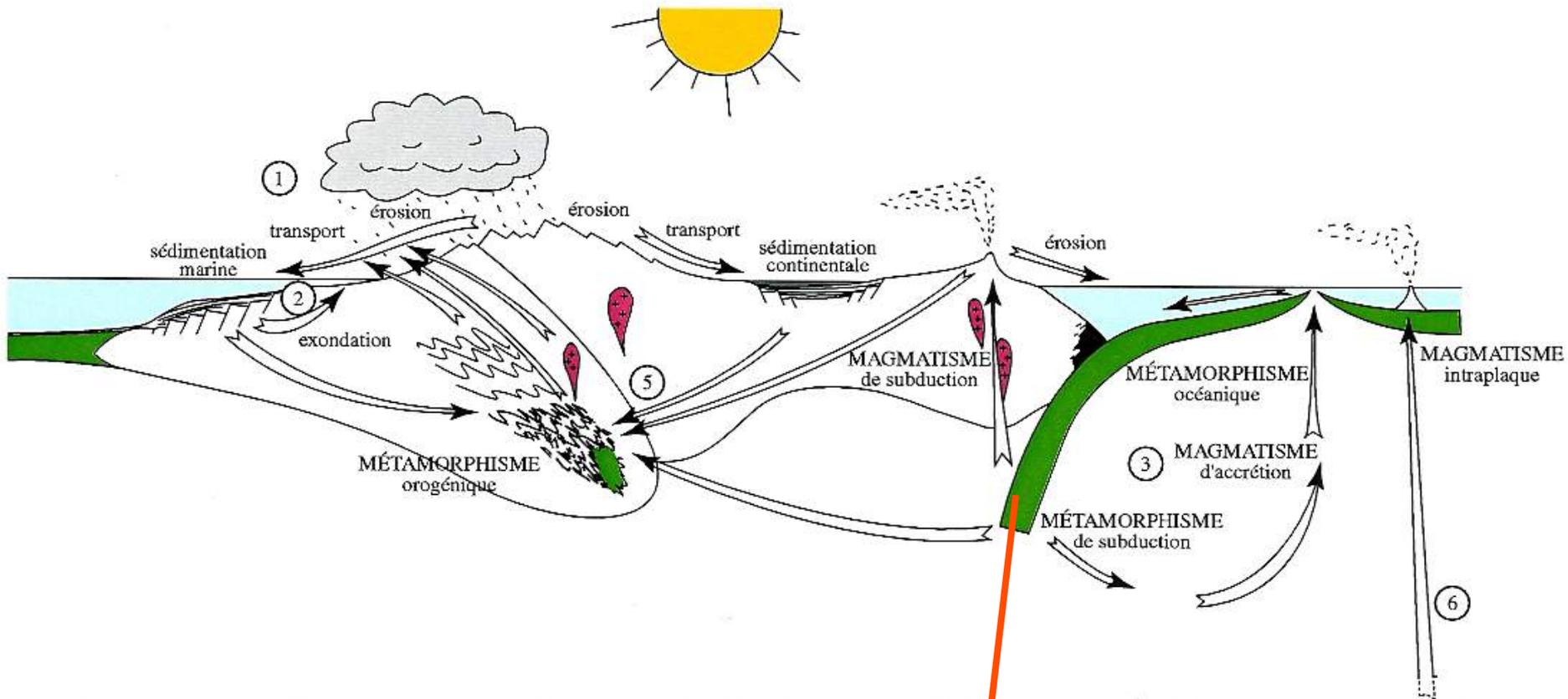
N. B. Dans les Alpes les faciès de haute pression sont privilégiés bien qu'ils soient généralement rétro-morphosés

Faciès :

do basse et moyenne pression	}	 Faciès schiste vert	 Faciès amphibolite (paragneiss, orthogneiss)	}	 Zones anatectiques (migmatites)	 Faciès granulite de basse pression
		 Faciès schiste bleu	 Faciès éclogite (et schiste bleu de haute température)		 1 : Relique éo-varisque éclogitique	 2 : Relique éo-alpine à coésite

l'orogénèse néo-varisque est prise comme exemple





# MÉTAMORPHISME

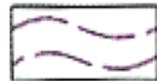
Les caractères métamorphiques des terrains sont symbolisés par des figurés dont la couleur indique l'âge de l'orogénèse, la forme indique le faciès du métamorphisme, et l'orientation correspond à la principale foliation régionale

Âge : / cadomien / méso-varisque / néo-varisque / éo-alpin / alpin  
/ permo-triasique sud-alpin / mésocrétacé pyrénéen / oligo-miocène lépontin

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

Faciès :

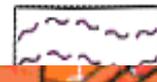
de basse et moyenne pression



Faciès schiste vert



Faciès amphibolite (paragneiss, orthogneiss)

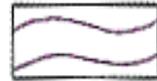


Zones anatectiques (migmatites)



Faciès granulite de basse pression

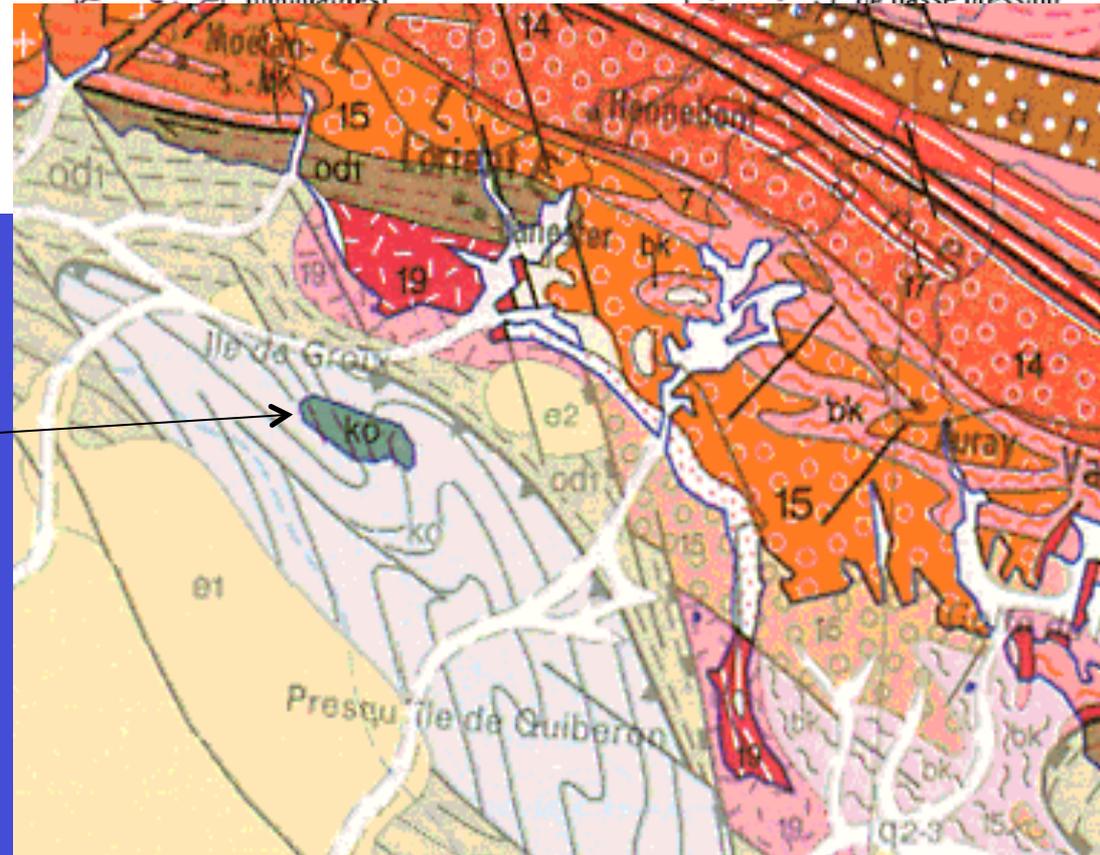
de haute pression



Faciès schiste bleu de basse température

l'orogénèse néo-varisque est prise comme exemple

Ile de Groix (MA):  
Faciès des Schistes Bleus d'âge Dévonien

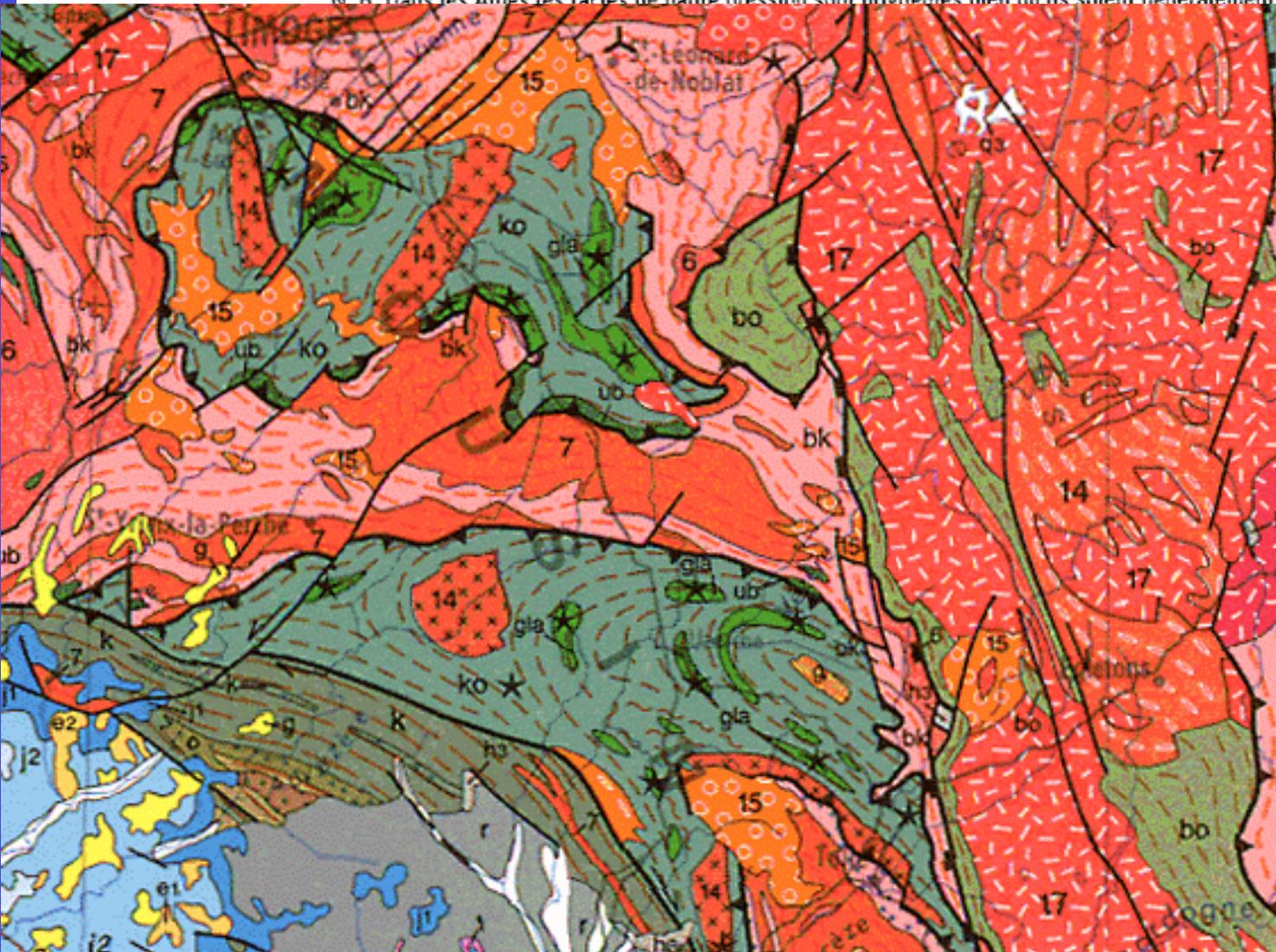


# MÉTAMORPHISME

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 / éo-alpin / alpin  
/ permo-triasique sud-alpin / mésocrétacé pyrénéen / oligo-miocène lépontin

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



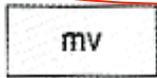
Legend for metamorphic units and facies:

- Faciès amphibolite (paragneiss, orthogneiss)
- Zones anatectiques (migmatites)
- 1 : Relique éo-varisque éclogitique
- 2 : Relique éo-alpine à coésite

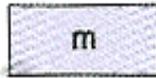
Les unités métamorphiques du Limousin (W du MCF)

# MARGE CONTINENTALE

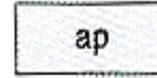
Les terrains sont figurés avec leur "couleur chronologique" atténuée ; s'y ajoutent les terrains suivants :



Complexe métamorphique indifférencié



Volcanisme sous-marin ligure



Substratum anté-pliocène indifférencié

N. B. Les failles et les figurés du métamorphisme et du magmatisme sont portés en teinte grise

## Morphologies et structures sous-marines



Bancs sableux



Cicatrices d'arrachement



Paléochenaux sous-marins



Dômes de sel



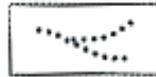
Masses glissées



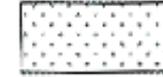
Éventails sous-marins



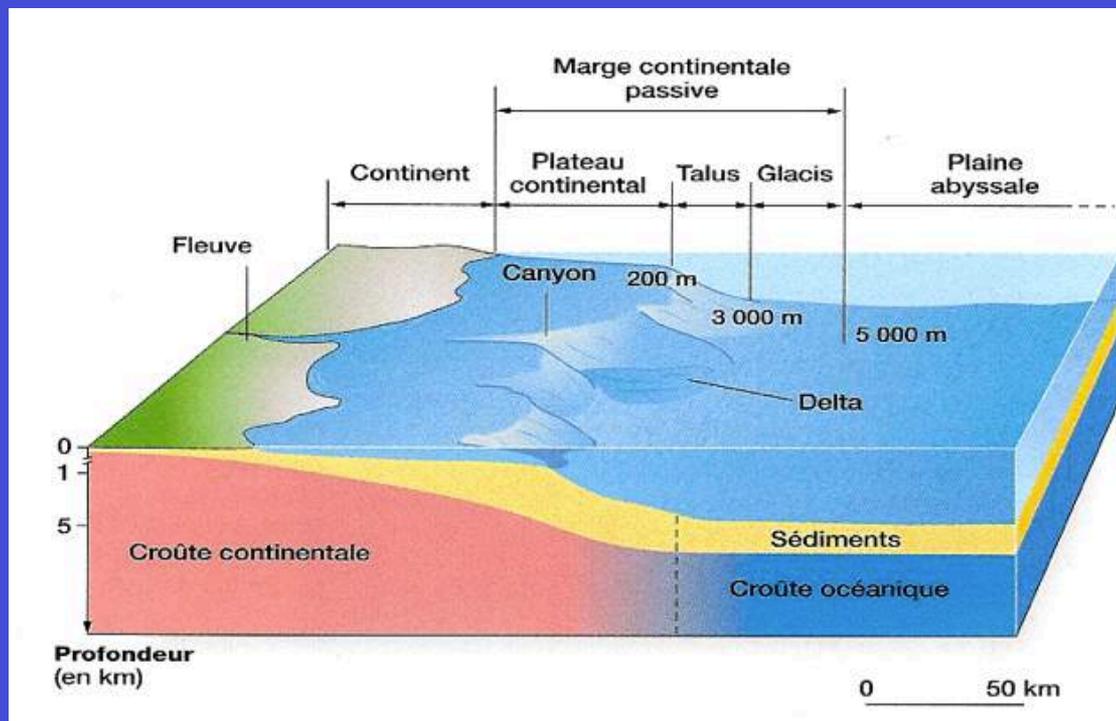
Limite d'extension du sel messinien

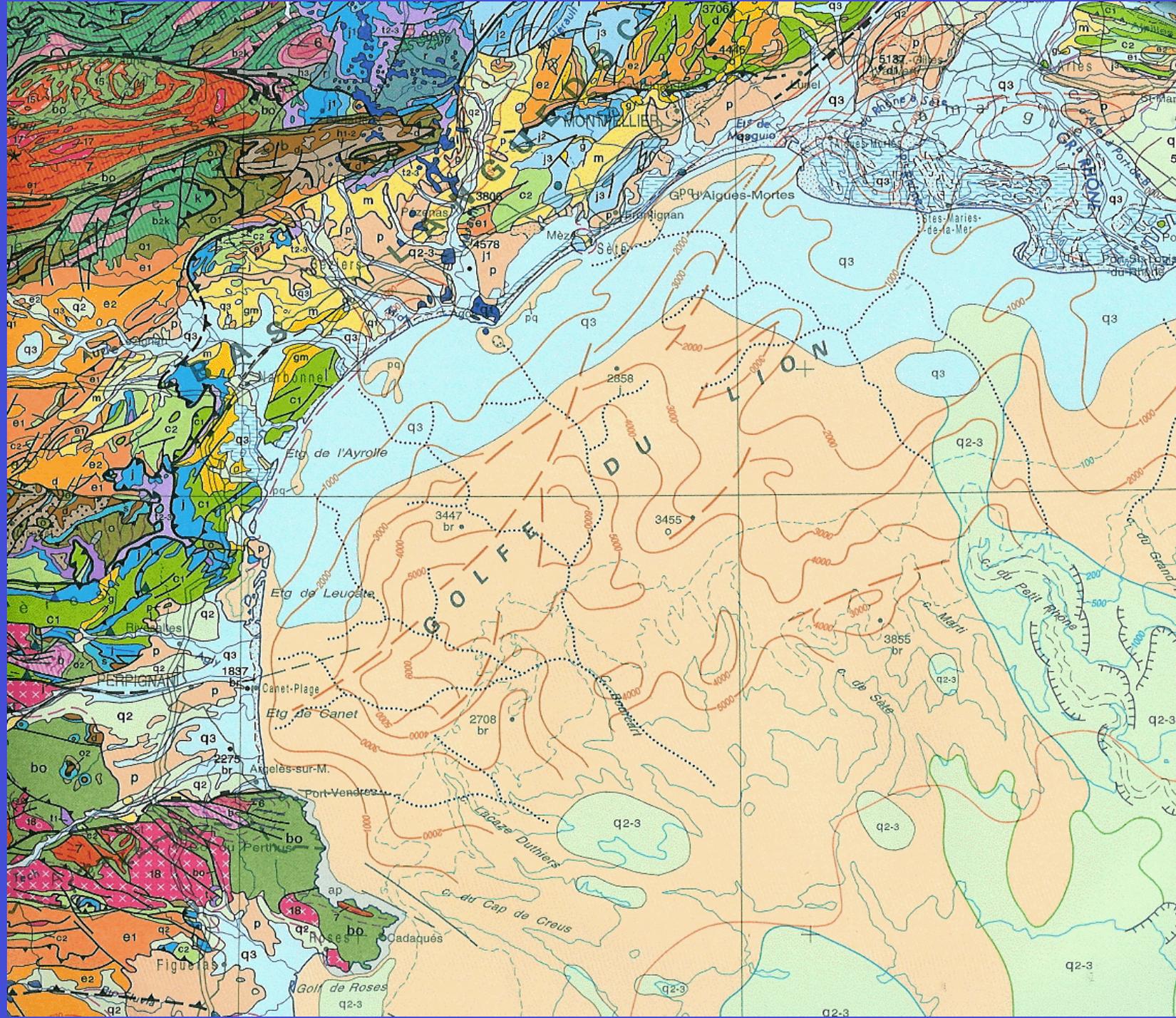


Paléoréseau fluvialite messinien du golfe du Lion



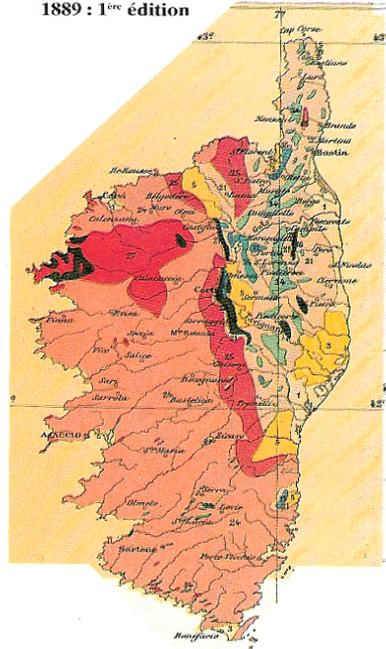
Extension sous couverture de la croûte océanique ligure



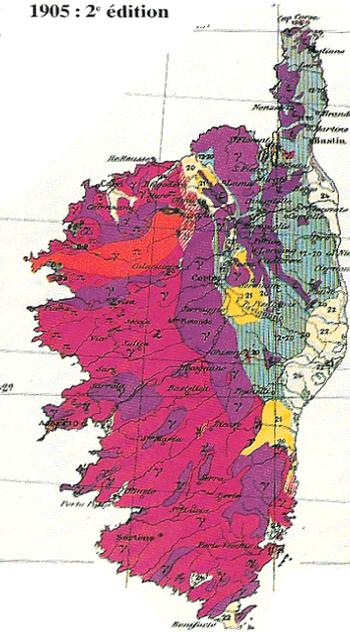


# Évolution de la carte géologique de la Corse à 1/1 000 000

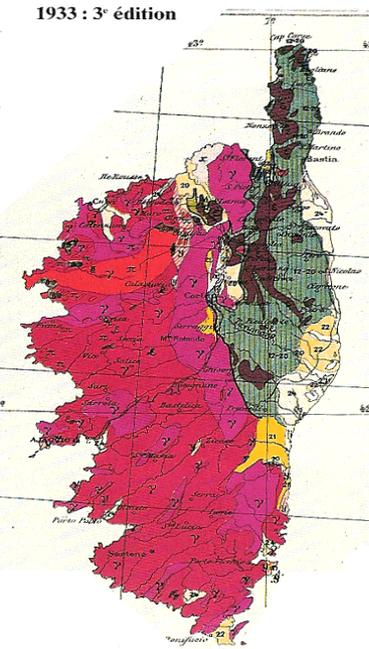
1889 : 1<sup>re</sup> édition



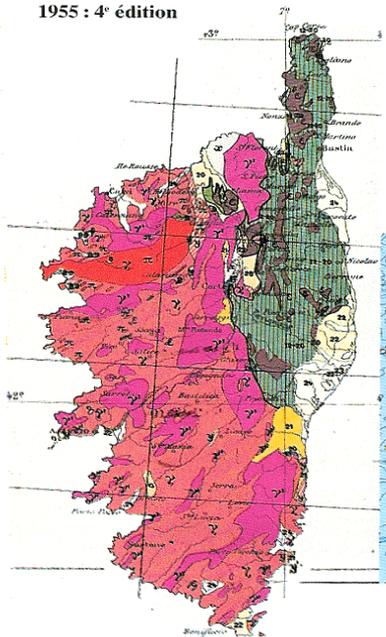
1905 : 2<sup>e</sup> édition



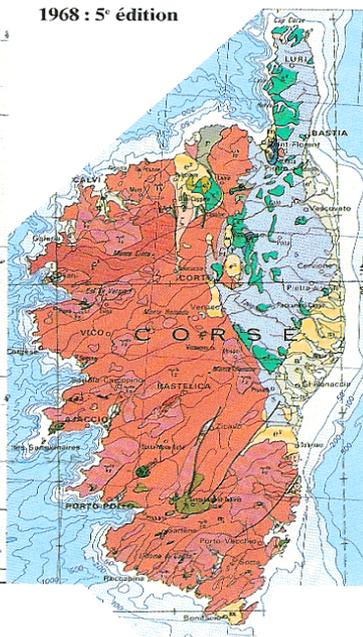
1933 : 3<sup>e</sup> édition



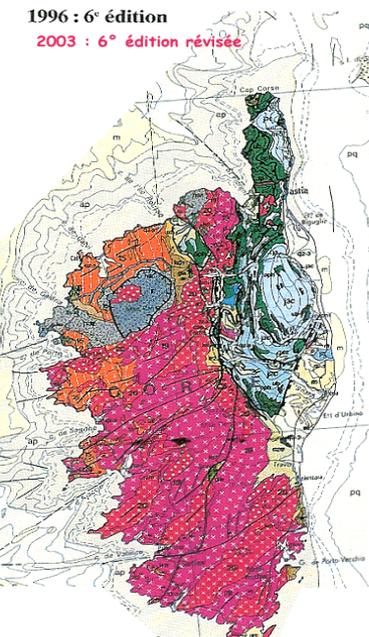
1955 : 4<sup>e</sup> édition



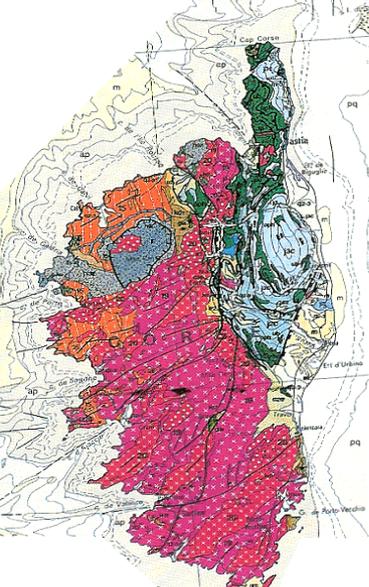
1968 : 5<sup>e</sup> édition



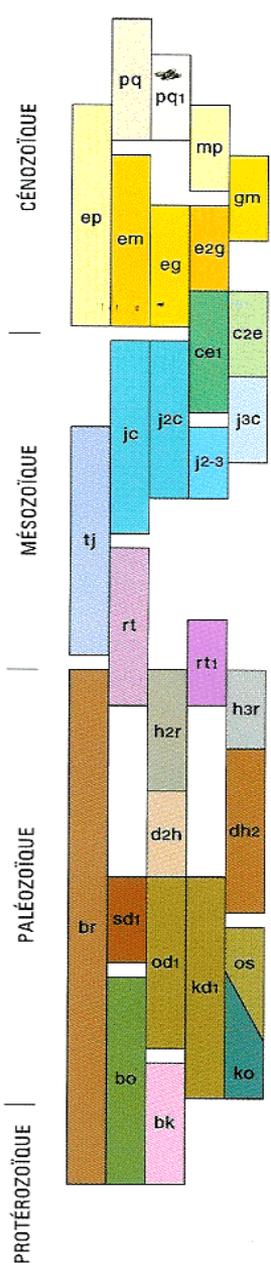
1996 : 6<sup>e</sup> édition



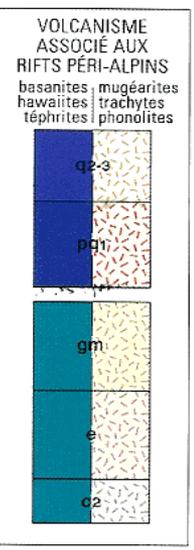
2003 : 6<sup>e</sup> édition révisée



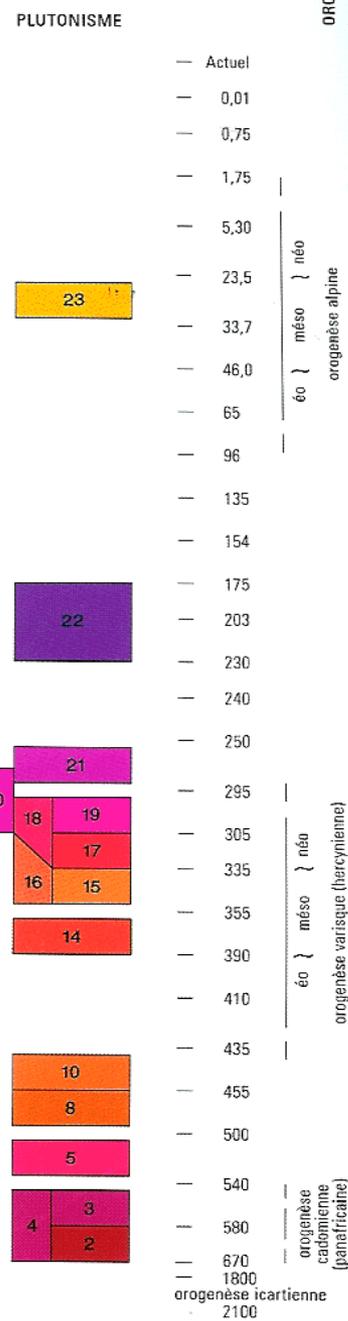
STRATIGRAPHIE  
SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME



Quaternaire	q2-3	q3	Holocène
	q1-2	q2	Pléistocène moyen et supérieur
		q1	Pléistocène inférieur
p		Pliocène	
m		Miocène	
g		Oligocène	
e	e2	Éocène moyen et supérieur	
	e1	Éocène inférieur	
c	c2	Crétacé supérieur	
	c1	Crétacé inférieur	
j	j3	Jurassique supérieur	
	j2	Jurassique moyen	
	j1	Jurassique inférieur	
t	t2-3	Trias supérieur	
	t2	Trias moyen	
	t1	Trias inférieur	
r		Permien	
Carbonifère	h2-3	h3	Stéphanien
		h2	Namurien-Westphalien
	h1-2	h1	Viséen supérieur
			Viséen inférieur
d	d2	Dévonien moyen et supérieur	
	d1	Dévonien inférieur	
s		Silurien	
o	o2	Ordovicien supérieur	
	o1	Ordovicien inférieur et moyen	
k		Cambrien	
b2k	b	b2	(Briovérien supérieur)
		b1	Néoprotérozoïque (Briovérien inférieur)
			Paléoprotérozoïque



**RADIOCHRONOLOGIE**  
(en millions d'années)  
IUGS-UNESCO 2000, modifié

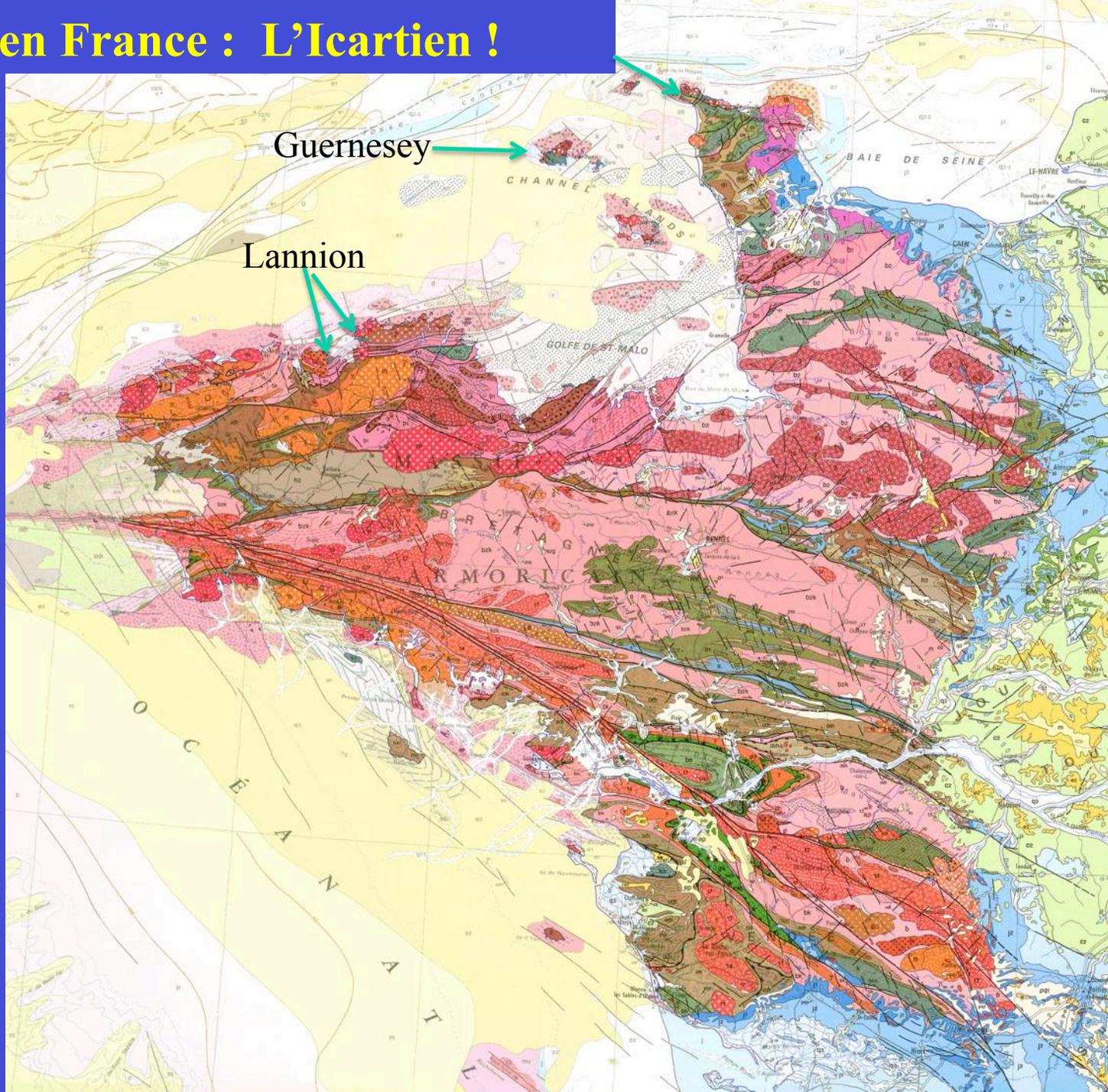


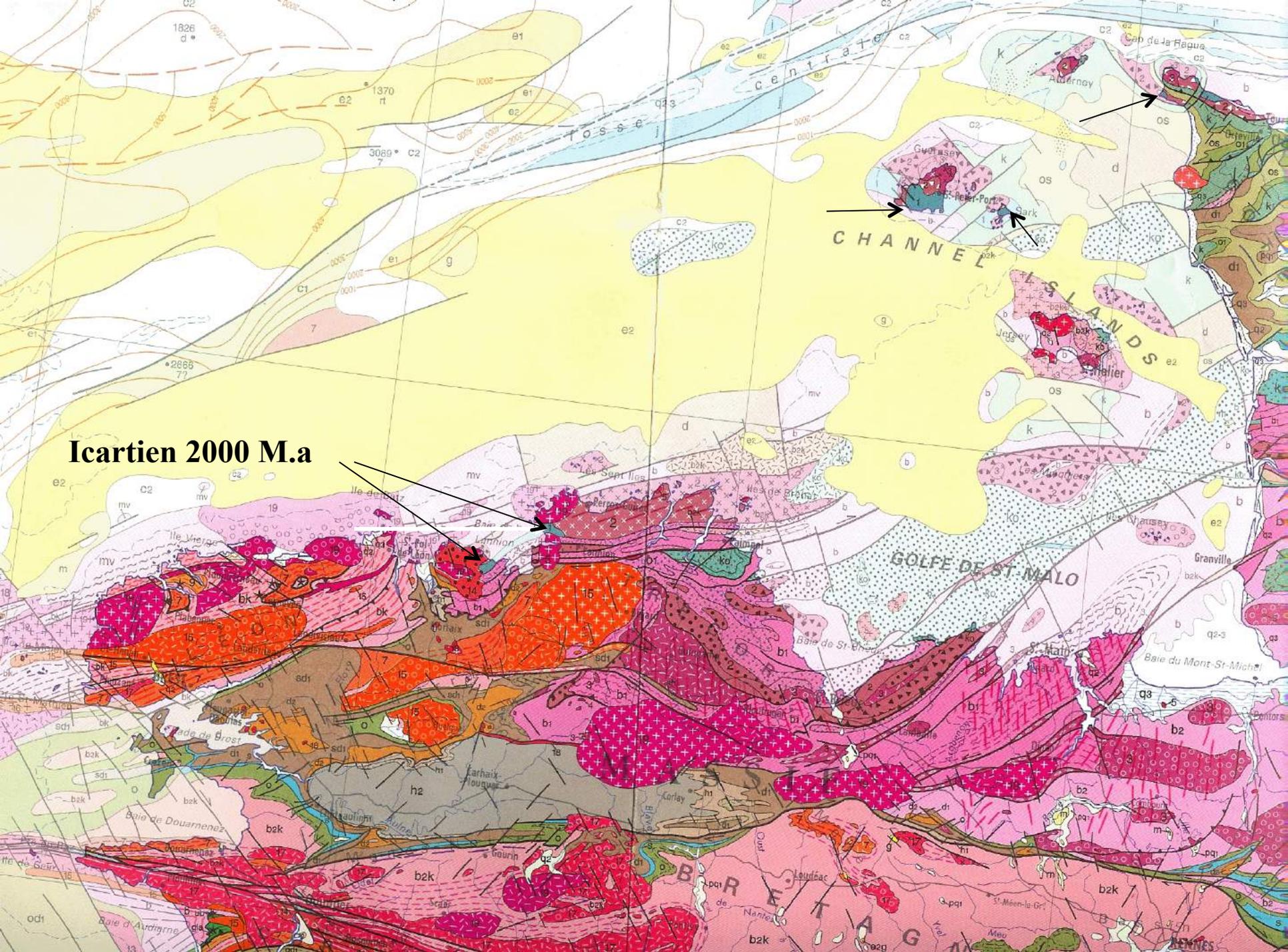
Echelle de temps considérée

Du Paléoprotérozoïque (Icartien, - 2,1 Milliards d'années) à l'actuel

# Le Précambrien en France : L'Icartien !

Dans la zone  
Nord  
Armoricaine,  
il existe des  
terrains anté-  
Cadomien !!





