

Extension tardi-orogénique dans les Alpes

Marqueurs sismiques, sismotectoniques

L'idée la plus couramment admise est la destruction des reliefs par l'action des agents d'érosion et la remontée concomitante des racines profondes. Cette seule action de l'érosion pose deux problèmes :

→ Si seuls ces mécanismes d'érosion sont mis en jeu, **la durée d'abrasion des chaînes** (c'est à dire le retour de la croûte continentale vers une épaisseur de 30 km) demanderait plusieurs centaines de millions d'années. Or, on a montré que cette durée est plutôt de l'ordre de quelques dizaines de millions d'années.

→ La seule érosion de ces reliefs devrait produire des **quantités monumentales de sédiments détritiques**, qui devraient ensuite s'accumuler dans de gigantesques bassins sédimentaires, en bordure. Or, ce n'est pas toujours le cas et les quantités de sédiments sont généralement très inférieures à celles attendus au regard du volume initial de la chaîne.

⇒ L'érosion, seule, ne peut contribuer à l'effacement des reliefs : **il existe un mécanisme complémentaire, l'extension.**

Vue d'ensemble de la fracturation tectonique tardive en extension dans la zone briançonnaise et dans la zone des schistes lustrés piémontais

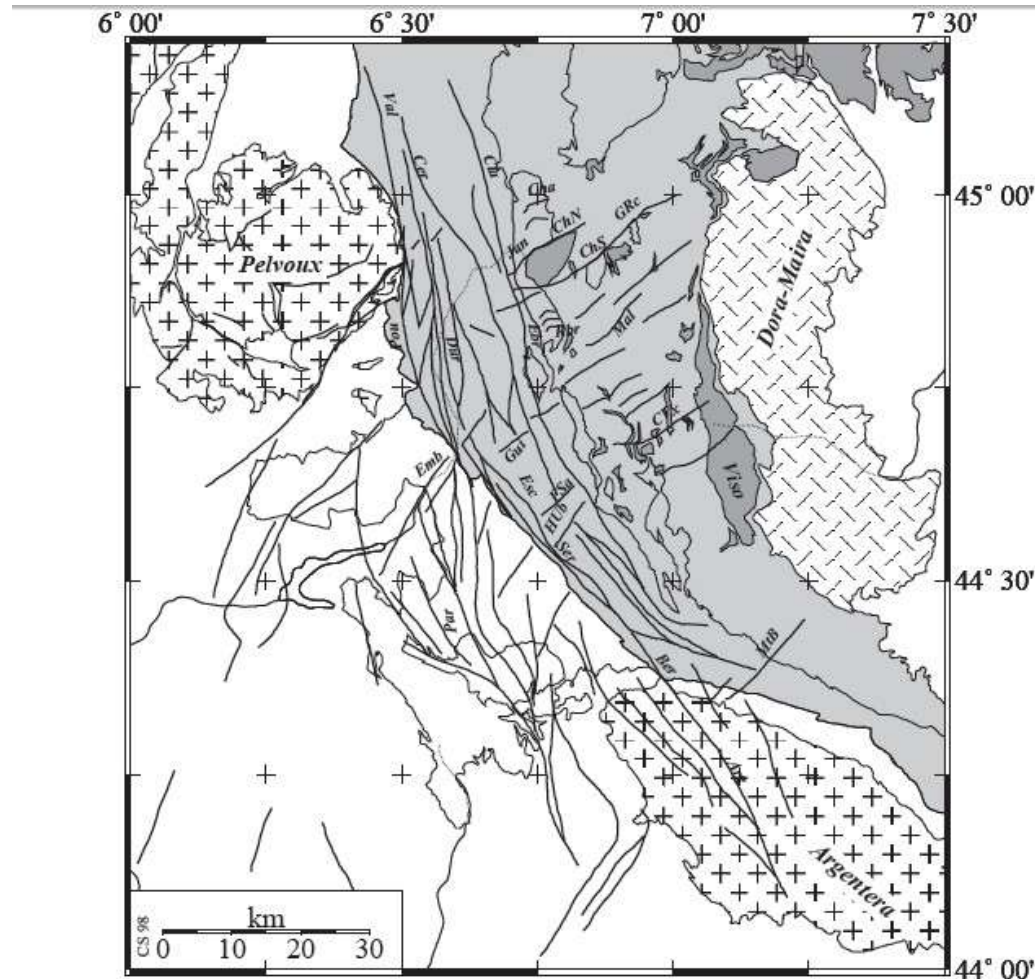
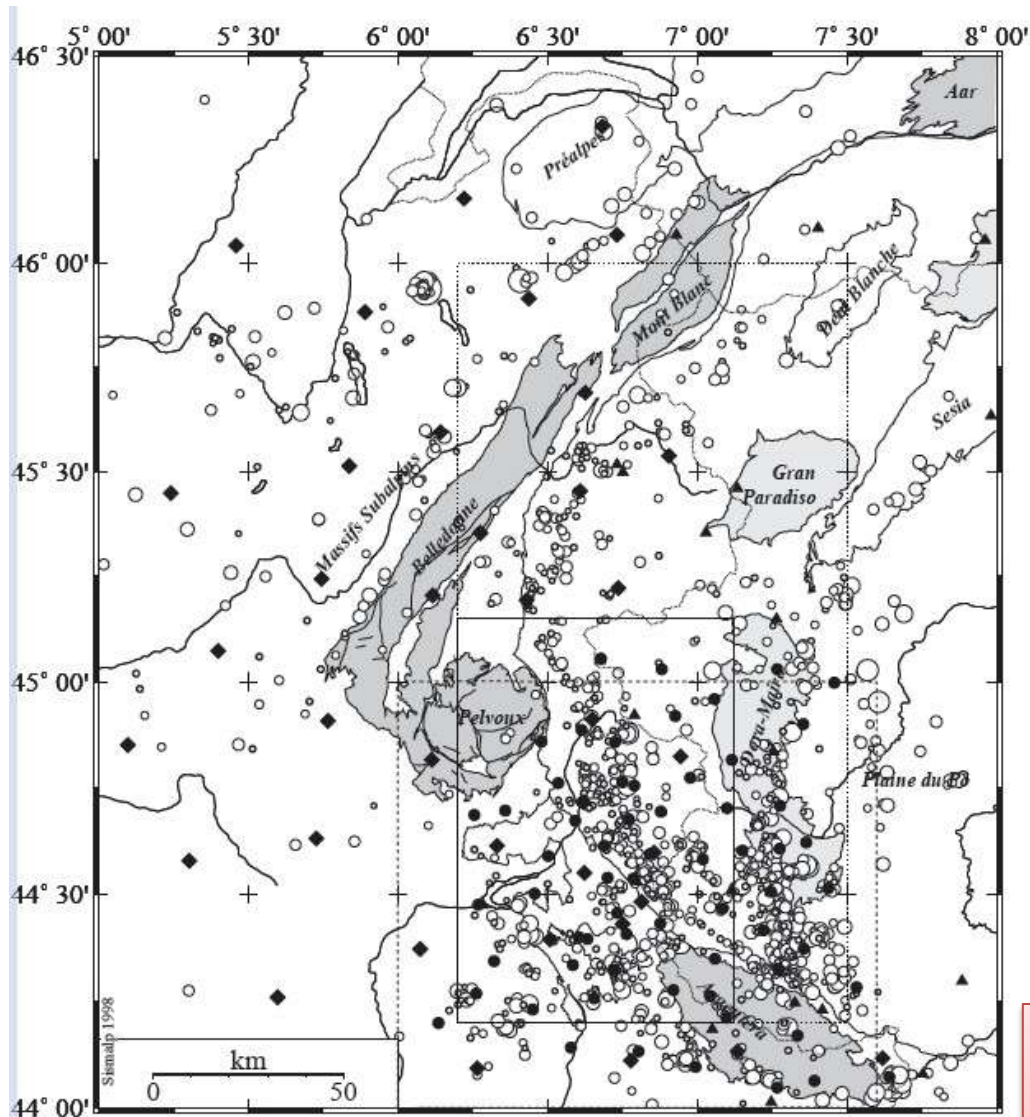


