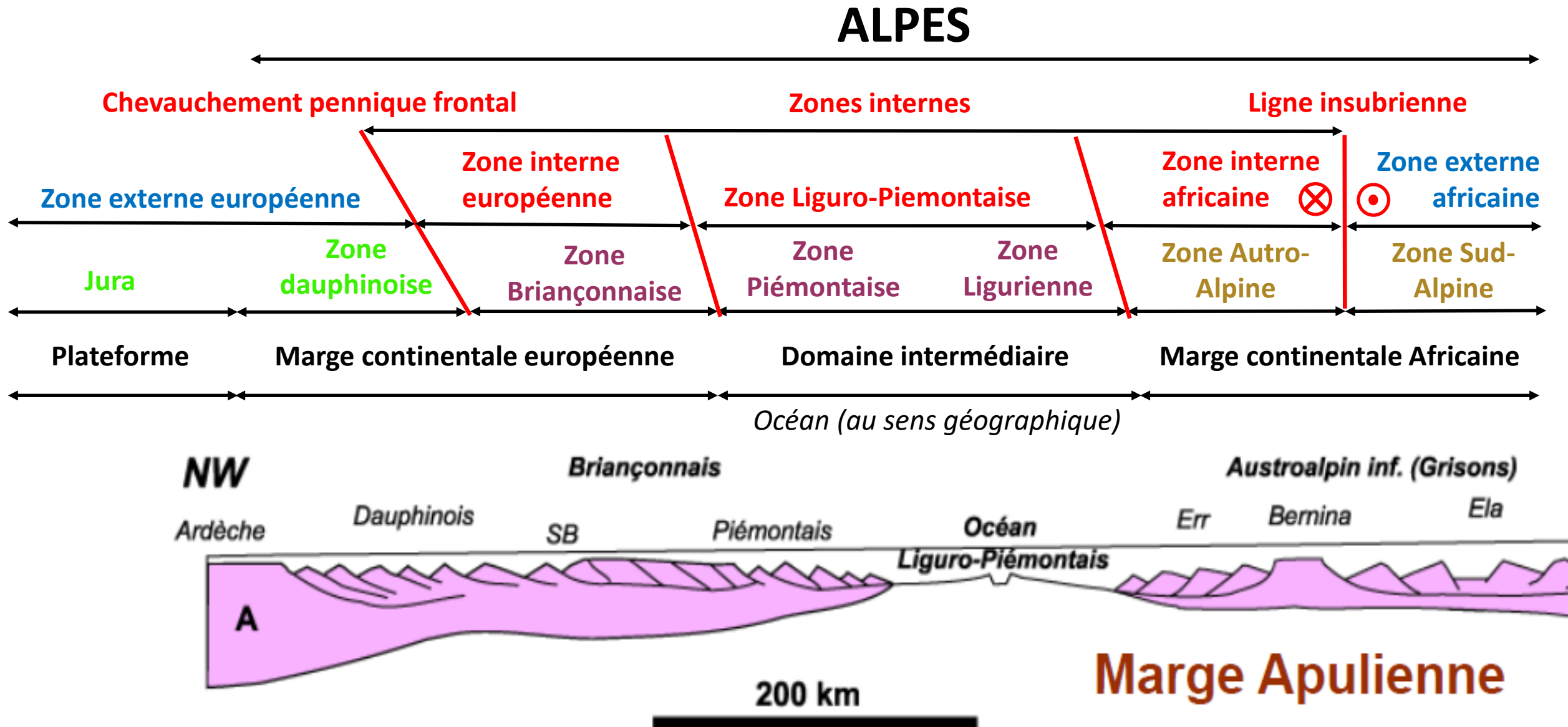


TP Alpes 3

Métamorphisme, tectonique.

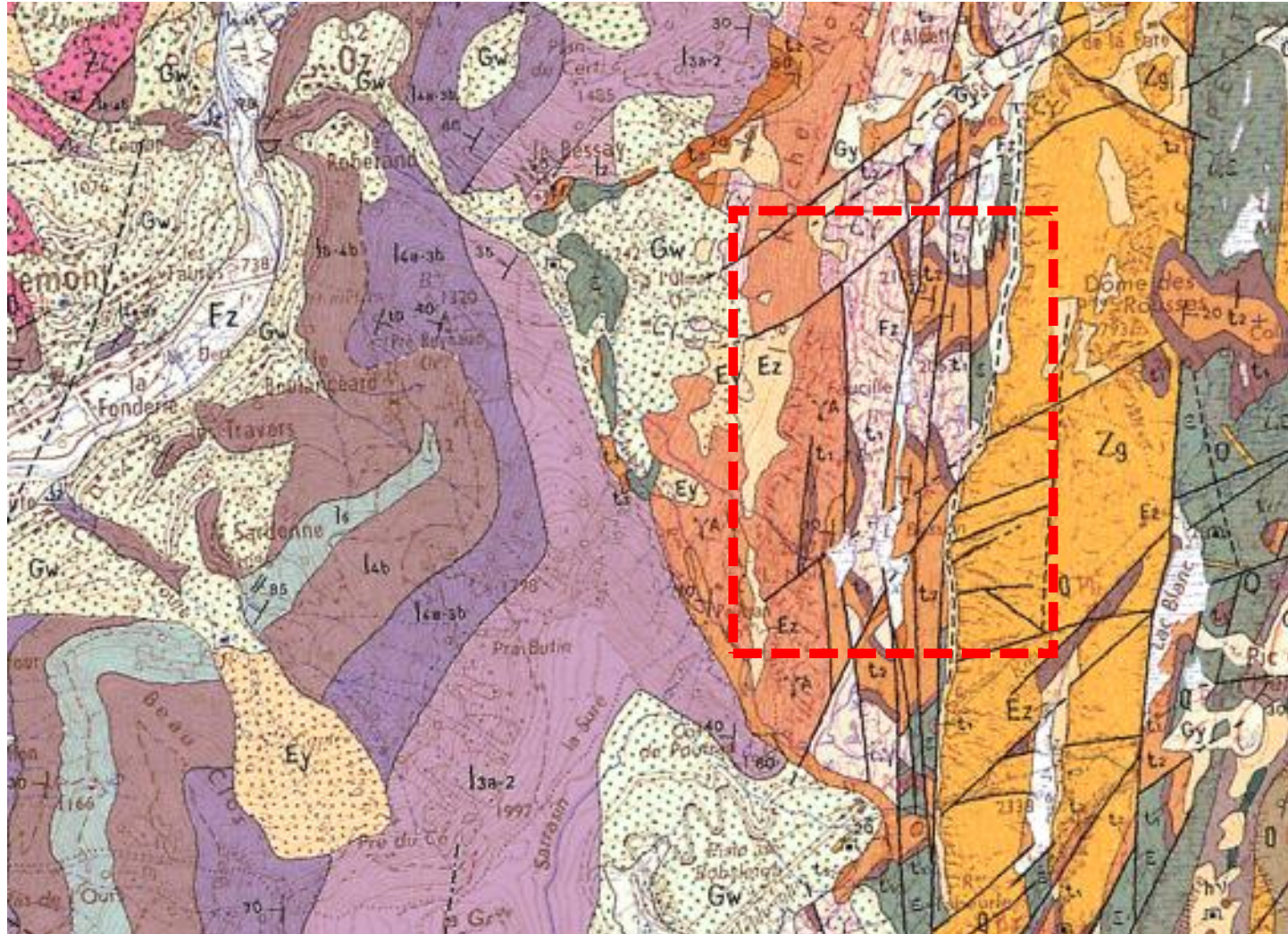
Rappel TP Alpes 1 : zonation des Alpes



Rappel TP Alpes 2

- Une marge passive visible via des blocs basculés par exemple sur la carte de Vizille

Blocs basculés de la marge européenne – carte de Vizille – Lac des Bessons





Rappel TP Alpes 2

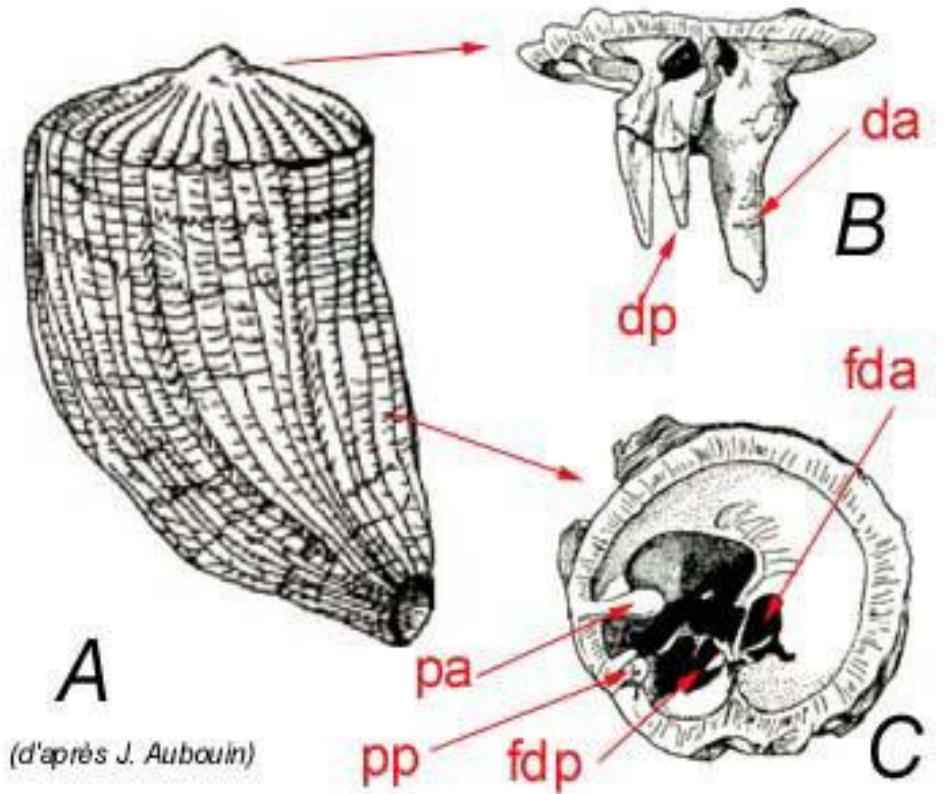
- Une marge passive (blocs basculés),
- Une sédimentation marine : nombreux calcaires et marnes.

Calcaire à rudistes (Alpes)



Rudistes

M. G



Dalle à ammonites (environ de Digne)

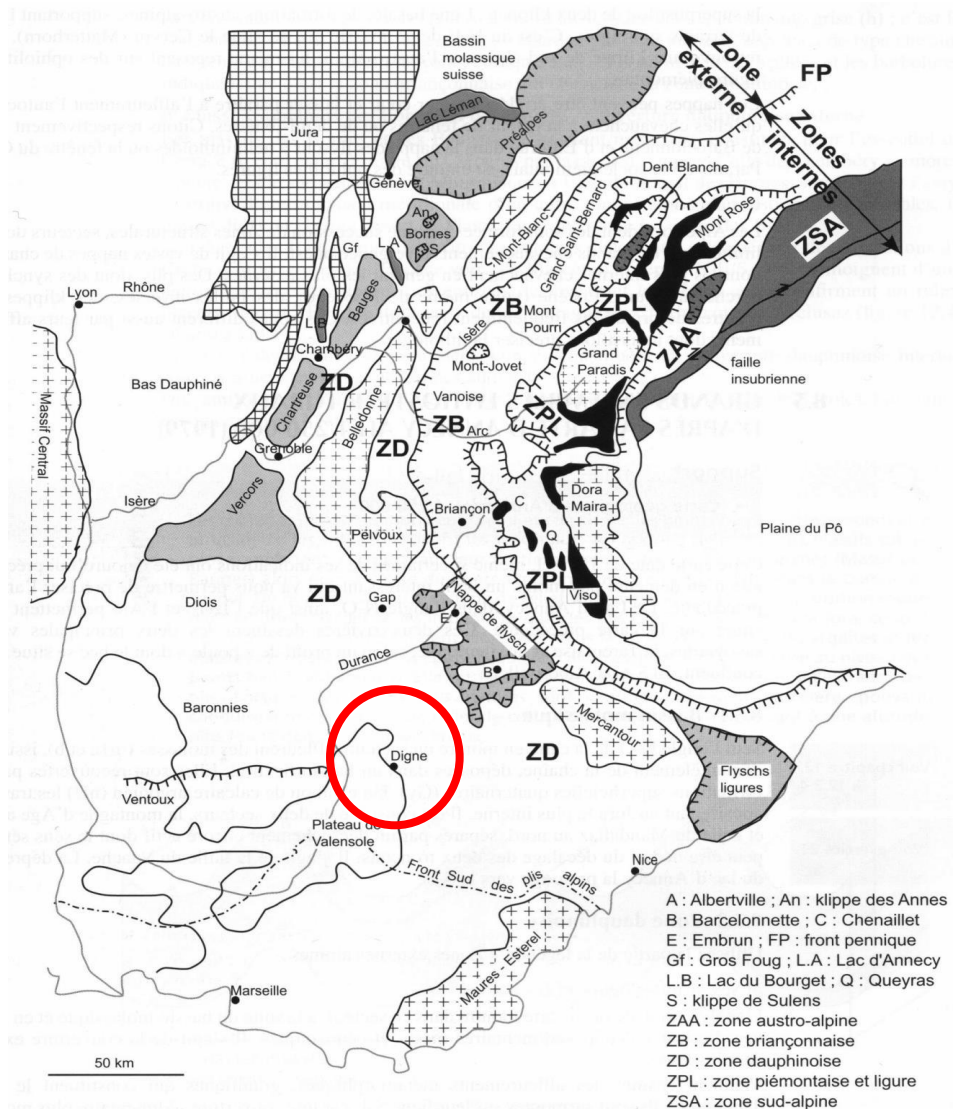


Schéma structural des Alpes occidentales d'après la carte de France au millionième.

Rappel TP Alpes 2

- Une marge passive (blocs basculés),
- Une sédimentation marine : nombreux calcaires et marnes.
 - Flysch à helminthoïdes

Flysch

Il s'agit d'un type de formation constitué par une répétition monotone de séquences d'épaisseur métrique à décamétriques débutant par des termes à gros grain et se terminant par des niveaux à grain fin. Typiquement un flysch est constitué par une alternance de bancs de grès (à base très nette) passant vers le haut à des schistes argileux.



Flysch = une formation type turbidite

Les flyschs se forment par avalanches sous marines de boues et de sables provenant de dépôts de faible profondeur. Chaque séquence correspond à une telle avalanche ("courant de turbidité") qui va plus ou moins loin sur les fonds marins plus profonds, où la pente est faible, et s'y décante (d'où le dépôt dans un ordre décroissant des calibres de grains). On dit donc qu'il s'agit d'une "**turbidite**".



Rappel TP Alpes 2

- Une marge passive (blocs basculés),
- Une sédimentation marine : nombreux calcaires et marnes.
 - Flysch à helminthoïdes
 - Schistes lustrés : sédiments métamorphisés de la zone piémontaise

Appartiennent aux **schistes lustrés** : calcschistes issus du métamorphisme alpin, les micas blancs qui donnent l'aspect « lustré » à la roche sont issus de la transformation d'argiles présentes dans la roche initiale (une marne).