Icartien 2000 M.a

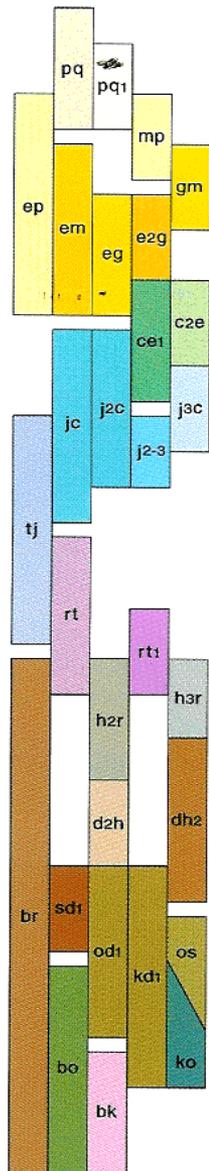
**STRATIGRAPHIE  
SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME**

CÉNOZOÏQUE

MÉSOZOÏQUE

PALÉOZOÏQUE

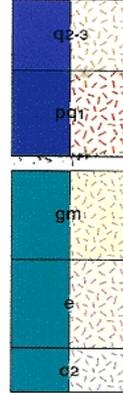
PROTÉROZOÏQUE



Quaternaire	q2-3	q3	Holocène
	q1-2	q2	Pléistocène moyen et supérieur
		q1	Pléistocène inférieur
p		Pliocène	
m		Miocène	
g		Oligocène	
e	e2	Éocène moyen et supérieur	
	e1	Éocène inférieur	
c2e		Paléocène	
c	c2	Crétacé supérieur	
	c1	Crétacé inférieur	
j	j3	Jurassique supérieur	
	j2	Jurassique moyen	
	j1	Jurassique inférieur	
t	t2-3	Trias supérieur	
	t2	Trias moyen	
	t1	Trias inférieur	
r		Permien	
Carbonifère	h2-3	Stéphanien	
	h2	Namurien-Westphalien	
	h1-2	Viséen supérieur Tournaisien	
d	d2	Dévonien moyen et supérieur	
	d1	Dévonien inférieur	
s		Silurien	
o	o2	Ordovicien supérieur	
	o1	Ordovicien inférieur et moyen	
k		Cambrien	
b	b2	(Briovérien supérieur)	
	b1	Néoprotérozoïque (Briovérien inférieur)	

Paléoprotérozoïque

**VOLCANISME  
ASSOCIÉ AUX  
RIFTS PÉRI-ALPINS**  
basanites | mugéarites  
hawaïites | trachytes  
téphrites | phonolites



**RADIOCHRONOLOGIE**  
(en millions d'années)  
IUGS-UNESCO 2000, modifié

PLUTONISME



OROGENÈSE

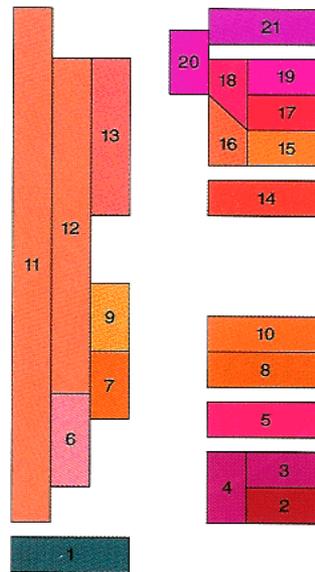
néo  
alpine

néo  
varisque

cadomienne  
(panafricaine)

icartienne

ORTHOGNEISS



3 cycles orogéniques



Chaîne Alpine

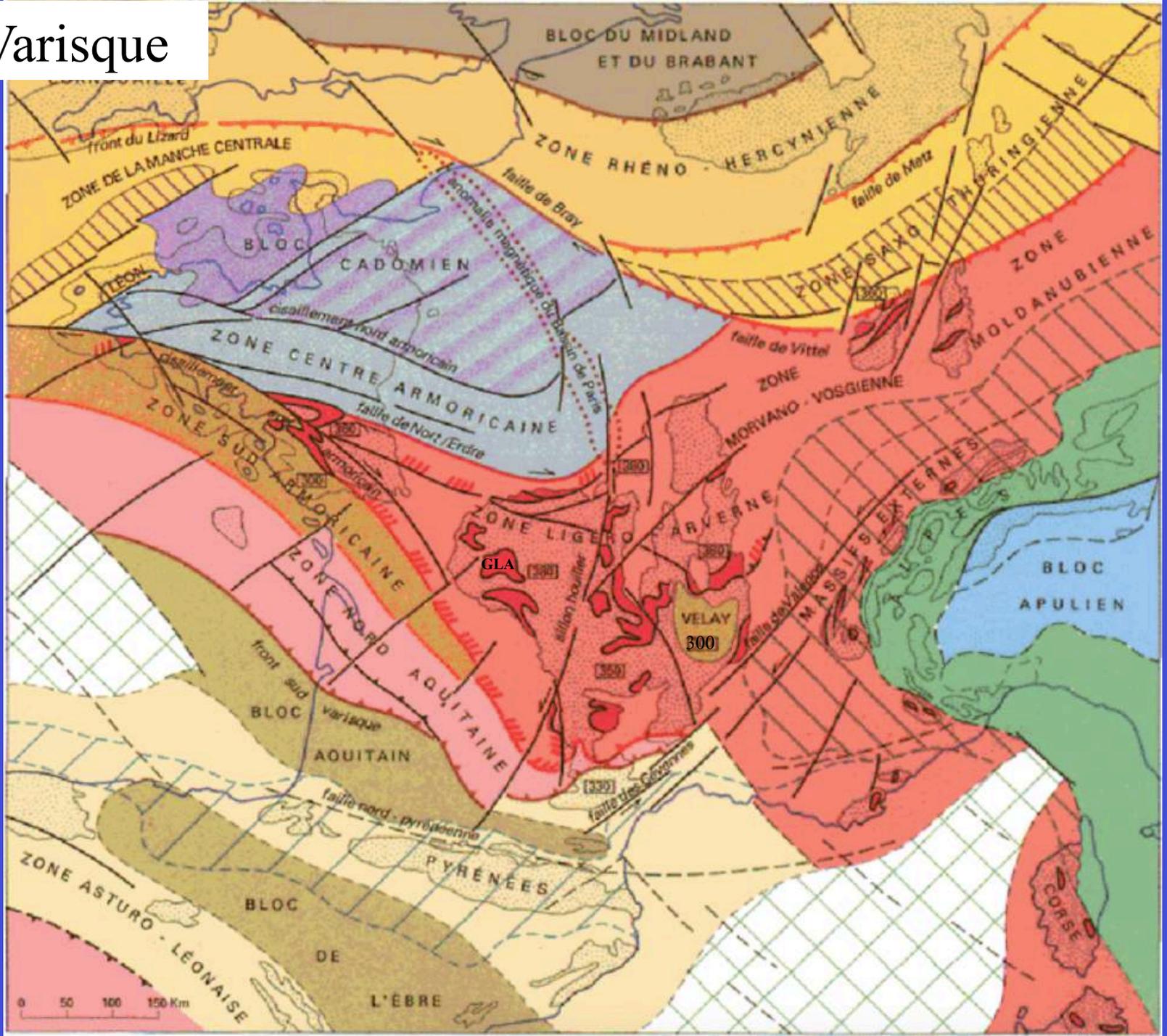


Chaîne Varisque

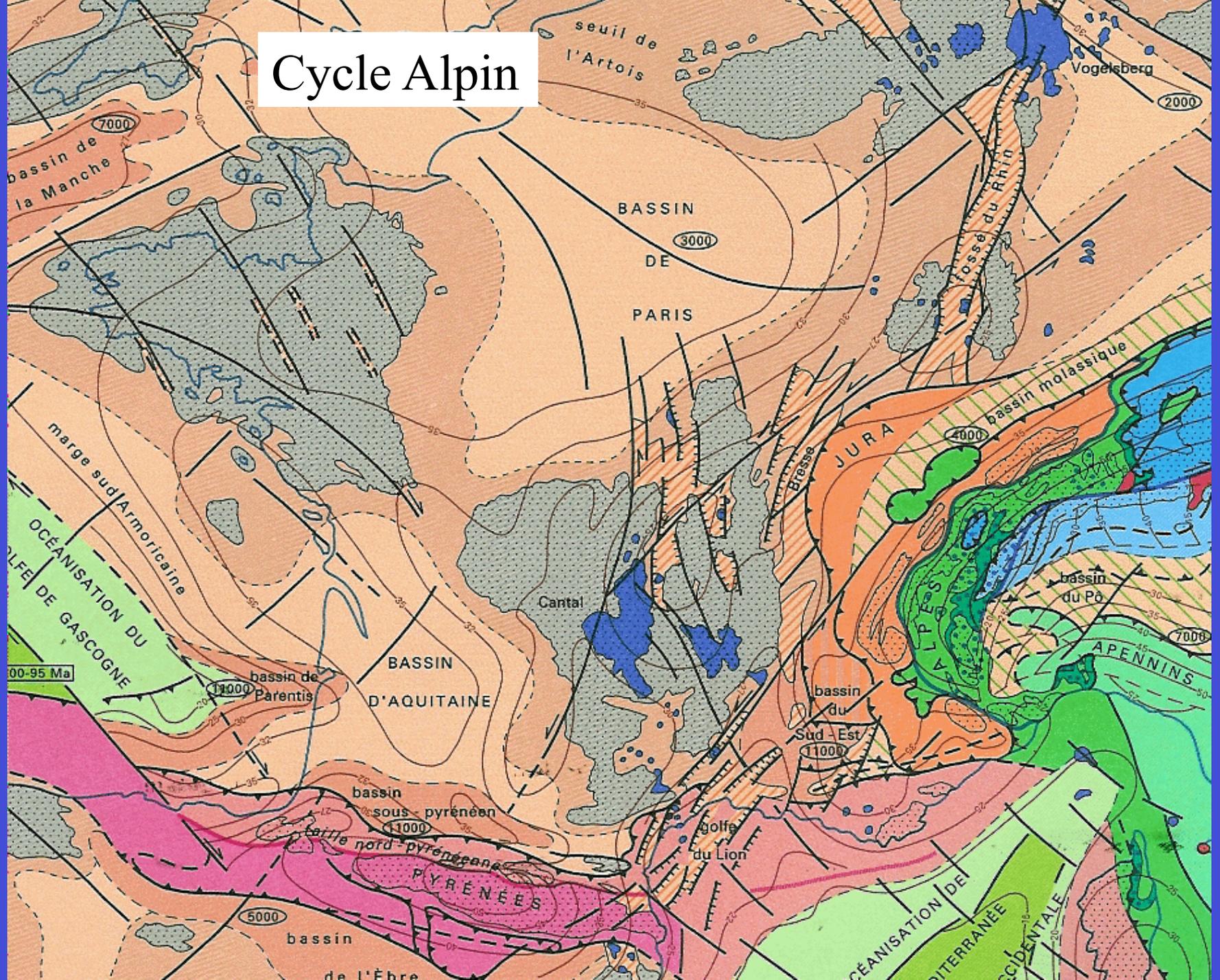


Chaîne Cadomienne

# Cycle Varisque

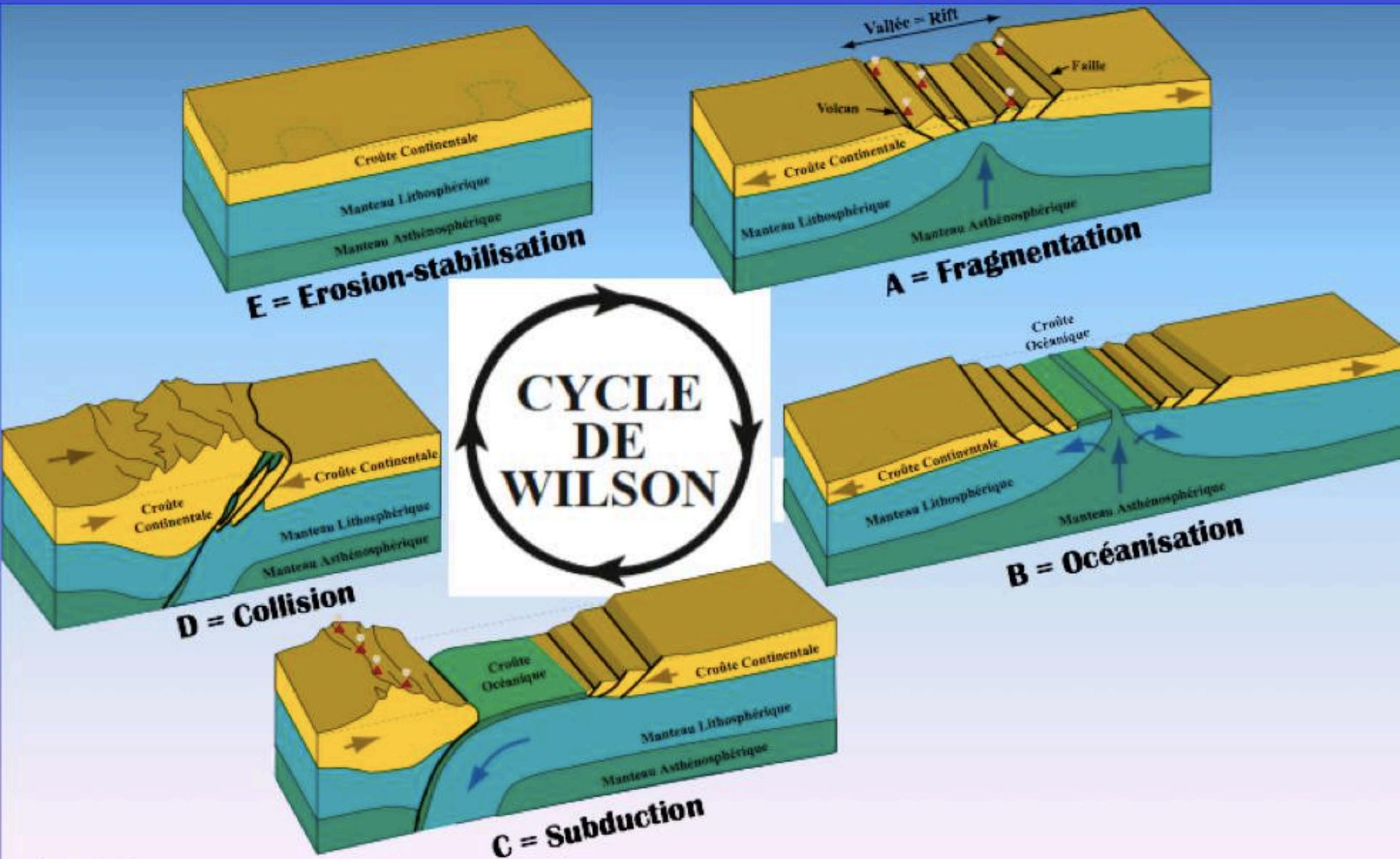


# Cycle Alpin



Les cycles de Wilson (cycles géodynamiques):  
Mise en évidence par l'analyse de la carte  
géologique au Million de la France

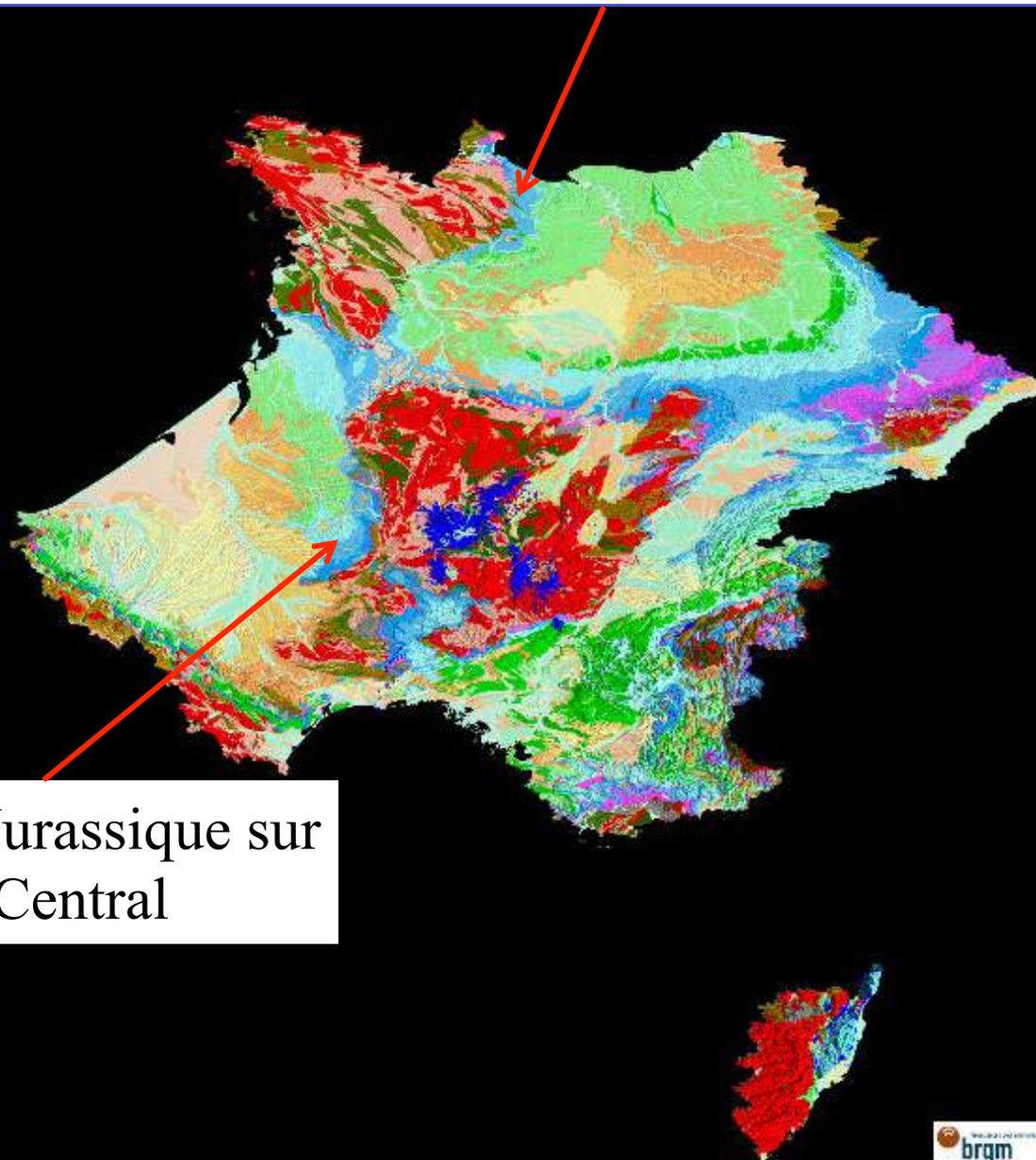
# Evolution géodynamique de la lithosphère dans le temps: Cycle géodynamique



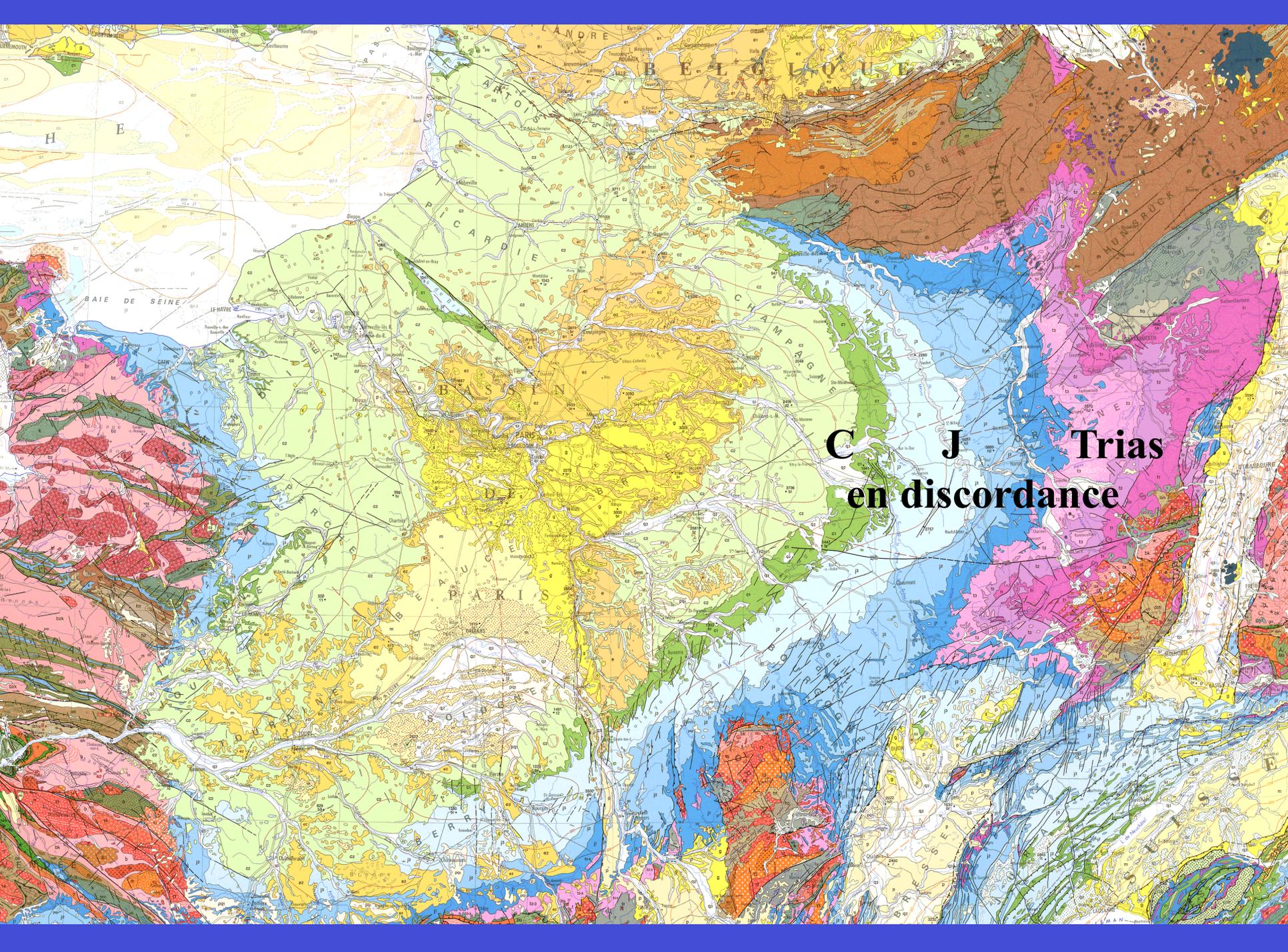
*1- Pouvons-nous identifier une croûte érodée et « stabilisée » recouverte par des sédiments autochtones ?*

*2- Pouvons-nous identifier des zones de fracturation (rifting continental) de cette croûte et les dater?*

# Discordance du Jurassique et du Crétacé sur le Massif Armoricain

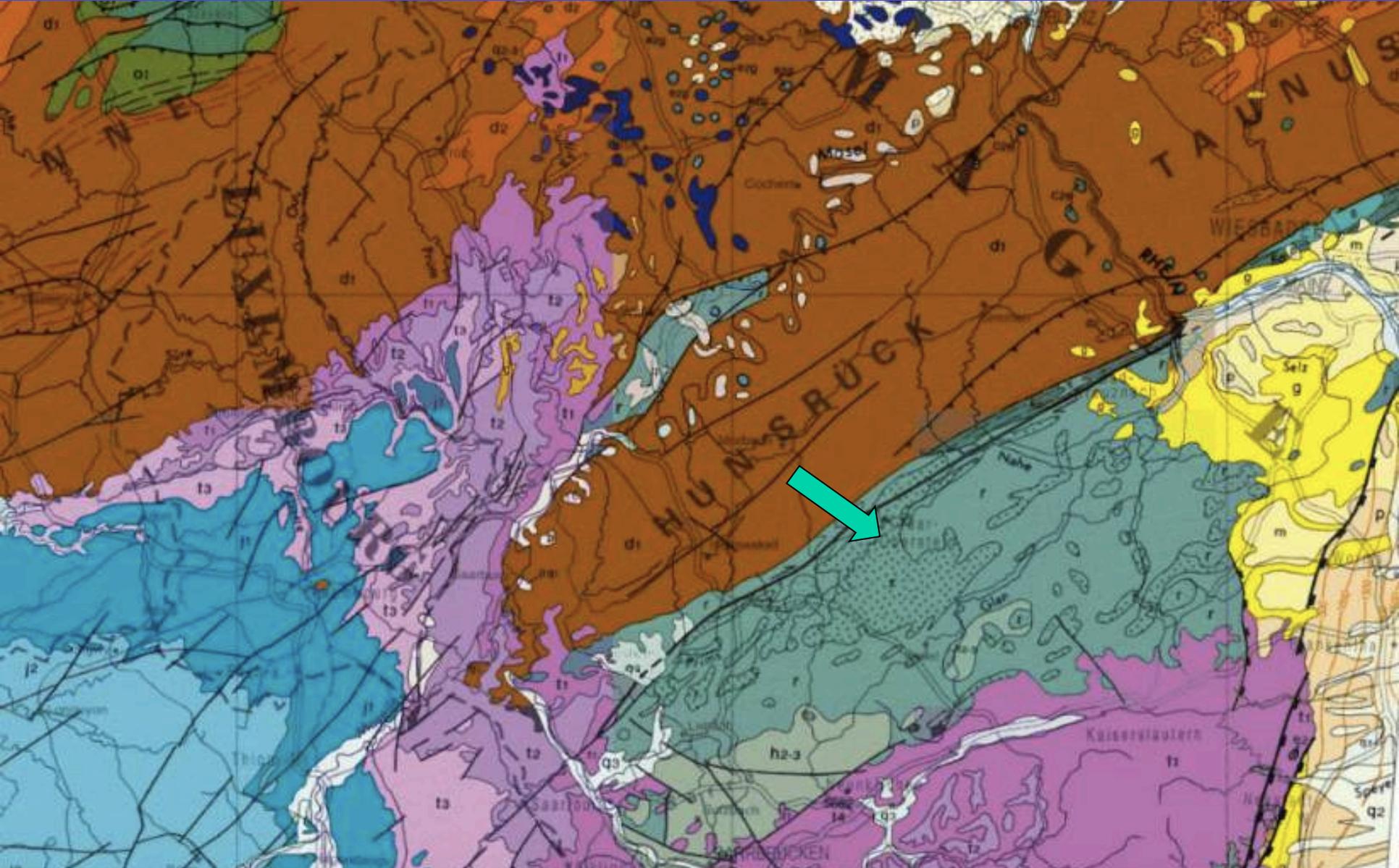


Discordance du Jurassique sur  
le Massif Central



**C J Trias  
en discordance**





**Volcanisme**

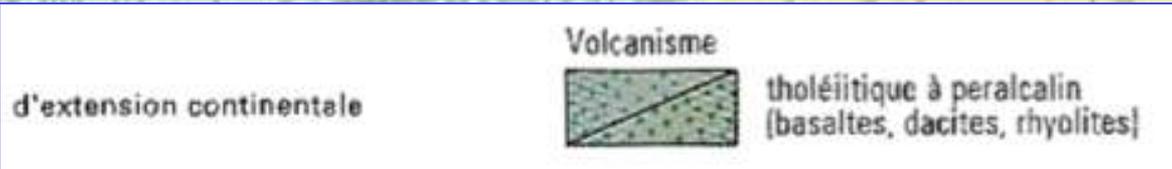
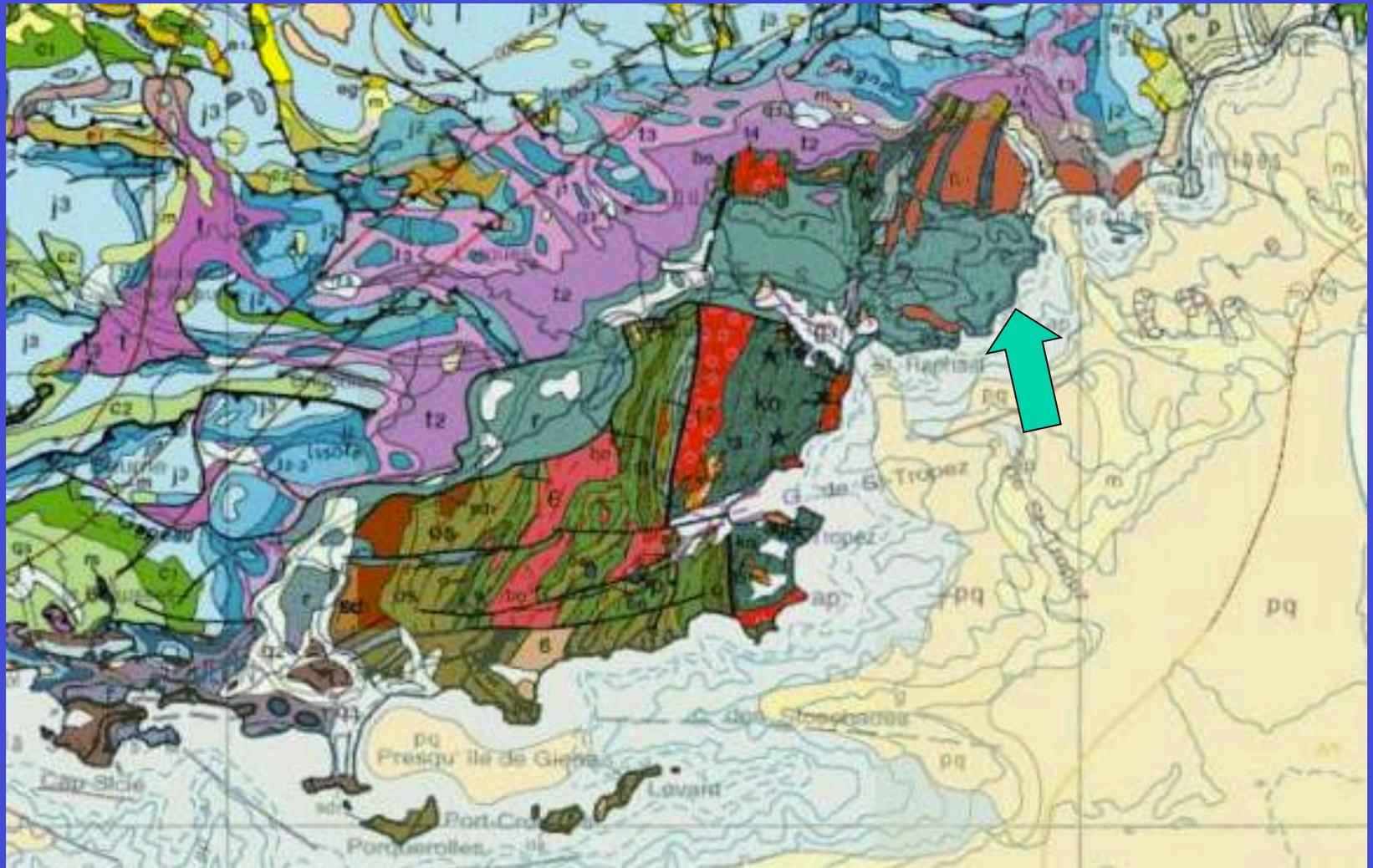


tholéiitique à peralcalin  
(basaltes, dacites, rhyolites)

d'extension continentale

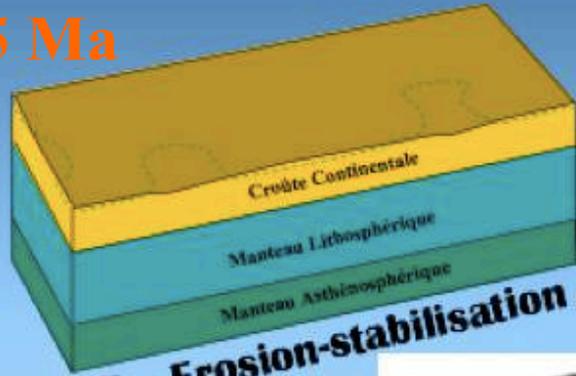
# Rift d'âge Permien de l'Estérel sécant sur structures varisques du Massif des Maures-Tanneron

Estérel = Sédiments + volcanisme



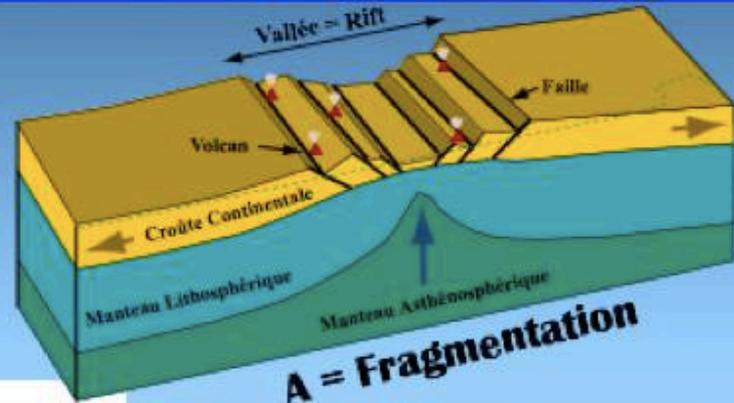


300-295 Ma

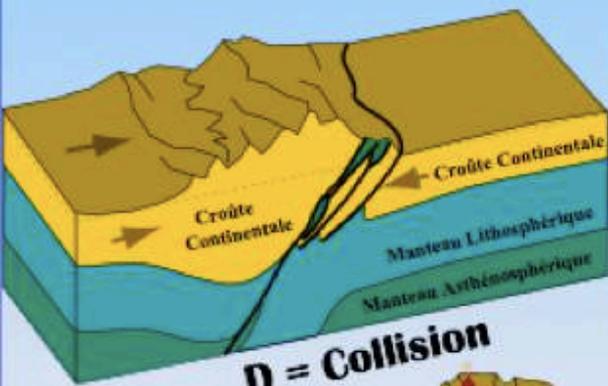
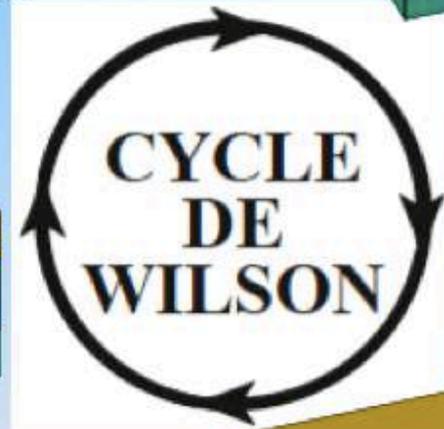


**E = Erosion-stabilisation**

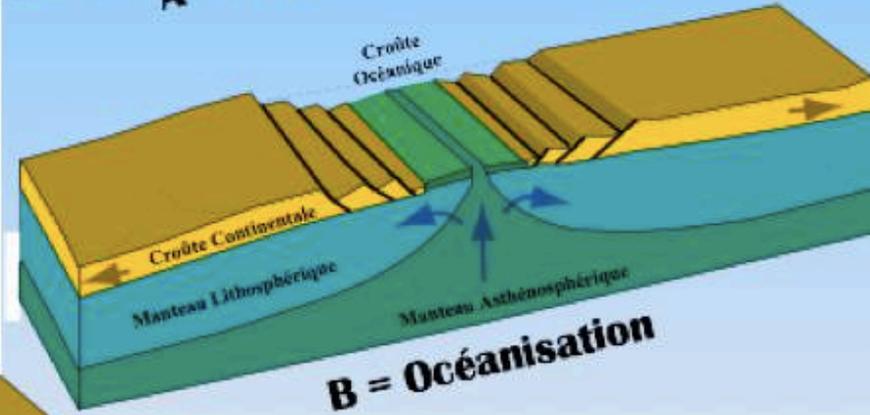
270 Ma



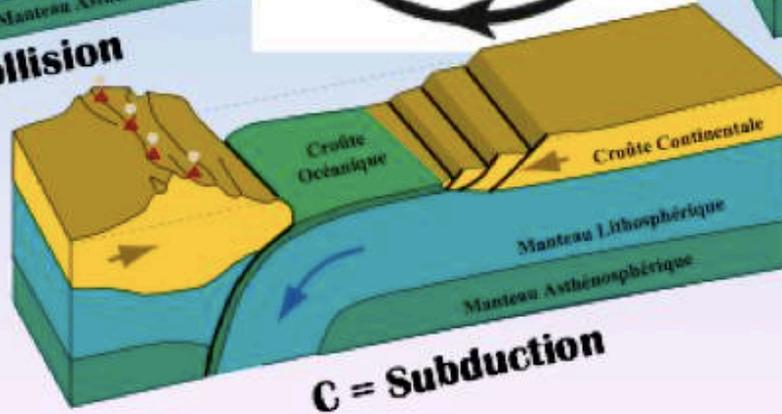
**A = Fragmentation**



**D = Collision**



**B = Océanisation**



**C = Subduction**

*3- Pouvons-nous identifier une croûte océanique post rifting continental (post-Permien) et des sédiments associés?*

d'accrétion océanique

Ophiolites

1	oph	2
ub		

Gabbros, basaltes

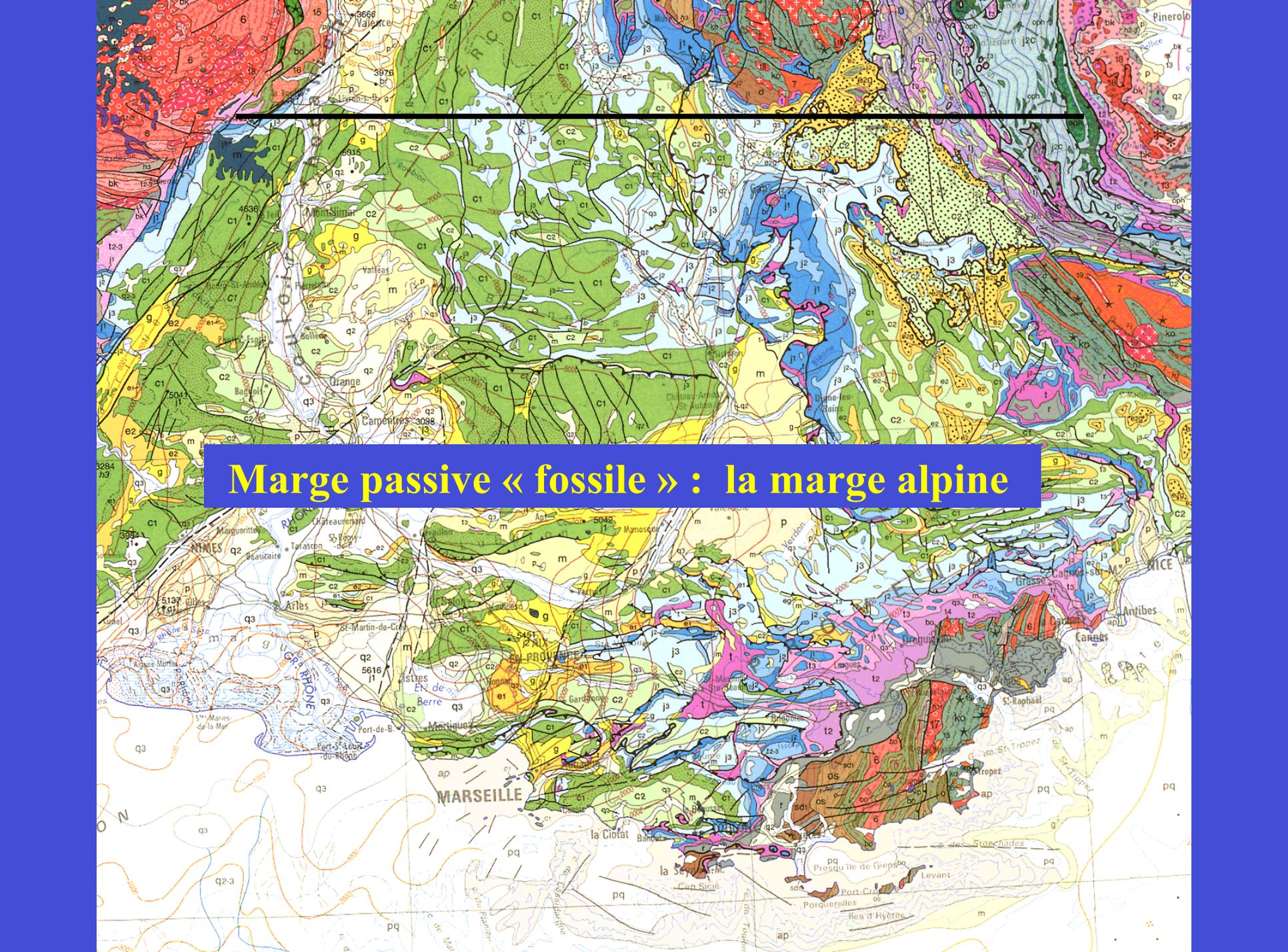
Péridotites

} 1 : alpines

2 : varisques



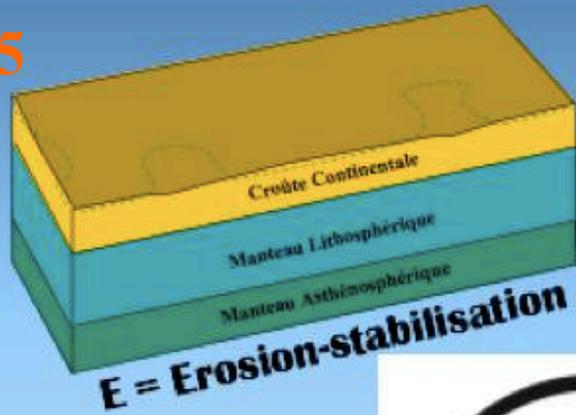


A detailed geological map of the Alpine passive margin in France. The map shows various geological units color-coded and labeled with codes such as C1, C2, J3, Q2, Q3, and PQ. Major cities like Marseille, Cannes, and Antibes are marked. The map also features contour lines and a north arrow. A blue banner with yellow text is overlaid on the map.