Schéma structural synthétique du réseau de failles dans les Alpes sud-occidentales
(Thèse C. Sue - fig 2.19)

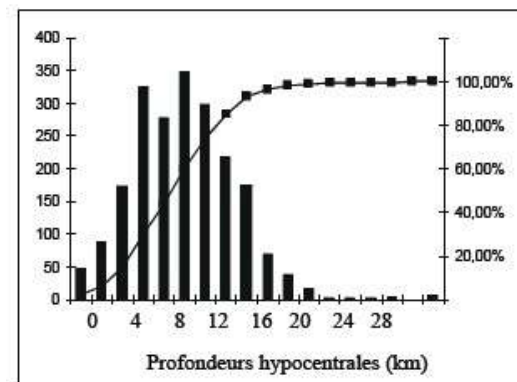
Le tracé des failles dans la région centrale, entre les massifs du Pelvoux et de l'Argentera est interpolé à partir des différents niveaux d'analyse présentés dans ce chapitre (photo-interprétation, cartographie, terrain, images satellites, MNT). Les connexions avec les principaux systèmes de failles à l'échelle régionale ont été réalisées à partir des cartes géologiques disponibles.

Abréviations des failles : Arg : Argentera ; Ber : Bersézio ; Cer : Cerces ; Cha : Chaberton ; ChN et ChS : failles bordières nord et sud du Chenaillet ; Cla : Clarée ; CVx : Col Vieux ; Dur : Durance ; Ebr : est briançonnais ; Emb : embrunais ; Esc : Val d'Escreins ; FSA : Font Sancte ; GRc : Gran Roc ; Gui : Guil ; Jan : Janus ; Mal : Malrif ; MtB : Mont Borel ; Par : Parpaillon ; Pou : Pousterle ; Ser : Sererme ; Rbr : Roche Brune ; HUB : Haute Ubaye ; Val : Valloire.

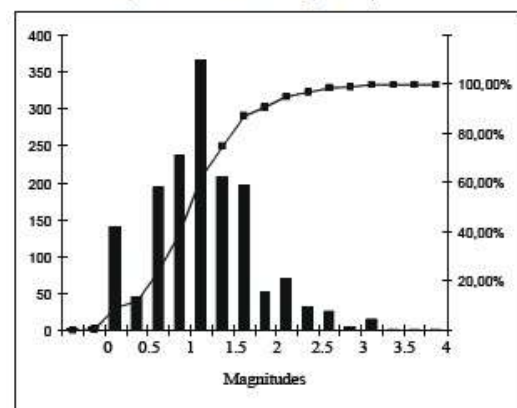
Sismicité dans les Alpes de 1988 à 1997



Localisation des réseaux Sismalp (losanges noirs), IGG (triangles noirs) et GéoFrance 3D (disques noirs) dans l'arc alpin occidental.
(Thèse C. Sue – fig 3.7)



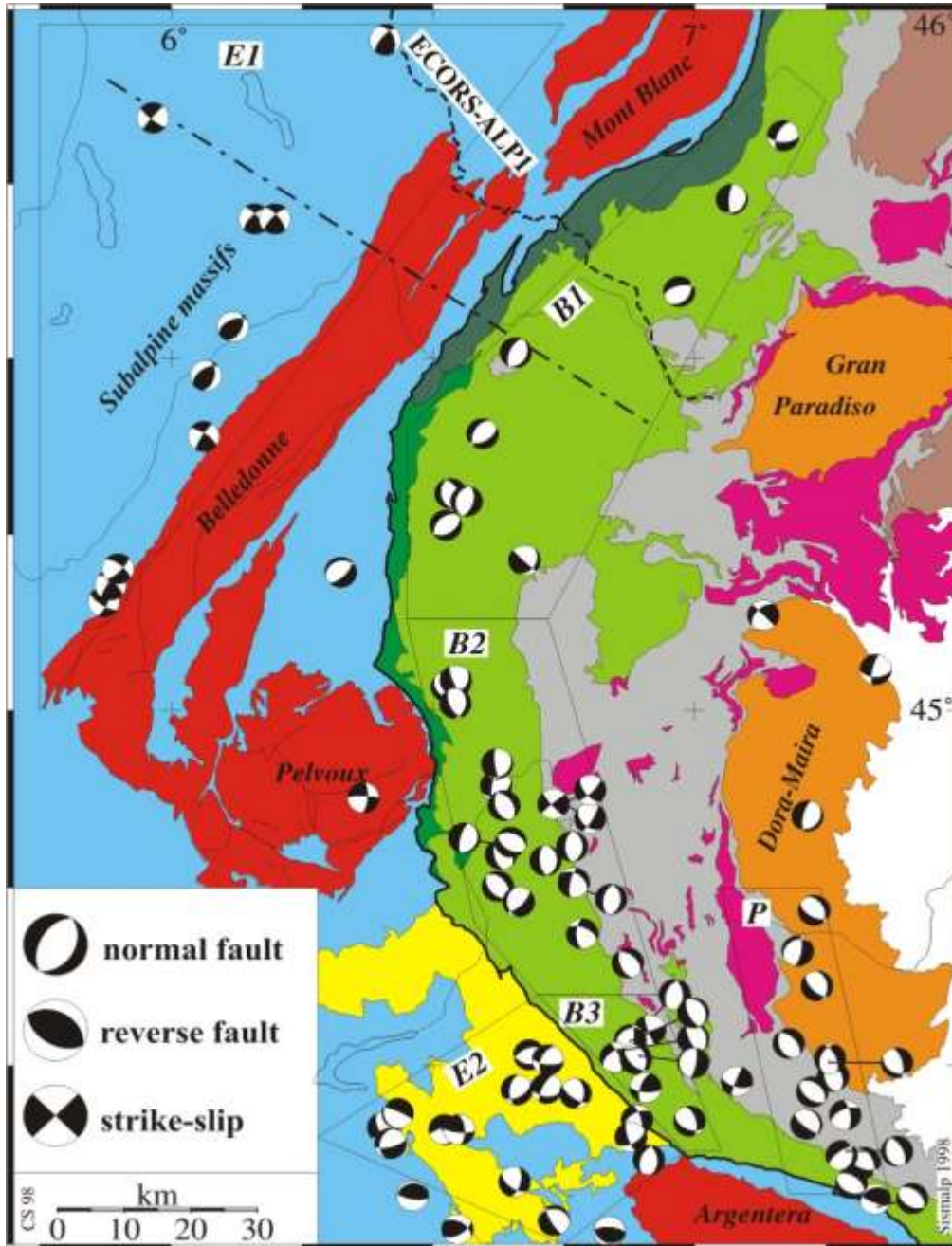
Histogramme des profondeurs des foyers
(moyenne = 7,1 km)
(Thèse C. Sue - fig. 3.14)



Histogramme des magnitudes
(Thèse C. Sue - fig. 3.15)

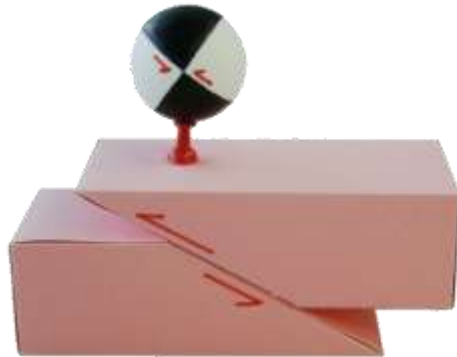
→ Sismicité de croûte supérieure : les foyers sont pratiquement tous situés au-dessus de 15 km de profondeur et au-dessous de 4 km.
→ Magnitudes relativement modérées, comprises entre -1 et 4, la majorité se concentrant entre 0,5 et 2.

