



Géologie des Pyrénées:

certitudes et interrogations

Samedi 23 novembre 2024

Joseph Canérot

Vue aérienne des Pyrénées centrales

**Hommage à
Pierre Mauriaud**



**Dimanche 8 juillet 2018
Chalets de Saint-Néré (H-G)**



Géologie des Pyrénées:

certitudes et interrogations

Samedi 23 novembre 2024

Joseph Canérot

Vue aérienne des Pyrénées centrales



PLAN GÉNÉRAL

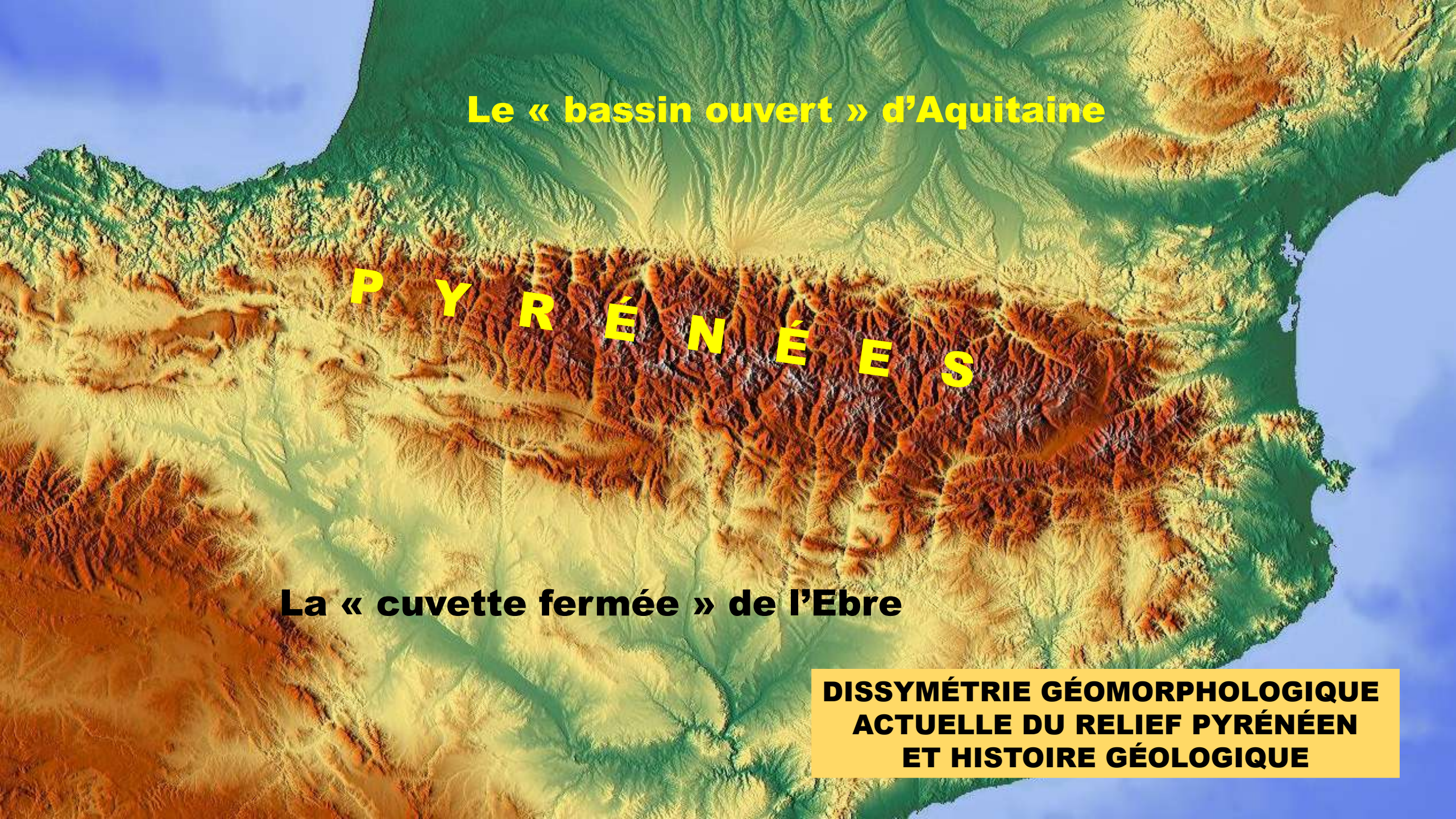
- 1 – La structure actuelle***
- 2 – Une brève histoire géologique***
- 3 – Problèmes scientifiques et doutes***
- 4 – L'avenir des Pyrénées...***

The background of the slide is a photograph of a mountain range at sunrise. The sky is a gradient of soft colors from pale yellow to light blue. The mountains are silhouetted against the sky, with the central peak being the most prominent. The foreground is dark, showing the silhouettes of the mountains closest to the viewer.

1 – La structure actuelle

***La chaîne pyrénéenne tertiaire
superposée à la chaîne hercynienne, paléozoïque***

La « klippe » du Castillo Mayor au soleil levant

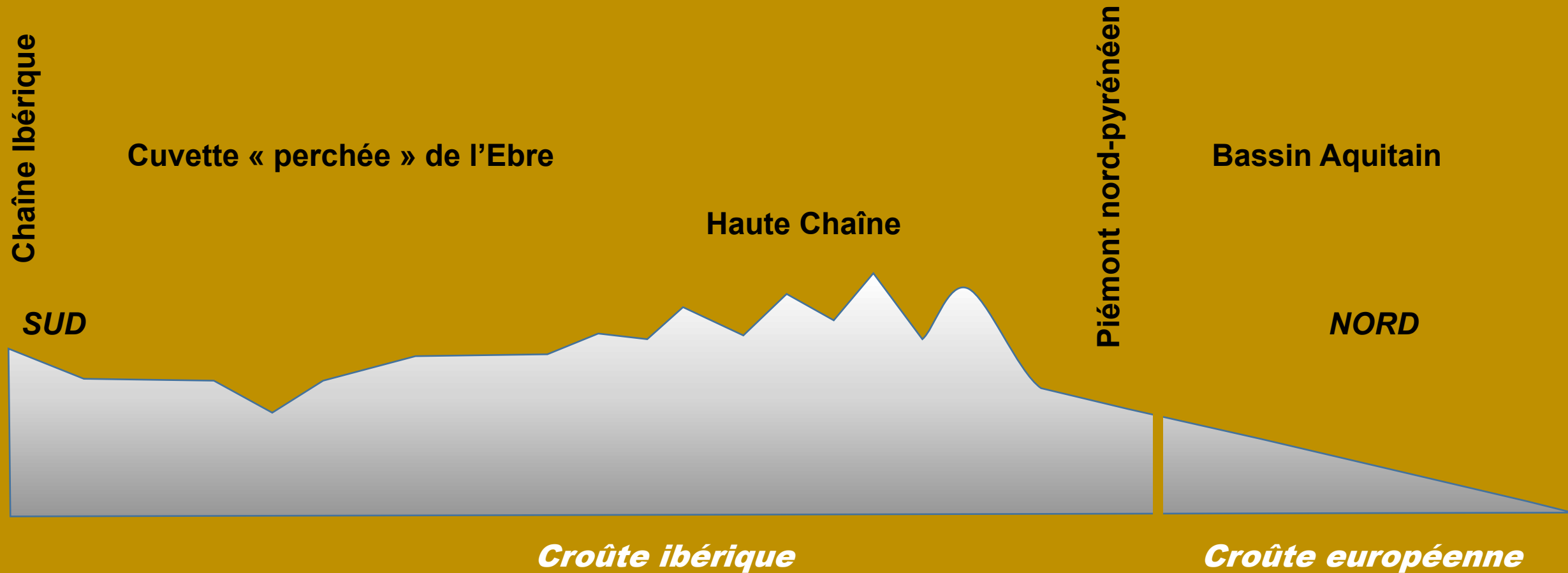
A topographic map of the Pyrenean region, showing the mountain range in the center. The map uses a color gradient where green represents lower elevations and brown/orange represents higher elevations. The Pyrenees are labeled in large yellow letters across the central mountain range. To the north of the mountains, the text 'Le « bassin ouvert » d'Aquitaine' is written in yellow. To the south, the text 'La « cuvette fermée » de l'Ebre' is written in black. In the bottom right corner, there is a yellow box containing black text.

