

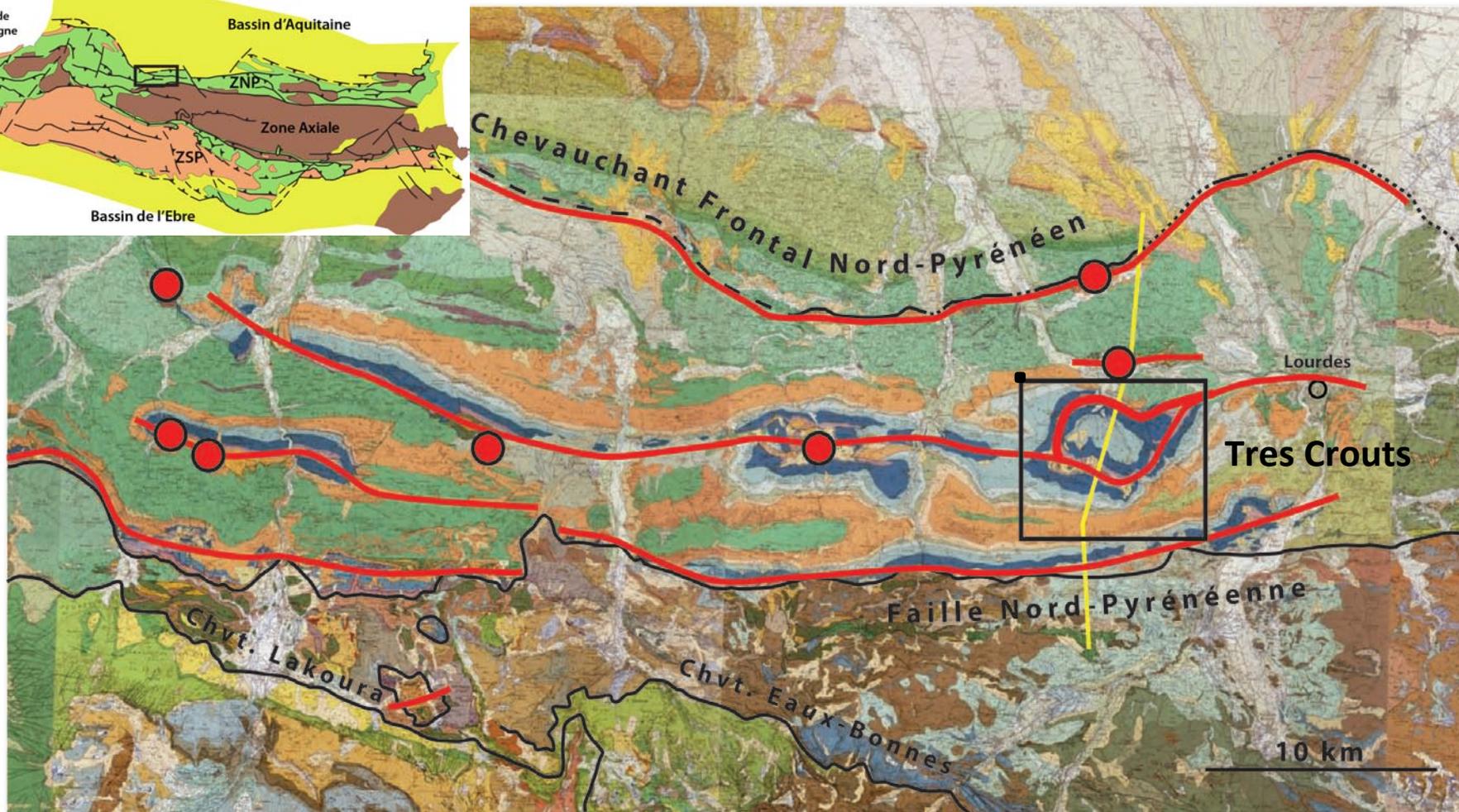
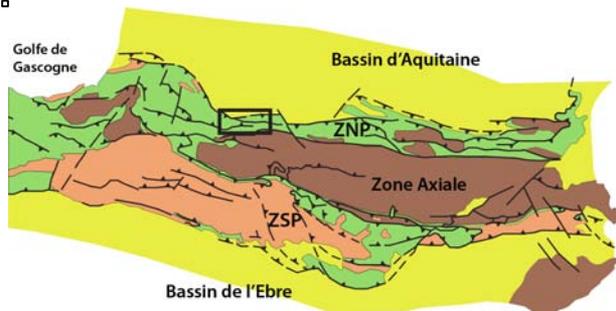
# Déformation et thermicité de la couverture mésozoïque dans une structure salifère des Chaînon Béarnais (Zone Nord-Pyrénéenne)

Justine Villard  
M2 Géosciences Montpellier  
Géologie de l'Exploration des Réservoirs  
Tuteur: Pierre Labaume

Participants : Alain Vauchez (Montpellier), Charles Aubourg (Pau), Pierre Camps (Montpellier),  
Yves Lagabrielle (Rennes), Antonio Teixell (Barcelone)

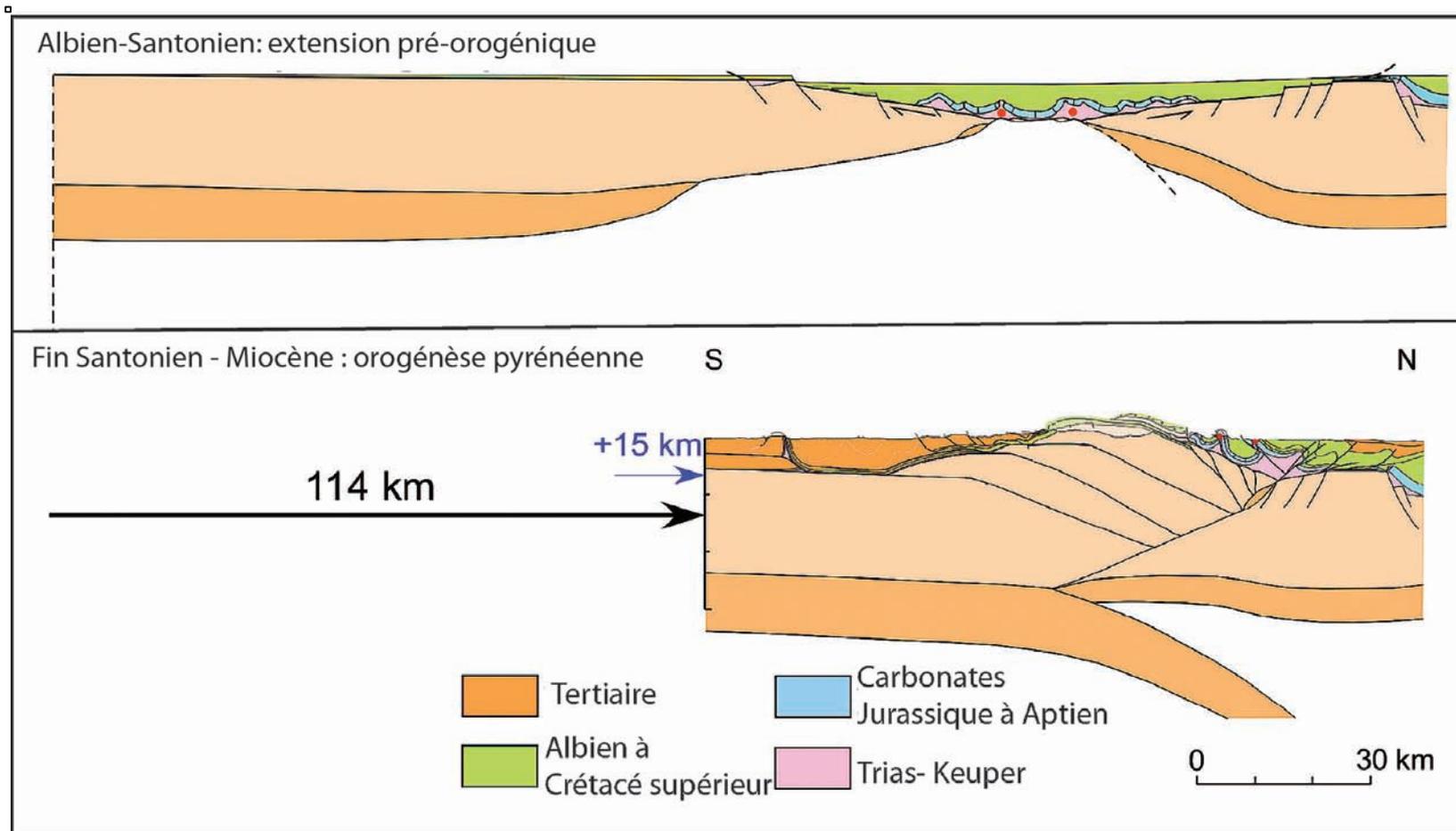


## Chaînon Béarnais



- Série Mézosoïque plissée
- Rides diapiriques
- Roches mantelliques

## Evolution Géodynamique



*Labaume et Teixell 2016*

- Extension: plissement diapirique associé au glissement de la couverture sur le bas de marge
- Compression: inversion avec "pop-up" de la couverture sur les marges

## Etat des connaissances sur l'évolution structurale des Chaînon Béarnais

- Plissement salifère initié à la fin du Jurassique en contexte extensif
- Foliation syn-métamorphique sub-parallèle à la stratification
- Paleo-températures maximales élevées (jusqu'à 500°C)  
→ métamorphisme HT-BP créacé syn-extension
- Inversion Pyrénéenne à partir de la fin du Santonien

**Problématique → Lien entre :  
plissement diapirique - développement de la foliation - thermicité  
lors de la formation de la marge extensive et de son inversion ?**

## Questions posées dans cette étude

- Caractéristiques structurales de la foliation ?
- Quel régime de déformation et quelle cinématique ?
- Relation avec le métamorphisme et le plissement ?
  
- Distribution des températures maximales ?
- Origine de la haute température ?
  
- La déformation a-t-elle enregistré la cinématique régionale de la marge crétacée ?
- Ou celle de la structure salifère ?

## Echantillonnage de la coupe N-S de la structure de Tres Crouts

### Microstructures et minéralogie

- Microscopie optique/ Cathodoluminescence
- MEB + Spectrométrie EDX
- Microsonde électronique (EPMA)

### Fabriques cristallographiques et magnétiques

- EBSD
- ASM

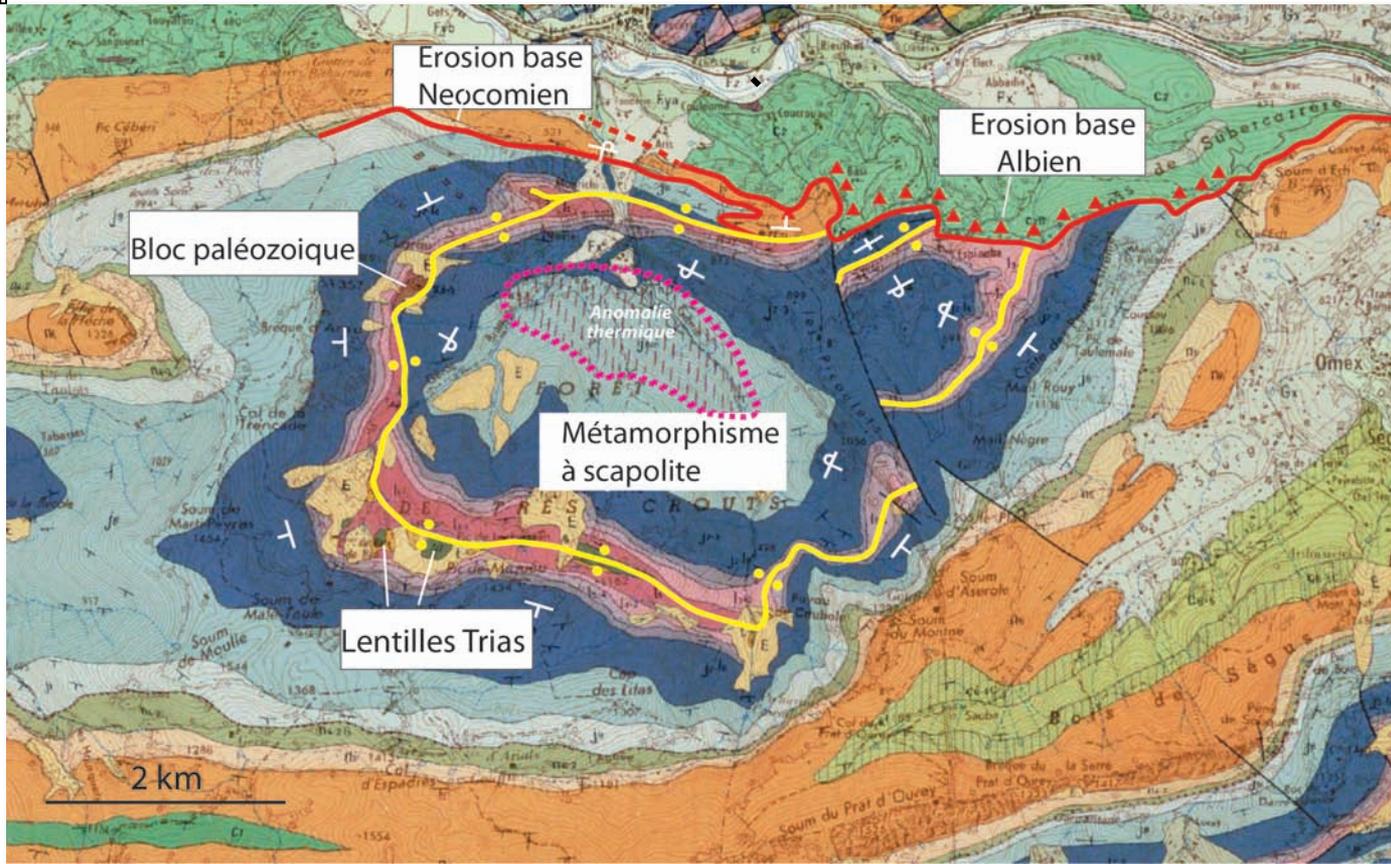
### Paléo-températures maximales

- Spectrométrie Raman de la matière carbonée

### Relation plissement-température

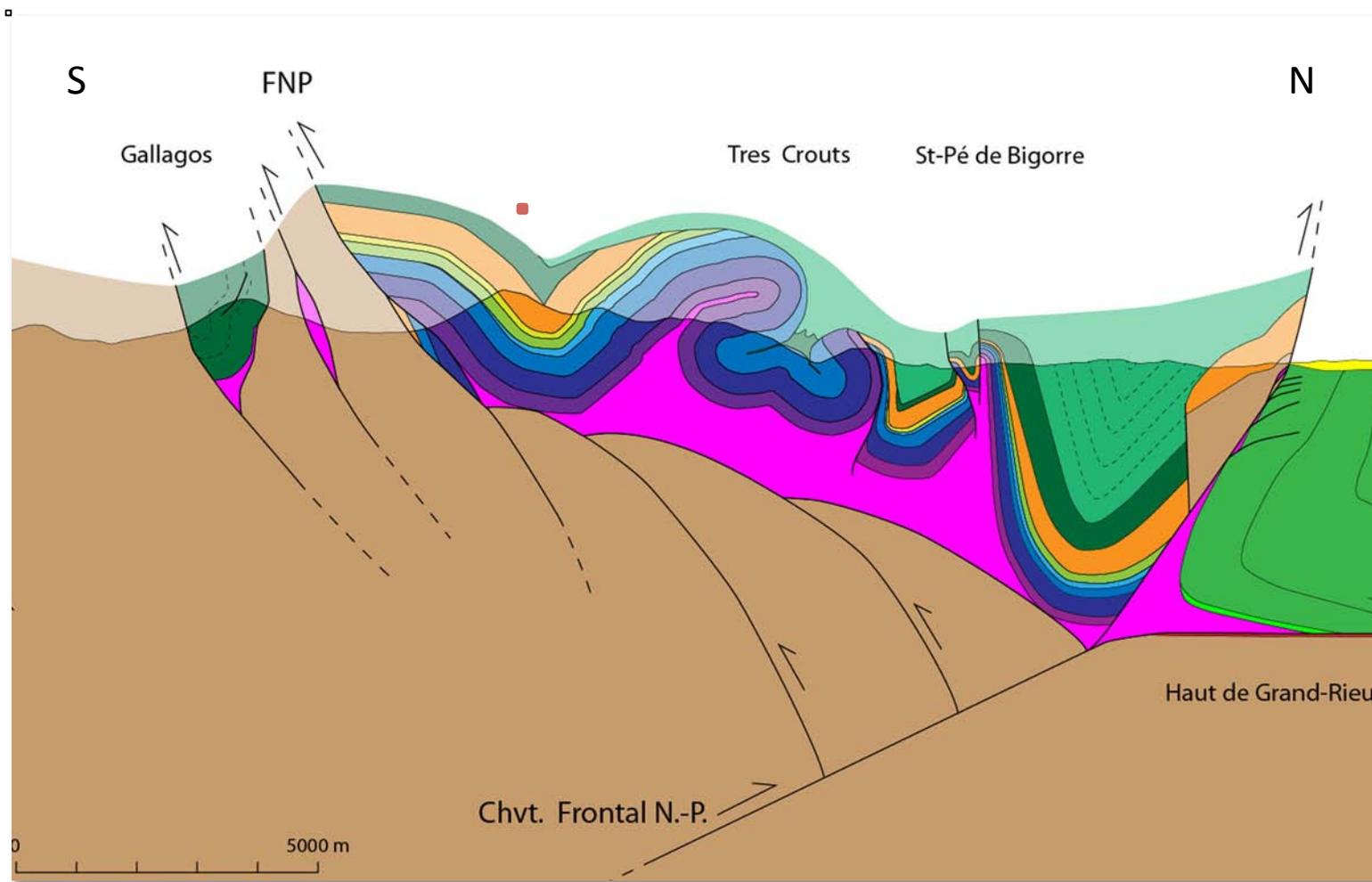
- Paléomagnétisme

## La structure de Tres Crouts



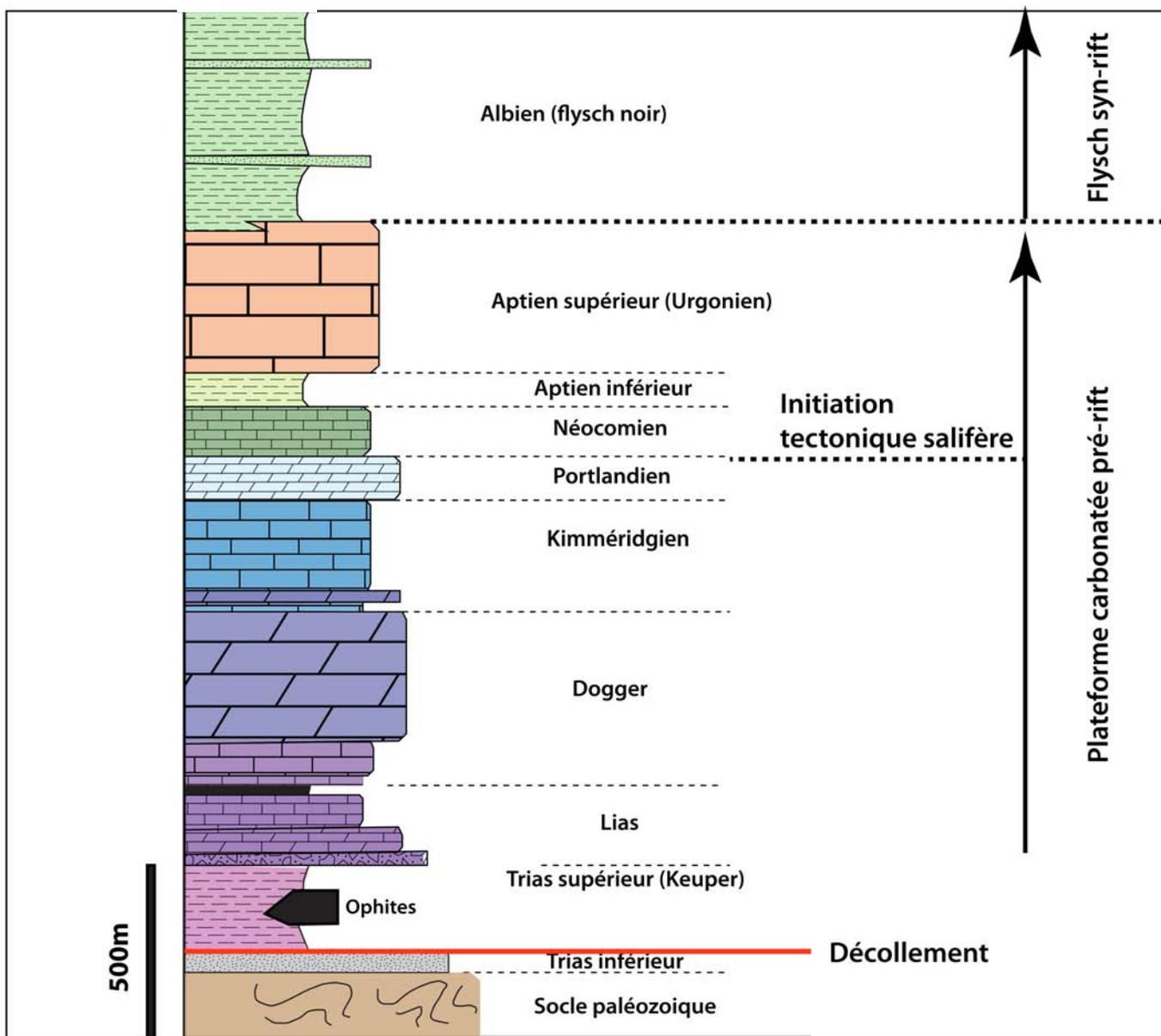
- Weld polygonal
- Flancs déversés vers l'intérieur de la structure
- Zone métamorphique à scapolite
- Erosion base Albien