Mécanisme au foyer (vue d'ensemble)

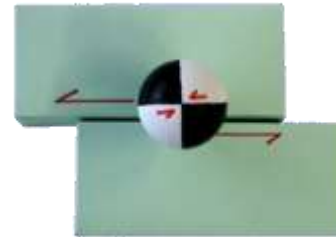
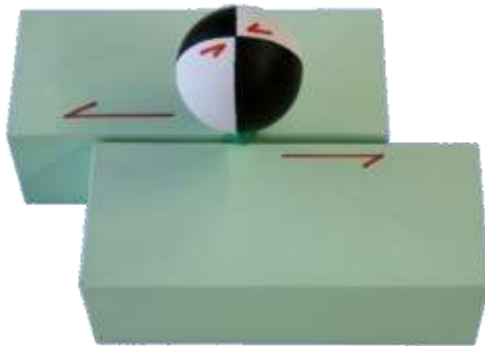


Foyers sismiques en extension majoritaires au cœur de la chaîne

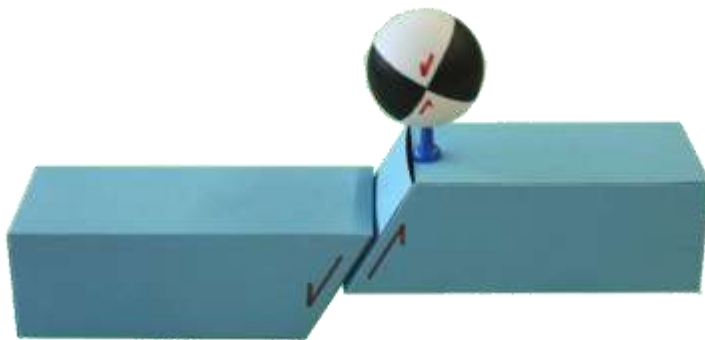
Mécanisme au foyer (vue d'ensemble)



compression



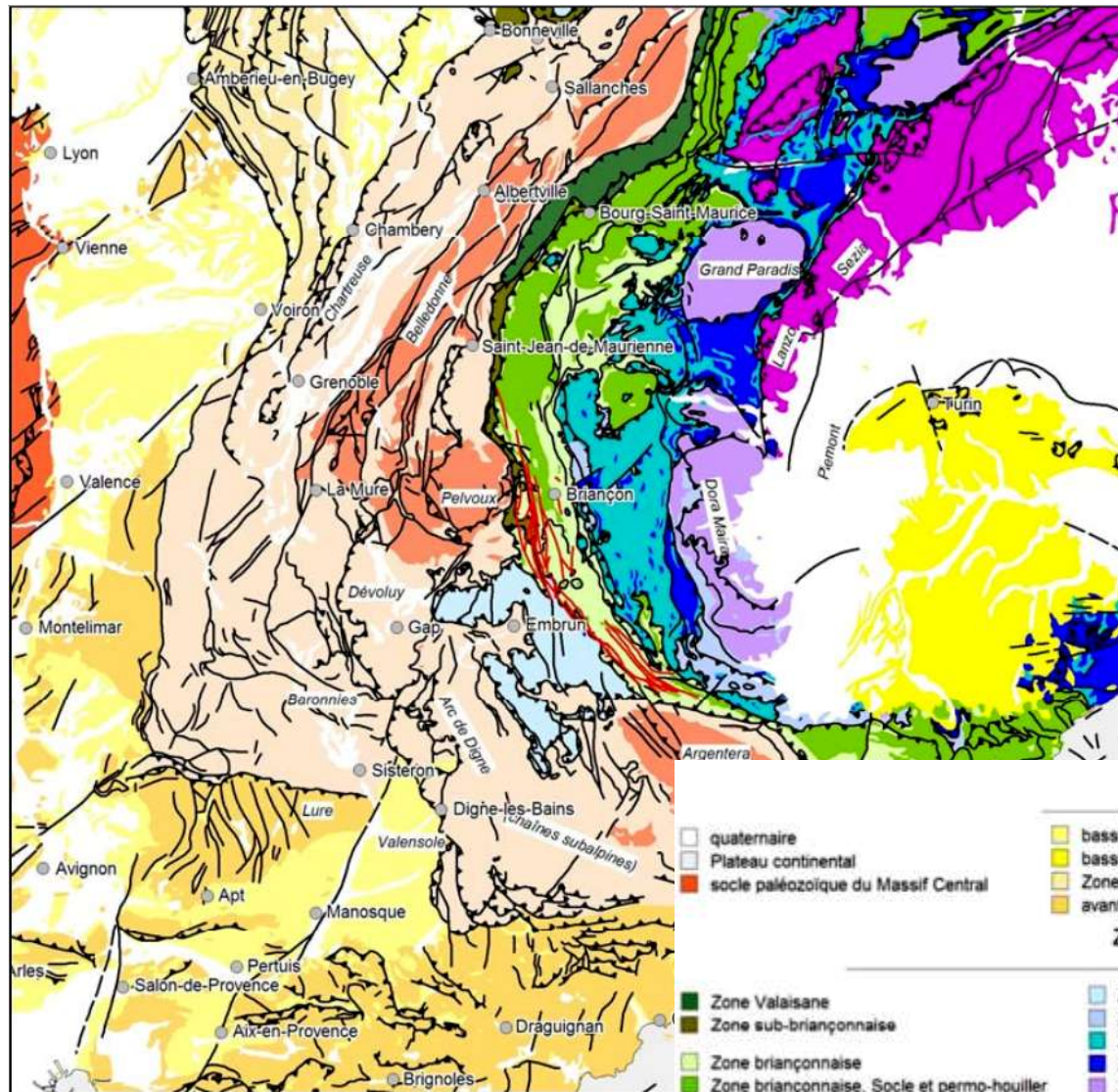
coulissage



extension

D'après la thèse de DELACOU Bastien, « Évolution tectonique des Alpes occidentales - rôle de l'extension de l'histoire tardive de l'arc alpin – »

Mécanisme au foyer des failles normales tardi-Alpines (Haute Durance, Serennes)



Principales zones structurales (d'après la carte géologique de la France)

- quaternaire
- Plateau continental
- socle paléozoïque du Massif Central
- Zone Valaisane
- Zone sub-briançonnaise
- Zone briançonnaise
- Zone briançonnaise, Socle et permo-houiller