Le « bassin ouvert » d'Aquitaine

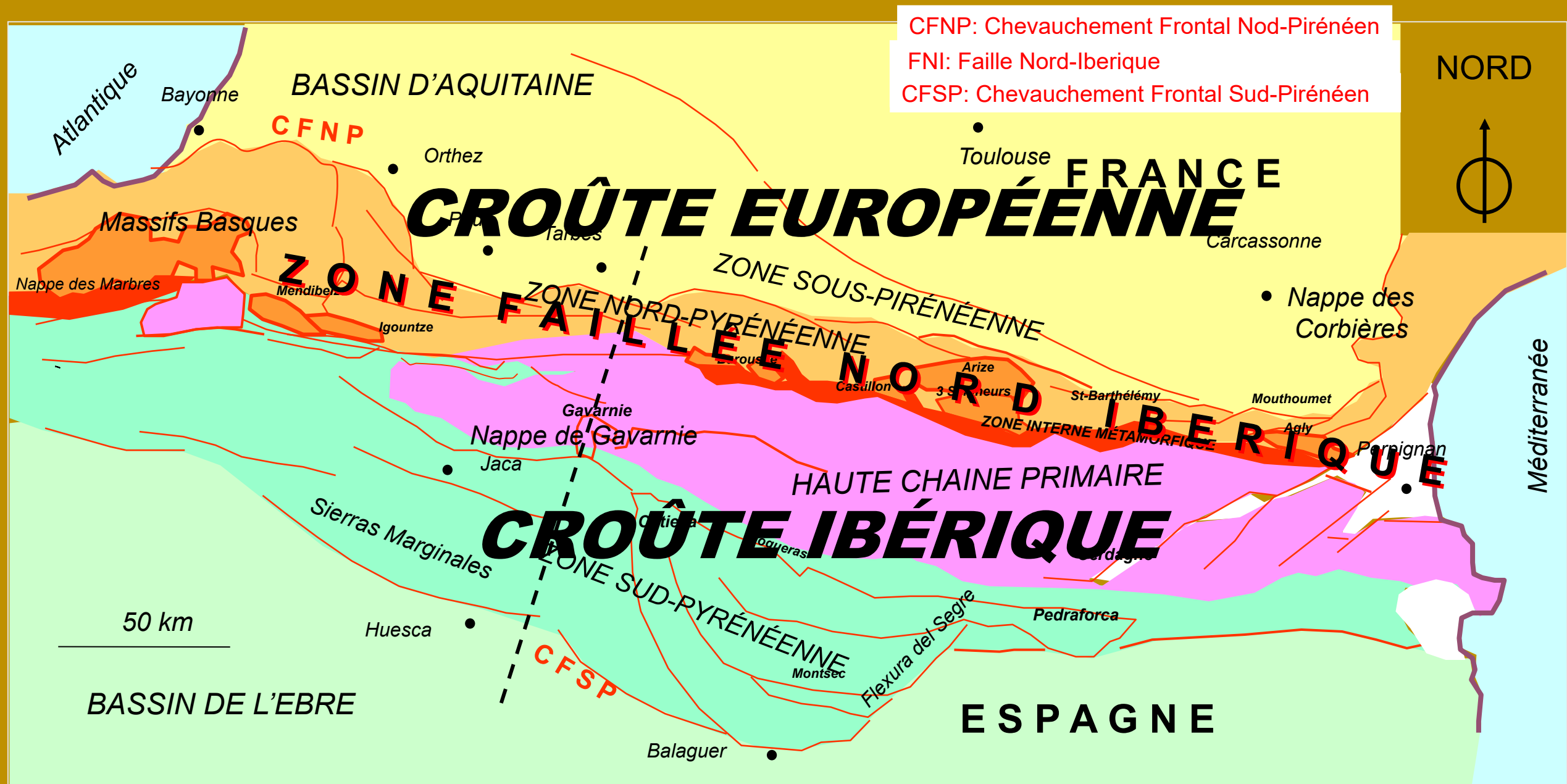
P Y R É N É E S

La « cuvette fermée » de l'Ebre

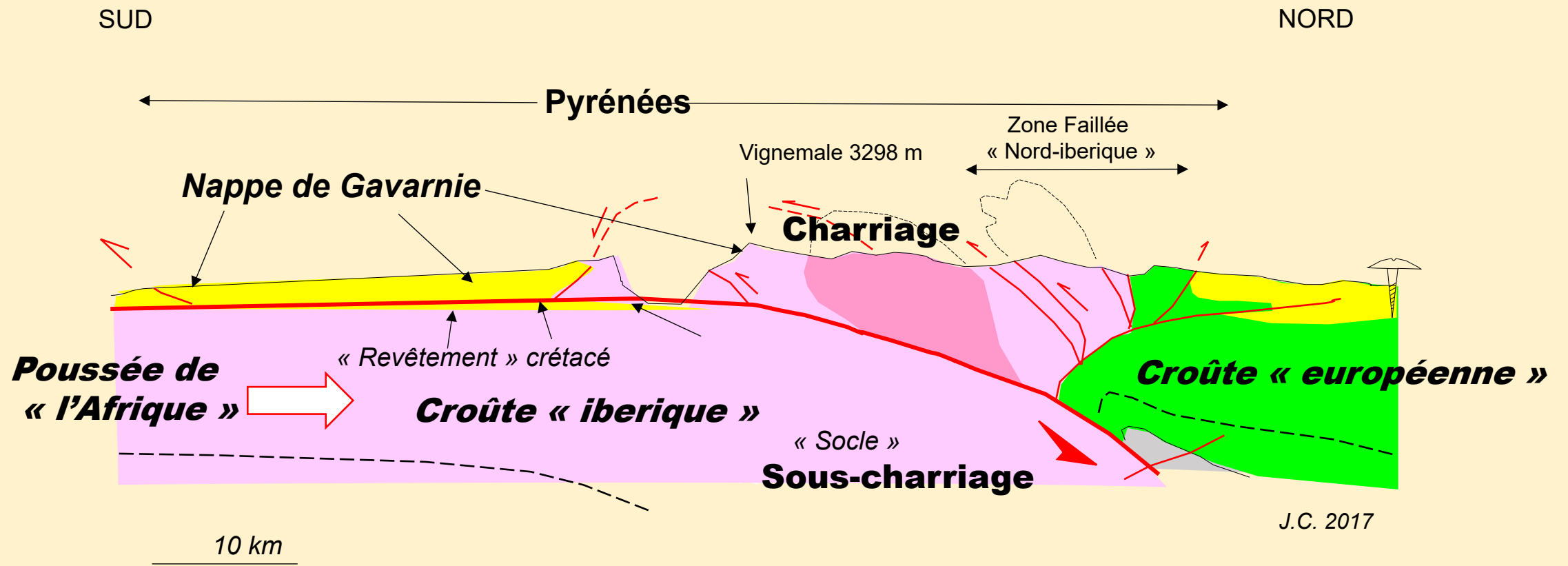
**DISSYMÉTRIE GÉOMORPHOLOGIQUE
ACTUELLE DU RELIEF PYRÉNÉEN
ET HISTOIRE GÉOLOGIQUE**



La dissymétrie géomorphologique des Pyrénées



Carte structurale simplifiée des Pyrénées (J. Canérot, 2008)