## La structure de Tres Crouts

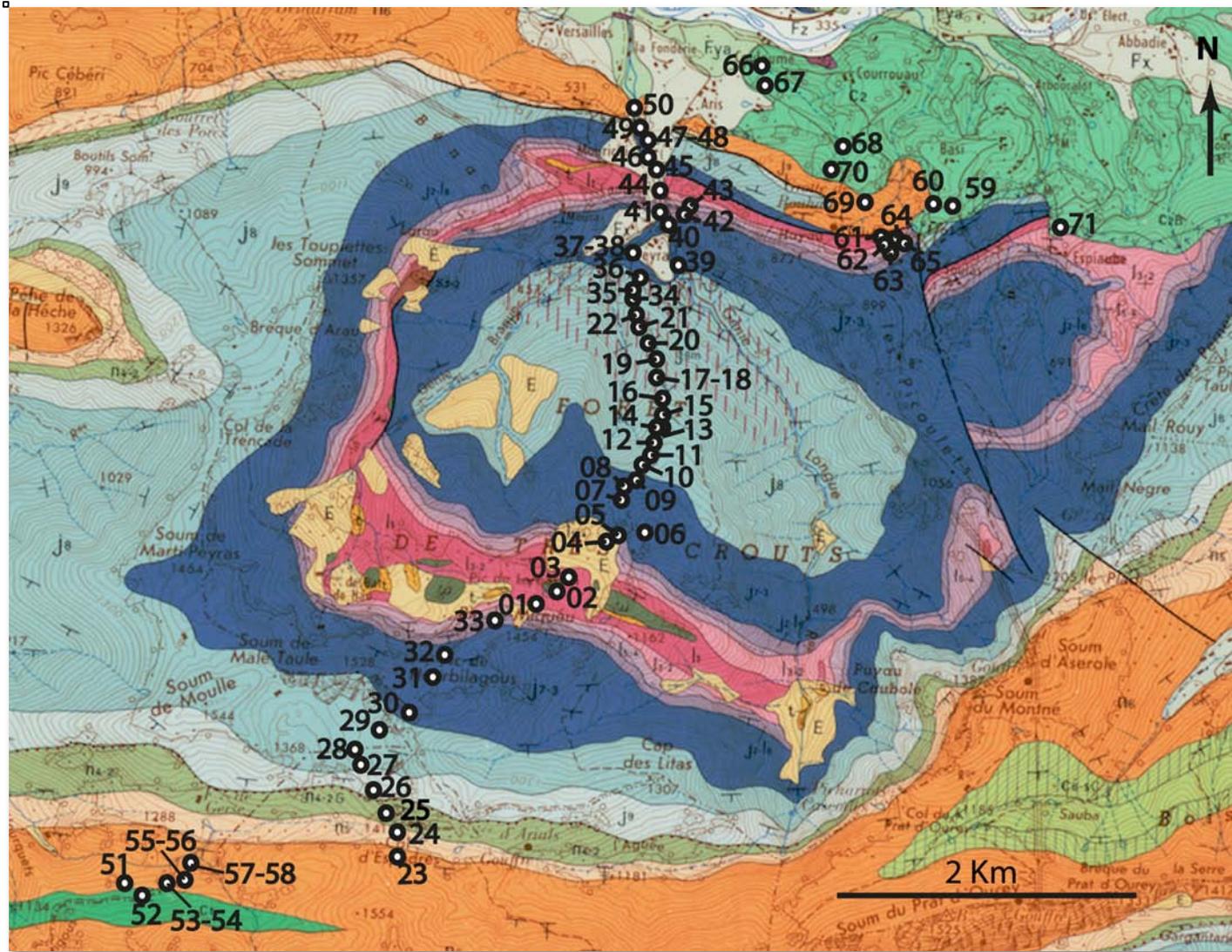


*Labaume et Teixell 2014*

## Lithostratigraphie

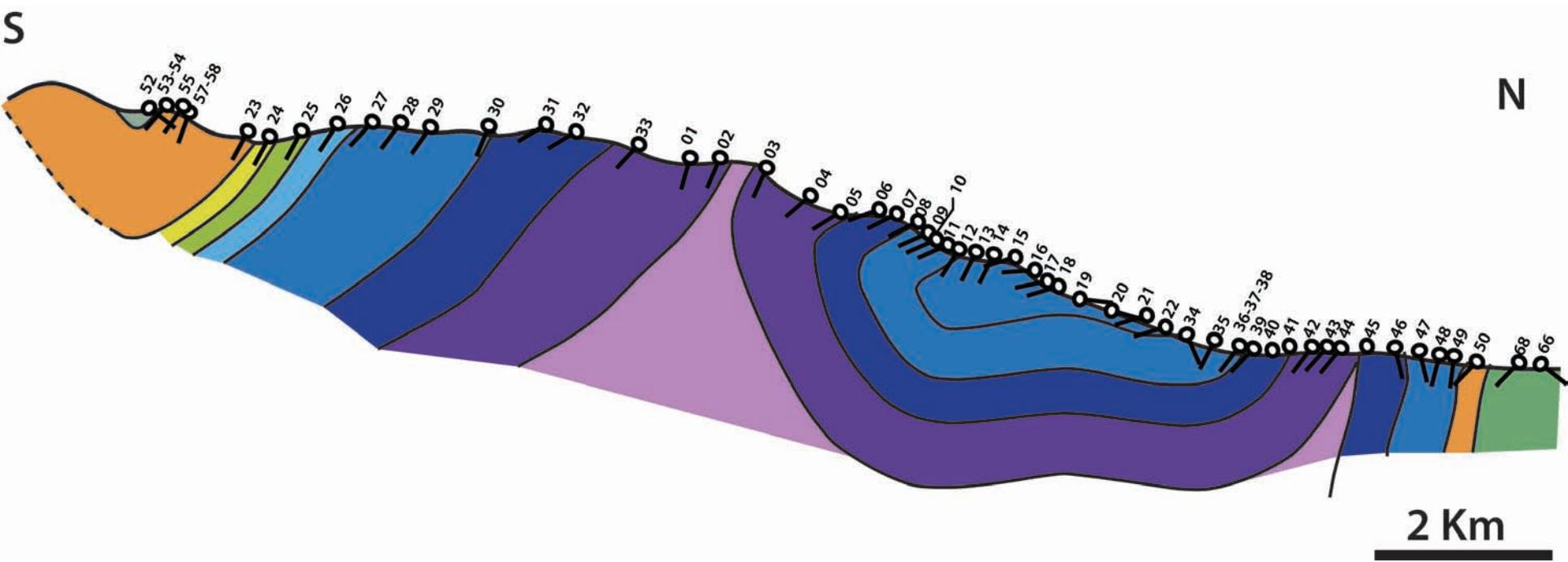


## Echantillonnage

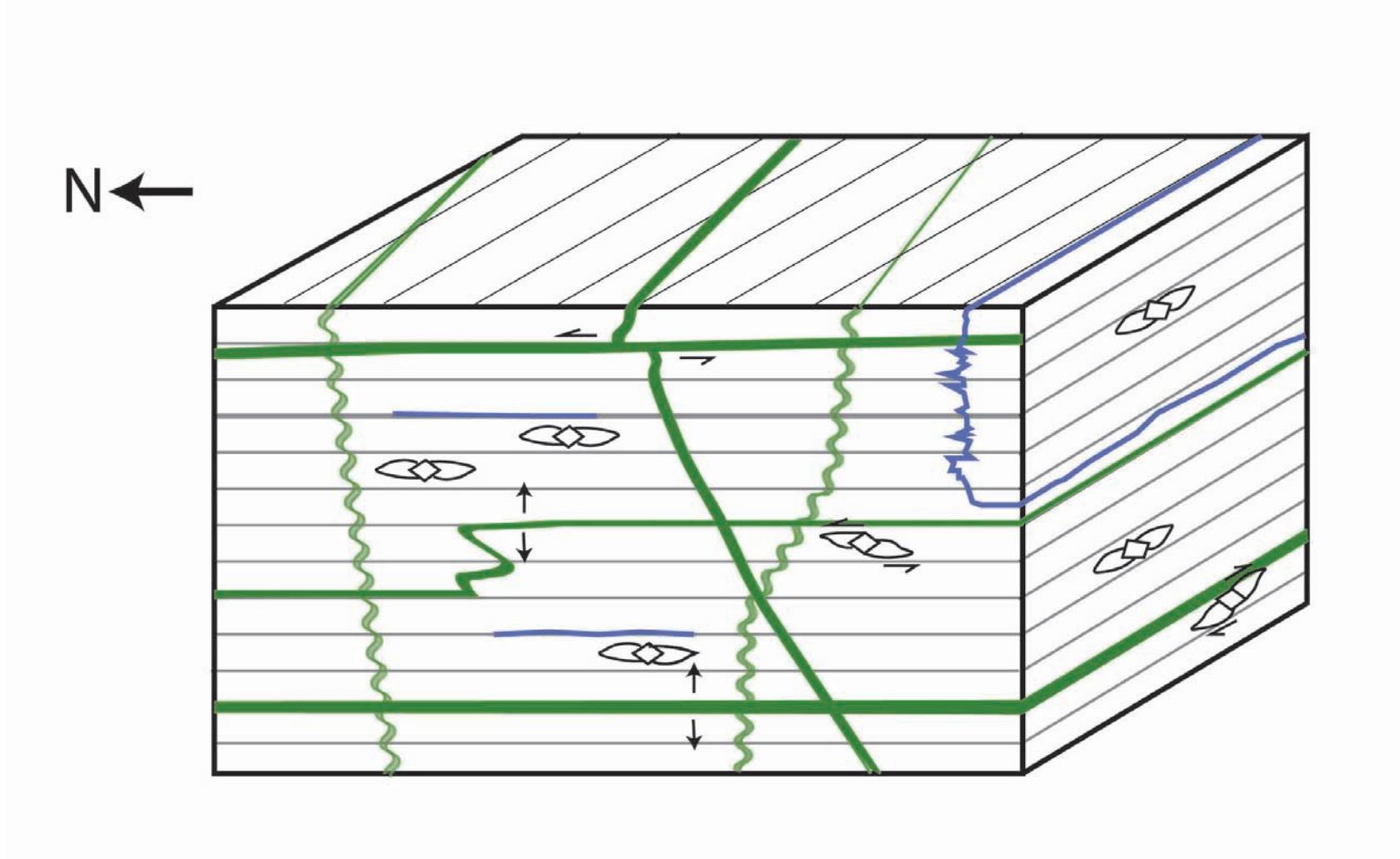


- 60 échantillons le long de la coupe N S
- 11 échantillons de part et d'autre de l'érosion N E

# Echantillonnage



## Etude des structures macro et microscopiques



## Echelle macroscopique – Foliation // S0



Foliation intense dans les faciès argileux



Foliation d'intensité variable dans les calcaires

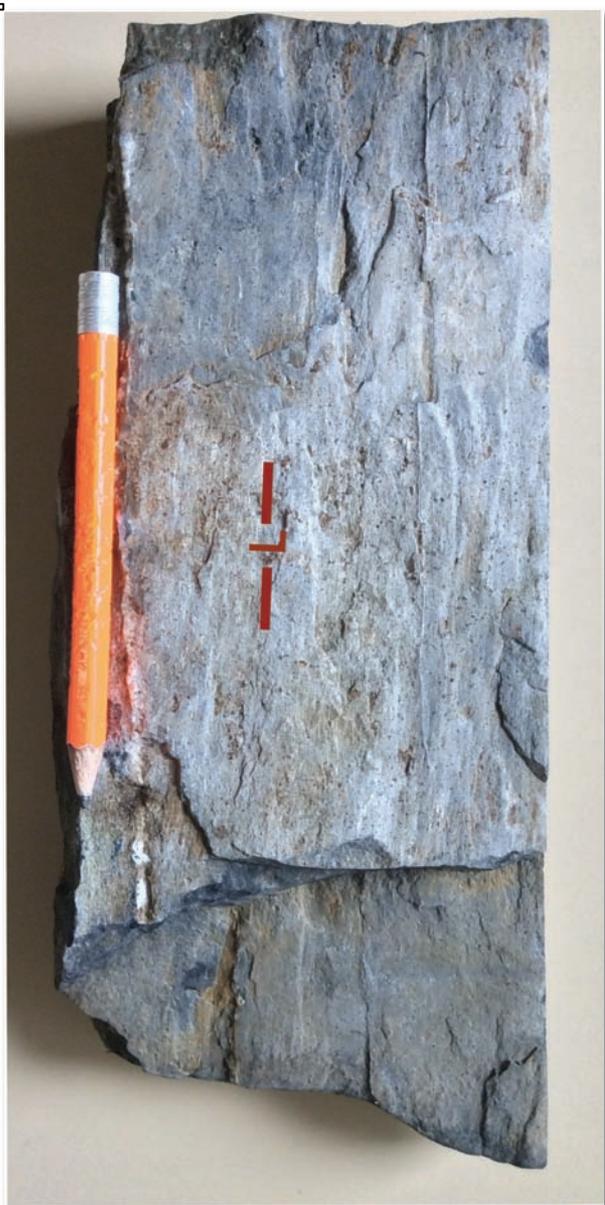


Rubanement dans les marbres



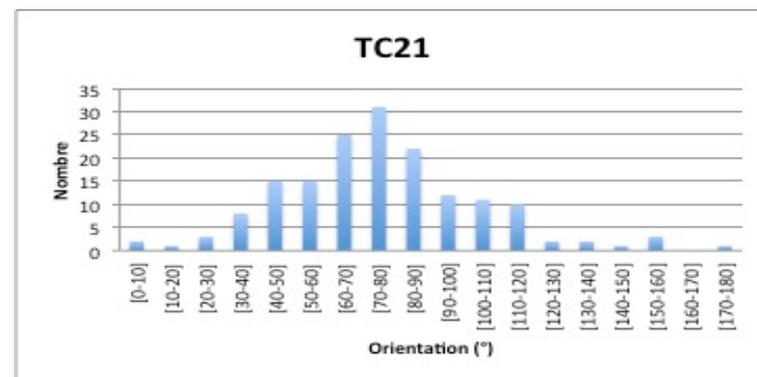
Dolomie non foliée

## Echelle macroscopique – La linéation minérale

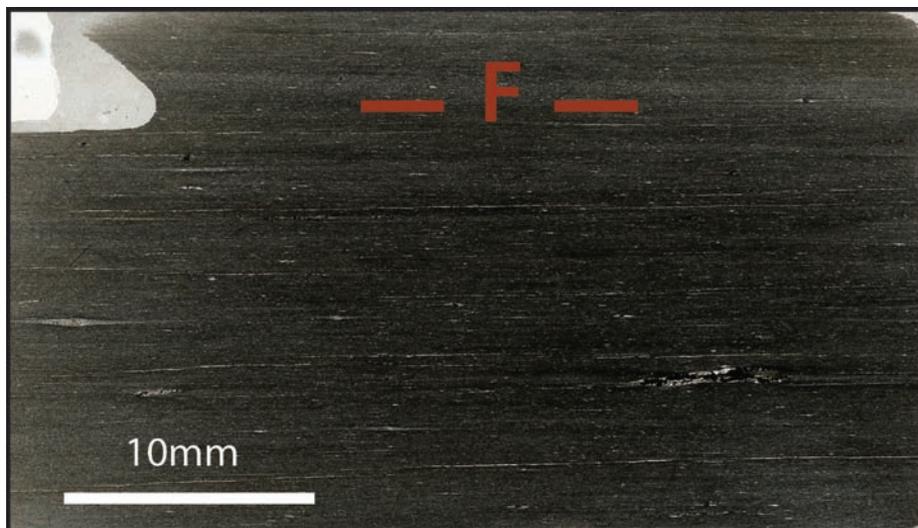


Linéation marquée par des baguettes de minéraux métamorphiques (scapolites)

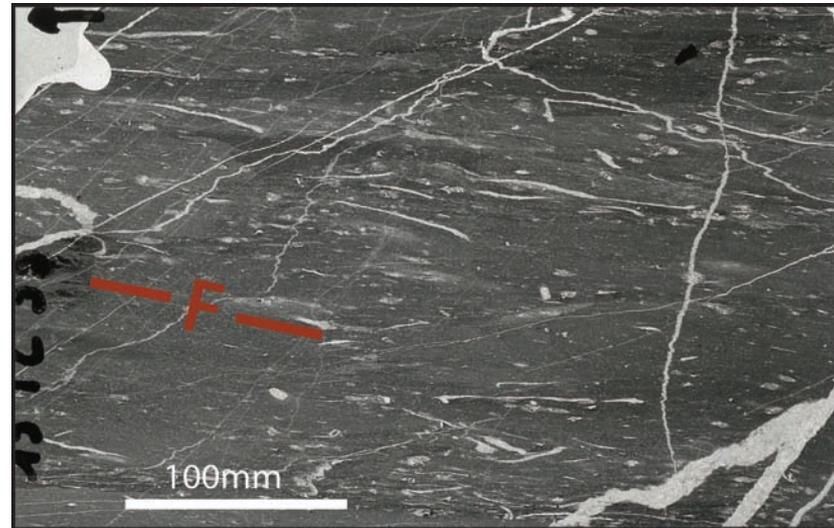
Linéation minérale +/- marquée



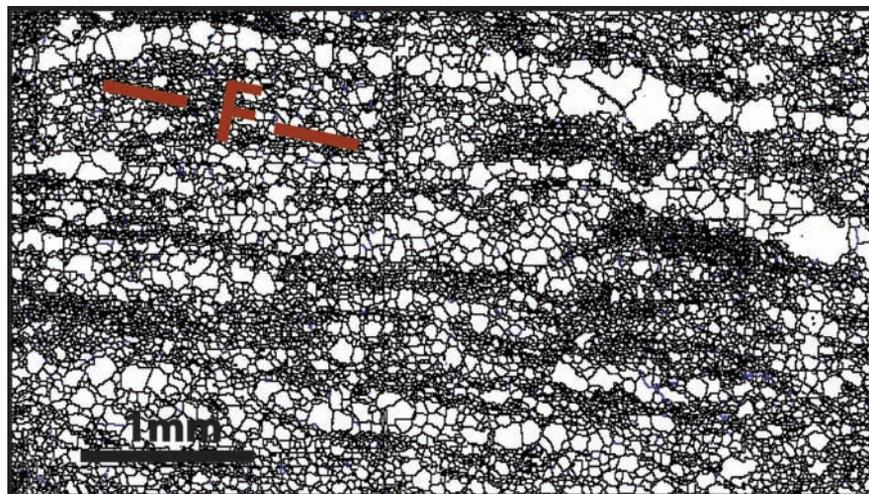
## La foliation // S0- Echelle microscopique