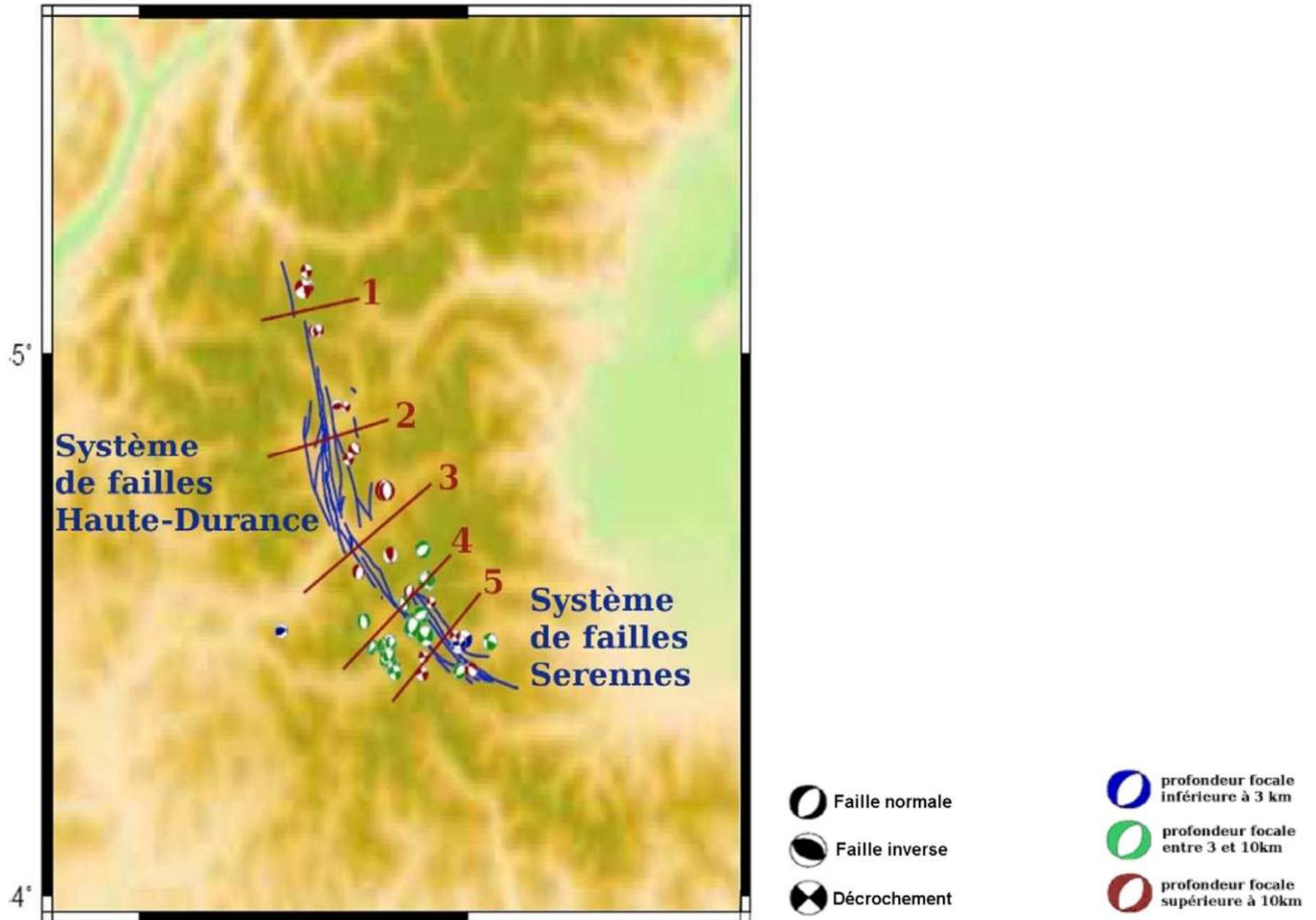
- Zone alpine externe
 - bassins molassiques péri-alpins
 - bassins molassiques péri-alpins, Piémont
 - Zone externe, Jura
 - avant pays provençal
 - Zone Dauphinoise
 - Zone dauphinoise, Socle et permo-houiller
- Zone alpine interne
 - Zone piémontaise, bassin à flyschs
 - Zone piémontaise, couverture post-paléozoïque
 - Zone piémontaise, Schistes Lustrés
 - Zone piémontaise, Ophiolites alpines
 - Zone piémontaise, Socle et permo-houiller
 - Zone Austro et Sud-Alpine

Principales failles (d'après la carte géologique de la France à 1/1 000 000, BRGM, 1996, modifiée)

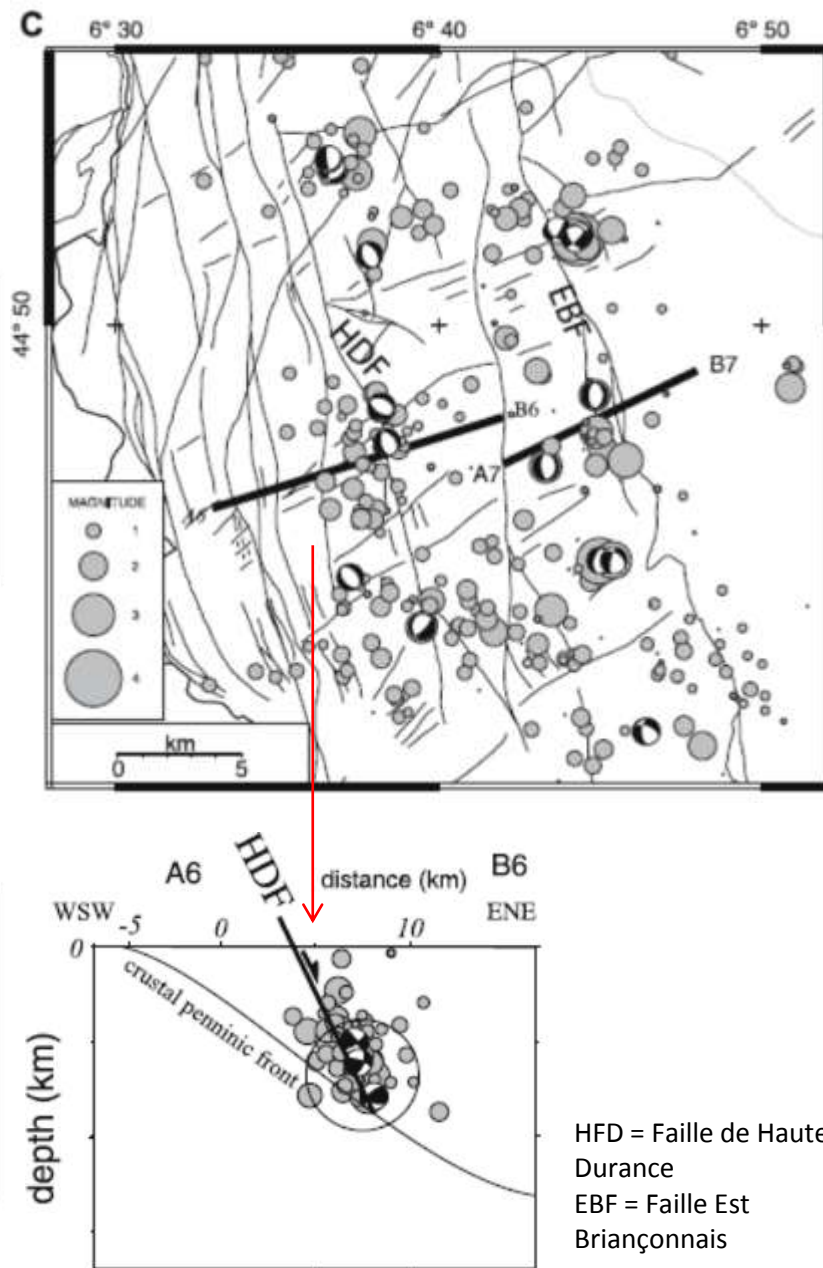
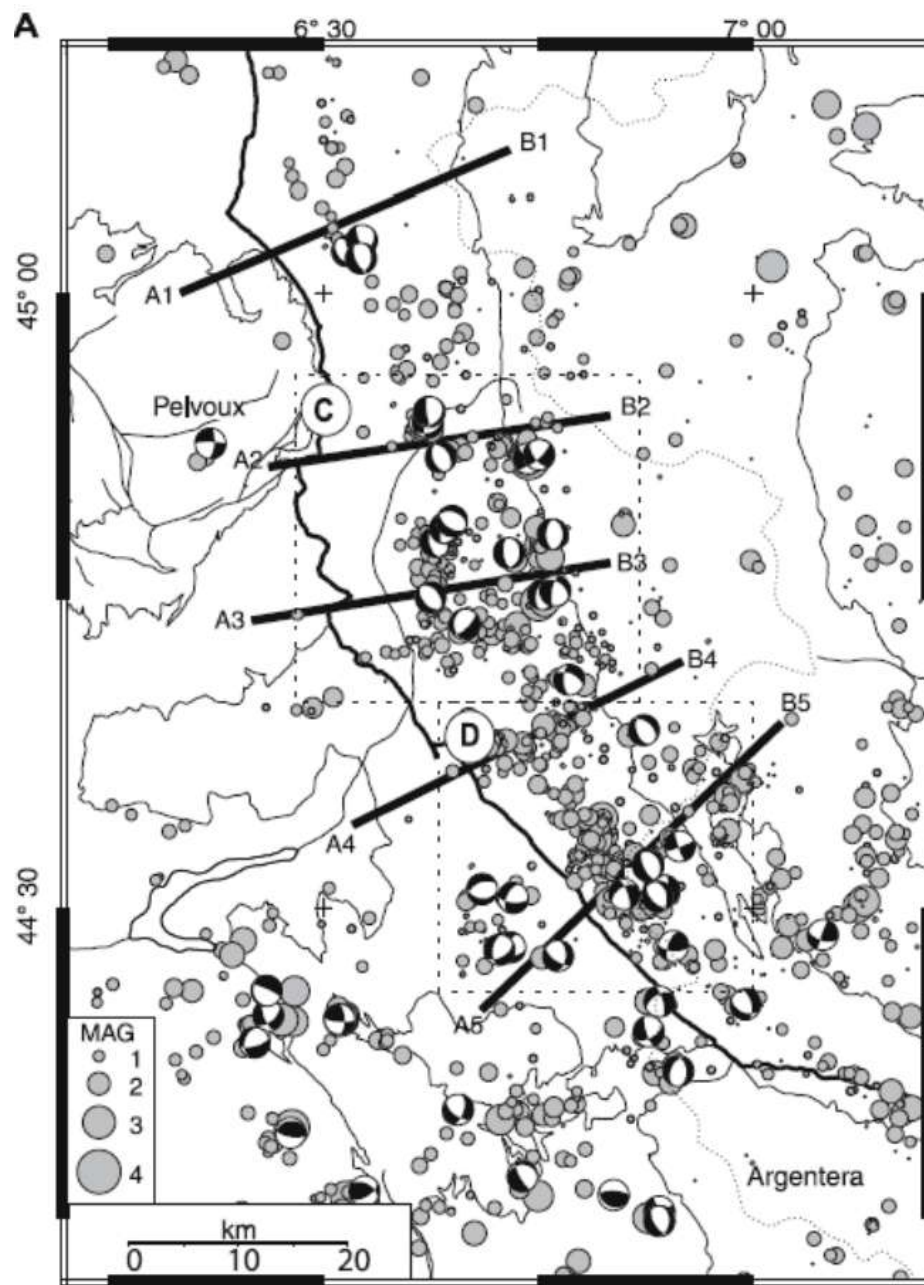
- indifférencié (masqué ou supposé)
- indifférencié (observé)
- inverse ou chevauchement

