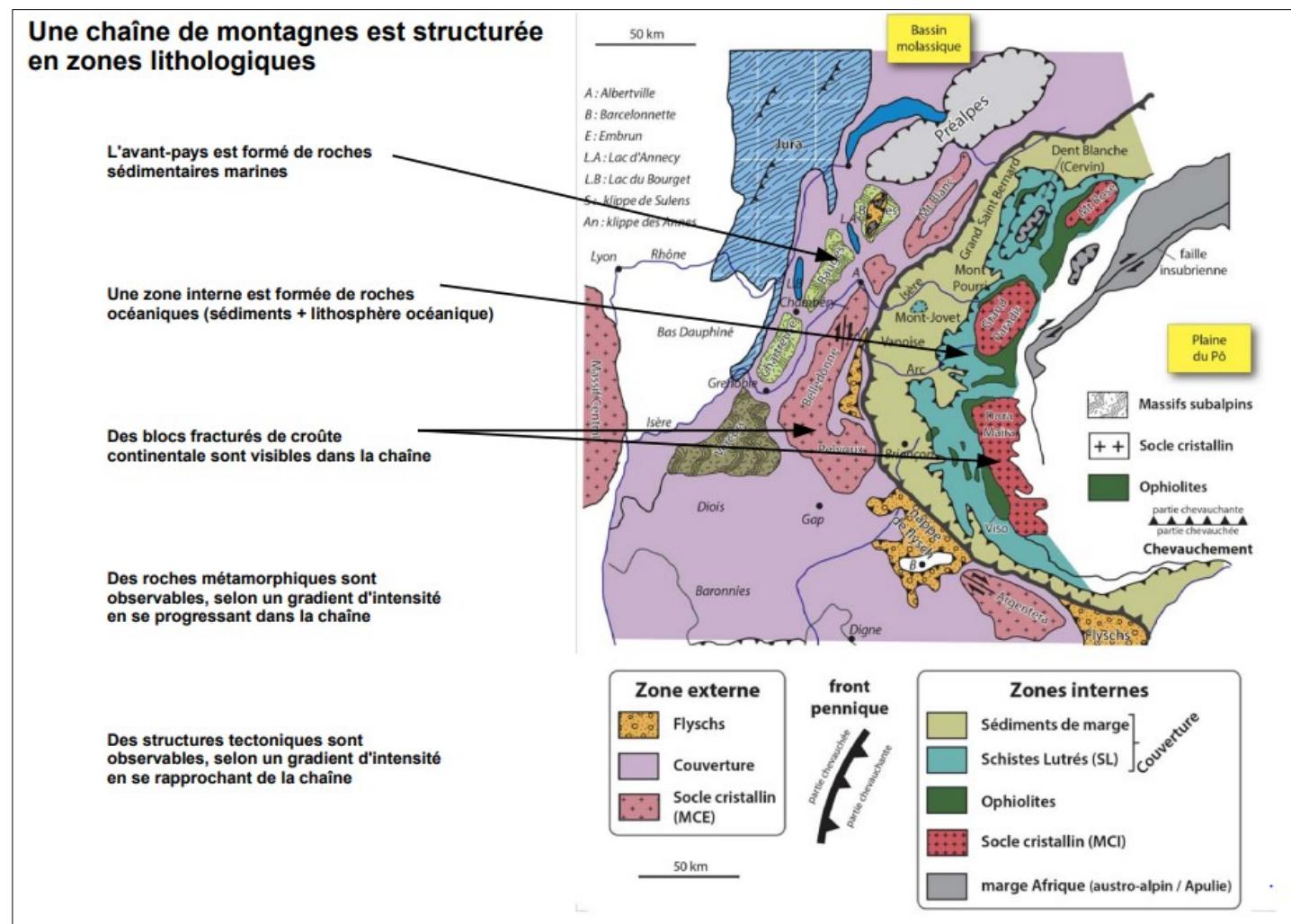


COURS / TP 2: LES MARQUEURS D'UN DOMAINE OCÉANIQUE DISPARU PAR SUBDUCTION

Bilan du TP1

Les Alpes sont découpées selon la lithologie et les accidents tectoniques en différentes zones d'axes N-S et les données géophysiques montrent un empilement d'unités crustales lié à un mouvement de convergence entre deux plaques lithosphériques séparées préalablement par un océan.



→ Cette séance se fera à partir de l'étude de la carte d'Annecy au 1/250 000 (exercice préparatoire du TP1) et de Gap au 1/250 000



Carte d'Annecy au 1/250 000

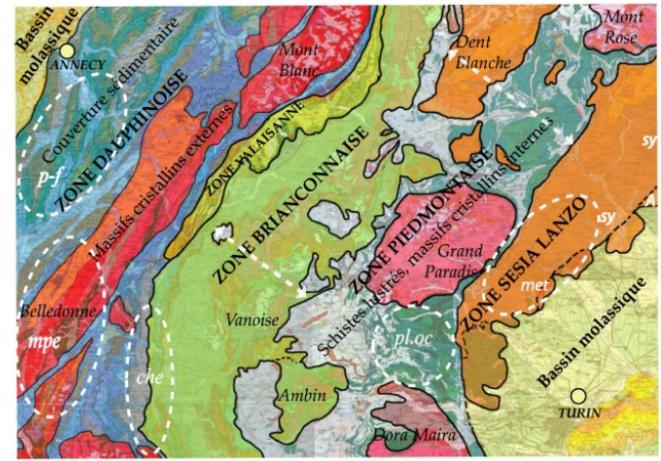


Schéma structural

II. Les marqueurs d'un domaine océanique disparu et de ses marges

1. les vestiges d'une marge passive et d'une mer épicontinentale: paléogéographie de la zone Dauphinoise et de la zone Briançonnaise

Activité 1

→ Précisez de quoi sont constitués les massifs cristallins externes et internes

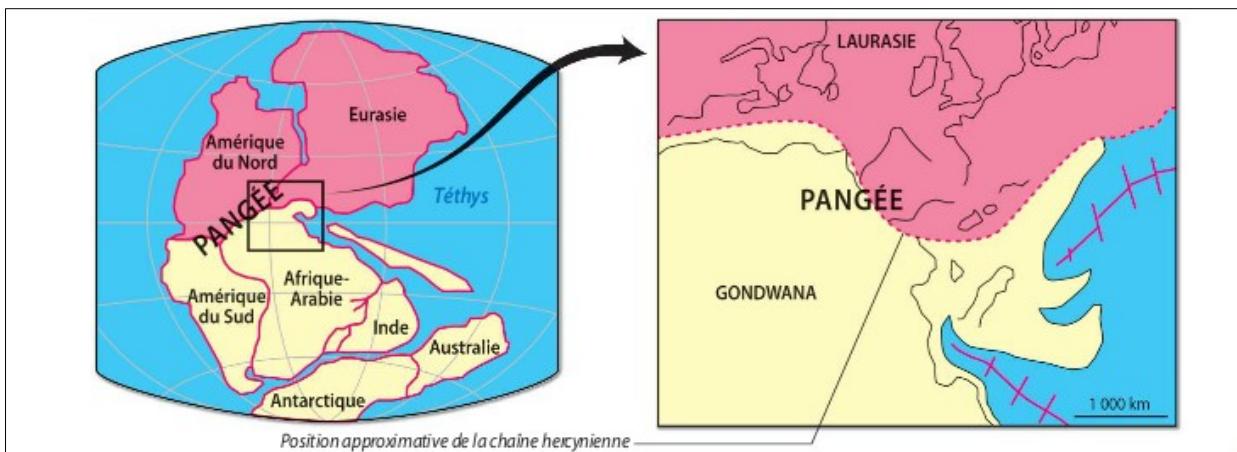
1.1 le socle européen est d'âge hercynien

Les massifs cristallins externes (Aiguilles rouges, Mont Blanc, Belledone, Pelvoux et Argentera) sont principalement formés de granitoïdes associés à des gneiss et micaschistes. Leur datation par radiochronologie donne une datation entre – 340 et – 300 Ma, ils ont donc des âges et des compositions chimiques voisines des granitoïdes constituant le Massif Central paléozoïque.

Il en est de même des massifs cristallins internes (Mont Rose, Grand Paradis et Dora Maira)

La formation de ces granitoïdes et roches métamorphiques s'est faite lors de l'orogenèse hercynienne ou varisque ayant mené à la fin du Permien, à la formation d'un super-continent la Pangée.

Le socle cristallin est recouvert de dépôts sédimentaires houillers carbonifères.