Sédiments secondaires
et tertiaires



Croûte européenne



Granodiorite de Cauterets



Croûte ibérique



Manteau terrestre

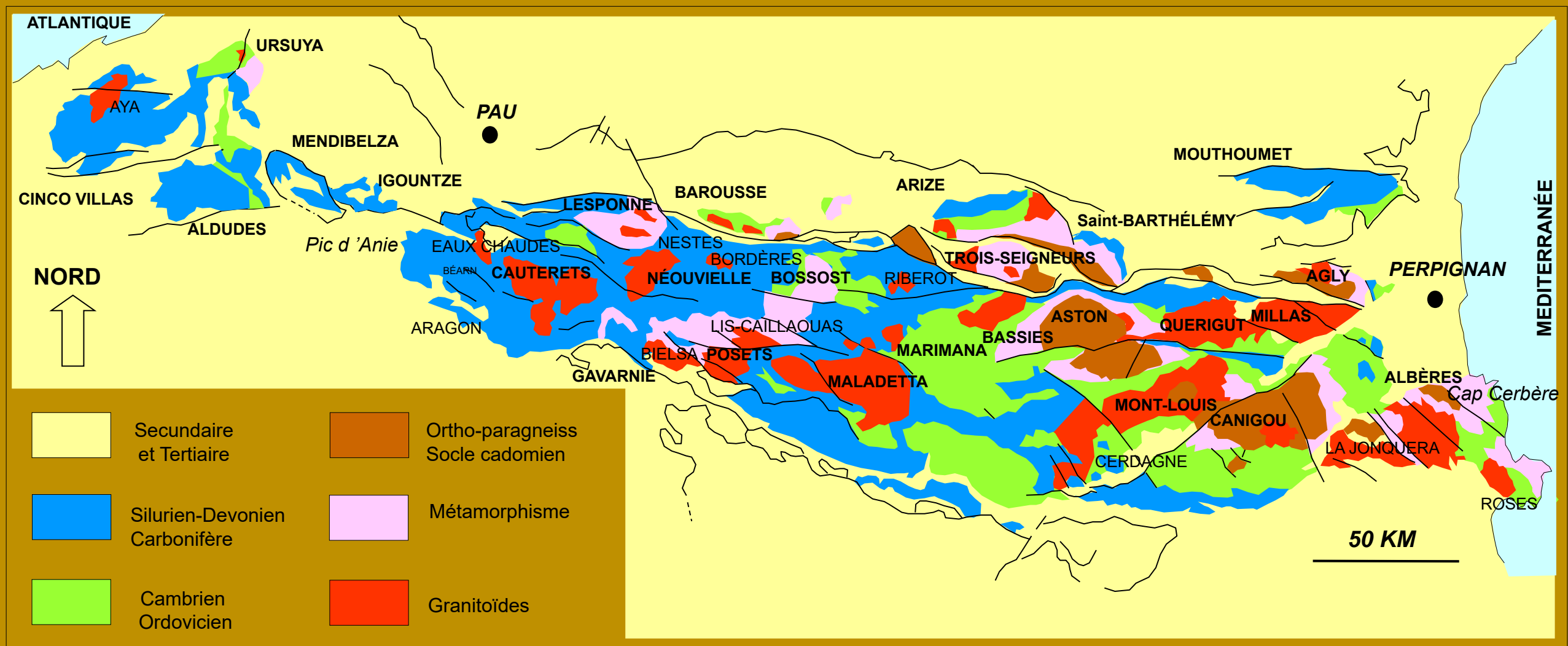


Coupe géologique simplifiée des Pyrénées traversant la nappe de Gavarnie



2 – Une brève histoire géologique

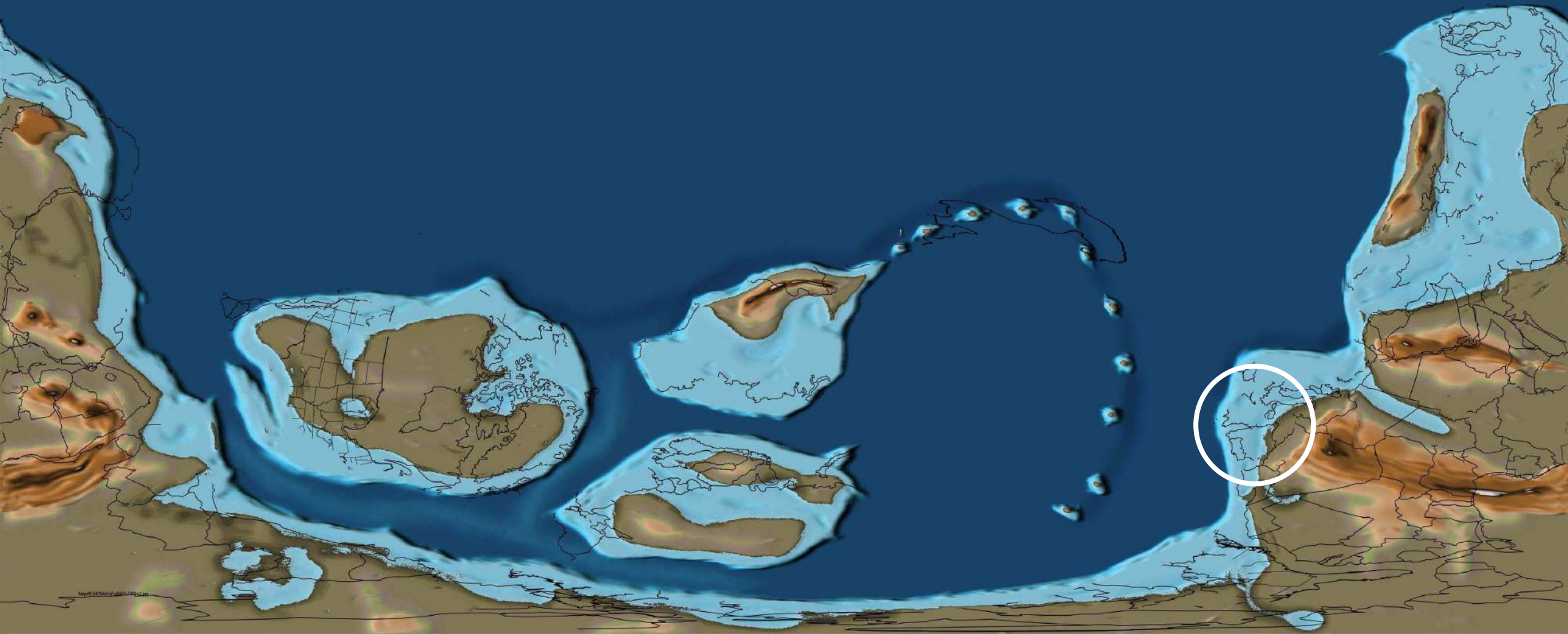
Los Mallos de Riglos (Huesca)



Le socle hercynien dans les Pyrénées et les Massifs Basques



***Le Précambrien (>500 Ma) métamorphique (gneiss, quartzites)
du Cap de Creus (Pyrénées orientales)***



Localisation probable des (futures) Pyrénées à l'aube du Cambrien (-500 Ma)

SUD-OUEST

Massifs Basques

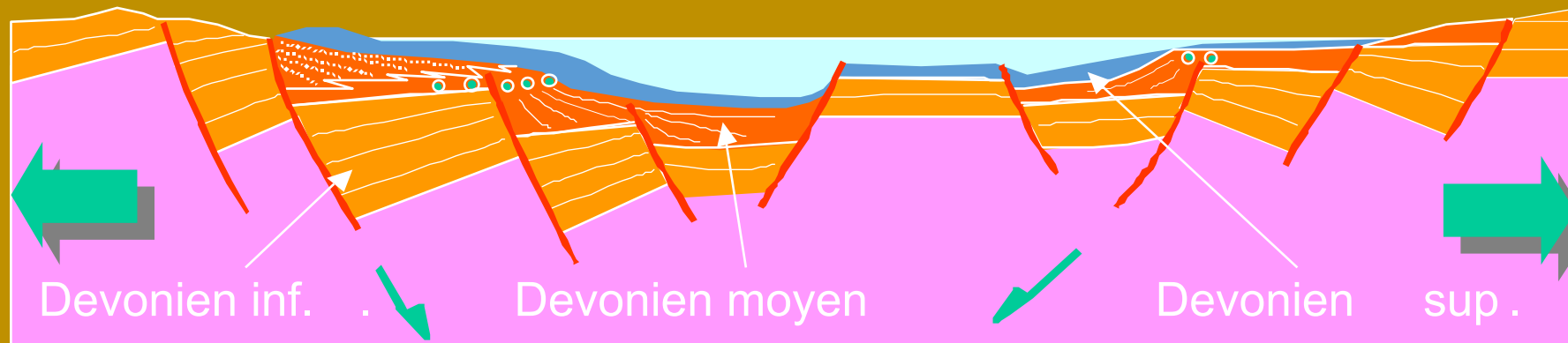
Haute Chaîne

Mouthoumet

NORD-EST

DEVONIEN

(-416 - -359 Ma)