Tracé des systèmes de failles de la Haute Durance et de Serennes, d'après Sue et Tricart (2003)

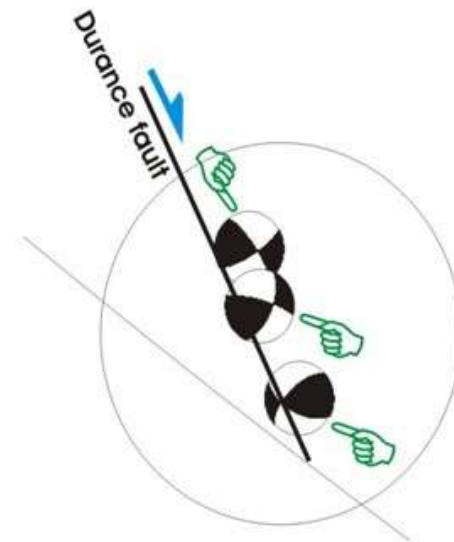
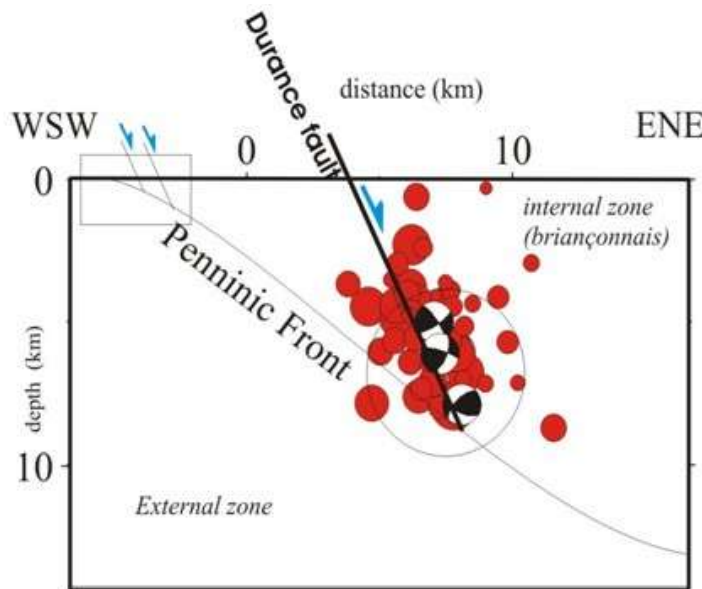
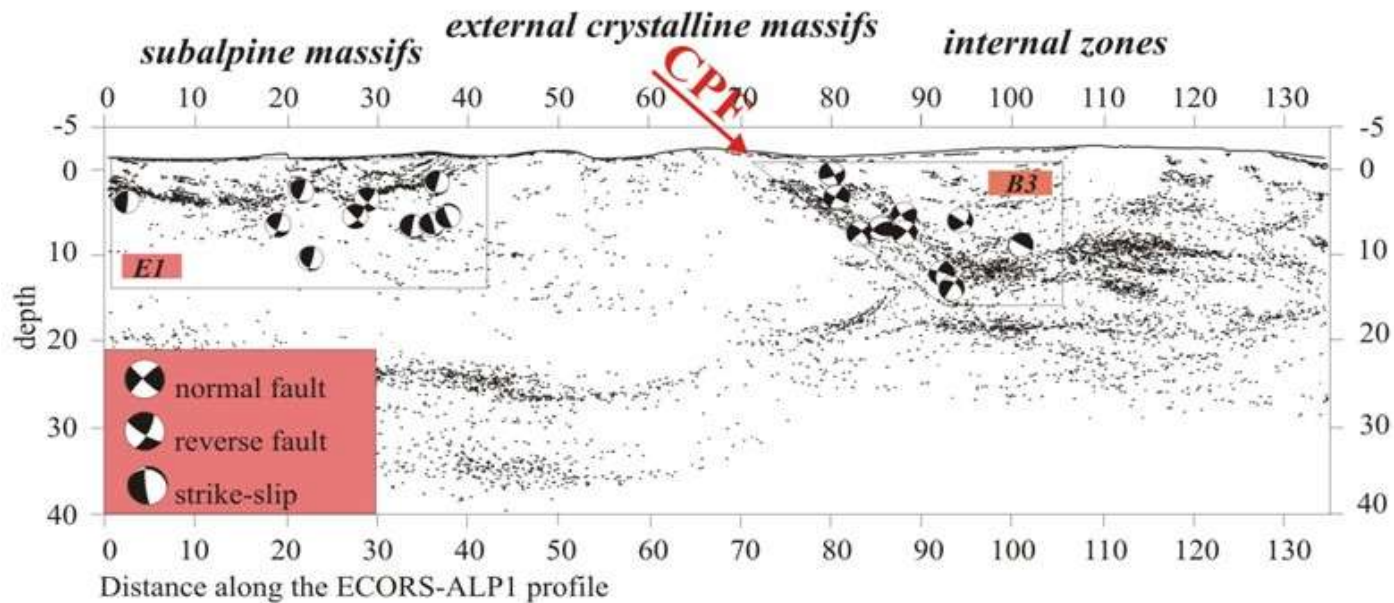
6. Mécanisme au foyer des failles normales tardi-Alpines (Haute Durance, Serennes)



