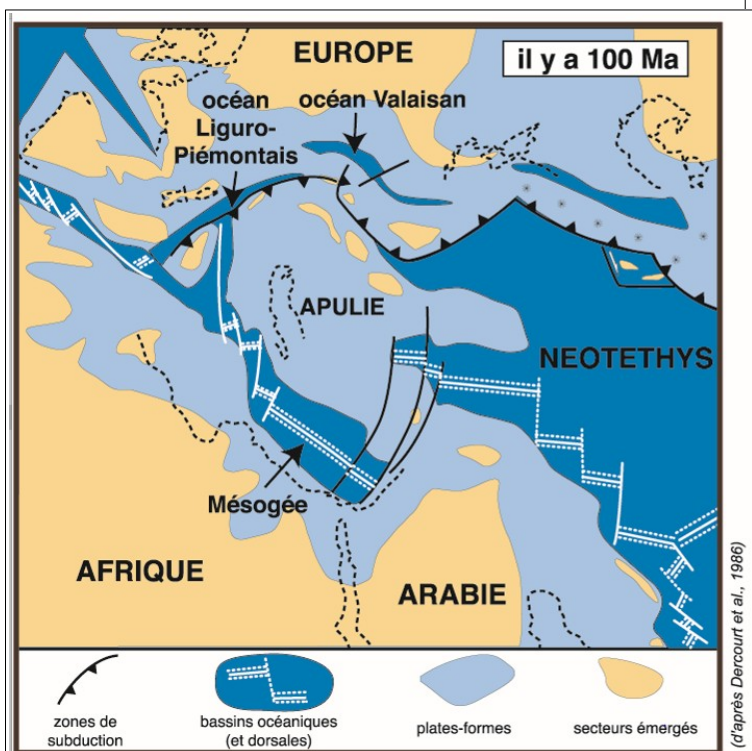
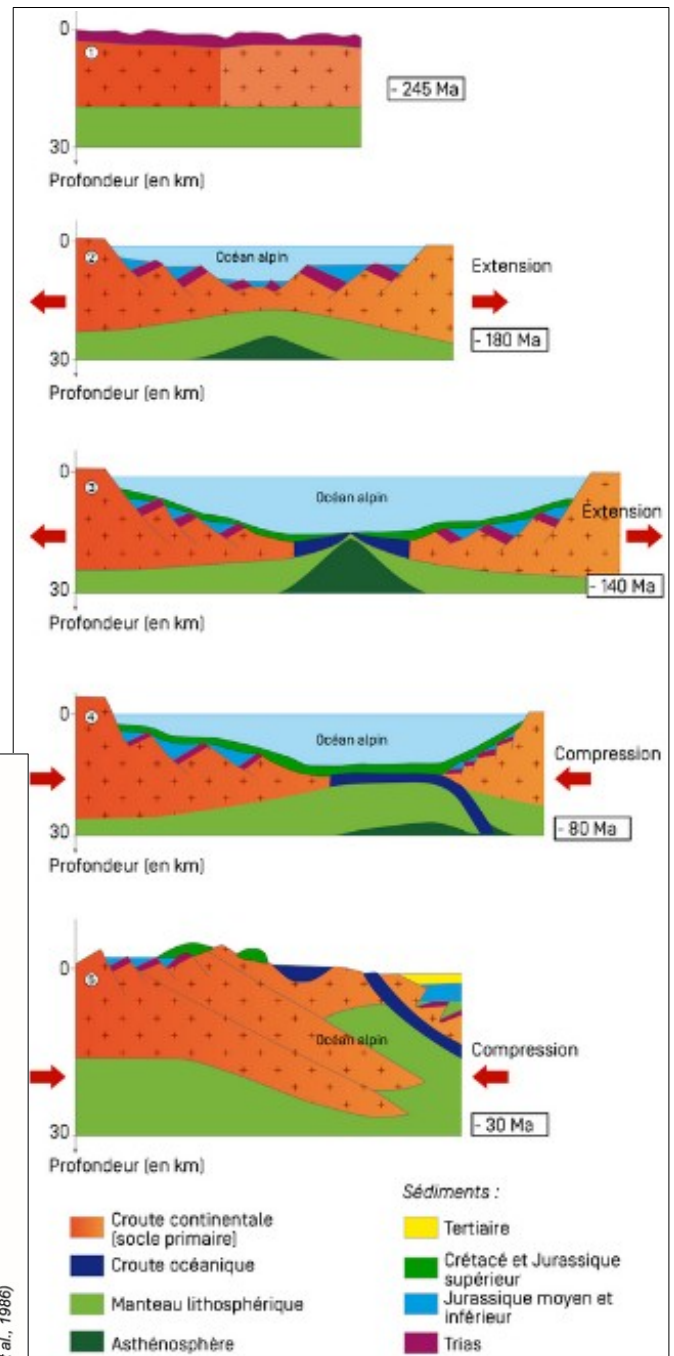
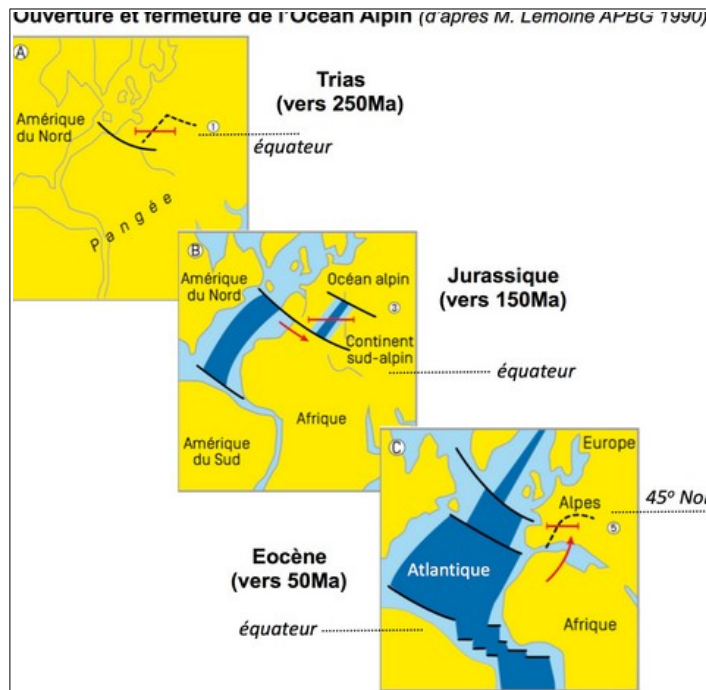


COURS / TP 3: LES MARQUEURS DE LA COLLISION ET DE L'ÉROSION DE LA CHAÎNE ALPINE

Bilan du TP

A la fin du Trias, un phénomène de **rifting** aboutit à l'**ouverture de l'Océan Atlantique Central** au début du **Jurassique** et provoque un **coulissement de la plaque Afrique vers l'Est**, ce qui engendre un **contexte d'extension** entre la plaque Europe et l'Apulie qui ouvre l'**Océan Ligure**.

Par la suite, l'**ouverture de l'Atlantique Sud** engendre une **rotation vers le Nord Est de la plaque Afrique** et crée un **contexte de convergence** entraînant au début du **Crétacé** le **début de fermeture de l'Océan Ligure** par subduction.