**Distension
NE - SW**

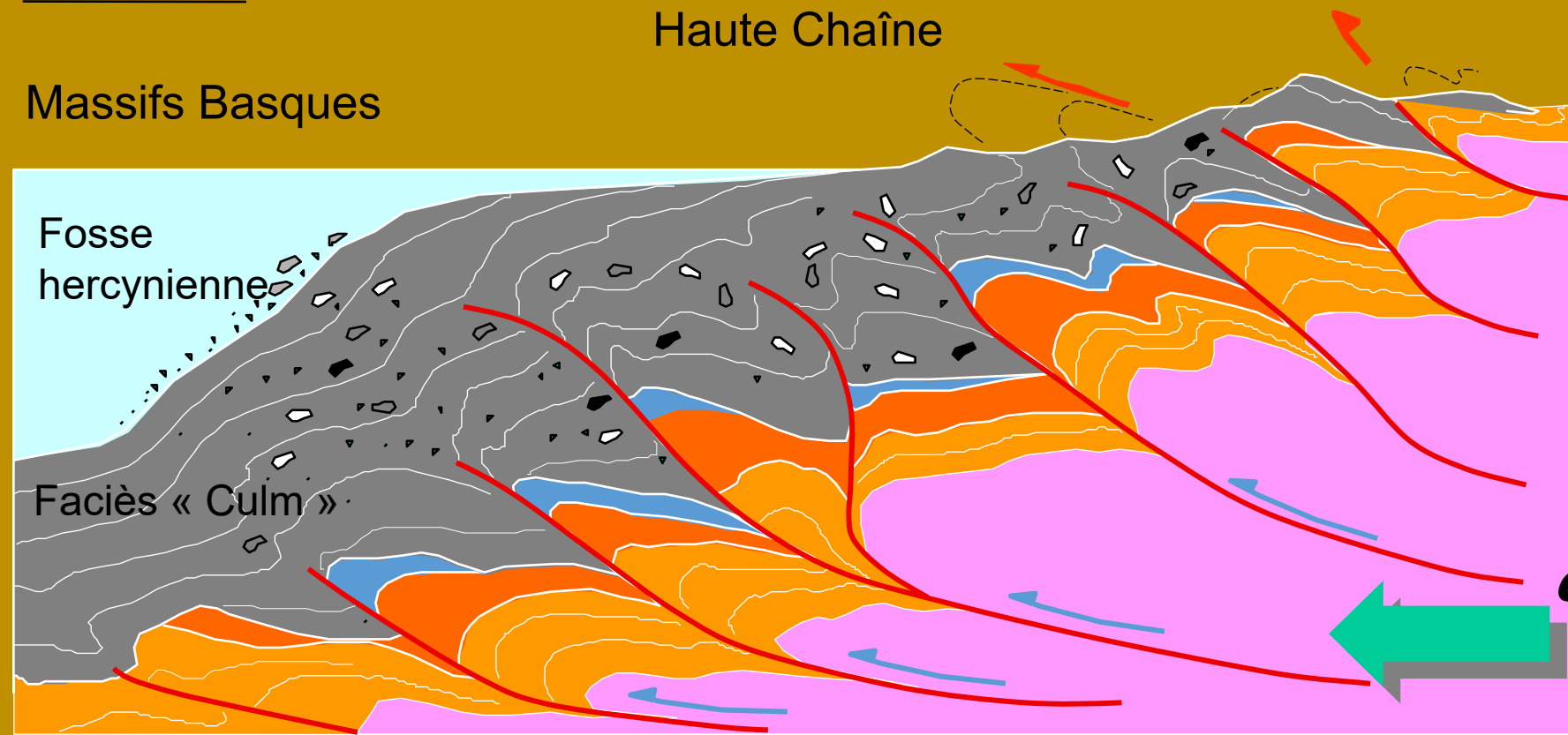
CARBONIFÈRE

(-359 - -299 Ma)

Massifs Basques

Haute Chaîne

Mouthoumet



**Compression
NE - SW**



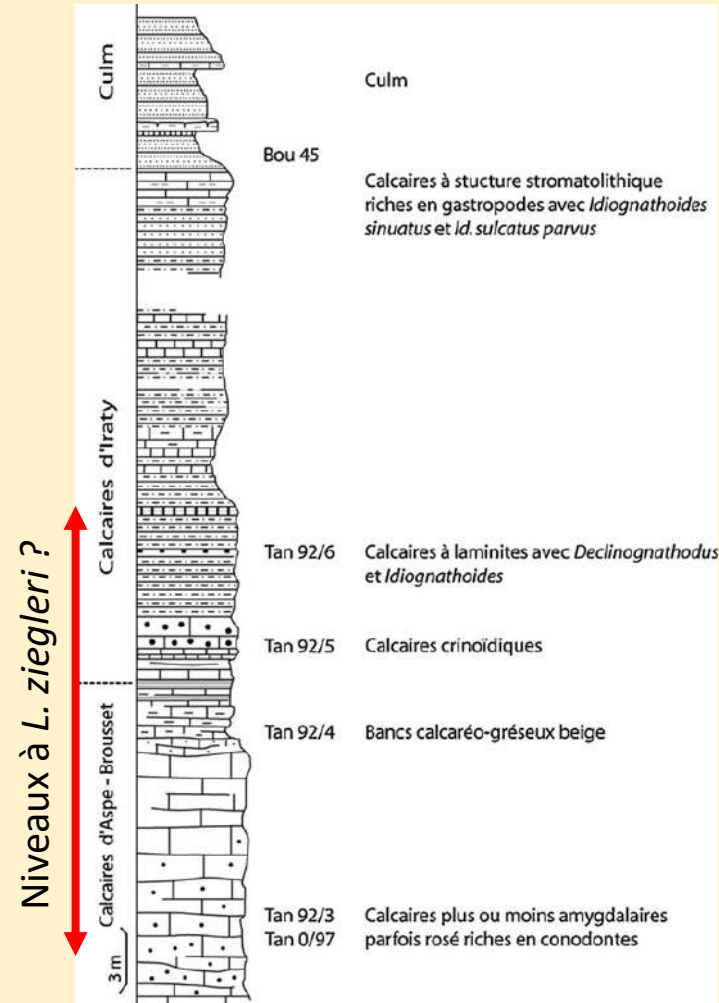
Les calcaires dévoniens du Vignemale (3298 m) dans les Pyrénées centrales



***Les grottes Russell du Vignemale
(Calcaires pélitiques rubannés du Dévonien moyen)***



Log de la coupe Tentes (de Kullmann et al., 2008)