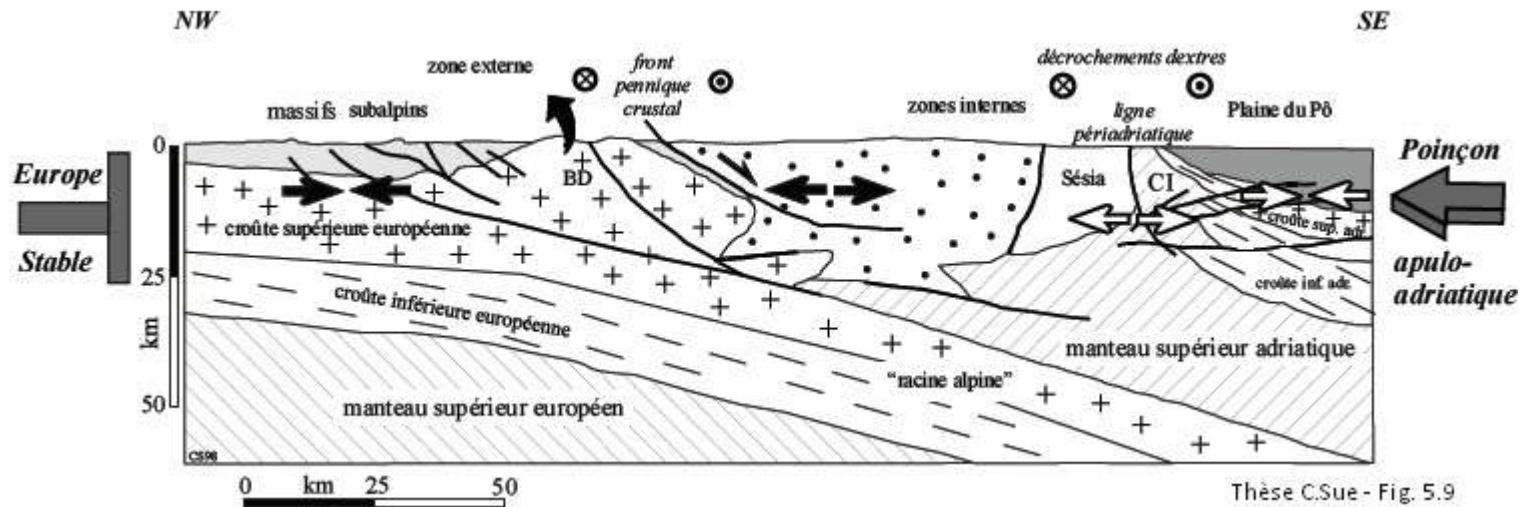
Mécanisme au foyer des failles normales tardi-Alpines (Haute Durance, Serennes)



Sismotectonique → Régime extensif au niveau de la faille de la Durance



Interprétation du profil ECORS-CROP



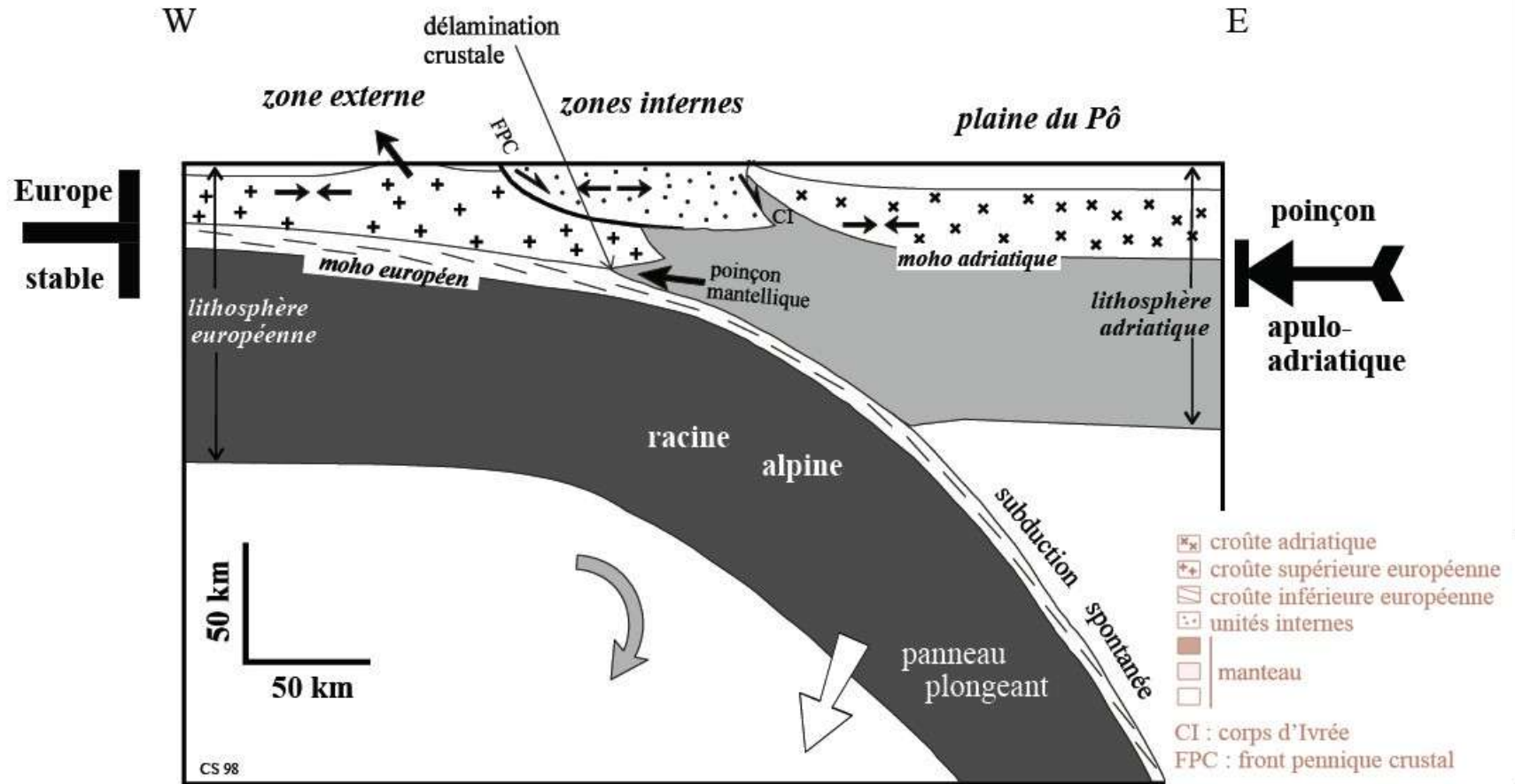
Le programme de sismique profonde ECORS-CROP a permis d'étudier la croûte des Alpes occidentales et a donné lieu à de nombreuses interprétations. La profondeur du Moho est assez bien déterminée : de 35 km de profondeur sous l'avant-pays alpin et les massifs subalpins, il passe à 55 km sous les zones internes.

En profondeur, des failles normales longitudinales, sub-parallèles au front pennique crustal, semblent se "brancher" sur cette discontinuité crustale qui pourrait alors avoir été réactivée en faille normale (Sue et Tricart, 1998).