Foliation intense dans les faciès argileux



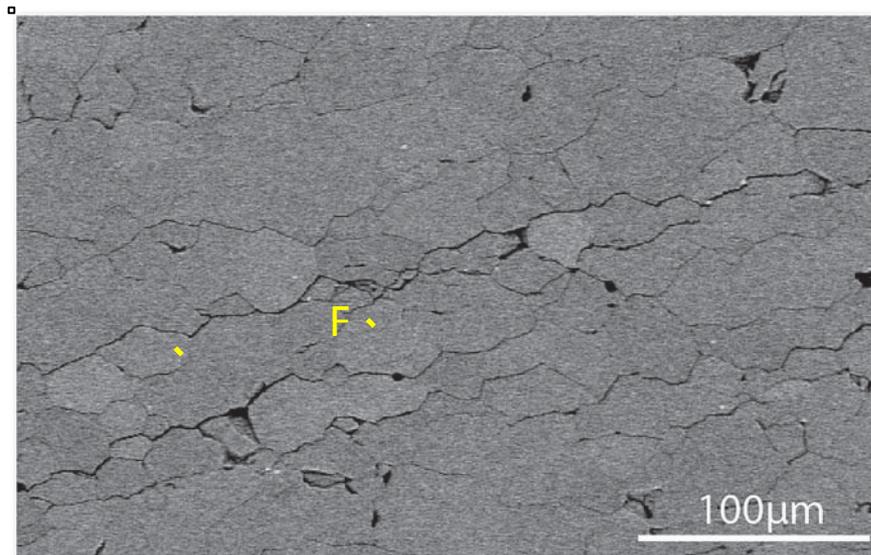
Foliation dans les calcaires fins



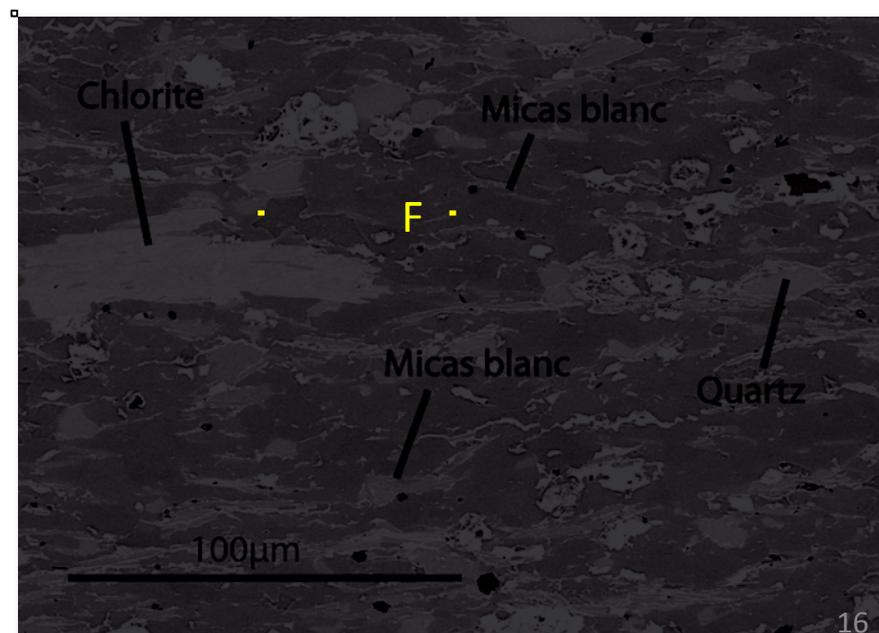
Foliation mylonitique dans l'Urgonien

## La foliation // S0 - Composition

- Fabrique de forme de la calcite

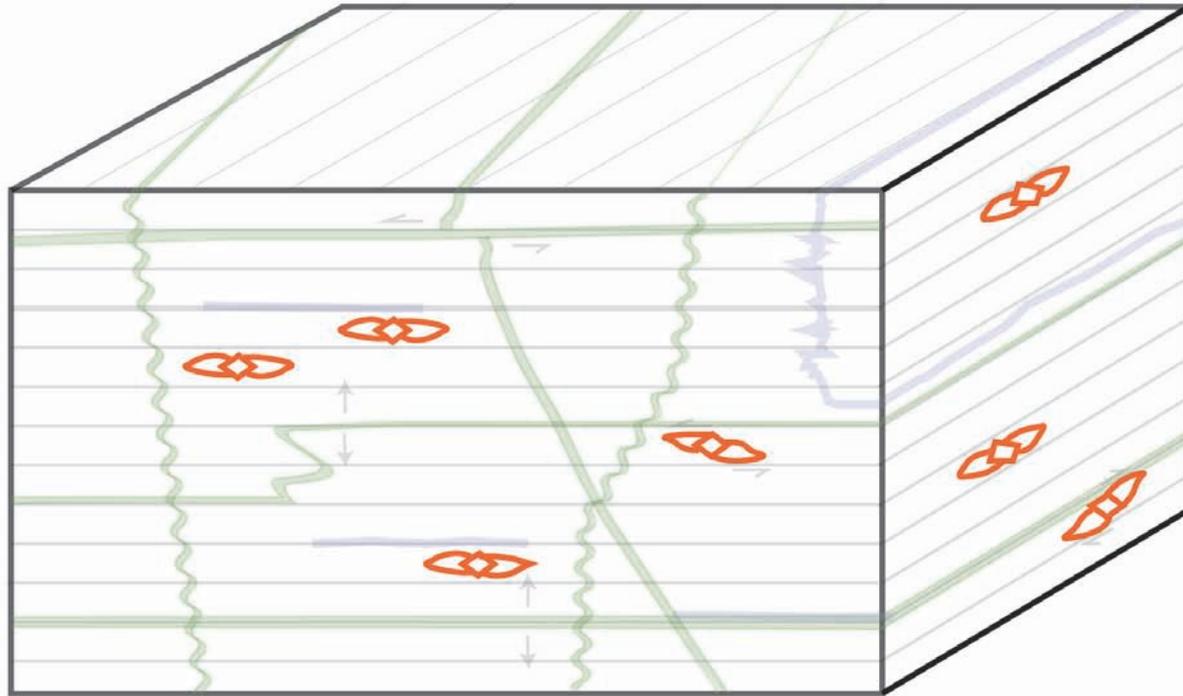


- Phyllosilicates et autres grains soulignant la foliation

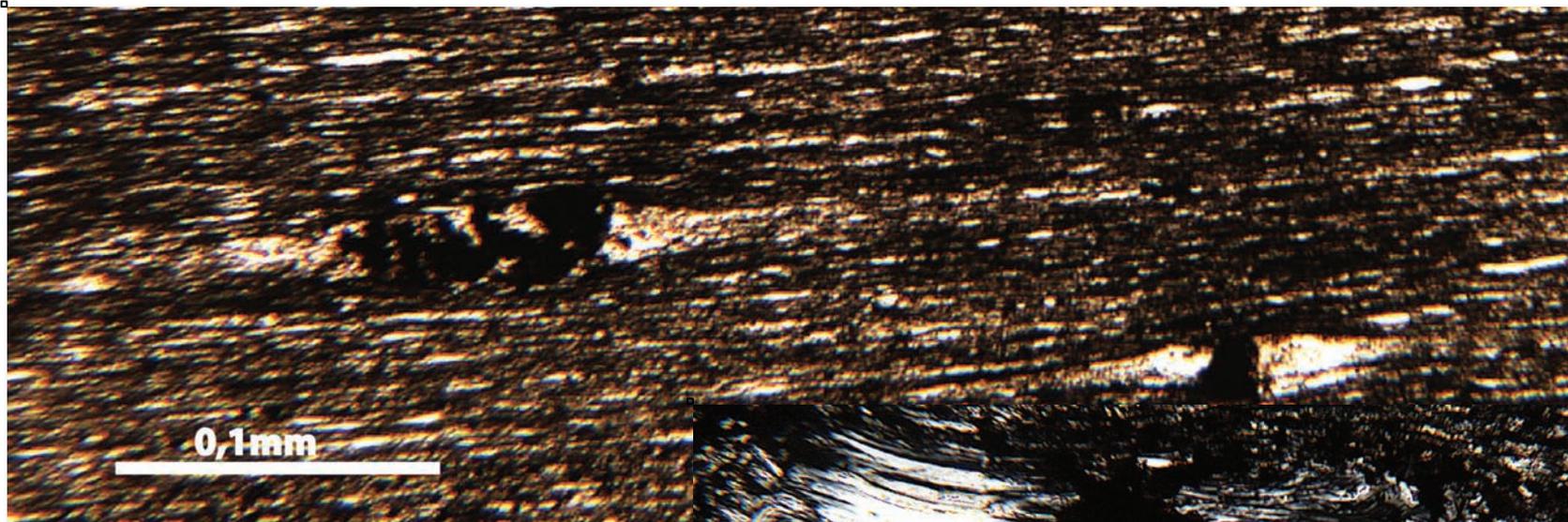


## Etude des microstructures- Les queues de cristallisation

N ←

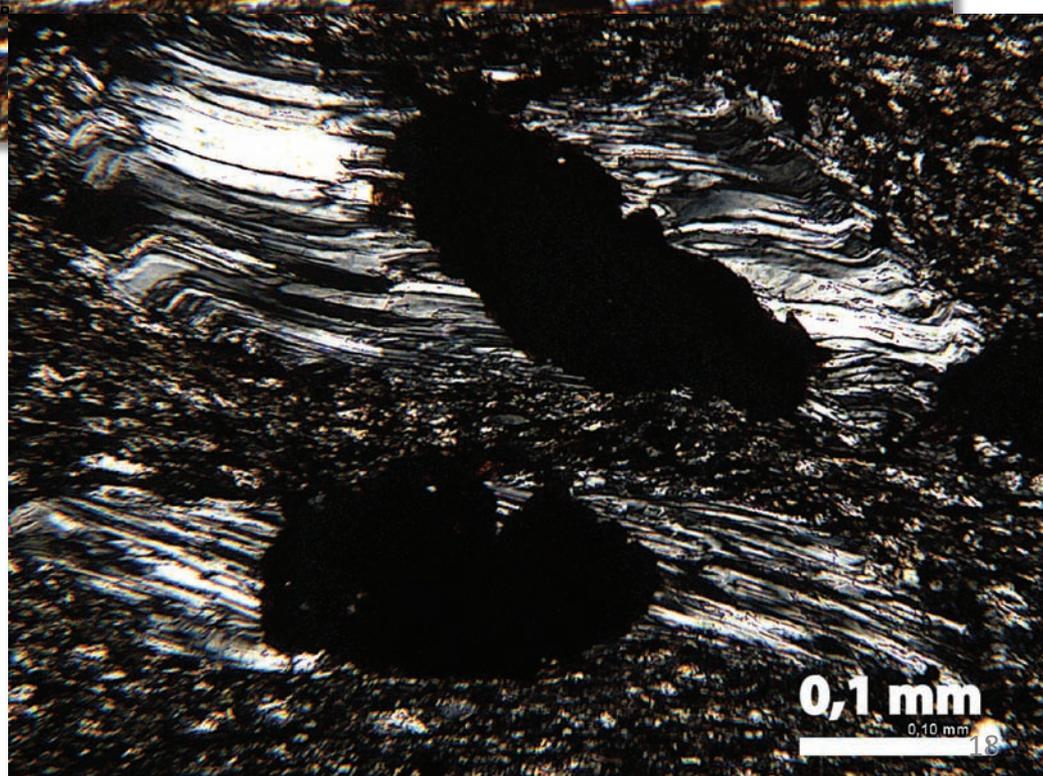


## Les queues de cristallisation

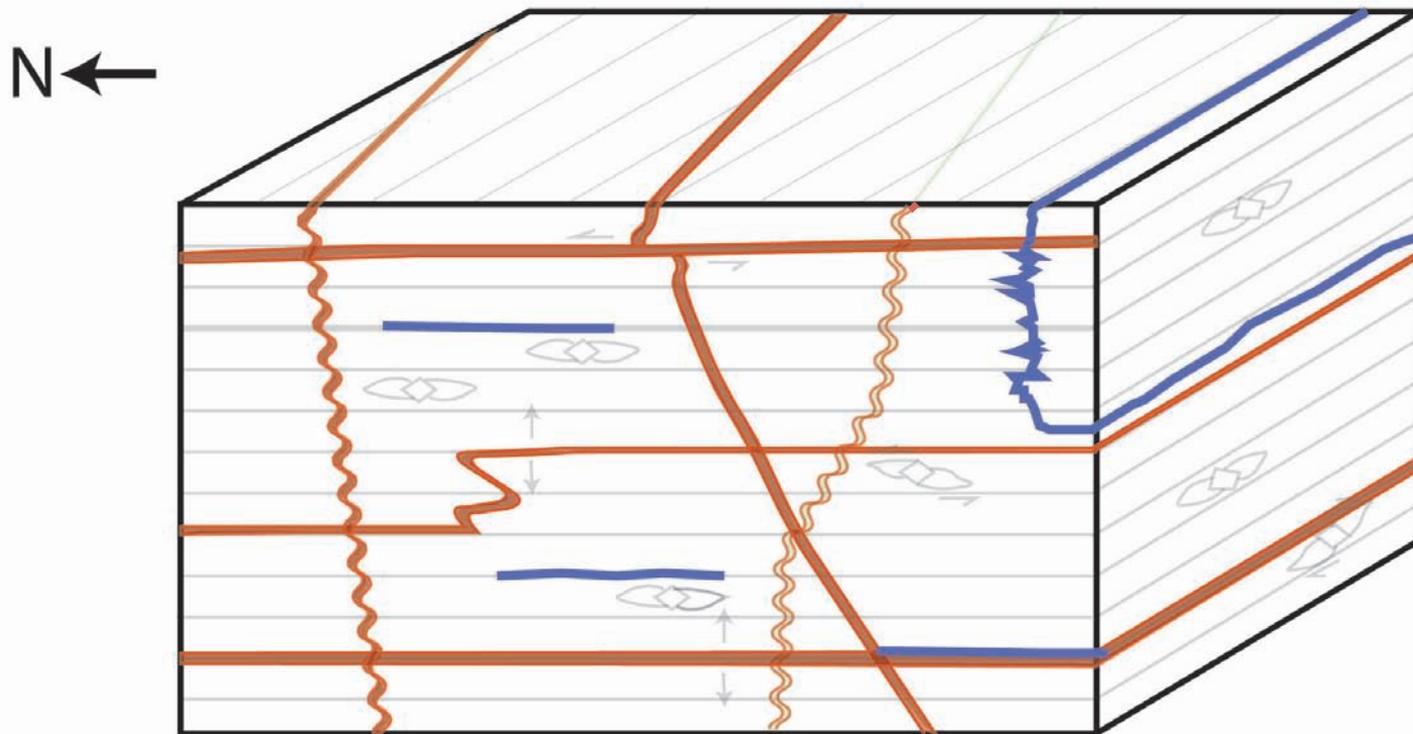


Queues de cristallisation symétriques

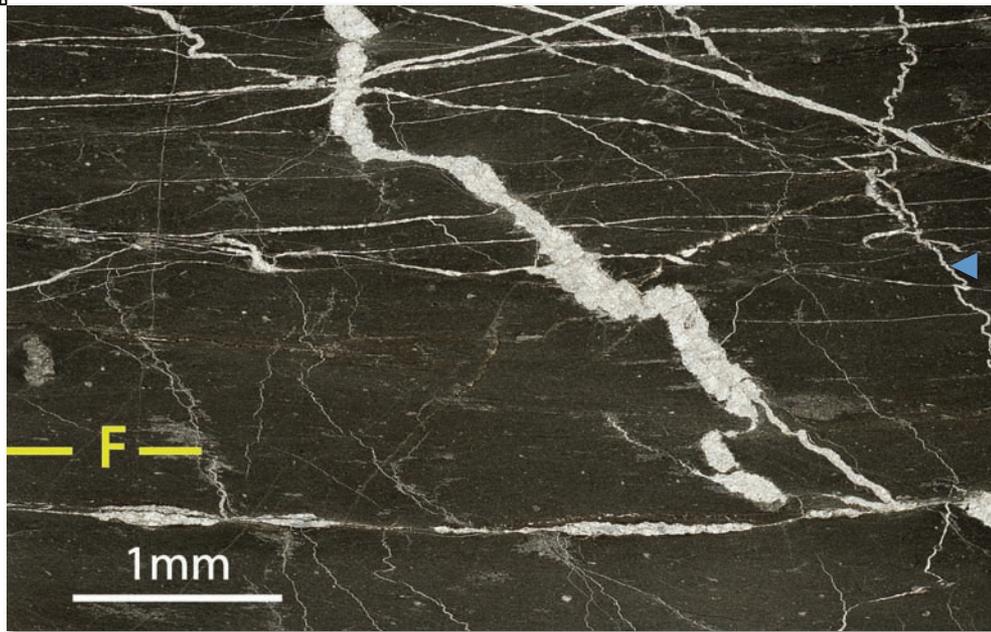
Queues de cristallisation  
légèrement rotationnelles



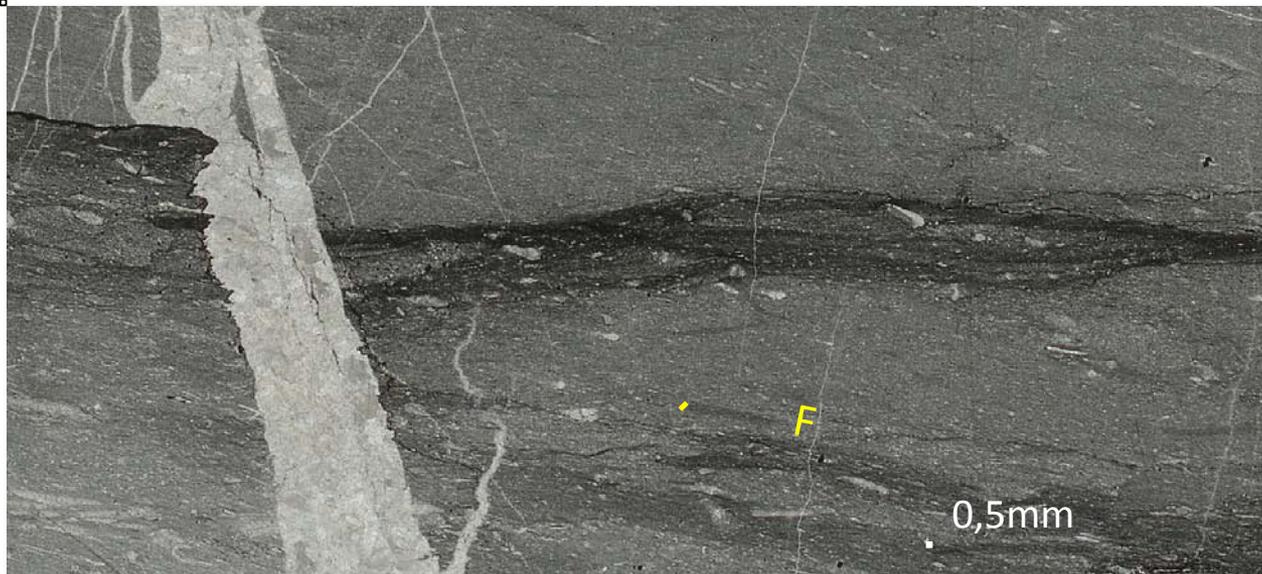
## Etude des microstructures- Les veines et stylolites