IV. Les marqueurs de la collision et l'érosion de la chaîne actuelle

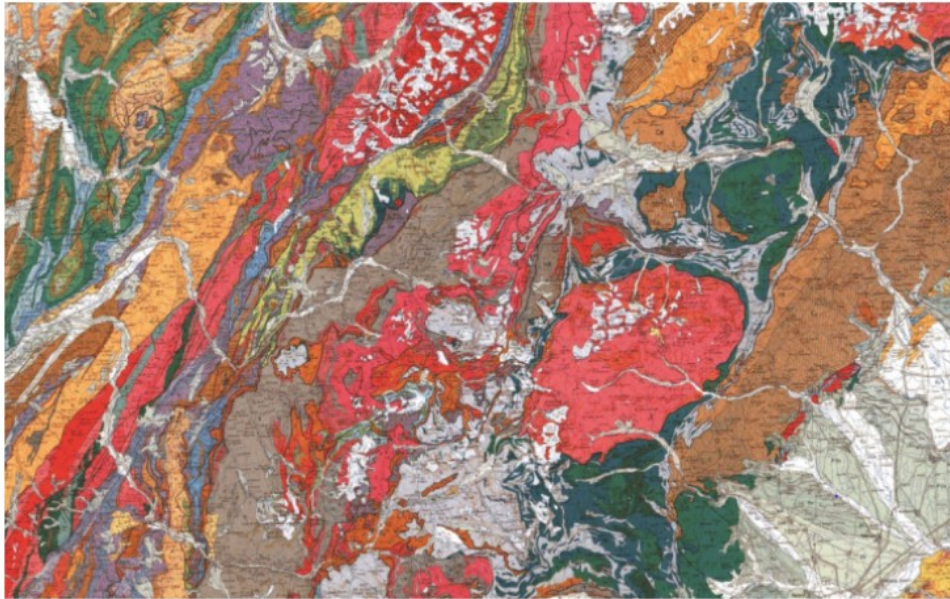
1. étude des déformations et datation de la collision

1.1 les plis et failles inverses

Activité 1 :

Repérez sur la carte d'Annecy au 1/250 000 les plissements de la couverture sédimentaires dans la zone dauphinoise au nord ouest.

Précisez la direction de ces plis et les terrains qu'ils affectent.



Carte d'Annecy au 1/250 000



Zones internes

Activité 2 :

A partir de la carte au 1/50 000 d'Annecy :

- réalisez une coupe géologique à main levée le long du trait AB tracé en utilisant le profil topographique fourni et l'extrait de carte avec sa légende



reconstituer l'histoire géologique de la région en précisant les principes de datation utilisés.

Mettez en relation la photographie du Massif des Bornes ci-dessous avec votre travail de coupe et légendez la photographie.

Photographie de la rive droite du Fier en aval de La Balme de Thuy.

Le Mont Téret est au centre de la photographie.

Source : [http://www.geol-alp.com/bornes/ general_bornes_aravis/tecto_bornes.html](http://www.geol-alp.com/bornes/general_bornes_aravis/tecto_bornes.html)



vue septentrionale de la chartreuse



pli faille de Sassenage près de Grenoble



la faille du Pas de Guiguet en Chartreuse

Activité 3 :

Réalisez un schéma simplifié des déformations observées sur les 3 photos ci-dessus en utilisant la page suivante

En conclusion :

Les sédiments marins se sont déposés en milieu plus ou moins profond avec des phases de régression et d'érosion mis en évidence par lacunes sédimentaires.

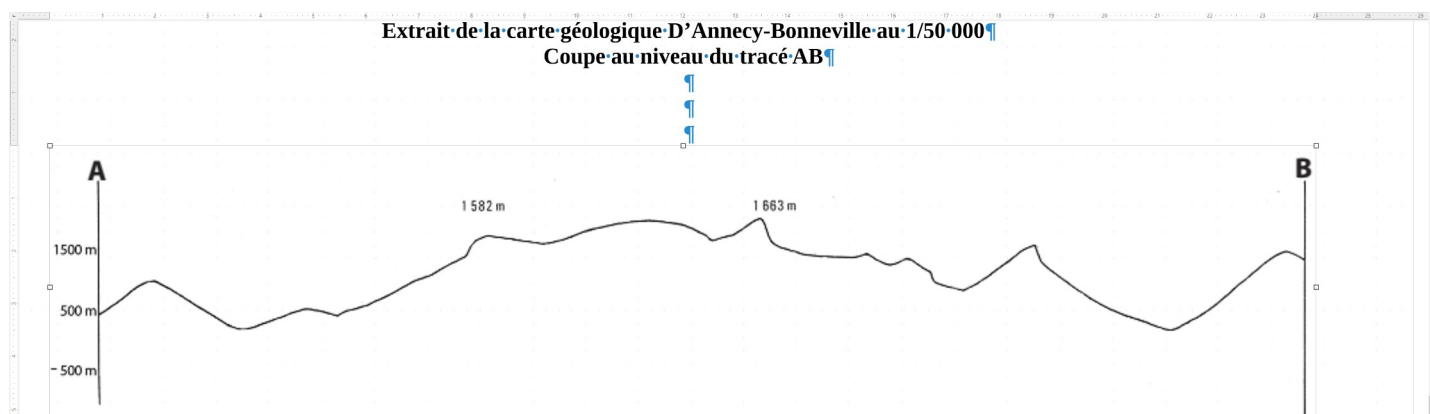
Les plis déforment tous les terrains jusqu'à l'Oligocène, ils témoignent d'une déformation ductile et continue en contexte de convergence.

Les failles inverses affectent ces plis, elles sont donc postérieures et témoignent d'une déformation cassante et discontinue en contexte de convergence. Ces failles inverses conduisent à un raccourcissement et un épaissement de la couverture sédimentaire, elles sont à l'origine des écaillés de la couverture subalpine qui se chevauchent d'Est en Ouest.

Ces déformations peuvent être observées à différentes échelles.



Jz	Cône de déjection	GyF	Glaciaire de la vallée du Fier	Crétacé	Cs	Turonien - Campanien : Calcaires sublithographiques
JEB	Cône d'éboulis	GyA	Glaciaire de la vallée de l'Arve		n7-C1	Albien - Cénomane
Jeb	Cône d'éboulement	Gyc	Alluvions glaciaire Wurm : Moraine caillouteuse		n4-5	Barrémien - Bédoulien (faciès urgonien) : Calcaires compacts
FzT	Tourbières	g2	Oligocène inf à moy : Flysch indifférencié		n3C	Hauterivien : Calcaires gréseux
Fz	Alluvions modernes de vallée	g1	Oligocène inf : Marnes à Foraminifères		n2-3a	Valanginien - Hauterivien inf : Alternances calcaires-marnes
Gy	Glaciaire local	es-6	Eocène moy et sup : calcaires à Nummulites		n1b	Berriasien : Marnes schisteuses



Activité 4 :

Légendez et caractérisez les déformations présentes sur les photographies sur l'activité 3