La figure ci-dessous présente une coupe crustale très schématisée tirée des interprétations du profil ECORS-CROP d'après Tardy et al. (1990) et Marchant (1993)

Interprétations géodynamiques

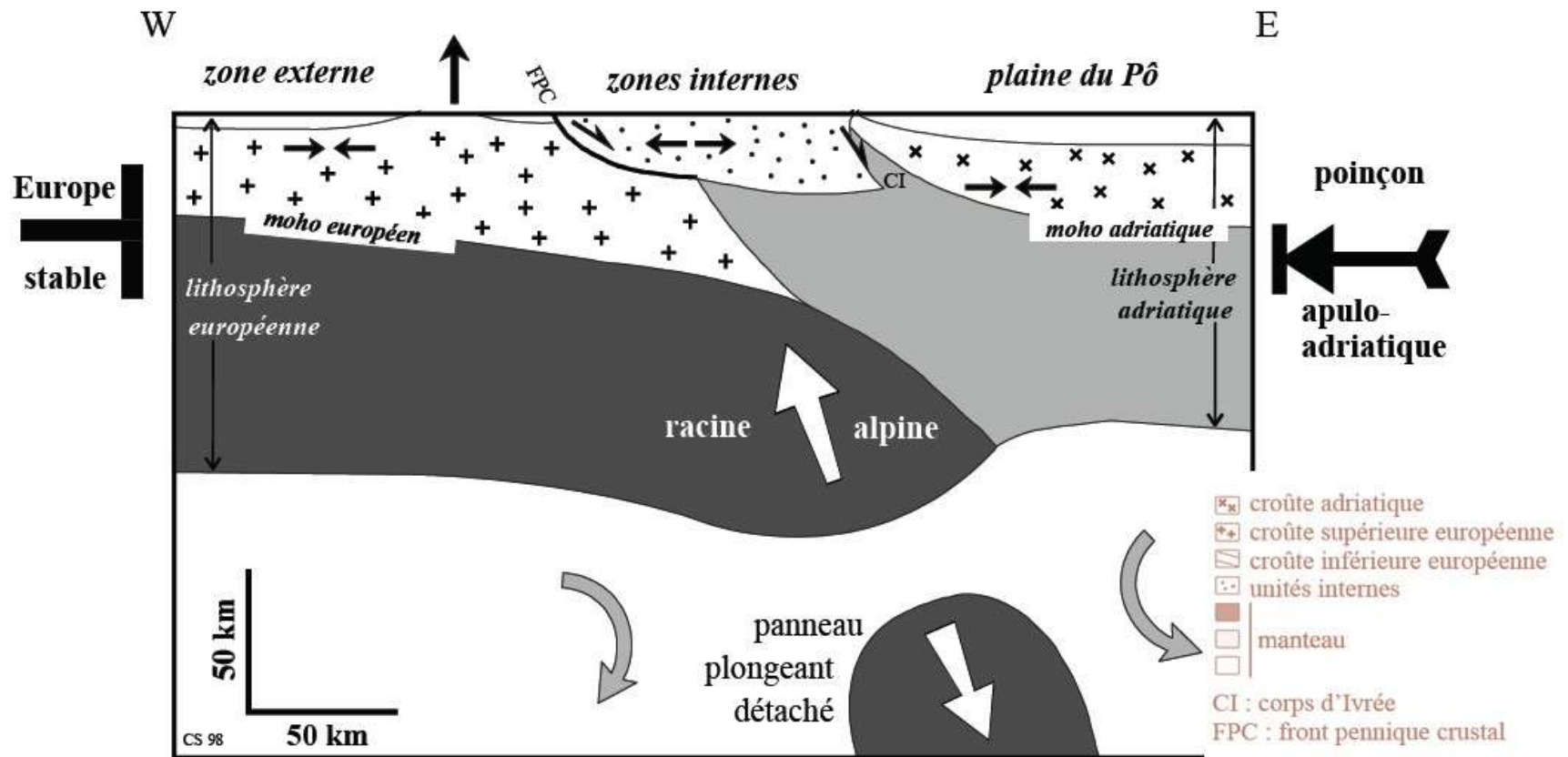
1. Modèle du retrait d'un panneau lithosphérique plongeant sous la plaque adriatique



Pour qu'il y ait une extension en arrière des massifs cristallins externes, il faut que la subduction continentale s'effectue sous le propre poids du panneau plongeant ("subduction libre") et non pas sous l'effet direct de la convergence et de la collision (on parle alors de "subduction forcée"). Cette hypothèse du "retrait d'un panneau plongeant" explique plus facilement une extension dans une chaîne d'altitude modeste telle que les Alpes.

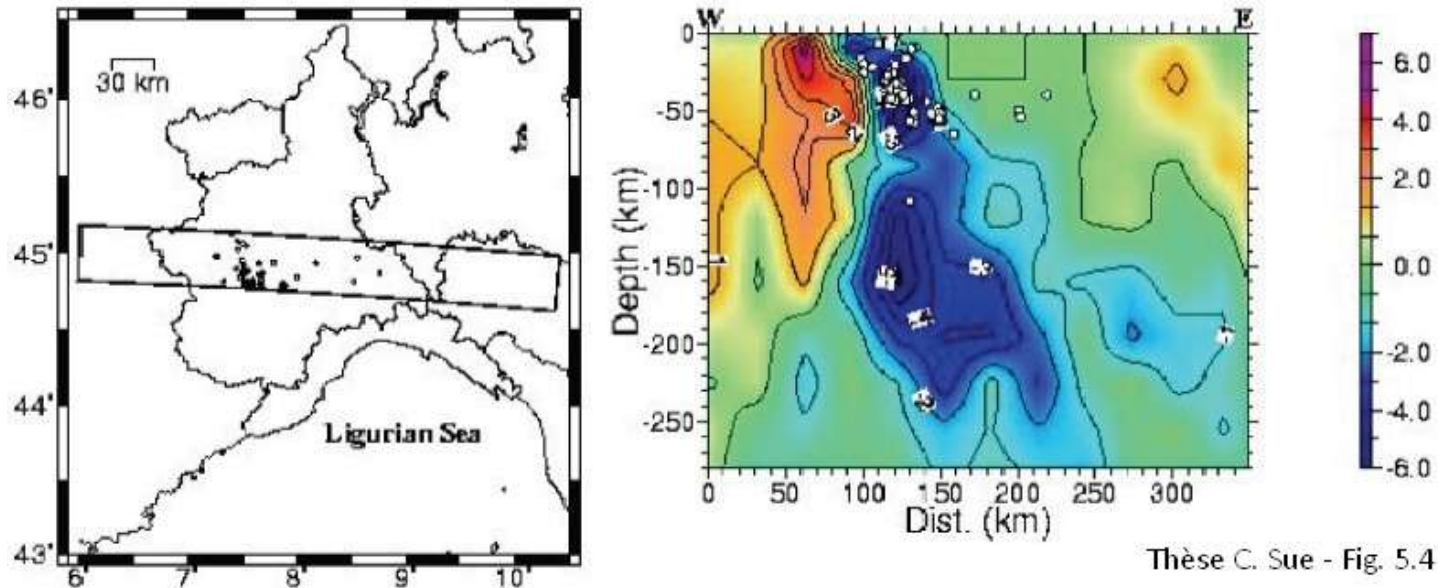
Interprétations géodynamiques

2. Modèle du détachement d'un panneau lithosphérique sous la racine alpine



Ce détachement asymétrique, en déséquilibrant la racine lithosphérique, permet d'expliquer la surrection des zones externes en général et des massifs cristallins externes en particulier, en même temps que la tectonique extensive dans les zones internes, en arrière de la zone en surrection. Ce modèle est compatible avec les données gravimétriques recueillies mais par contre, l'altitude modérée de la chaîne implique un détachement récent.