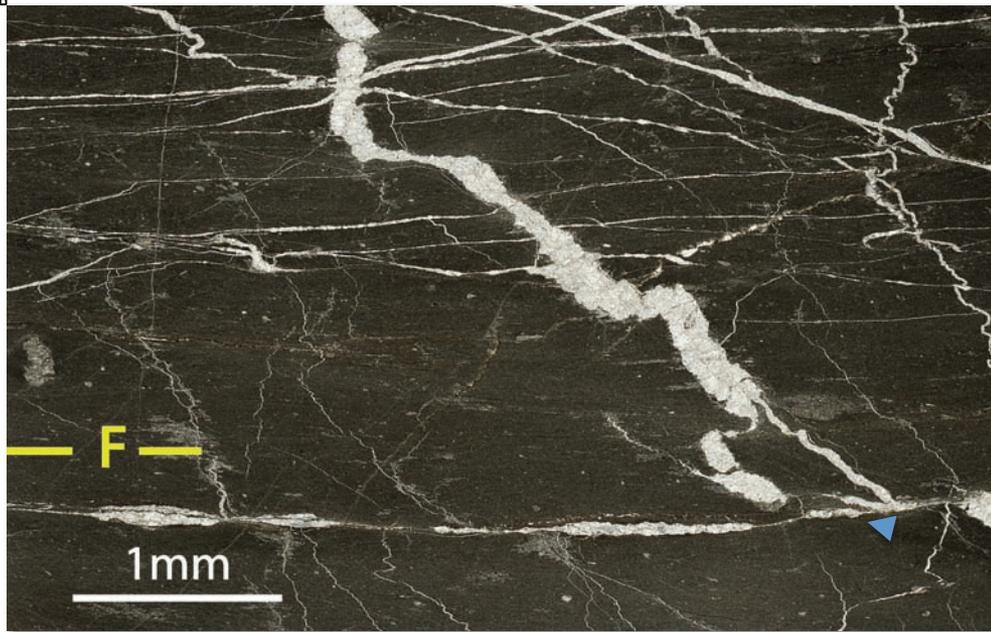
## Veines et stylolites



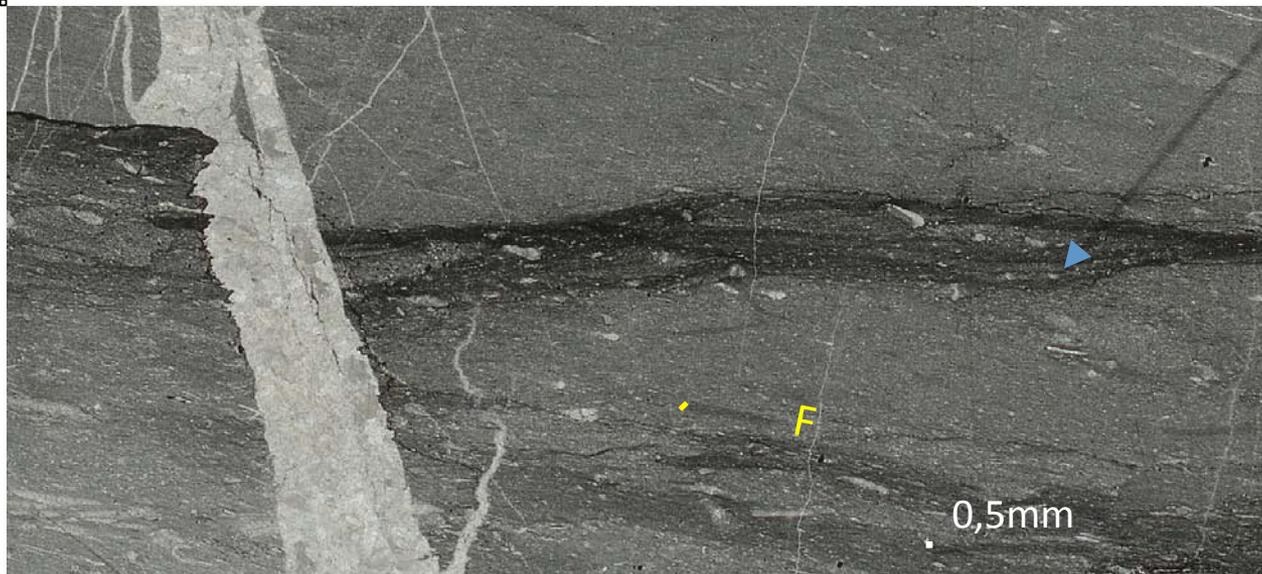
Veines ante-foliation



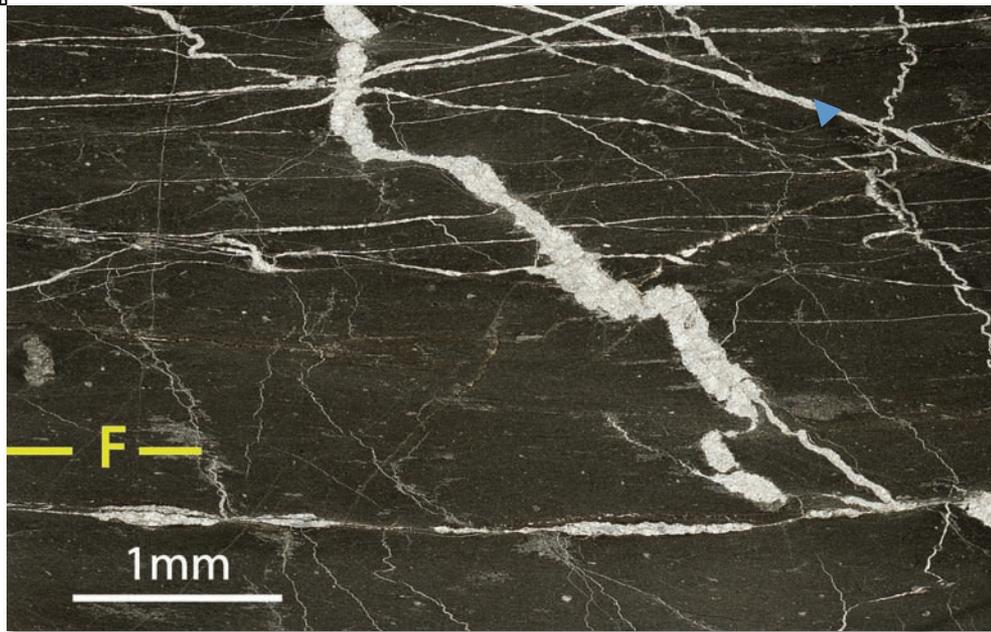
## Veines et stylolites



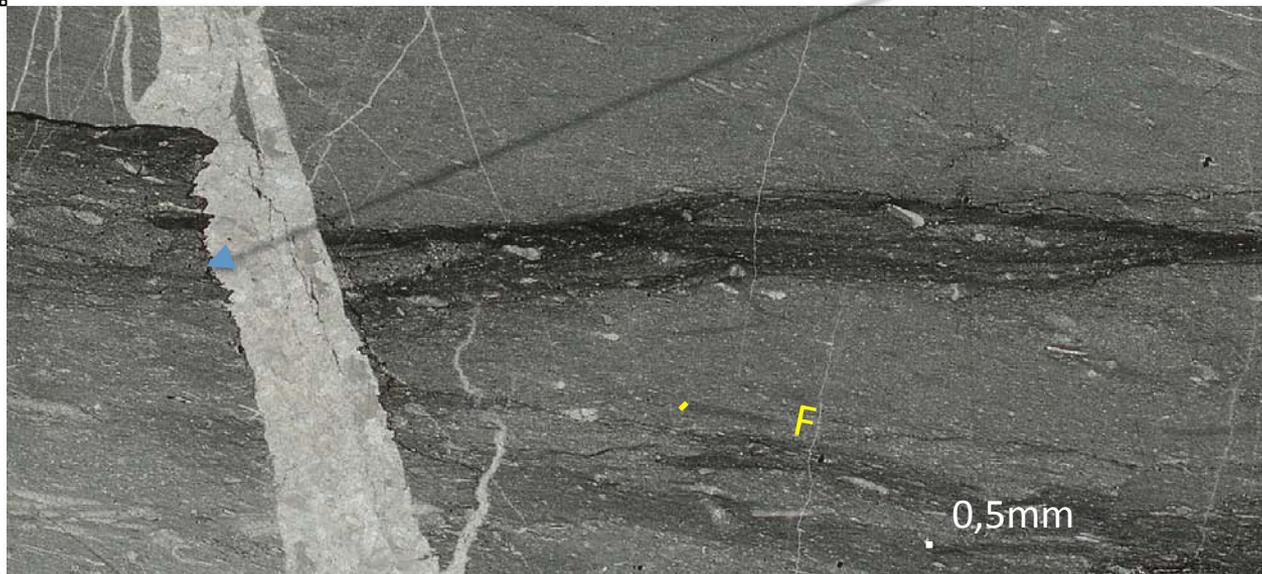
Veines + stylolites  
syn foliation



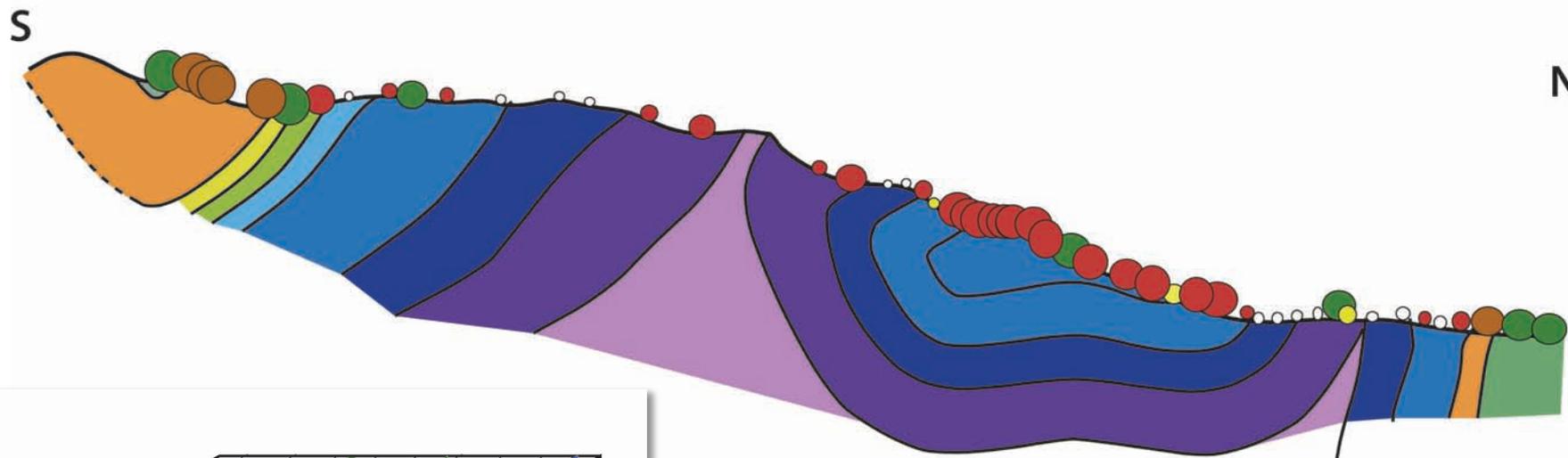
## Veines et stylolites



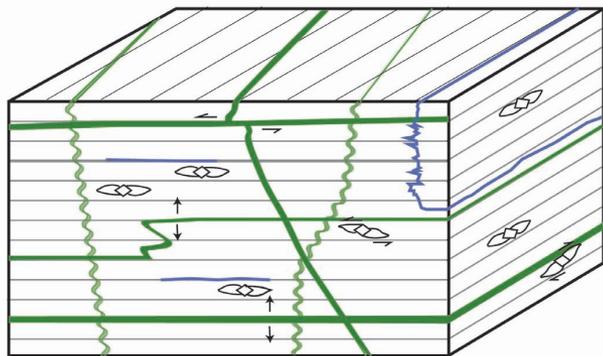
Veines + stylolites obliques à la S0-S1 → tardif



## Distribution de la déformation : Intensité foliation



N ←



- Foliations fines dans les carbonates à grains fins
- Foliations marneuses
- Foliations d'aspect mylonitique
- Marbres rubannés
- Dolomies non foliées

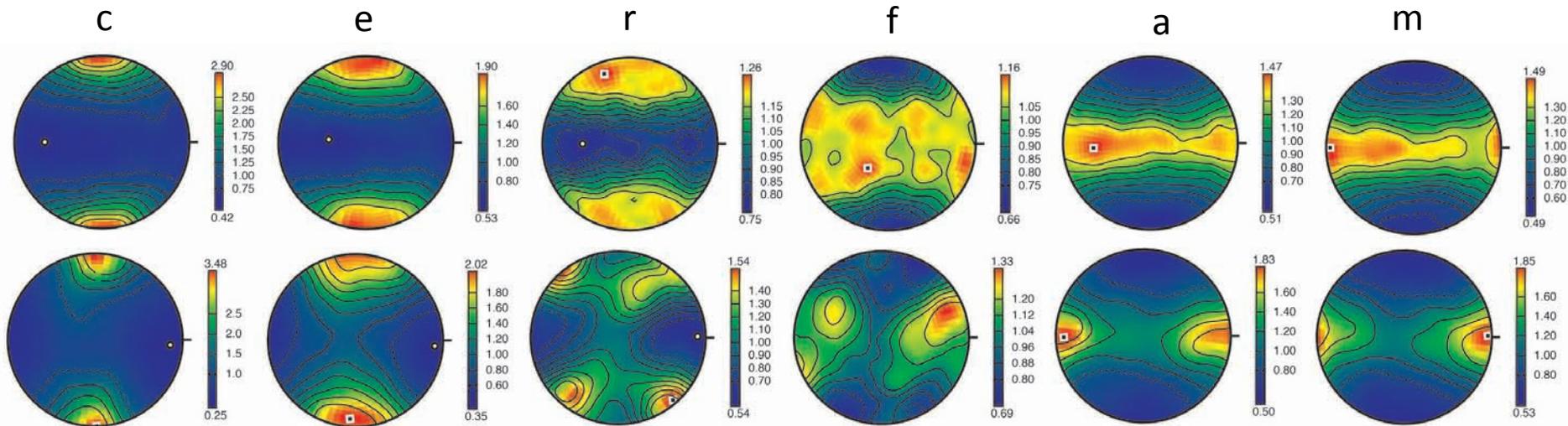
- Faciès argileux-Kimméridgien-Urgonien
- Synclinaux

Intensités maximales →

## Déformation intra-cristalline

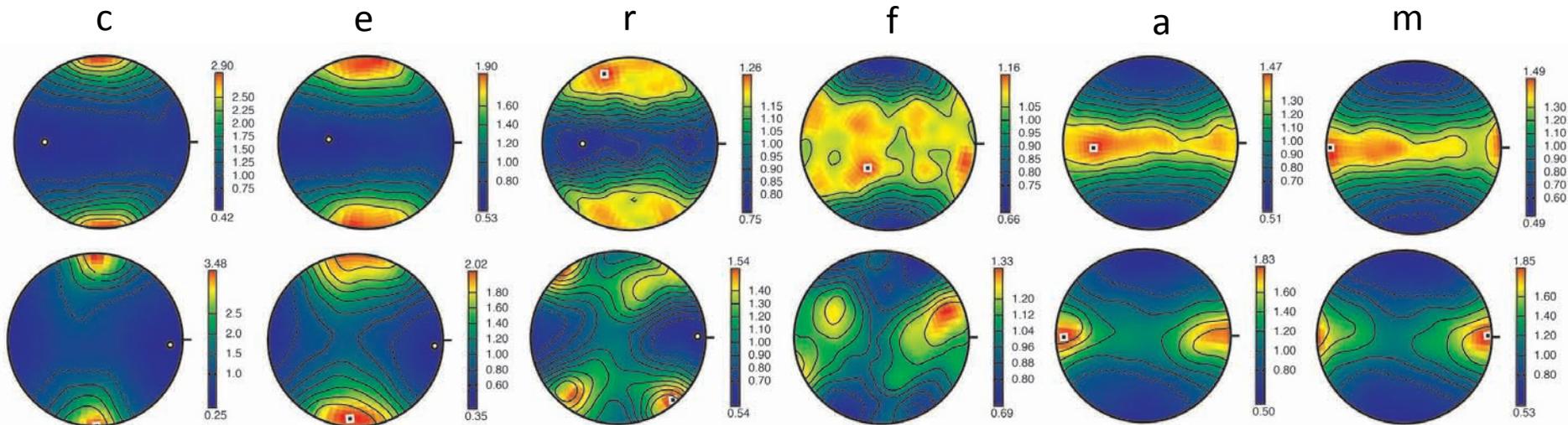
- EBSD →
  - Microscope électronique à balayage en mode rétrodiffusé
  - Mesures de l'orientation des axes cristallins de la calcite
  
- 2 fabriques distinctes

## Déformation intra-cristalline - 1<sup>ère</sup> fabrique



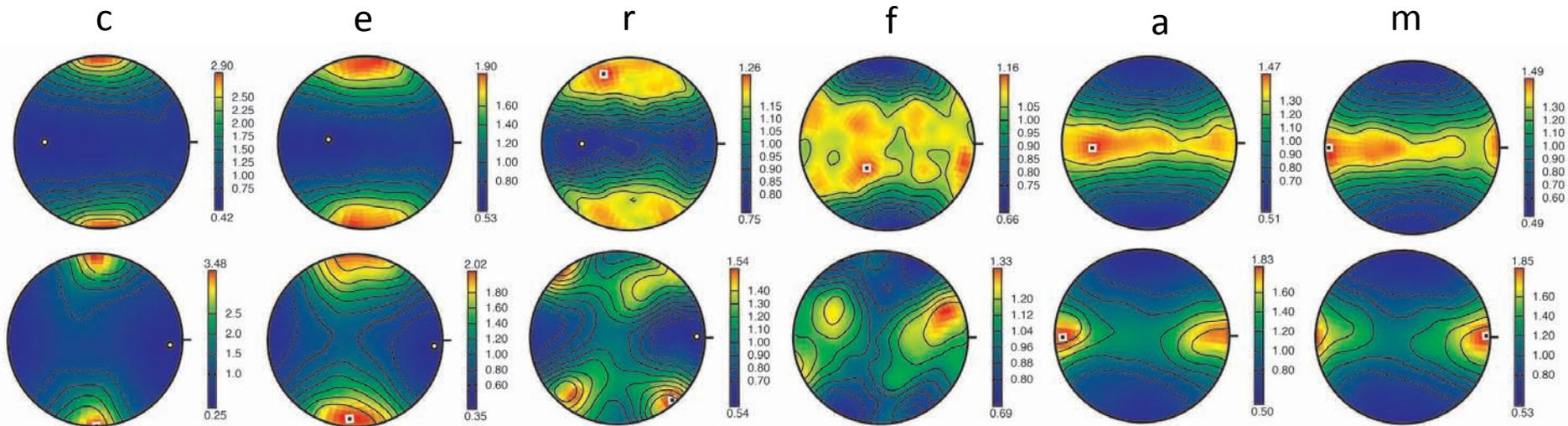
- Concentration maximale des axes  $\langle c \rangle$  pôle de la foliation