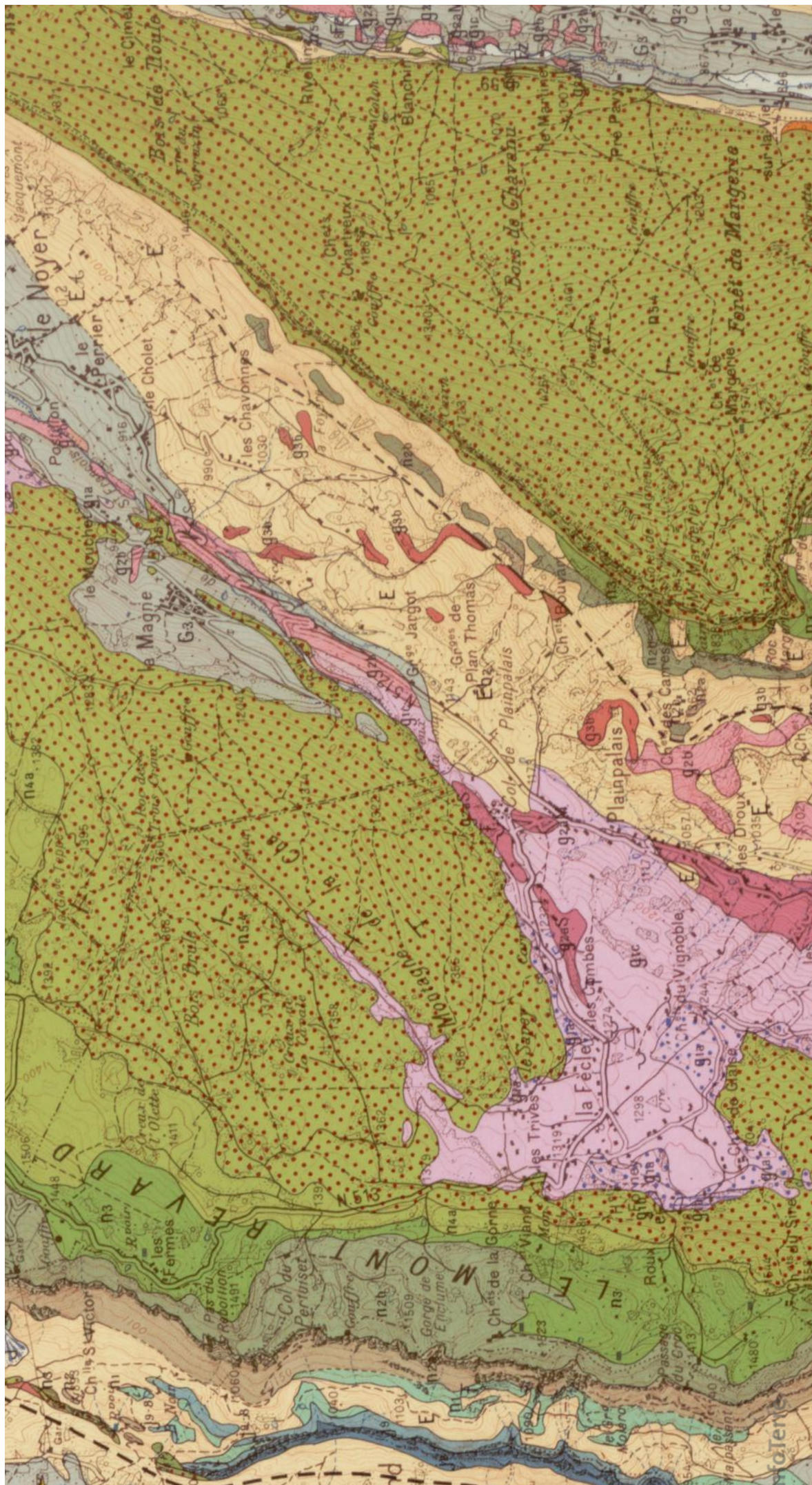
1.2 les chevauchements

Activité 5 :

Repérez sur la carte d'Annecy au 1/250 000 les nombreux chevauchements et précisez leur direction ainsi que les terrains mis en contact. (déjà entrevu lors des TP (précédents))

Activité 6 :

Exécutez un schéma structural de l'extrait de la carte de Chambéry présenté page suivante

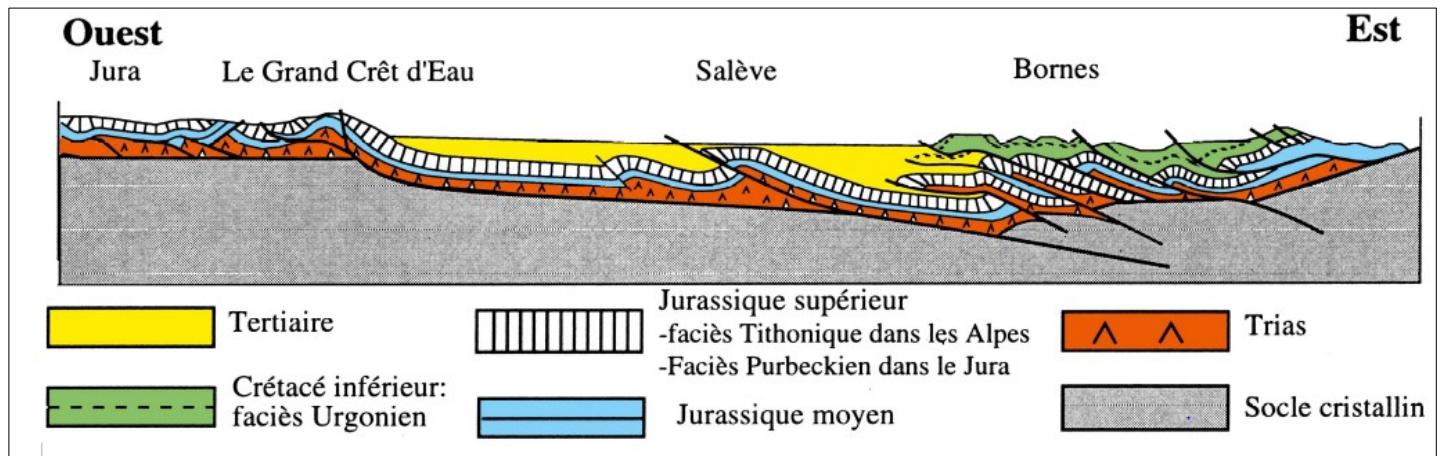


En conclusion :

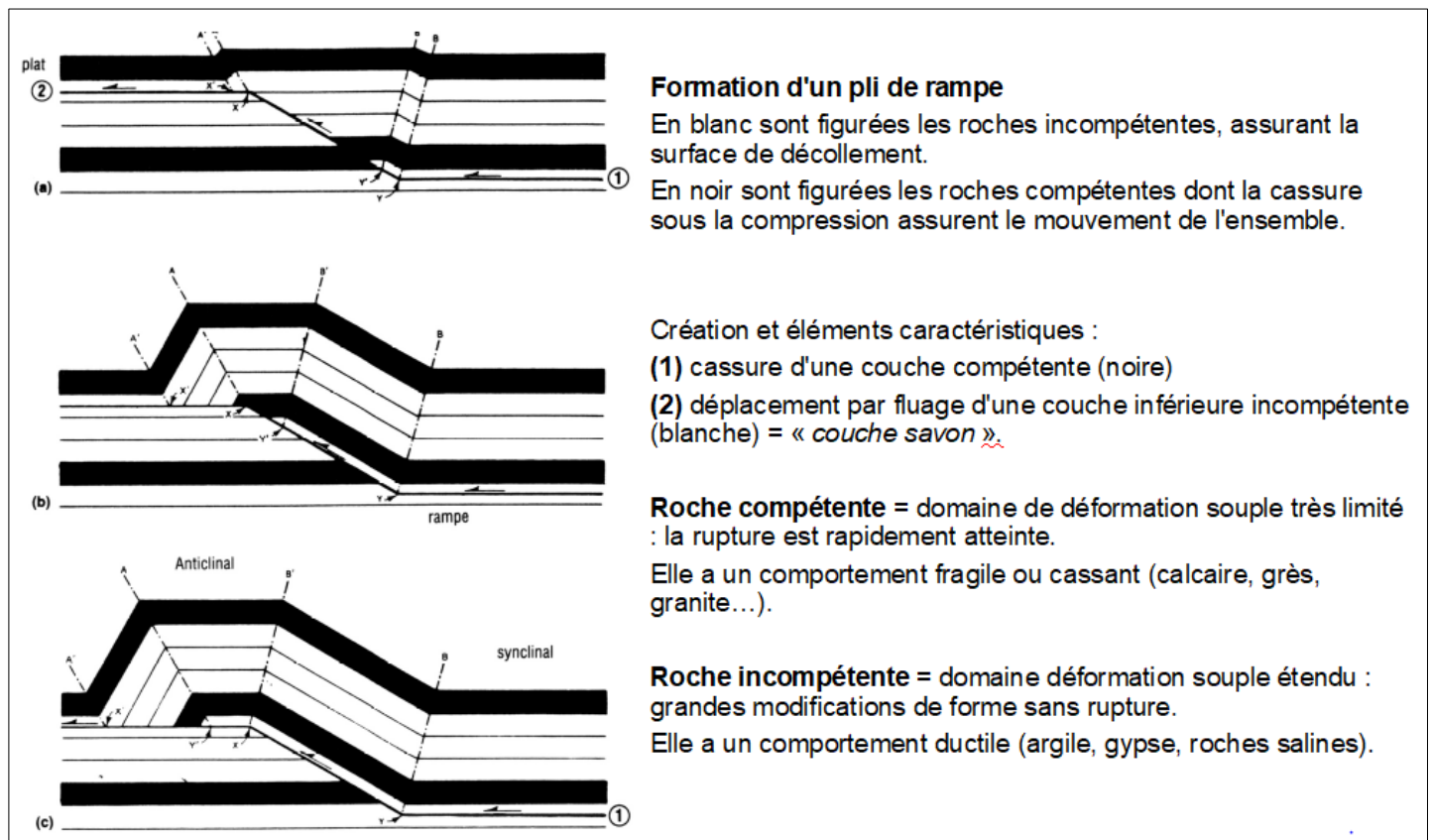
Les **chevauchements** sont **très nombreux**, ces décollements **impliquent très souvent le Trias** caractérisé par des **dépôts de gypse**. Cette roche évaporitique formée au tout début du rifting est ductile et donc incompétente. Lors de contrainte, elle se déforme intensément avant de rompre, favorisant les glissements des terrains sur le socle considéré, c'est pourquoi on parle de « **couche savon** ».