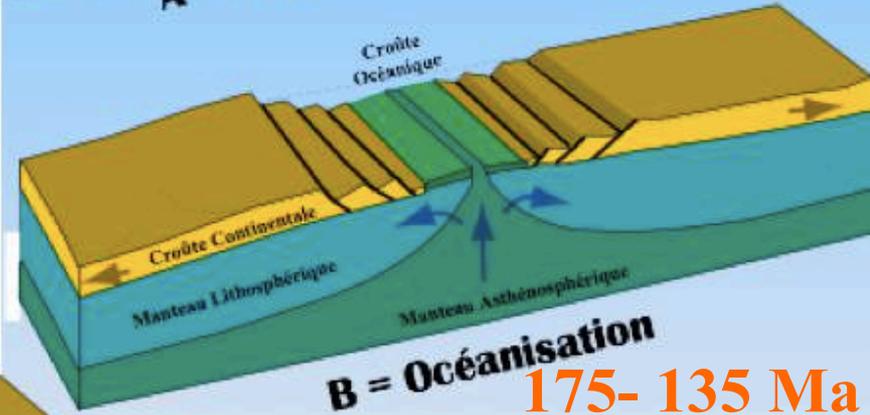
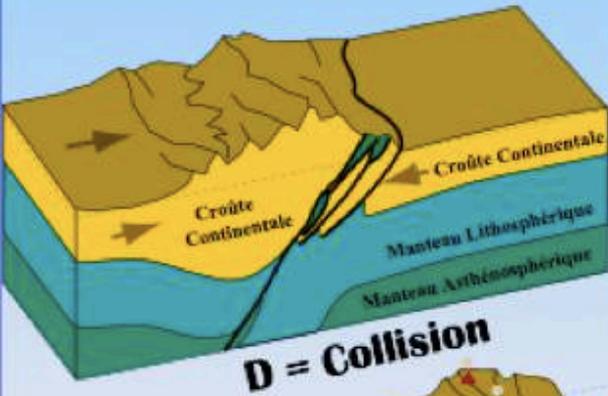
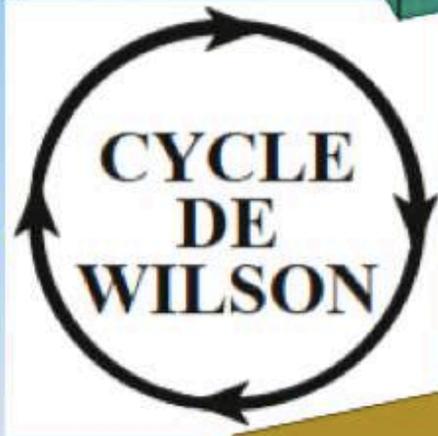
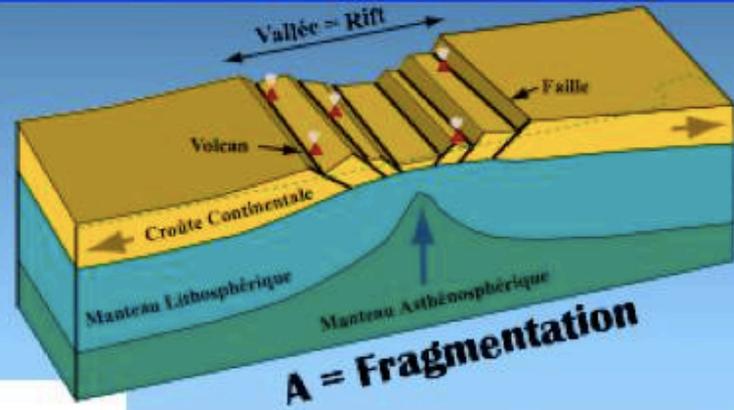
## Marge passive « fossile » : la marge alpine



300-295  
Ma



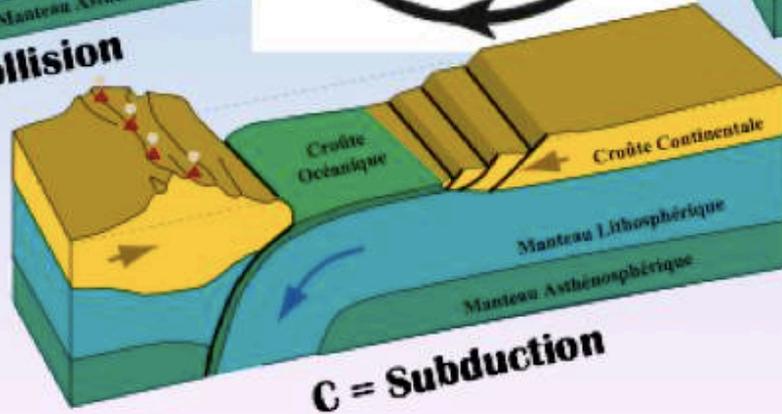
280 -  
250 Ma



D = Collision

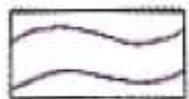
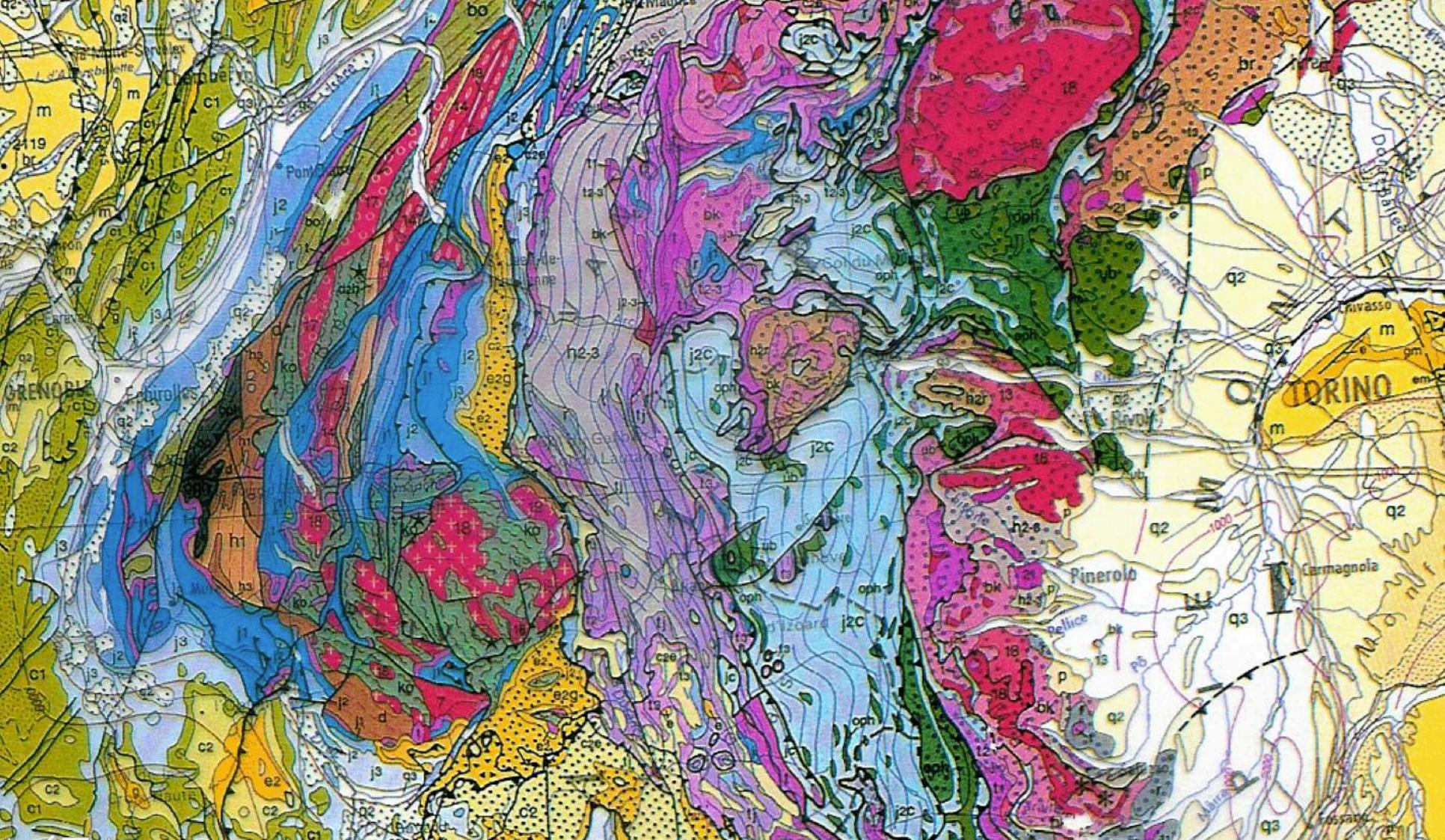
B = Océanisation

175- 135 Ma

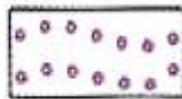


C = Subduction

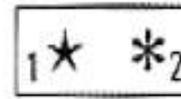
*4- Pouvons-nous identifier un processus de subduction?*



Faciès schiste bleu  
de basse température



Faciès éclobite (et schiste  
bleu de haute température)



1 : Relique éo-varisque  
éclogitique  
2 : Relique éo-alpine  
à coésite

# Les Méta-GABBROS dans les Schistes Lustrés (QUEYRAS)



Méta-gabbro à  
glaucophane

– faciès Schiste bleu – Méta-sédiment riche en Glaucophane et mica blanc sur le terrain



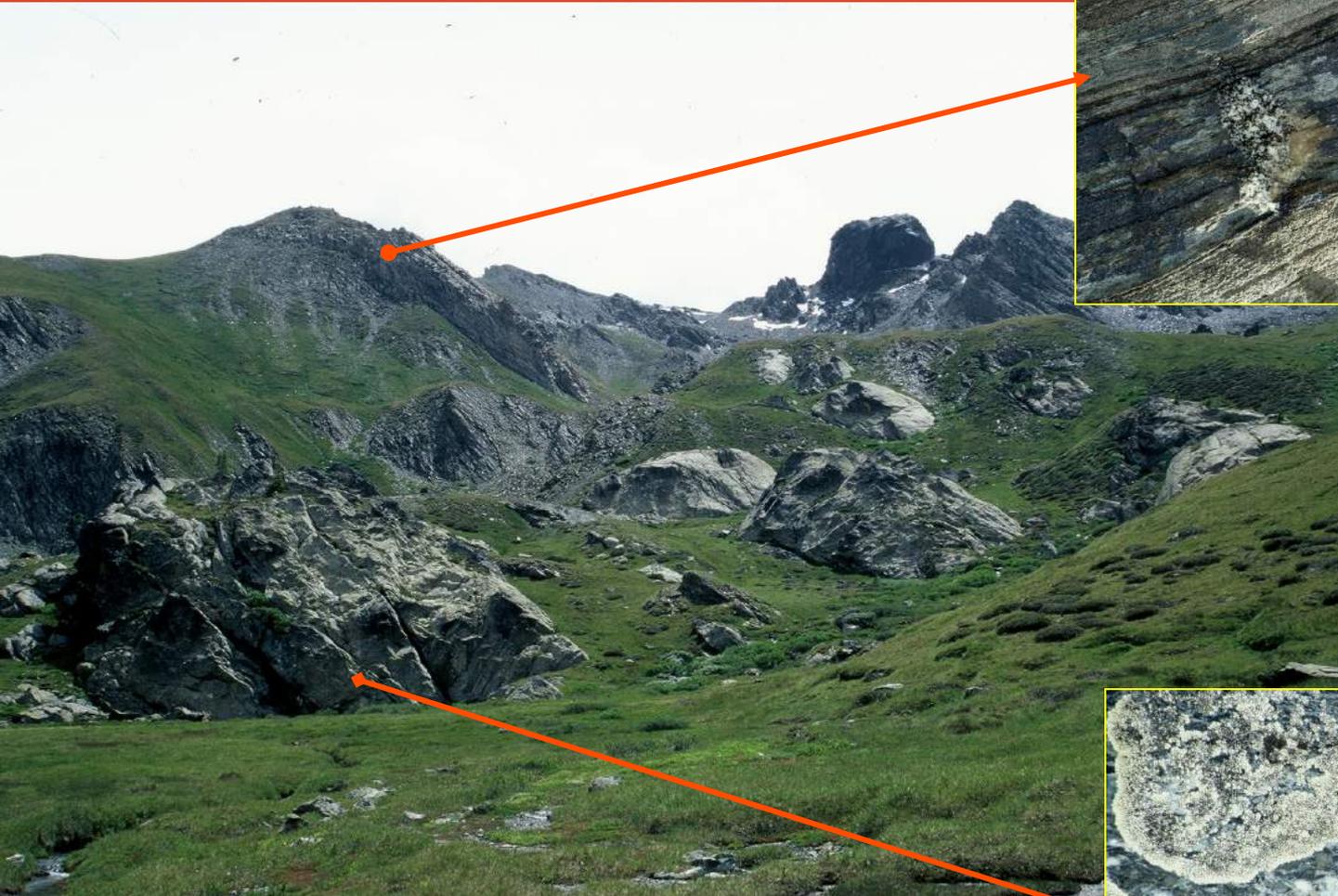
*Phengite*

*Glaucophane*

# Queyras



Fragments de croûte océanique emballés dans  
d'importants volumes de méta-sédiments  
( Schistes Lustrés )



**Métabasalte – Faciès Eclogite – Eclogite – Vallée d’Aoste, Alpes, Italie.**

*Grenat (rouge)*

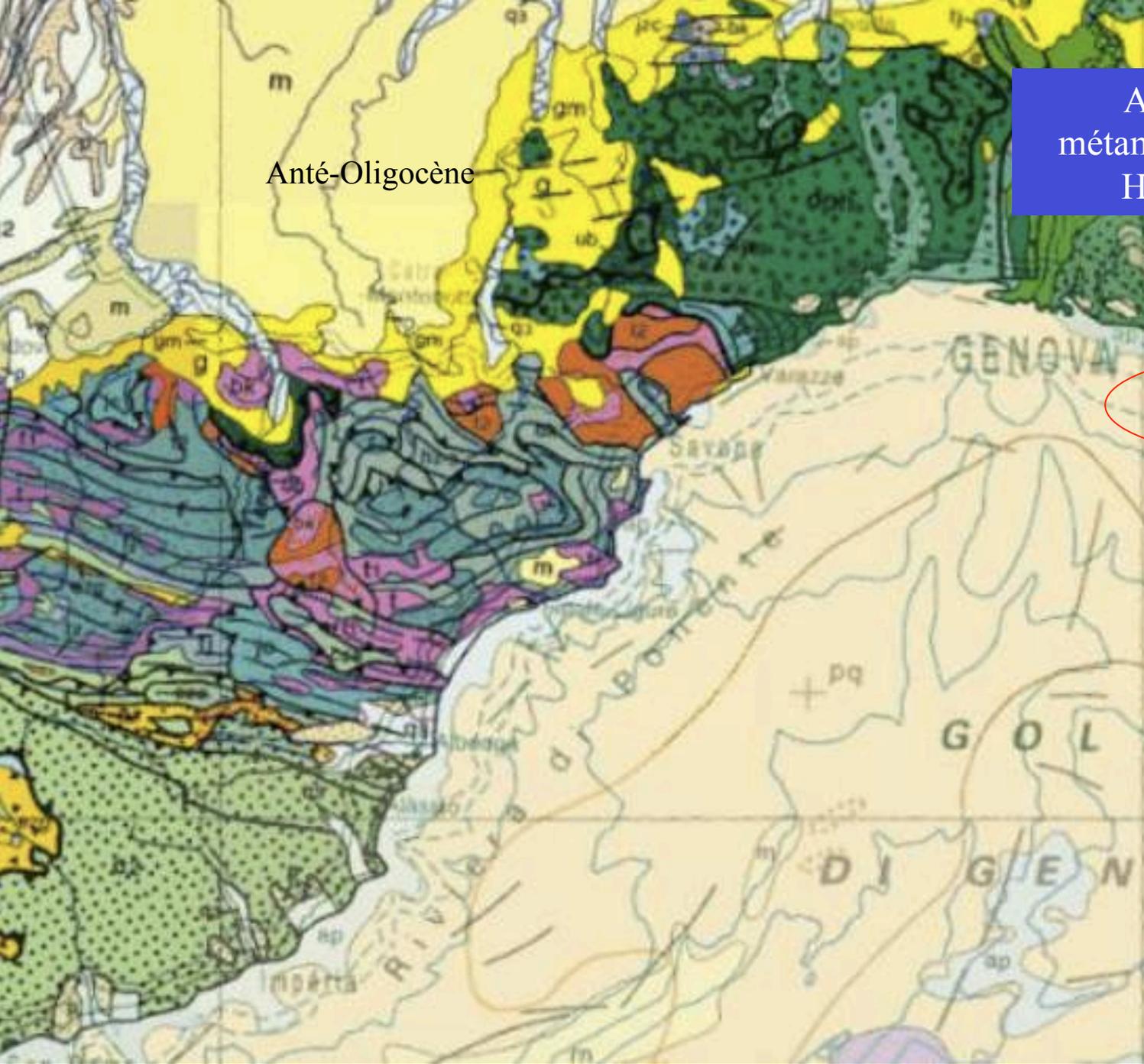


*Omphacite (vert)*



*Glaucophane (bleu)*





Anté-Oligocène

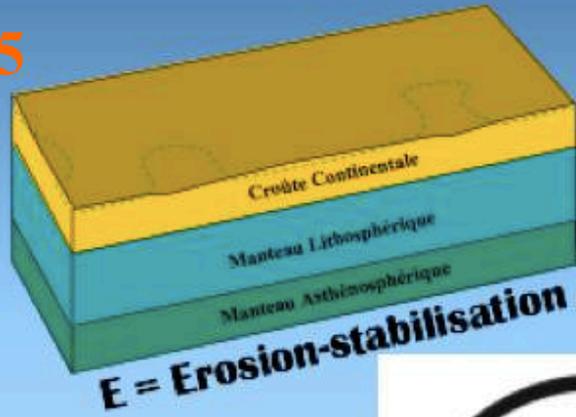
Age du métamorphisme HP/BT?

Post- Crétacé Inf

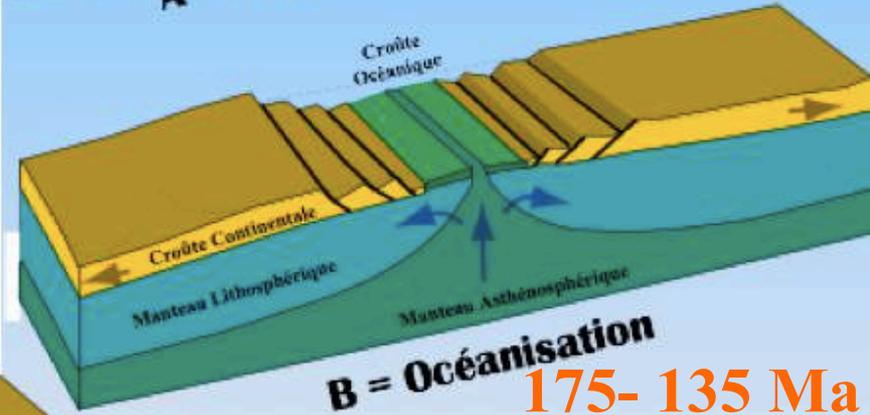
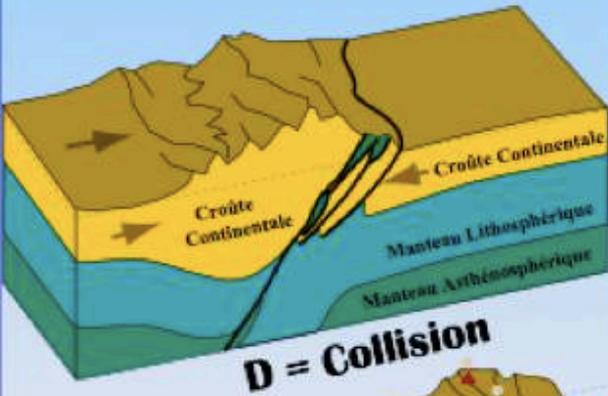
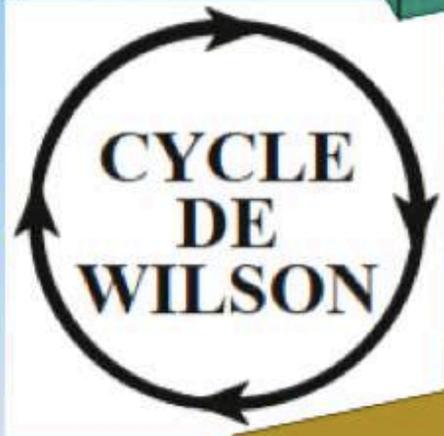
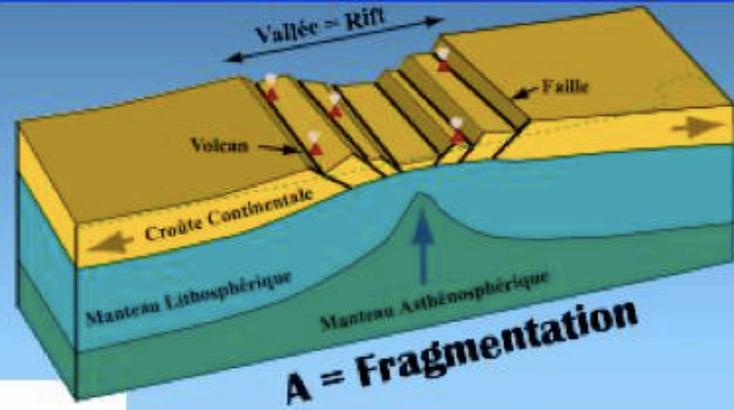
*Crétacé Sup à Eocène*

Post- Jurassique Sup

300-295  
Ma

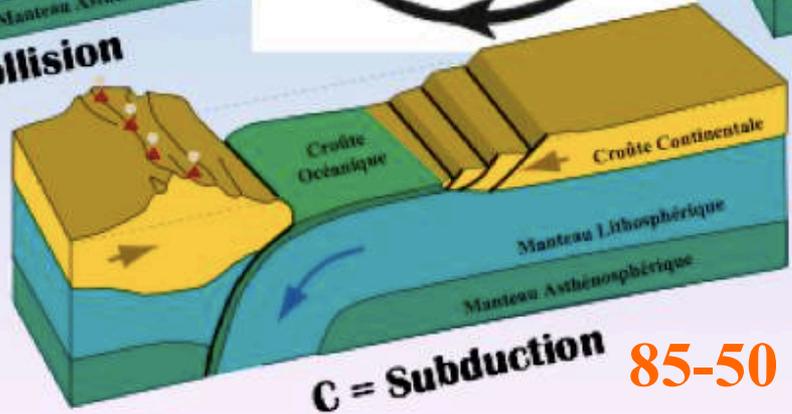


280 -  
250 Ma



D = Collision

B = Océanisation  
175- 135 Ma

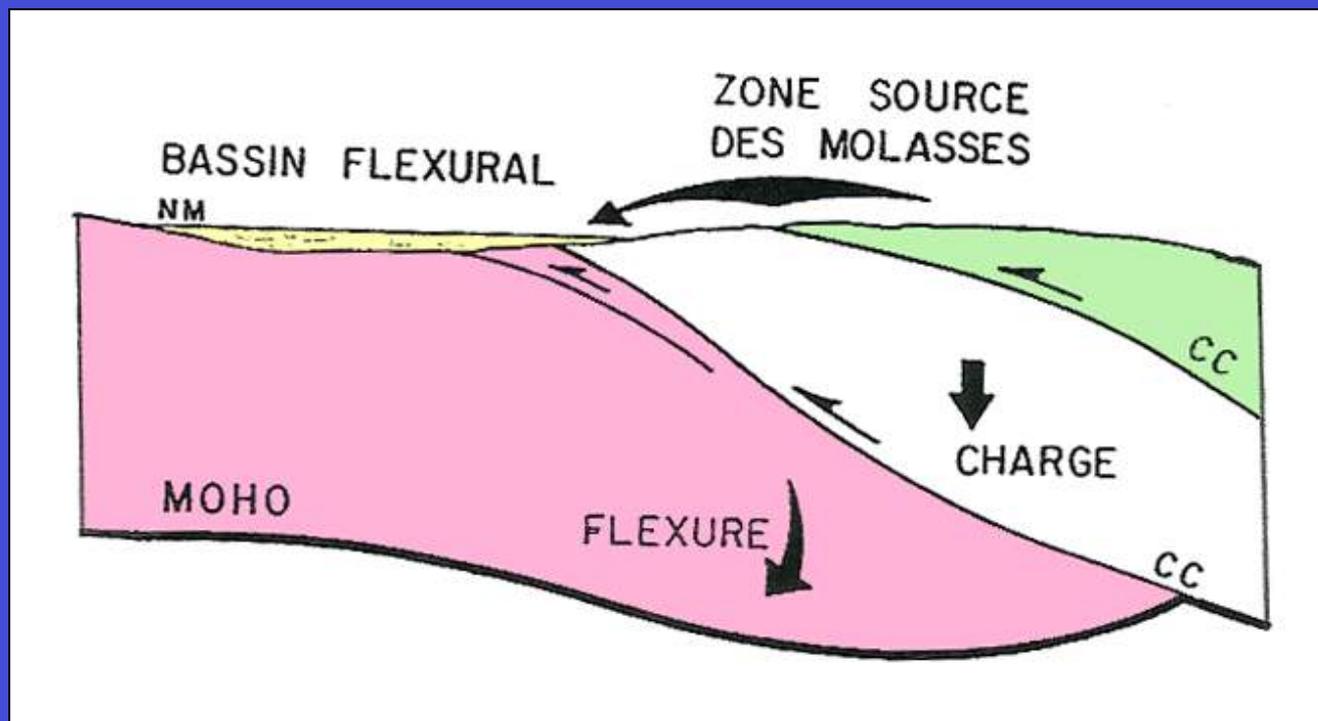
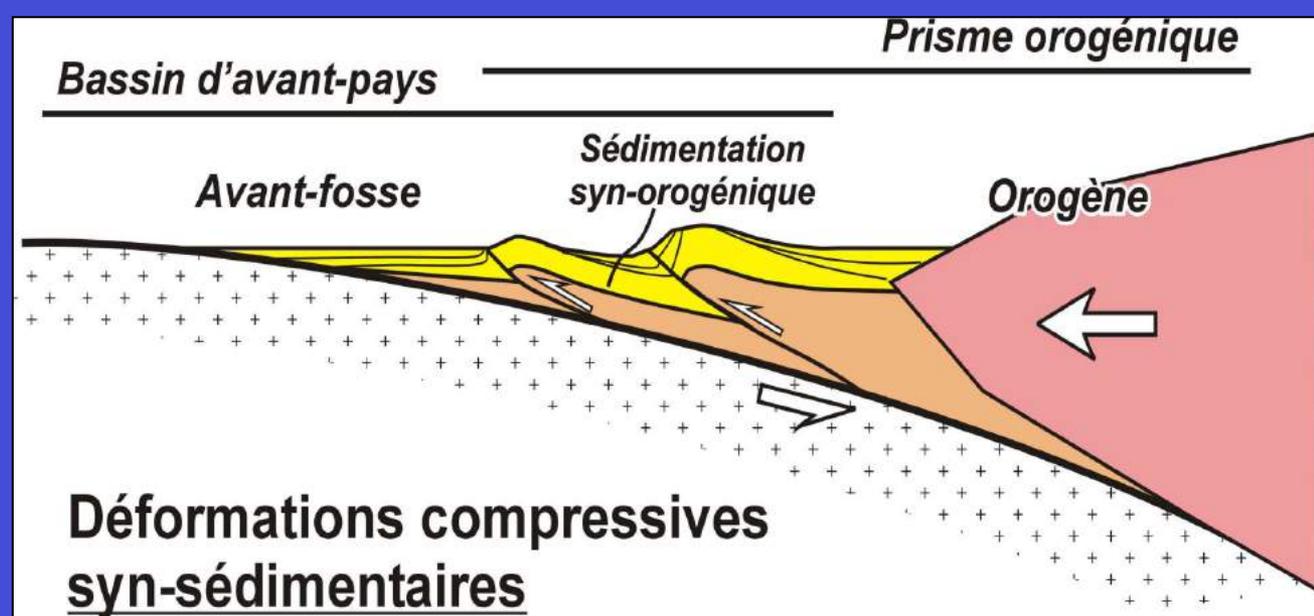


C = Subduction  
85-50 Ma

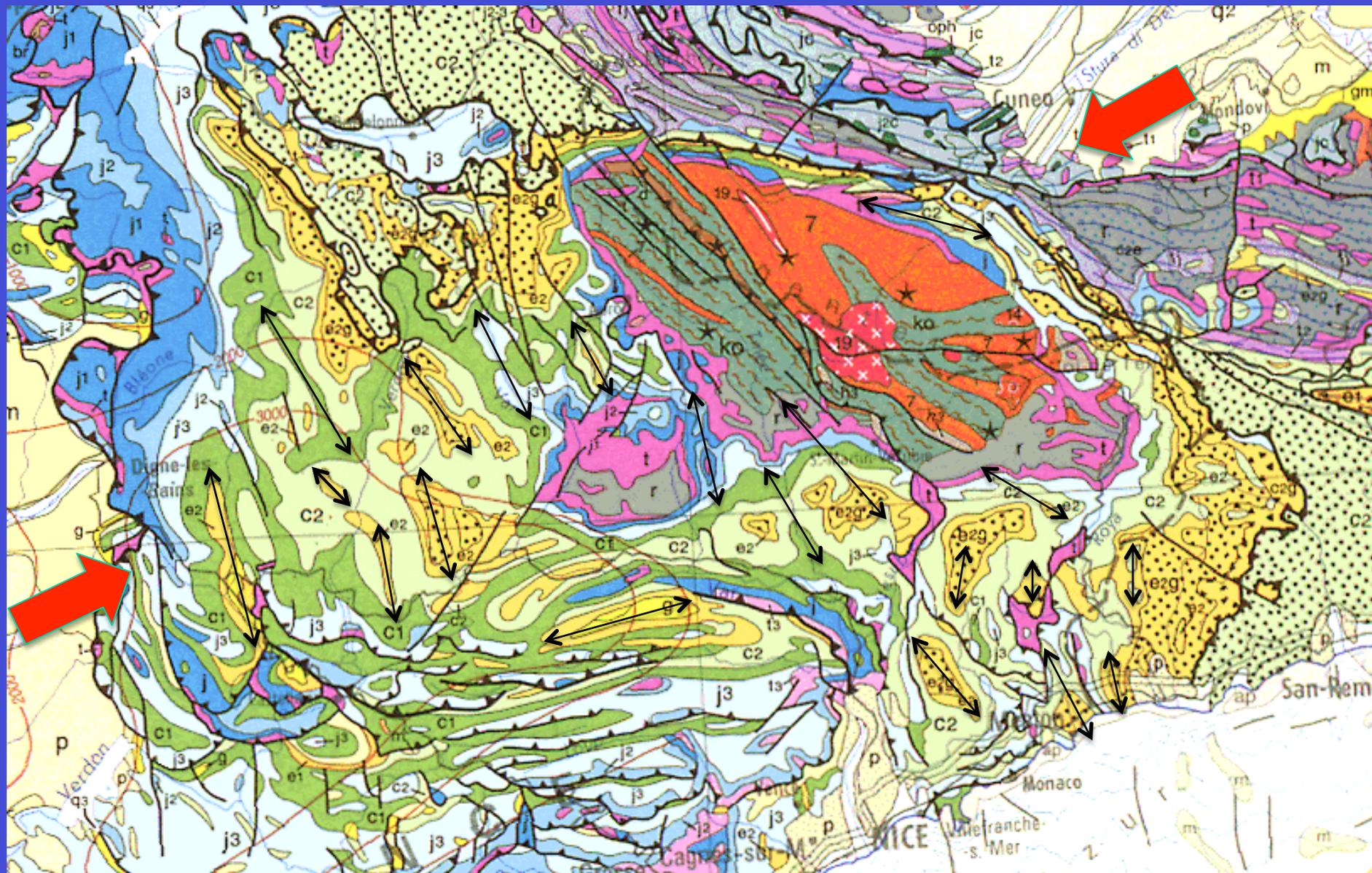
*5- Pouvons-nous identifier un processus de collision continentale?*

Chevauchements et plis associés ?

Bassins flexuraux?