## Déformation intra-cristalline - 1<sup>ère</sup> fabrique



- Concentration maximale des axes  $\langle c \rangle$  pôle de la foliation
- Concentration des axes  $\langle a \rangle$  en guirlande autour de l'axe  $\langle c \rangle$

## Déformation intra-cristalline - 1<sup>ère</sup> fabrique

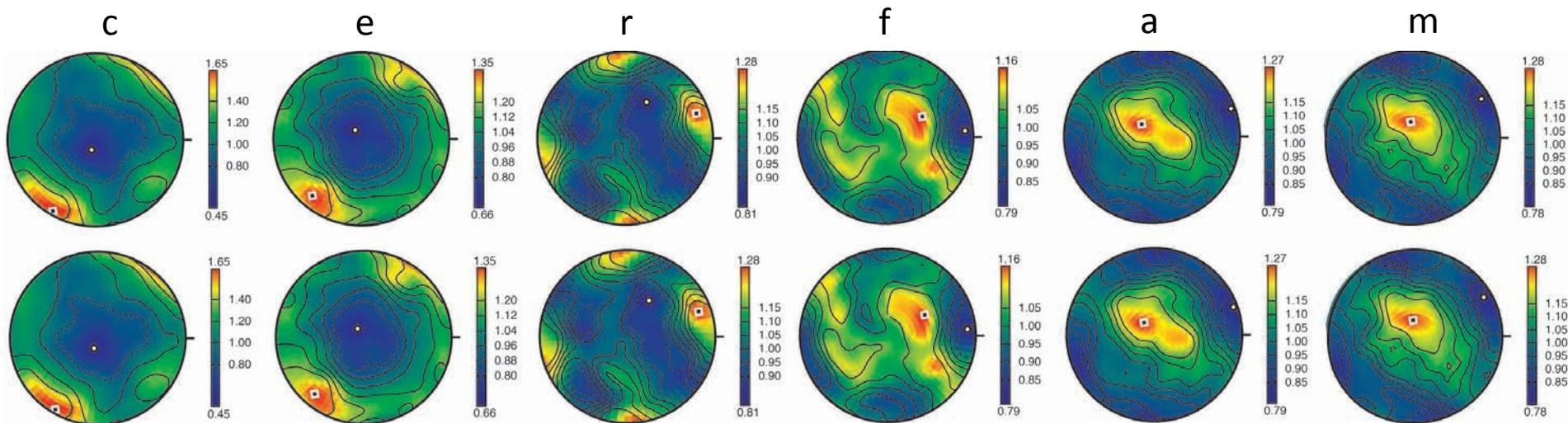


- Concentration maximale des axes  $\langle c \rangle$  pôle de la foliation
- Concentration des axes  $\langle a \rangle$  en guirlande autour de l'axe  $c$

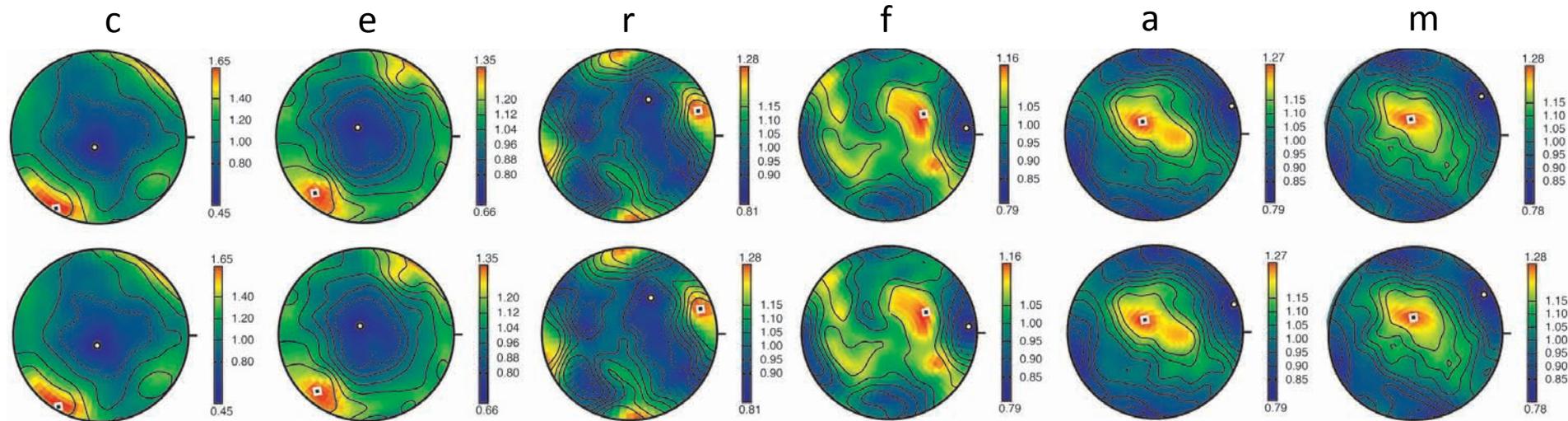
→ Fluage des dislocations le long des plans basaux  $c$  →  $HT^\circ$

→ Forte composante en aplatissement

## Déformation intra-cristalline – 2<sup>ème</sup> fabrique

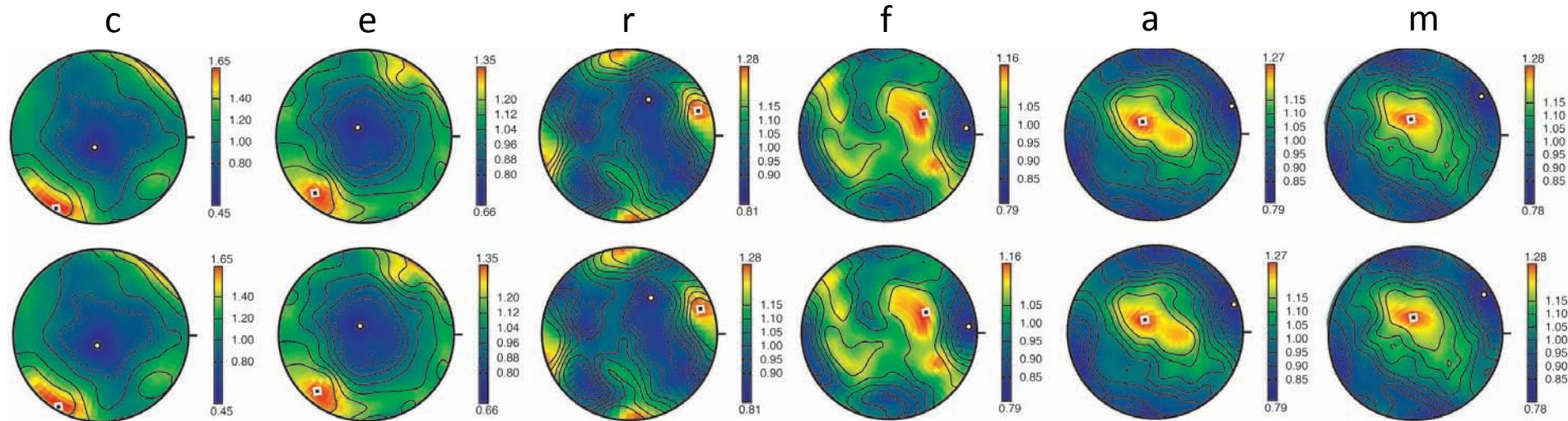


## Déformation intra-cristalline – 2<sup>ème</sup> fabrique



- Concentration des axes  $\langle a \rangle$  perpendiculaire à l'axe  $\langle c \rangle$

## Déformation intra-cristalline – 2<sup>ème</sup> fabrique

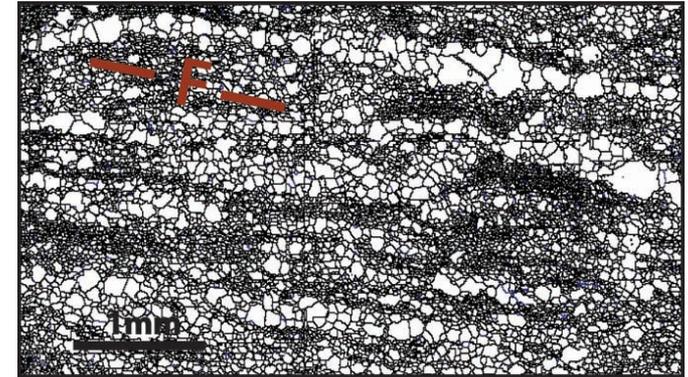


- Concentration axe  $\langle a \rangle$  perpendiculaire à l'axe  $\langle c \rangle$

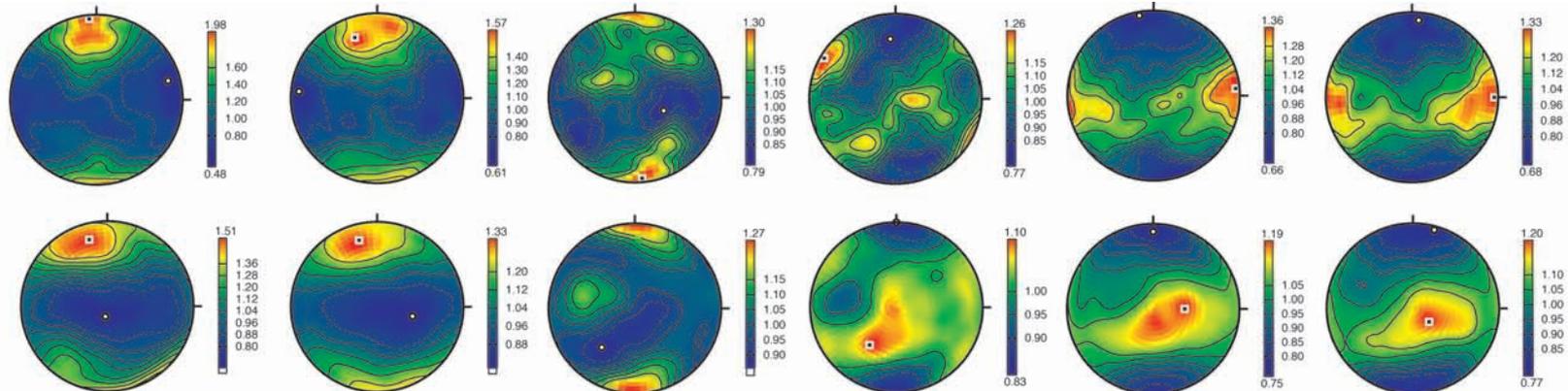
→ Mécanisme de déformation  $\neq$  1<sup>ère</sup> fabrique

→ Par analogie avec quartz et olivine: axe  $\langle a \rangle$  = direction d'étirement?

## Déformation intra-cristalline – Double fabrique



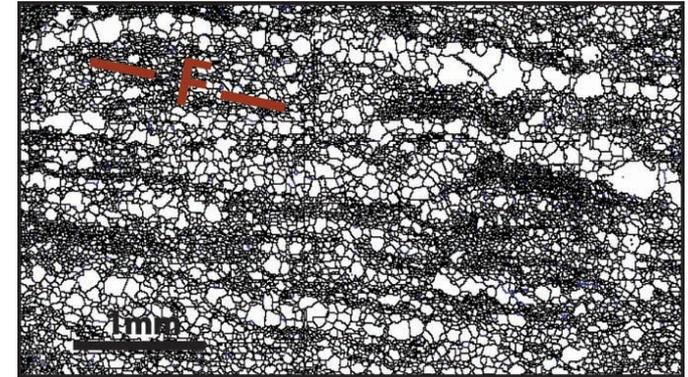
Grains Grossiers  
(150 $\mu$ m)



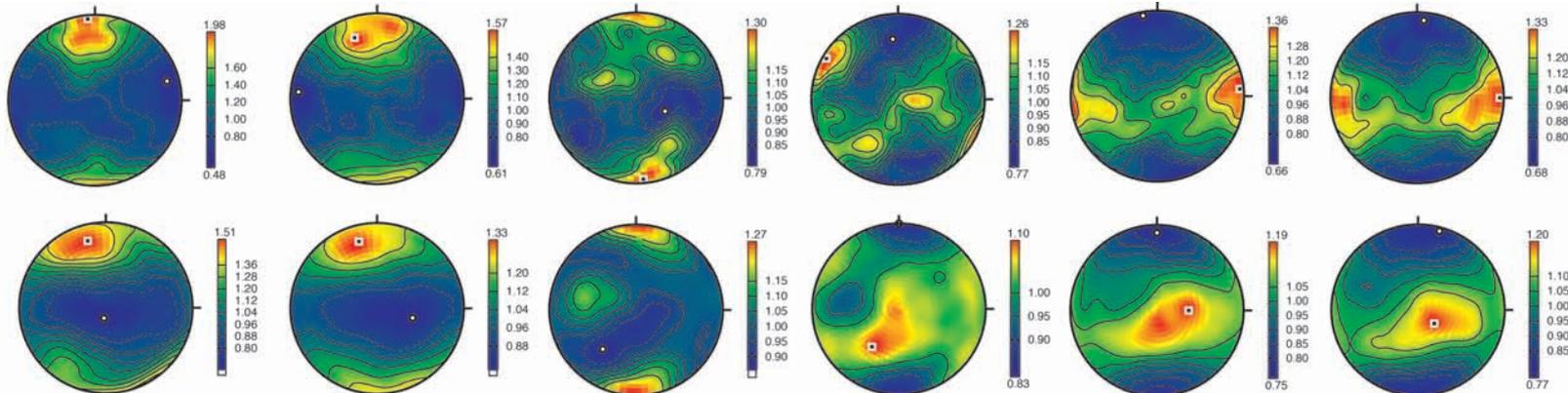
Grains fins  
(30 $\mu$ m)

- Grains grossiers  $\rightarrow$  1<sup>ère</sup> fabrique
- Grains fins  $\rightarrow$  2<sup>ème</sup> fabrique

## Déformation intra-cristalline – Double fabrique



Grains Grossiers  
(150 $\mu$ m)

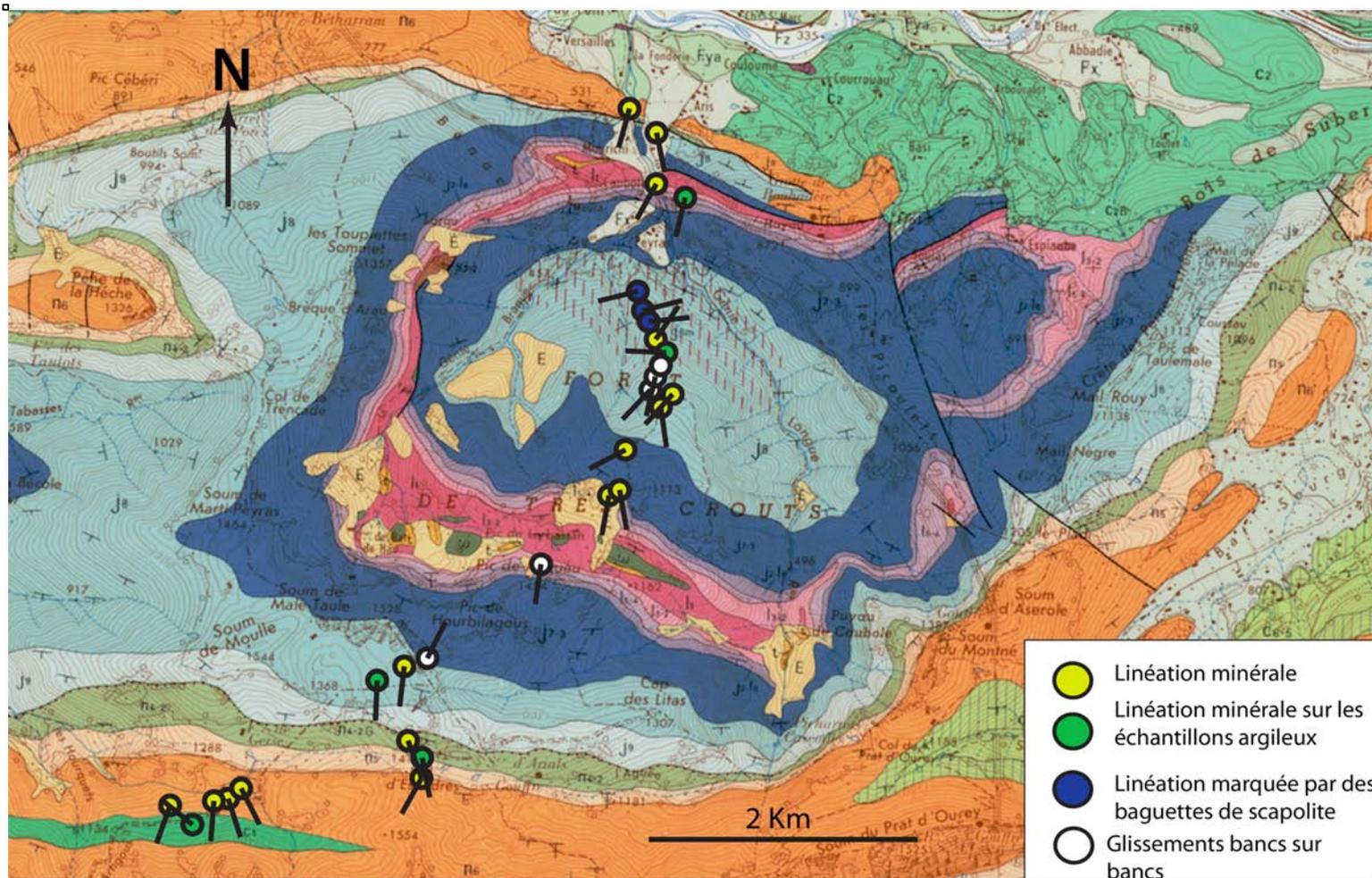


Grains fins  
(30 $\mu$ m)