Dépôt au dessus de la CCD (car carbonates encore présents)



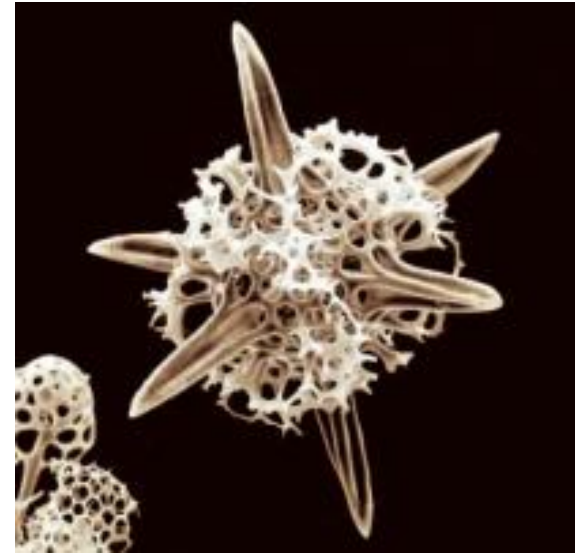
Rappel TP Alpes 2

- Une marge passive (blocs basculés),
- Une sédimentation marine : nombreux calcaires et marnes.
 - Flysch à helminthoïdes
 - Schistes lustrés : sédiments métamorphisés de la zone piémontaise
 - Radiolarites : sédiments des fonds océaniques profonds (au delà de la CCD)

Radiolarites



Radiolarite = origine marine des sédiments
Milieu de dépôt en dessous de la CCD (-4000 m) milieu suffisamment acide pour entraîner la dissolution totale des carbonates

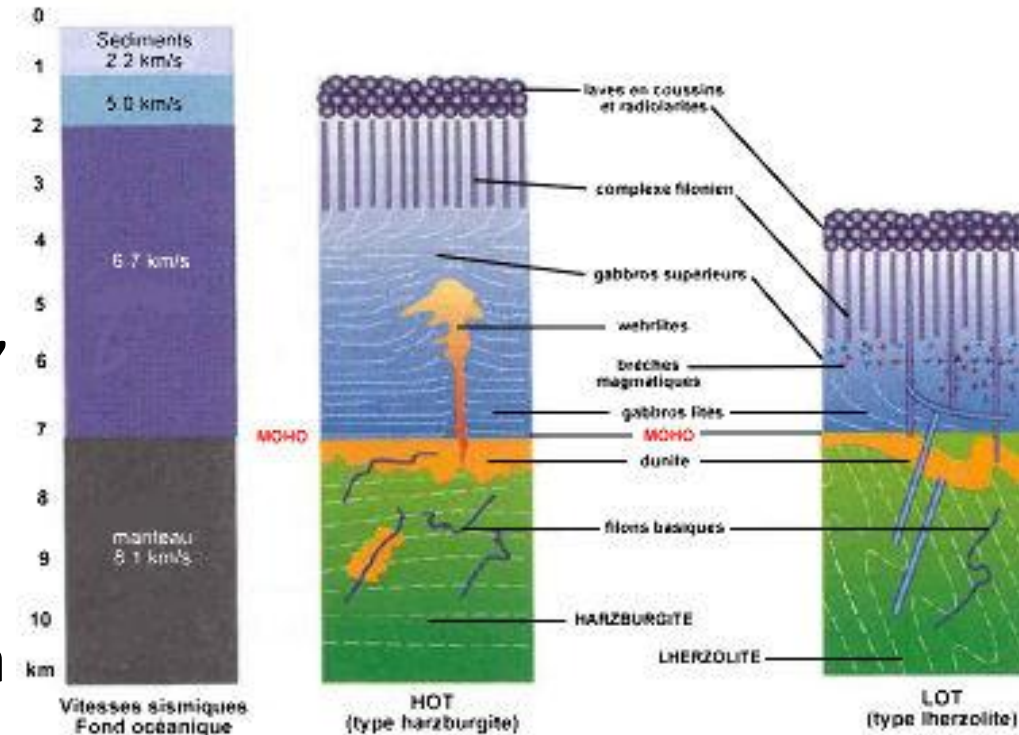


Radiolaire = organisme unicellulaire hétérotrophe qui abondent dans les mers chaudes et ont une répartition stratigraphique très large (du cambrien à l'actuel). Néanmoins, la grande diversité morphologique de ce groupe permet de les utiliser comme outil de datation. Permet la datation de la mise en place du plancher océanique Alpin

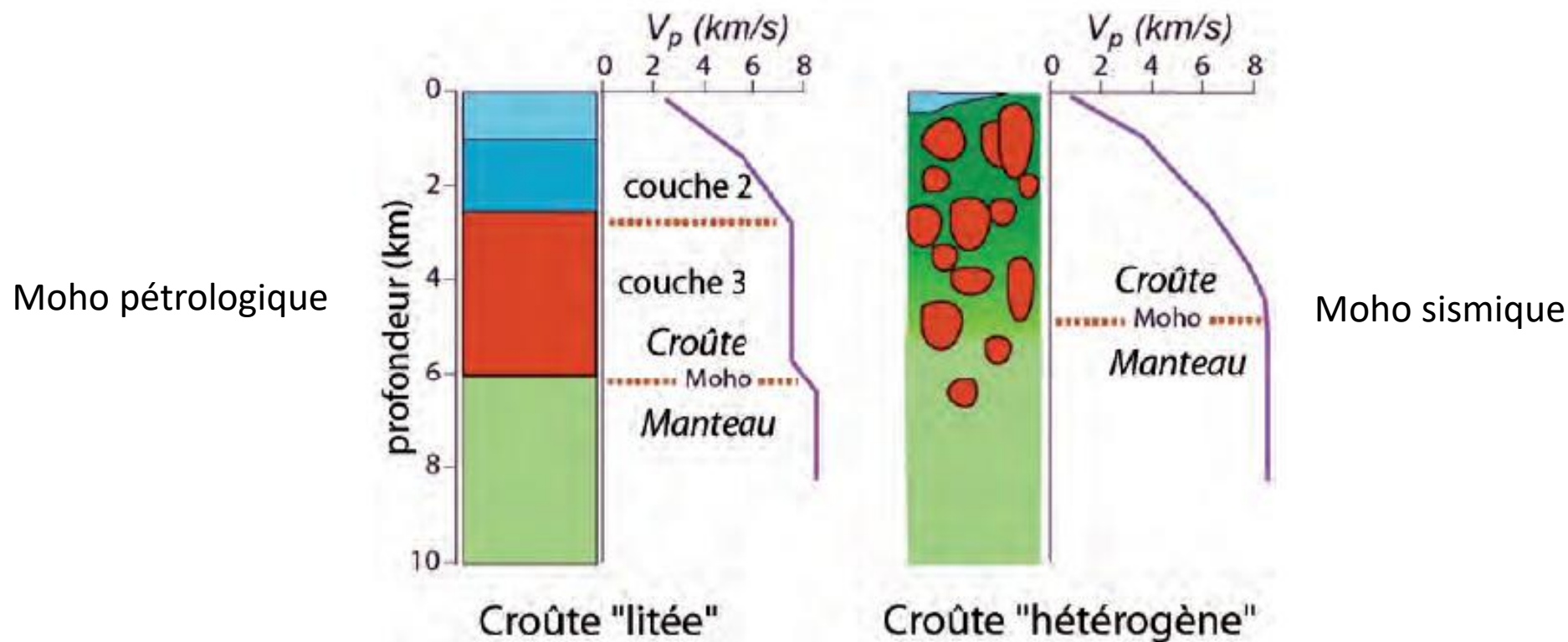
Rappel TP Alpes 2

- Un fond de l'océan visible au Chenaillet : ophiolite = ancienne croûte océanique alpine de type LOT c'est-à-dire dans un contexte de dorsale lente
- Chenaillet : croûte obduite (comme en Oman) : métamorphisme **uniquement océanique donc pas de métamorphisme alpin**
- Viso : croûte subduite : métamorphisme HP

- Les **HOT** : croûte océanique épaisse et continue, manteau (lithosphérique) de type harzburgitique (péridotite à olivine et orhopyroxène dominant). La **lithosphère Pacifique**, formée au niveau d'une ride à croissance rapide (environ 10 cm/an), est de ce type.
- Les **LOT** : croûte océanique réduite, discontinue, voire absente, manteau type lherzolitique (péridotite à olivine, orhopyroxène et **clinopyroxène** dominant) souvent serpentinisé, car lorsque la croûte est absente, celui-ci est directement en contact avec l'eau de l'océan. La **lithosphère Atlantique**, formée au niveau d'une ride à croissance lente (environ 1 cm/an) est de ce type.



lithosphère avec croûte hétérogène



5. Deux modèles de lithosphère océanique (LO) et profils sismiques (Mével 2003).

Le modèle « litée » est conforme au modèle proposé à la Penrose conférence. Il est constitué de haut en bas de basaltes et complexe filonien (couche 2 ; la couche 1 : les sédiments, n'est pas représentée ici) ; le complexe gabbroïque (couche 3). Dans le modèle « hétérogène » qui correspond à l'exemple alpin, la croûte est formée de péridotites de plus en plus serpentinisées depuis le Moho (0% de serpentinisation) jusqu'à la surface (100% de serpentinisation) et de lentilles de gabbros de taille variable et parfois surmontée de basaltes en coussins, lesquels sont alimentés par de rares filons de dolérites.

TP Alpes 3

Le métamorphisme alpin : deux types, deux significations.

Lecture de la carte de France

- Figurés du métamorphisme : double signification :
 - **Âge (cycle orogénique) = couleur figuré**
 - **Faciès = forme du figuré**
 - **Orientation du figuré = direction principale schistosité.**

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

l'orogénèse néo-varisque est prise comme exemple

Faciès :

de basse et moyenne pression



Faciès schiste vert en domaine de nappes



Faciès amphibolite (paragneiss, orthogneiss)



Zones anatectiques (migmatites)



Faciès granulite de basse pression

de haute pression



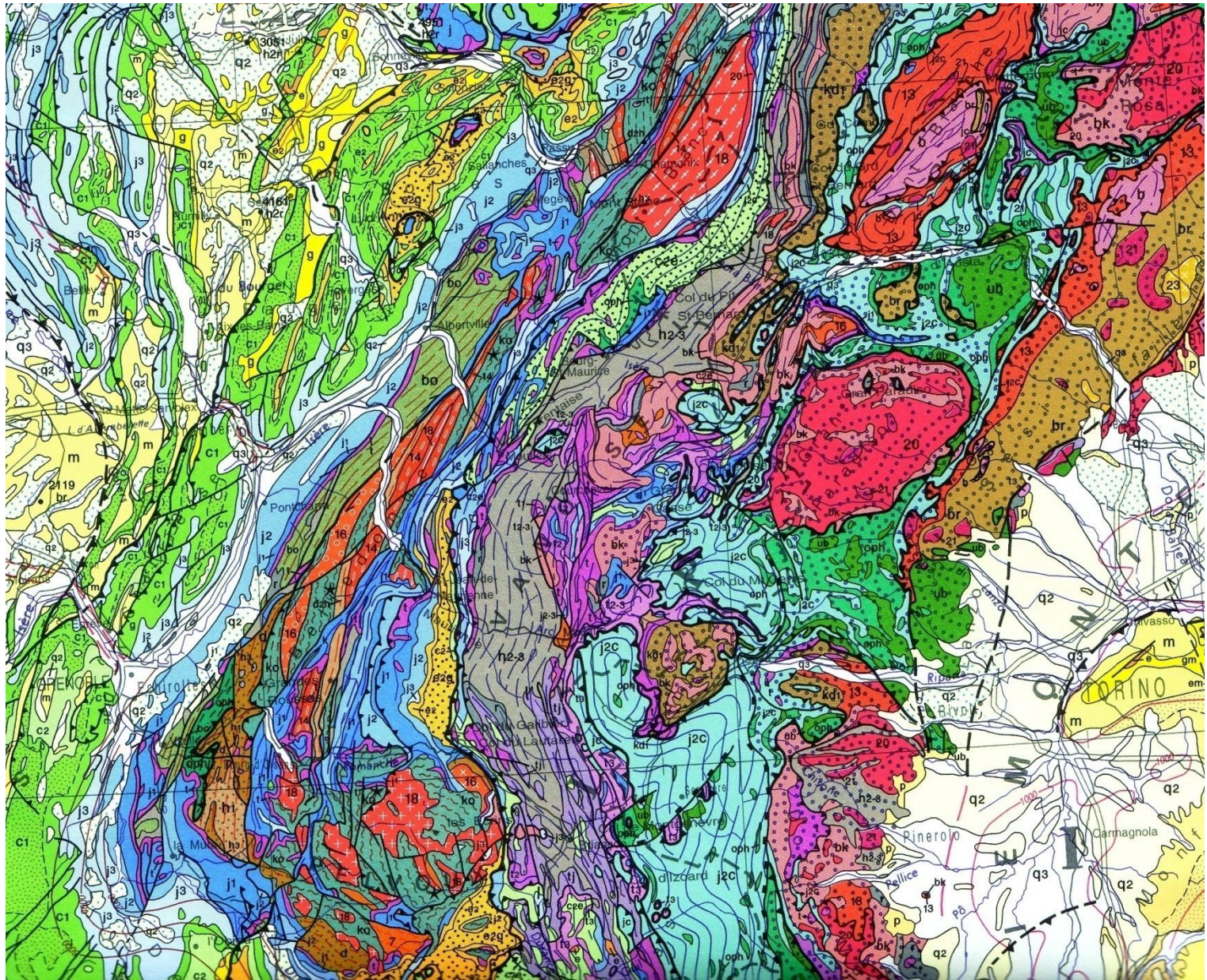
Faciès schiste bleu de basse température



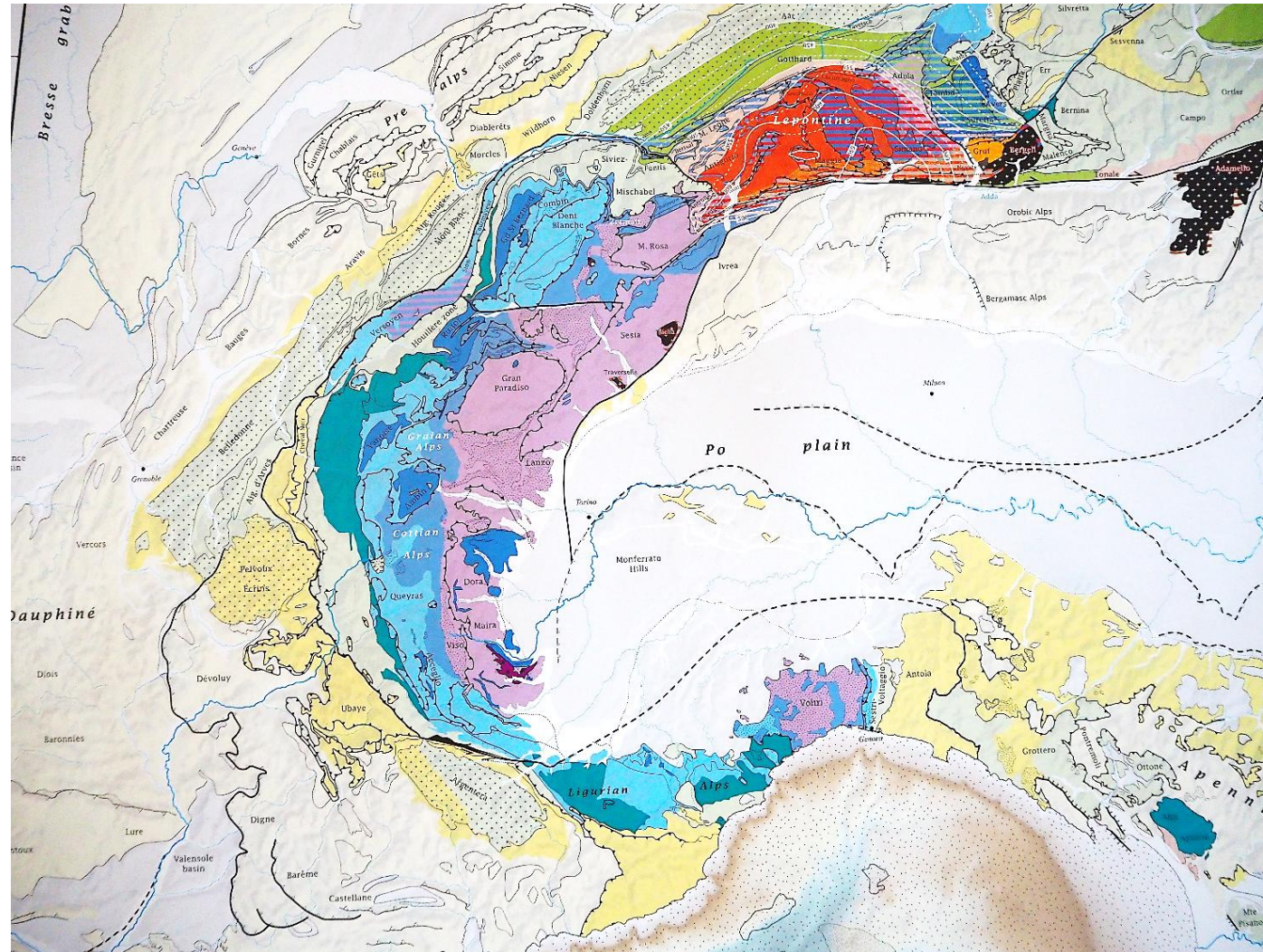
Faciès éclogite (et schiste bleu de haute température)



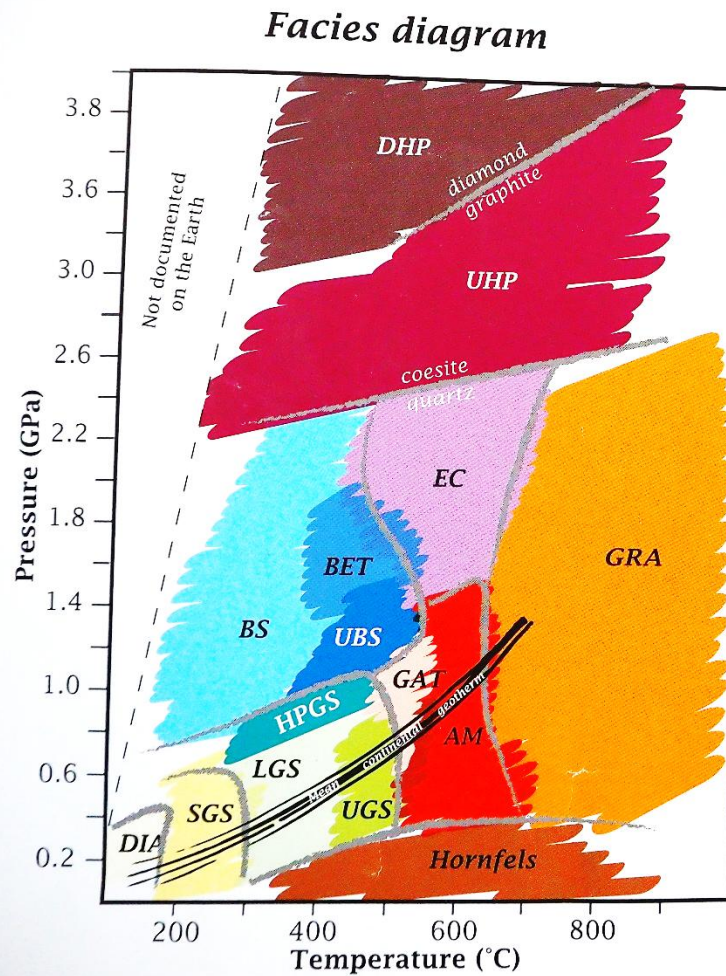
1 : Relique éo-varisque éclogitique
 2 : Relique éo-alpine à coésite