A ces chevauchements peuvent être associés ce qu'on appelle des **plis de rampe** avec la formation d'un anticlinal au front du chevauchement et d'un synclinal au niveau de la rampe.

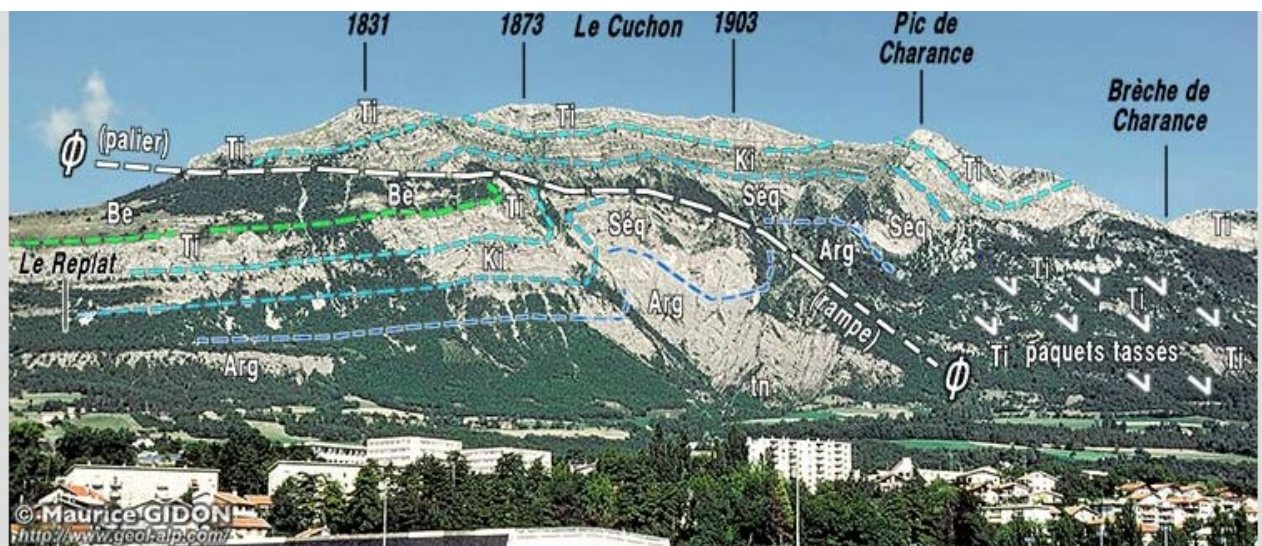
Déformation cassante / discontinue en contexte de convergence, avec un grand raccourcissement.



implication du Trias dans la formation des plis de rampe au niveau des chevauchements (Nougier)



formation d'un pli de rampe



vue agrandie des [pentes du Pic de Charance](http://www.geol-alp.com/)

La montagne de Charance, versant sud-est, vue depuis les quartiers sud de Gap (Font Reine).

Ø = chevauchement de Charance. On voit bien que la surface de chevauchement s'infléchit à gauche pour devenir presque parallèle aux couches du Berriasien, alors qu'à droite elle plonge et coupe en biais les couches du Séquanien et de l'Argovien : c'est une disposition classique de [palier*](#) succédant à une [rampe*](#)

Le franchissement de cette rampe a conduit la tranche chevauchante à se tordre en un [pli de rampe*](#), constitué par un anticlinal enchaîné avec un synclinal, qui se distingue bien dans les falaises du Pic de Charance.

observation d'un pli de rampe

source : [http://www.geol-alp.com/gap_digne/ lieux/ gapençais lieux/charance.html](http://www.geol-alp.com/gap_digne/lieux/gapençais_lieux/charance.html)

Mis à part les rétro-chevauchements parfois, tous ces **chevauchements** sont de direction **Est Ouest** avec en particulier **un chevauchement majeur, le Front Pennique** caractérisant le chevauchement de la zone interne Briançonnaise recouvrant par endroits les terrains Eocène de la zone externe Dauphinoise.

Là encore, ces chevauchement témoignent d'un raccourcissement et d'un épaissement correspondant à un **empilement d'écaillés postérieur à l'Eocène (âge des flyschs coincés sous les chevauchements)**

1.3 les nappes de charriage

Les **nappes de charriage** sont des **chevauchements de grande amplitude** (de la dizaine à la centaine de km). Elles sont identifiables grâce aux klippes, résidus du l'alloctone chevauchant après l'érosion partielle de celui-ci.

Activité 7 :

Repérez sur la carte d'Annecy au 1/250 000, grâce aux klippes, deux grandes nappes de charriage et évaluez leur déplacement minimal en mesurant la distance séparant la klippe le plus externe du front de chevauchement.

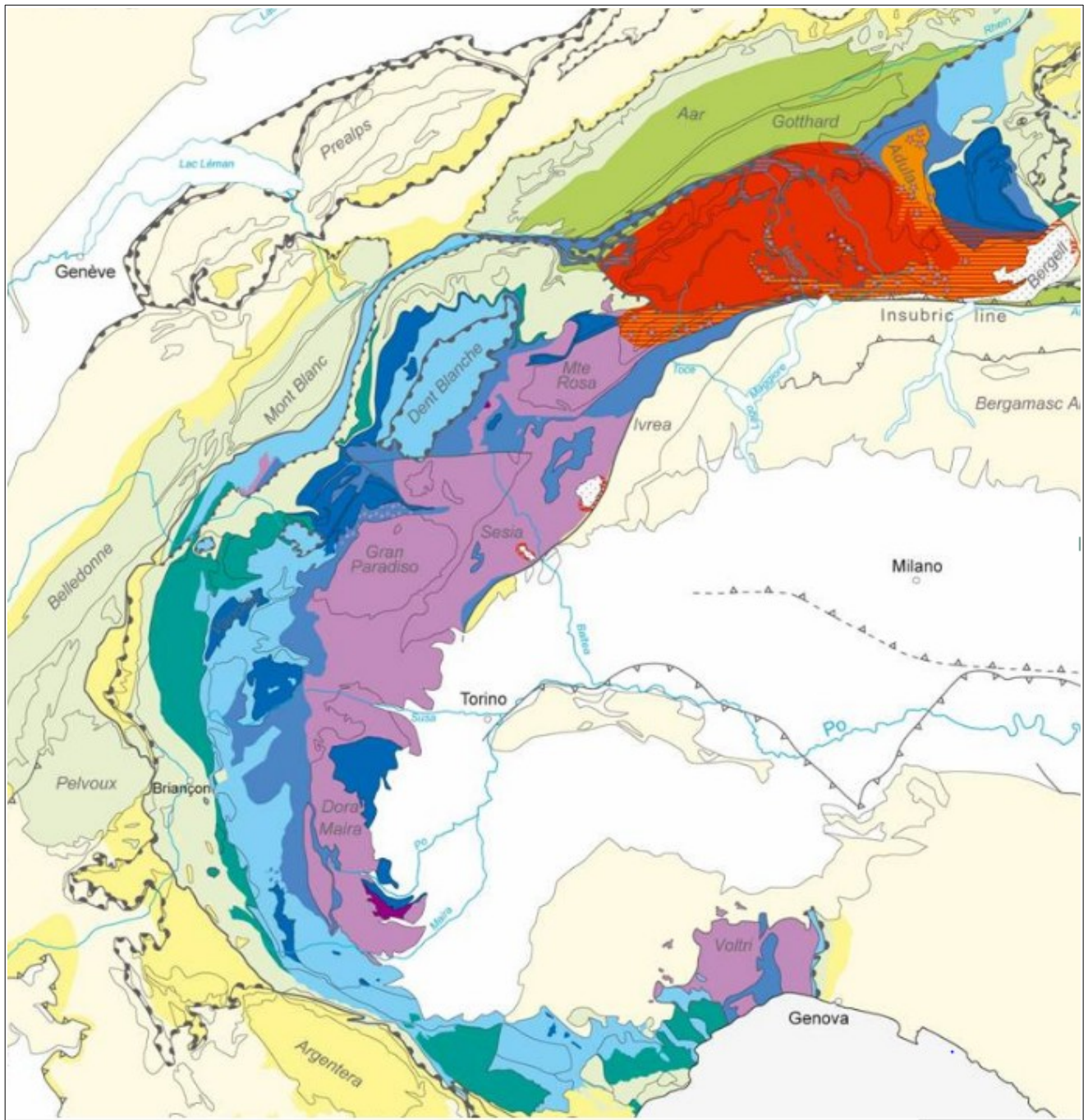
En conclusion :