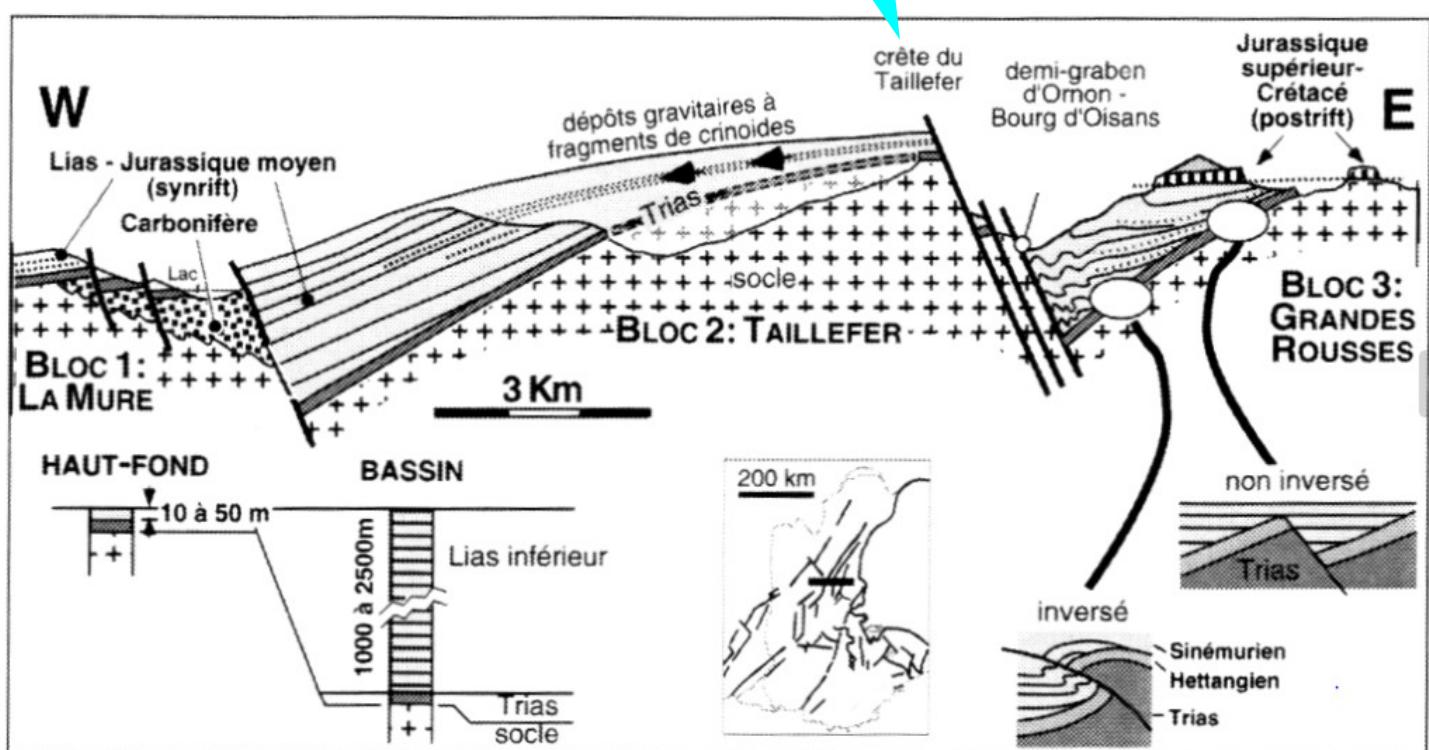


Document 1: disposition des continents au début du Trias il y a 240 MA

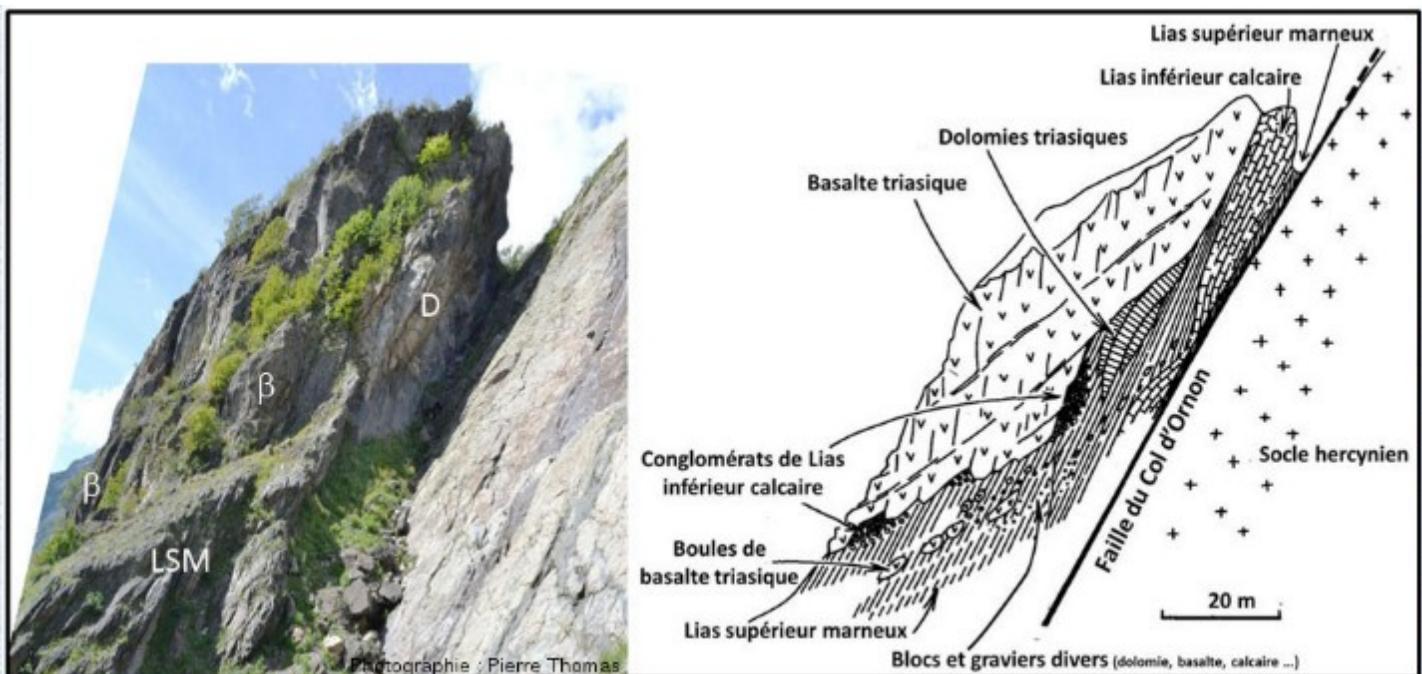
1.2 ce socle est découpé en blocs basculés

Activité 2 :

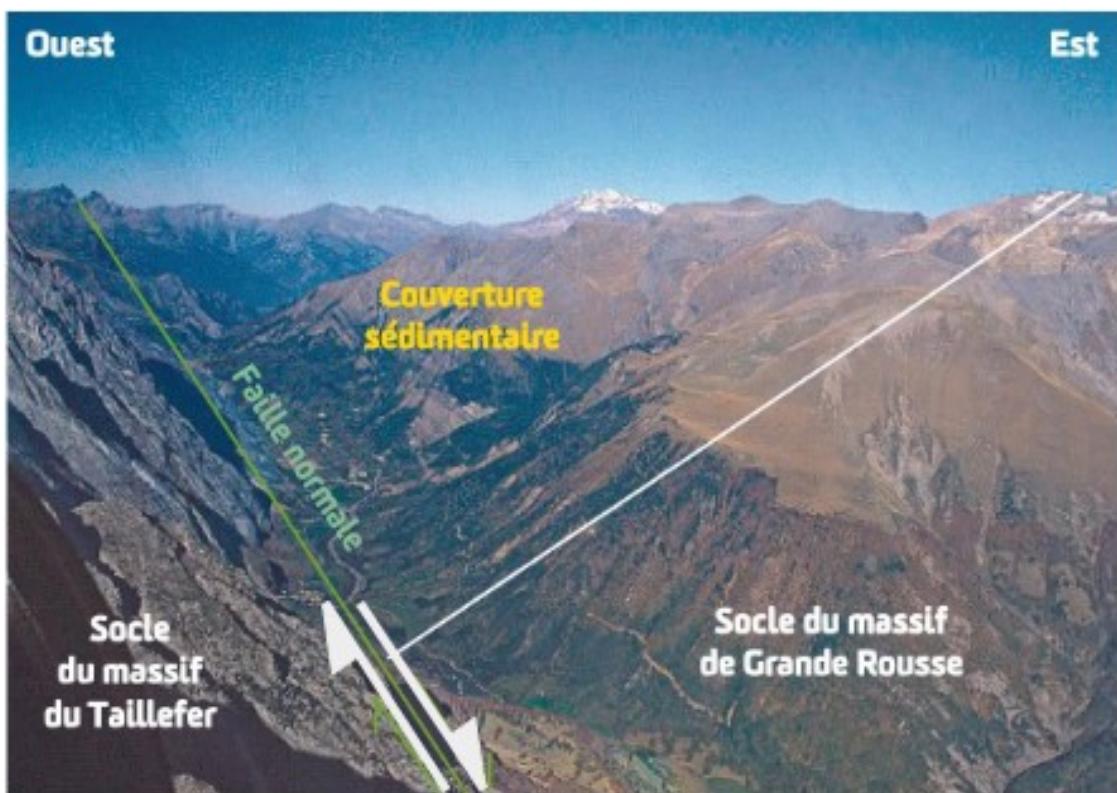
→ Dans la partie Sud Ouest de la carte d'Annecy (cf zone « mpe » sur le schéma structural), autour des massifs de Belledonne et des Grandes Rousses, et dans la partie Nord Ouest de la carte de Gap, entre les massifs de La Mure, Taillefer et des Grandes Rousses, observez la disposition de la couverture sédimentaire mésozoïque , des massifs cristallins et des failles.