Étude d'une carte plus précise : la carte du métamorphisme alpin



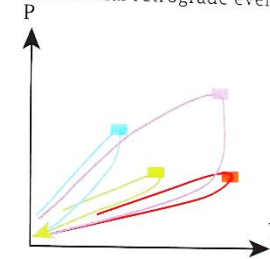
Faciès



Rules for representation of metamorphic conditions

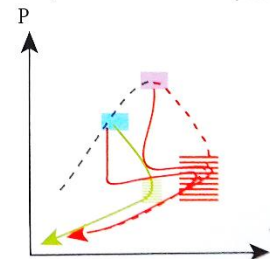
Plain colour

Single metamorphic peak always followed by cooling or isothermal retrograde events

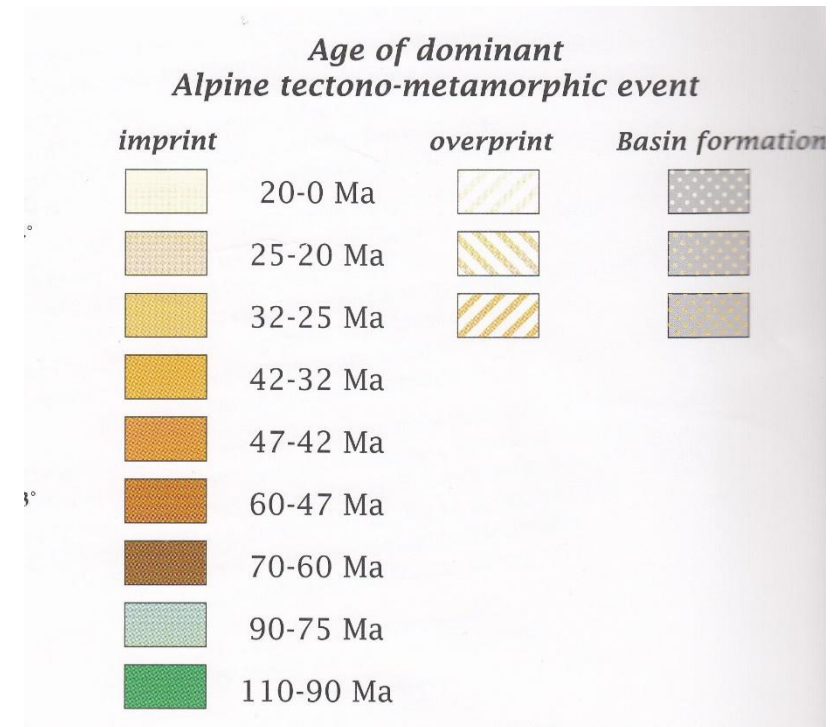
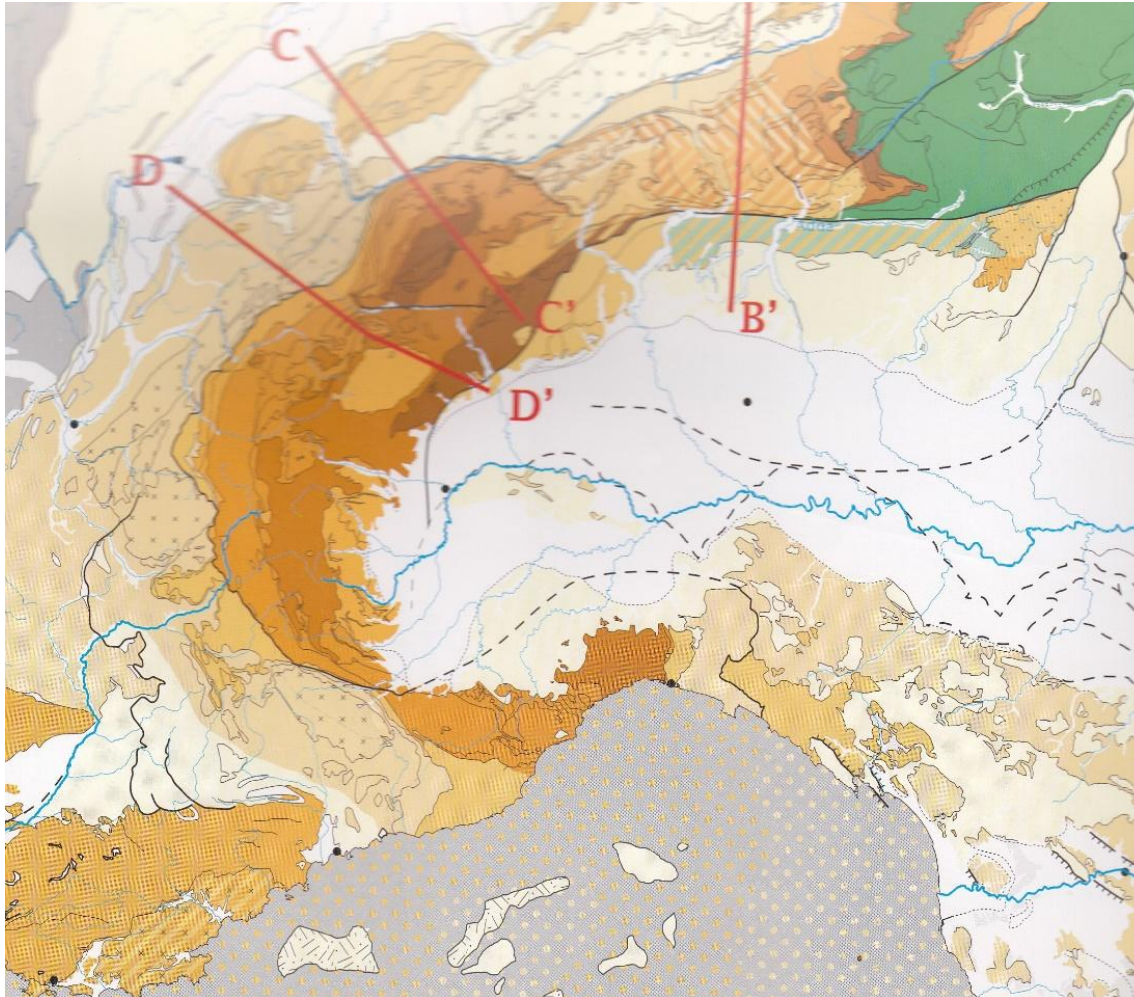


Hatched colour

Metamorphic P-peak overprinted by a later thermal peak



Des âges différents



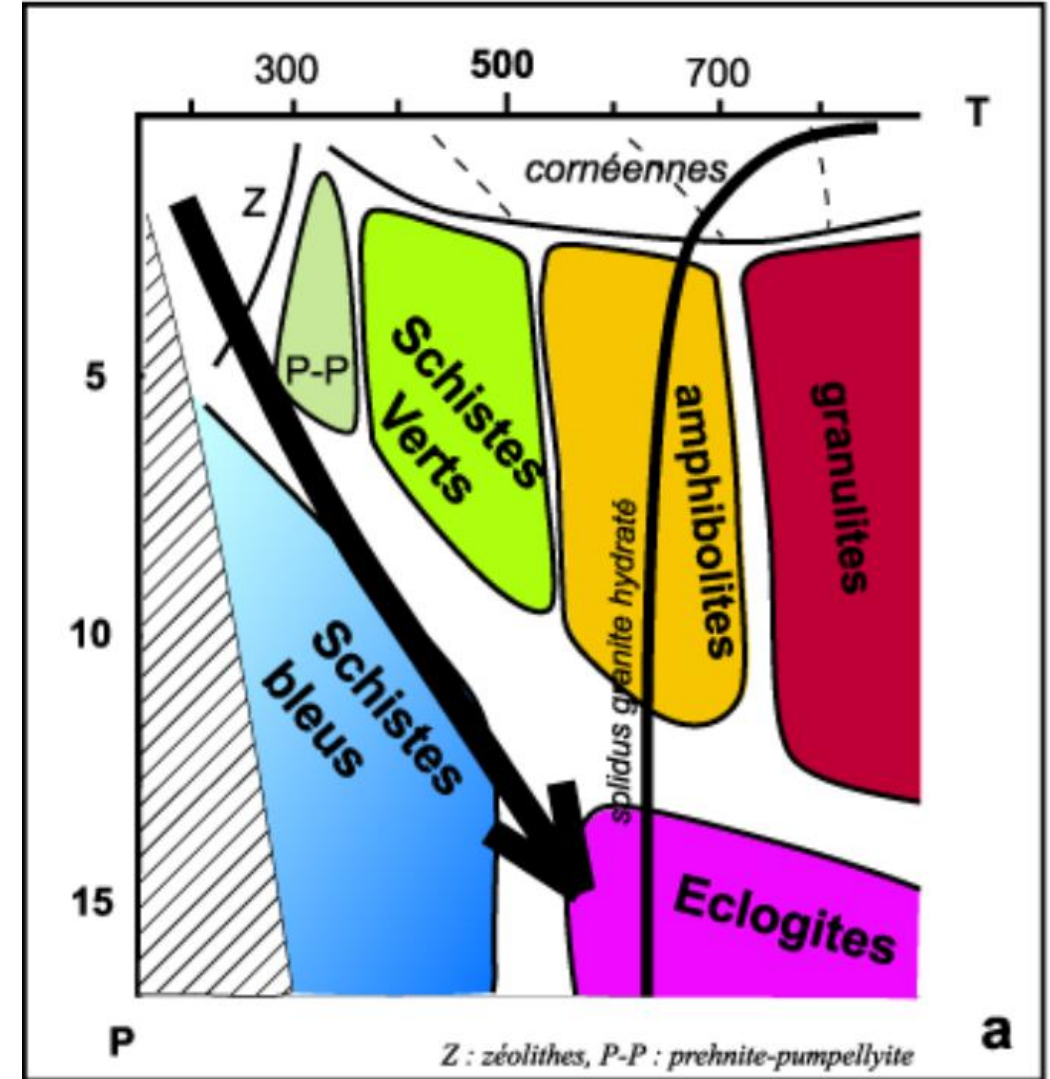
Indices d'une subduction

Le faciès métamorphique à prehnite pumpellyite est le faciès le plus bas du métamorphisme, il est **froid et cassant**.

Le **faciès schiste vert** est marqué par des **amphiboles** vertes.

Le **faciès schiste bleu** par les glaucophane et lawsonite.

Le **faciès éclogite** par le **grenat** et l'**omphacite**.

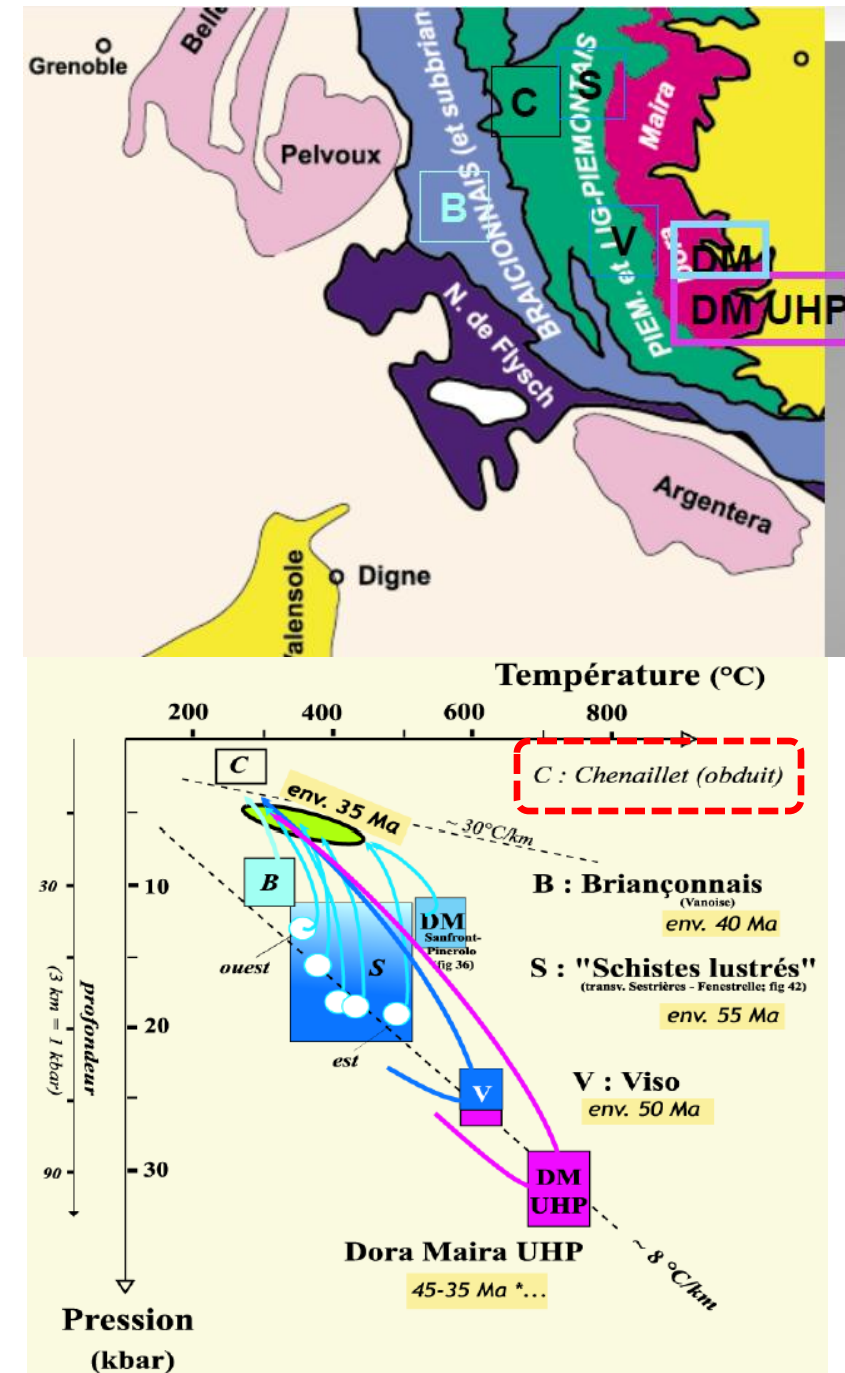


Indices d'une subduction

Le maximum de métamorphisme s'aligne de l'Ouest à l'Est, c'est-à-dire de l'extérieur à l'intérieur des Alpes.

Alignement correspond à un alignement géothermique de **8-10°C/km** ce qui correspond à un métamorphisme BT – HP typique des **zones de subduction**.

Rappel : Chenaillet pas un exemple de subduction (même s'il est dans les Alpes internes) car il a été obducté.



Indices d'une subduction

Pour **dater** le maximum d'enfouissement on utilise la phengite (mica blanc de haute pression) et on date l'arrivée des roches en surface à partir de premiers éléments érodés.

Diachronisme des subductions

On peut ainsi mesurer la vitesse de remontée : de 1 à 5 cm / an pour Dora Maïra, c'est très rapide. Remontée d'autant plus rapide que les unités ont été enfouies profondément.