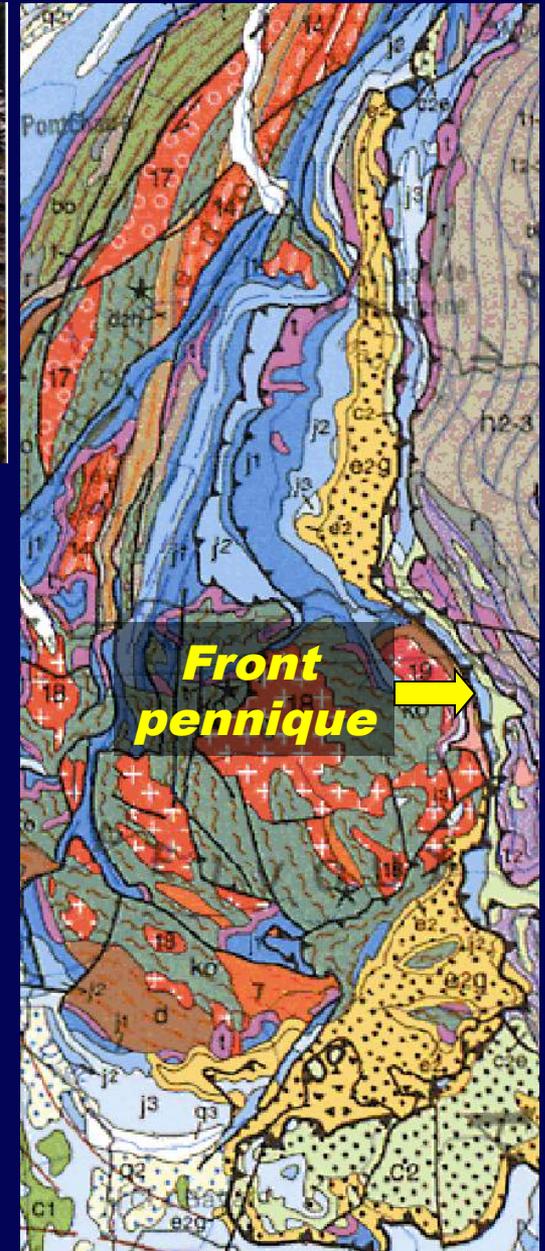
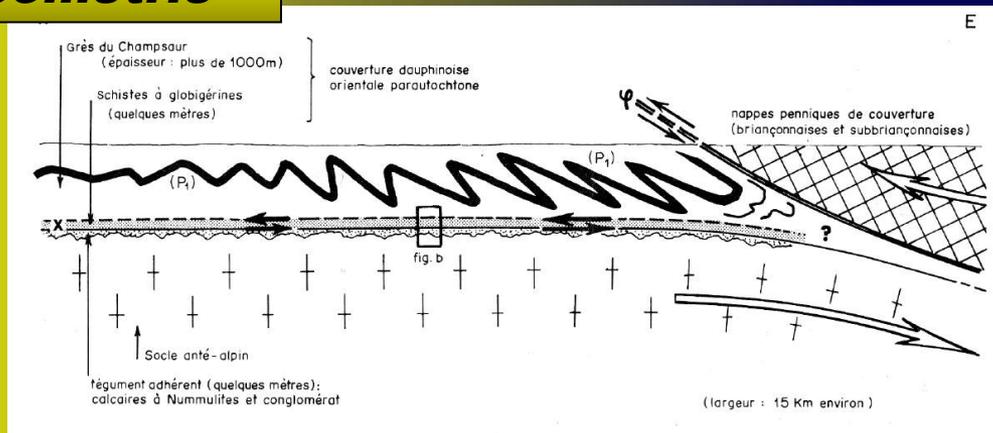
# Collision Alpine: Plis et chevauchements sur la carte géologique de France au Million



# 1-Observations de terrain



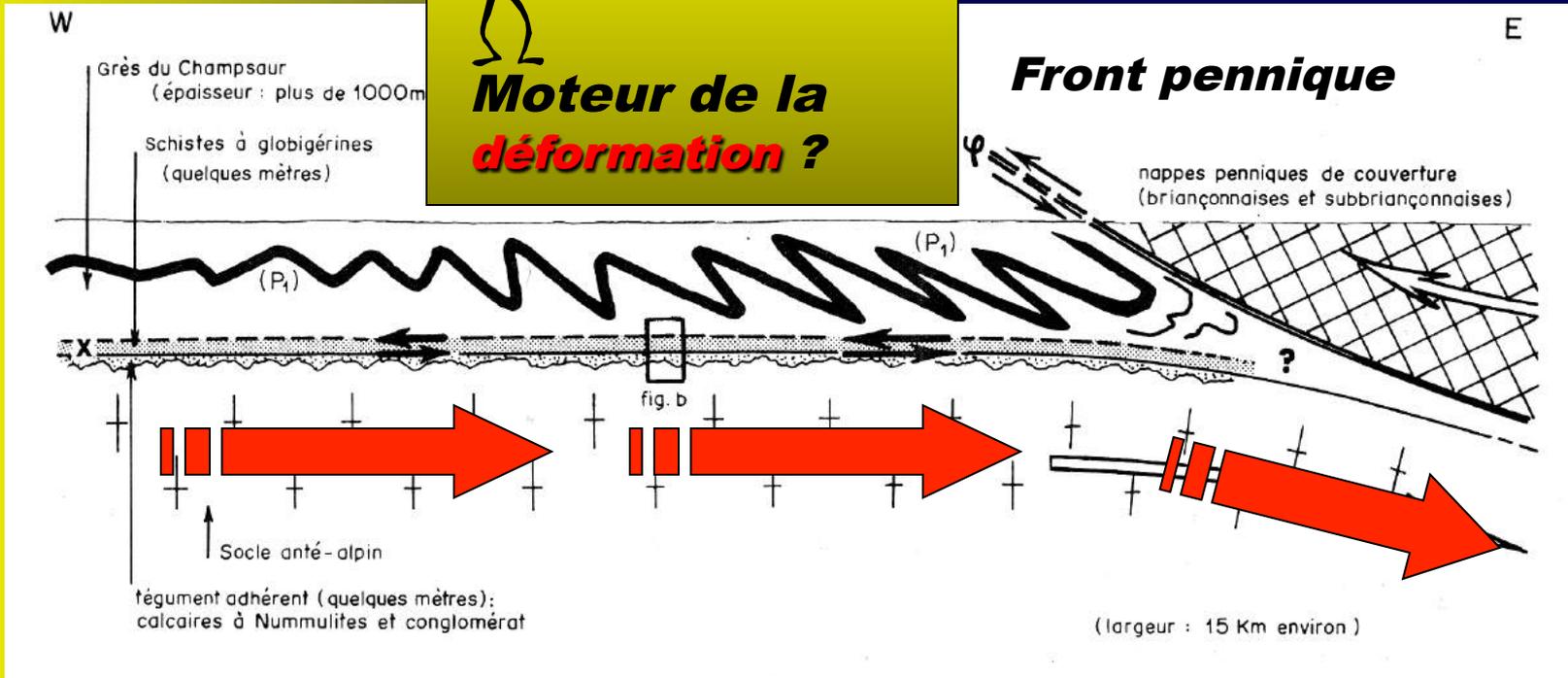
# 2-Géométrie



### 3 -Dynamique

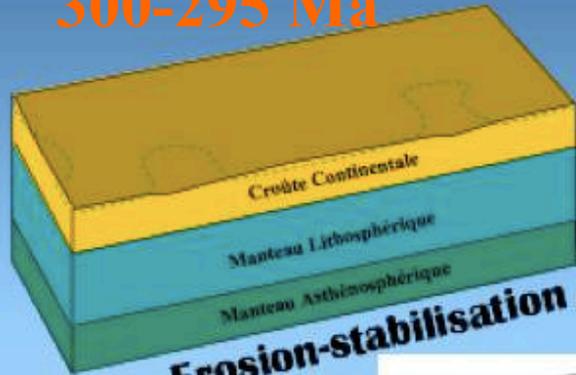


**Moteur de la  
déformation ?**

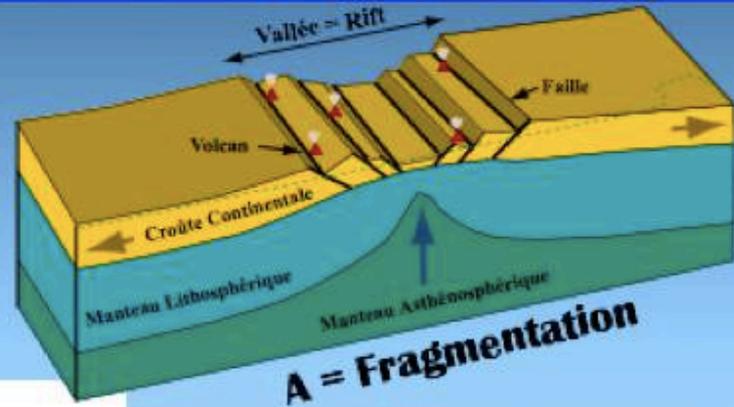


**Sous-charriage de la croûte Européenne**

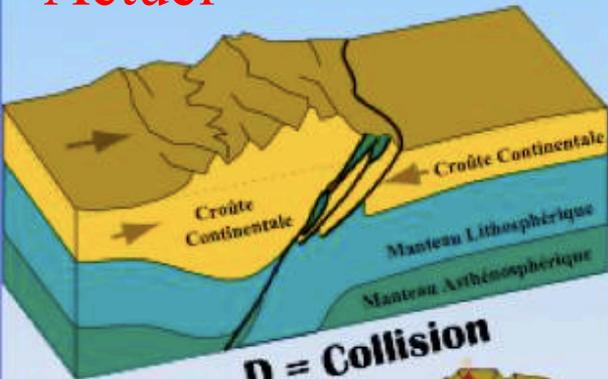
300-295 Ma



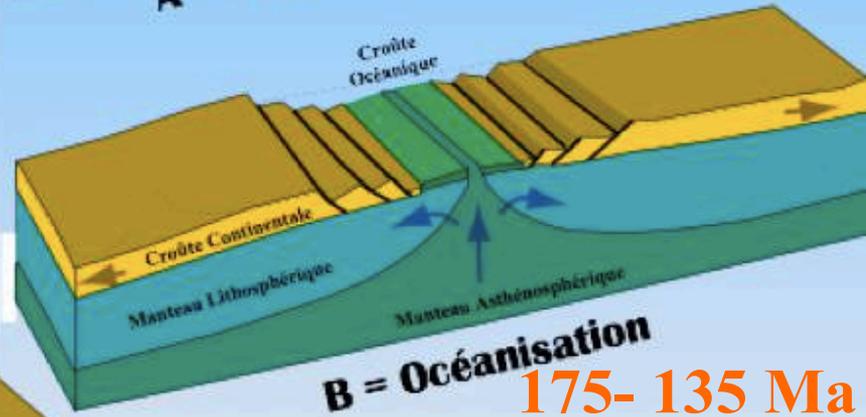
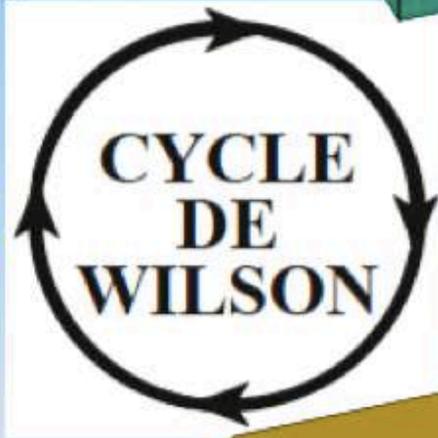
280 - 250 Ma



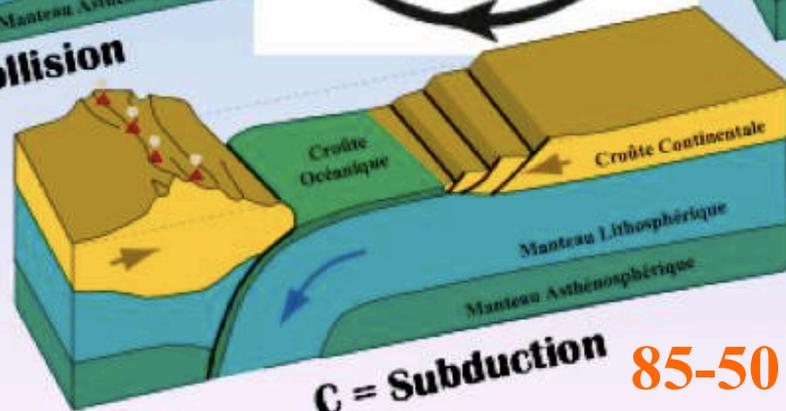
Actuel



38 Ma



175- 135 Ma

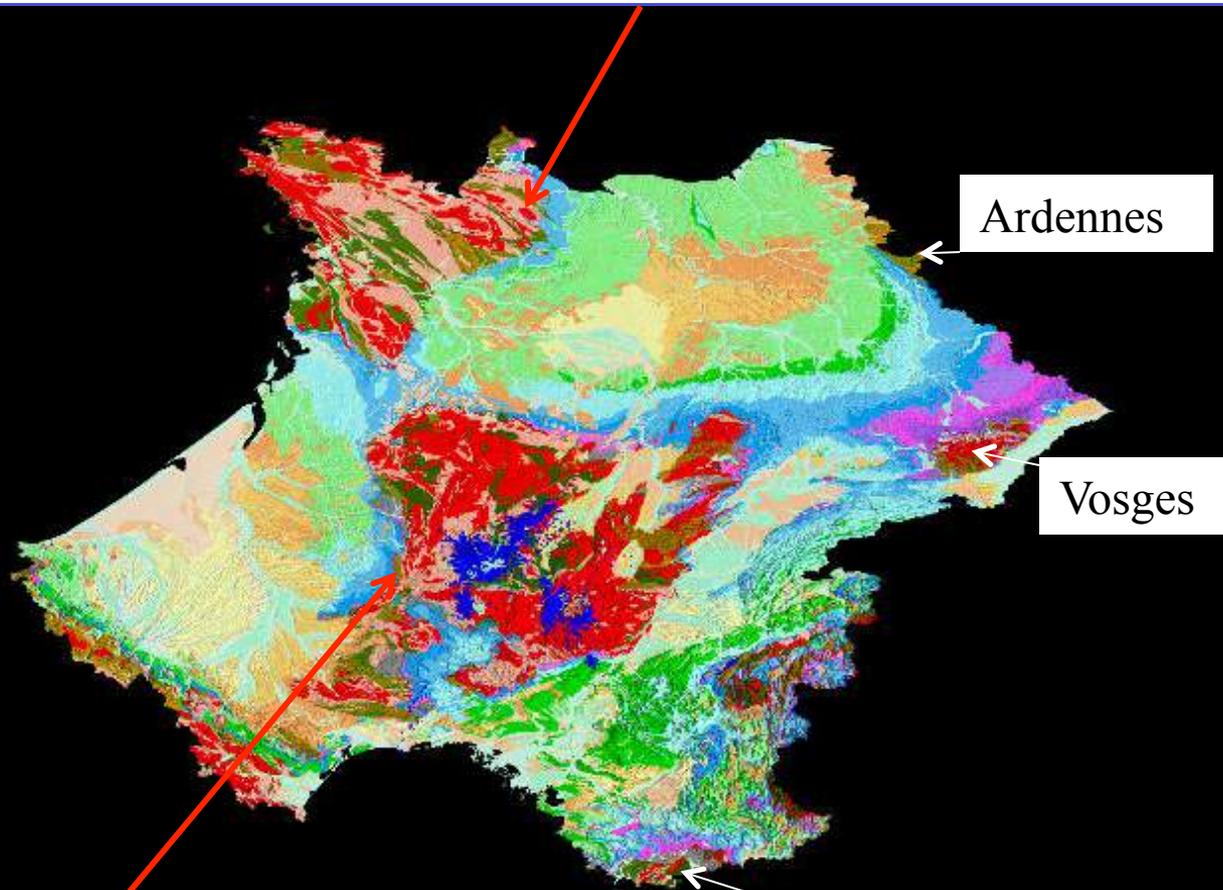


85-50 Ma

# Discordance du Jurassique et du Crétacé sur le Massif Armoricain

Sur la carte géologique de France au 1/1000 000

on observe les terrains paléozoïques sous la discordance des terrains mésozoïques à cénozoïques.



Ardennes

Vosges

Maures/Tanneron

Discordance du Jurassique sur le Massif Central

Corse occidentale

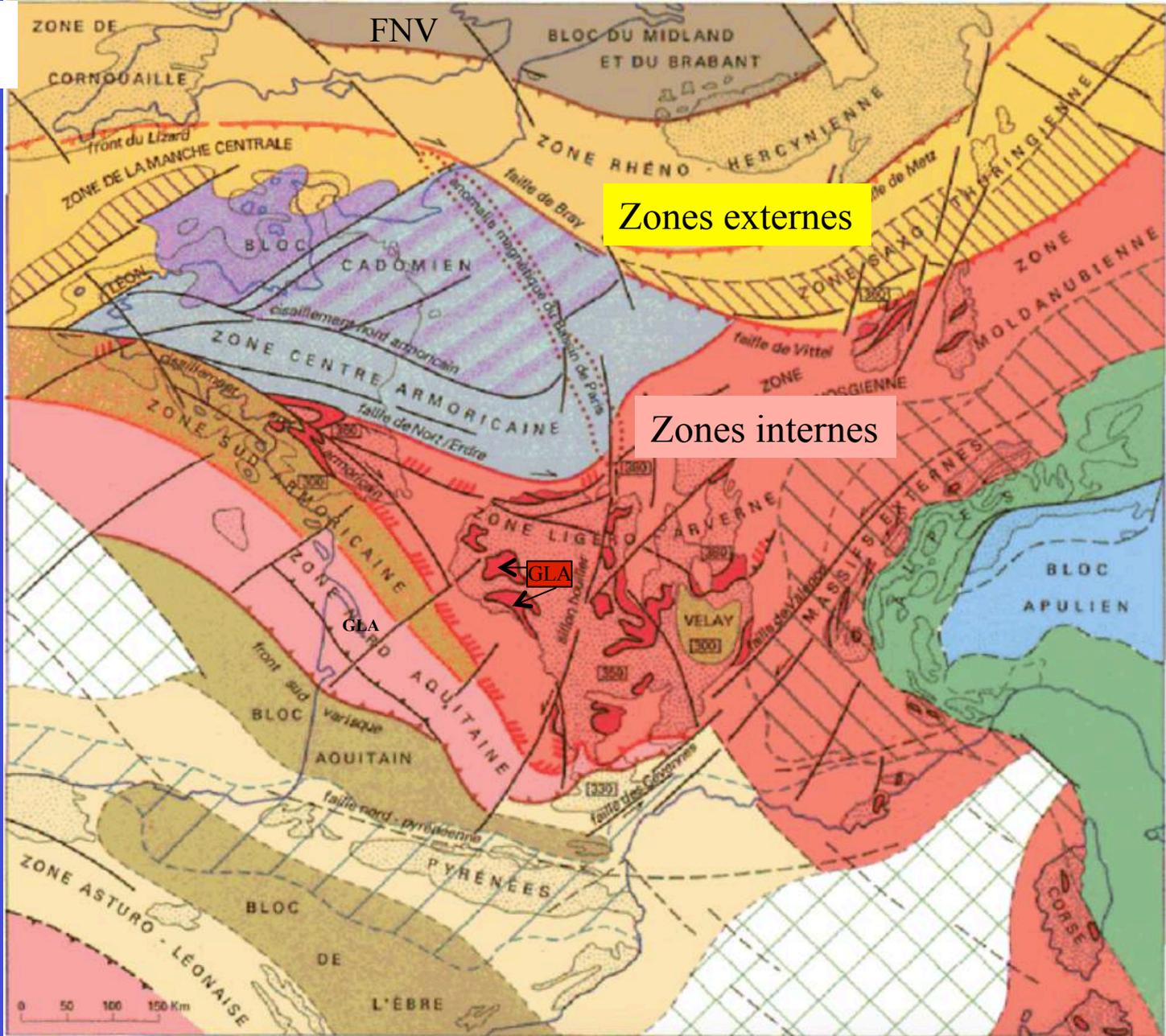
# Cycle Varisque

Bloc Cadomien  
(670-540 Ma)

*Croûte continentale  
stable à 540 Ma*

Une limite Nord très  
bien identifiée:  
Front Nord Varisque  
(FNV)

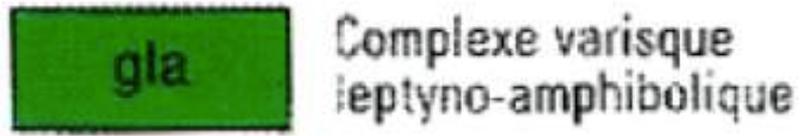
Une limite Sud en  
partie détruite par les  
chaînes Alpines et les  
ouvertures océaniques

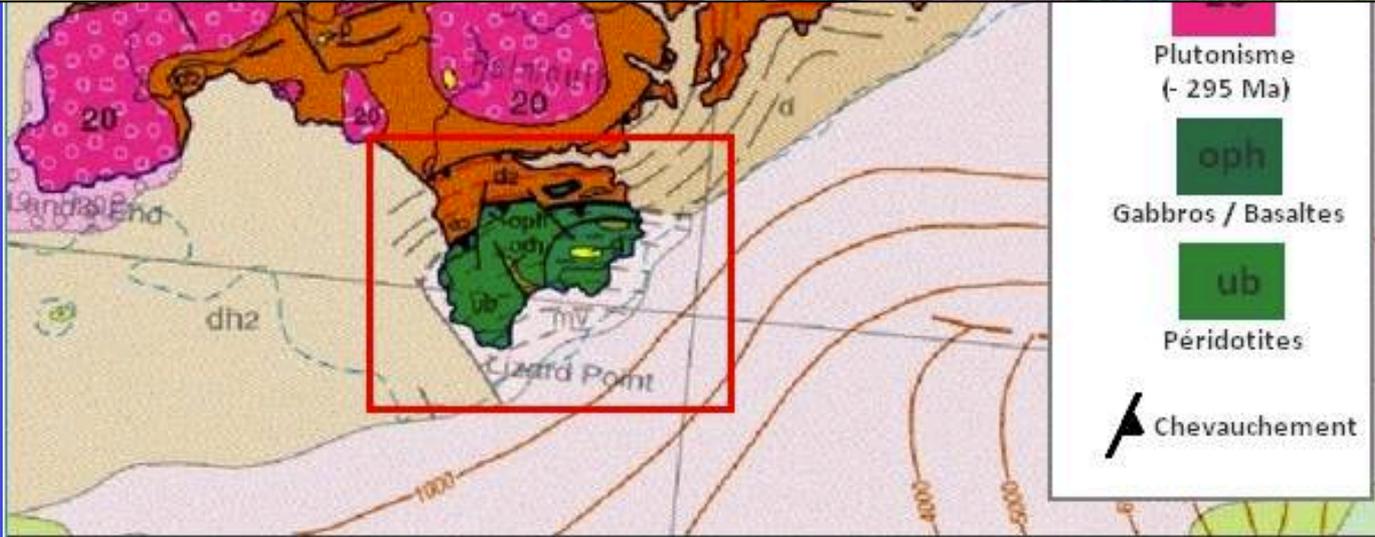


GLA: Groupe Leptyno-Amphibolique

Velay: Plus grand dôme de migmatites d'Europe (300 Ma)

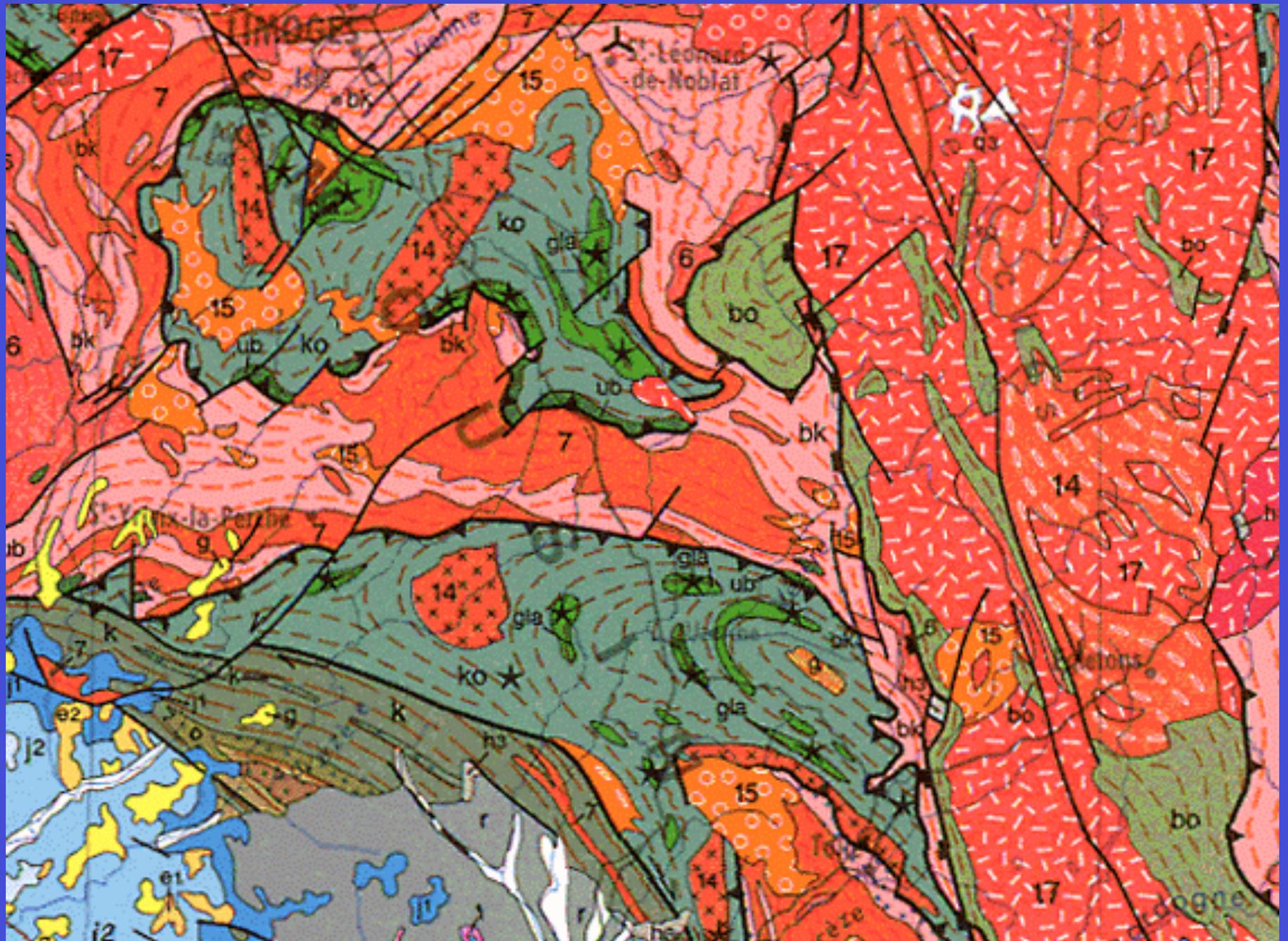
*Pouvons-nous identifier une croûte océanique (post-Cadomien) et des sédiments associés?*





Localisation du complexe ophiolitique du Cap Lizard

# W du MCF (Limousin): GLA avec méta-sédiments d'âge Cambro-Ordovicien



# GLA ????



Amphibolites: Méta-basaltes et/ou méta-gabbros

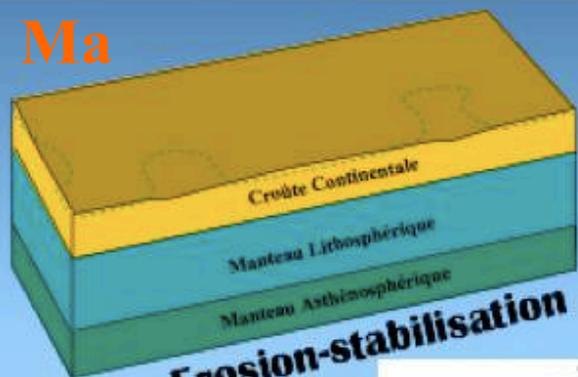
Leptynites: Méta-rhyolites



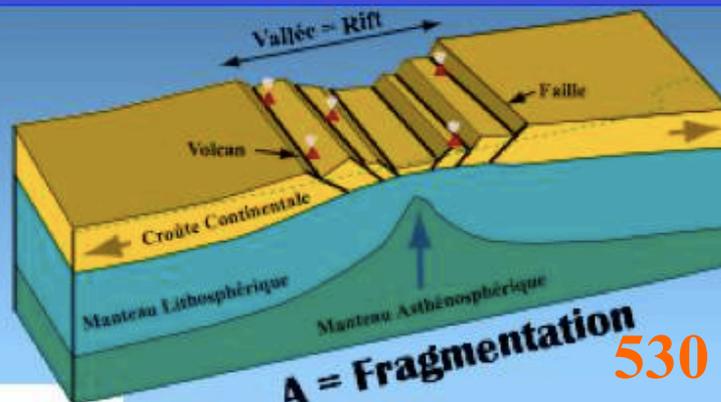
Volcanisme bimodal typique des rifts continentaux et des Transitions Continent/Océan (TOC)

Age? Cambro-Ordovicien

540 Ma

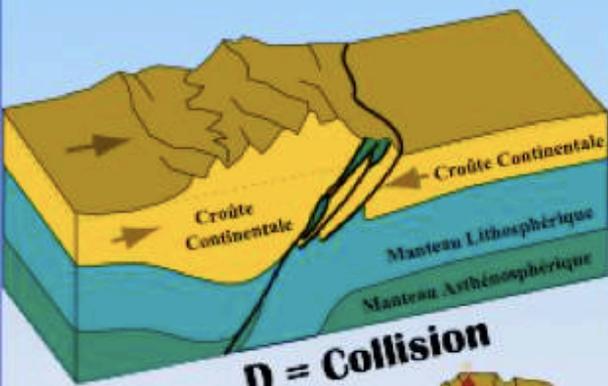


**E = Erosion-stabilisation**

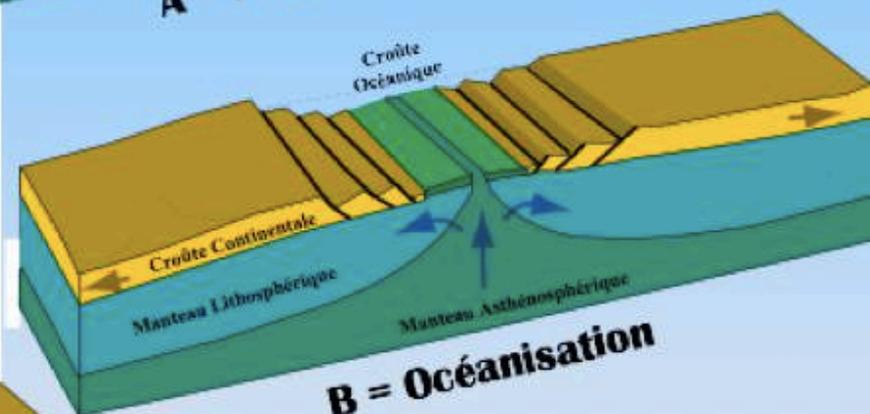
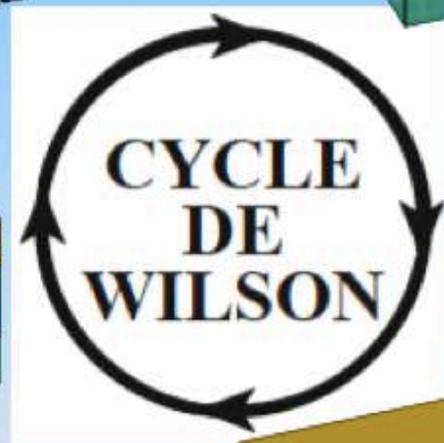


**A = Fragmentation**

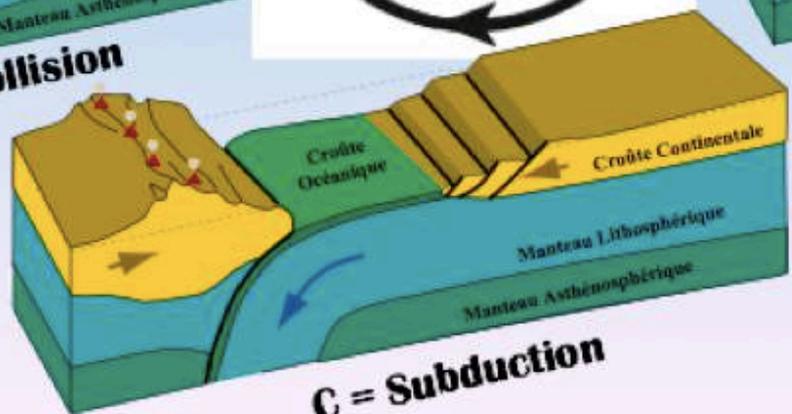
530 - 440 Ma



**D = Collision**



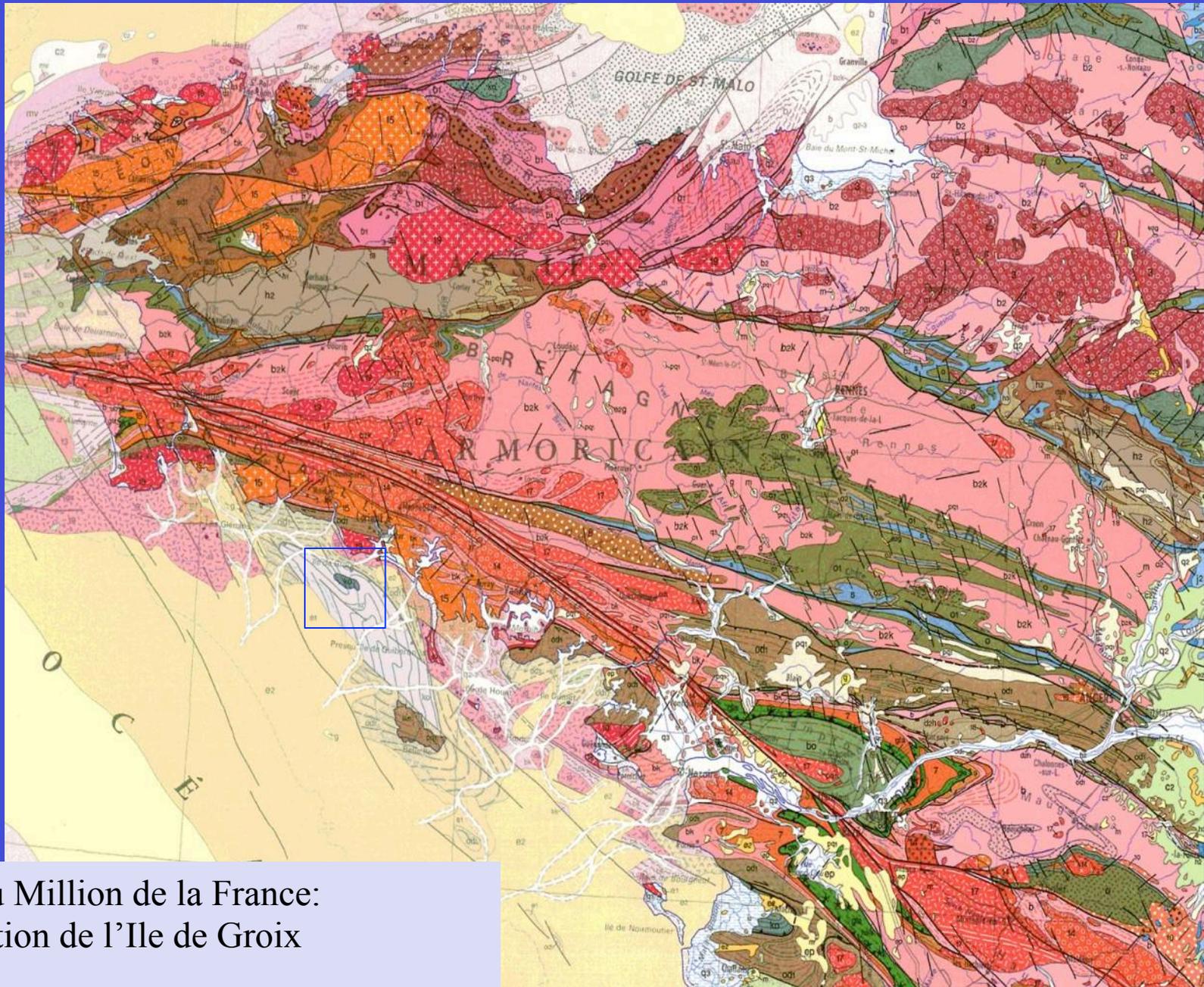
**B = Océanisation**



**C = Subduction**

*Pouvons-nous identifier un processus de subduction post-Cambro-Ordovicien?*

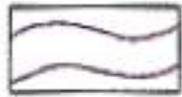
# La zone Sud Armoricaine



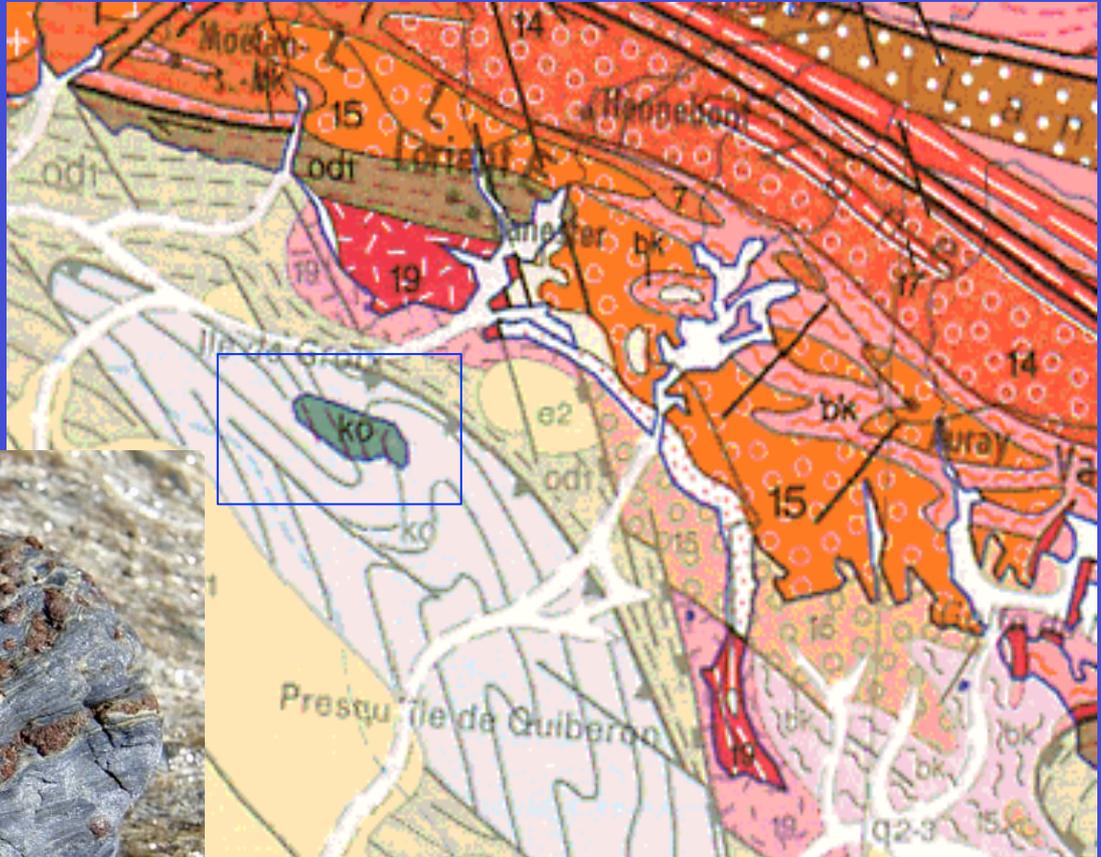
Carte au Million de la France:  
localisation de l'Ile de Groix

# Ile de Groix : Les schistes bleus

Âge : / cadomien / méso-varisque / néo-varisque / éo-alpin / alpin  
/ permo-triasique sud-alpin / mésocrétacé pyrénéen / oligo-miocène lépontin