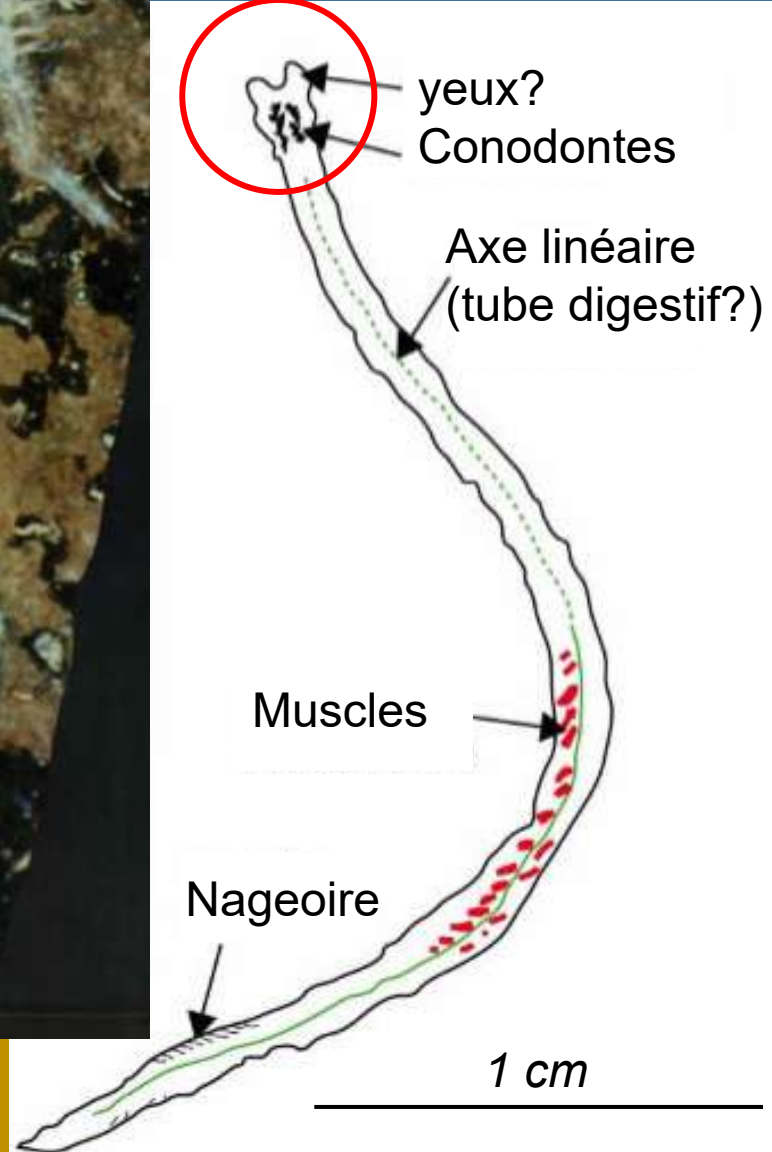


- **La connaissance de la coupe se base essentiellement sur des travaux faits dans les années 1980** (valorisés plus tard: Perret 1990, Nemarovskaya et al. 1994, Kullmann et al. 2008)

Stratigraphie du Dévonien moyen du Col des Tentes par les conodontes



***Un conodonte bien conservé -
Silurien d'Ecosse -430 Ma)***



Conodontes du Silurien d'Espagne

***Biostratigraphie du Paléozoïque: Silurien - Dévonien – Carbonifère – Permien
par les « Conodontes » (appareil buccal des Conodontidés)***