Des conglomérats à claste de faciès schistes bleu dès l'Oligocène inférieur, 35 Ma - des clastes éclogitiques à partir de 25 Ma en accord avec ce diachronisme

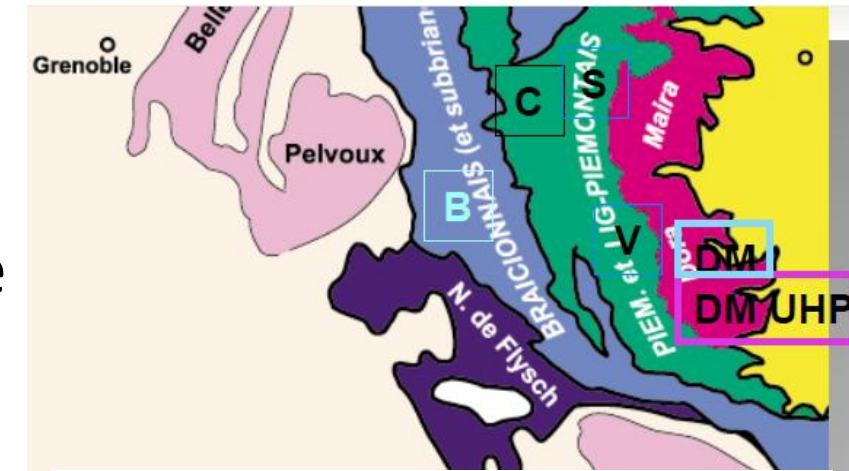
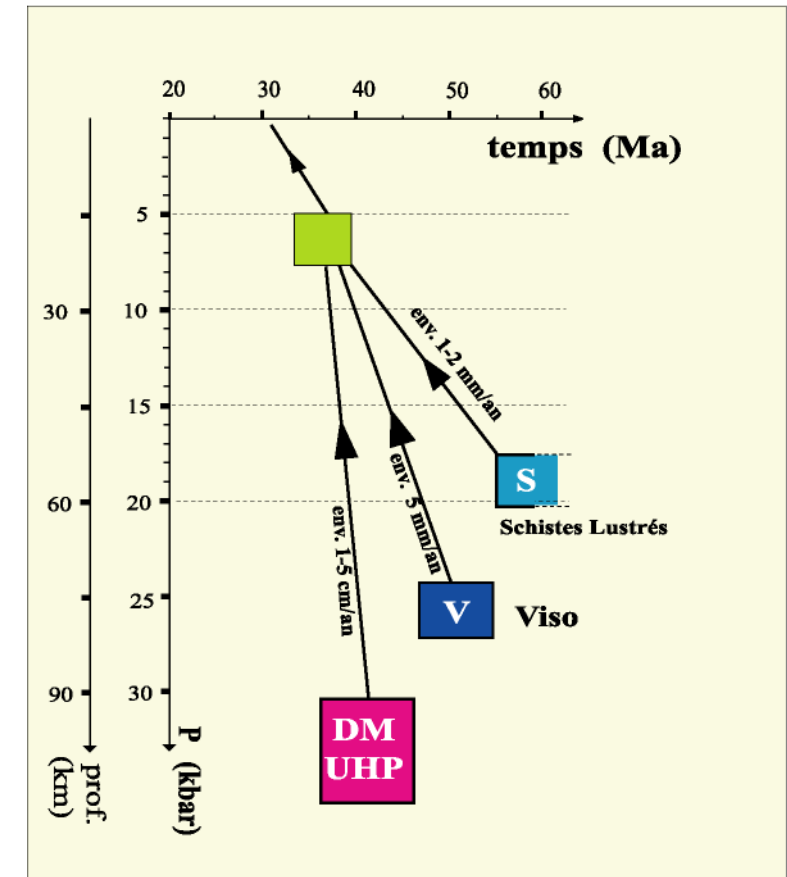


Fig. 44

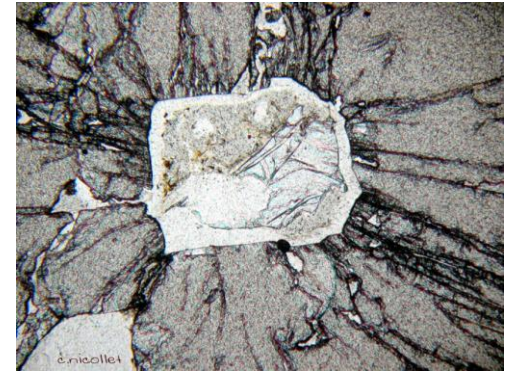


Indices d'une subduction continentale

Coésite de Dora Maïra (Massif cristallin interne)

Coésite = forte de ultra haute pression du quartz

Peut se former jusqu'à 100 km de profondeur. Donc la partie hercynienne de la marge (Dora Maïra) a, à un moment été jusqu'à ces profondeurs. Ce type de relique est possible car la vitesse d'exhumation est plus élevée que celle de rétro-morphose.



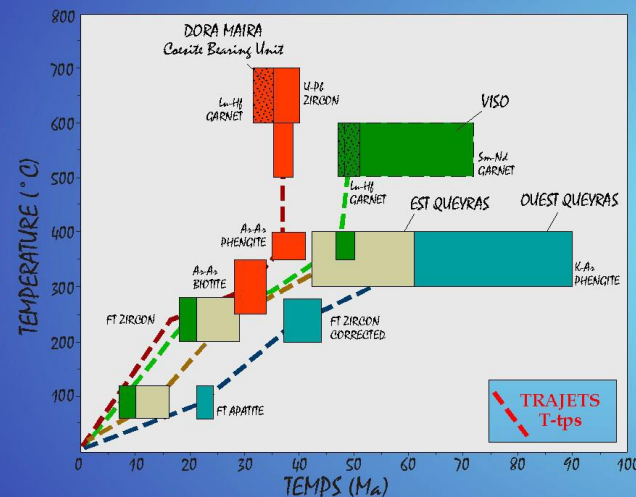
Coésite incluse dans un grenat

Remarque 1 : augmentation du volume lors du passage de coésite à quartz d'où fracturation du grenat.

Remarque 2 : seuls les argiles et les oxydes sont stables dans l'atmosphère les autres minéraux sont métastables.

Bilan : diachronisme

AGES RADIOMETRIQUES DISPONIBLES POUR LES ZONES INTERNES DES ALPES OCCIDENTALES



➔ **CONFIRMATION DU DIACHRONISME
REVELE PAR LES DATATIONS TF**

-Diachronisme d'Ouest en Est et de haut en bas
de l'édifice tectonique

-Ages plus jeunes dans les unités éclogitiques
que dans les unités schistes bleus

➔ **OBTENTION DES TRAJETS DE
REFROIDISSEMENT DIACHRONES**

-Exhumation tardive pour les unités les plus
internes

Fig. 43

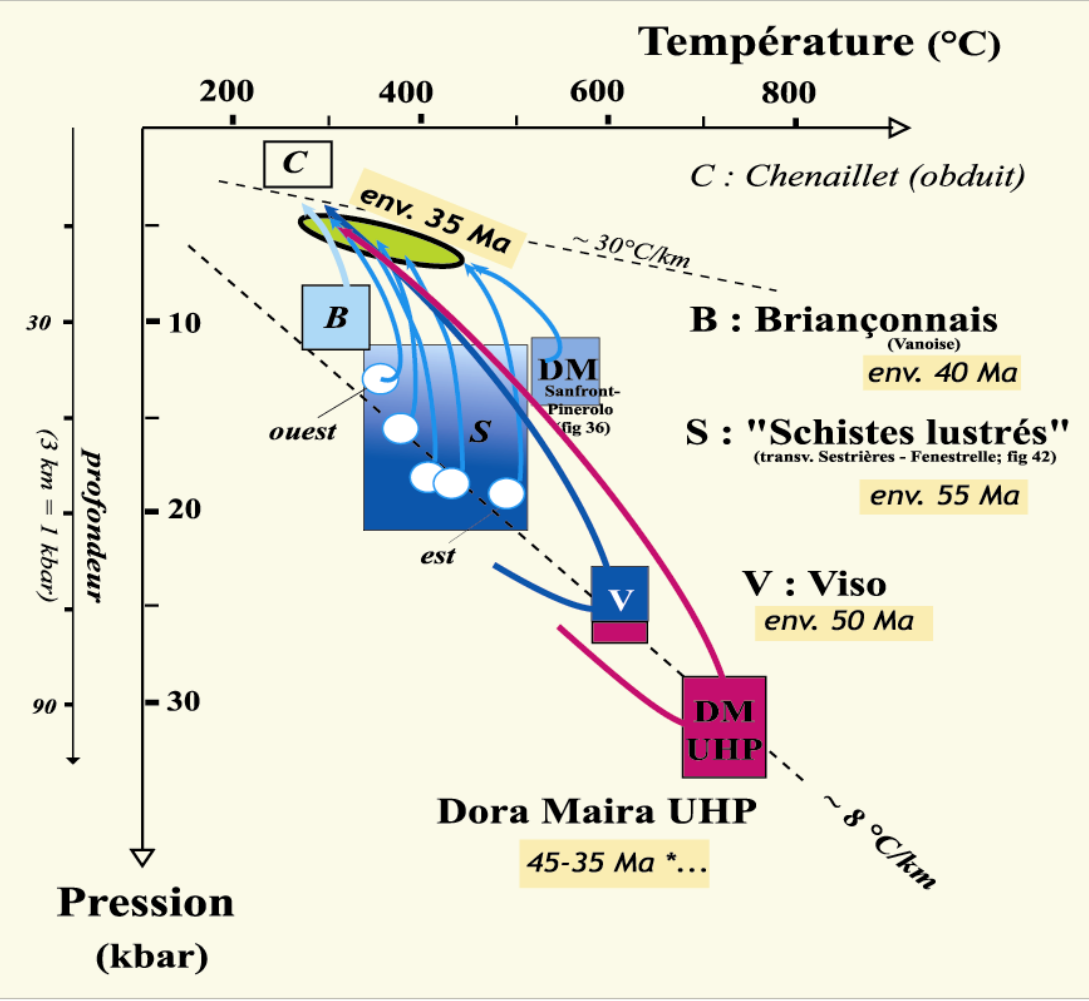
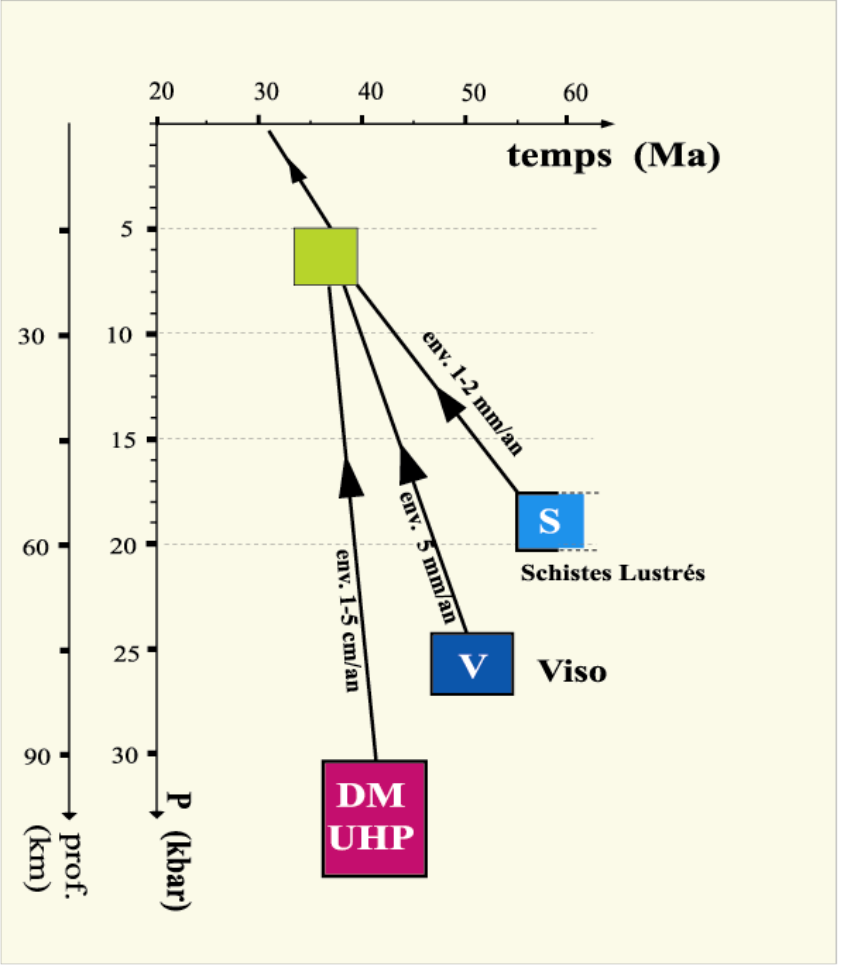
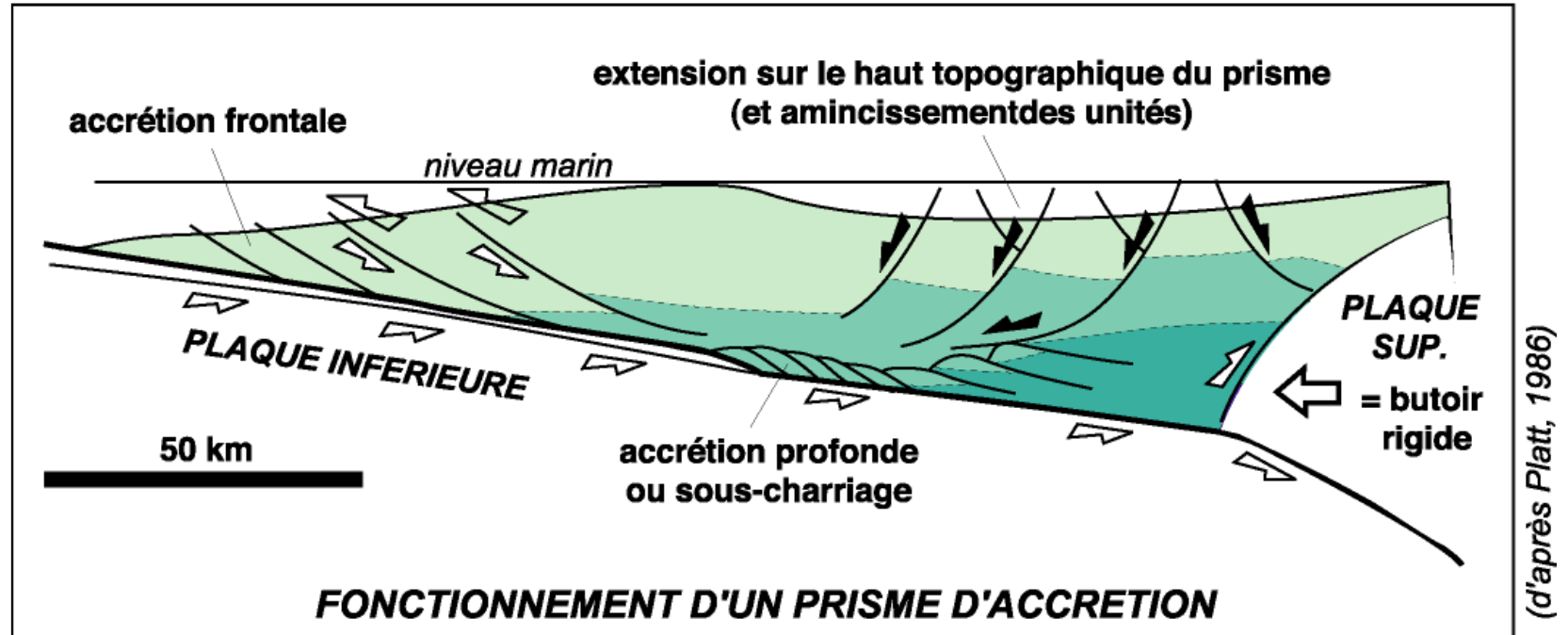


Fig. 44



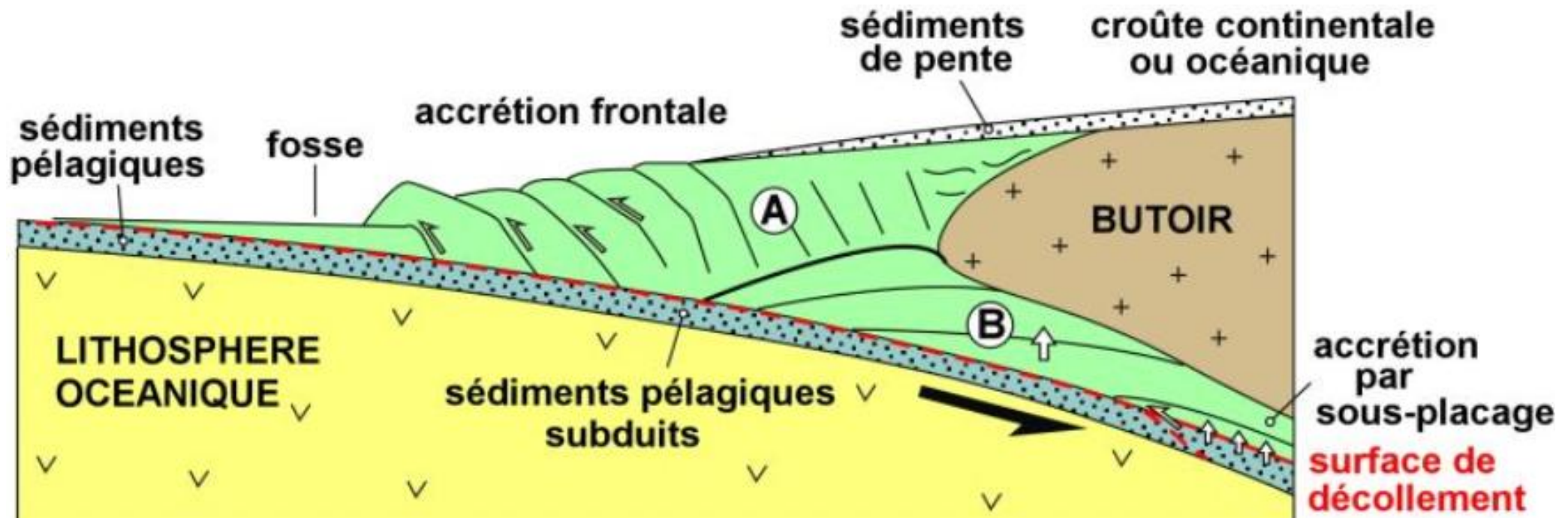
(d'après Agard et al., 2002)