Document 2 : extrait de la carte de Gap au 1/100 000 et schéma d'interprétation



Document 3 : interprétation de la faille du col d'Ormon montrant le contact anormal entre le socle hercynien et les dépôts sédimentaires mésozoïques

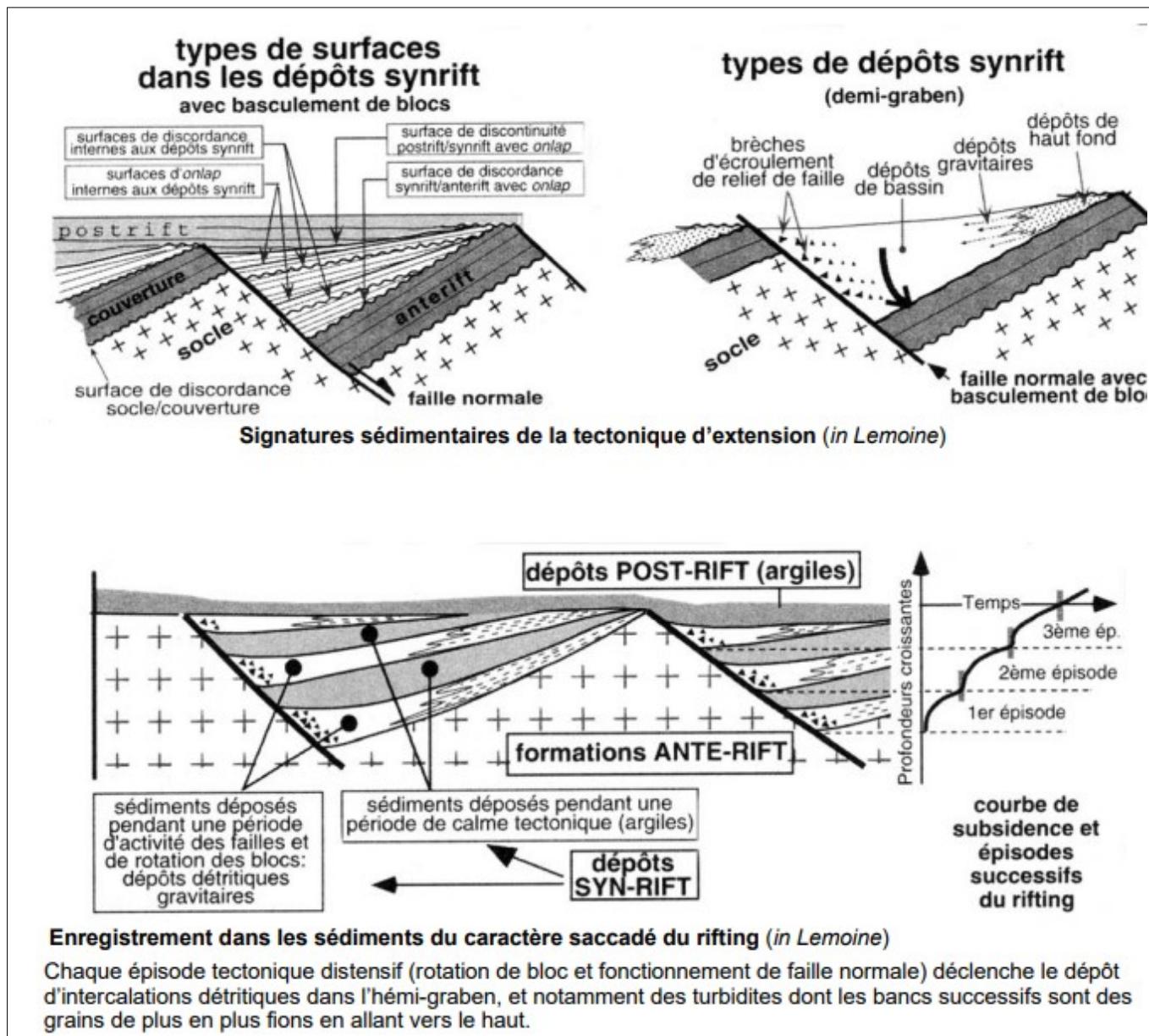


Document 4 : photographie montrant la limite entre deux blocs basculés dans le paysage

Au sud est du Massif de Belledone, on observe une alternance entre les sédiments mésozoïques (Trias, Lias et Jurassique moyen), le socle hercynien, et des jeux de failles normales (et qui ont souvent rejoué en inverse) découpant ces massifs.

On interprète ces successions comme étant des **blocs basculés témoins d'une marge passive**.

Chaque bloc fait une dizaine de kilomètres de large et est séparé des autres blocs par des failles normales qui s'incurvent en profondeur. Cette incurvation au niveau de la transition ductile/cassant de la croûte continentale permet la rotation des blocs, on parle de **failles listriques et de blocs basculés**. La plupart des blocs basculés présentent des restes de la couverture sédimentaire qui les recouvrait et la géométrie de ces dépôts sédimentaires permet de dater le **rifting**.



Document 5 : l'étude de la géométrie et de la nature des dépôts sédimentaires au niveau de blocs basculés

Activité 3 :

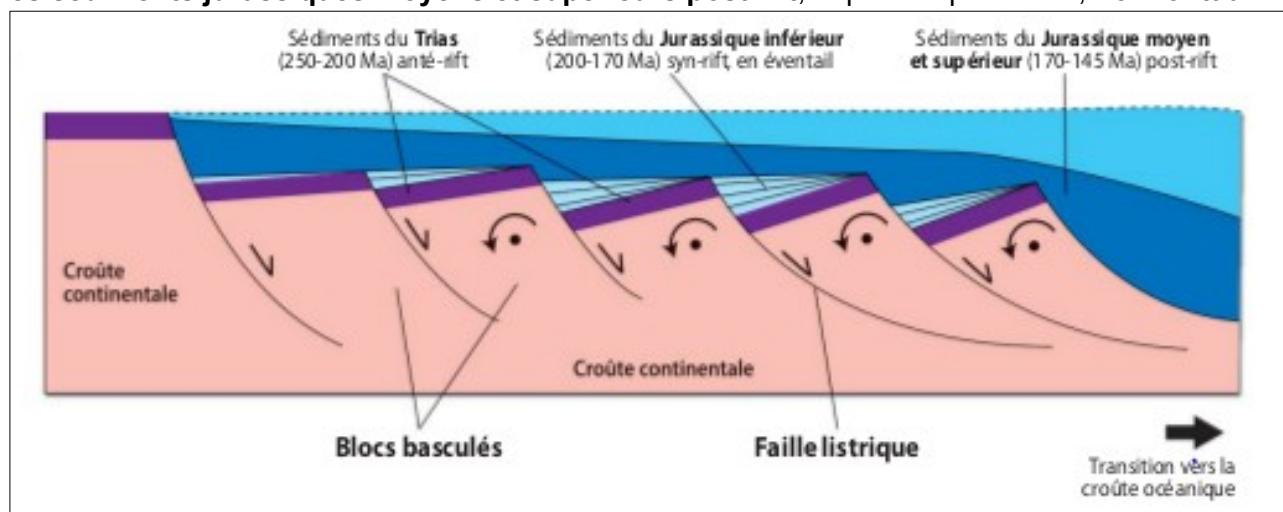
→ Expliquez d'après le document 5, comment l'étude des dépôts sédimentaires au niveau des blocs basculés permet de dater le rifting.

Selon leur géométrie, on distingue trois types de sédiments permettant de dater le rifting :

- les sédiments trias pré-rift, déposés avant le rift, constitués de couches parallèles au socle du bloc basculé,

- les sédiments lias (jurassique inférieur) syn-rift, déposés durant le rifting, disposés les uns au-dessus des autres en éventails,

- les sédiments jurassiques moyens et supérieurs post-rift, déposés après le rift, horizontaux.



Document 6 : schéma d'interprétation des dépôts sédimentaires au niveau des blocs basculés

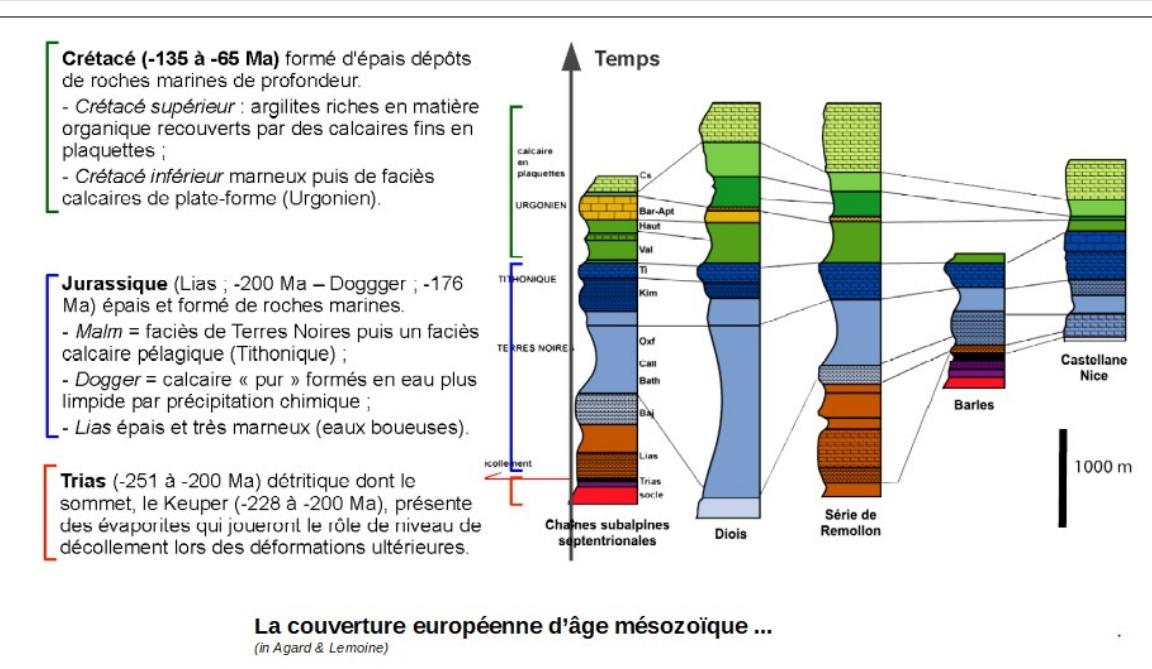
1.3 les vestiges d'une mer épicontinentale

L'exploitation des archives sédimentaires et l'étude des fossiles de faciès, le long de la zone dauphinoise permet de reconstituer les paléoenvironnements.