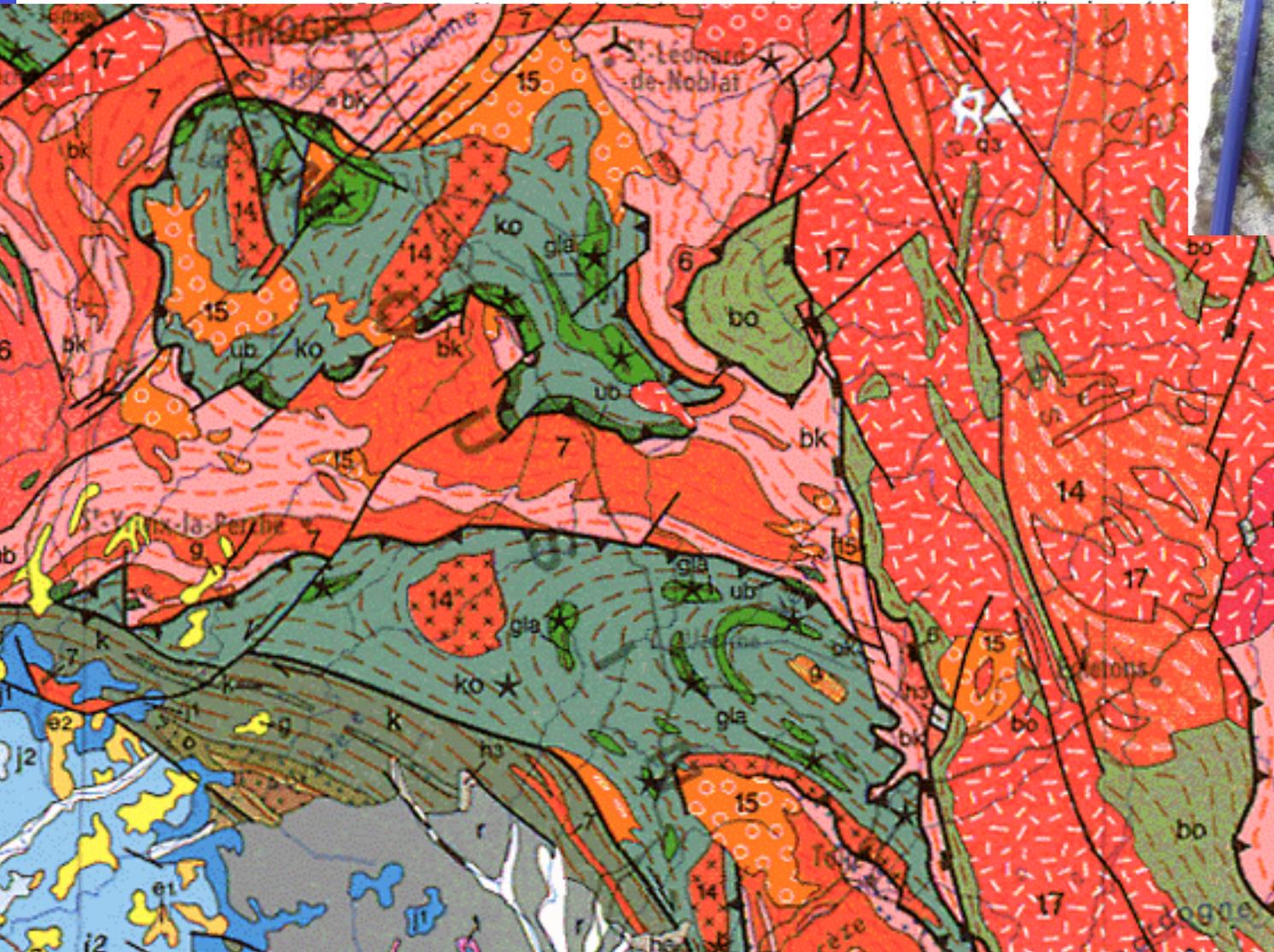
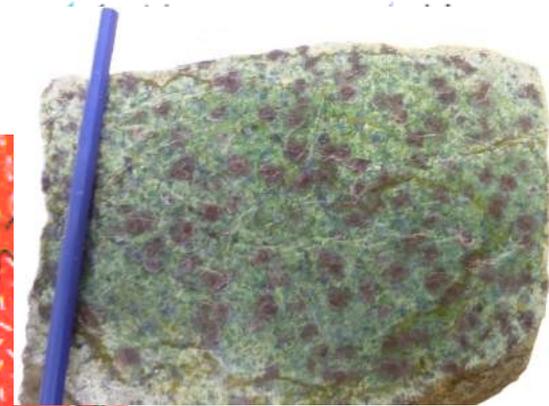
Faciès schiste bleu  
de basse température



# 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

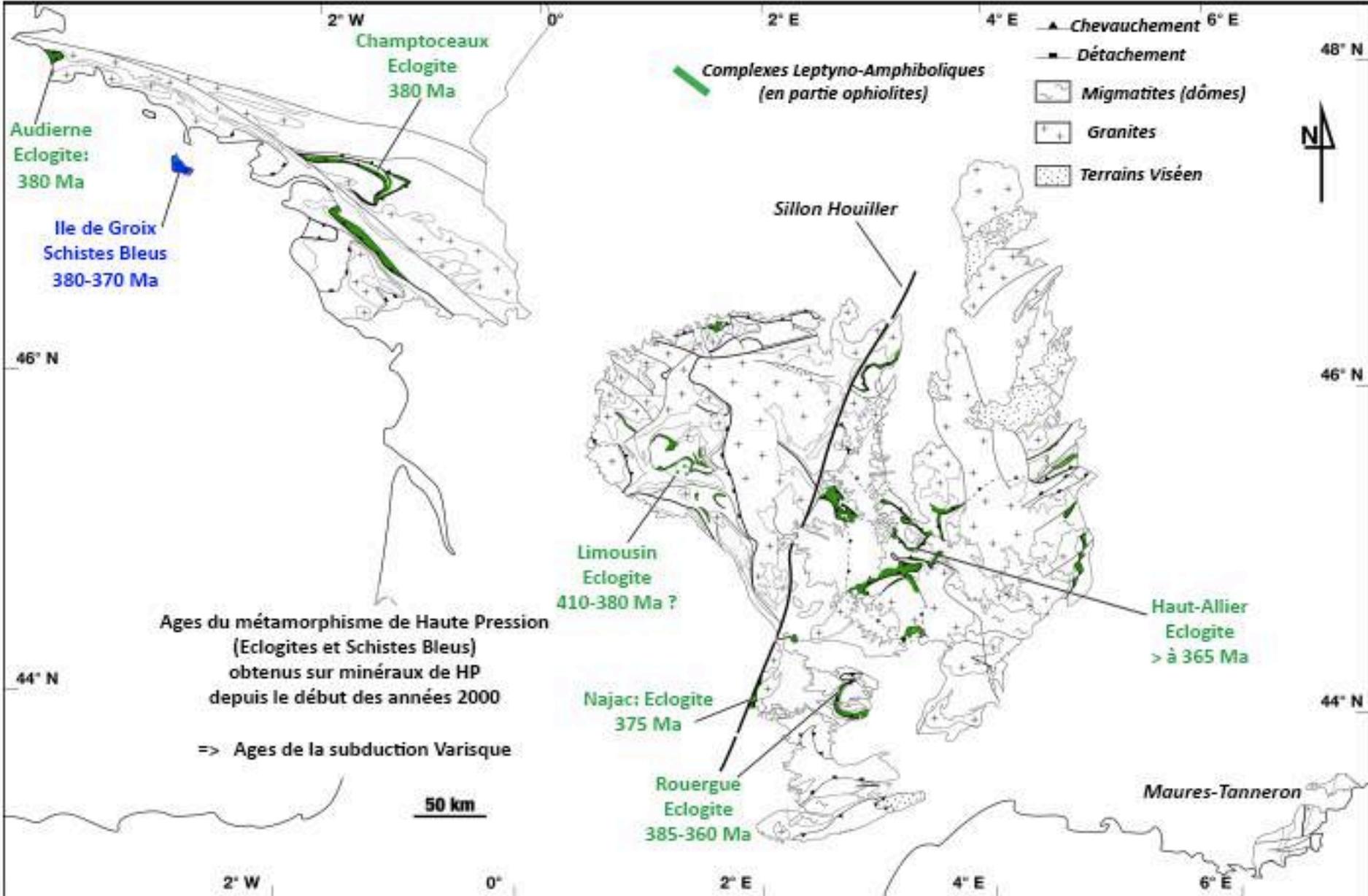
Âge :      / cadomien                      / méso-varisque                      / néo-varisque  
              / permo-triasique sud-alpin                      / mésocrétacé pyrénéen



1 ★ \* 2  
1 : Relique éo-varisque  
éclogitique  
2 : Relique éo-alpine  
à coésite

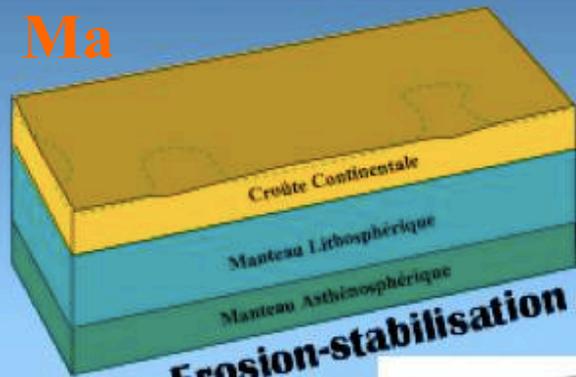
Les unités métamorphiques du Limousin (W du MCF)

*Eclogites « reliques » anté-foliation majeure et foliation recoupée par les granites (360-295 Ma)*

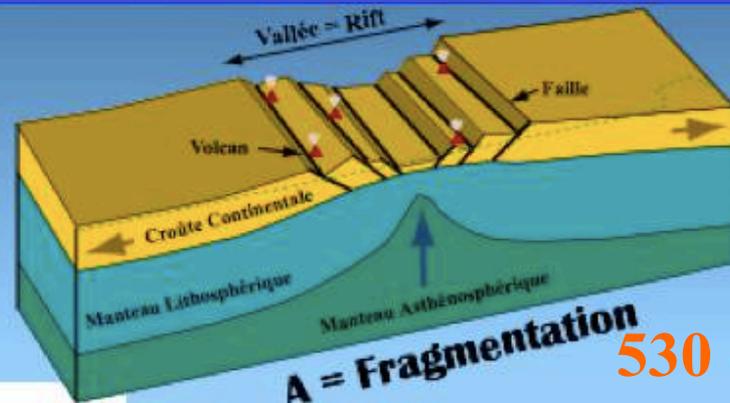


Métamorphisme de Haute Pression => date la subduction au Dévonien (Sud Armorique et Massif Central)

540 Ma

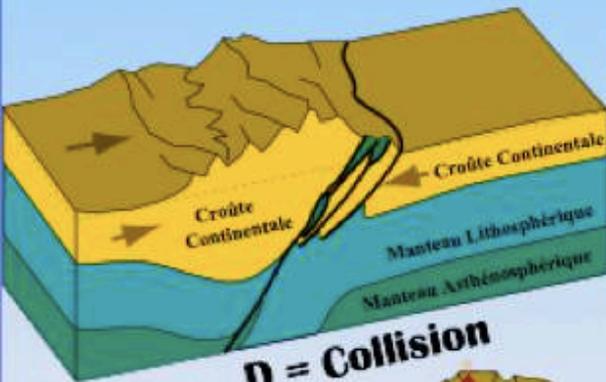


**E = Erosion-stabilisation**

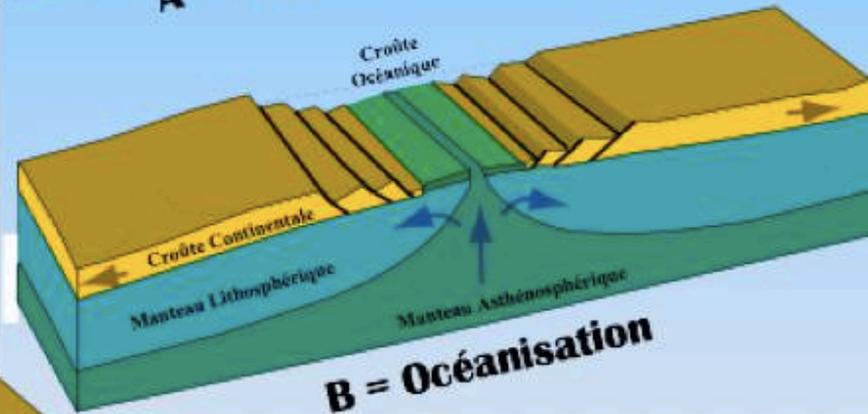
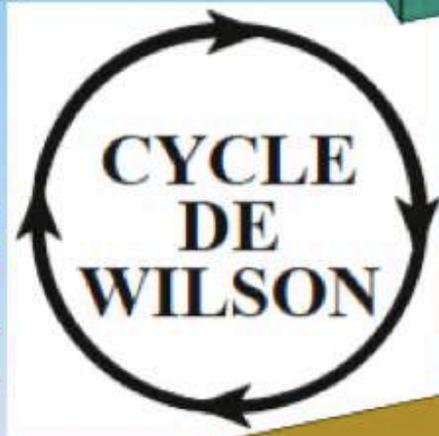


**A = Fragmentation**

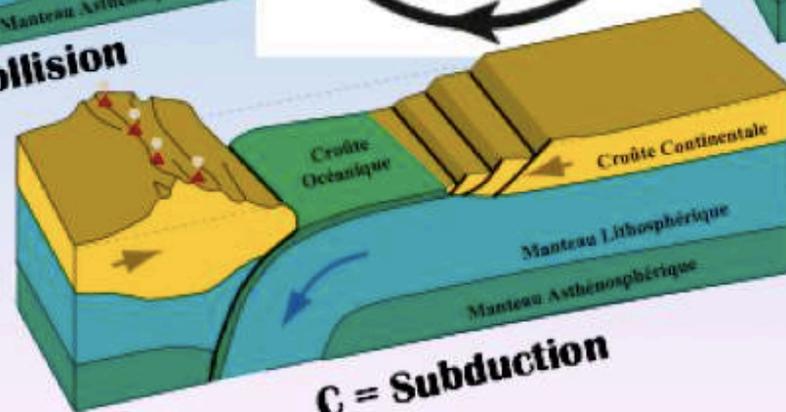
530 - 440 Ma



**D = Collision**



**B = Océanisation**



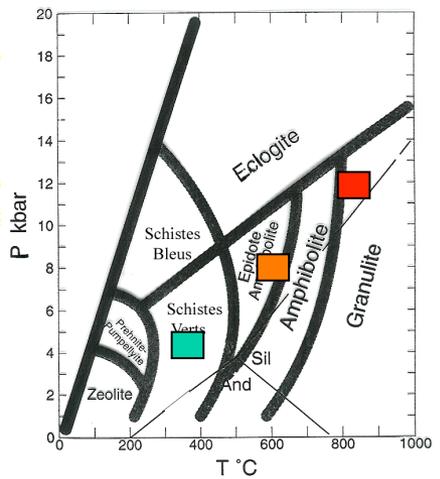
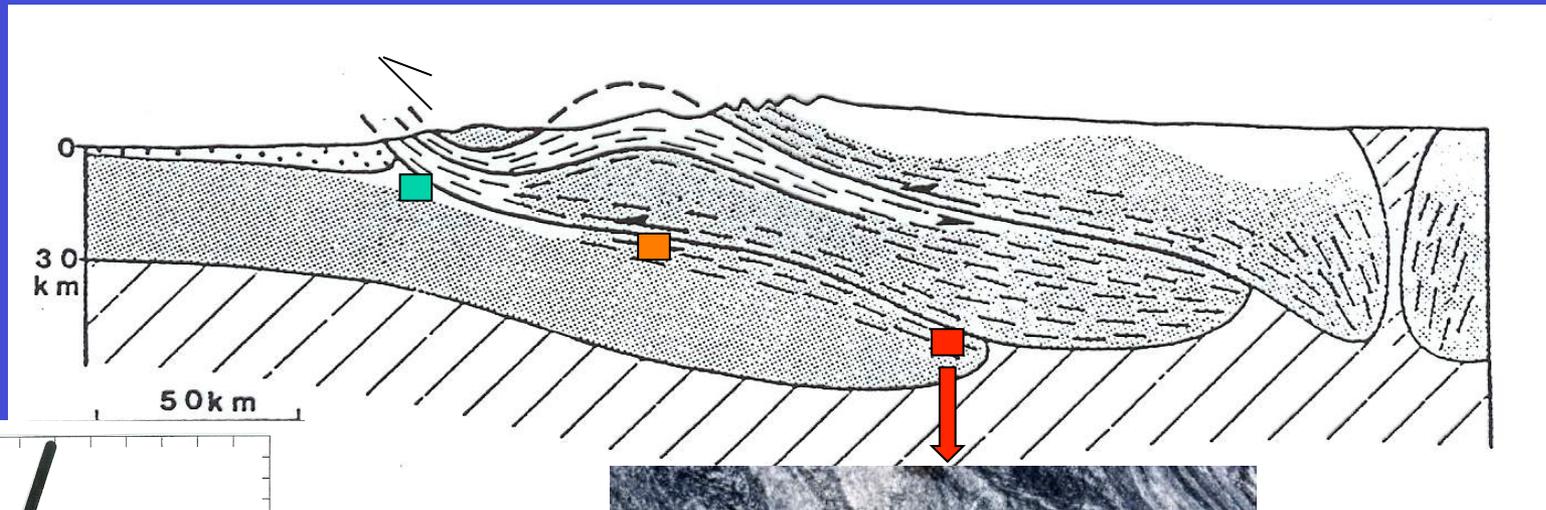
**C = Subduction**

395 -365 Ma

# *Pouvons-nous identifier un processus de collision continentale?*

Chevauchements, plis associés, bassins flexuraux ? (zones externes)

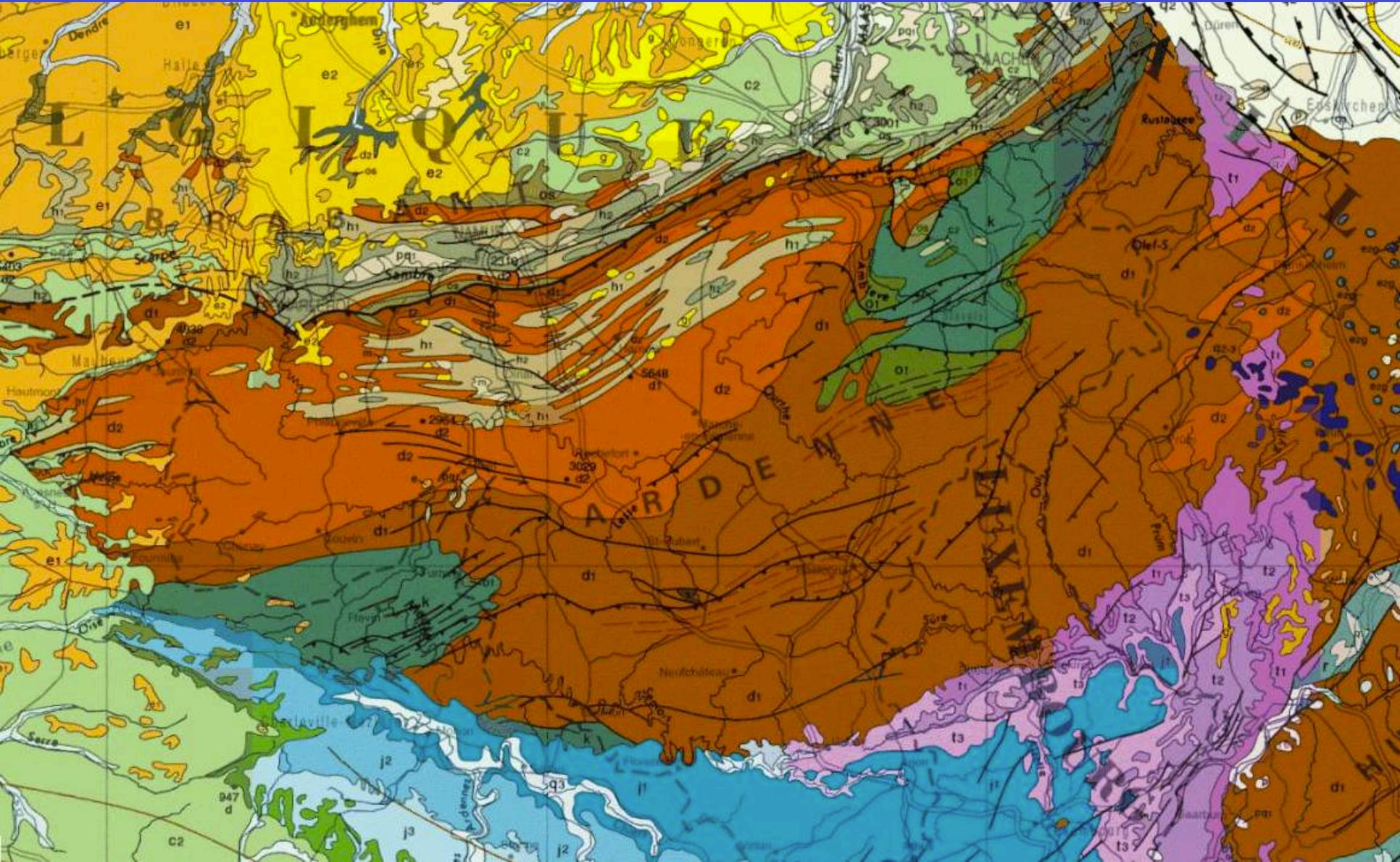
Migmatites , granites ? (zones internes, en profondeur)



*Fusion partielle à la racine orogénique  
=> granites de collision*

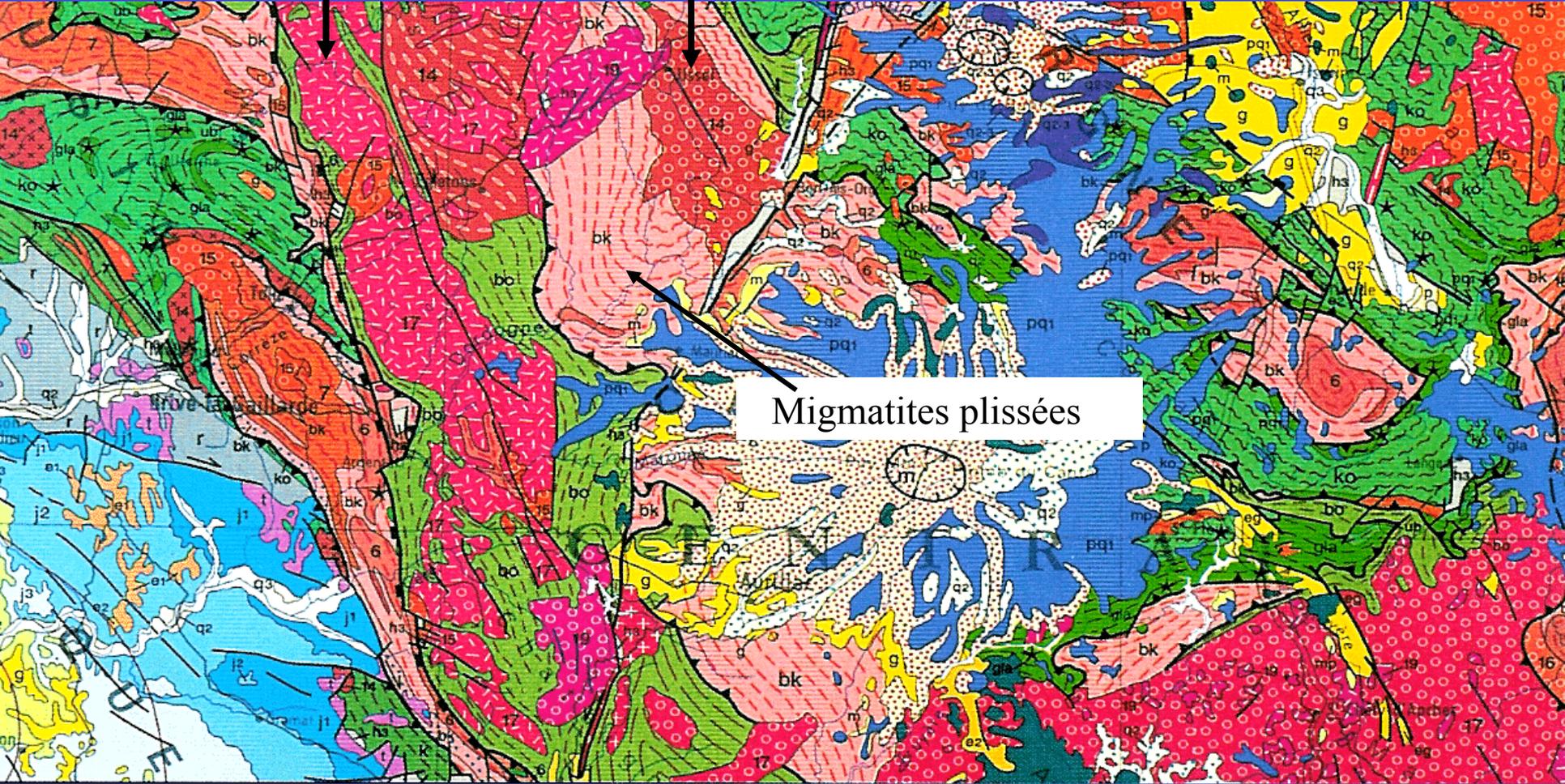
# Ardennes : Zone externe de la chaîne varisque

Plis, chevauchements, bassin flexural (Post-Dévonien et syn à post Carbonifère Sup.)



# Granites de collision ( 360 - 320 M.a.)

# Partie W du MCF



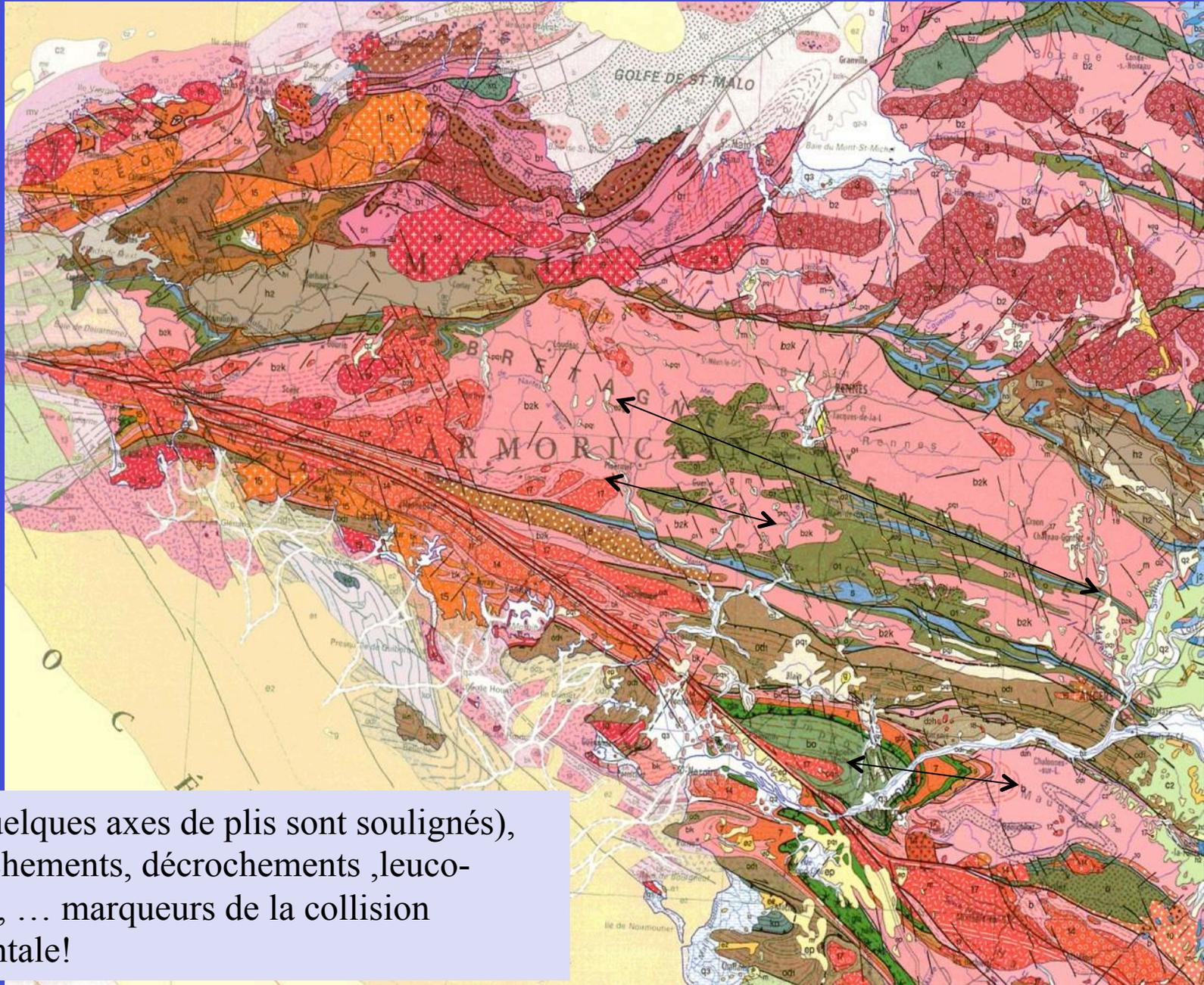
Migmatites plissées

## Granitoïdes des orogènes de collision

Granitoïdes peralumineux		Leucogranites	Granitoïdes calco-alcalins		subalcalins potassiques
		Granites et granodiorites			calco-alcalins stricto sensu

1 : Avec indication d'une foliation syn-à post-mise en place

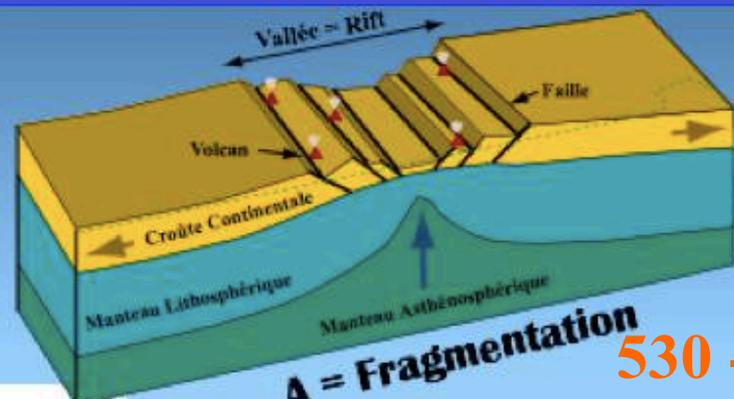
# La zone Sud Armoricaine



Plis (quelques axes de plis sont soulignés), chevauchements, décrochements, leuco-granites, ... marqueurs de la collision continentale!



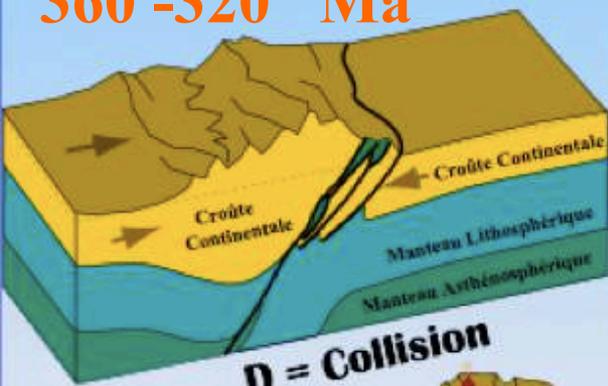
**E = Erosion-stabilisation**



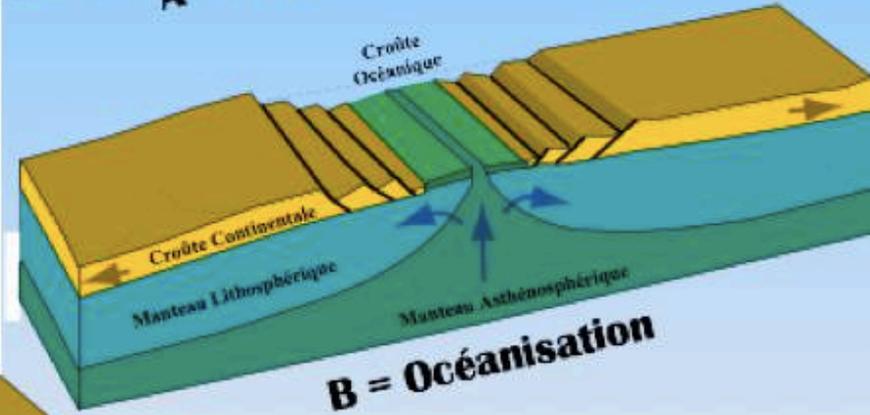
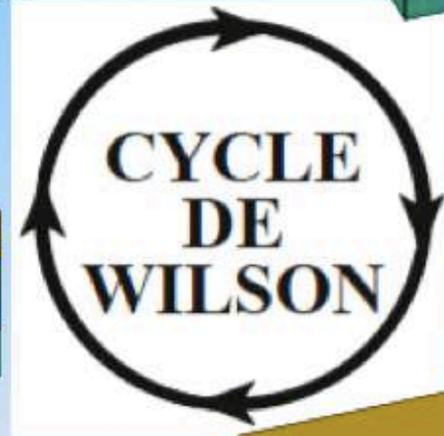
**A = Fragmentation**

530 - 440 Ma

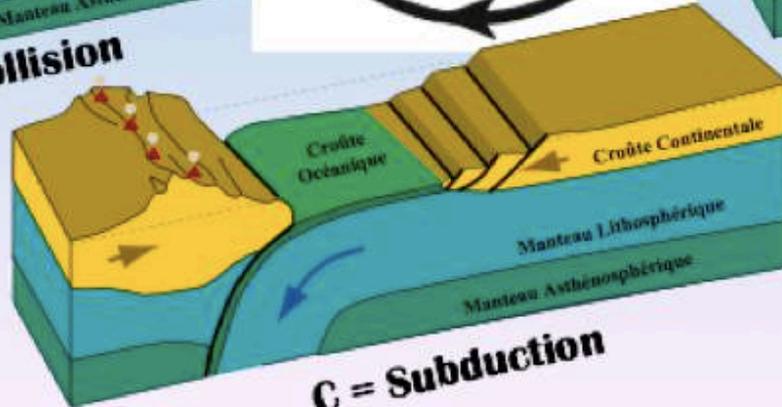
360 - 320 Ma



**D = Collision**



**B = Océanisation**



**C = Subduction**

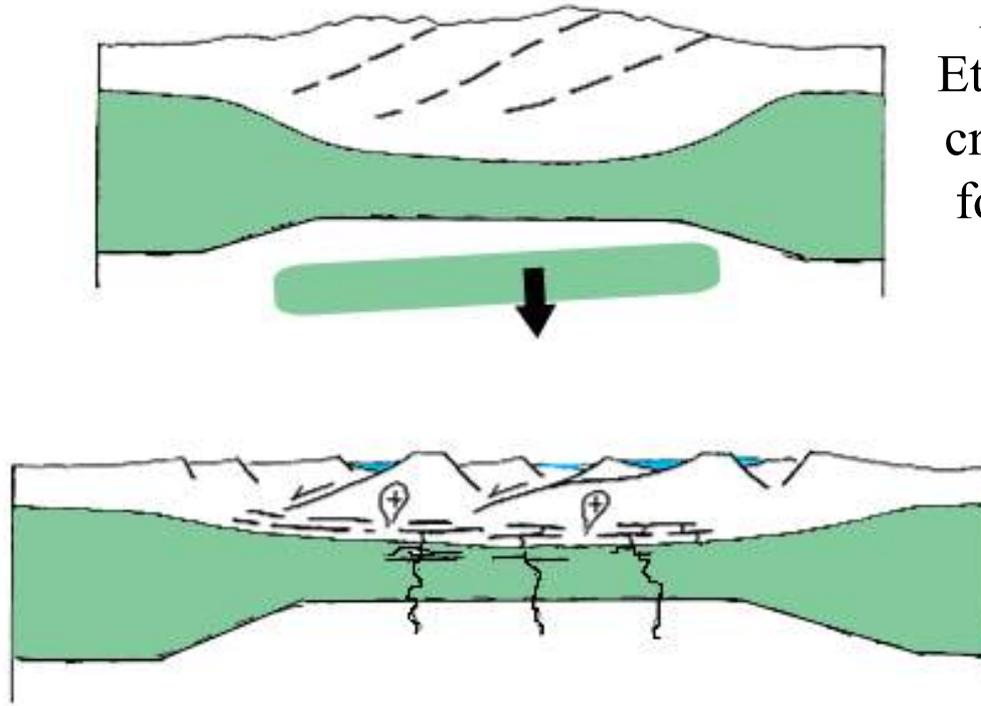
395 - 365 Ma



Erosion et extension  
Post-orogénique

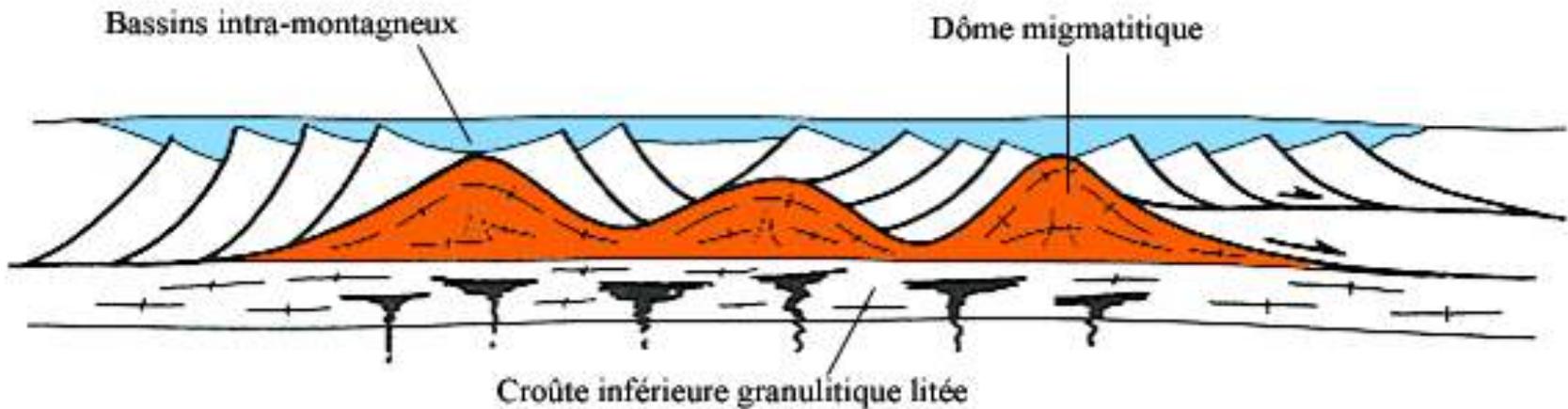


Désépaississement  
final de la chaîne de  
montagnes et retour à  
l'équilibre gravitaire.