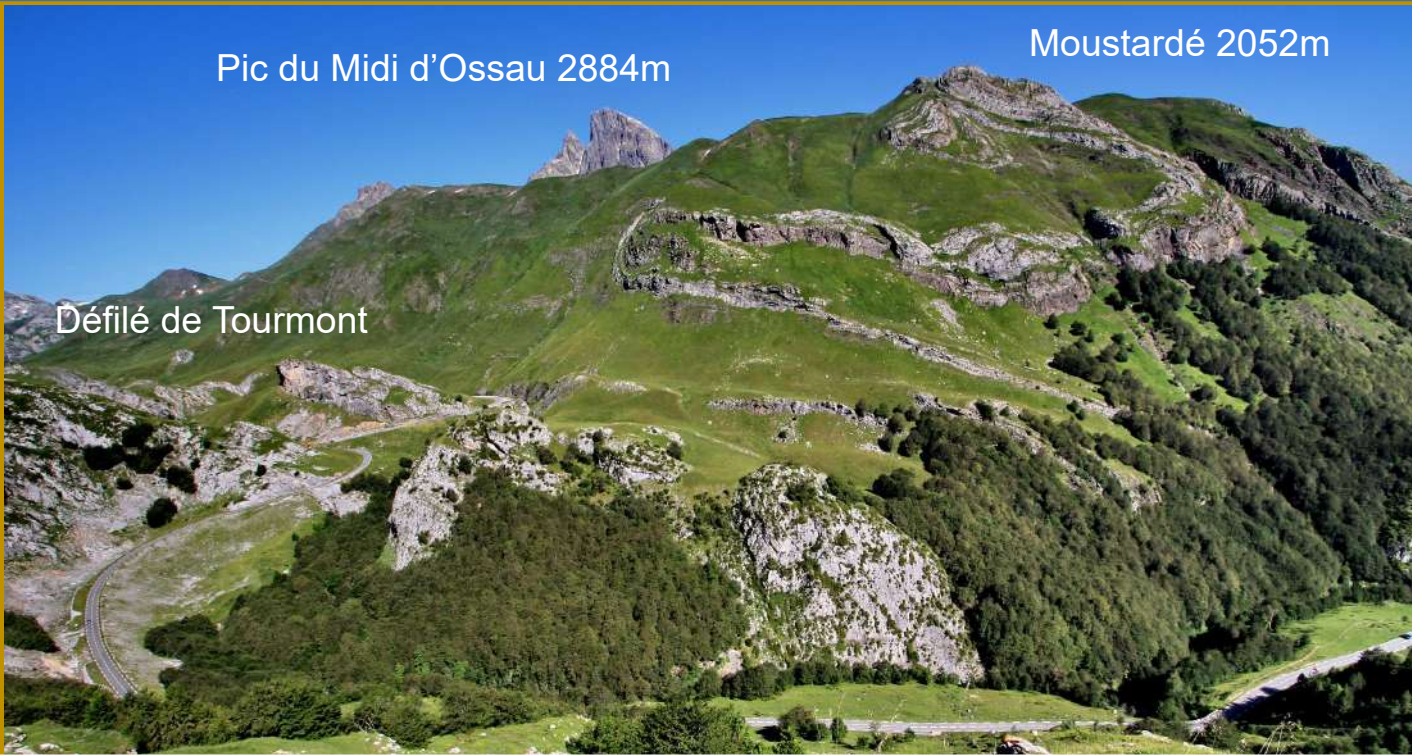


Dépôts (slump) de faciès « Culm » - Carbonifère (-320 Ma) du Port de Boucharo

Pic du Midi d'Ossau 2884m

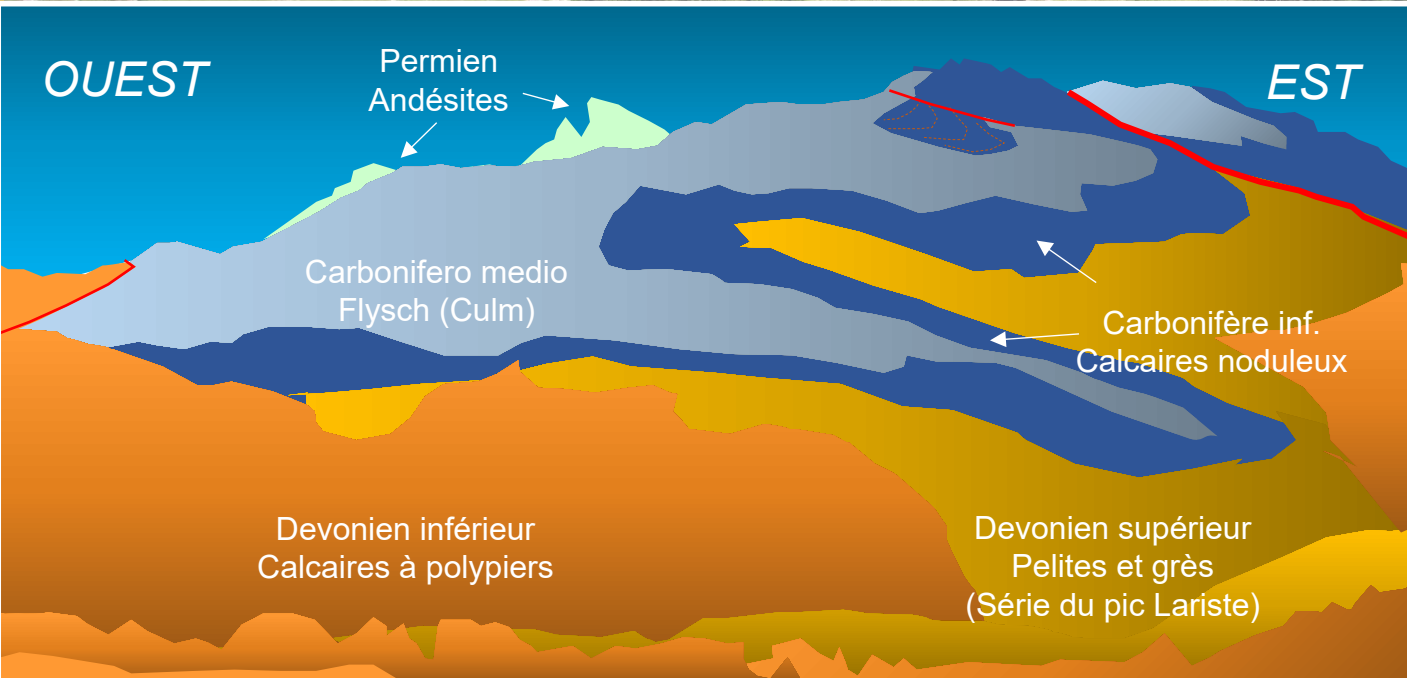
Moustardé 2052m

Défilé de Tourmont



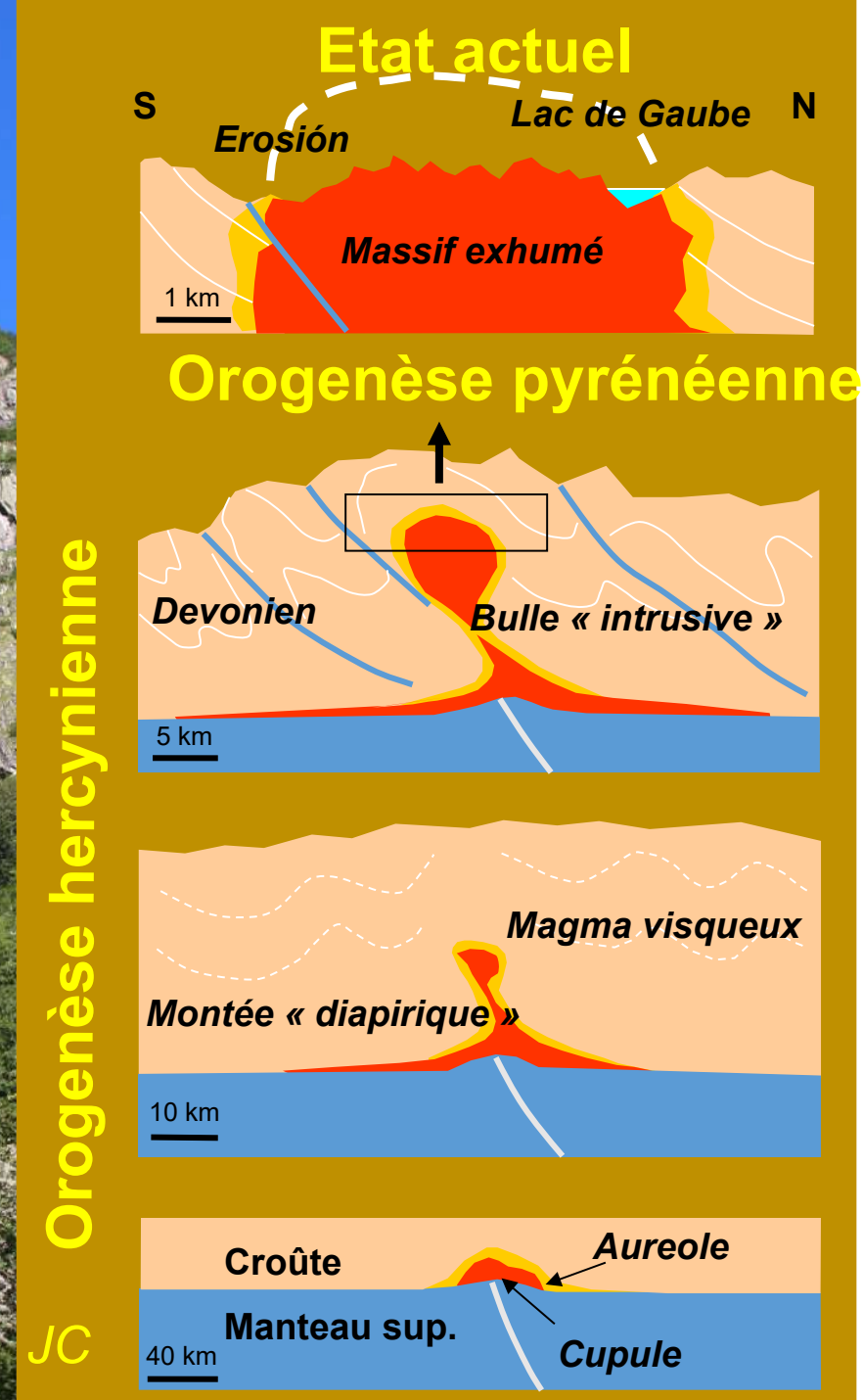
Le « style structural » hercynien

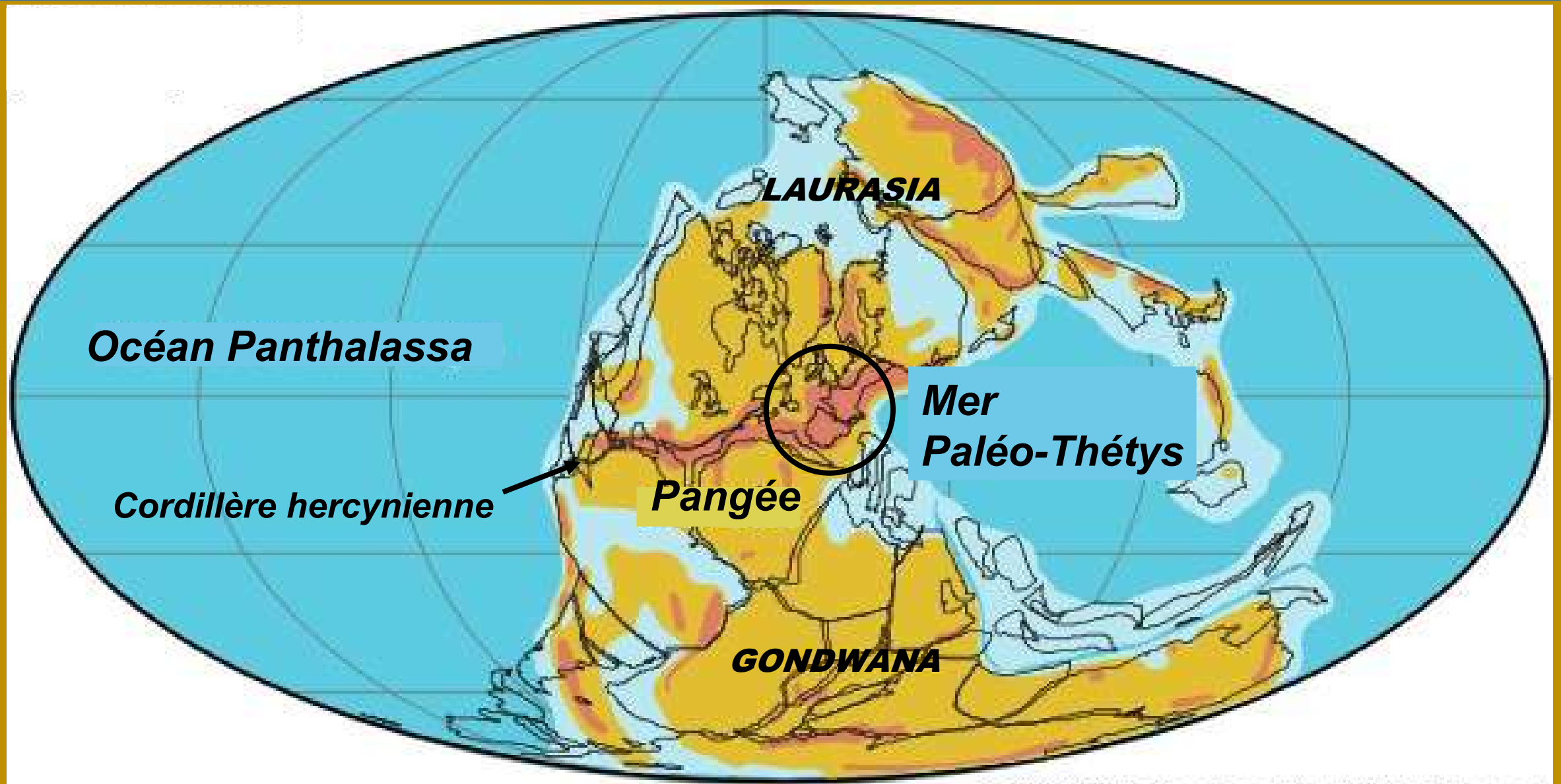
***La « guirlande » de plis
dans les calcaires dévoniens
et le « Culm » carbonifère
du Pic Moustardé (Haut Ossau-
Pyrénées occidentales)***