Modèle de prisme orogénique

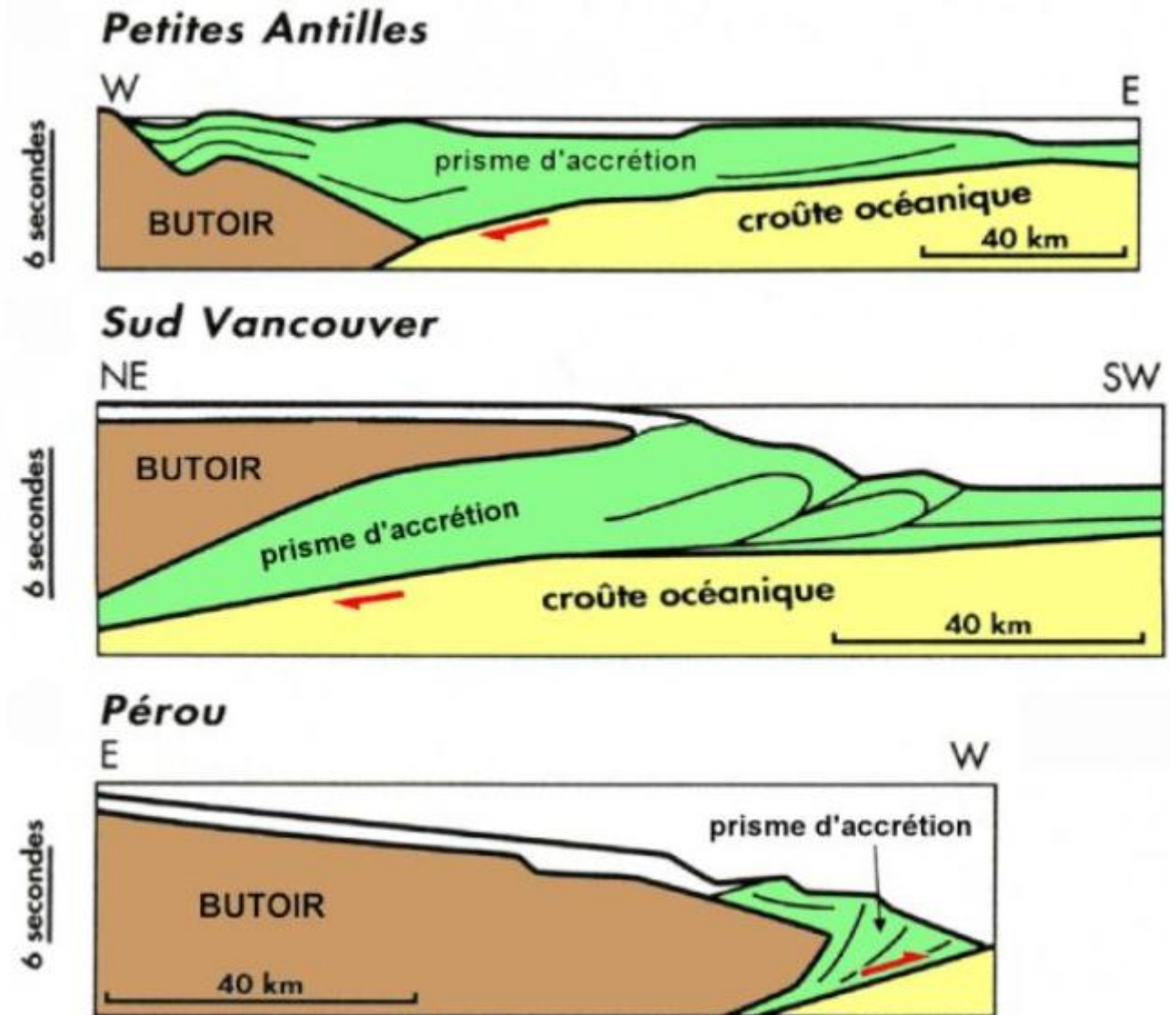


Un prisme d'accrétion océanique désigne l'accumulation de matériel sédimentaire à l'avant d'une zone de subduction. Il s'agit d'une structure tectonique générée par l'imbrication **d'écailles sédimentaires**. Cet écaillage est lié à l'existence d'un **butoir rigide** qui racle les sédiments de la croûte océanique en cours de subduction,

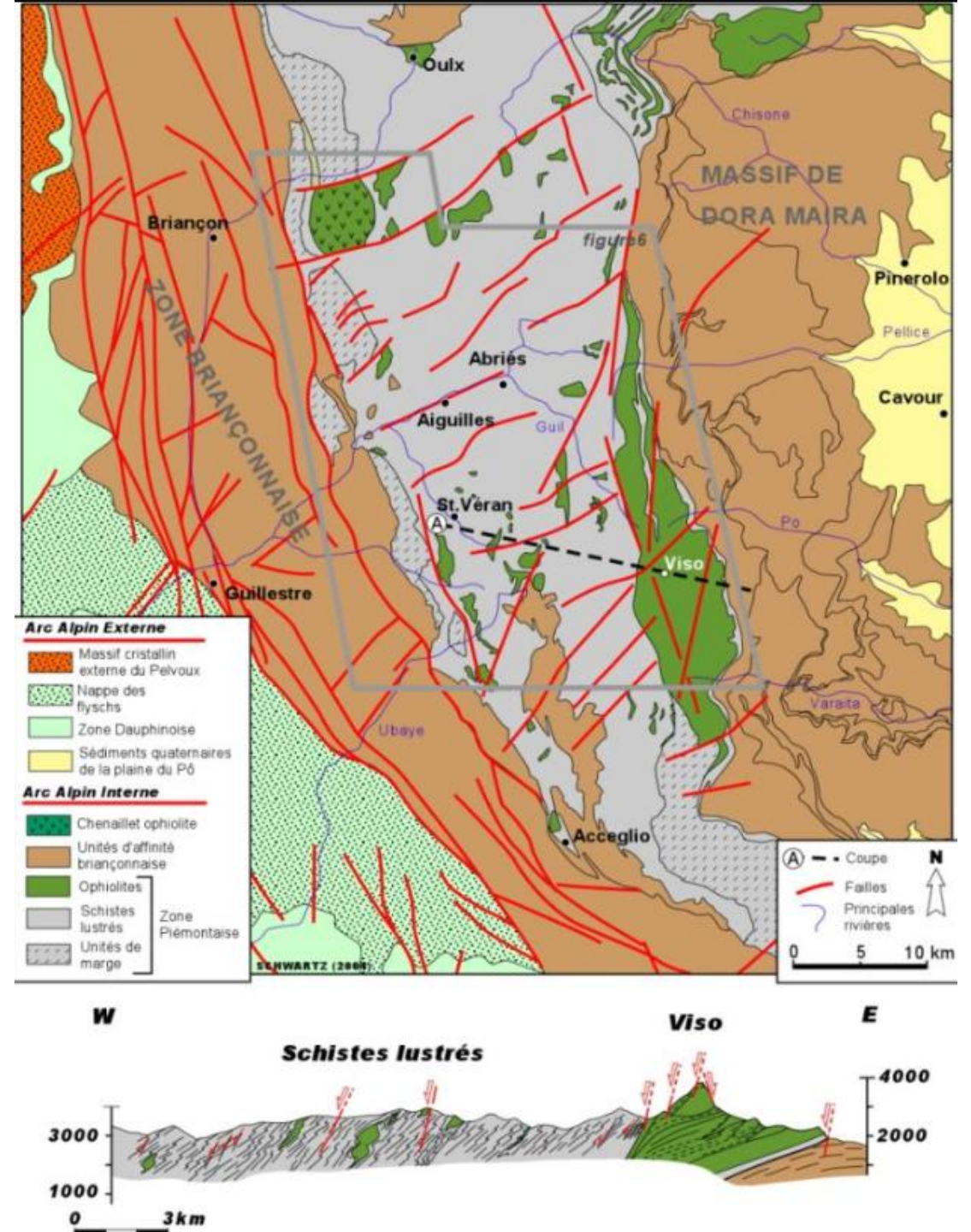
On peut observer deux ensembles au sein du prisme d'accrétion : (A)- partie superficielle du prisme formée par accrétion frontale, (B)- partie profonde du prisme formée par sous-placage de matériel pélagique.



Il existe différentes géométries de prisme d'accrétion océanique. Ces géométries sont contrôlées par des facteurs comme la forme du butoir, la quantité de matériel sédimentaire, ou l'angle du plan de subduction

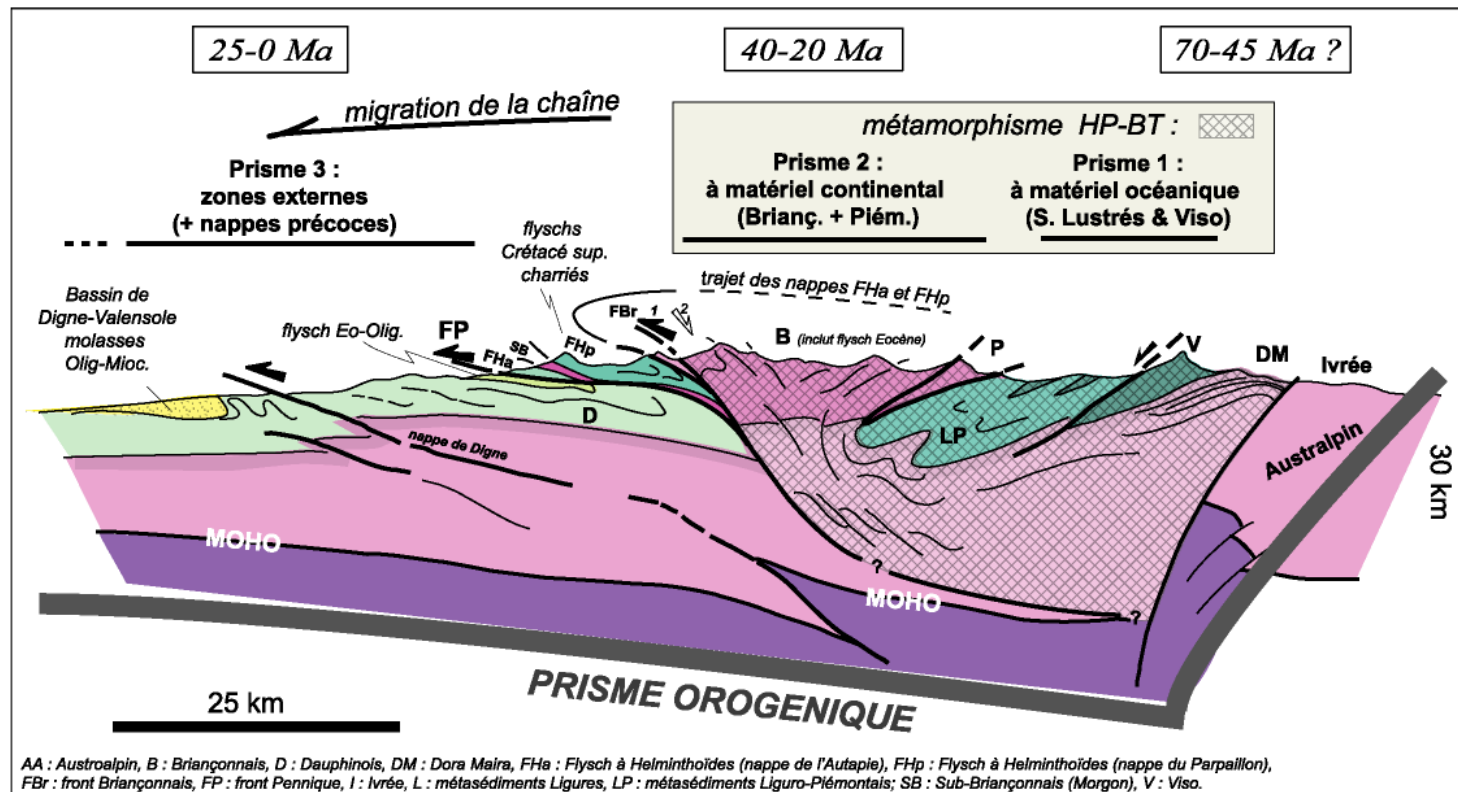


La zone liguro-piémontaise est constituée par deux ensembles juxtaposés. La partie la plus occidentale est à dominante sédimentaire et correspond aux unités de **Schistes Lustrés** qui peuvent être assimilées à un **paléo-prisme d'accrétion**. Ces unités reposent sur des unités ophiolitiques (Mont Viso).

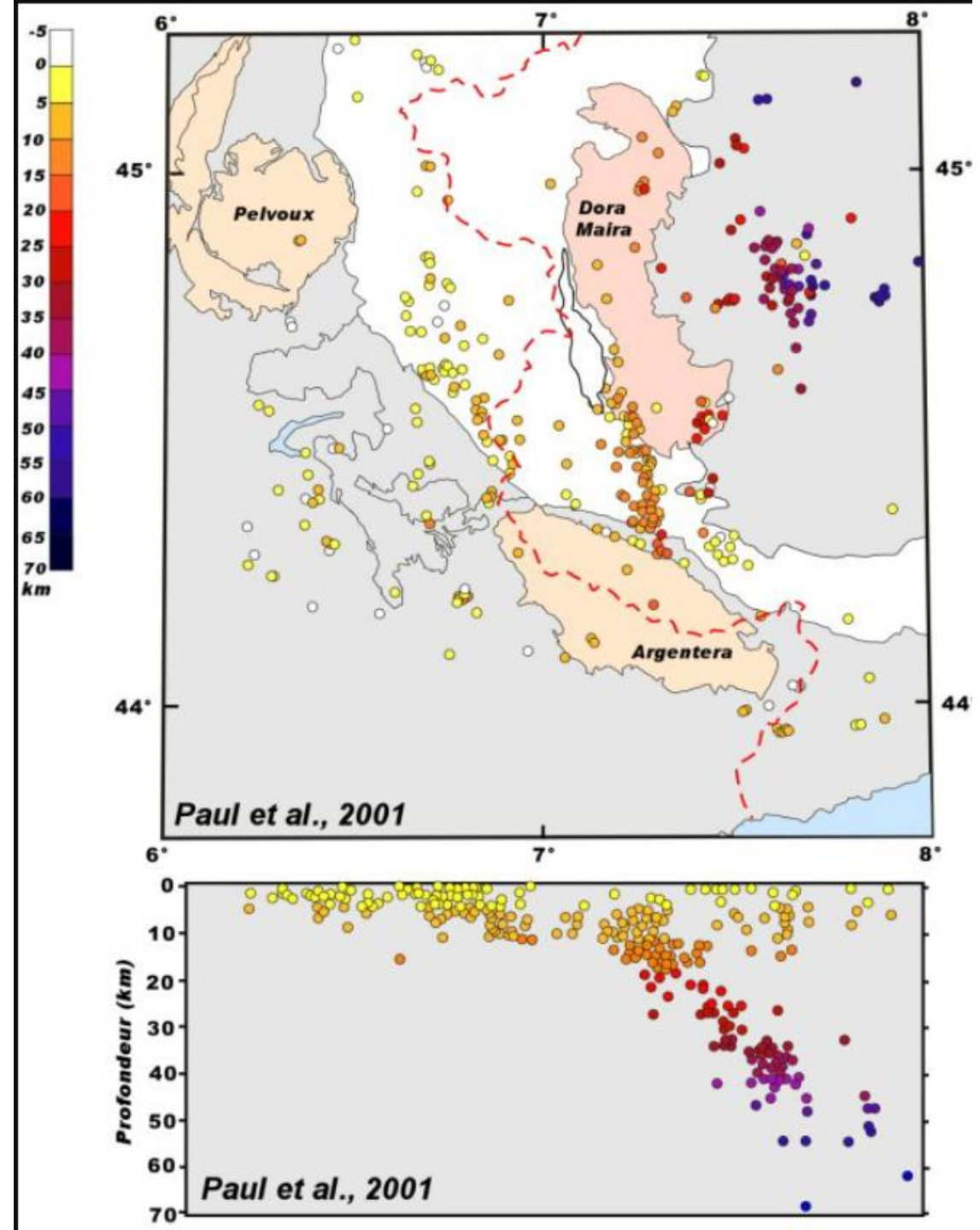


Indices structuraux – Modèle de prisme orogénique par analogie avec les prismes d'accrétion