Activité 4 :

→ A l'aide de la notice de la carte d'Annecy, du document ci dessous et de vos connaissances de 1e année, différenciez la nature des sédiments de la couverture mésozoïque et leurs fossiles et faire le lien avec les paléoenvironnement dont ils témoignent.

Document 7 : épaisseur de la couverture mésozoïque

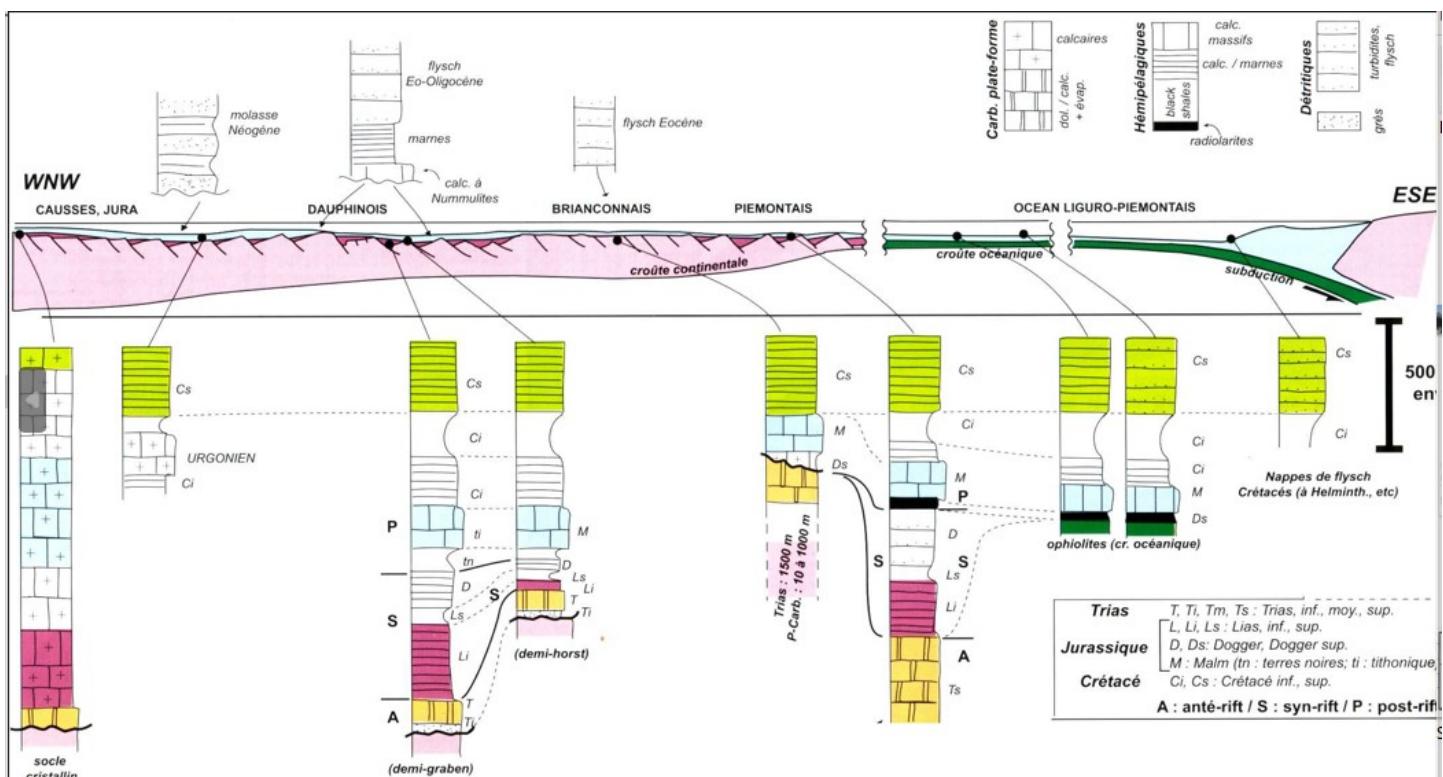


- Au Trias (-251 à -200 Ma), les sédiments sont des **roches détritiques et des évaporites** qui témoignent d'un environnement peu profond, souvent émergé, bassin de recueillement des produits d'érosion de la chaîne hercynienne voisine.

- Au Jurassique (-200 à -176 Ma) épais, la sédimentation marine montre des **boues puis des calcaires** témoignant d'un milieu pélagique correspondant à une **mer épicontinentale**. Il y a donc eu **augmentation de la profondeur et une subsidence provoquée par le rifting**.

Remarque : dans plusieurs régions, les dépôts dans le Briançonnais sont marqués par des lacunes fréquentes, des dolomies avec fantômes de gypse et des fentes de dessiccations, montrant le côté émergé de plusieurs régions, cela témoigne de la formation d'une péninsule dite « **île Briançonnaise** » correspondant à un **épaulement du rift** que la mer ne submergeait qu'épisodiquement.

- Au Crétacé (-135 à -65 Ma), les **sédiments urgoniens** (Crétacé inférieur) **de la zone Dauphinoise externe** contiennent des **rudistes** témoignant d'un milieu récifal, donc une mer chaude peu profonde au niveau d'une plate forme, alors que plus à l'est vers la zone Briançonnaise, les dépôts sont plus épais et suggèrent des **hauts fonds océaniques**

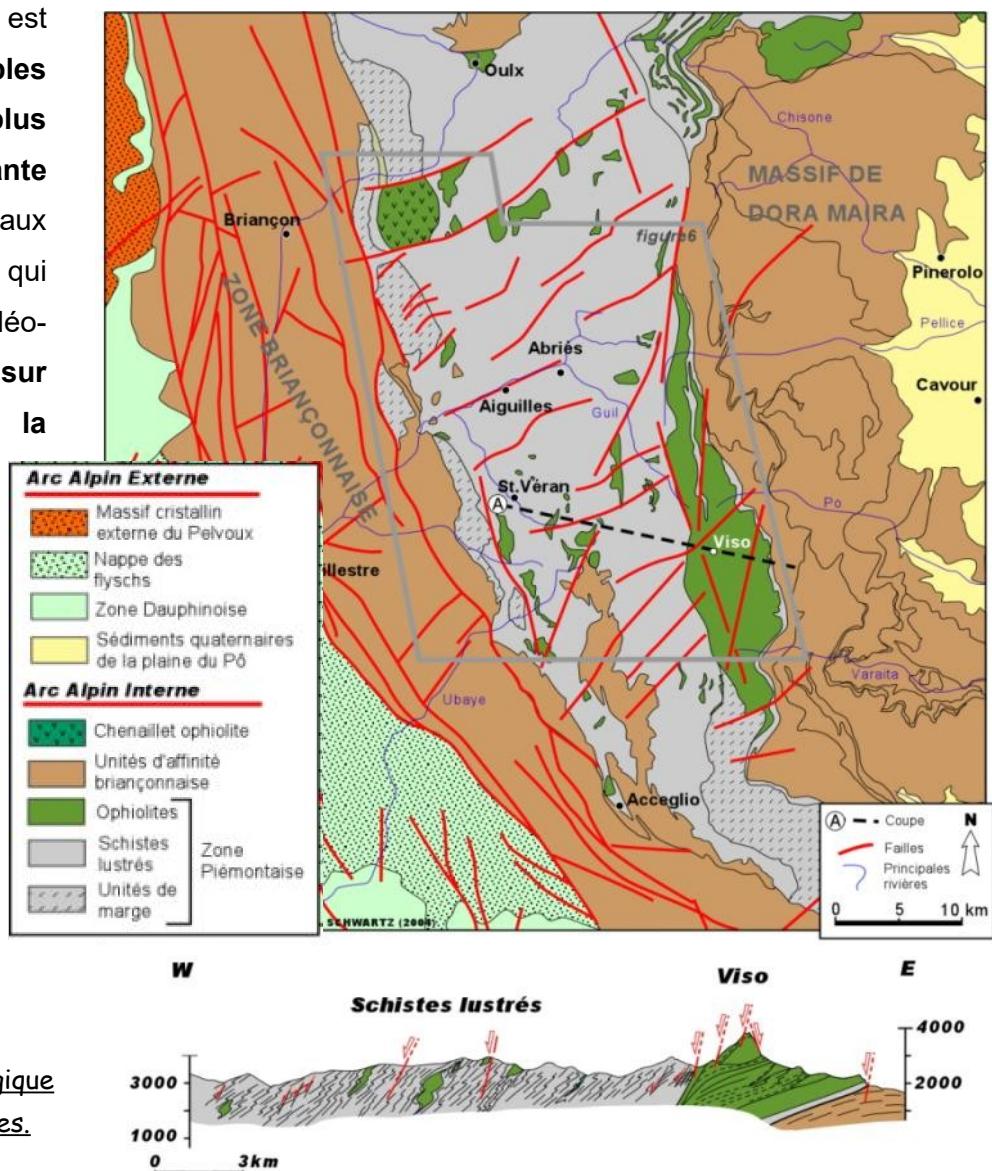


Document 8 : synthèse stratigraphique des sédiments alpins mésozoïques

En conclusion, les sédiments de la couverture mésozoïque témoignent d'une **augmentation de la colonne d'eau** que seul le phénomène de **rifting suivi d'expansion océanique (drifting)** peut expliquer.