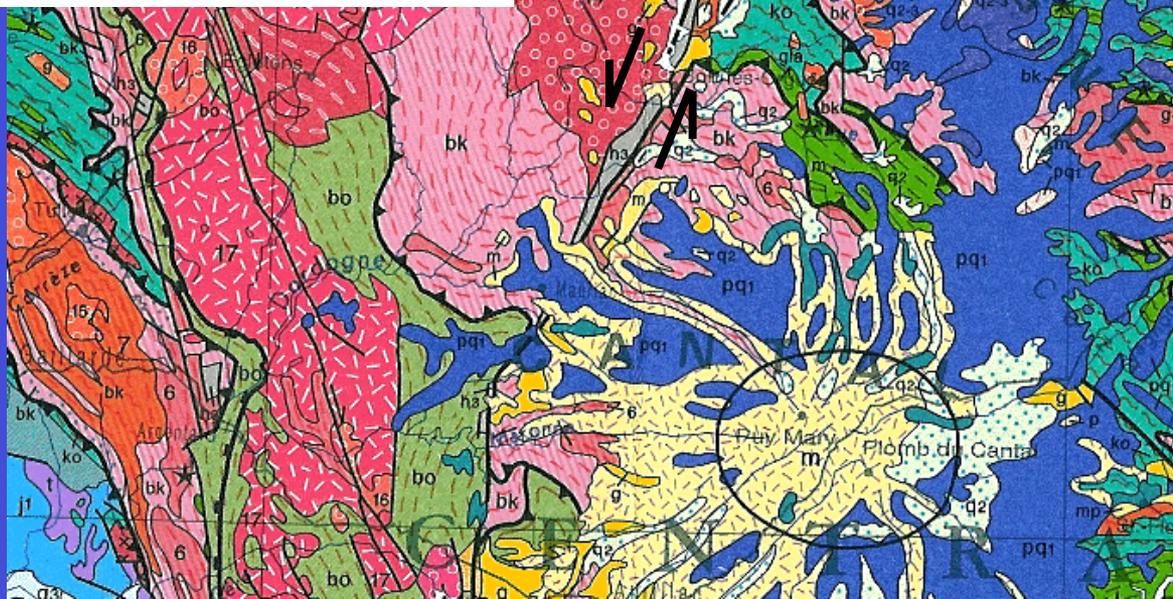
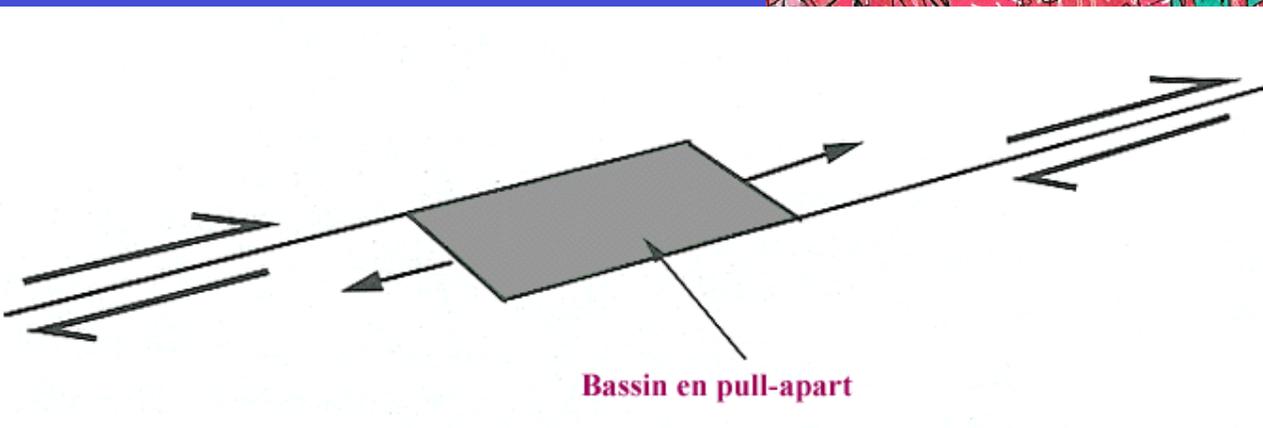
Modèle explicatif:  
Étalement de la racine  
crustale partiellement  
fondue => extension  
dans la croûte  
supérieure fragile

Mise en place de magmas  
basiques en base de croûte

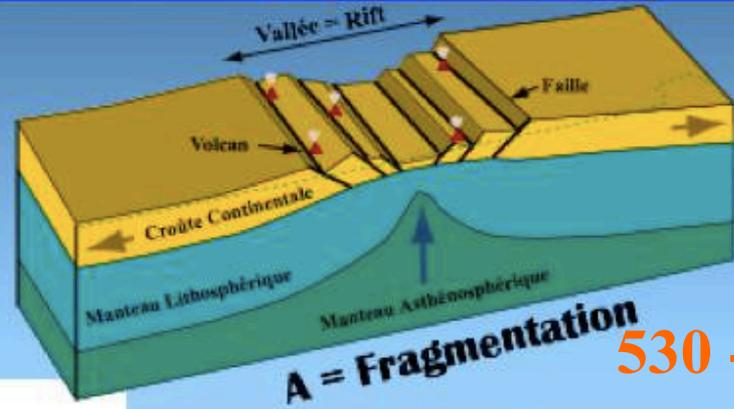
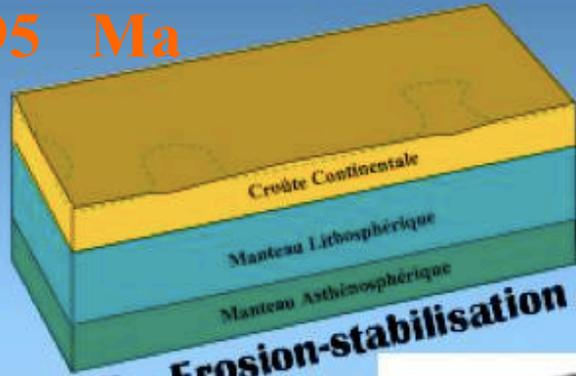


# Bassins pull-apart :

## Sillon Houiller

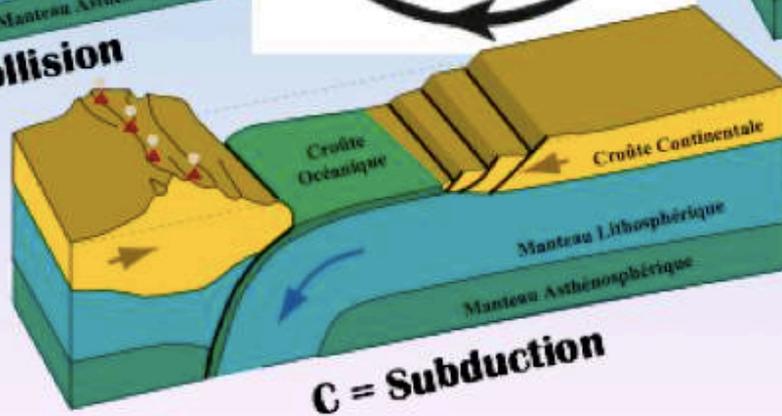
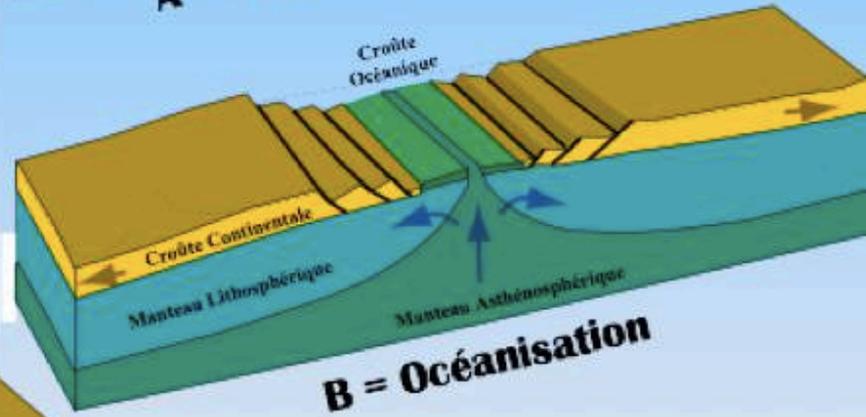
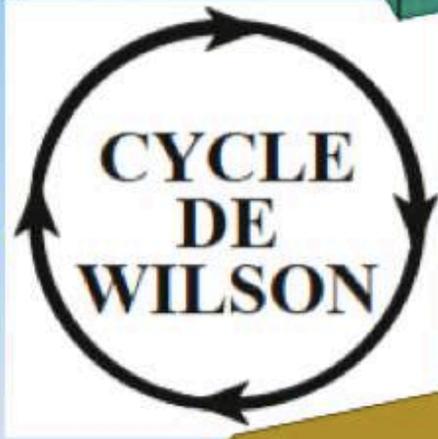
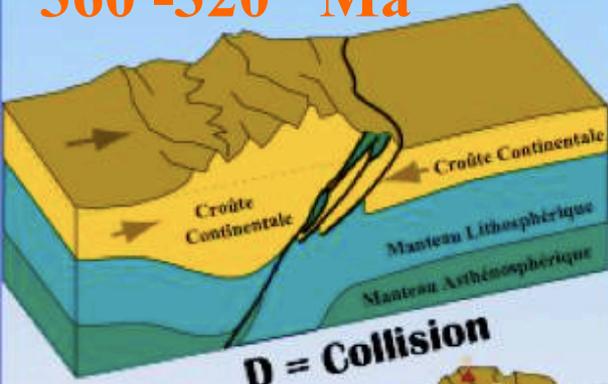


310 -295 Ma



530 - 440 Ma

360 -320 Ma

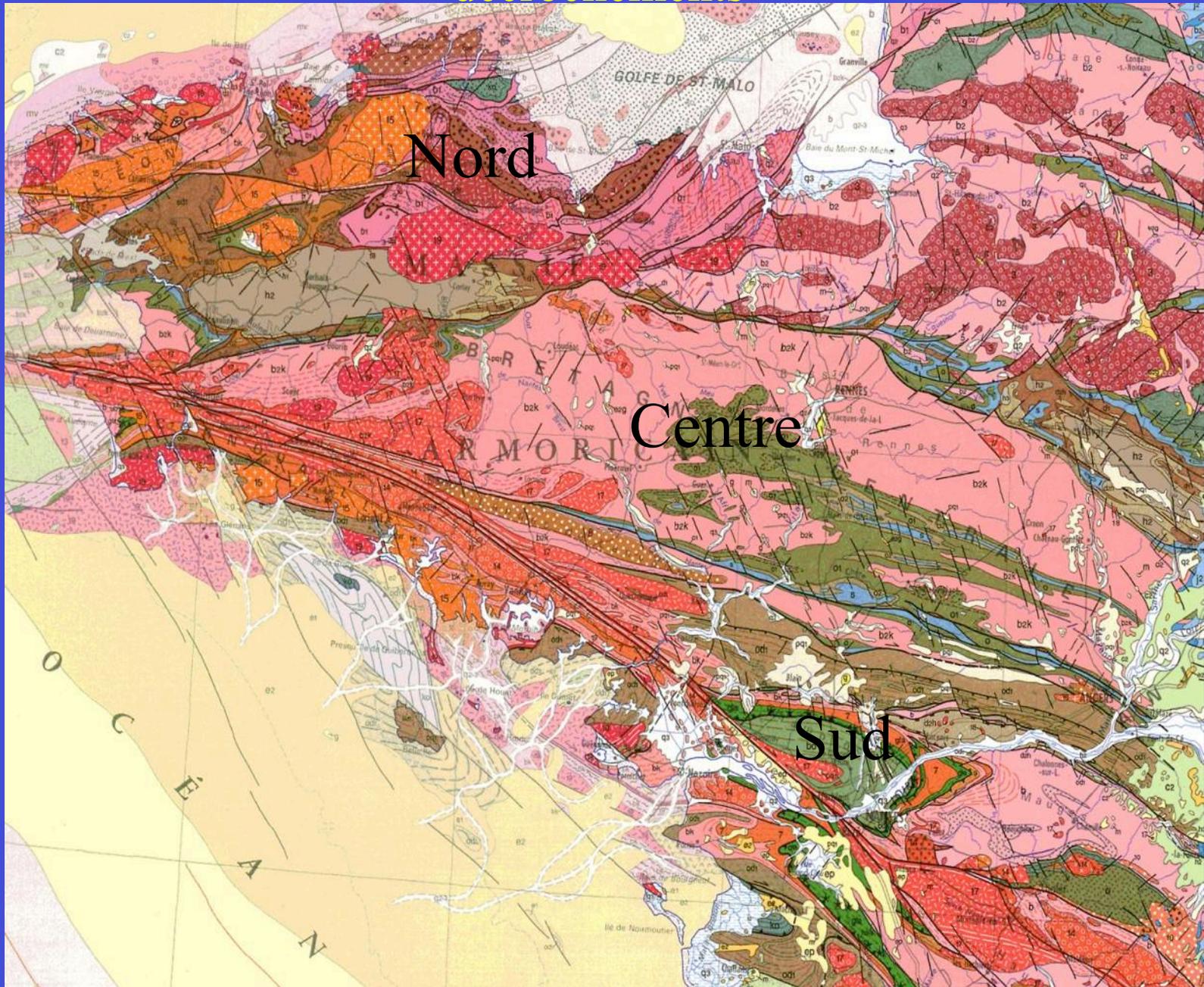


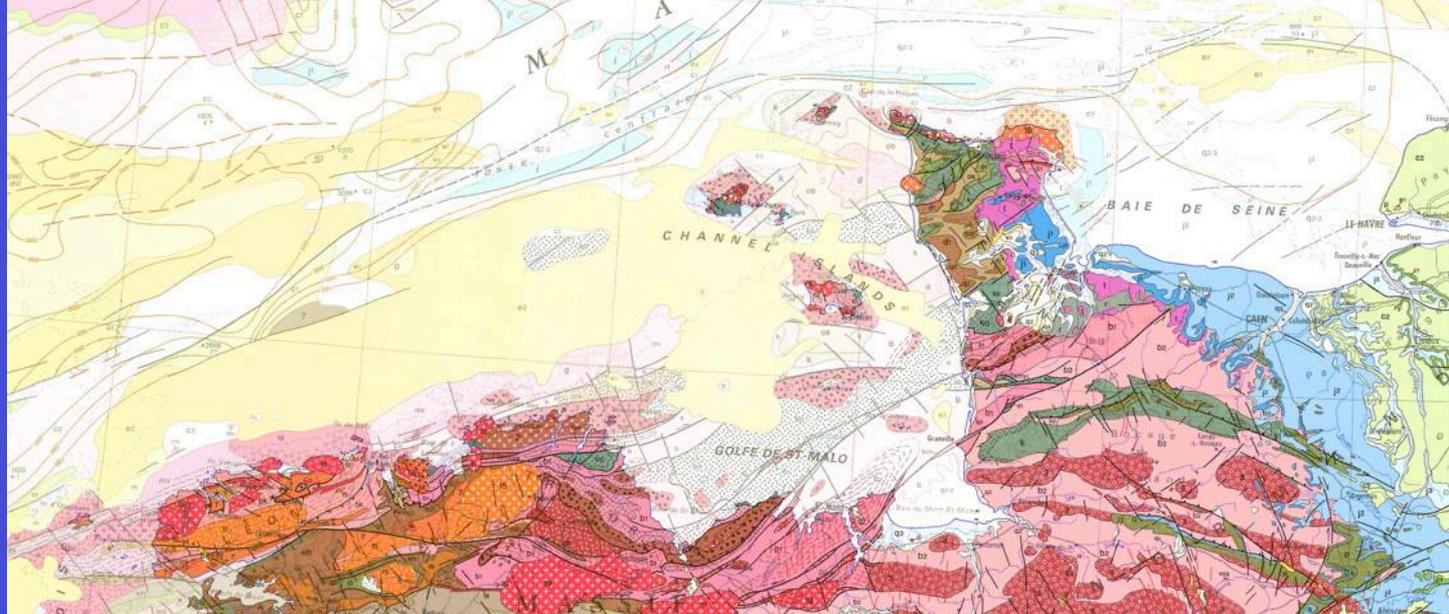
395 -365 Ma

# Le Cadomien en France

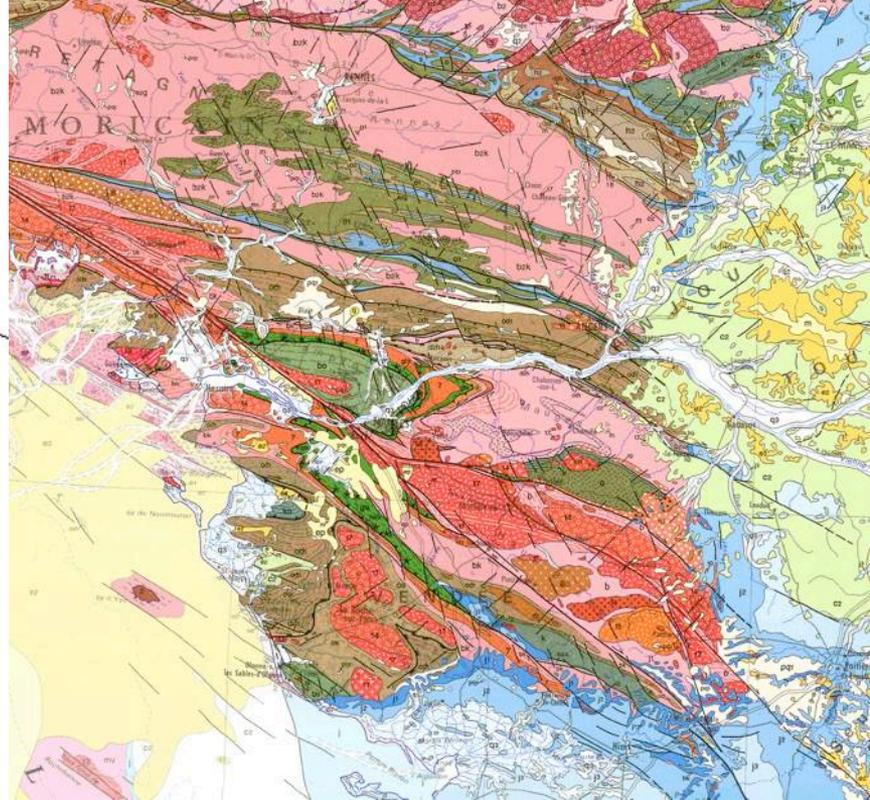
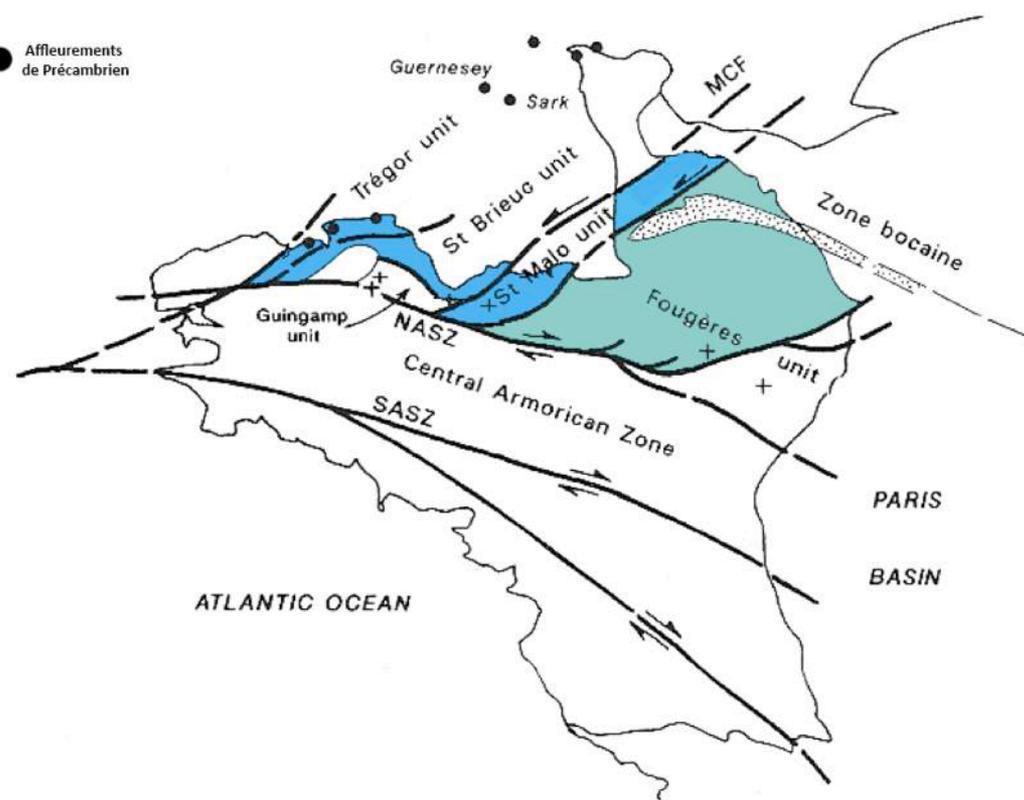
Géologie du Massif Armoricaïn

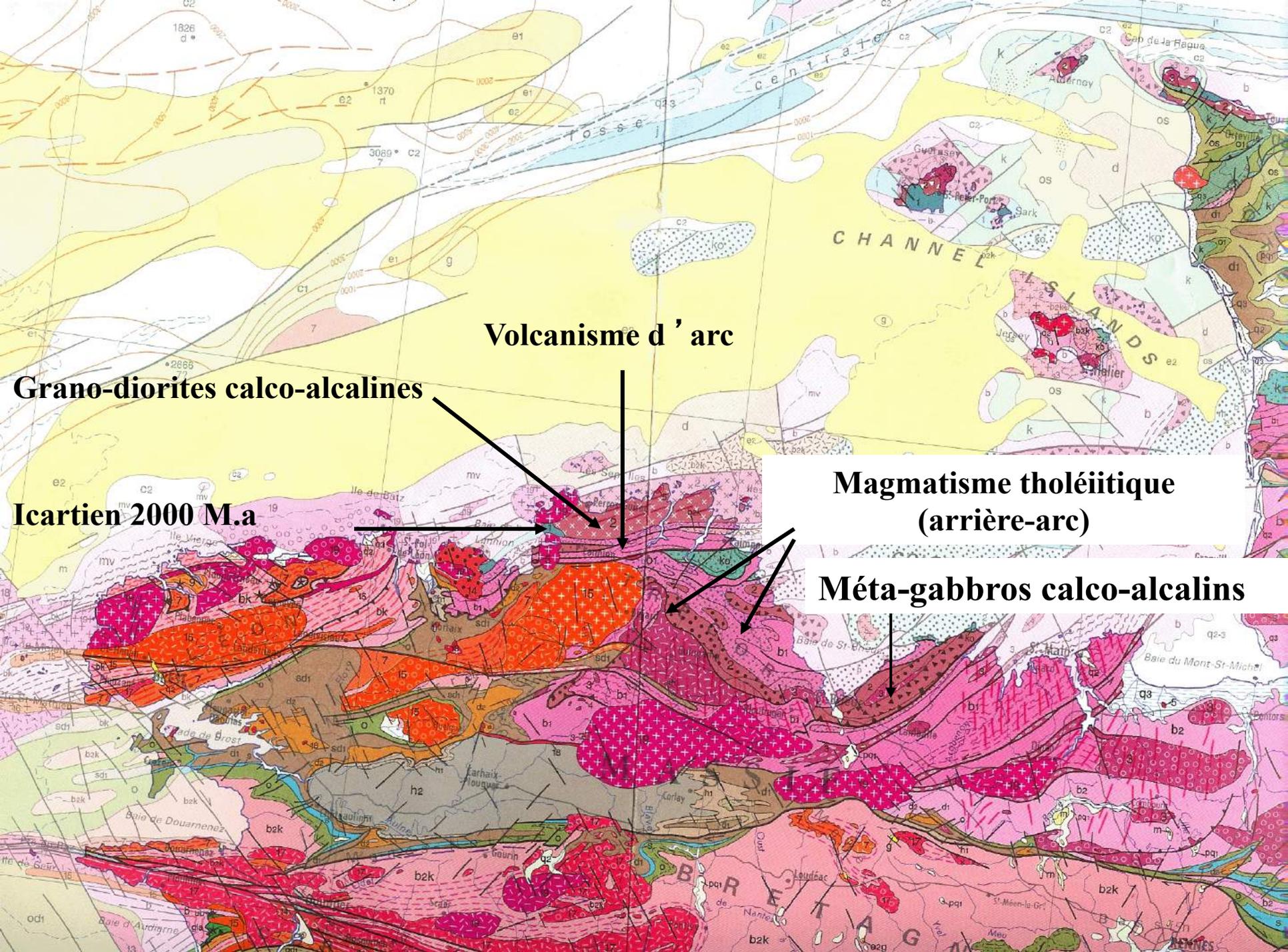
# Massif Armoricain : 3 grands domaines séparés par des grands décrochements





● Affleurements de Précambrien





**Volcanisme d'arc**

**Grano-diorites calco-alkalines**

**Icartien 2000 M.a**

**Magmatisme tholéiitique  
(arrière-arc)**

**Méta-gabbros calco-alkalins**

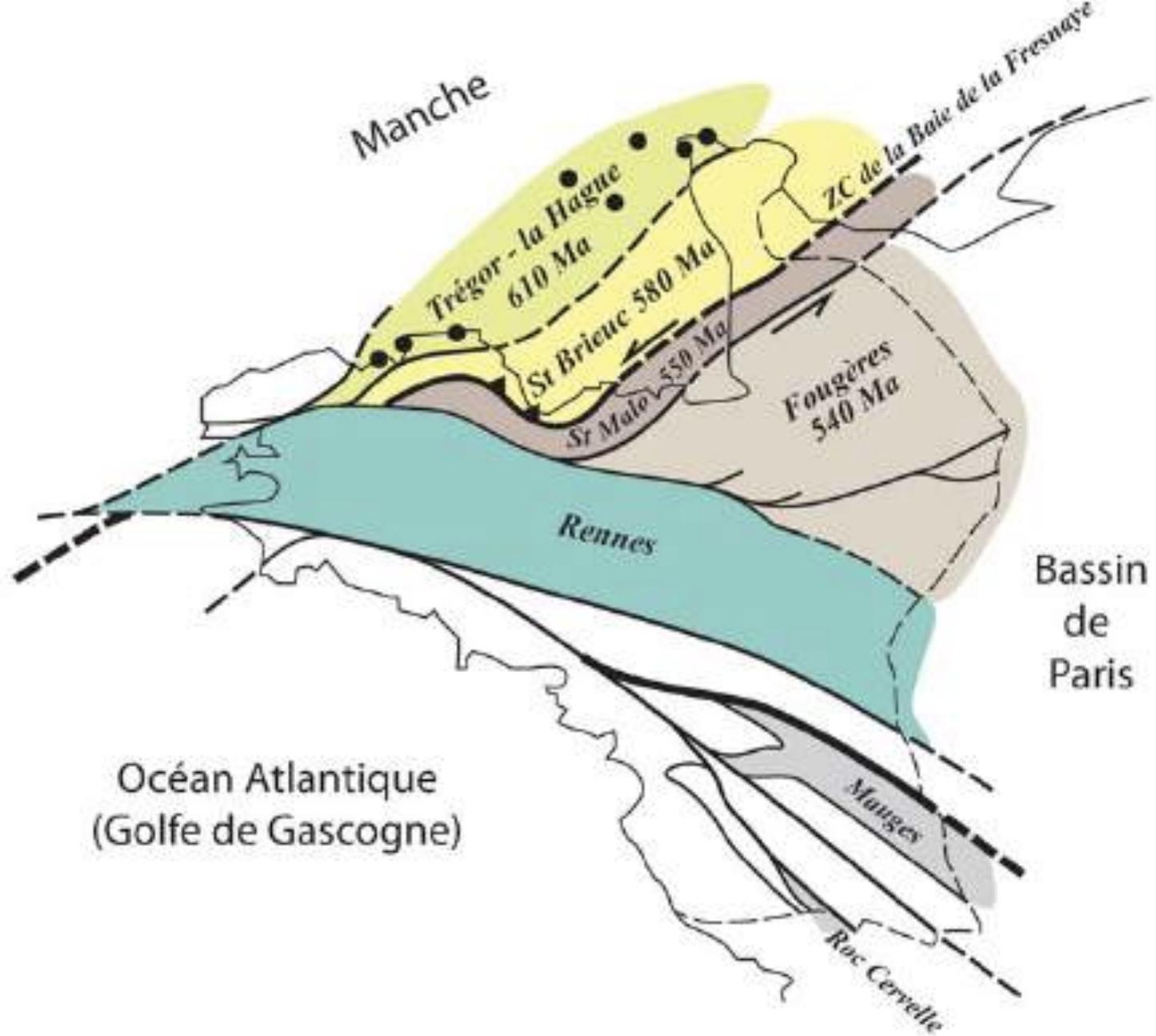
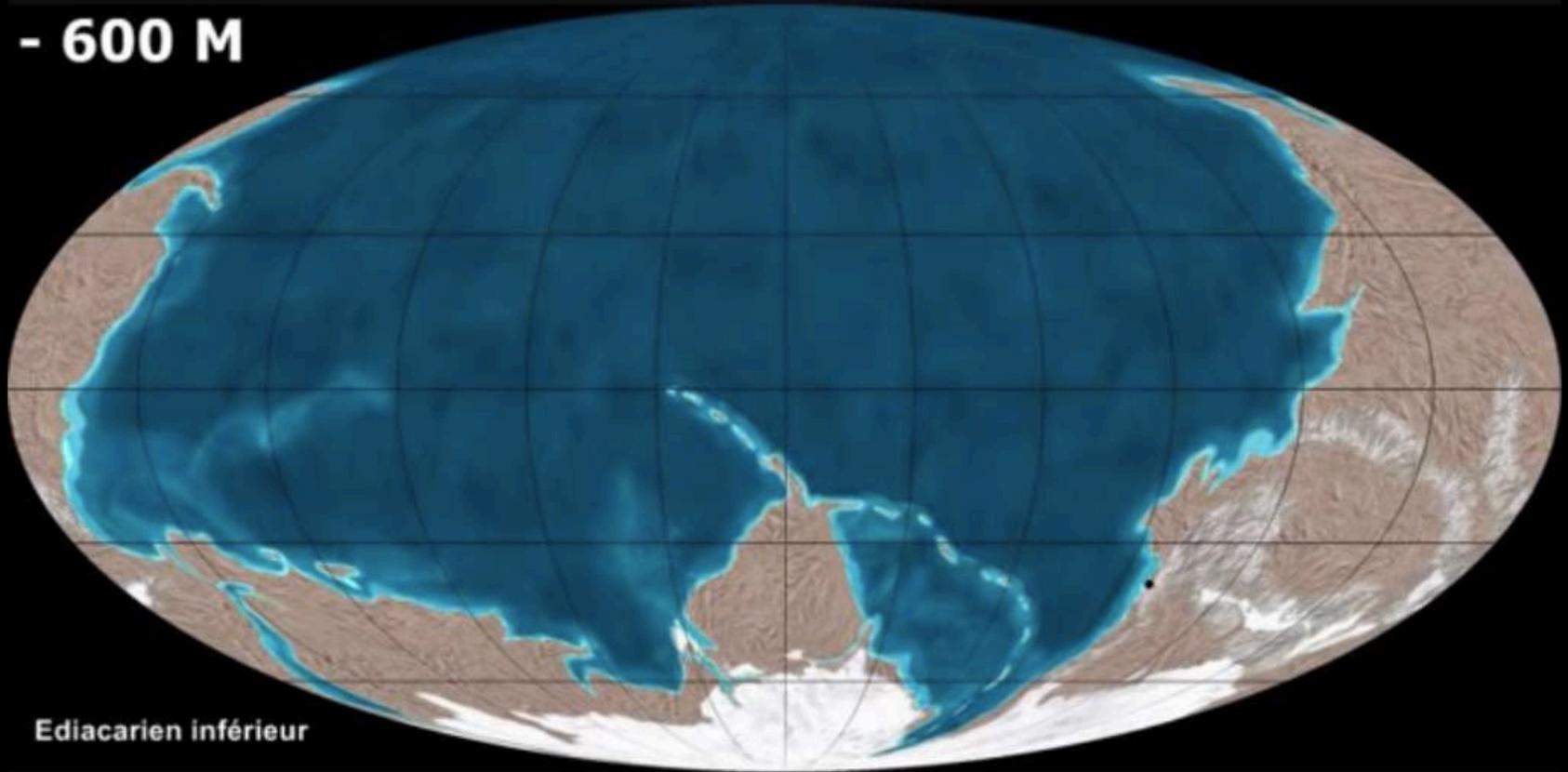


Schéma structural zones Nord et Centre Armoricaine (Ballèvre et al., 2013)

- 600 M

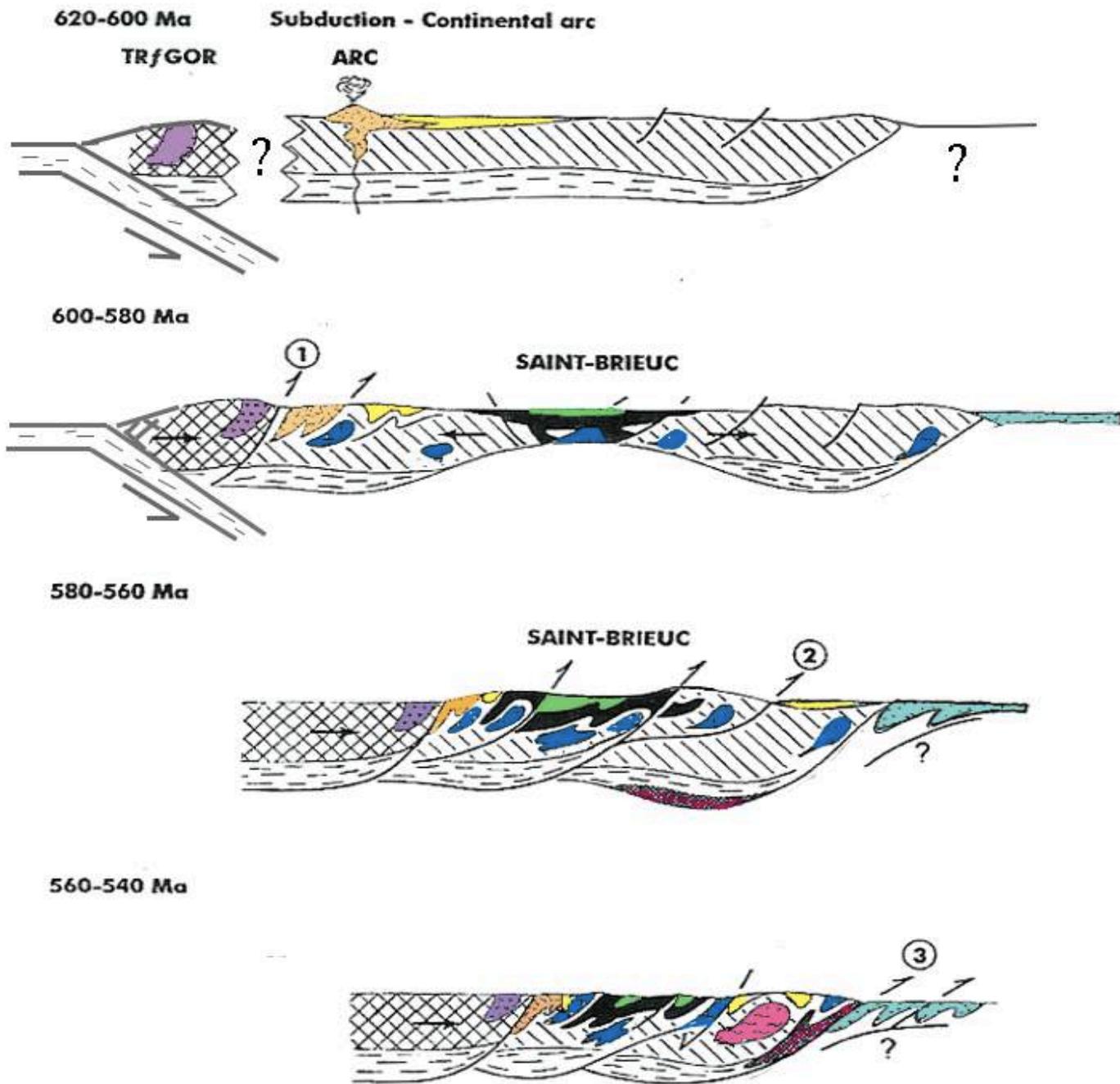


Ediacarien inférieur

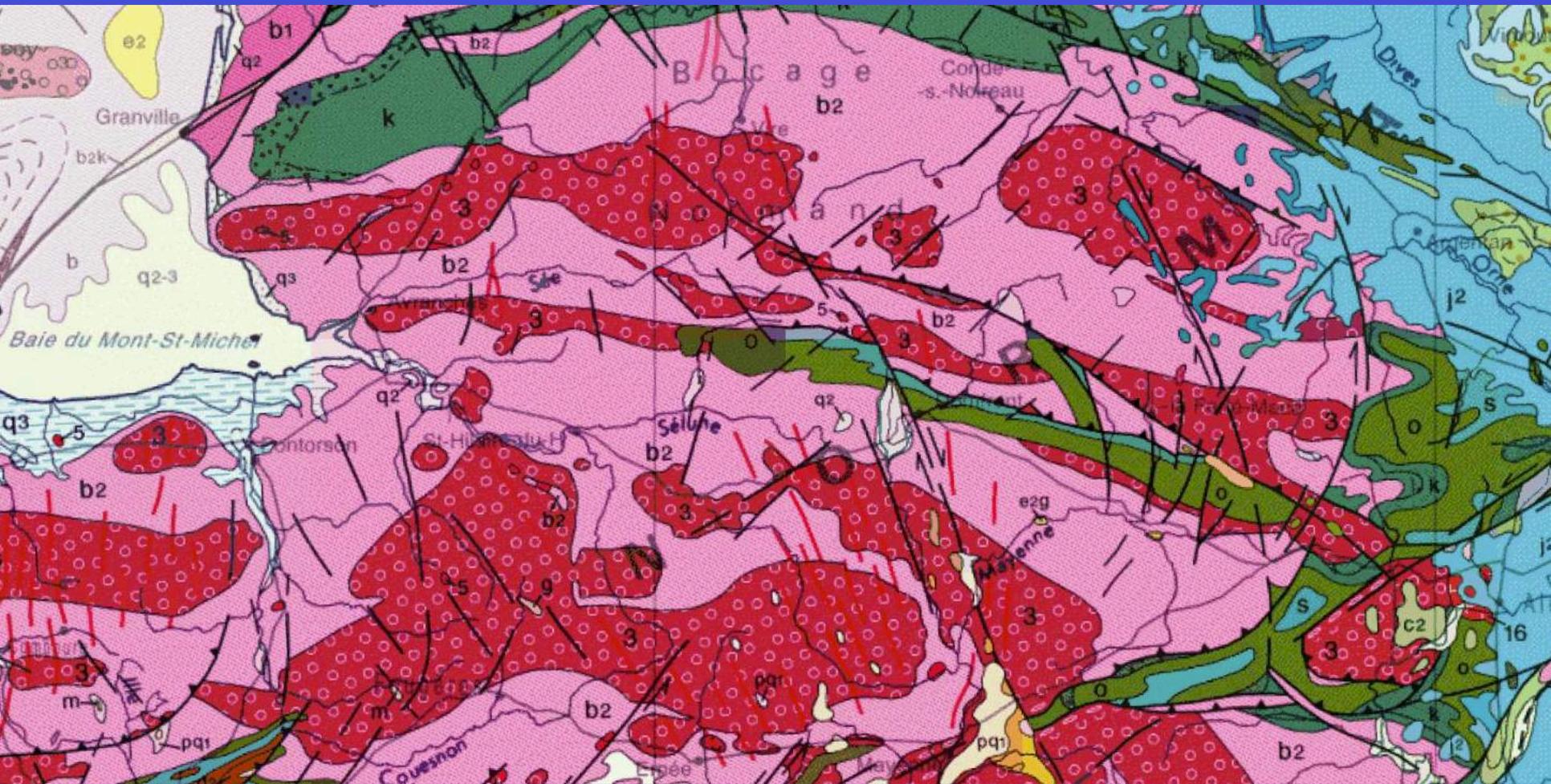
La France est identifiée par le point noir sur la reconstitution.  
Une Terre avec un super-continent.  
La France est localisée au niveau d'une marge active au  
Cadomien

Evolution géodynamique du domaine Nord Armoricaïn au Cadomien:

Plaque supérieure d'une zone de subduction avec un arc, puis arrière-arc (extension) et enfin raccourcissement d'ensemble.