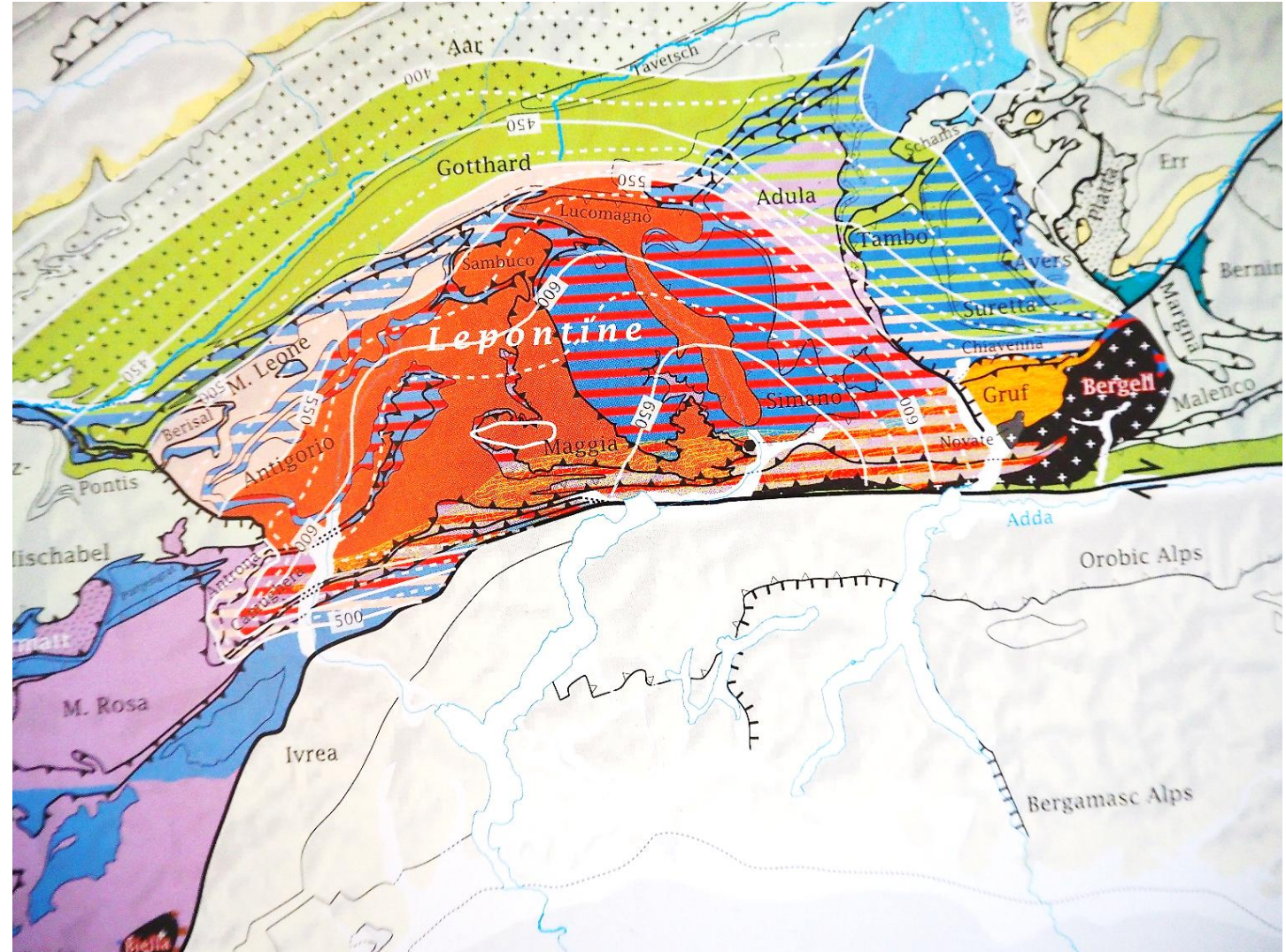
Fig 46



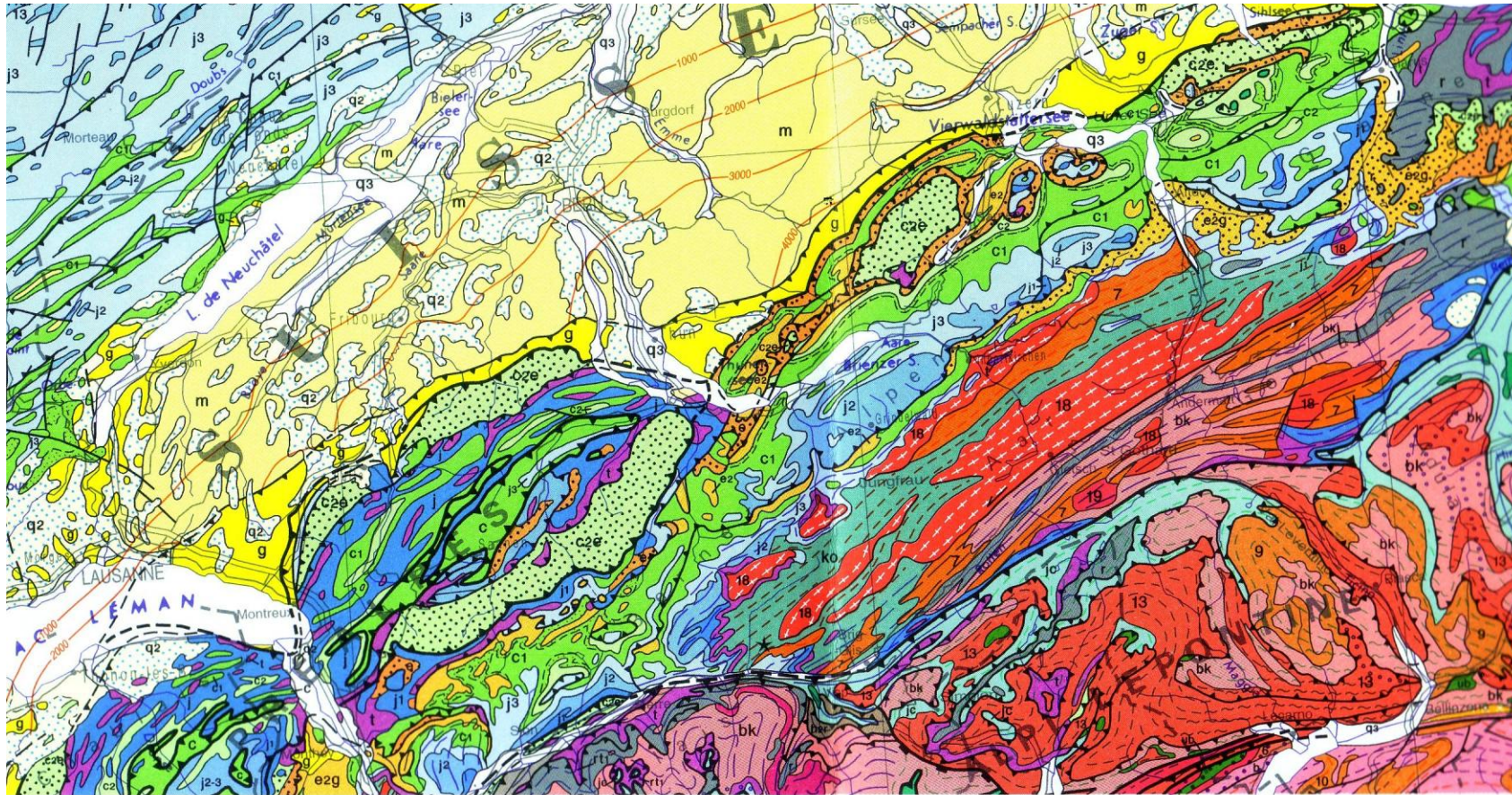
Carte de localisation des séismes après inversion 3D sur une carte structurale simplifiée et sur coupe Ouest - Est



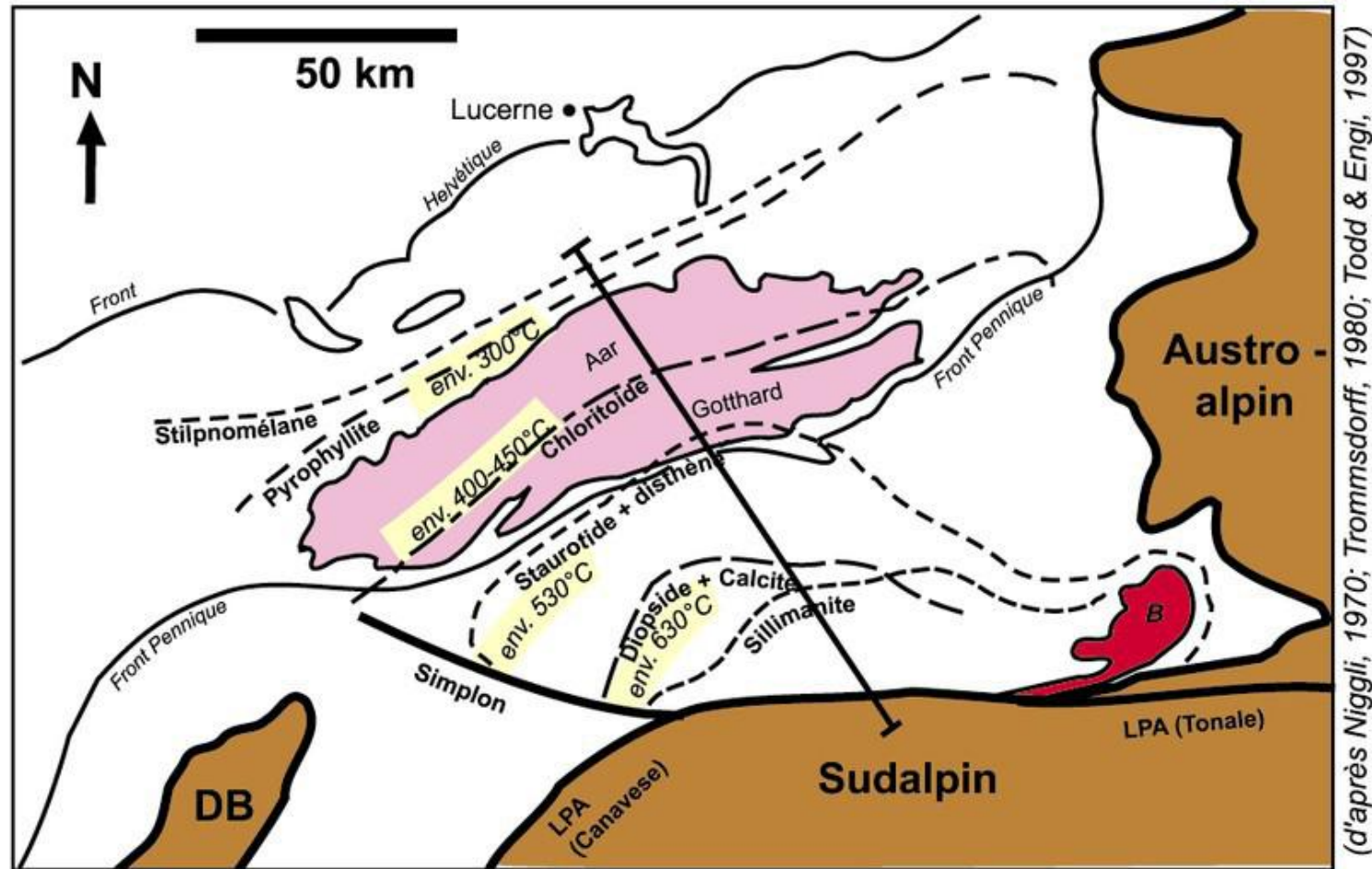
Dôme Lépontain métamorphisme de collision d'âge alpin