La carte d'Annecy montre **deux nappes de charriage** :







- **la nappe des schistes lustrés** dont le klippe le plus externe repose sur le socle briançonnais et montre un déplacement minimal d'au moins 25km (distance 10cm sur la carte (x 250 000).par rapport au chevauchement de la zone liguro-piémontaise)

Cette nappe **témoigne là encore d'un très fort raccourcissement en contexte de convergence aboutissement au charriage du plancher océanique et de sa couverture sédimentaire sur la marge continentale.**

- **la nappe de la Dent Blanche** reposant sur la nappe ophiolitique et montrant un déplacement minimal d'au moins 40 km (distante de 16cm sur la carte par rapport à la zone de la Sesia) et témoignant du **charriage de la plaque lithosphérique apulienne**. L'empilement d'écaïlles prend donc une dimension ici à l'échelle lithosphérique.



Diagenesis / sub anchizone <i>zeolite / illite-kaolinite</i>		DIA
Sub greenschist facies <i>laumontite-prehnite - pumpellyite / illite</i>		SGS
Lower greenschist facies <i>albite-chlorite / pyrophyllite-chlorite ± chloritoid</i>		LGS
Upper greenschist facies <i>actinolite / biotite-chlorite-kyanite ± chloritoid</i>		UGS
High-pressure greenschist facies <i>albite-lawsonite-chlorite±crossite / lawsonite-chlorite ± chloritoid ± kyanite</i>		HPGS
Greenschist-amphibolite transition <i>albite-epidote-amphibole / biotite-garnet-chloritoid or phengite-chloritoid-kyanite</i>		GAT
Amphibolite facies <i>plagioclase-hornblende- garnet / biotite-garnet-staurolite-phengite±kyanite</i>		AM
Blueschist facies <i>glauco-phane-lawsonite / carpholite-phengite±pyrophyllite</i>		BS
Upper blueschist facies <i>glauco-phane-epidote-garnet / chloritoid-phengite ± garnet</i>		UBS
Blueschist-eclogite transition <i>glauco-phane-zoisite-garnet ± clinopyroxene / garnet-Mg-rich chloritoid-phengite</i>		BET

Eclogite facies <i>garnet-omphacite-zoisite- quartz ± amphibole ± phengite / garnet-Mg-rich chloritoid-kyanite or garnet-lawsonite</i>		ECL
Ultrahigh-pressure facies <i>garnet-omphacite-kyanite ± phengite / coesite or Mg-rich chloritoid-talc-phengite</i>		UHP
Variegated High-Temperature facies Tectonic mélange with relics of ECL(✖), AM, and local granulite facies, interpreted as a tectonic accretion channel (TAC); with widespread evidence of partial melting in the Southern Steep Belt		VT
Amphibolite facies overprint		
Mafic and sedimentary rocks displaying different metamorphic peak Lower PT conditions have been recorded within country rocks (metasediments) relatively to the mafic slices: calibration uncertainties or tectonic effects?		
Tertiary intrusions		

Metamorphic assemblages key: green: mafic rocks / brown: metasediments

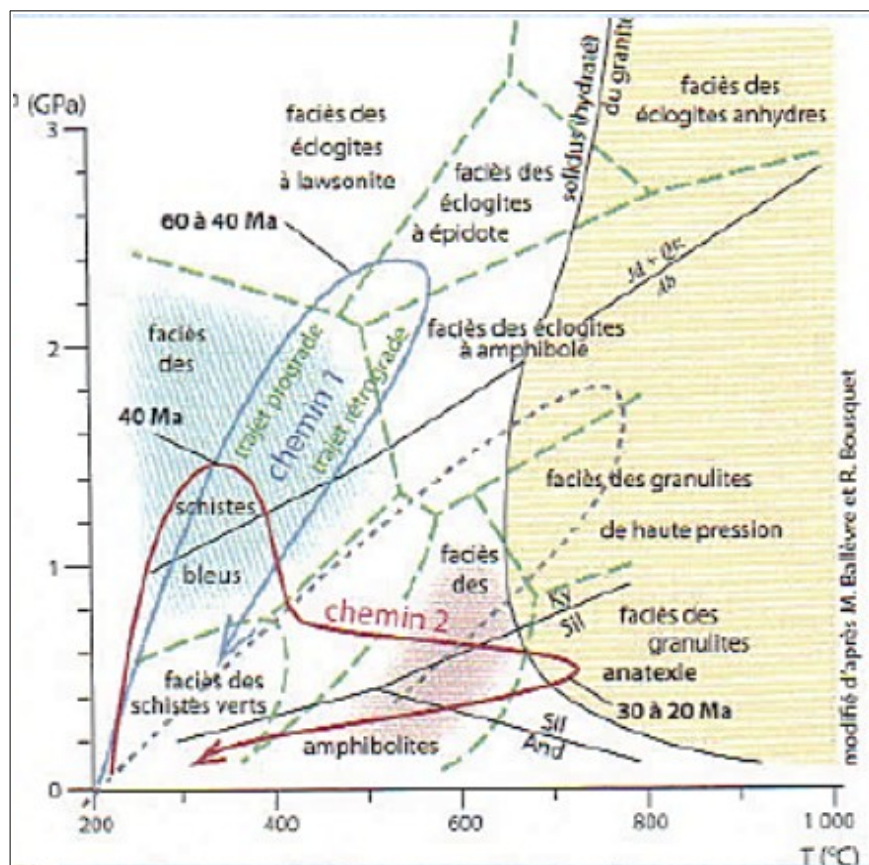
Geological contact
hanging wall
foot wall
Major boundary

Post-metamorphic faults
Strike slip
Normal fault
Thrust

2. les marqueurs d'un métamorphisme MP-MT

Activité 9 :

Sur la carte métamorphique des Alpes, décrivez le métamorphisme observé au niveau des Alpes Centrales au Nord Est du Mont Rose et dire à quel gradient il correspond.



reconstitution des chemins PT suivi par les roches alpines en fonction de leur localisation

En conclusion :

Dans les Alpes centrales, on trouve des affleurements où le socle européen et sa couverture d'âge triasique sont plissés et métamorphisés dans le **faciès des Amphibolites et des Granulites** témoignant d'un métamorphisme de **gradient MT MP dans un contexte de collision**.