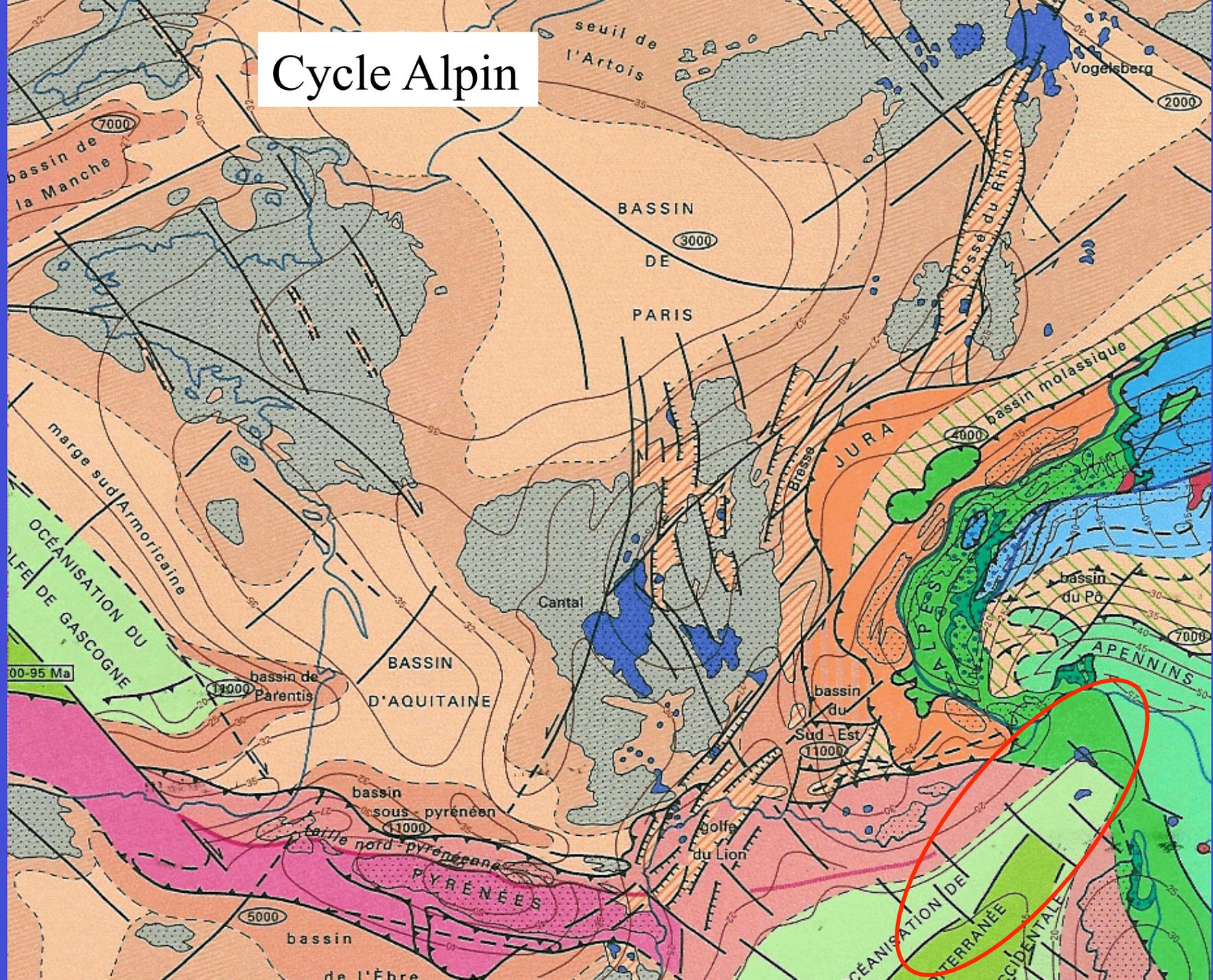


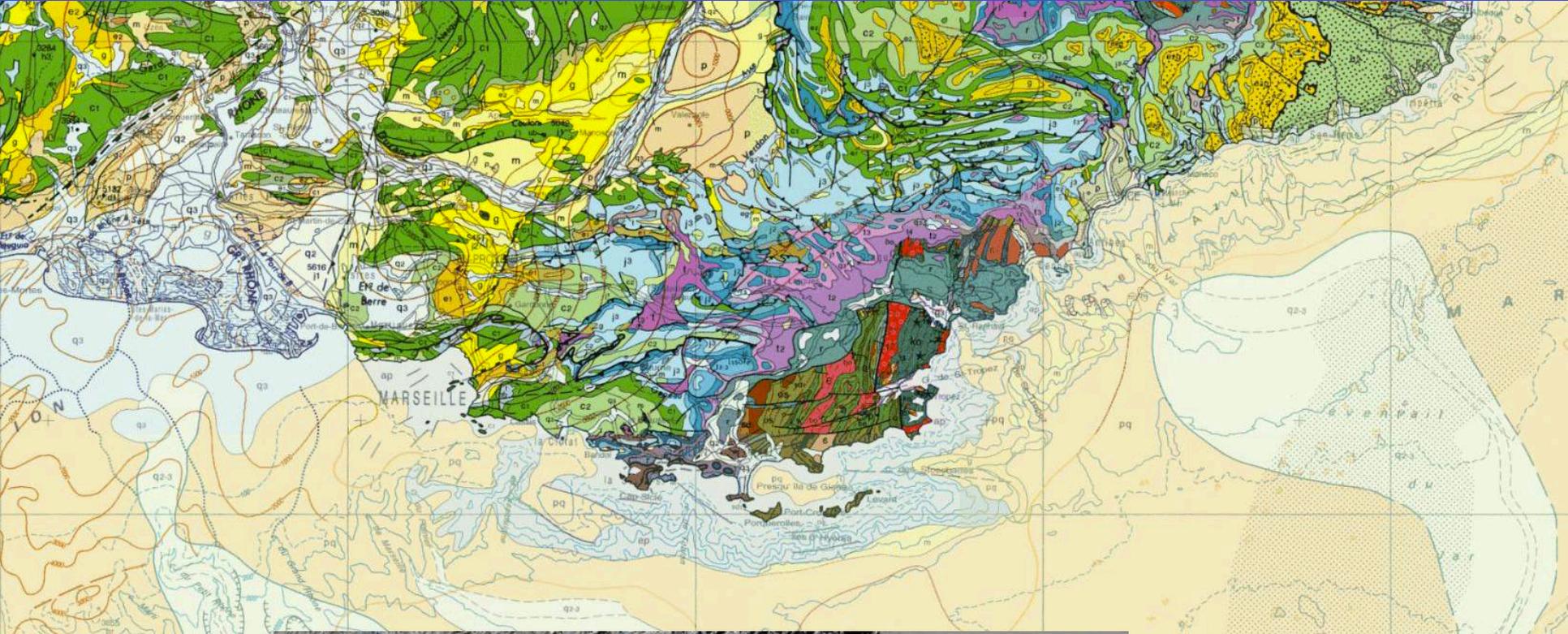
# Discordance angulaire des sédiments C-O-S sur le socle Cadomien

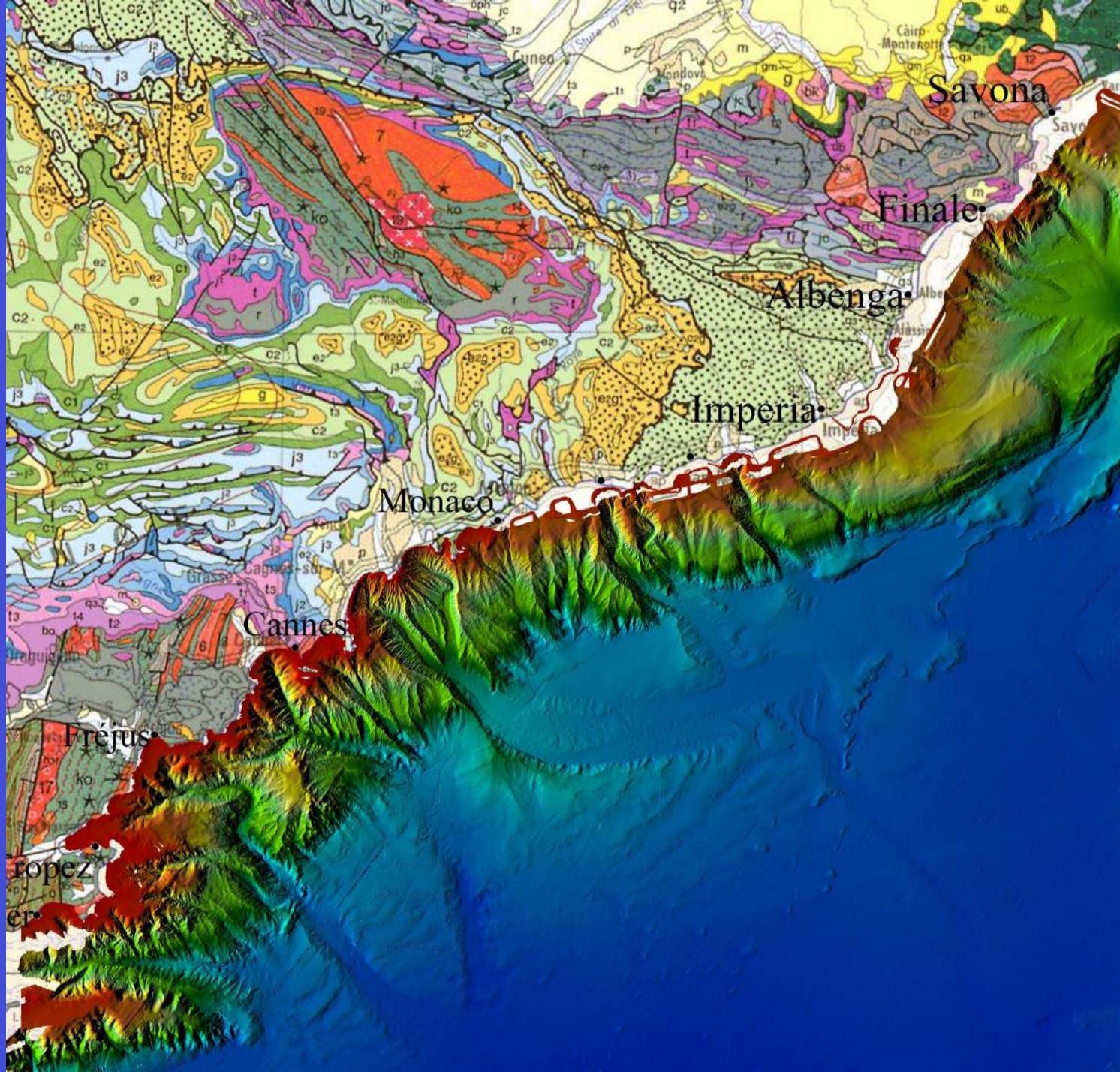


=> Fin du Cycle Cadomien – Début du cycle Varisque

# Cycle Alpin







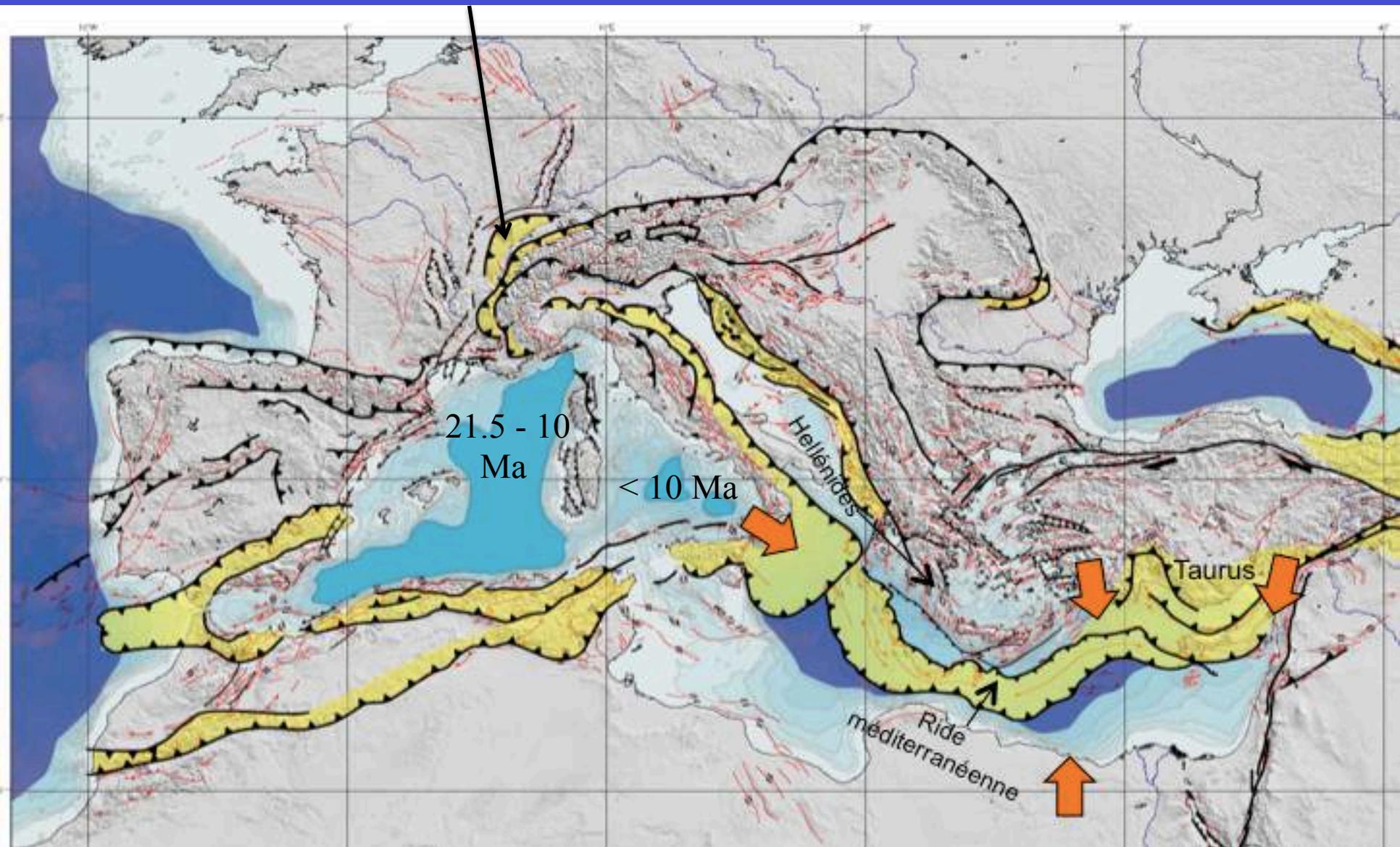
**Alpes-  
Maritimes ?**

**Alpes  
Chaîne de  
collision**

**Méditerranée  
Bassin Liguro-  
Provençal  
Domaine  
océanique**



Collision Alpine : à partir de 40 à 35 Ma. Chaîne récente encore active, peu érodée

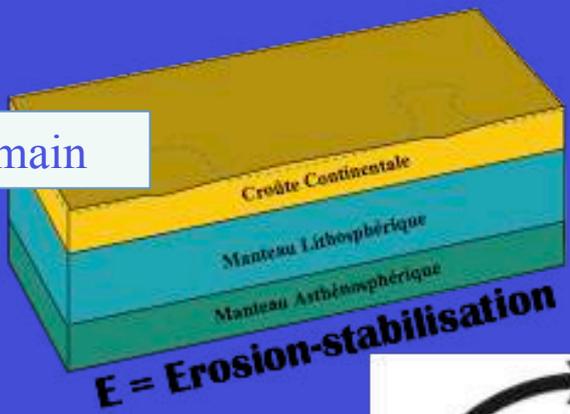


Dans le cadre de la « tectonique des plaques » comme modèle explicatif de l'évolution de la planète Terre, les géologues ont démontré que toute chaîne de montagnes :

(1) résulte de la fermeture d'un ancien océan et ,

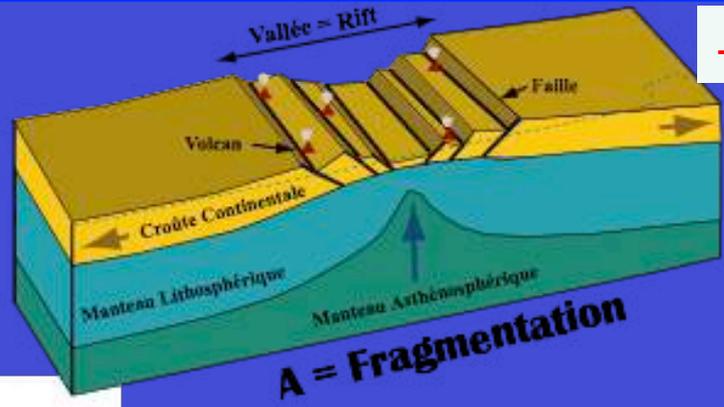
(2) s'érode et disparaît progressivement pour laisser la place à un continent stable.

Après-demain

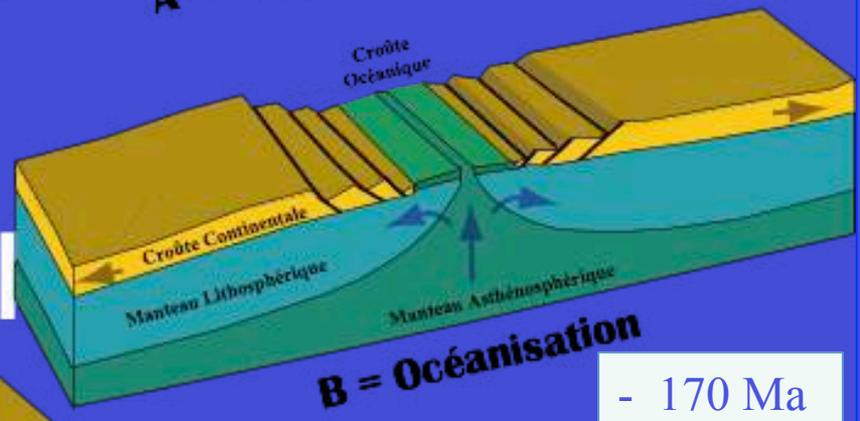
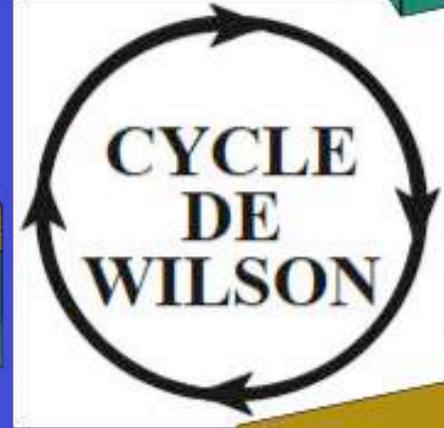
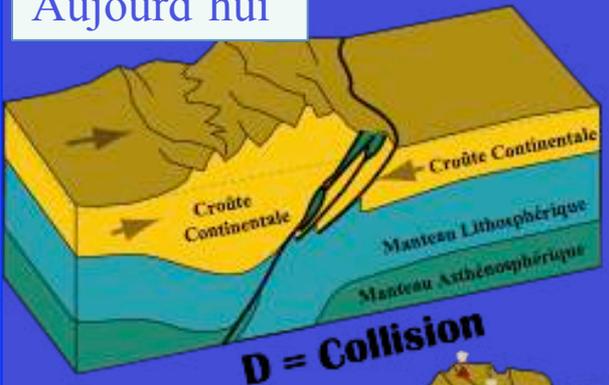


- 300 Ma

- 270 Ma

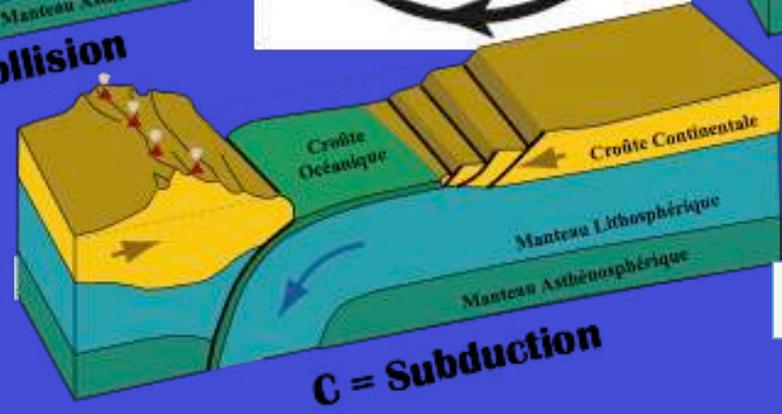


Aujourd'hui



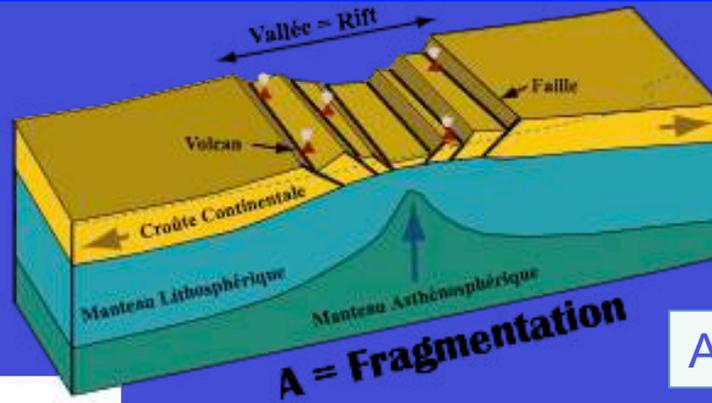
- 170 Ma

- 40 Ma



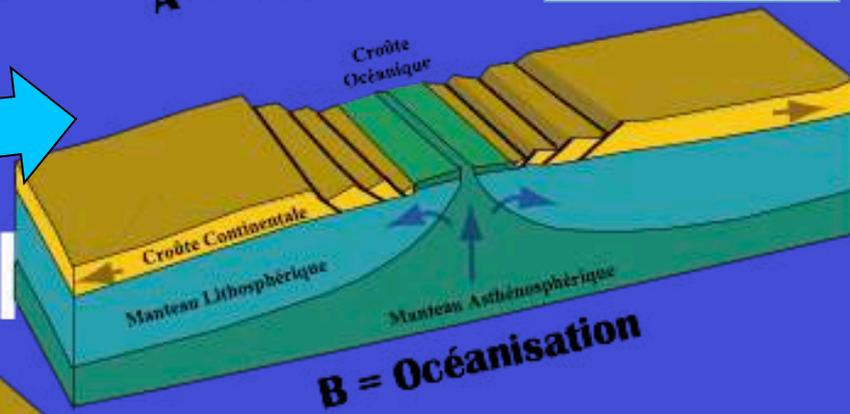
- 80 Ma

Cycle Alpin

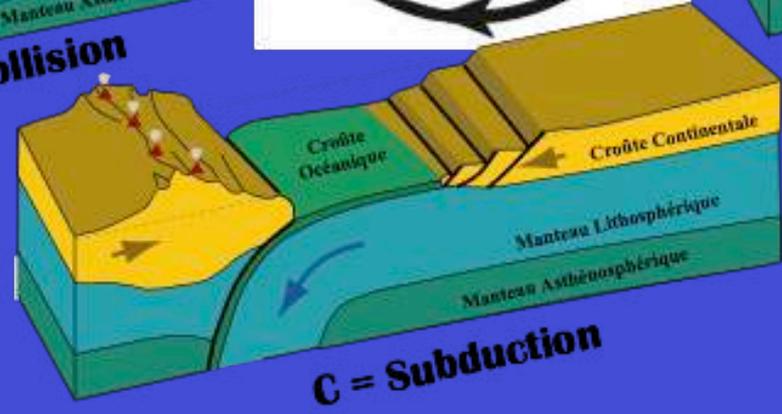
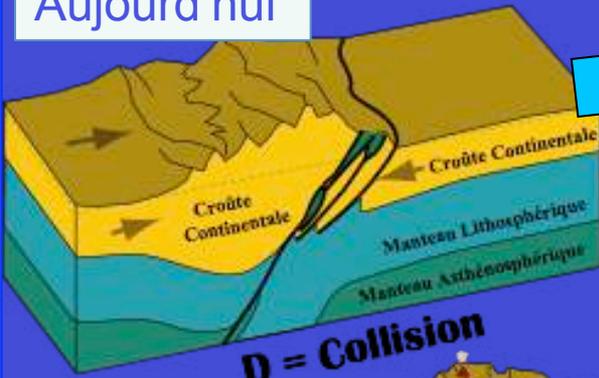


Aujourd'hui

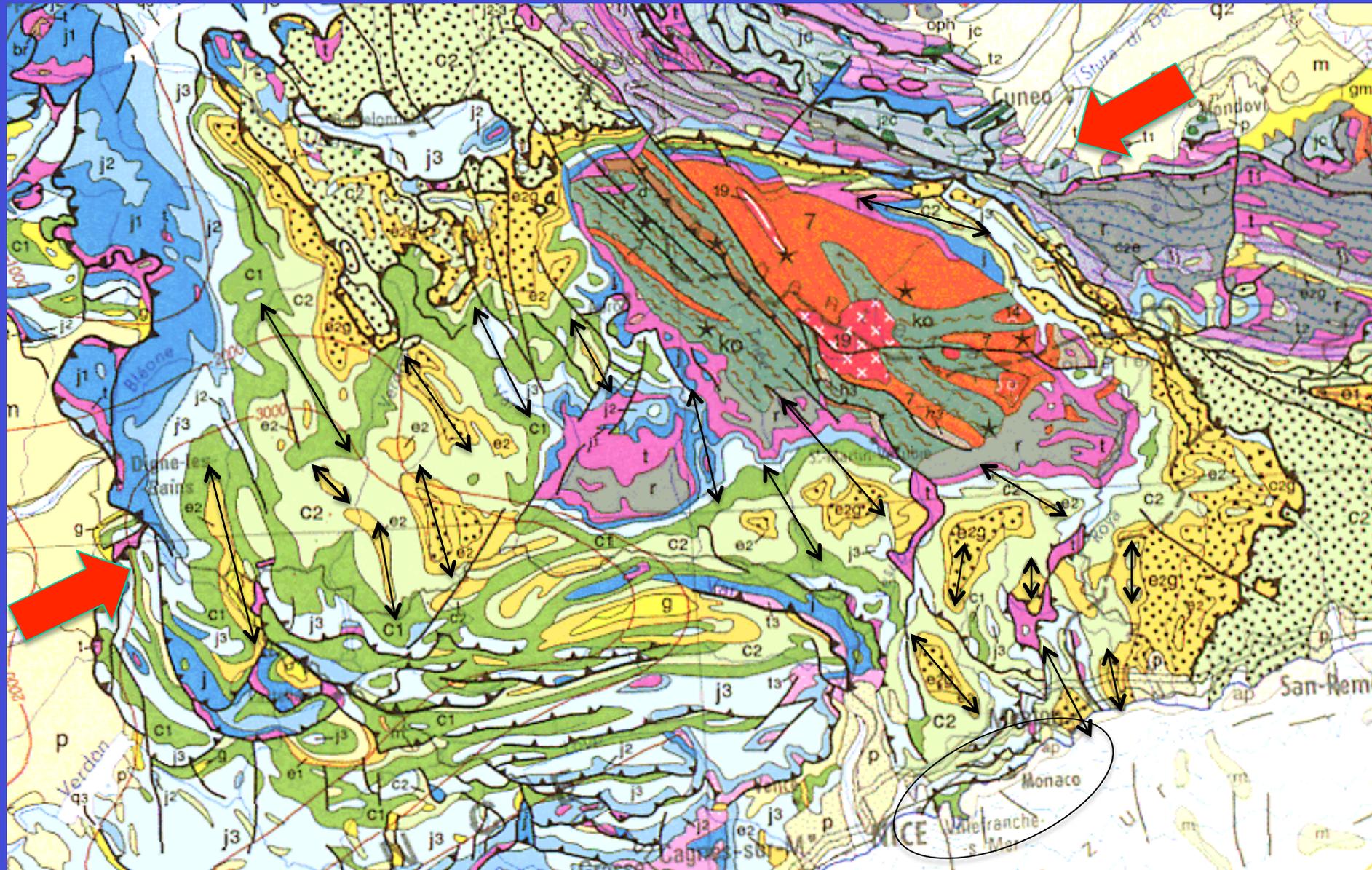
Aujourd'hui

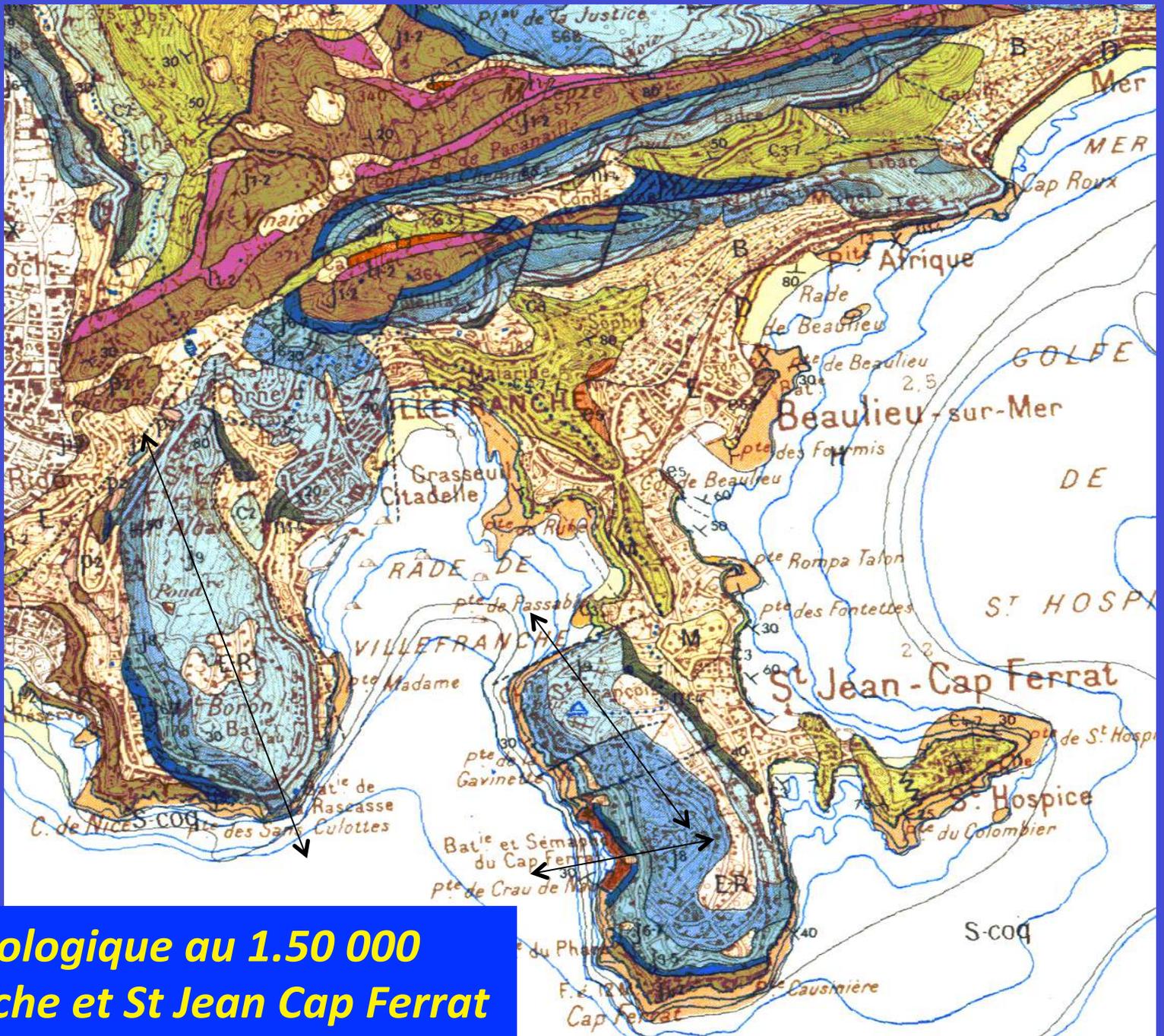


Cycle Méditerranéen



*Collision Alpine: Plis et chevauchements sur la carte géologique de France au Million*





**Carte géologique au 1.50 000  
 de Villefranche et St Jean Cap Ferrat**





*La pointe des Douaniers au Cap d'Ail :  
les restes d'un volcan « andésitique »*



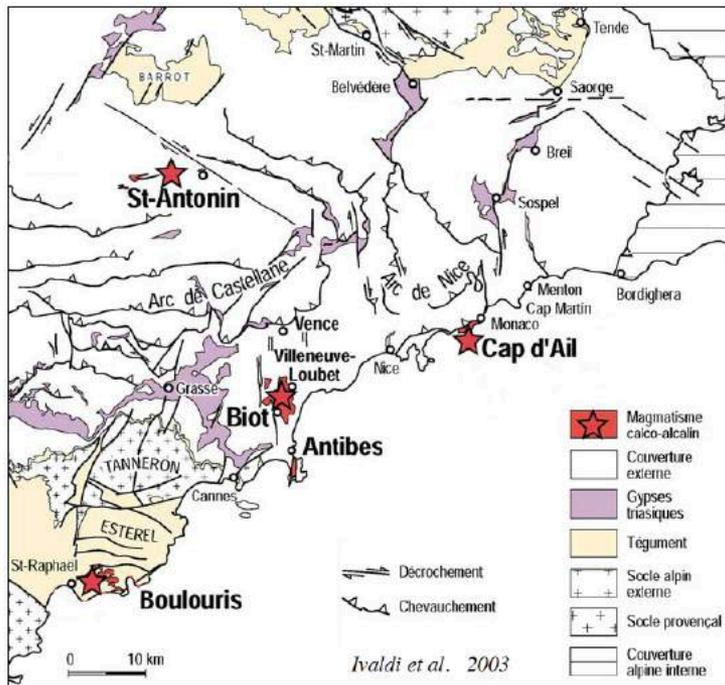
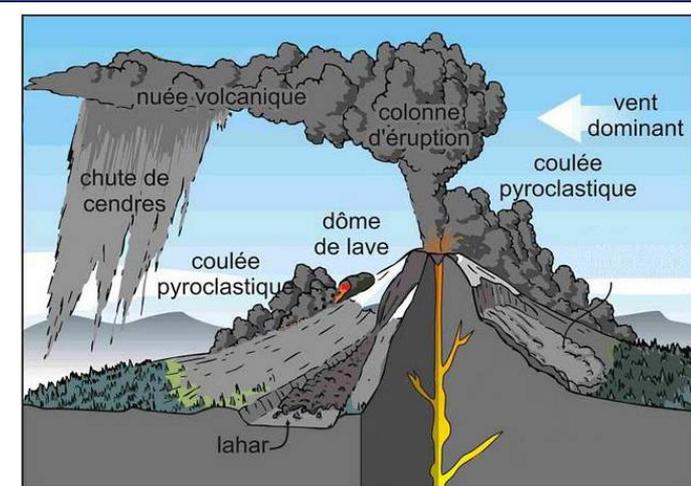
Blocs d'andésites dans cendres volcaniques