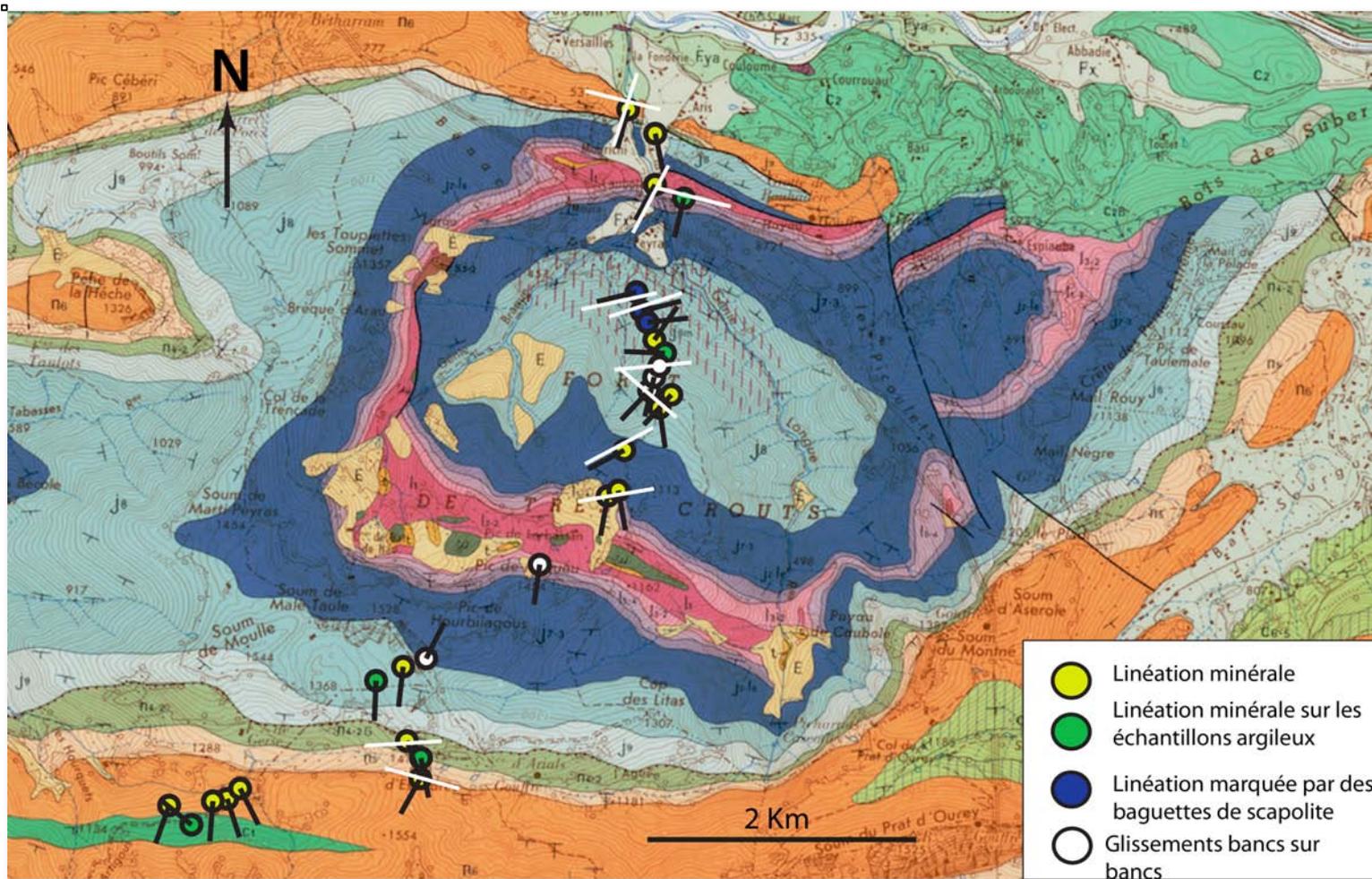
- Grains grossiers  $\rightarrow$  1<sup>ère</sup> fabrique
- Grains fins  $\rightarrow$  2<sup>ème</sup> fabrique

$\rightarrow$  2 phases de déformation  $\neq$  à  $T^\circ \neq$

## Bilan des linéations et étirement intra-cristallin

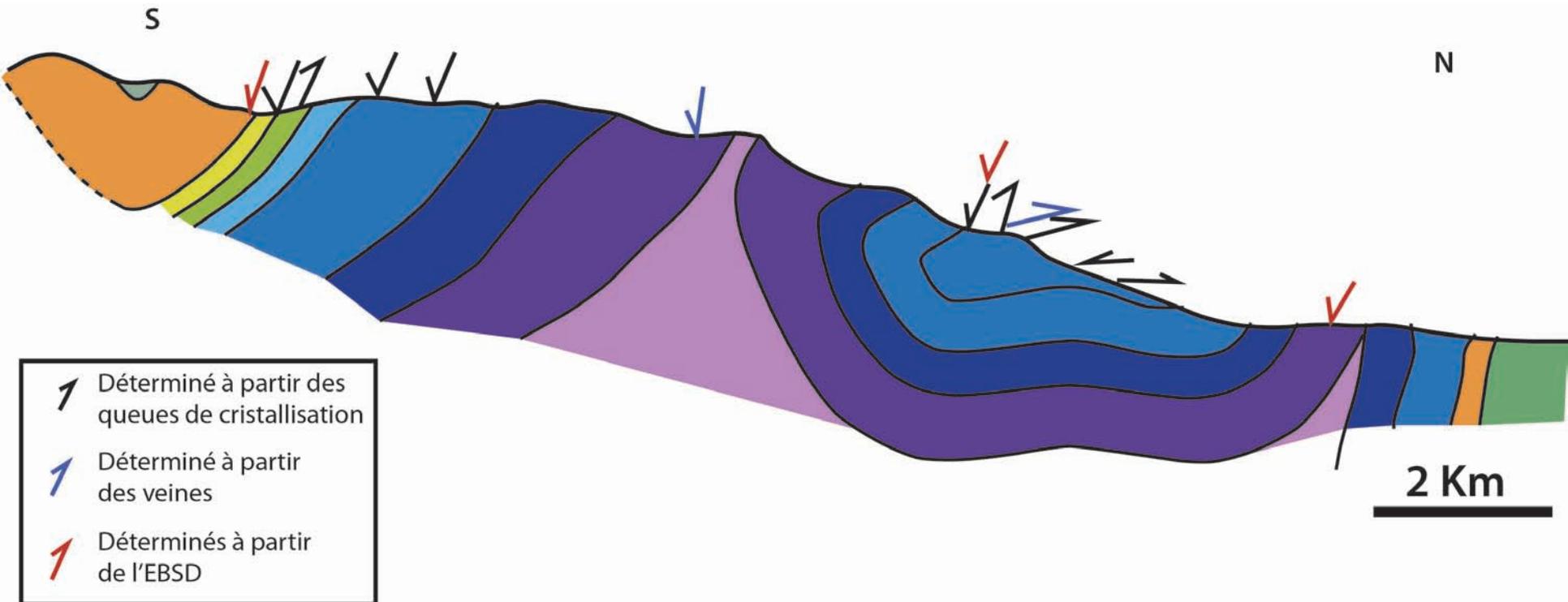


## Bilan des linéations et étirement intra-cristallin



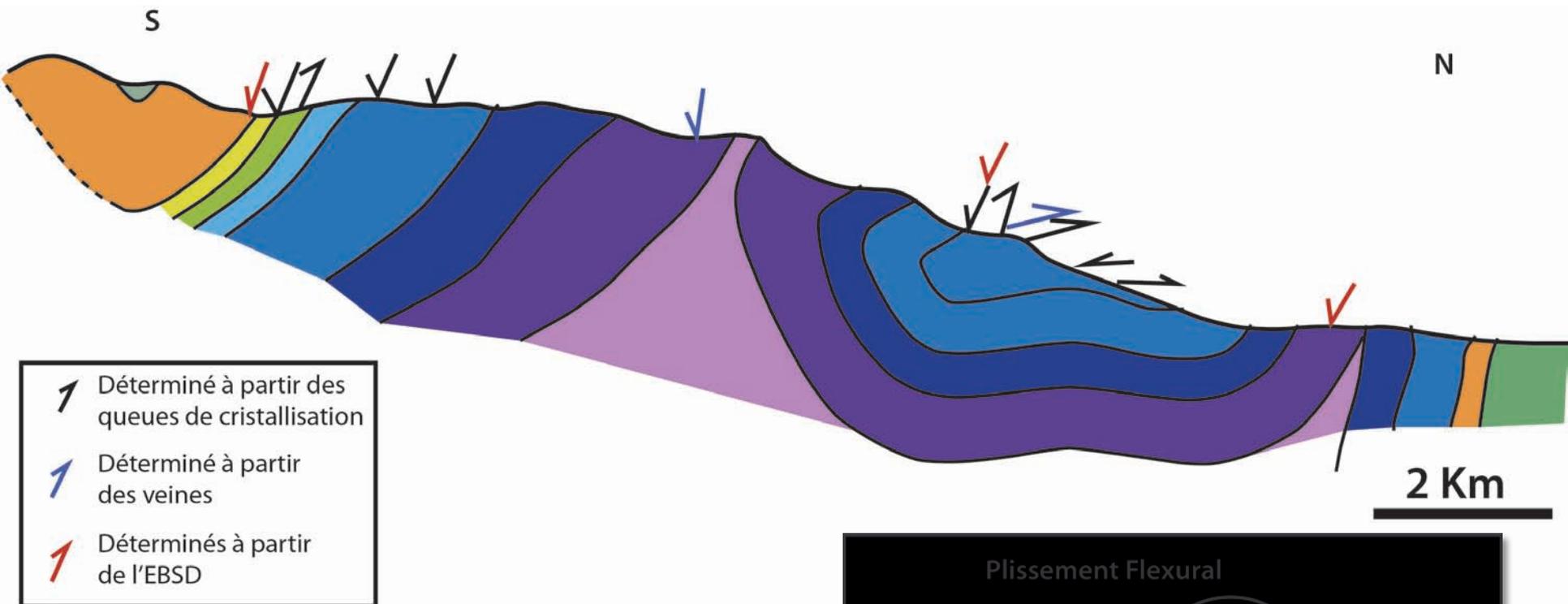
→ Forte hétérogénéité spatiale et temporelle du champ de déformation

## Bilan des critères de cisaillement rotationnel

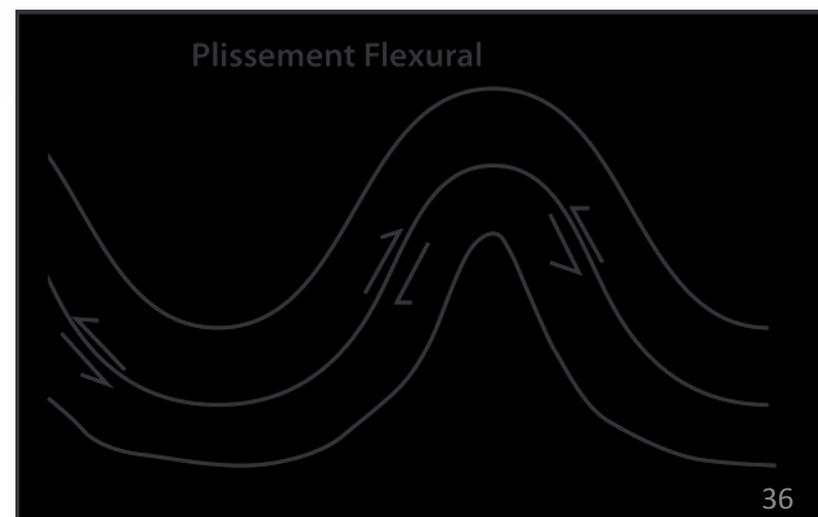


- Critères relativement homogènes dans les flancs sud et nord
- Critères hétérogènes dans le synclinal central

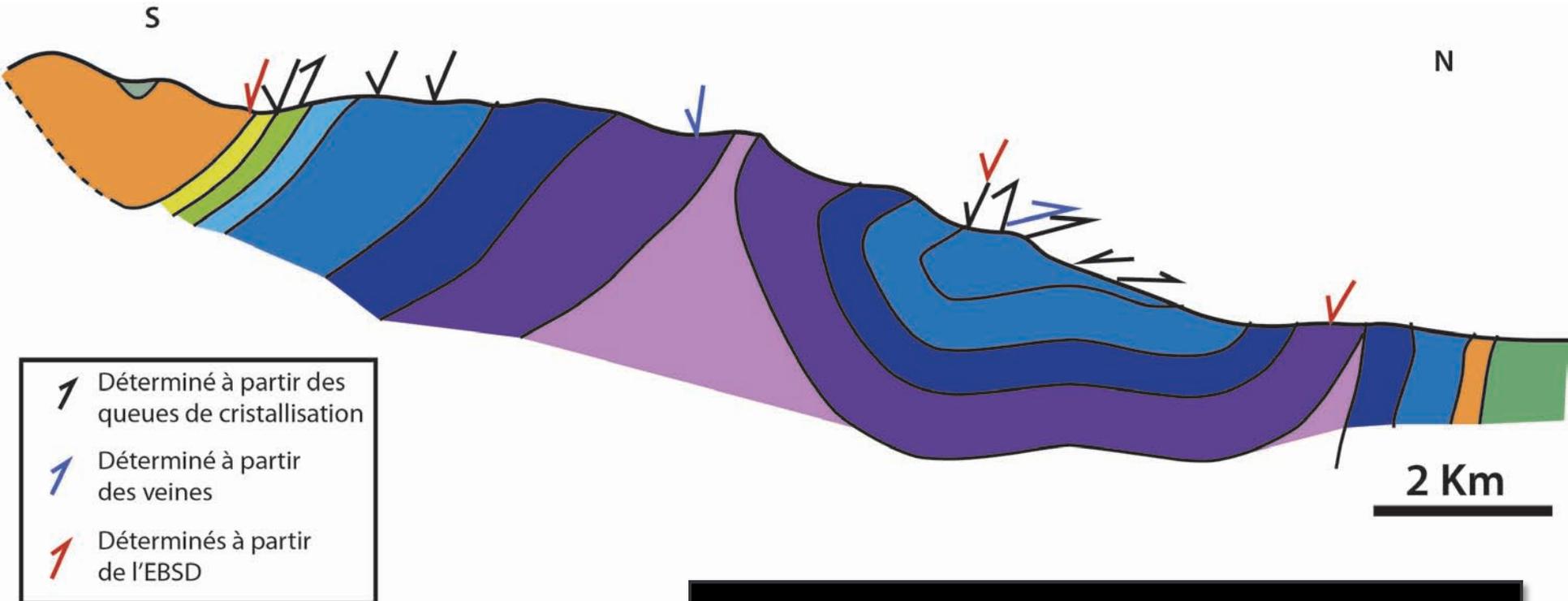
## Bilan des critères de cisaillement rotationnel



→ Critères incohérents avec glissement banc sur banc lié à un plissement flexural

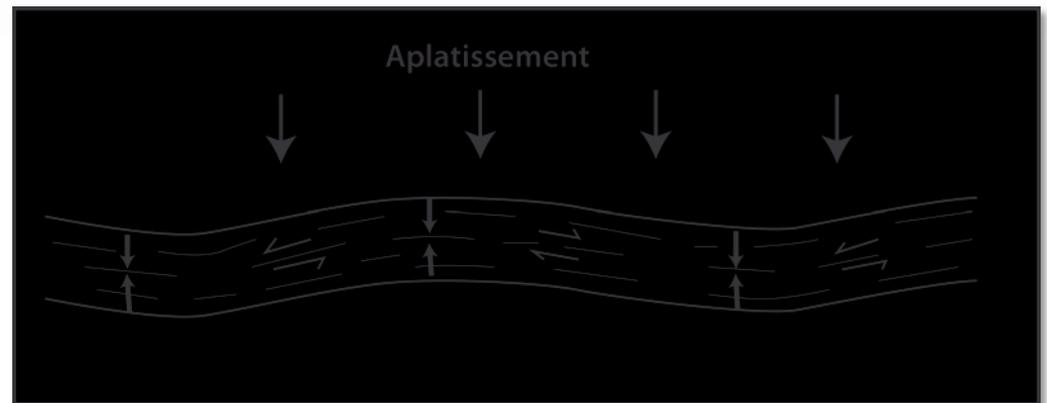


## Bilan des critères de cisaillement rotationnel



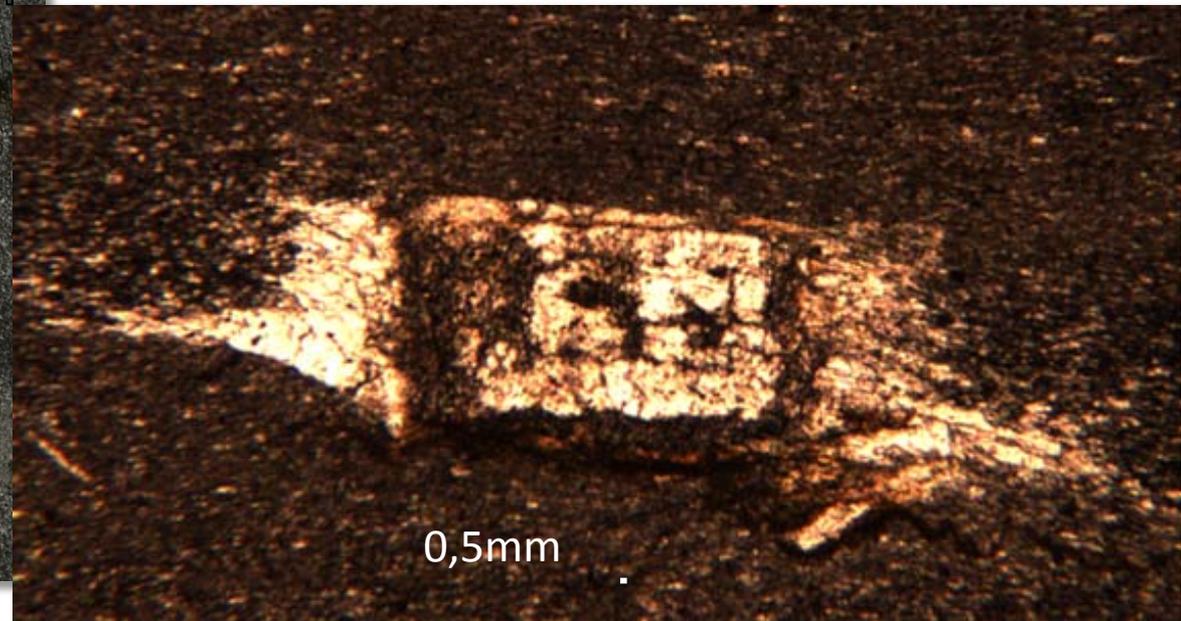
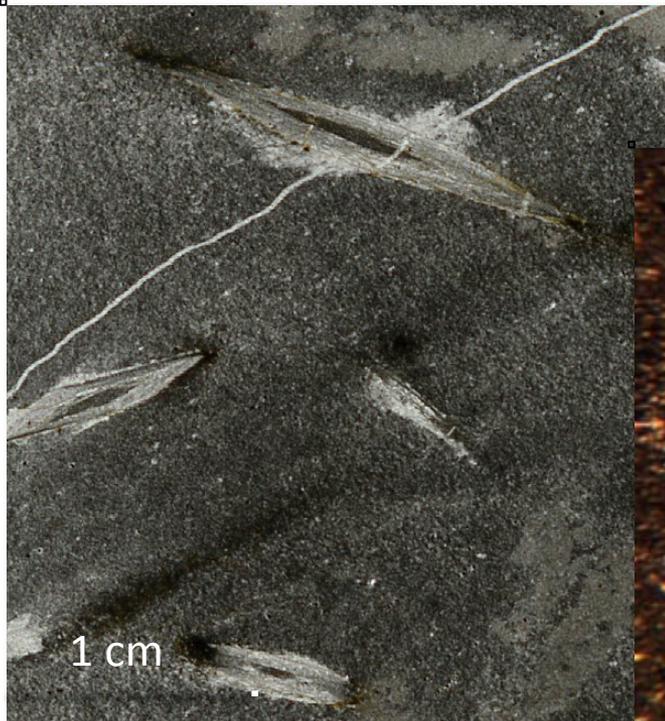
→ Critères incohérents avec glissement banc sur banc lié à un plissement flexural