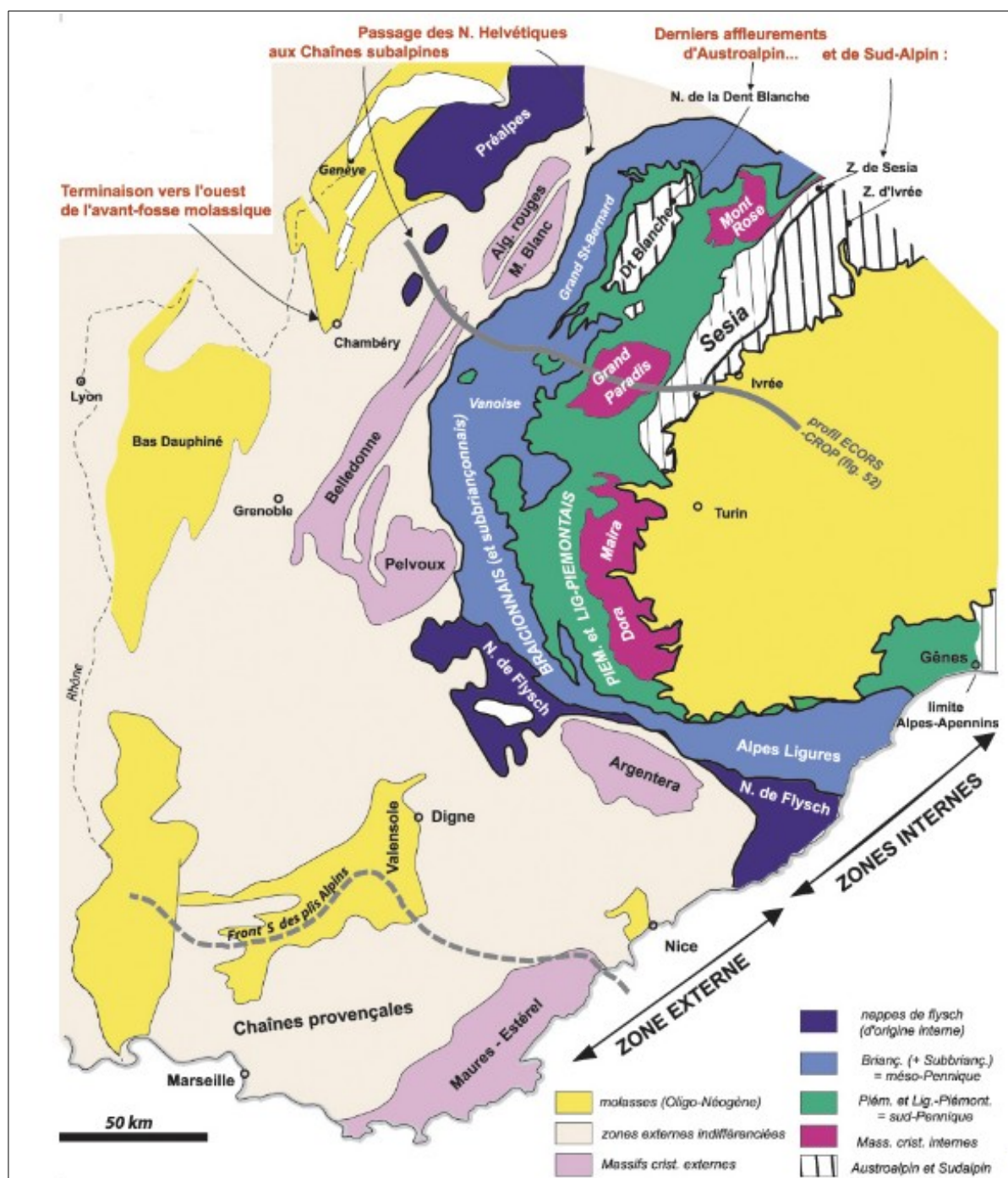
En liaison avec les observations réalisées au TP2, les âges des métamorphismes prograde et rétrograde permettent ainsi de reconstituer **deux chemins PT** suivi par les roches en fonction de leur localisation.

3. étude des dépôts des bassins flexuraux

3.1 les bassins molassiques

Activité 10 :

Sur la carte d'Annecy au 1/50 000 et sur la carte de France au 1/1 000 000, observez la disposition et la nature et l'âge des dépôts sédimentaires au niveau des bassins péri-alpins.



délimitation des bassins molassiques péri-alpins.

En conclusion :

Les Alpes sont entourées à l'Est et à l'Ouest de terrains sédimentaires datant principalement du **Miocène** (c'est-à-dire post-alpin), remplis de **molasses** qui constituent les **bassins molassiques** ou **bassins d'avant-pays**.

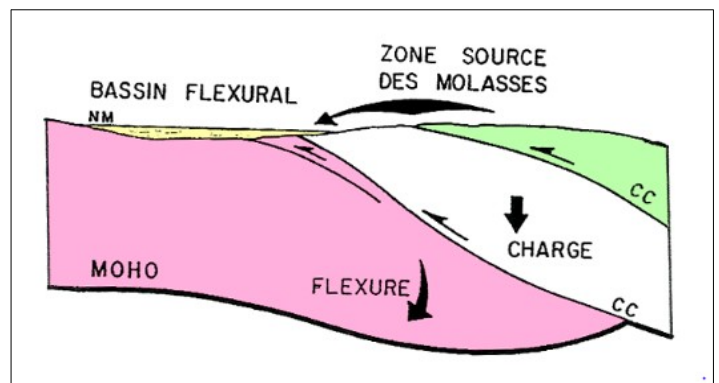
Les molasses sont des **formations sédimentaires épaisses, surtout gréseuses, à sédimentation aléatoire**, sans rythme ni classements, en bancs souvent épais, composée **pour partie de couches turbiditiques mais aussi de couches terrigènes non turbiditiques** (grès, conglomérats), elles **reposent en discordance sur les terrains sous-jacents** et témoignent de la **destruction rapide de reliefs continentaux**

Un bassin molassique n'existe que s'il est nourri par un épaissement, un relief, dont la dégradation permet une sédimentation détritique terrigène. **Les plus anciennes molasses** déposées au fond du bassin flexural péri-alpin sont d'âge **Oligocène** (34Ma), elles **permettent de dater le début de l'existence du relief alpin** et l'on peut donc dire que le **relief alpin existait dès l'Oligocène**.

La zone de dépôt des molasses témoigne d'une flexure de la lithosphère associée au raccourcissement, en effet, les molasses se déposent dans une dépression topographique.

Une convergence à l'échelle de la lithosphère se traduit par l'enfouissement d'une portion de lithosphère sous une autre, on parle de sous-charriage. Cela impose à la portion de lithosphère enfouie de se déformer, elle fléchit ou se flexure.

Ces bassins flexuraux témoignent donc également d'un raccourcissement



formation d'un bassin flexural d'avant chaîne

3.2 les flyschs témoignent de l'incorporation des bassins molassiques

Les **flyschs** sont des **séries détritiques formant des bancs de turbidites**, c'est à dire des des bancs superposés montrant des **alternances de bancs gréseux** (quelques cm ou dm) formés lors d'une avalanche de sédiments marins **et de bancs argileux** déposés entre deux avalanches.

Dans le cas des flyschs alpins, ce sont des **sédiments de fosse de subduction** qui forment le **prisme d'accrétion**. Les plus vieux flysch alpin témoigneront donc du début de la subduction.

Activité 11 :

Sur la carte d'Annecy au 1/50 000 et sur la carte de France au 1/1 000 000, observer la disposition et l'âge des flysch.

En conclusion :

Les **plus vieux flyschs alpins** sont représentés par la nappes des flyschs à Helminthoïdes **d'âge Crétacé**, la subduction océanique existait donc au Crétacé (- 70 Ma).