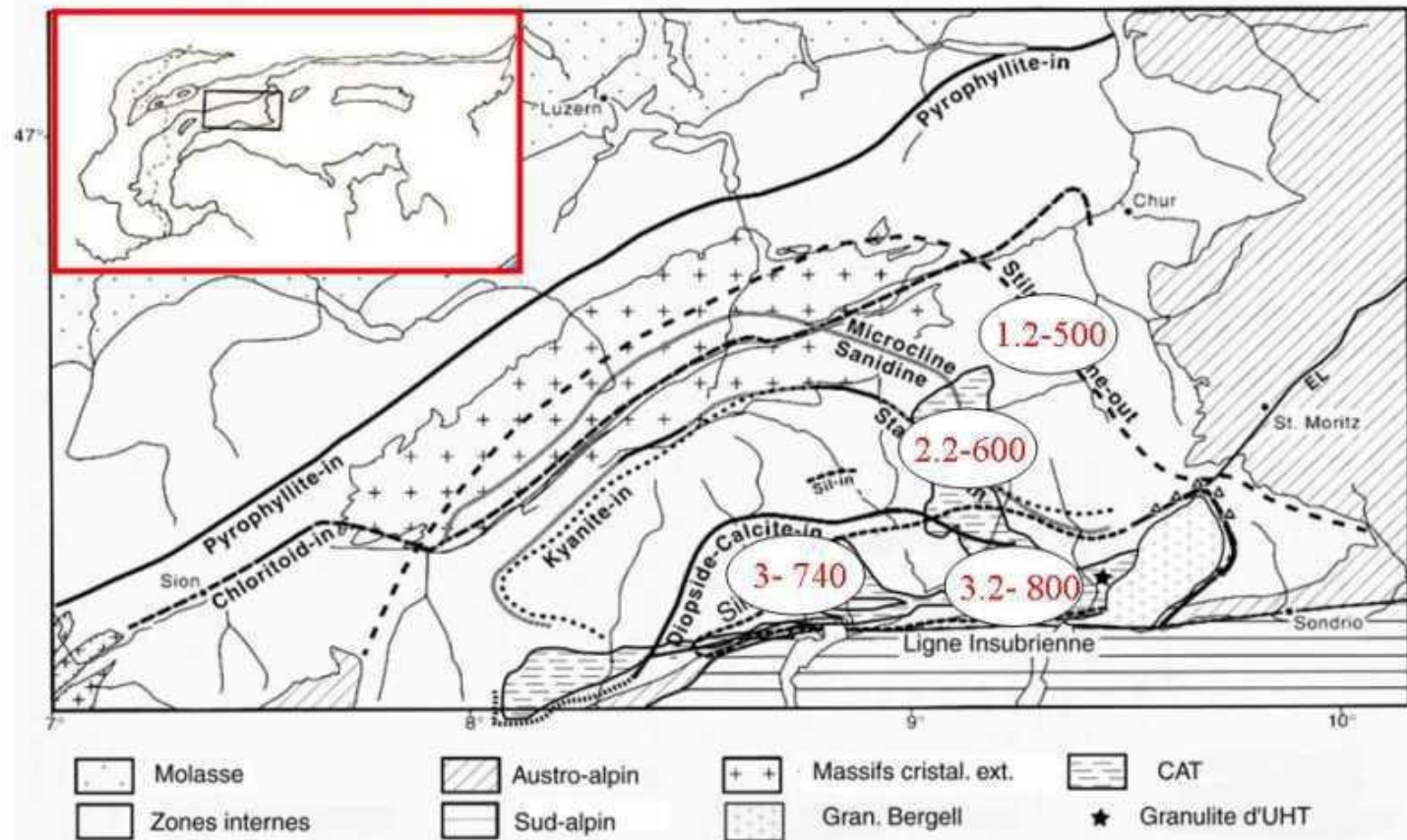
Retour au 1 / 1 000 000



Dome lépontin

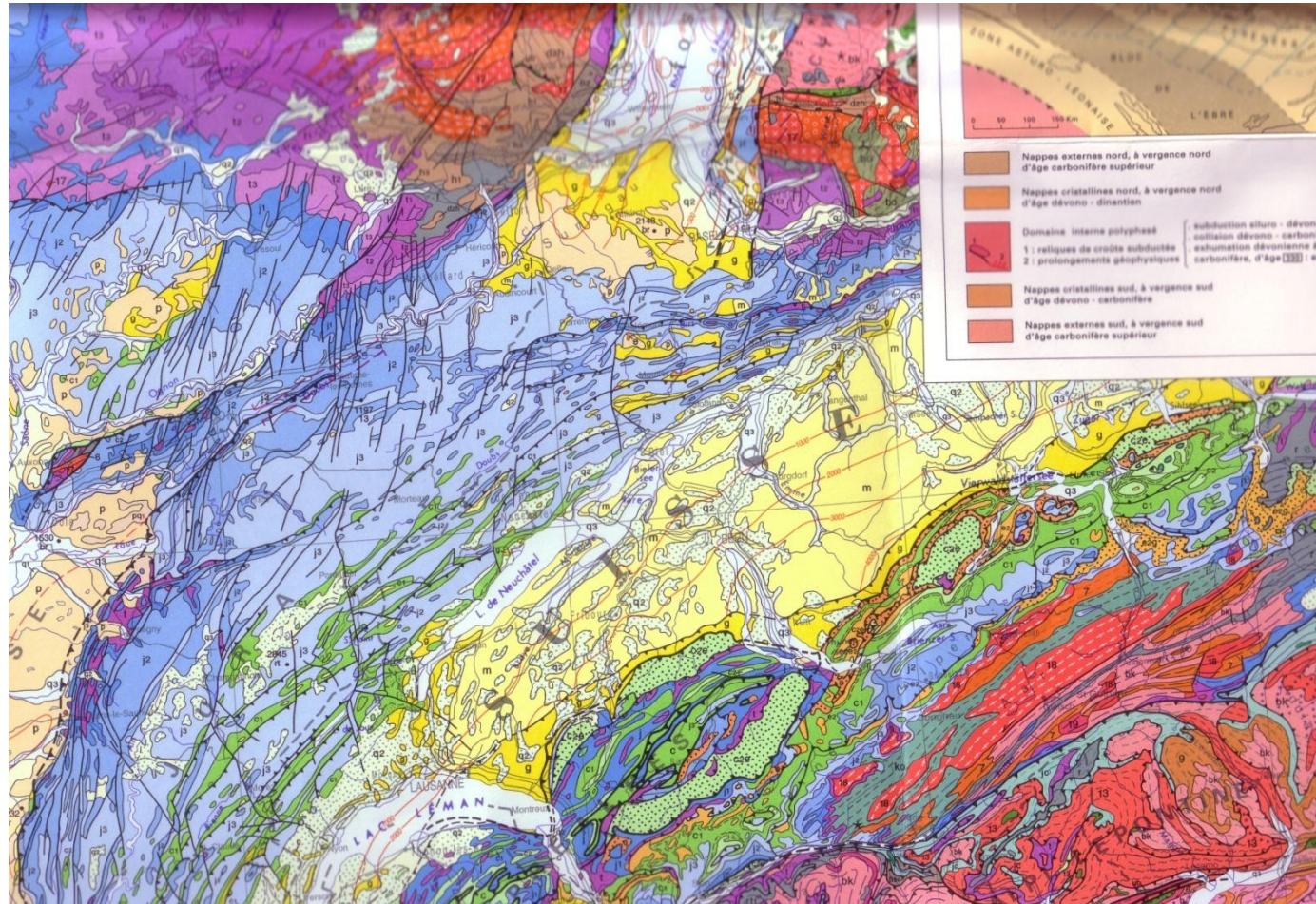


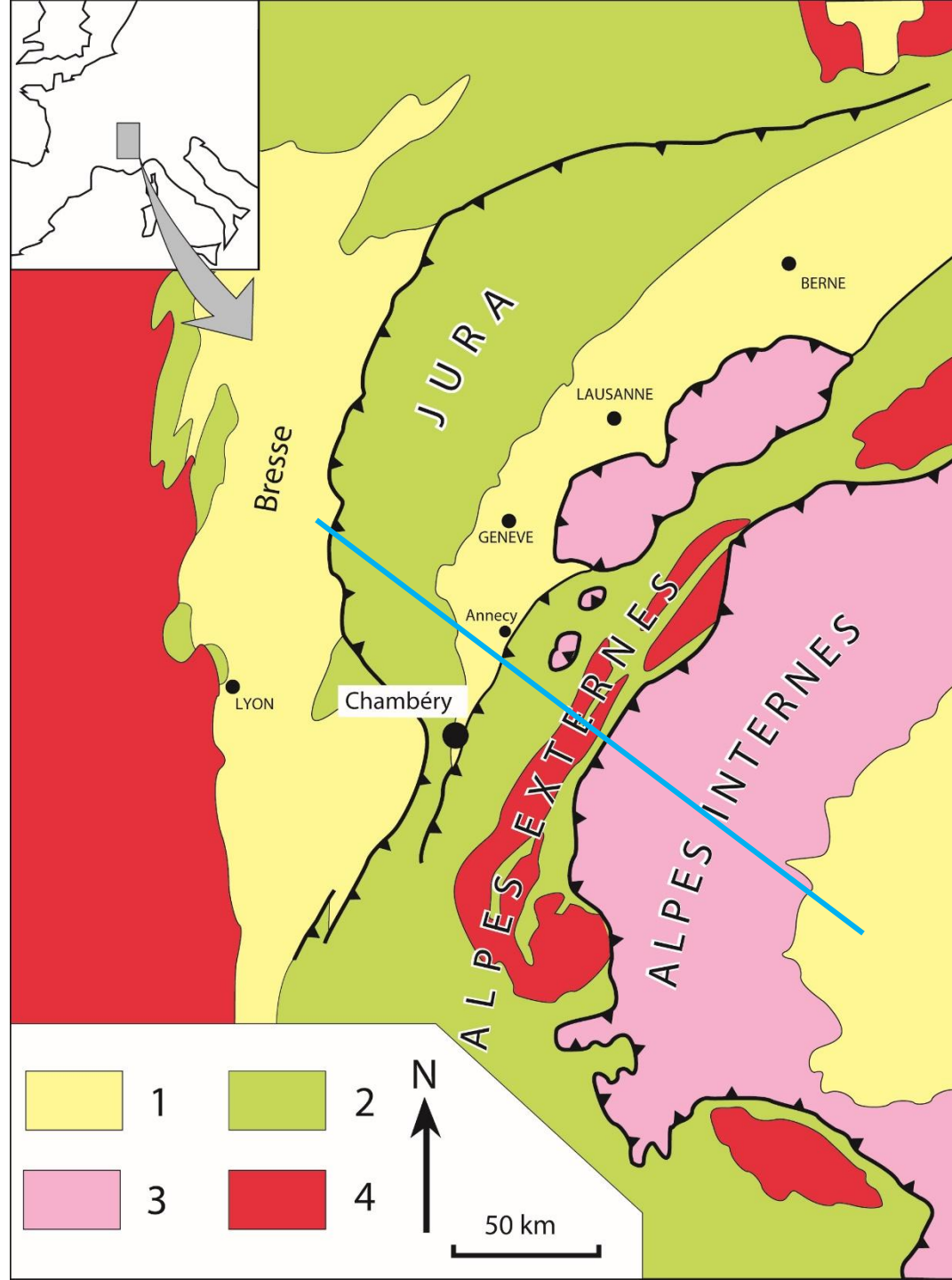
(d'après Niggli, 1970; Trommsdorff, 1980; Todd & Engi, 1997)



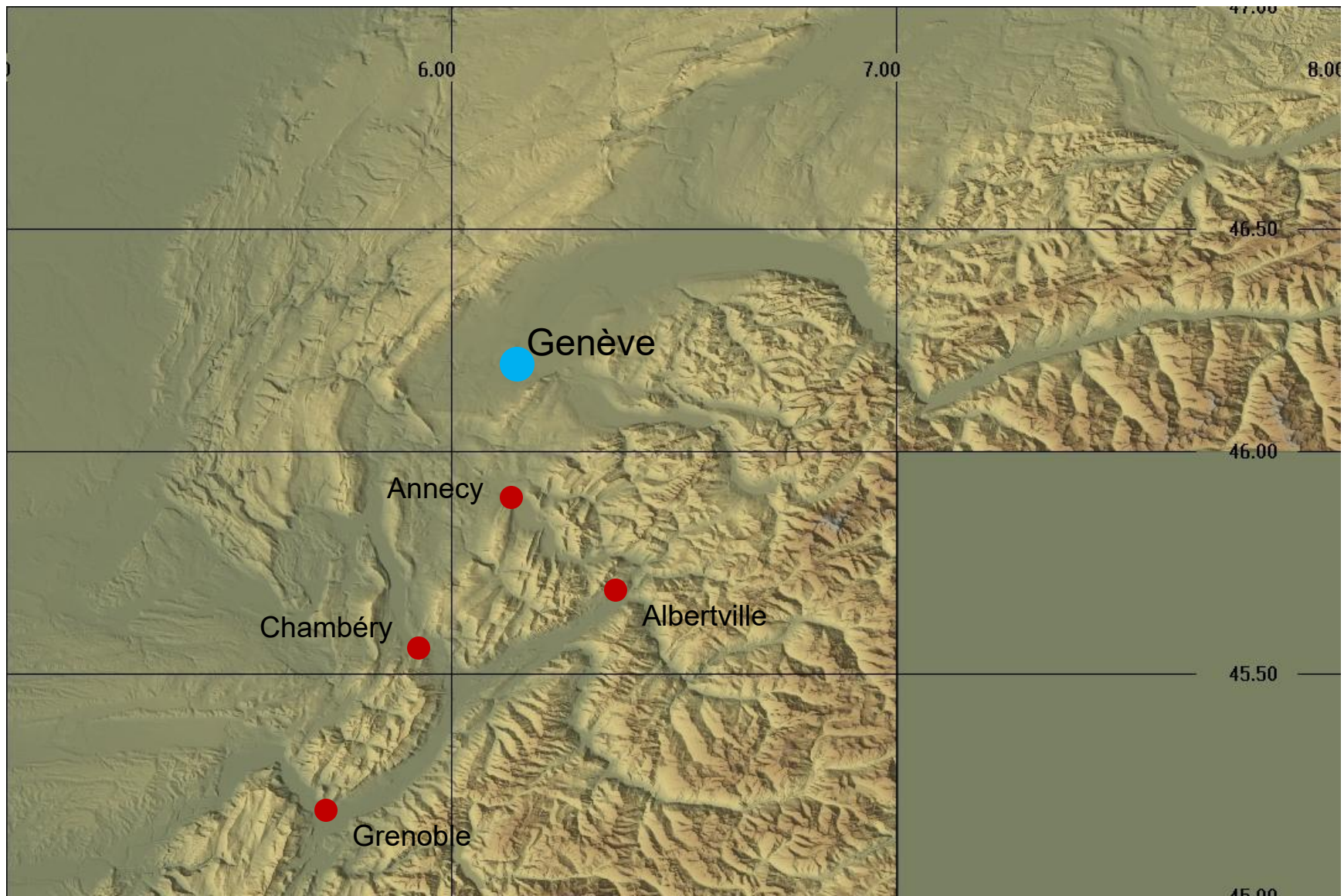
Le Dôme Lépointin

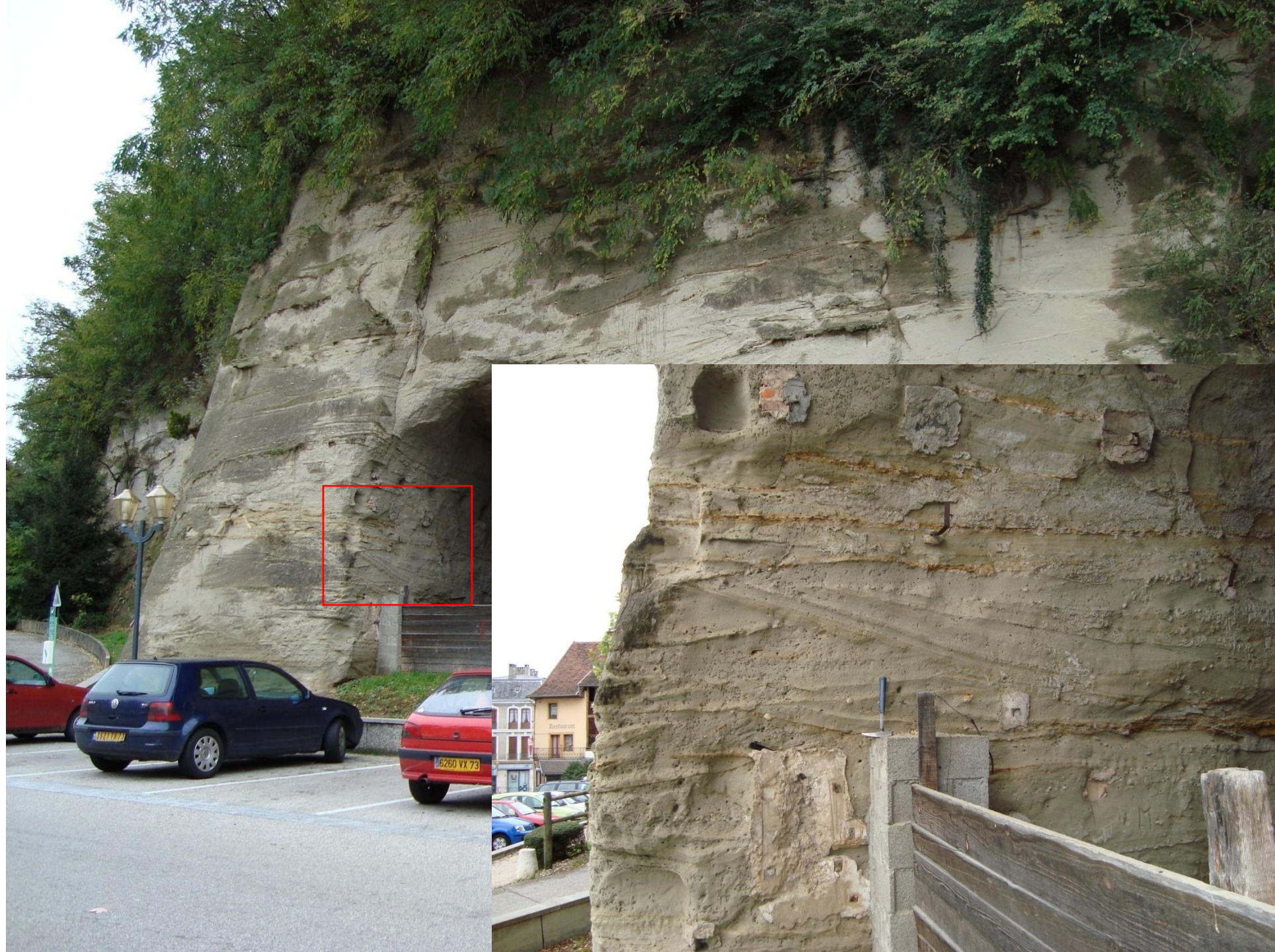
Bassin molassique suisse.