2. les vestiges d'un ancien domaine océanique : paléogéographie de la zone Liguro-piémontaise

La zone liguro-piémontaise est constituée par deux ensembles juxtaposés, la partie la plus occidentale est à dominante sédimentaire et correspond aux unités de Schistes Lustrés qui peuvent être assimilées à un paléoprisme d'accrétion et qui reposent sur des unités ophiolitiques dans la partie plus orientale.



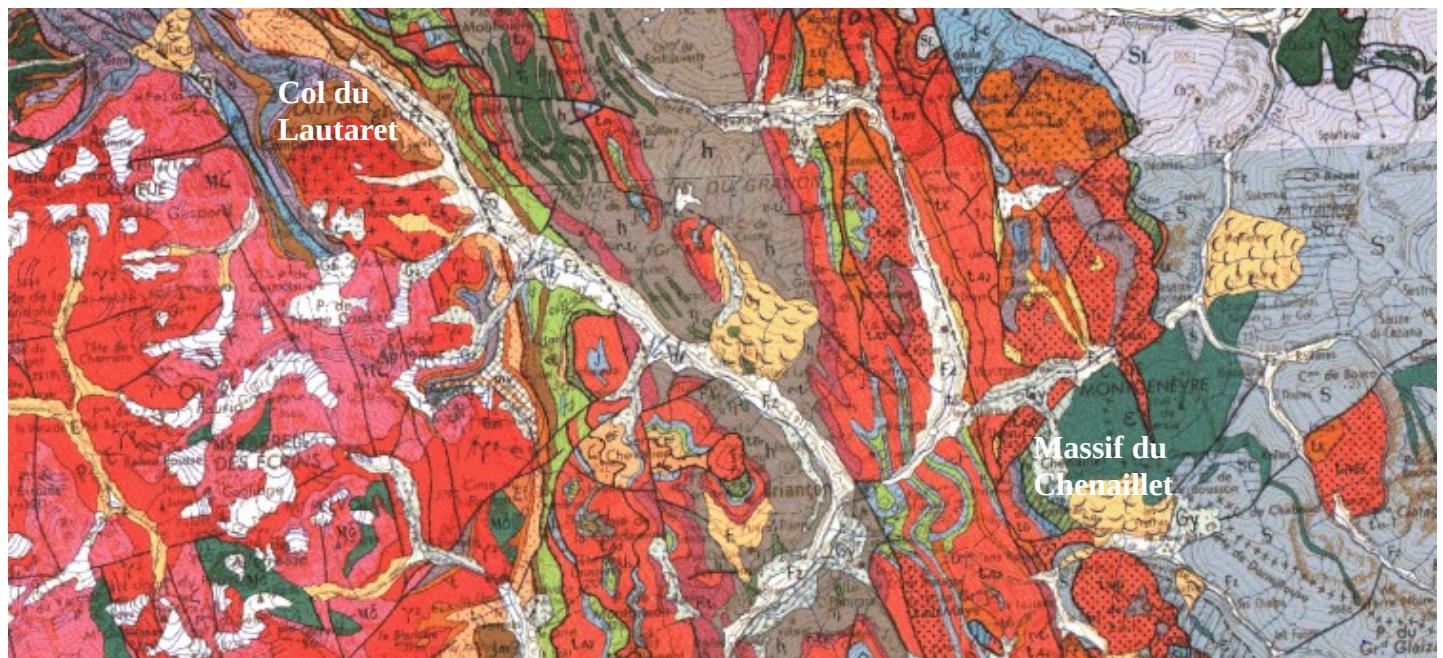
Document 9 : Carte et coupe géologique de la partie sud des Alpes occidentales.

Activité 5 :

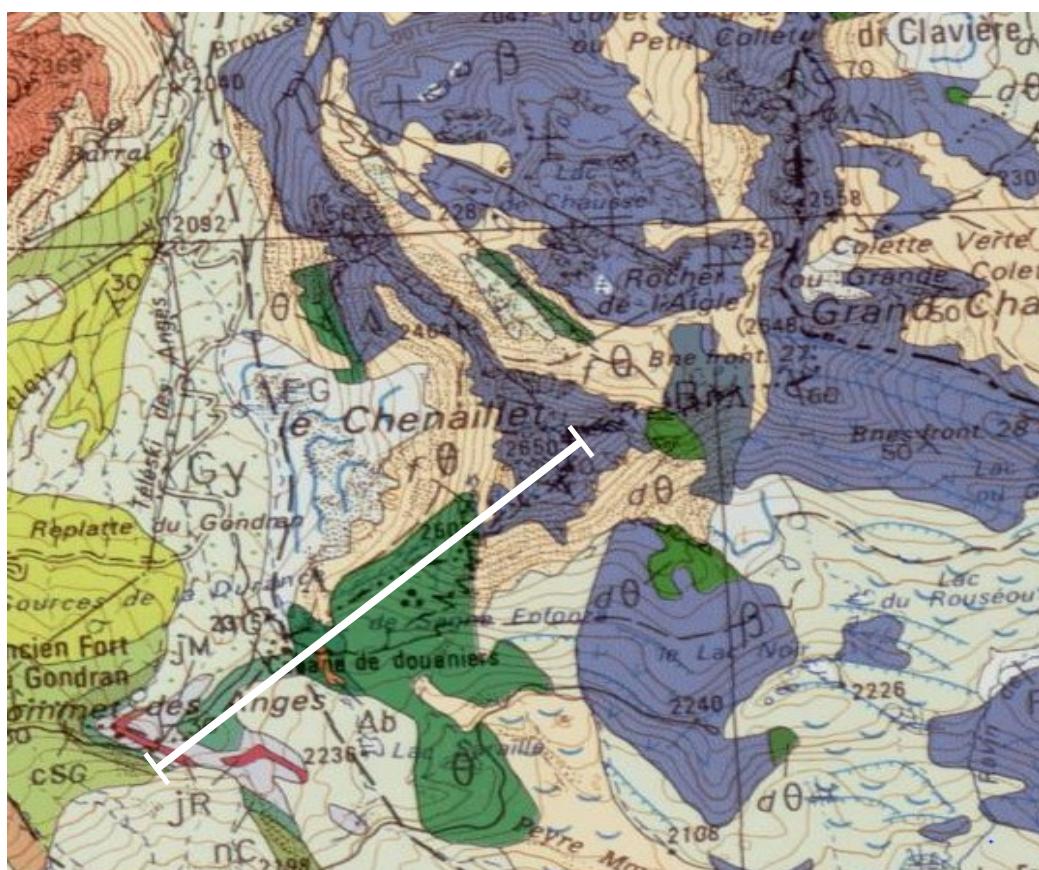
→ Retrouvez les témoins du plancher océanique sur la carte d'Annecy ((cf zone « ploc » sur le schéma structural) et précisez les caractéristiques de la couverture sédimentaire.

2.1 le socle océanique témoigne d'une dorsale lente

On trouve ainsi dans la zone liguro piémontaise de nombreuses ophiolites plus ou moins métamorphisées témoignant de l'existence de l'océan alpin ou ligurien ou thétysien.



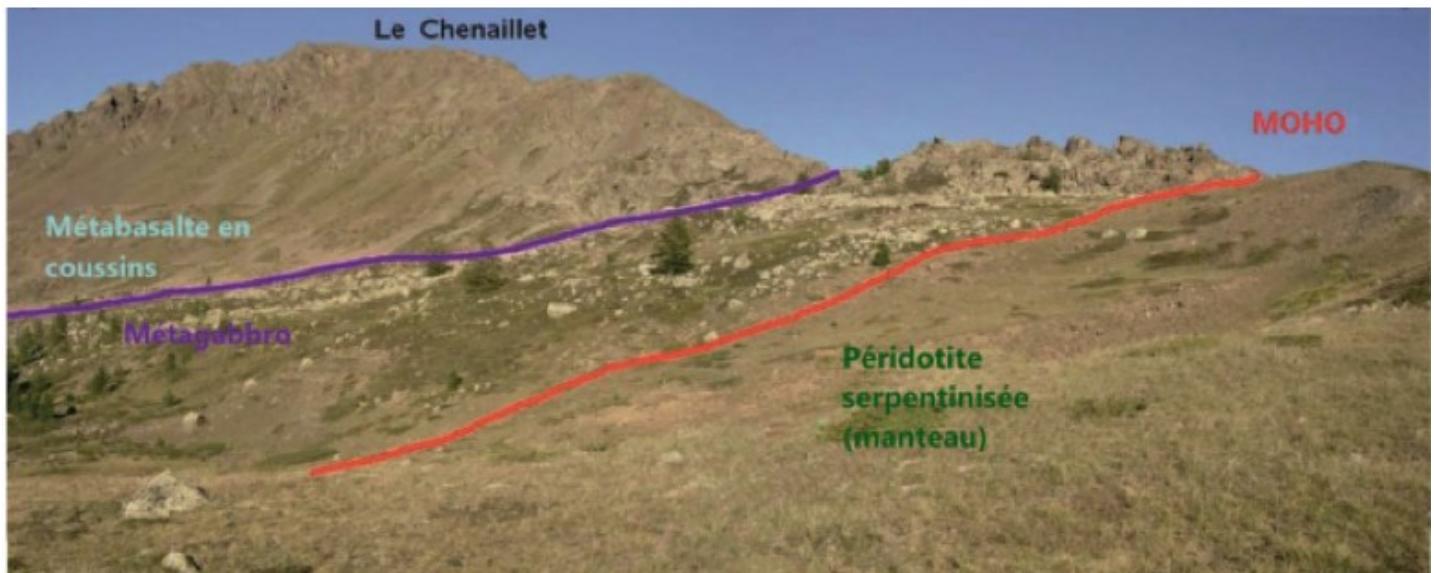
Document 10 : extrait de la carte de Gap au 1/250 000 et localisation du Chenaillet