Cependant l'âge des flyschs évolue depuis :

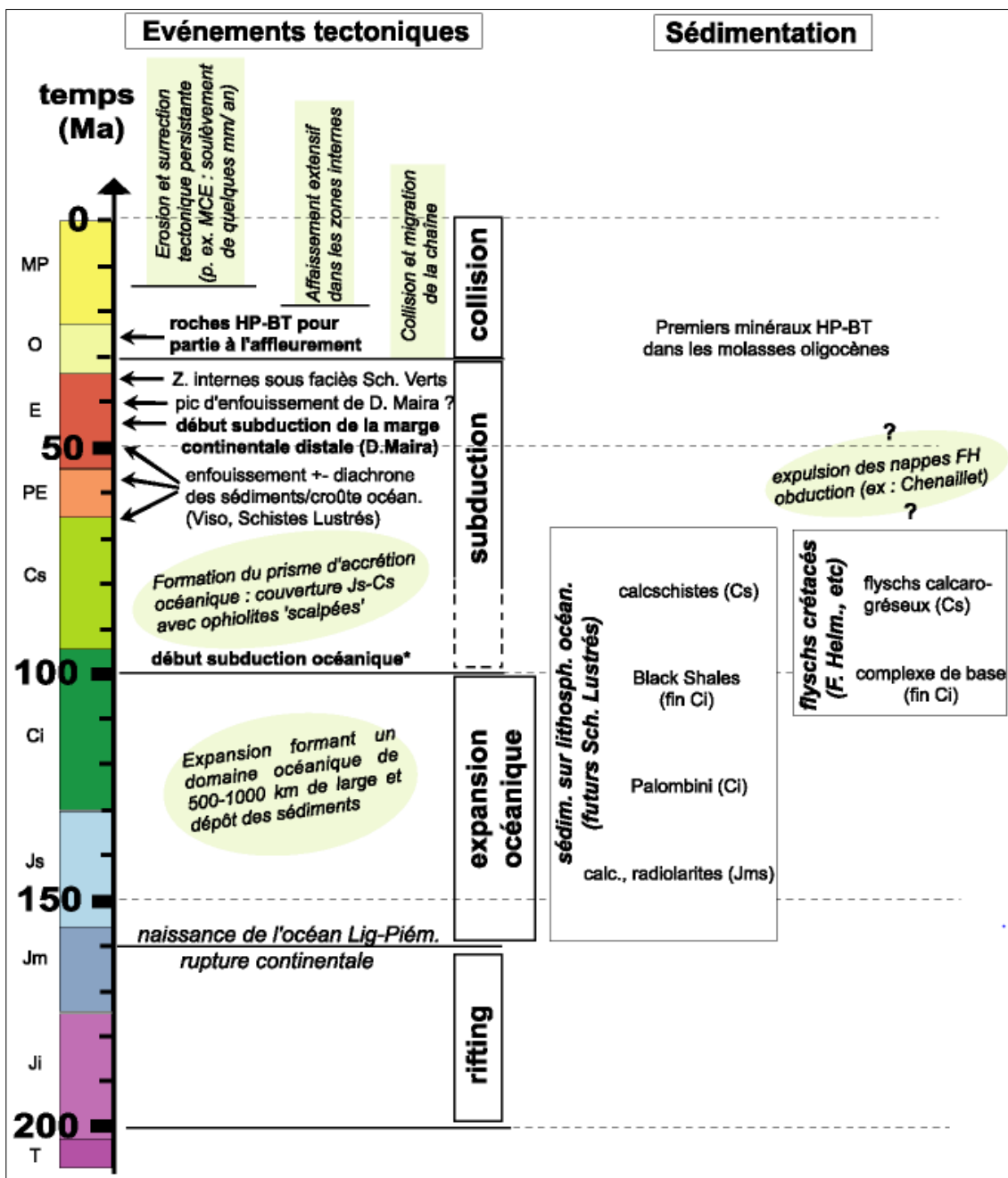
- le Crétacé supérieur (–80 à –65 Ma) pour le flysch à Helminthoïdes ligure déposé dans une fosse de subduction au pied de la marge apulienne ;
- l'Éocène (–53 à –35 Ma) dans le Piémontais ;
- l'Éocène supérieur (–35 Ma) dans le Briançonnais ;
- jusqu'à l'Oligocène (–34 à –23 Ma) dans le Dauphinois.

Ces âges des **flyschs, de plus en plus jeunes**, traduisent une **migration d'Est en Ouest** au cours du temps, **de la fosse de subduction au front de la chaîne et de l'incorporation des premiers bassins molassiques décalant vers l'Ouest le bassin flexural en activité, tandis que le bassin flexural fossile est incorporé à la fosse de subduction, à l'Est.**

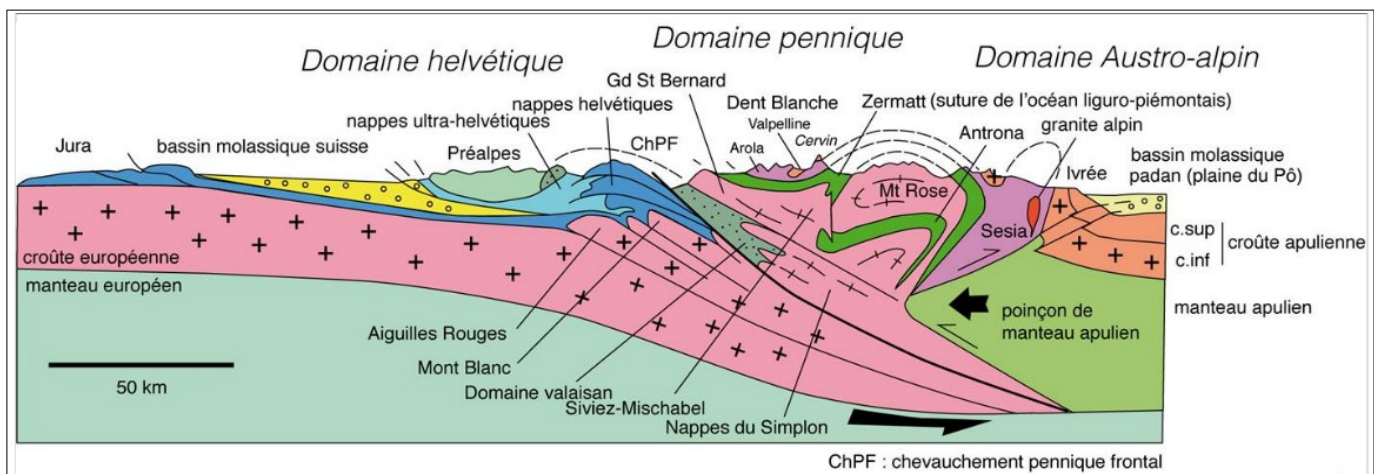
V. Reconstitution globale de l'histoire,

1.les Alpes vu comme un prisme orogénique

L'ensemble des données permet de construire un modèle cohérent avec un **rifting débutant à la fin du Trias** allant jusqu'à une **océanisation au Jurassique et au Crétacé inférieur**. Une **subduction** se met en place **au Crétacé**, entraînant **à la fin de l'Eocène et au début de l'Oligocène, une collision** entre les plaques lithosphériques à l'origine des Alpes.