**Plutonisme tardi-hercynien (-300 Ma)
(Le massif granitique de Cauterets)**





© 2001 C.R. Scotese PALEOMAP Project

Les Pyrénées hercyniennes à la fin du Carbonifère (-300 Ma)

La crise de la limite Permien – Trias (- 250 millions d'années)

Causes

***Tectonique des plaques et
formation de la Pangée***

Réduction des plateaux continentaux

***Ralentissement de la circulation marine
Baisse du niveau marin***

***Volcanisme (Chine et Sibérie)
Hypervolcan exhumant un point chaud***

***Destruction de la forêt carbonifère
Prolifération des champignons***

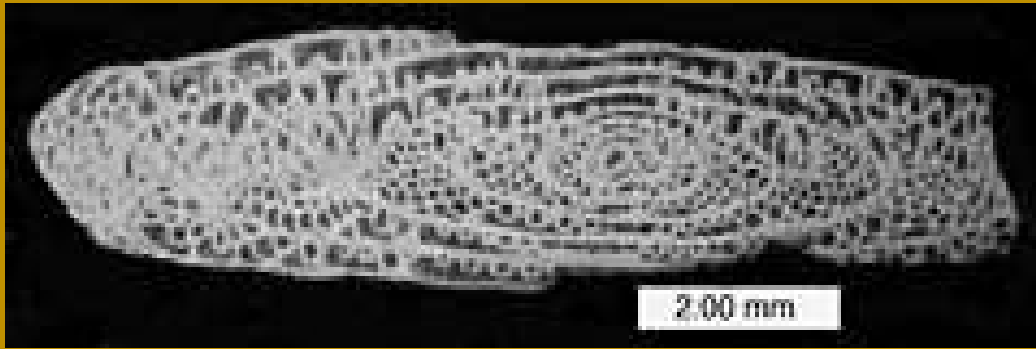
Conséquences:

***Changement climatique;
Forte acidification des océans***

***En mer, 95% des espèces disparaissent:
trilobites, graptolites, fusulinidés
d'autres s'appauvrissent: céphalopodes,
ostracodes, lamellibranches, brachiopodes***

***Sur terre 80% des vertébrés et 63%
des insectes disparaissent***

***Les fougères carbonifères luxuriantes
laissent place à des arbres à aiguilles***



Foraminifères:
Fusulinidé



Hémicordés:
Graptolite



Fougères:
Pecopteris



Arthropodes:
Trilobite

**PERMO-TRIAS
(- 250 Ma)**





***Le bassin continental permien (-270 Ma) du Haut Ossau
Argiles rouges, grès et conglomérats fluviaux***

Quelques étapes du développement du volcan permien du Pic du Midi d'Ossau

1 - Volcan explosif

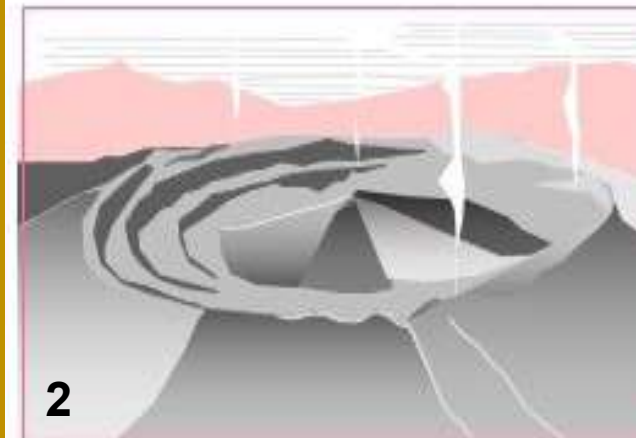
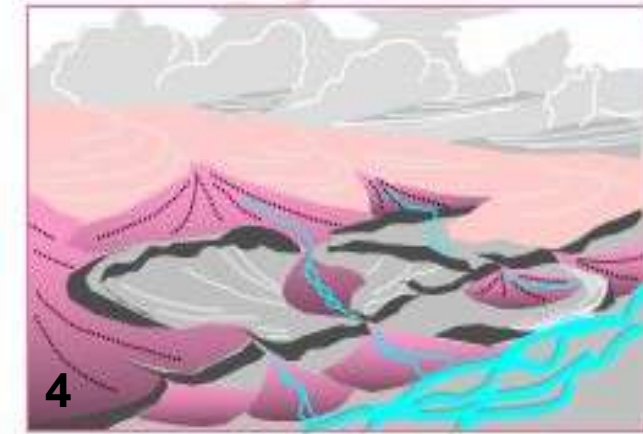
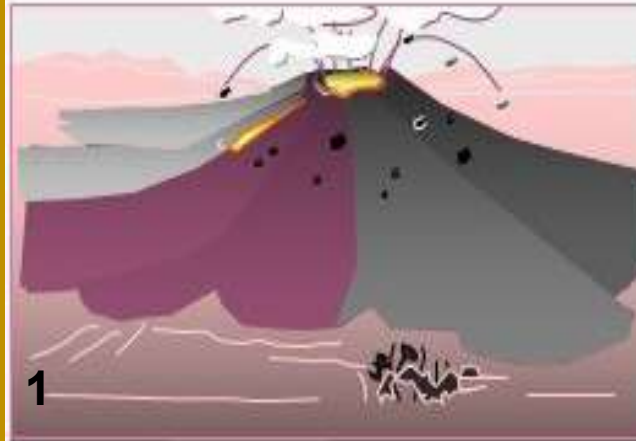
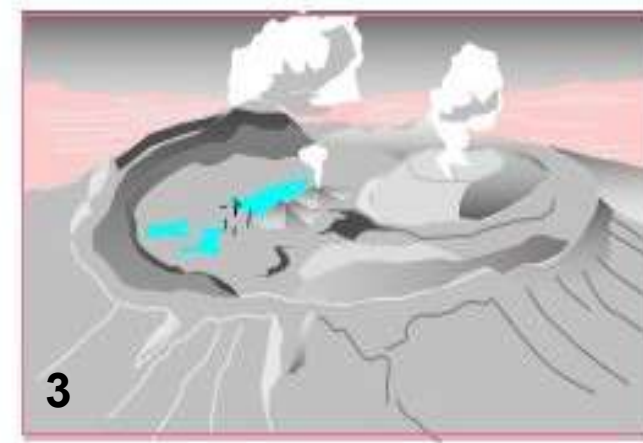
2 – Caldeira effondrée