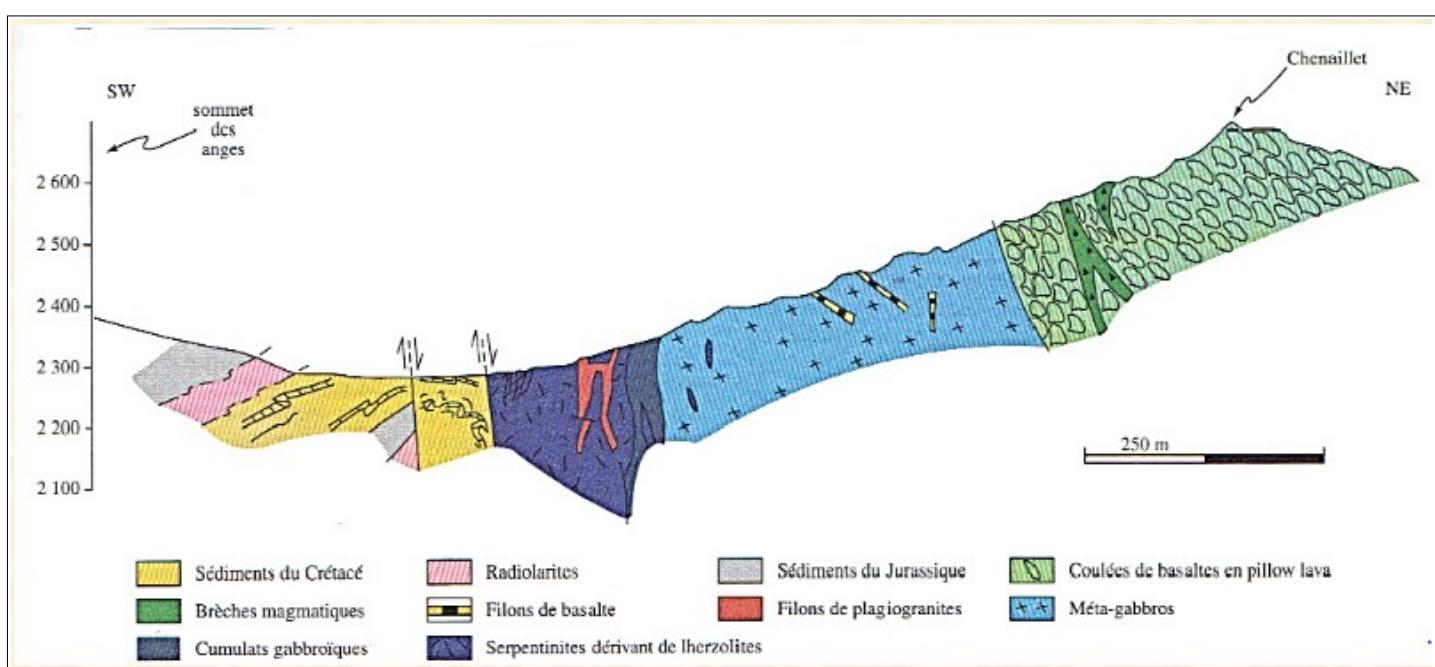
Document 11 : extrait de la carte de Briançon au 1/50 000

β = basaltes, θ = gabbros, Λ = péridotites

Les ophiolites du Chenaillet témoignent de l'activité d'une dorsale lente à ultralente, elles permettent d'observer au fur et à mesure qu'on les gravit des serpentinites, des gabbros puis des basaltes en coussins plus ou moins métamorphisés, par endroits surmontés de radiolarites. Ces dernières par le principe d'actualisme, attestent d'un milieu marin relativement profond.



Document 12 : photographie du paysage dans le massif du Chenaillet



Document 13 : Coupe SO-NE au niveau du Chenaillet (cf doc 11)

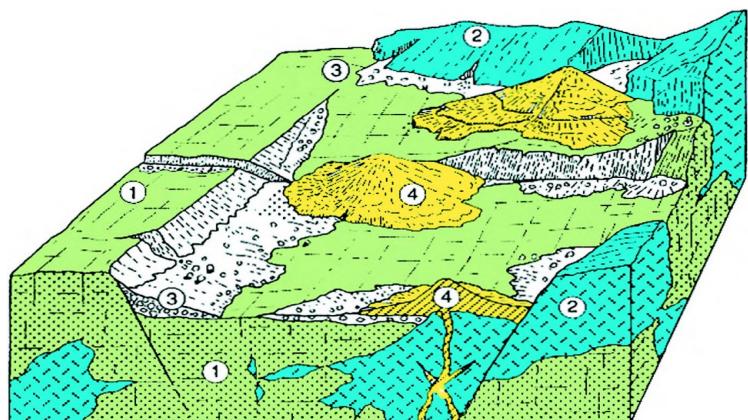
La croûte océanique de l'océan alpin est de faible épaisseur (moins d'1 km). **La péridotite serpentinisée** est parfois directement au contact avec des sédiments océaniques ce qui témoigne de l'absence de production de croûte en certaines portions. Cette **péridotite** est de plus de type **Iherzolithe**, la dorsale de l'**océan alpin** présentait donc les caractéristiques d'une **dorsale lente avec une faible production magmatique** (similaire à la dorsale médio-Atlantique actuelle).

1 : manteau (Iherzolite) serpentiniisé ;

2 : gabbros intrusifs dans le manteau supérieur ;

3 : brèche de talus = produits de démantèlement des serpentinites et des gabbros ;

4 : volcans à laves en coussins (= pillow-lavas)



Document 14 :une proposition de reconstitution du fond de l'océan alpin : une dorsale lente (Lagabrielle)

Remarque : dans la zone valaisanne, on remarque également la présence d'ophiolites. Ce sont des reliques d'un second océan, l'océan valaisan qui s'est formé au Crétacé moyen détachant de la plaque Europe, l'Ibérie, le bloc corso sarde et une partie de la zone briançonnaise. Sa durée de vie est courte, il disparaît par subduction dès la fin du Crétacé supérieur.

2.2 La couverture océanique, l'ensemble hétérogène des schistes lustrés

Les **sédiments originaires de l'océan alpin** sont des sédiments formés par un **mélange de calcaire et d'argile**. Par **métamorphisme**, l'argile recristallise en minéraux feuillettés et brillants, les **micas** à l'origine du terme de **schistes lustrés**.

Ces **schistes** reposent en discordance sur la zone briançonnaise par **chevauchement**, ils ne sont donc pas en place actuellement, ils **ont été charriés lors de leur exhumation**.

Ils contiennent des **radiolaires**, organismes siliceux pélagiques vivants actuellement dans des **eaux profondes et froides océaniques**. Ces radiolarites renforcent le modèle d'un océan alpin précédent la formation des Alpes.

Les premières boues à **radiolaires** qui scellent les coulées basaltiques dans les massifs ophiolitiques ont été datées paléontologiquement de la fin du **Jurassique moyen** (-160 Ma) et les **basaltes** ont été datés de façon absolue au niveau du **Jurassique supérieur** (-170 -130 Ma), cela permet de dater l'ouverture de l'**océan alpin à la fin du Jurassique**.

D'autres schistes lustrés sont datés du Crétacé et permettent de la même manière de préciser que cette ouverture s'est poursuivie jusqu'au Crétacé.

Le domaine des Schistes Lustrés correspond donc à l'accumulation d'importants volumes de matériel sédimentaire associé à des reliques de croûte océanique.

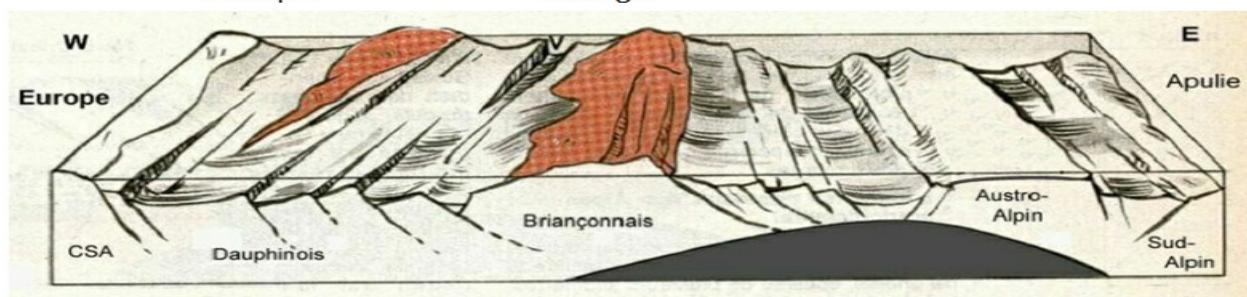
En conclusion : reconstitution de l'histoire Alpine : l'ouverture de l'océan ligurien

Zone dauphinoise:

Bloc basculés des massifs cristallins externes
Sédiments anté-rift triasique

Zone briançonnaise:

Lacunes de sédimentations triasiques
Milieu souvent émergé



Au trias, début du rifting

Zone dauphinoise:

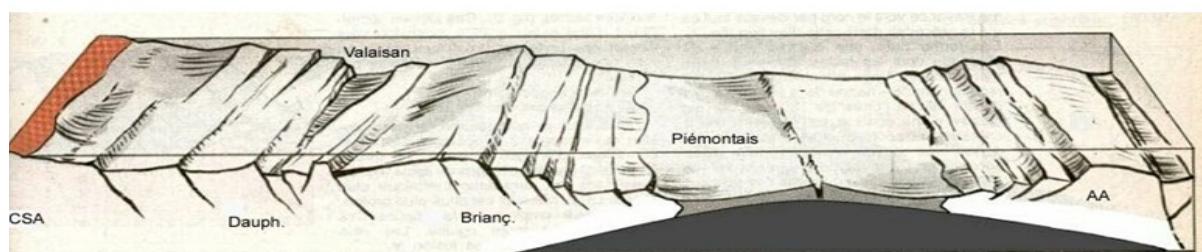
Bloc basculés des massifs cristallins externes
Sédiments syn-rift jurassique