Volcanisme andésitique très explosif, typique des zones de subduction

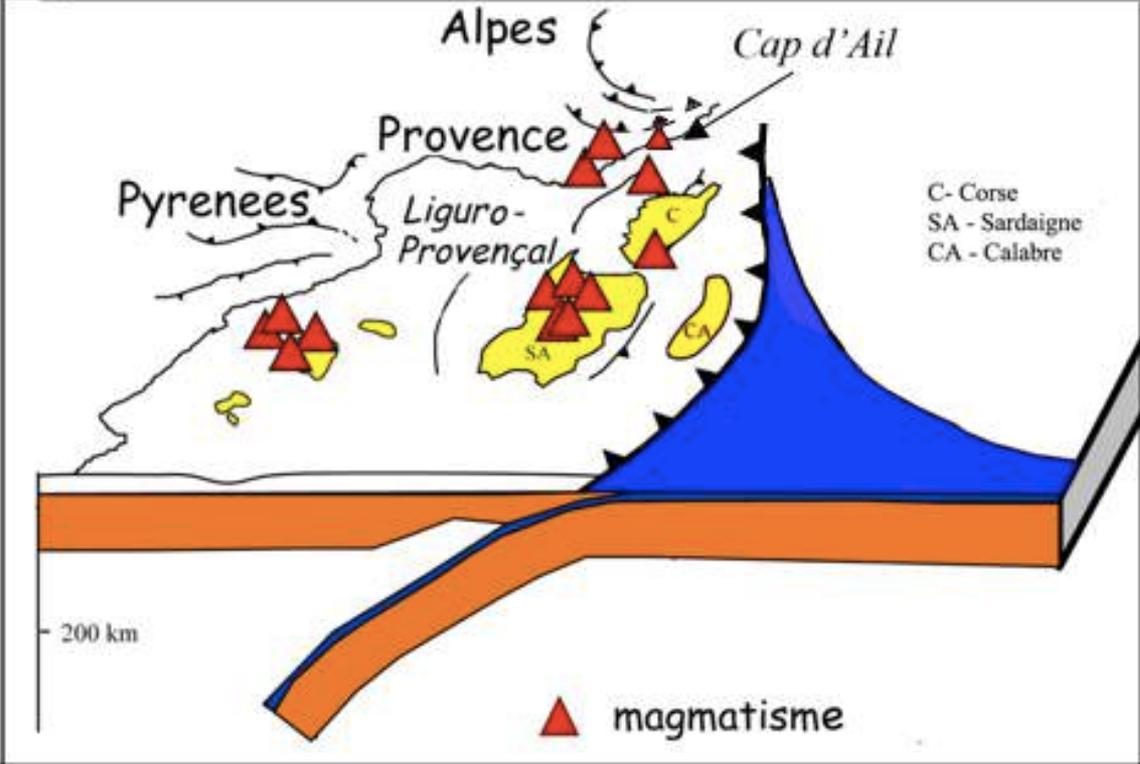


Nuée ardente, Montagne Pelée, 1902

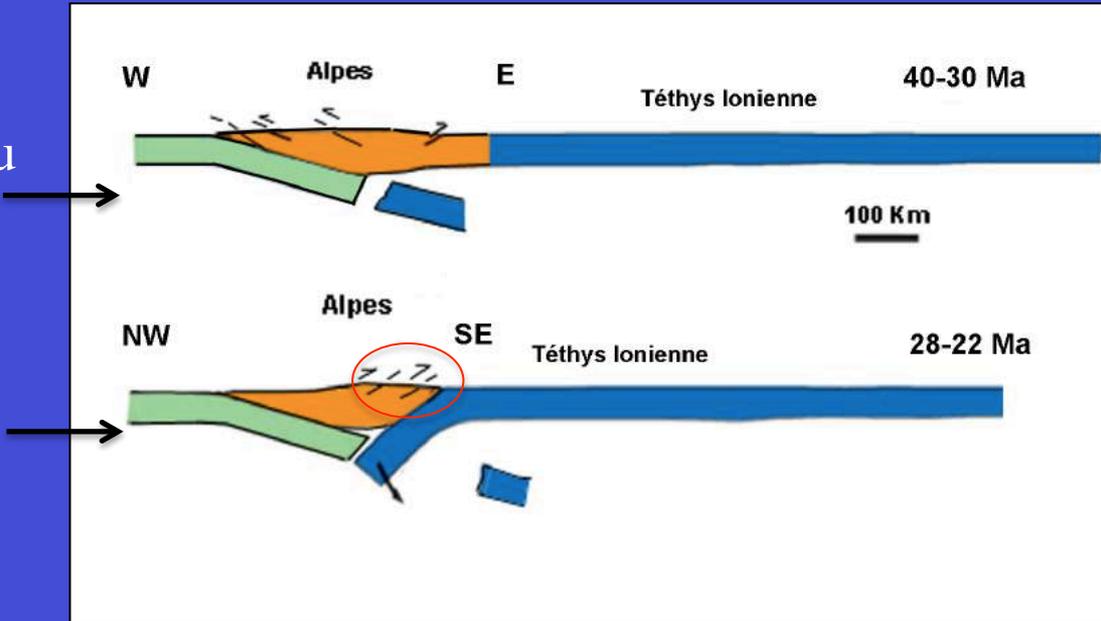


Volcanisme calco-alcalin, abondant dans les Alpes Maritimes et daté entre -28 et -22 Ma

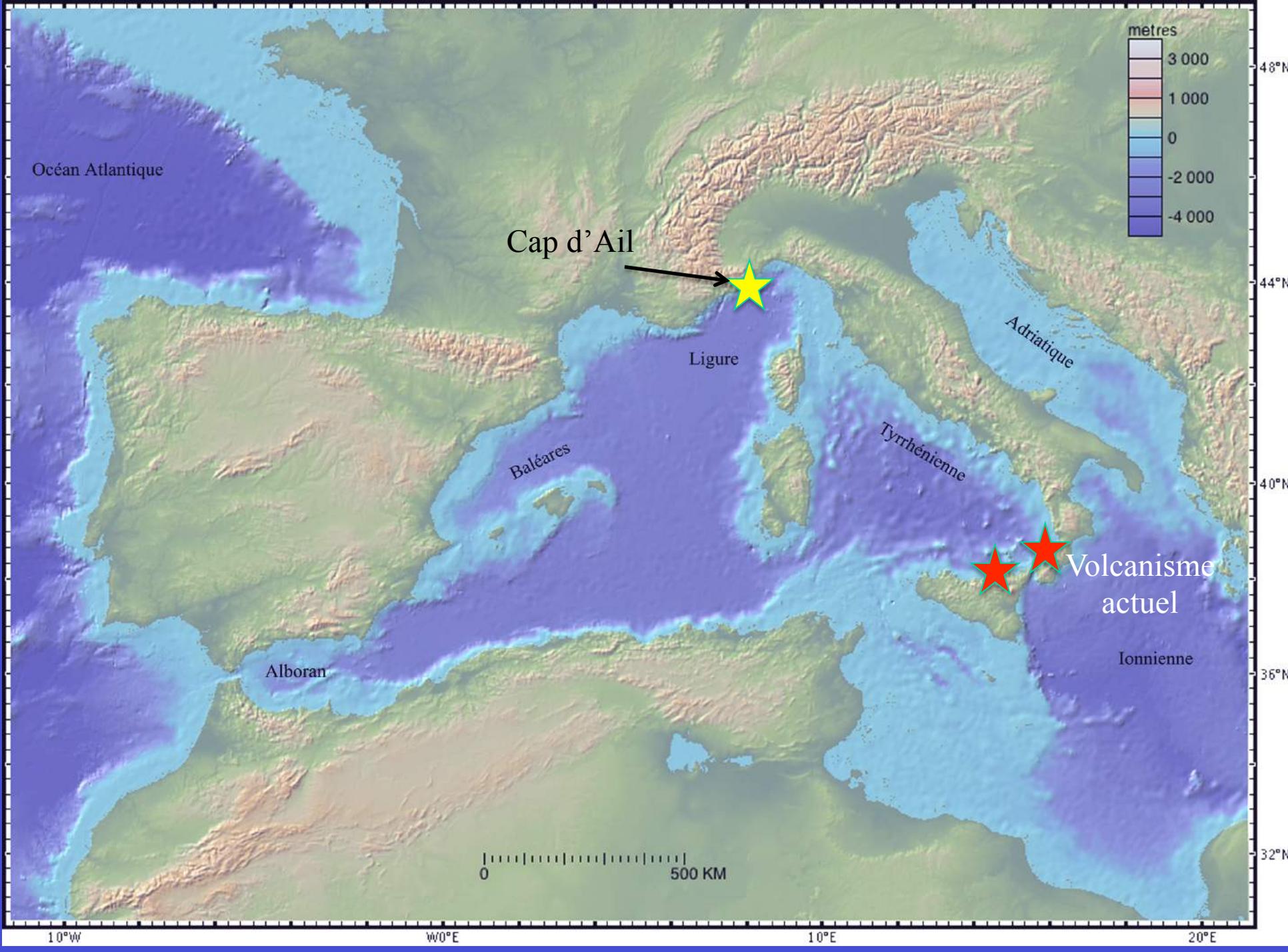
# Interprétation du volcanisme andésitique subduction vers le NW

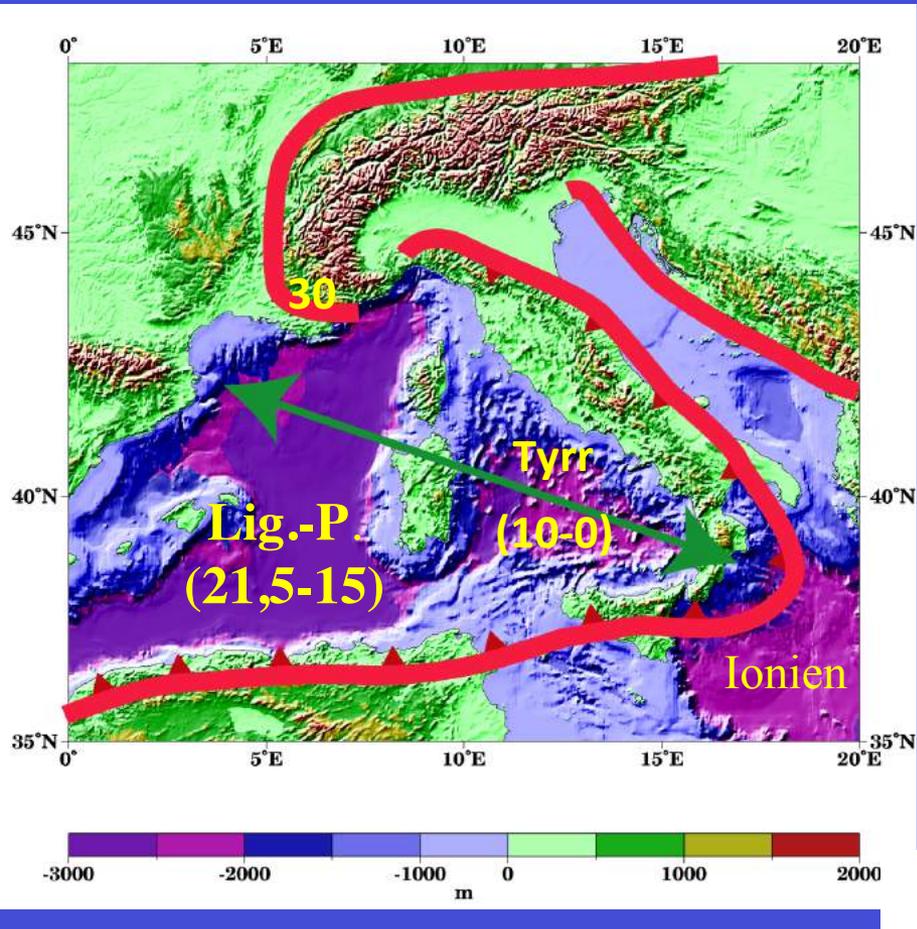


Collision alpine et rupture du panneau plongeant



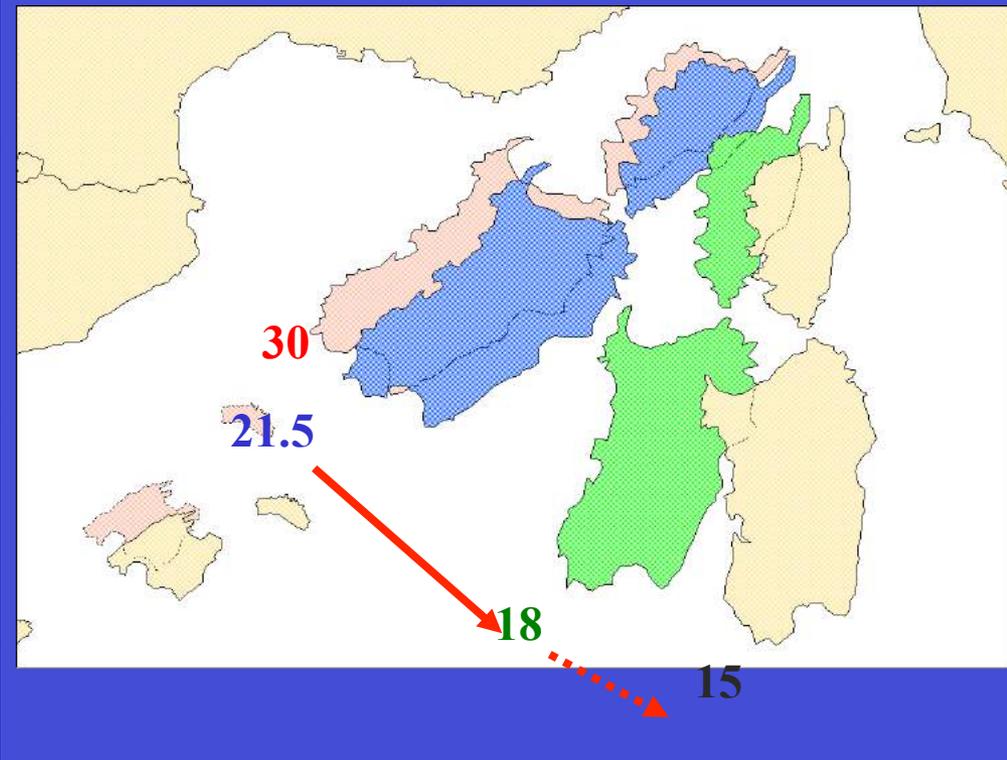
Subduction post – collision alpine





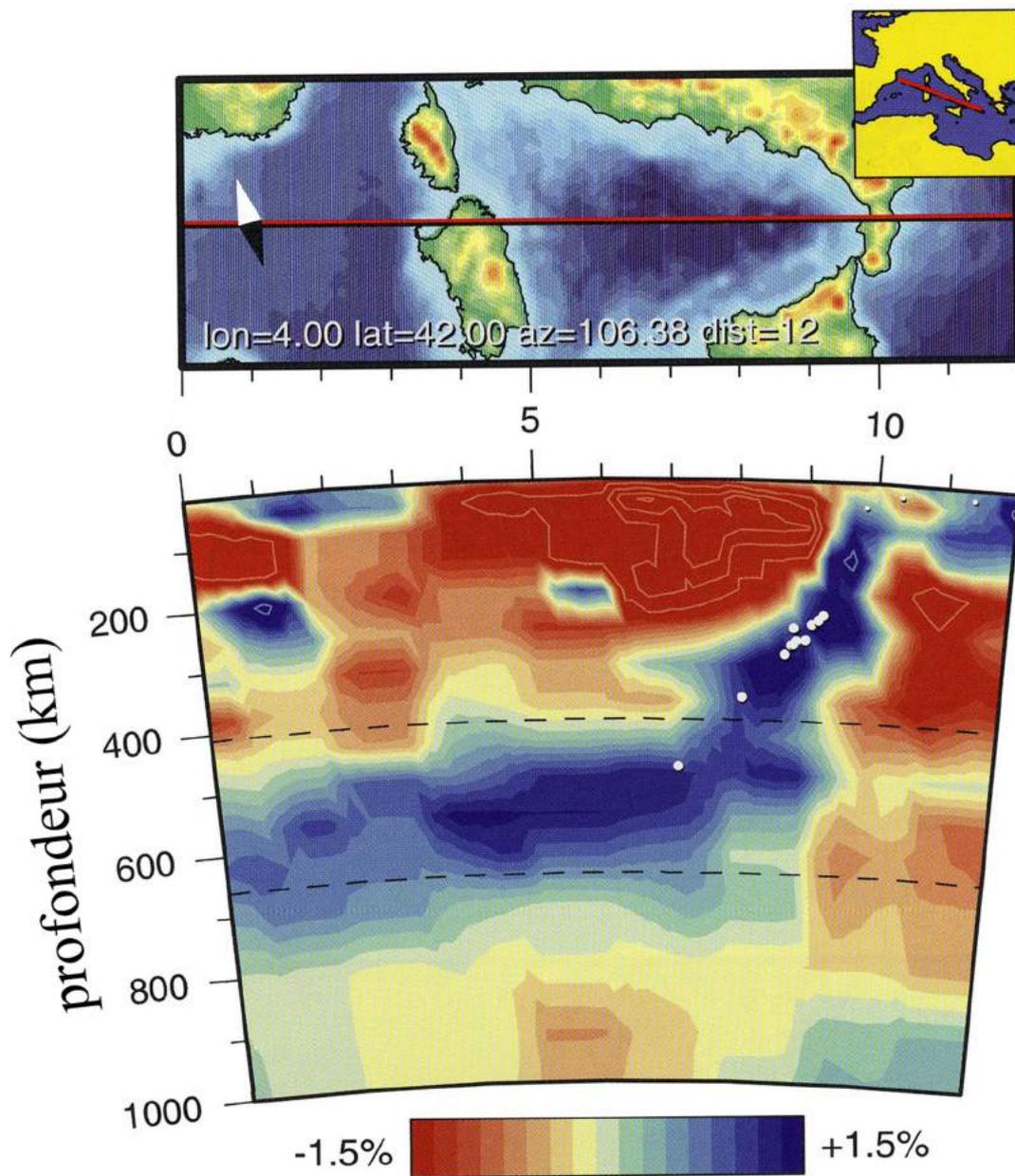
Ouverture de la Méditerranée occidentale  
postérieure à la collision alpine

Extension??



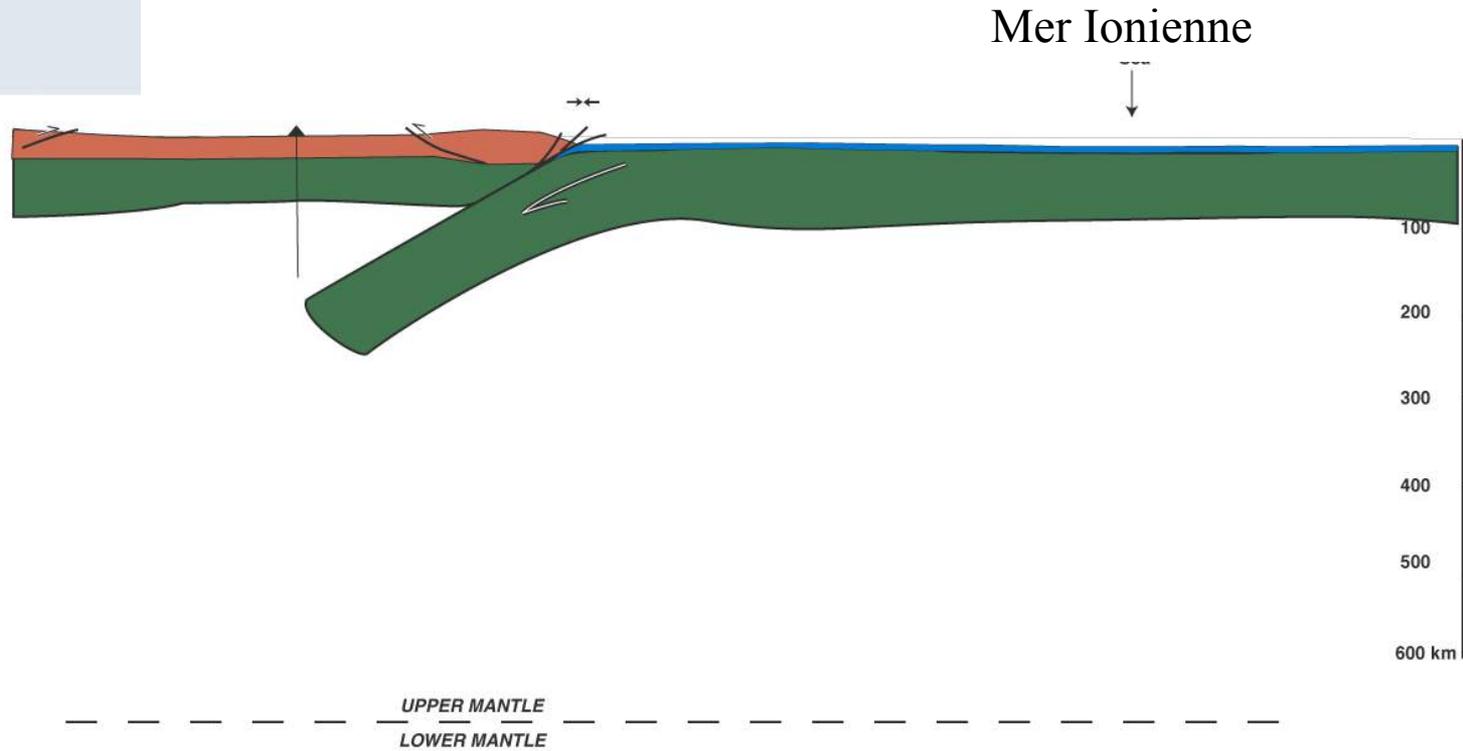
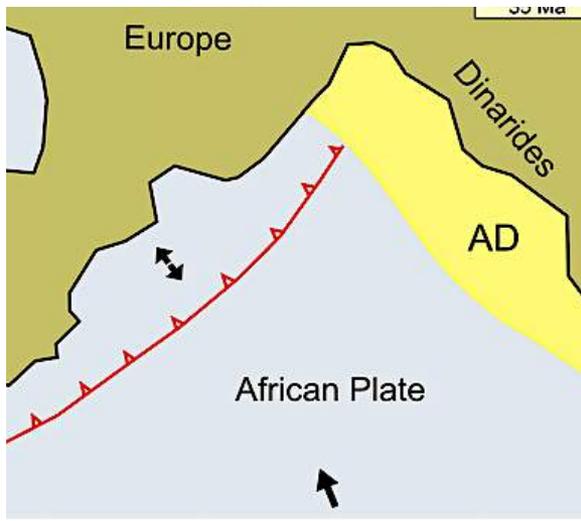
**Apport fondamental du paléo-  
magnétisme:**

Rotation du bloc Corso-Sarde ( $45^\circ$ )  
Début à 21.5 Ma Fin vers 15Ma

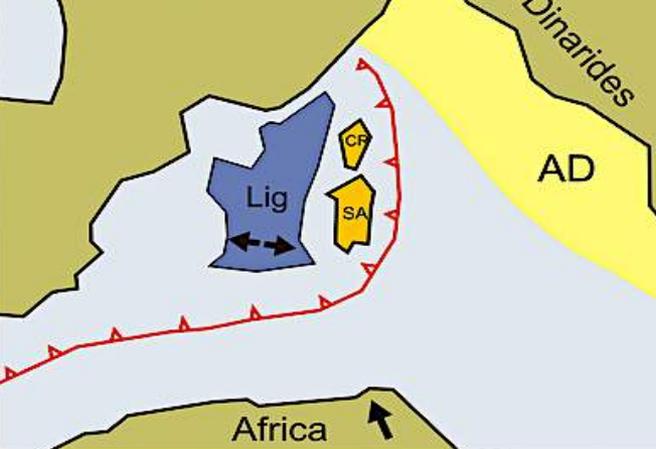


*Carte et coupe  
de tomographie sismique  
de la partie Nord  
de la Méditerranée occidentale*

# Modèle d'évolution de la formation de la Méditerranée occidentale



**30-28 Ma**



NW



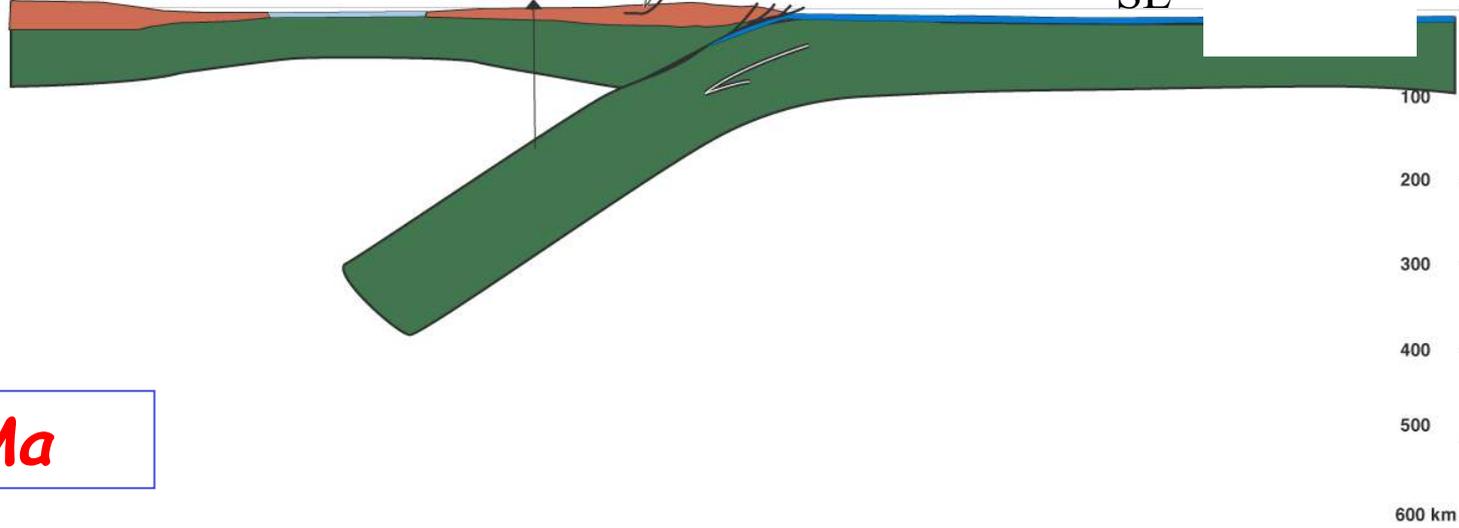
**21,5 - 15 Ma**

guro-Provençal Basin  
↓

Sardinia  
↓

Ionian Sea  
↓

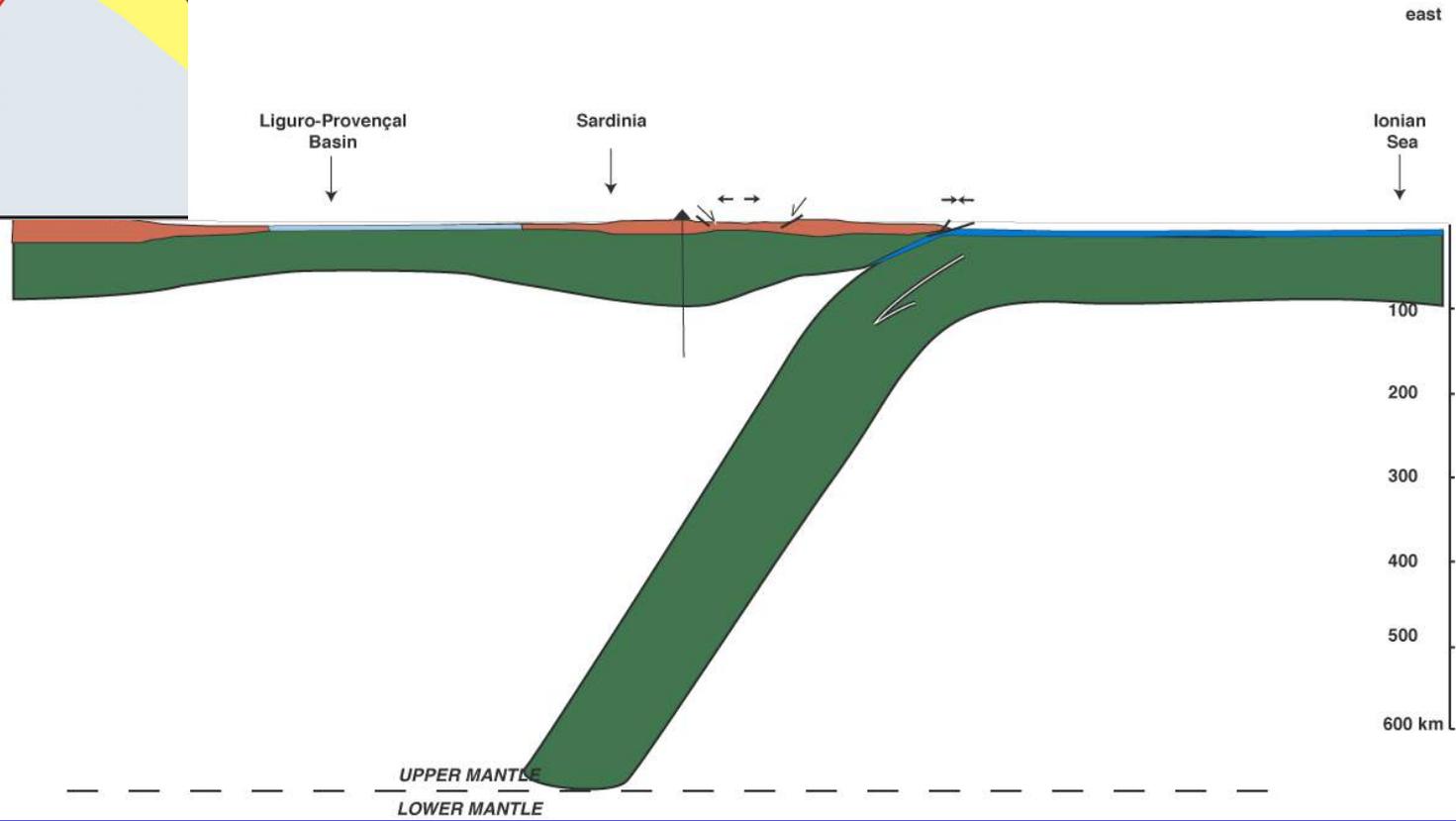
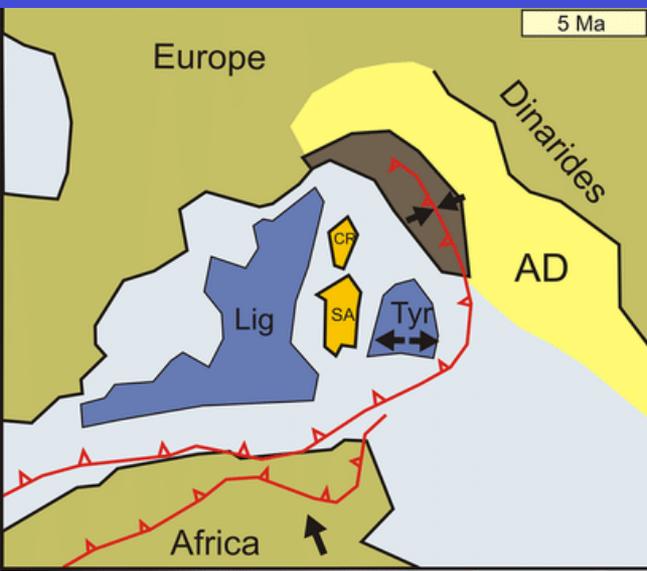
SE



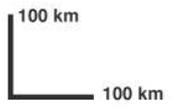
east

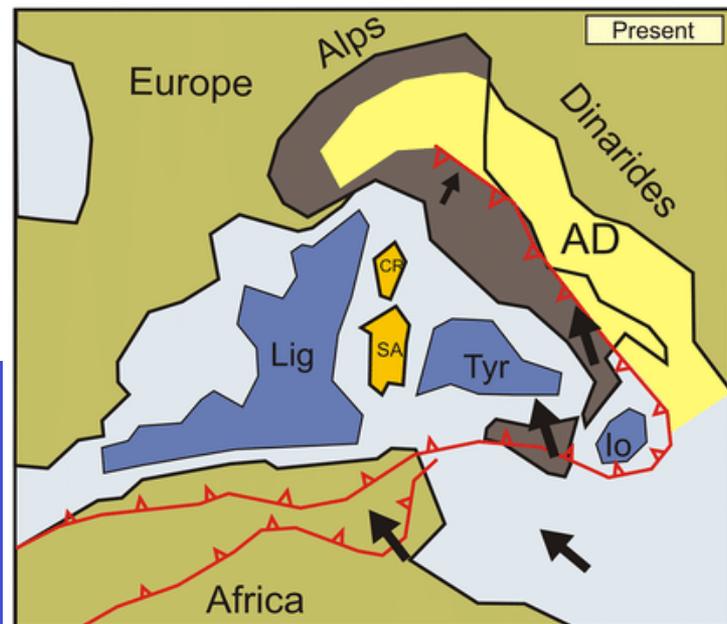
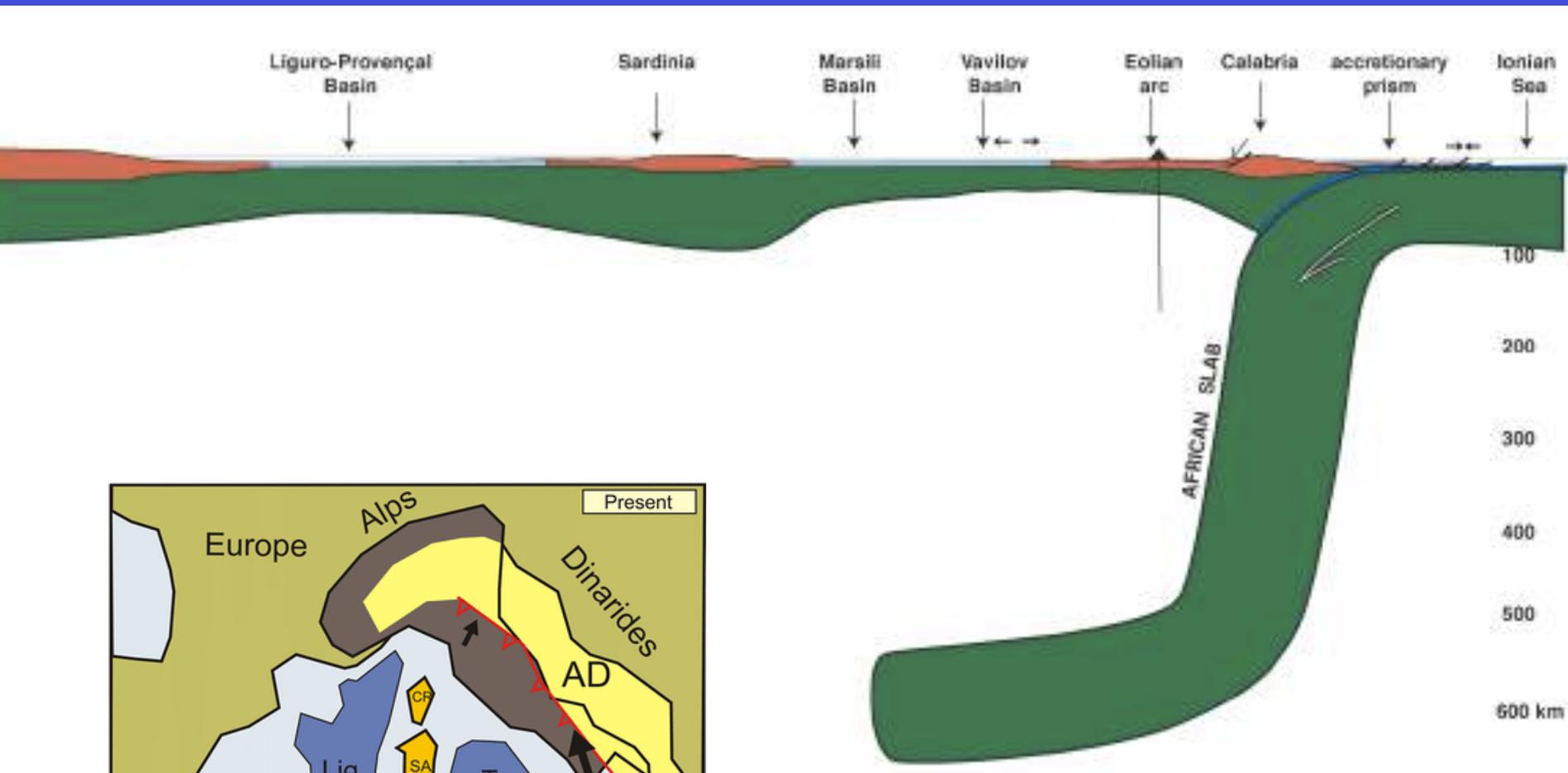
100  
200  
300  
400  
500  
600 km

UPPER MANTLE  
-----  
LOWER MANTLE



***10 - 5 Ma***



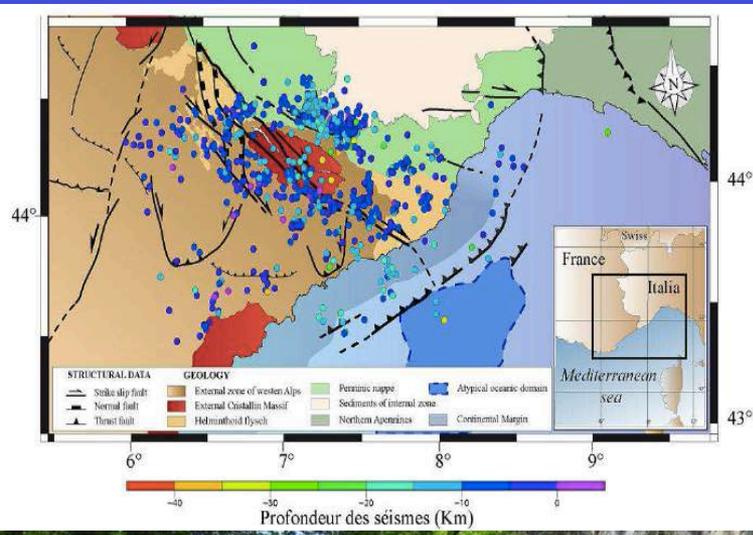




Aux cycles Varisque et Alpin, se superpose l'ouverture, il y a 25 Ma, d'un nouveau bassin océanique qui aujourd'hui forme la Méditerranée occidentale.

**Une chaîne alpine jeune, encore active et peu érodée, sectionnée transversalement par l'ouverture d'un bassin océanique qui lui est postérieur.**

*cycle  
méditerranéen  
(déformation actuelle  
et faille active)*



*Faille de Peille-Peillon*

Plan de faille de Peille, faille active qui démontre que la convergence Afrique-Europe est toujours active => les failles normales de la marge jouent en failles inverses.