2. Modèle du détachement d'un panneau lithosphérique sous la racine alpine

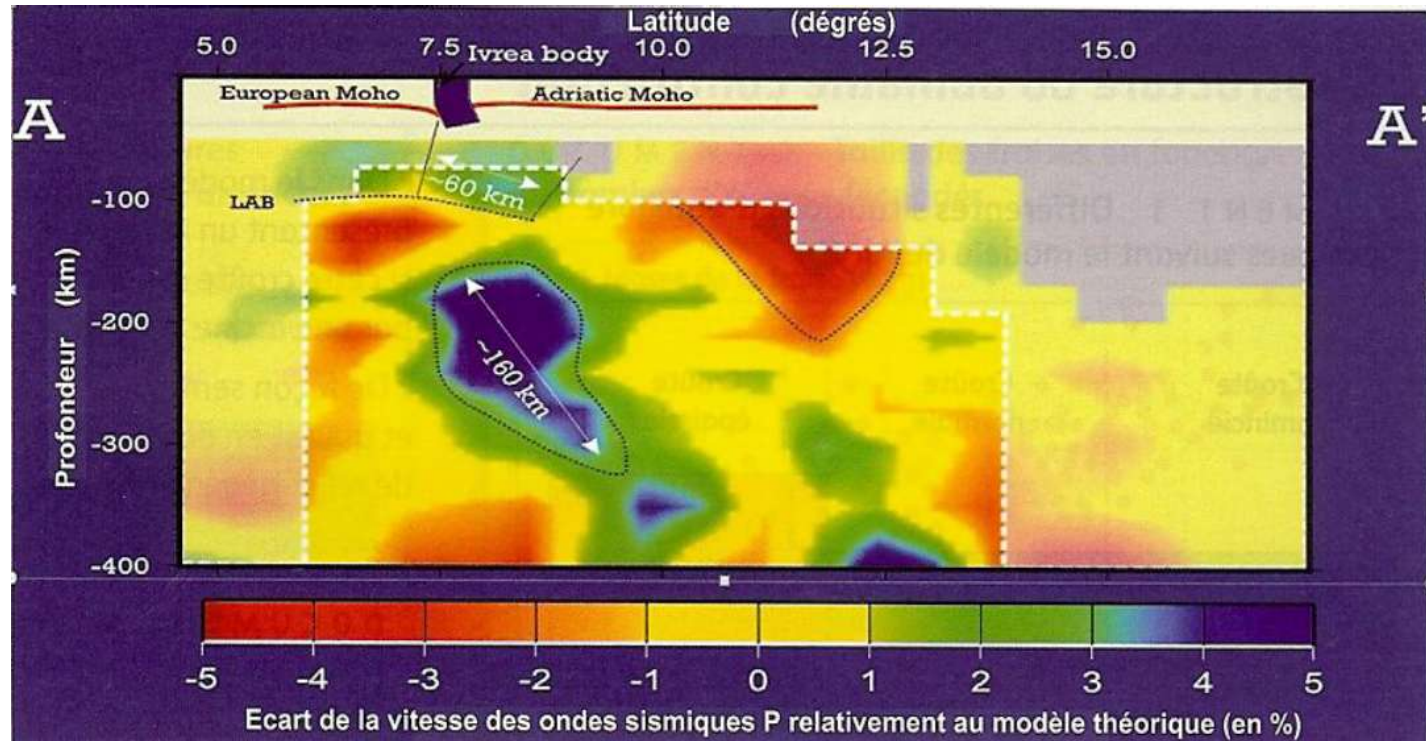


Les travaux plus récents de Spallarossa et al. (1998) ont fourni une image assez spectaculaire de la structure profonde des Alpes occidentales et de la plaine du Pô.

Même s'il est nécessaire de rester prudent sur les interprétations de ce type d'image tomographique, elle montre d'importantes hétérogénéités latérales de vitesse. En effet, il semblerait qu'un corps (entre 100 et 230 km de profondeur) plonge sous la plaine du Pô. Cette anomalie se situe sous l'anomalie rapide du corps d'Ivrée (entre 0 et 50 km de profondeur, au niveau des séismes de l'arc sismique piémontais). L'anomalie rapide profonde pourrait être associée à un panneau lithosphérique plongeant vers l'est sous la plaine du Pô, même si son pendage apparaît particulièrement important.

Interprétations géodynamiques

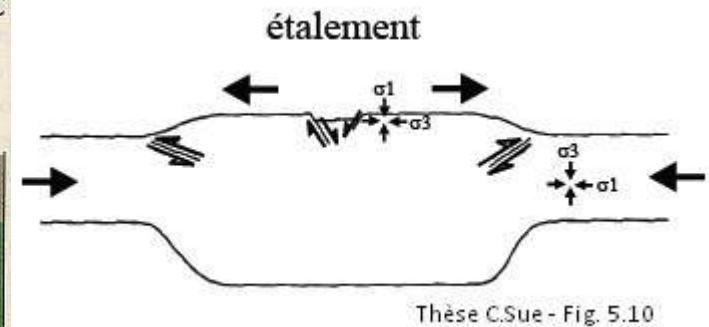
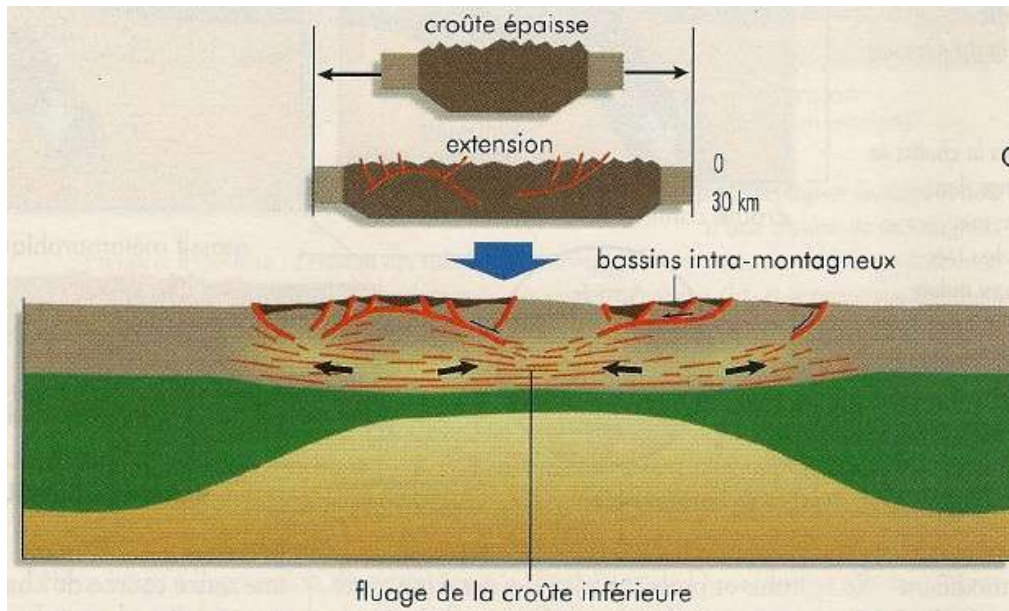
2. Modèle du détachement d'un panneau lithosphérique sous la racine alpine



Les travaux plus récents de Spallarossa et al. (1998) ont fourni une image assez spectaculaire de la structure profonde des Alpes occidentales et de la plaine du Pô.

Même s'il est nécessaire de rester prudent sur les interprétations de ce type d'image tomographique, elle montre d'importantes hétérogénéités latérales de vitesse. En effet, il semblerait qu'un corps (entre 100 et 230 km de profondeur) plonge sous la plaine du Pô. Cette anomalie se situe sous l'anomalie rapide du corps d'Ivrée (entre 0 et 50 km de profondeur, au niveau des séismes de l'arc sismique piémontais). L'anomalie rapide profonde pourrait être associée à un panneau lithosphérique plongeant vers l'est sous la plaine du Pô, même si son pendage apparaît particulièrement important.

Remarque concernant l'étalement



Ce modèle fait appel à un réajustement isostatique d'une croûte continentale surépaissie. L'amincissement crustal se développe alors à partir du moment où la contrainte horizontale due aux forces de convergence devient inférieure à la contrainte verticale lithostatique.

La croûte supérieure, plus froide, répond en s'étirant, en se cassant localement : la zone s'amincit, les roches ductiles des zones plus profondes se déforment et fluent, s'épanchent latéralement vers les zones étirées localisées au-dessus. Cette dynamique s'observe lorsqu'on est présence d'une croûte particulièrement épaisse (ex : 70 km dans le cas du Tibet), associée à une altitude moyenne de la zone assez importante (4000 à 5000 m).

Ce modèle ne peut donc pas convenir pour expliquer l'extension tardi-orogénique observé dans les Alpes.