Zone briançonnaise:

Lacunes de sédimentations jurassique
→ Haut fond

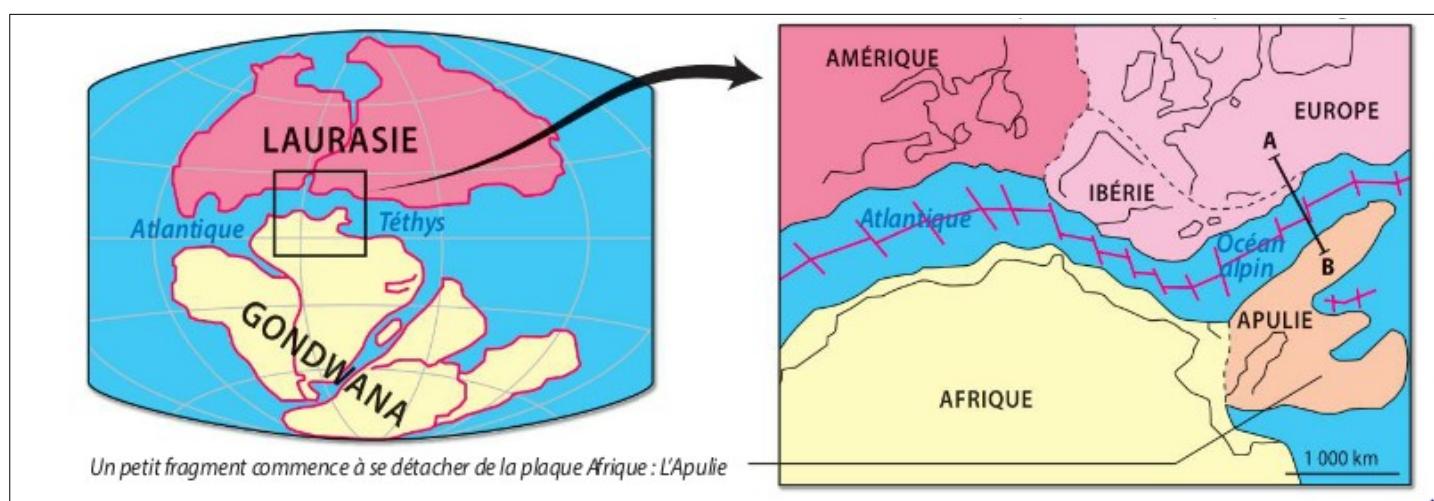
Zone liguro-piémontaise:

Ophiolites
Basalte de type MORB
Sédiments océaniques



Formation d'une lithosphère océanique au Jurassique

Cet âge est en accord avec le modèle d'une ouverture couplée de l'océan ligure et de l'Atlantique central (reliés par la faille de transfert de Gibraltar).

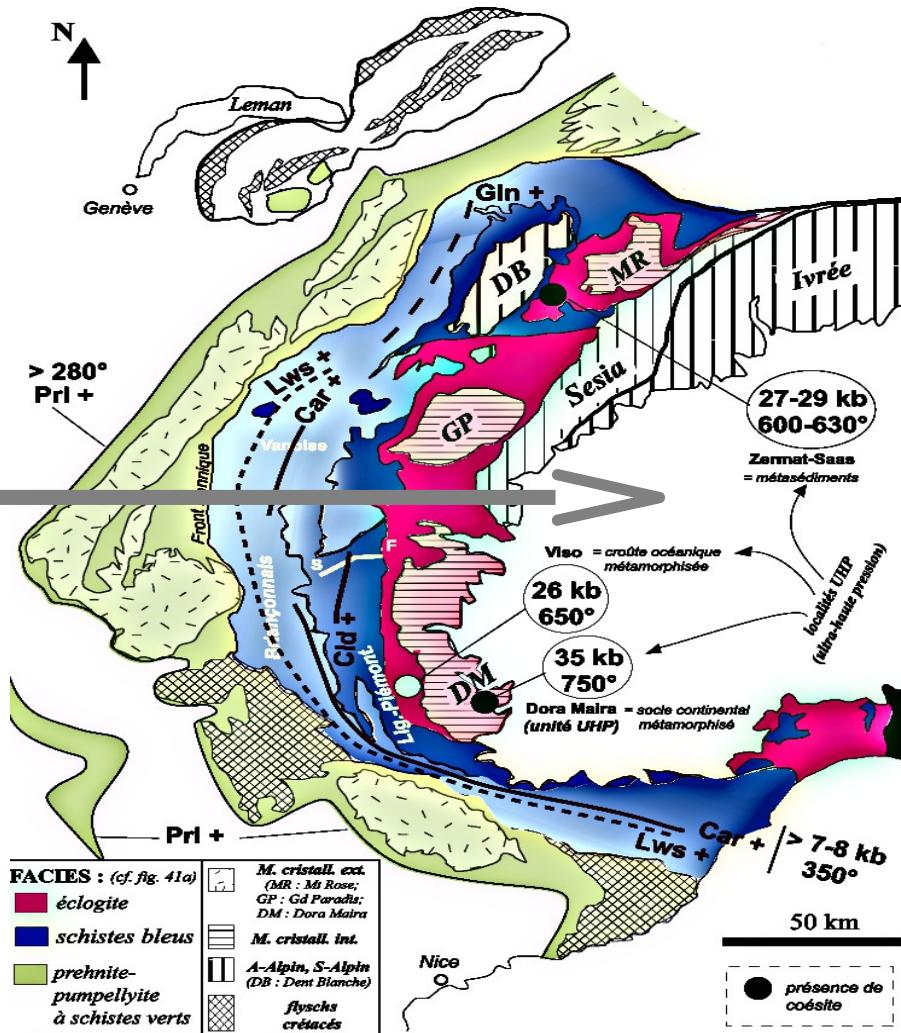


Document 15 : formation de l'océan alpin et position des continents au milieu du Jurassique (-165 Ma)

III. Les marqueurs d'une subduction océanique puis continentale → cf STG cours et TP

Activité 6 :

→ Décrivez le métamorphisme dans les Alpes au niveau des différentes zones et précisez à quel gradient il correspond.



Minéraux : Car : carpholite, Cld : chloritoïde, Gin : glaucophane, Lws : lawsonite, Prl : pyrophyllite
 Localités : S : Sestrières, F : Fenestreille

Gradient de métamorphisme Ouest → Est dans les Alpes (in Lemoine)

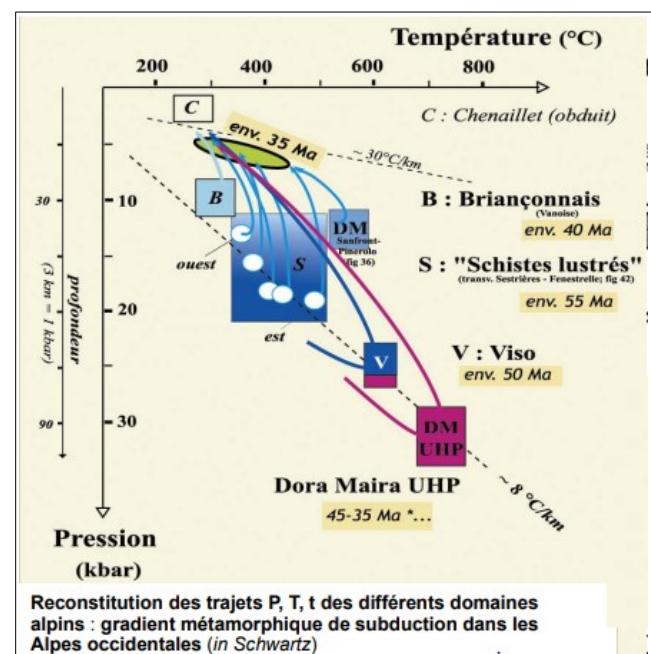
Couverture de la marge (Dauphinois & Piémontais) métamorphisée dans les **faciès schiste vert** (Ouest) et **schiste bleu** (Est) → métacalcaires = calcschistes = Schistes Lustrés liguro-piémontais.

Socle océanique métamorphisé dans les faciès **schiste bleu** et **éclogite** → métagabbros.

Socle européen de bas de marge (= Dora Maira) métamorphisé dans le faciès **éclogite UHP** (méta-grès continentaux, avec phengite (mica blanc) et des inclusions de coésite).

Cette roche est d'origine continentale (phengite) et a été enfouie à plus de 100 km (coésite).