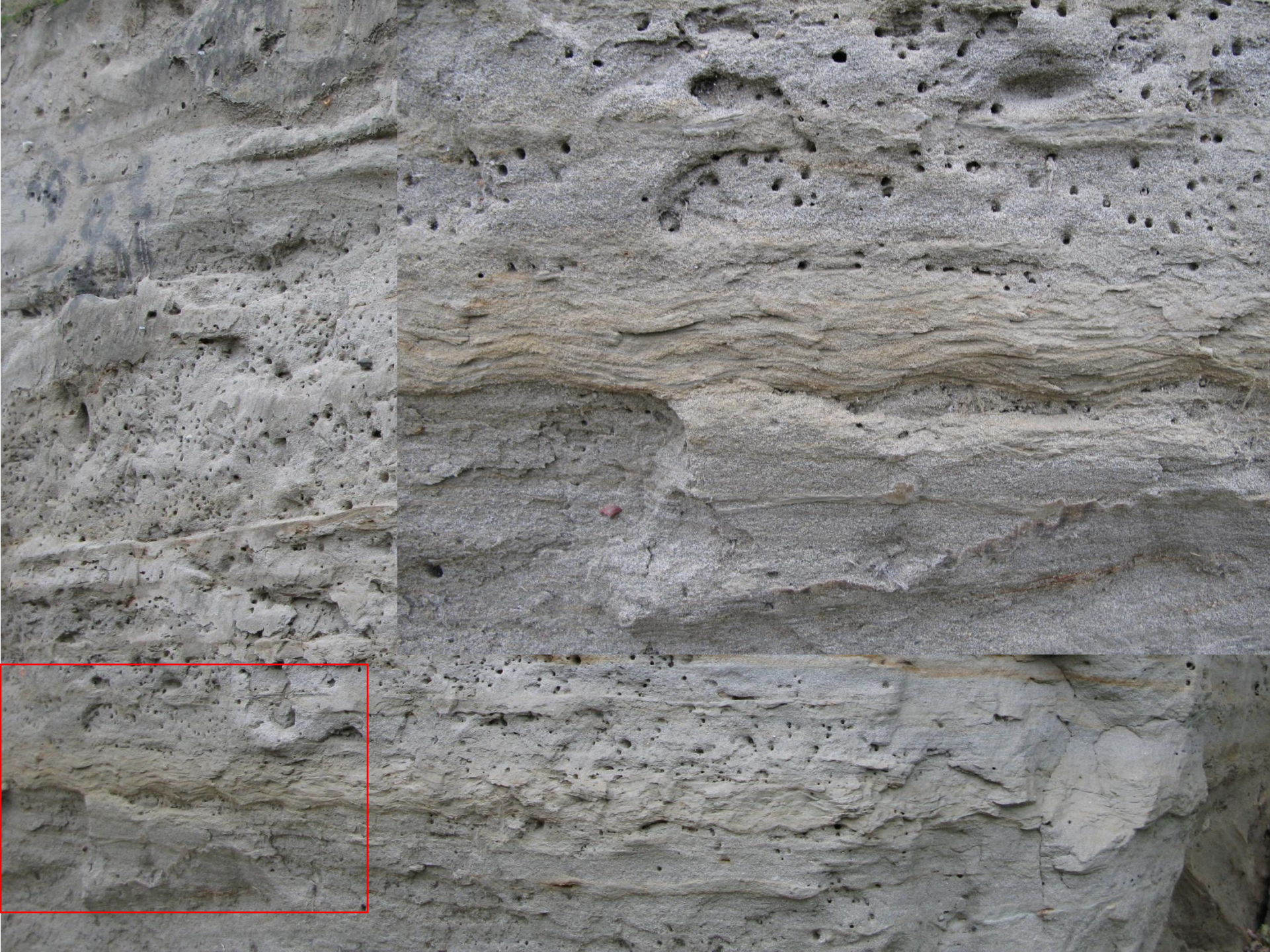




Les accumulations molassiques
des confins
Alpes Occidentales / Jura

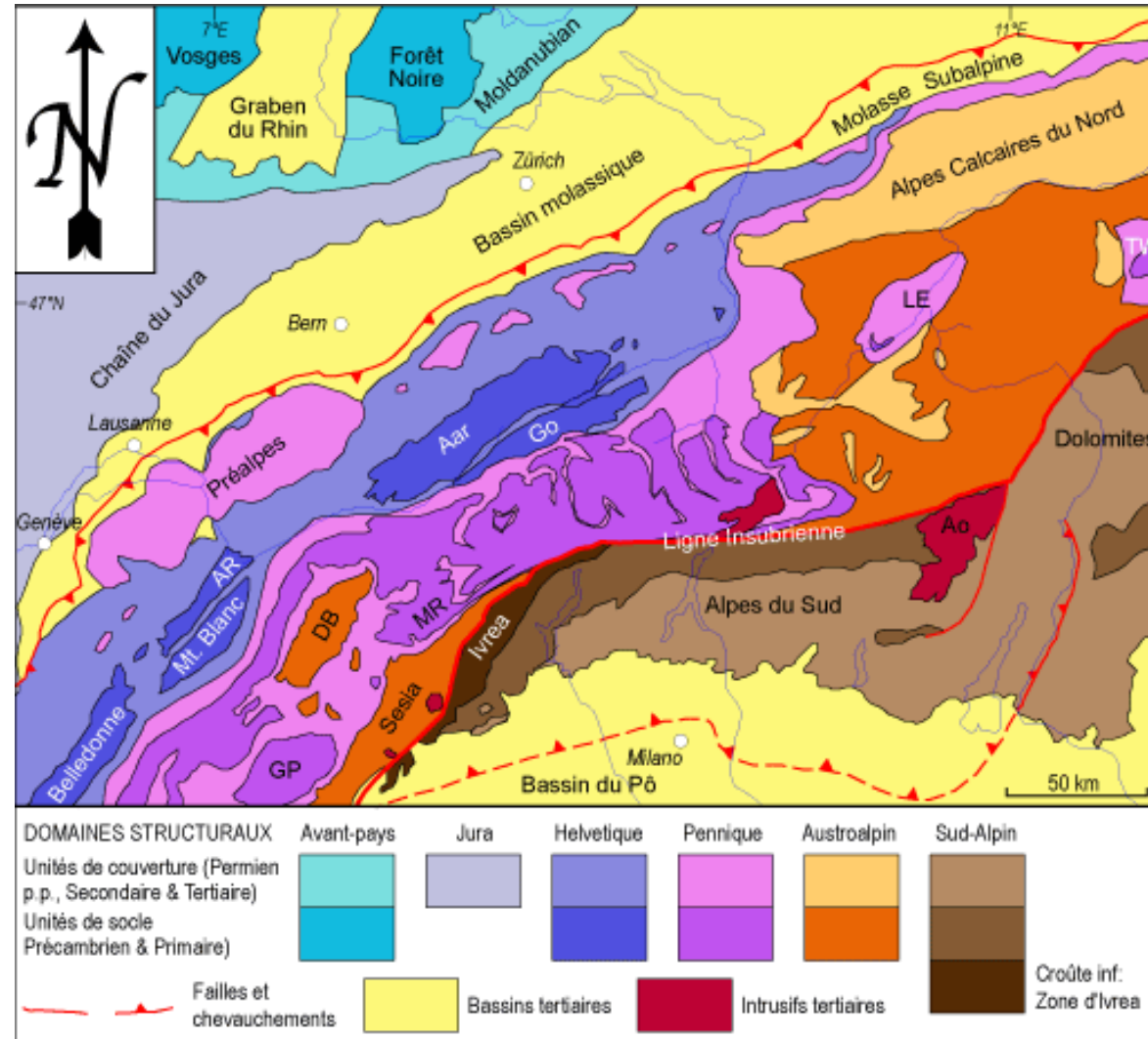






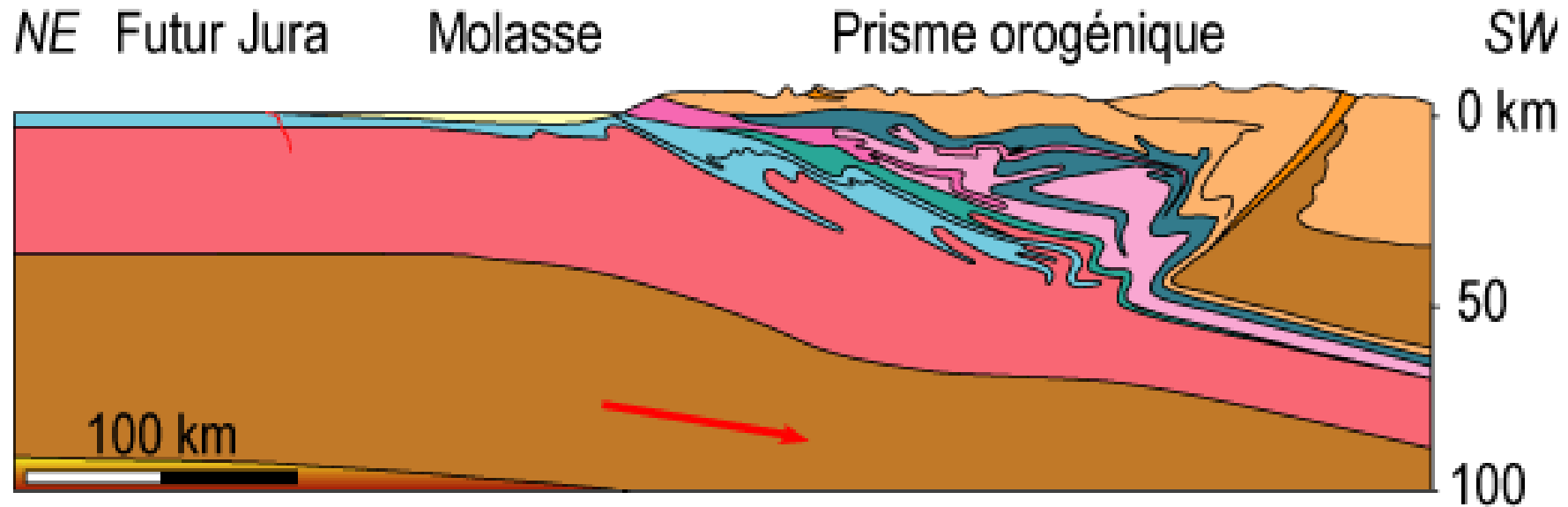


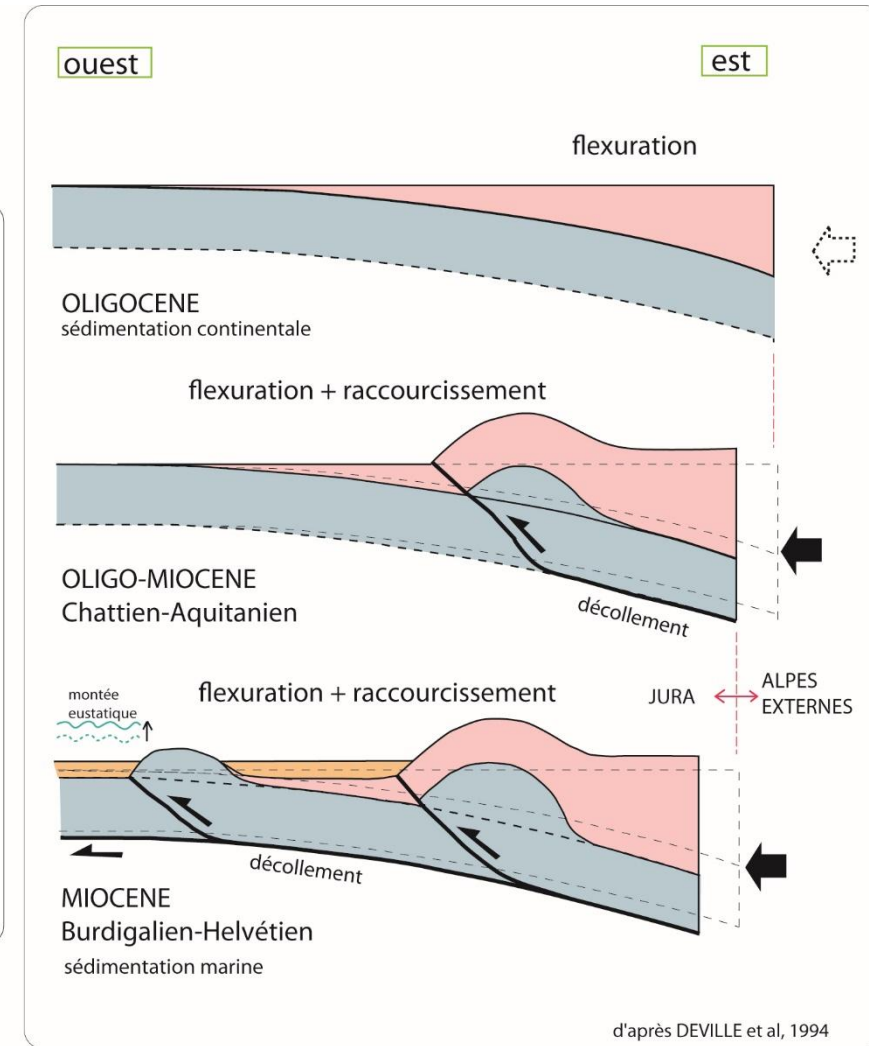
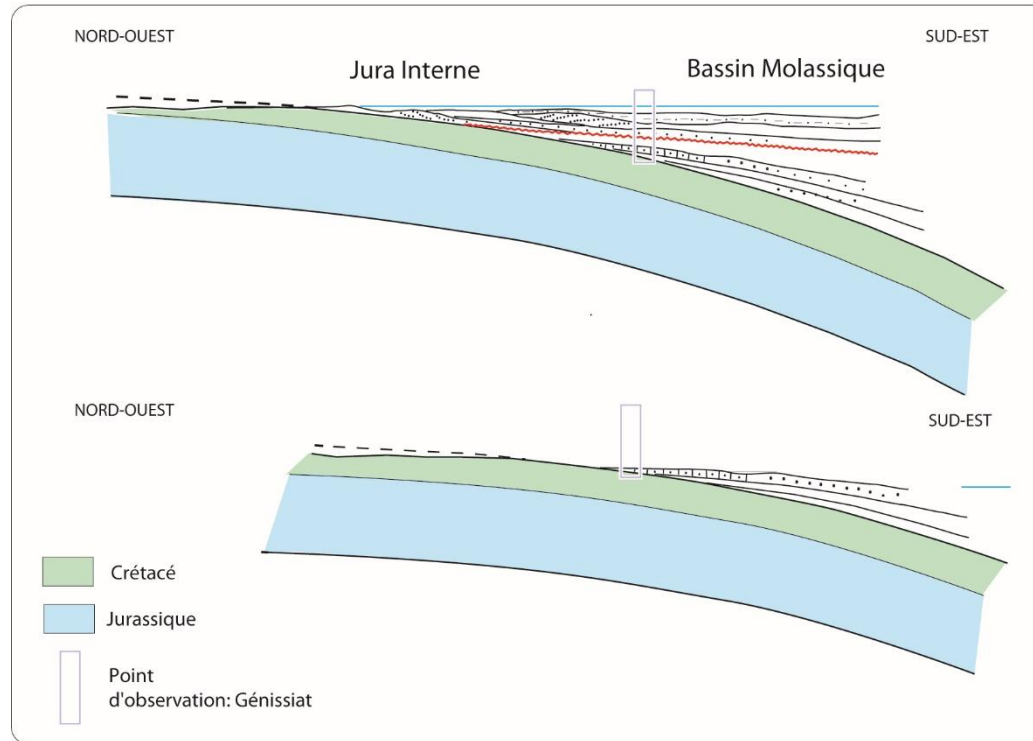
Bassins molassiques



Coupe des Alpes lors de la formation des bassins flexuraux

-





Flexure d'avant-chaîne, raccourcissement horizontal, eustatisme, et sédimentation:
le front des Massifs Subalpins

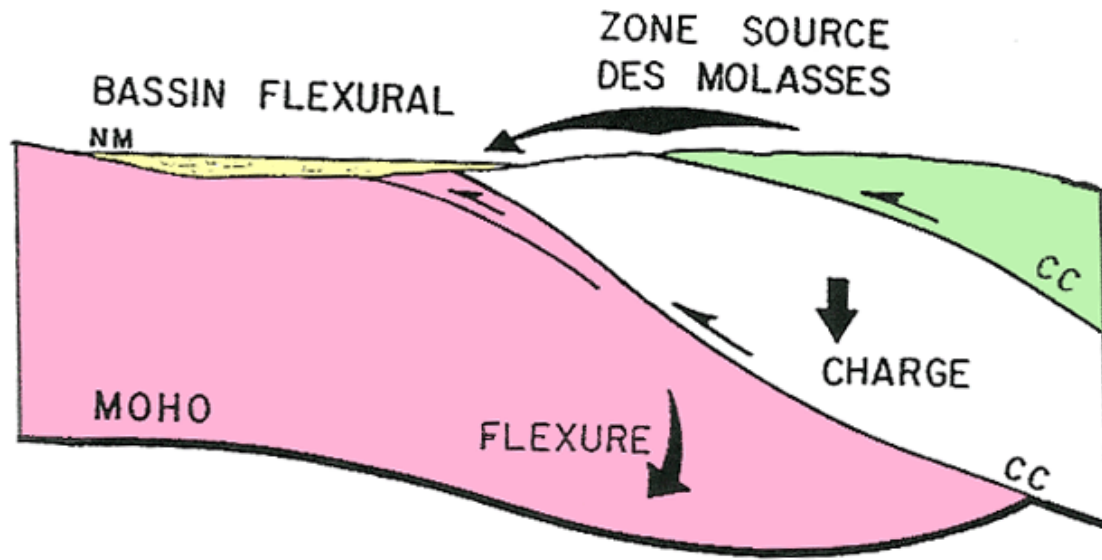
Raccourcissement horizontal moyen estimé durant le Miocène moyen-sup.: 2 mm / an



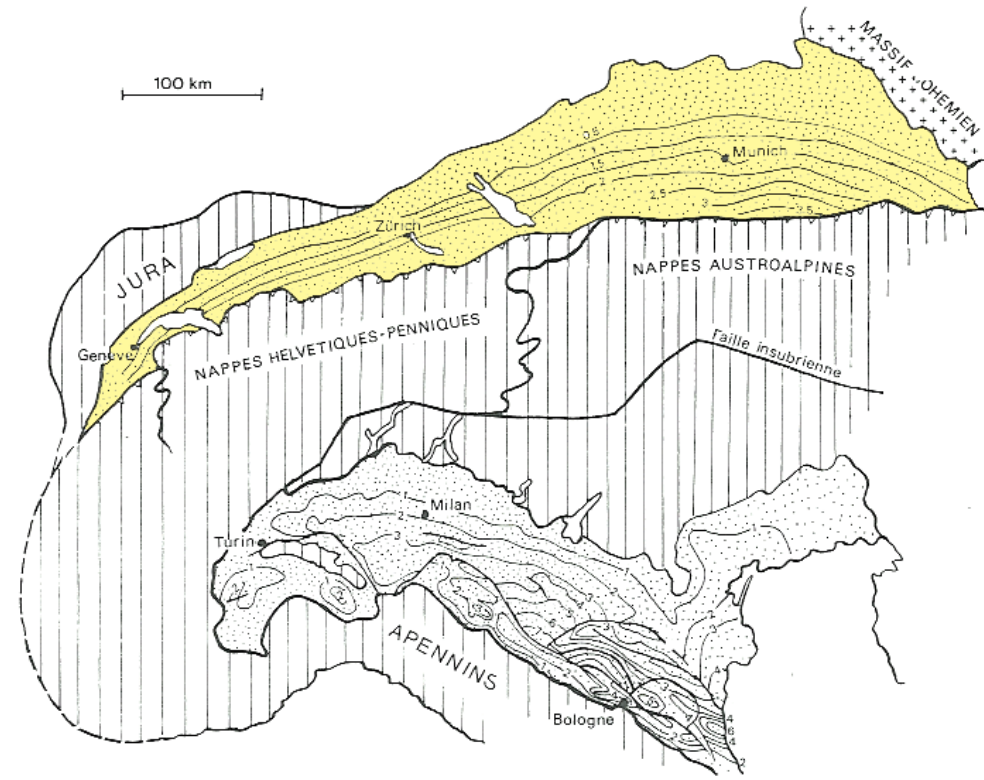
Molasses : roches sédimentaires
déposées dans un bassin
molassique : calcaires, grès avec
figures de sédimentations et
fossiles.



Marqueurs géologiques de la collision .



- Bassin flexural en surface,
- Migmatites (fusion partielle) à la racine.



Indices d'une collision - Indices sédimentaires

Bassin flexural d'avant pays :

Flexure élastique, sous le poids de la plaque africaine = subsidence **tectonique**.

Formation d'une dépression à l'avant des nappes de charriages qui récupèrent les produits d'érosion : **permet de dater de manière indirecte la collision** (Oligo-Miocène).

Mouvements actuels.