reconstitution de l'histoire des Alpes le long de l'échelle stratigraphique

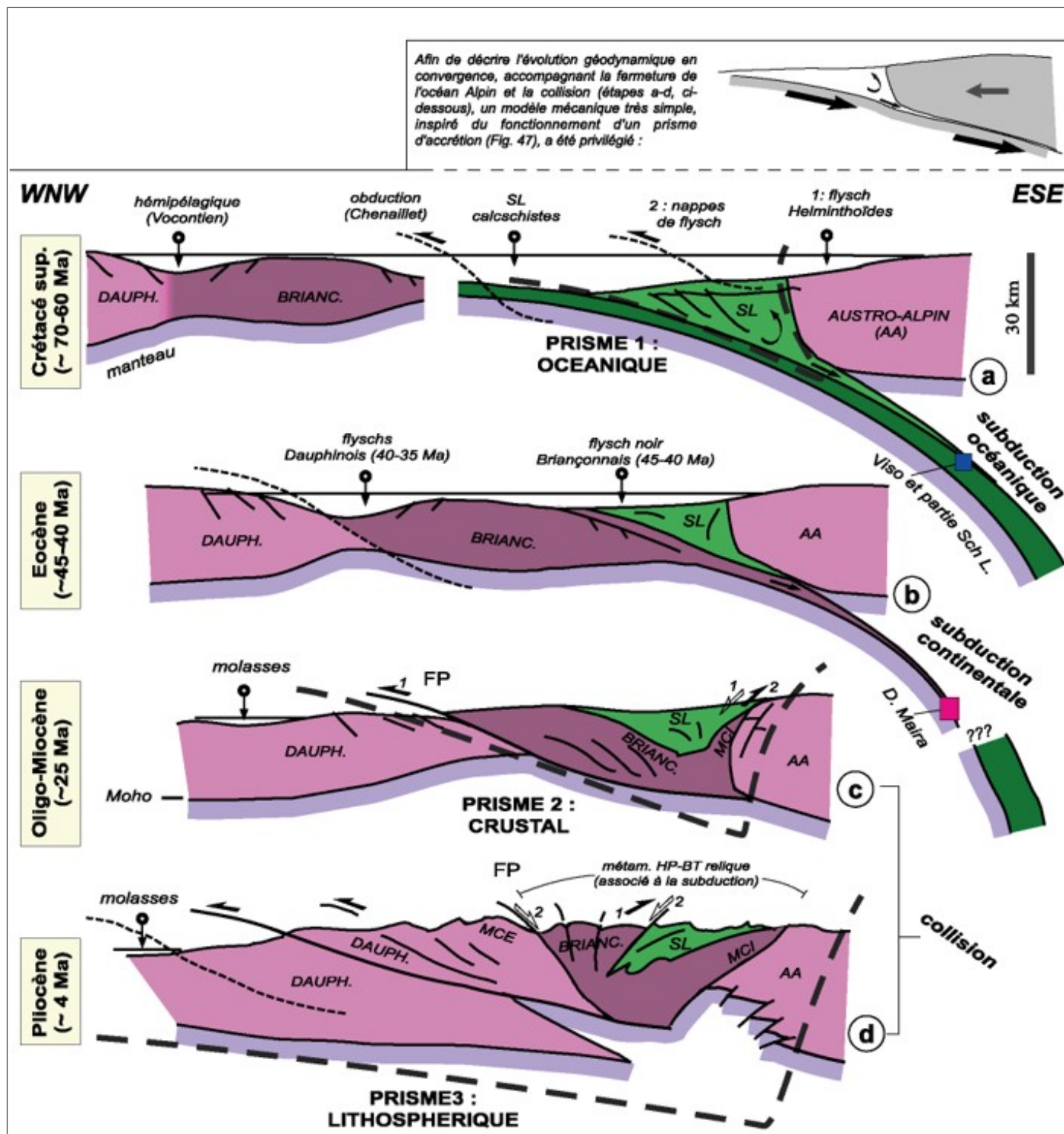


disposition géométrique des régions en écaillés, Lagabrielle

On peut remarquer que **les différentes zones alpines se chevauchent**, les zones les plus externes passant sous les zones les plus internes **au fur et à mesure**.

Les Alpes peuvent donc être vues non pas comme une chaîne de collision mais comme une succession de prismes formés par une subduction océanique puis une subduction continentale, on parle alors de **subductions diachrones**, l'ensemble constituant un prisme orogénique.

Les étapes successives de la formation de ce prisme orogénique étant :



1) Subduction océanique et prisme d'accrétion sédimentaire au Crétacé

Au Crétacé supérieur-Paléocène (-70 à -60 Ma), la croûte océanique entre dans la zone de subduction et subit un **métamorphisme de subduction**, de faciès Schistes bleus à faciès Éclogite à l'origine des ophiolites

Au niveau de la fosse de **subduction océanique**, deux événements concernent la couverture :

- une partie des **flyschs à Helminthoïdes** passe sur la **plaque chevauchante** et repose en discordance ;

- le **reste des flyschs** entrent dans la **zone de subduction** et subit un métamorphisme de subduction, de faciès Schistes bleus à faciès Éclogite, à l'origine des **Schistes Lustrés**

Bilan : subduction océanique au Crétacé sup et formation du prisme 1 à l'origine de l'échelle N°1

2) Subduction continentale à l'Éocène

Vers -45 Ma, la subduction océanique se termine et la **marge continentale amincie** du Briançonnais et **entre à son tour en subduction** : c'est la **subduction continentale**.

Une partie des **unités de Dora Maira**, est entraînée à plus de 100 km de profondeur comme en témoignent les quartzites métamorphisées contenant des inclusions de **coésite**.

Bilan : subduction continentale à l'Éocène et formation du prisme 2 à l'origine de l'échelle N°2

3) Collision et prisme d'accrétion crustal à l'Oligocène

Vers -25 Ma, on passe d'un contexte de subduction à un contexte de **collision proprement dite**

Certaines failles, présentes au niveau de la paléo-marge passive sont réactivées : elles sont le lieu de **mouvements inverses**. Le **Front pennique** se met en place : c'est une **limite majeure entre 2 échelles**.

Ainsi, **la croûte continentale supérieure entre dans la fosse de subduction** et se dispose sous les échelles préexistantes.

Bilan : collision à l'Oligocène et formation du prisme 3 à l'origine de l'échelle N°3

4) La collision se poursuit au Pliocène

Les chevauchements se manifestent dans la zone dauphinoise et le Jura. A l'est, la marge apulienne chevauche la zone liguropiémontaise comme en témoigne la **nappe de la Dent Blanche**.

Bilan : Le prisme orogénique a atteint une échelle lithosphérique.

2. Aujourd'hui, le paysage alpin est modelé par les glaciations du Quaternaire (cf 1e année)

Le principal facteur d'érosion de la chaîne alpine est la succession d'une **trentaine de cycles glaciaire/interglaciaire** depuis environ **-2,5 Ma**.

Au cours d'un épisode glaciaire, des **calottes glacières** recouvrent la chaîne alpine et **creusent des vallées en U**. La succession de ces glaciations a creusé certaines vallées sur plus de 1000 m d'épaisseur.

Les sédiments issus de l'érosion glaciaire sont les **moraines** et le glacier peut également transporter des **blocs erratiques**. Les granitoïdes et les orthogneiss étant plus résistants à l'érosion que les roches sédimentaires, cela explique qu'ils forment actuellement la plupart des reliefs les plus acérés au niveau des Massifs cristallins.

Vallée en U
les glaciations ont creusé la
vallée sur 1000 m d'épaisseur

Limite supérieure de
l'érosion glaciaire durant
le Quaternaire



► A. Les vallées sont creusées profondément (vallée depuis le col du Grimsel). B. De nombreux matériaux sont transportés, dont ce bloc erratique près de Gap. C. Le passage du glacier laisse des stries glaciaires indiquant sa direction (et parfois son sens) de propagation (lac Bramans, Savoie).

les glaciations du Quaternaire modèlent le relief alpin

Bibliographie :

Géologie et géodynamique de la France, Dercourt, Editions DUNOD

Visages des Alpes, Agard et Lemoine, Editeur Commission de la carte géologique du monde

De l'océan à la chaîne des montagnes, Lemoine, Editeur Scientifiques Gordon Breach

Biologie Géologie, Tout en Un, 2^e année, Dautel et al, Editions Vuibert

sites internet :

<http://christian.nicollet.free.fr/index.html>

http://www.geol-alp.com/0_geol_gene/ [accueil-geol-gene.html](http://www.geol-alp.com/0_geol_gene/accueil-geol-gene.html) de Maurice Gidon

<https://infoterre.brgm.fr/>