Document 16 : Gradient de métamorphisme dans les Alpes (Agard & Lemoine)



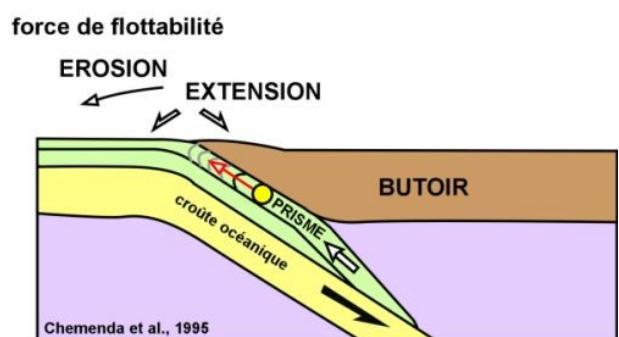
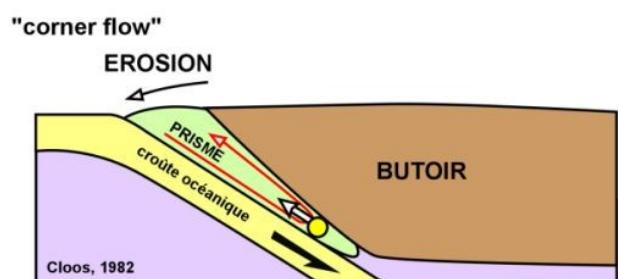
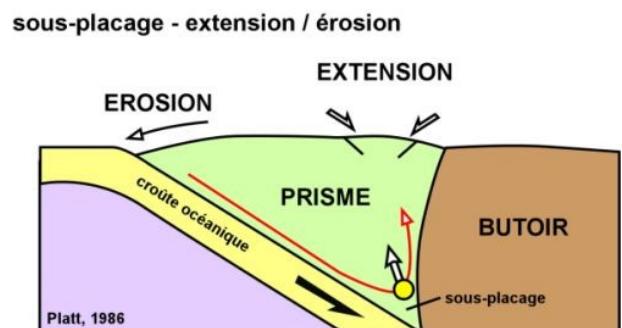
1. Les marqueurs de la subduction océanique

Les différentes unités des Schistes lustrés piémontais montrent systématiquement des paragenèses de HP-BT avec des conditions métamorphiques évoluant d'ouest en est, depuis les conditions du faciès des schistes bleus de basse température (8 kbar - 300°C) pour les unités les plus à l'ouest jusqu'à la transition éclogite-schistes bleus (13 kbar - 450°) pour les unités les plus à l'est.

Ces Schistes lustrés représentent un paléo-prisme d'accrétion dont la dimension n'a cessé d'augmenter au cours du temps par le rabotage progressif des sédiments déposés sur le plancher océanique de la plaque subduite européenne sous la plaque chevauchante apulienne agissant comme un butoir.

Ainsi, un empilement d'écailles sédimentaires essentiellement constituées de matériel pélagique et d'une petite fraction dérivée de la croûte océanique s'est constitué à l'avant du prisme à l'ouest tandis qu'à l'arrière, l'alimentation du prisme se faisait par sous-placage en continu de roches sédimentaires métamorphisées à des profondeurs de plus en plus importante le long du plan de subduction puis exhumées. Ce phénomène en continu permet d'expliquer l'évolution progressive des conditions P-T observées au sein des Schistes Lustrés.

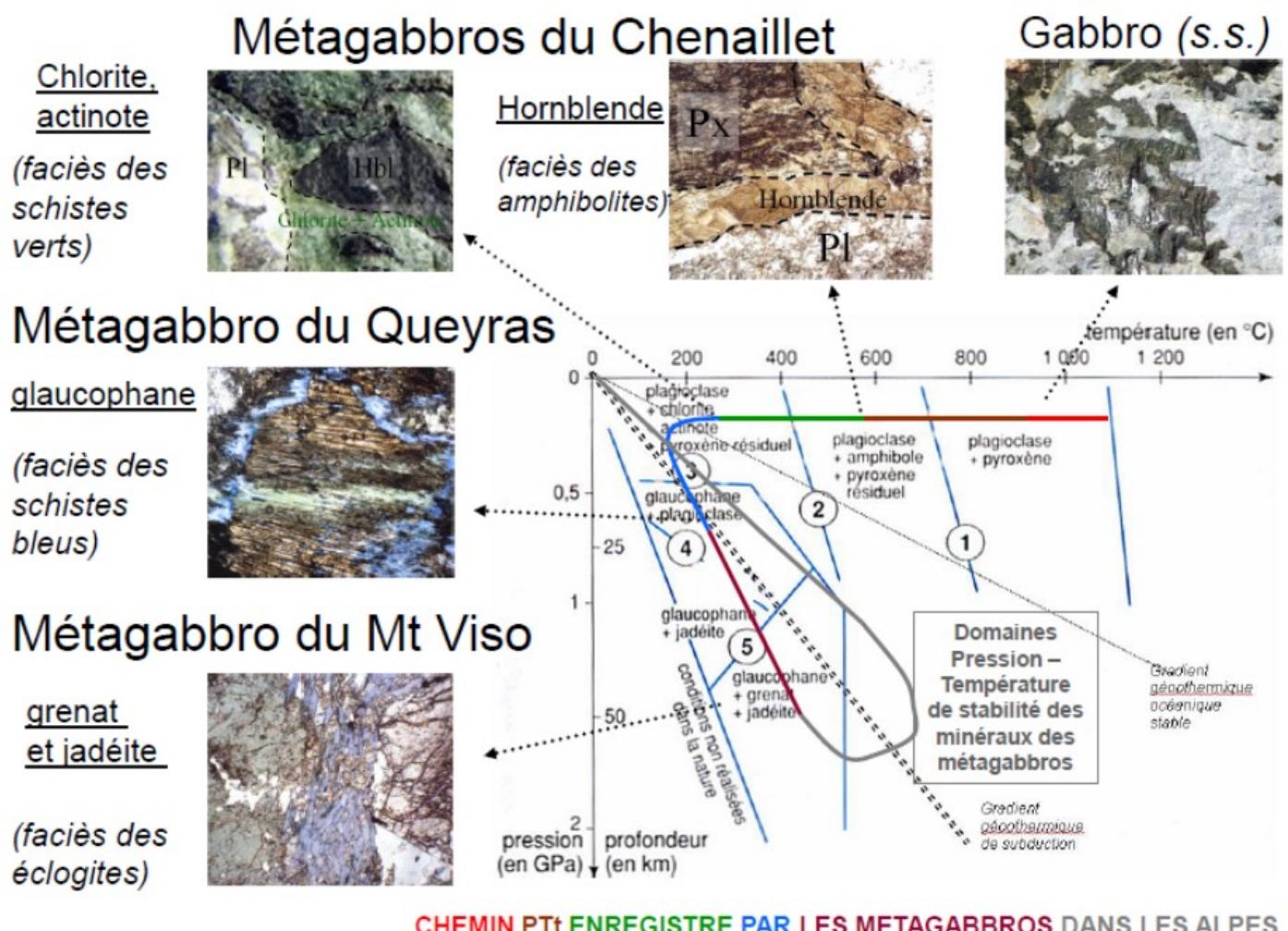
L'observation de ce paléo-prisme d'accrétion des Schistes lustrés, signe donc la présence de la subduction liée à la fermeture de l'océan liguro-piémontais débutée au Crétacé.



Document 17 : modèle permettant d'expliquer la formation du prisme d'accrétion des Schistes Lustrés et leur exhumation après avoir atteint des faciès HP-BT (Chemenda & al, 1995)

Les métagabbros récoltés dans la partie orientale de la zone liguro-piémontaise, en fonction du faciès métamorphique qu'ils présentent, correspondent aux deux types d'ophiolites possibles :

- les ophiolites du Queyras (St Véran doc 9) et du Mont Viso, présentent des métagabbros avec des paragenèses typiques des schistes bleus et des éclogites caractéristiques d'un gradient HP-BT : ces ophiolites ont donc été subductées puis exhumées en surface. (\rightarrow cf STG cours)
- les ophiolites du Chenaillet présentent des métagabbros avec des paragenèses typiques des schistes verts liées à l'hydrothermalisme au voisinage des dorsales mais ne présentent pas de minéraux témoins de HP-BT, : ces ophiolites ont donc été obductées



Document 18 : diversité des métagabbros des ophiolites de la zone liguro-piémontaise et chemin PT associé.

Les ophiolites sont donc le témoin de la disparition de l'océan alpin par subduction de la marge Européenne sous la marge Apulienne chevauchante.

2. les marqueurs de la subduction continentale : étude de la zone de la Sesia et la Doria Maira

Dans les zones de la Sesia et la Dora Maira, la croûte continentale européenne est également métamorphisée et présente des quartzites sédimentaires et de la coésite, caractéristique d'une ultra haute pression à 90 km de profondeur.

Cela indique que ces roches ont été enfouies très profondément et témoigne d'une **subduction continentale**.

La lithosphère océanique plongeant sous la lithosphère de l'Apulie a donc entraîné avec elle le début de la lithosphère continentale Européenne : cela marque le début de la collision entre l'Europe et l'Apulie, à l'origine de la formation des relief Alpins → cf TP3

En conclusion : reconstitution de l'histoire alpine : la disparition de l'océan alpin

Zone dauphinoise:
Flyschs Crétacé et
Éocène

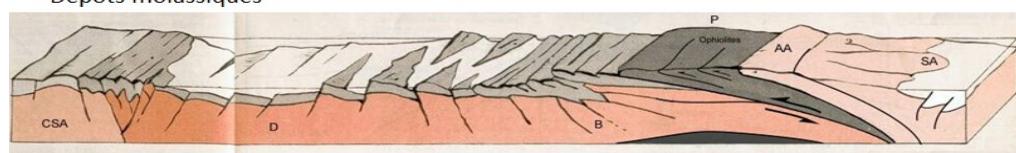
**Zone liguro-
piémontaise:**
Métamorphisme de
subduction
continentale et
océanique



Zone dauphinoise:
Déformations post-
Crétacé
Dépôts molassiques

Zone briançonnaise:
Chevauchements

**Zone liguro-
piémontaise:**
Métamorphisme
rétrograde



Fin de la subduction de la marge européenne à l'Éocène (Paléogène)

Document 19 : fermeture de l'océan alpin