→ Compatible avec aplatissement + glissement gravitaire localement

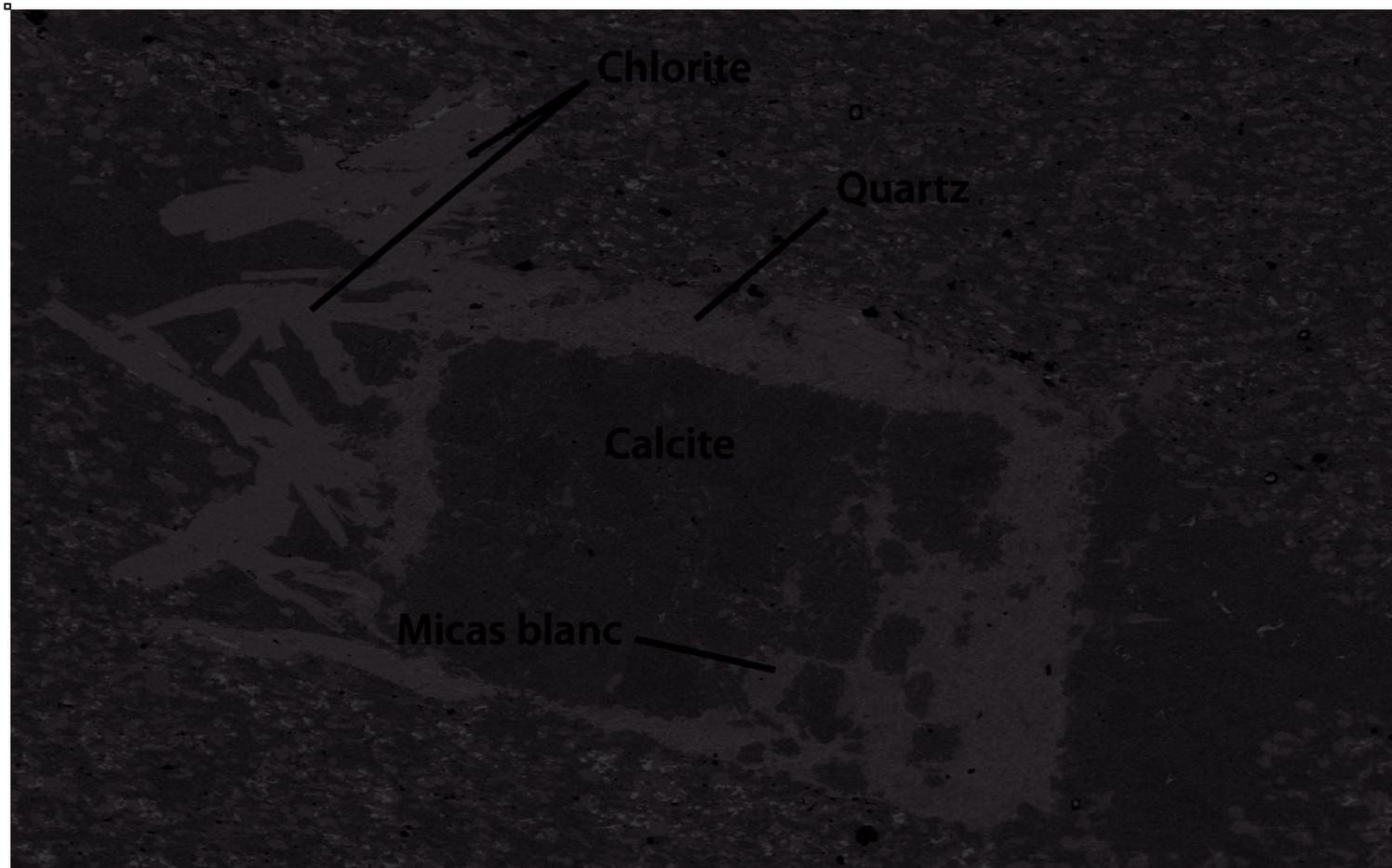


## Le métamorphisme

- Faciès schistes verts : calcite recristallisée, micas blancs, chlorite, scapolite
- Métamorphisme et métasomatisme HT-BP Pyrénéen
- Scapolites: baguettes pluri-cm / section mm



## Le métamorphisme - Scapolite

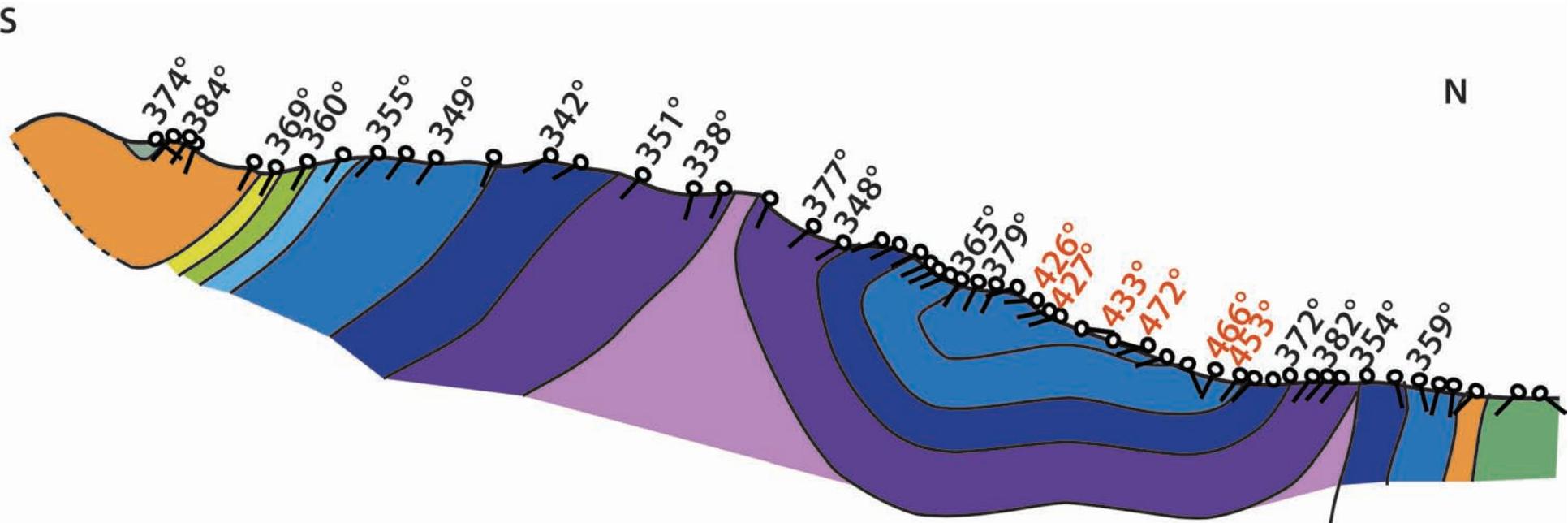


- Pseudomorphose en chlorite-quartz-micas blanc-calcite
- Analyses microsondes : T° cristallisation chlorite  $\approx 260^{\circ}\text{C}$

## Les paléo-températures maximales- Spectrométrie Raman

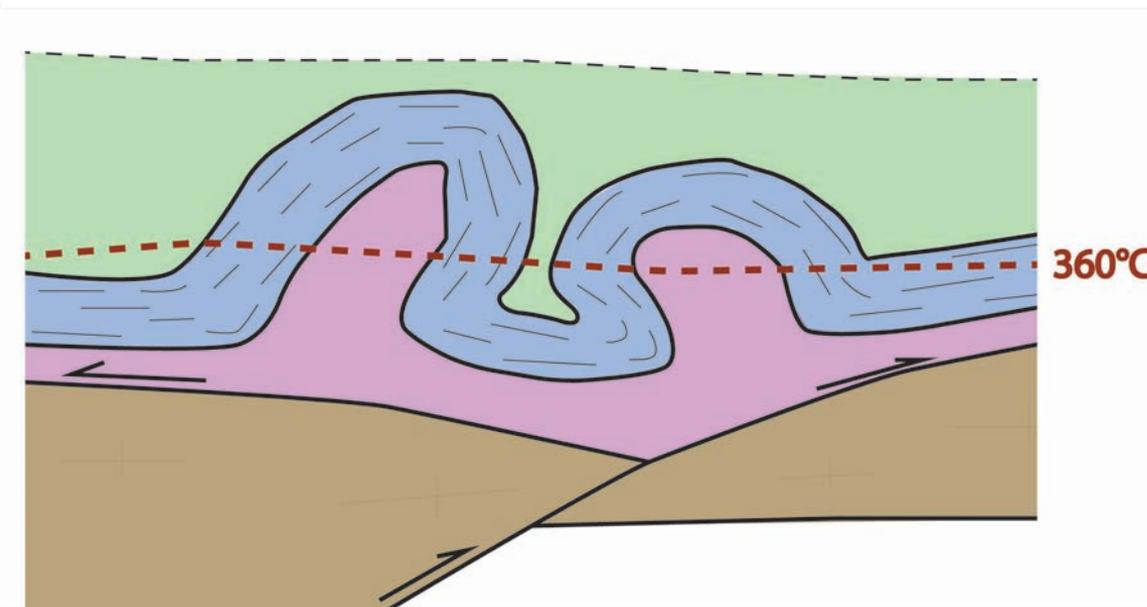
- Mesures de l'organisation des liaisons C-C de la matière organique
- Graphitisation → métamorphisme irréversible → paleo-température maximales

## Les paléo-températures maximales



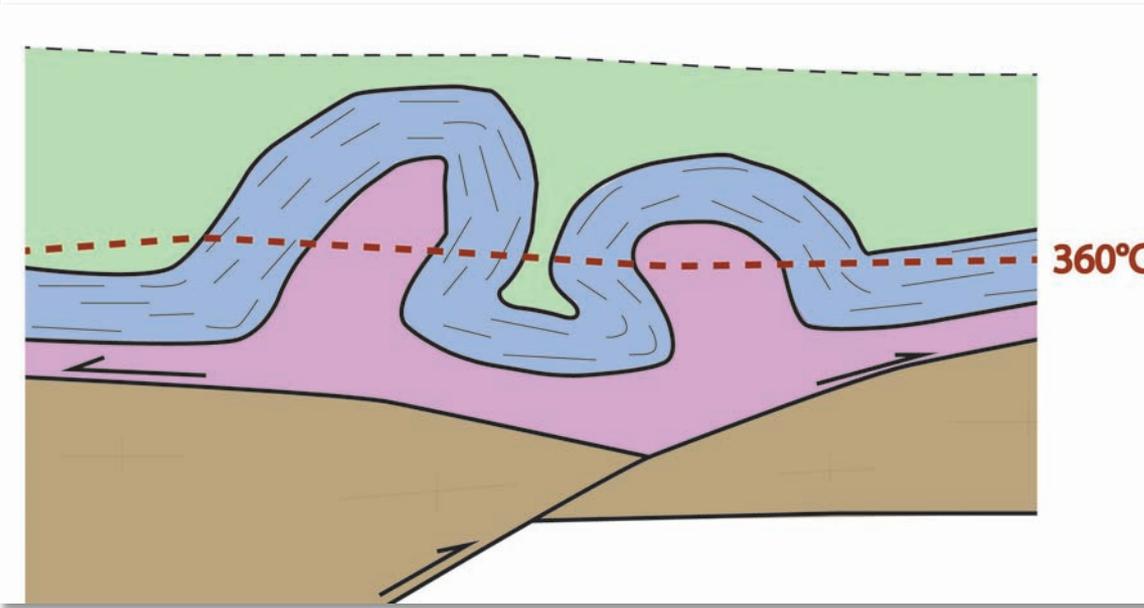
- T° relativement homogènes sur l'ensemble de la structure : 360 +/- 20°C
- T° plus élevées au nord synclinal central

## Les paléo-températures maximales – températures homogènes

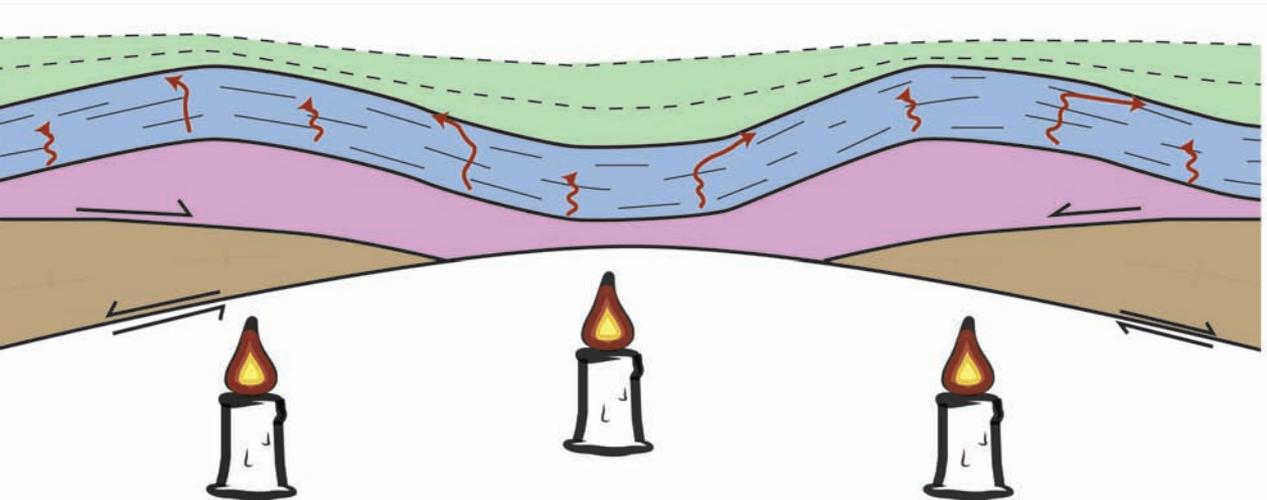


- Isotherme post-plissement exhumé le long d'un niveau d'érosion

## Les paléo-températures maximales – températures homogènes

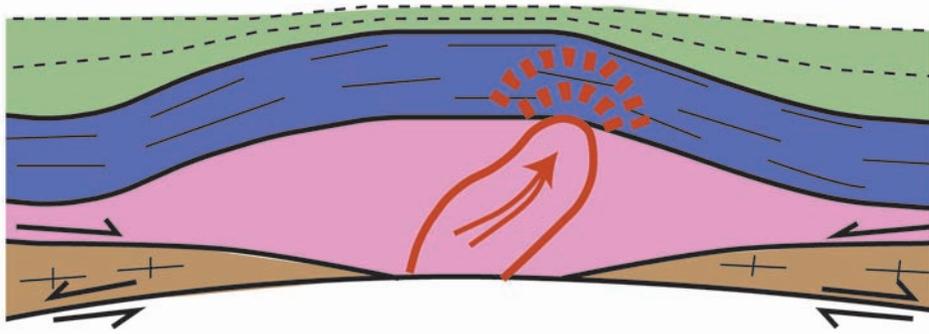


- Isotherme post plissement exhumé le long d'un niveau d'érosion

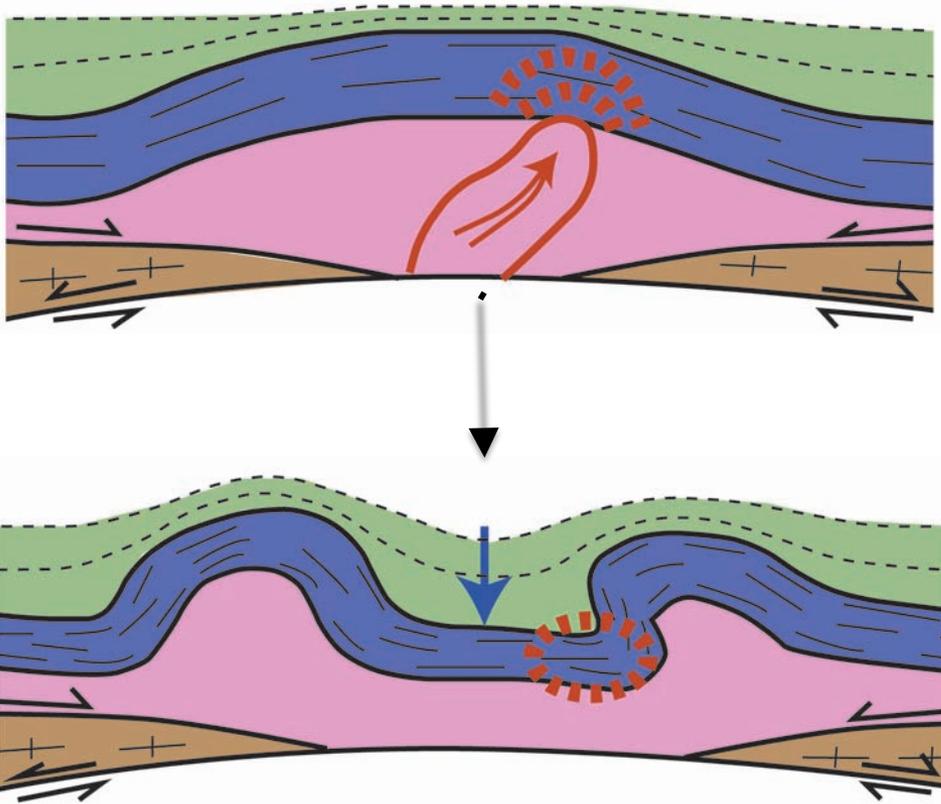


- Homogénéisation par des fluides métamorphiques

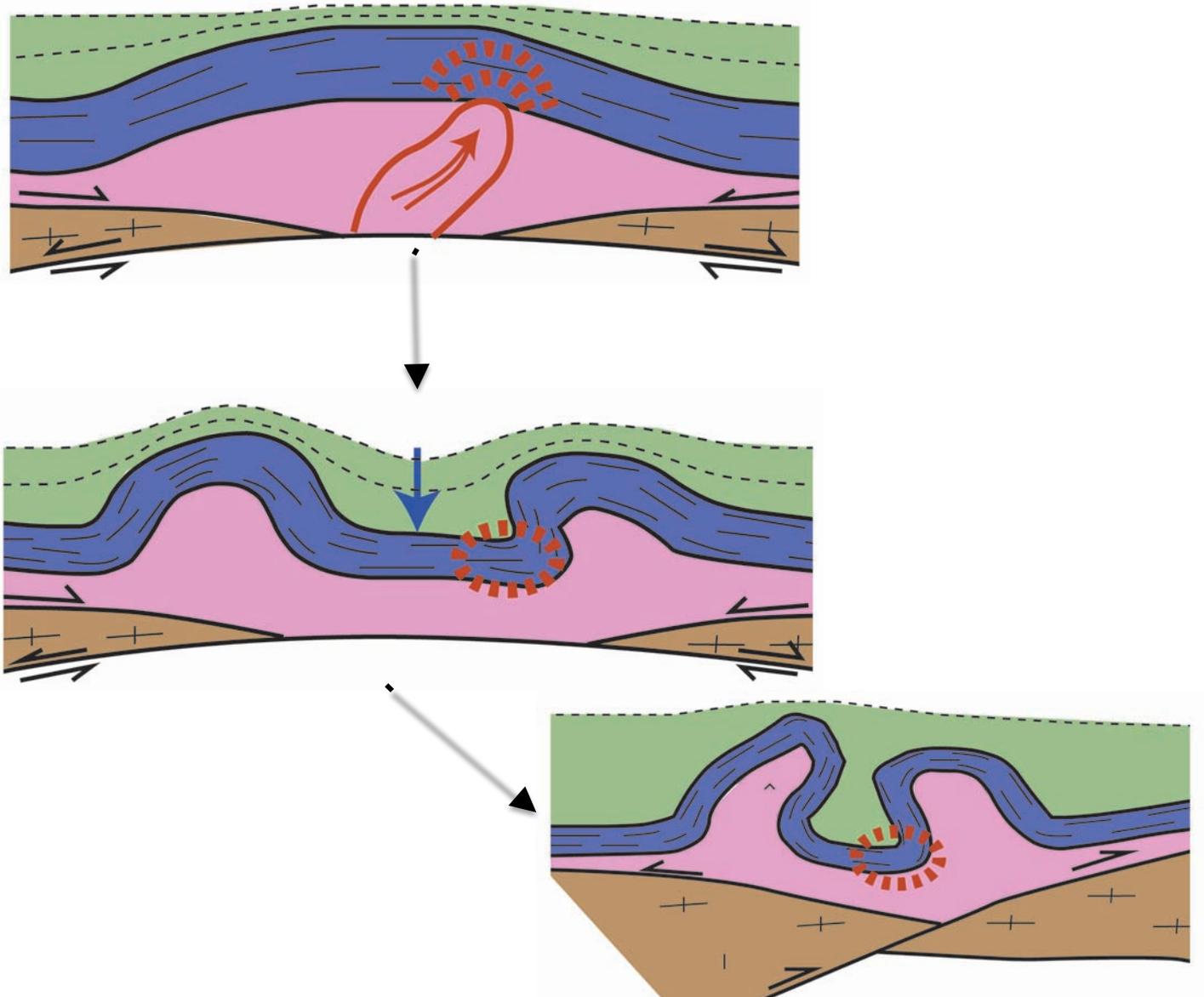
## Les paléo-températures maximales – anomalie thermique



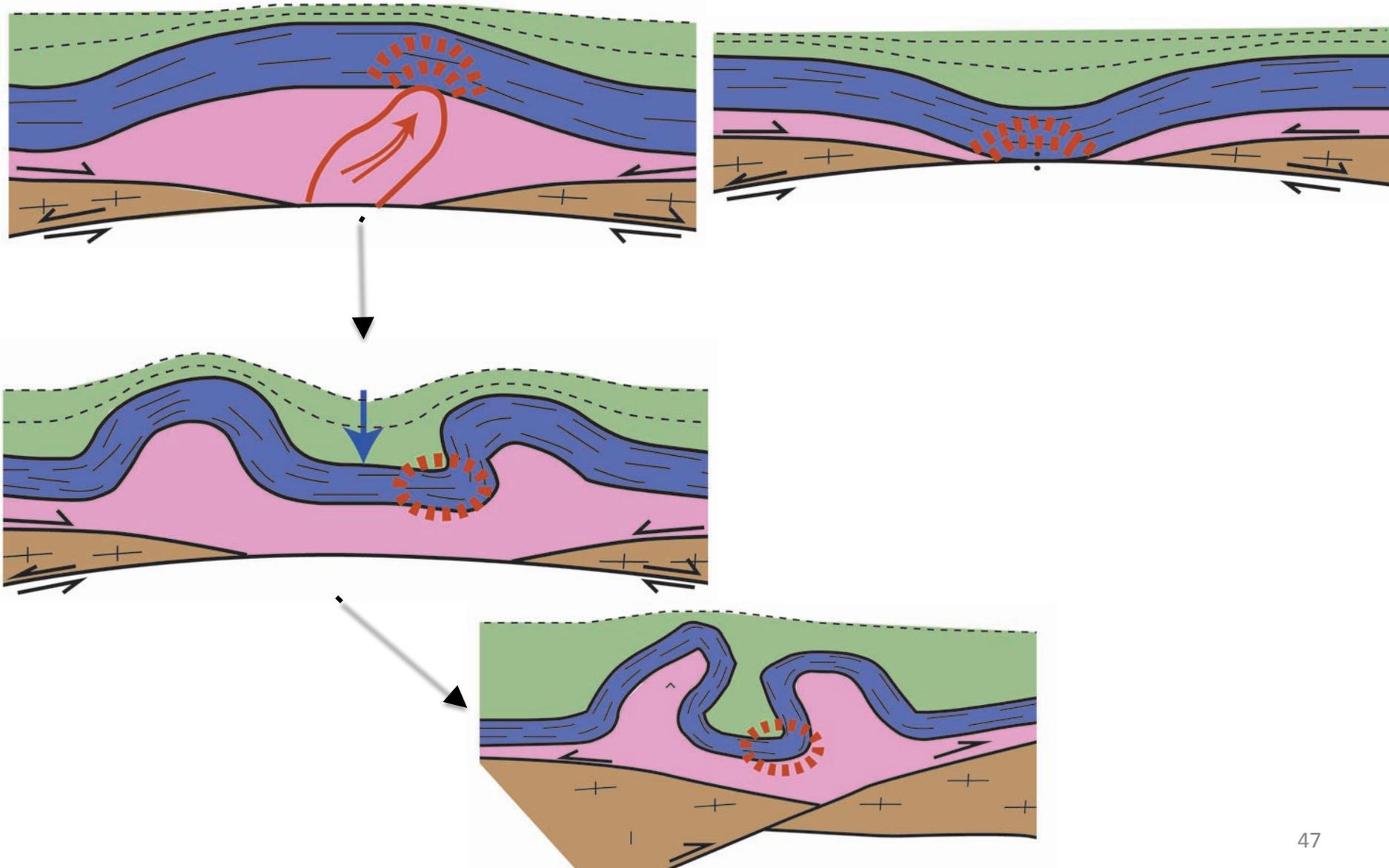
## Les paléo-températures maximales – anomalie thermique



# Les paléo-températures maximales – anomalie thermique

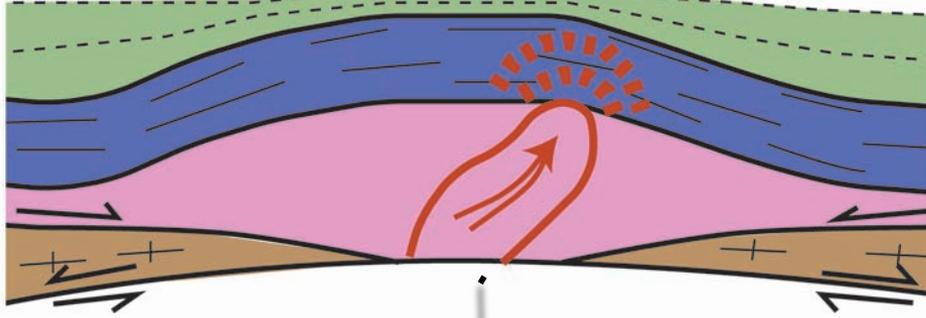


# Les paléo-températures maximales – anomalie thermique

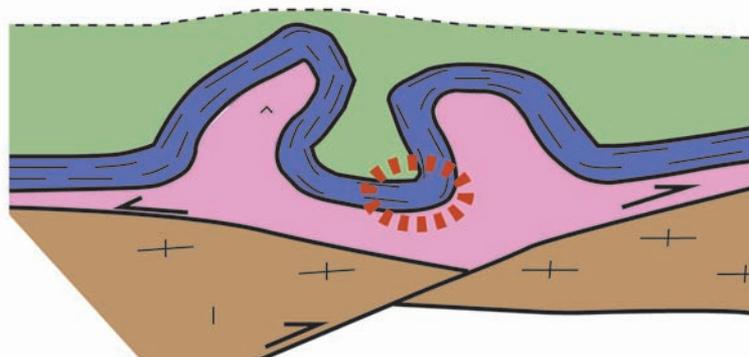
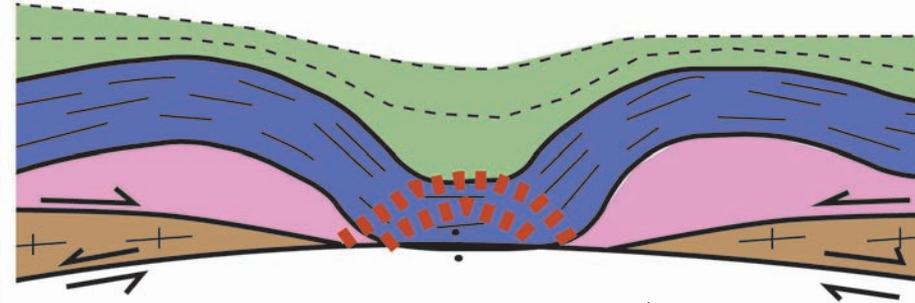
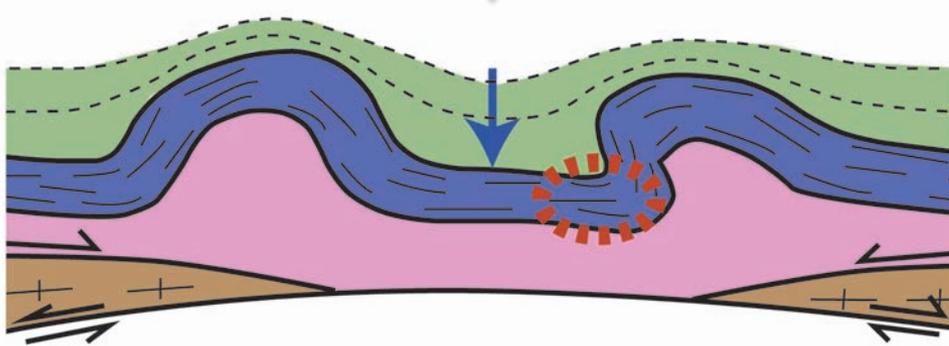
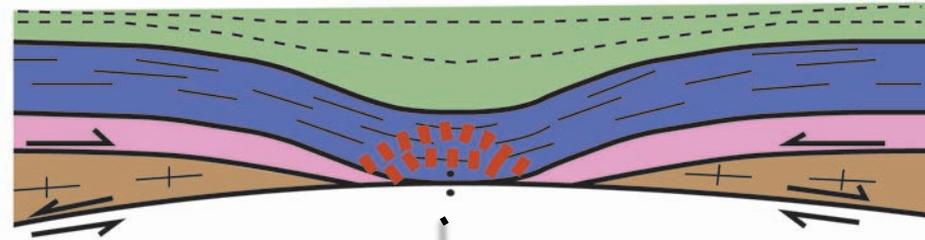


# Les paléo-températures maximales – anomalie thermique

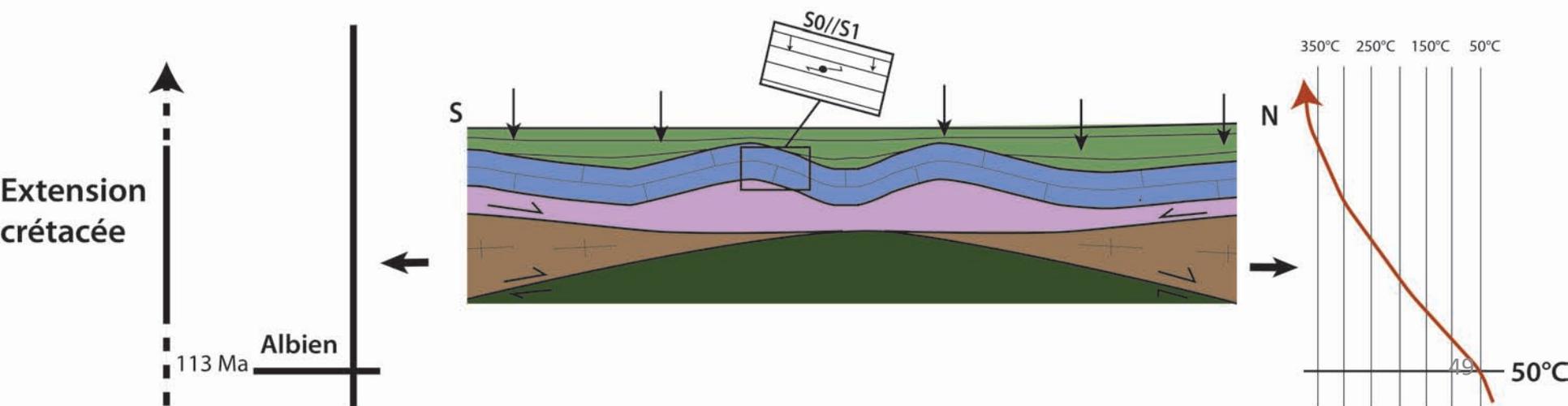
Sommet de diapir



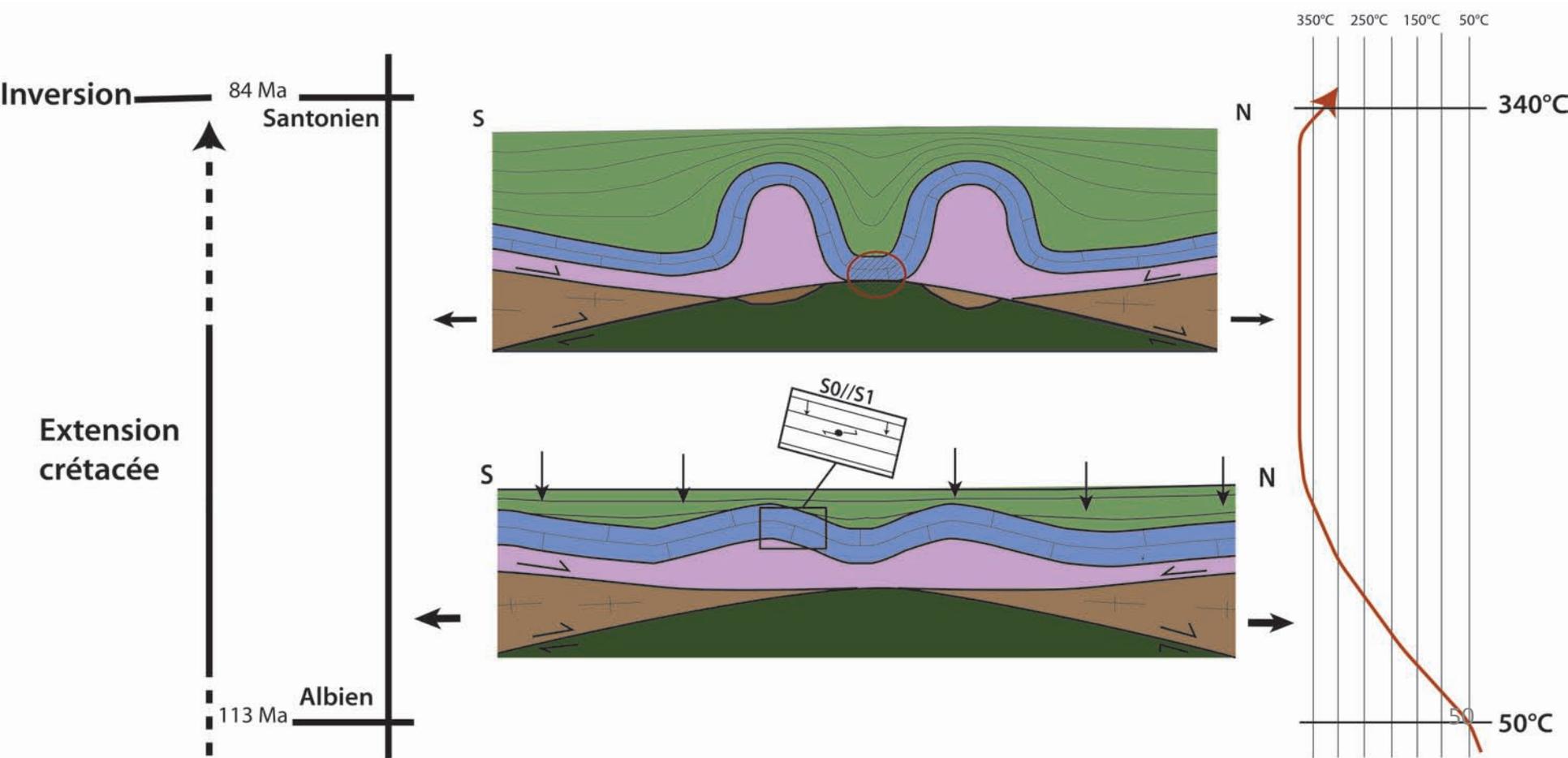
Soudure sur socle/manteau



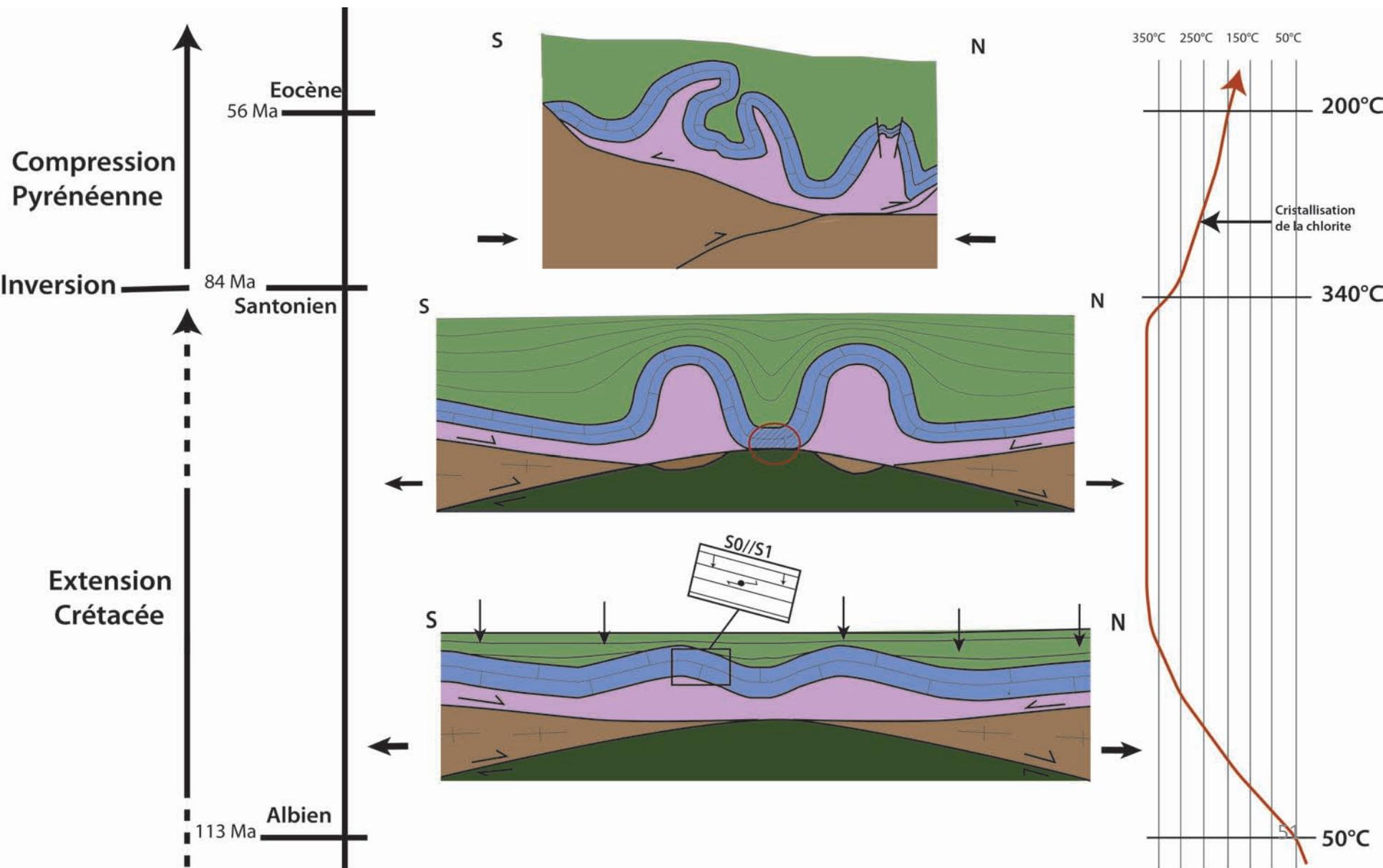
# Modèle d'évolution thermo-tectonique



# Modèle d'évolution thermo-tectonique



## Modèle d'évolution thermo-tectonique



## Conclusion

- Foliation syn métamorphique // S0 développée dans un régime dominé par l'aplatissement à un stade précoce du plissement
- Hétérogénéité spatiale et temporelle du champ de déformation liées en partie à la structure  
→ pas de cinématique de l'extension de la marge bien définie
- Température homogène : isotherme exhumé ou homogénéisation par des fluides métamorphiques
- Anomalie thermique liée à une soudure socle/couverture ou anomalie diapirique
- Refroidissement et rétomorphose à chlorite lors du début de la compression

## Perspectives

- Etendre l'étude aux flancs est et ouest de la structure
- Etude plus poussée des relations linéation minérale / fabrique cristalline
- Gravimétrie dans le synclinal central (lherzolite sous-jacente?)

A photograph of a dense forest with tall, thin trees. Sunlight is streaming through the canopy, creating a misty atmosphere. The ground is covered in moss and fallen branches.

Merci de votre attention