3 – Cônes secondaires

4 – Erosion continentale

5 – Redressement tectonique

*In J. Canérot, 2008
(D'après F. Bixel)*

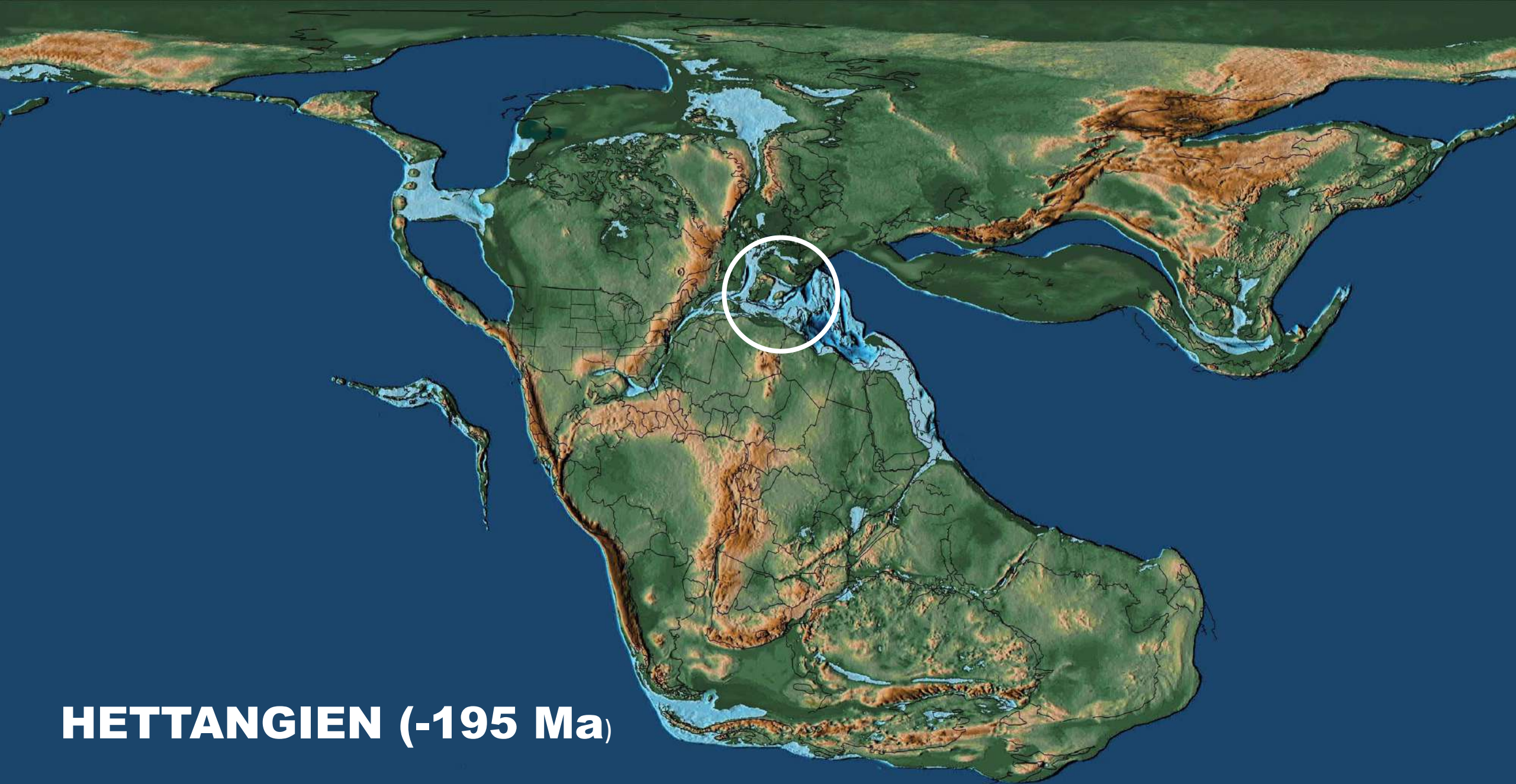




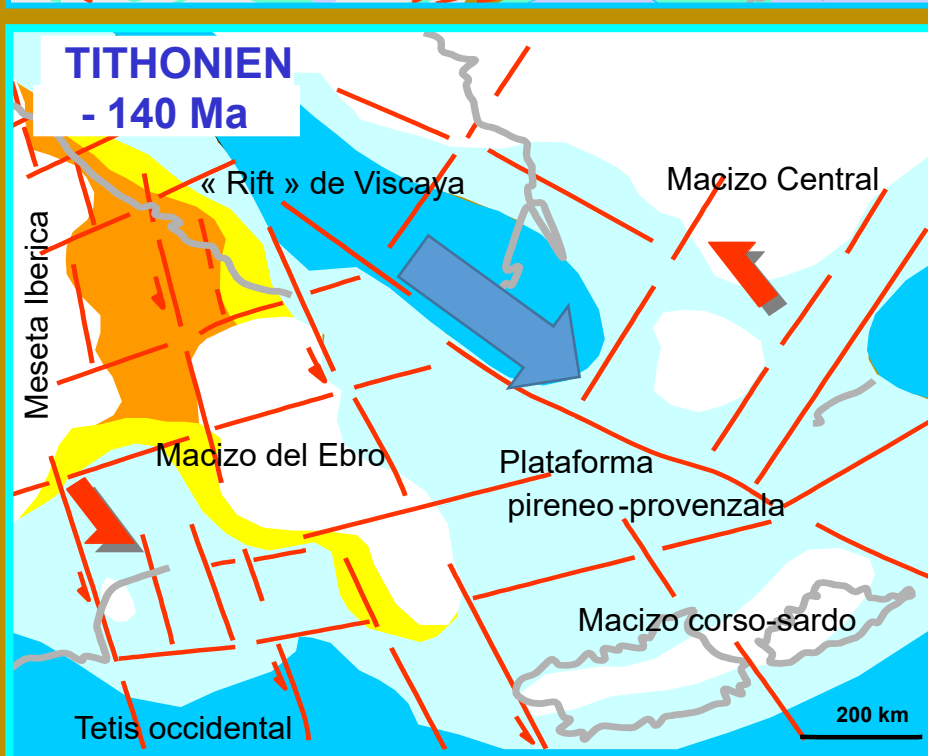
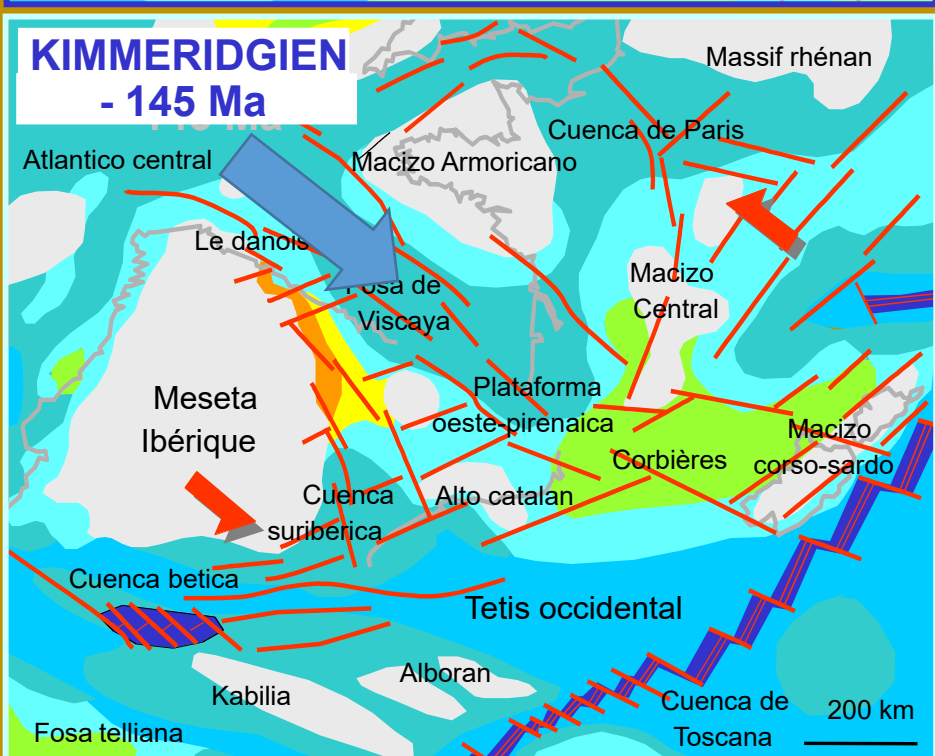
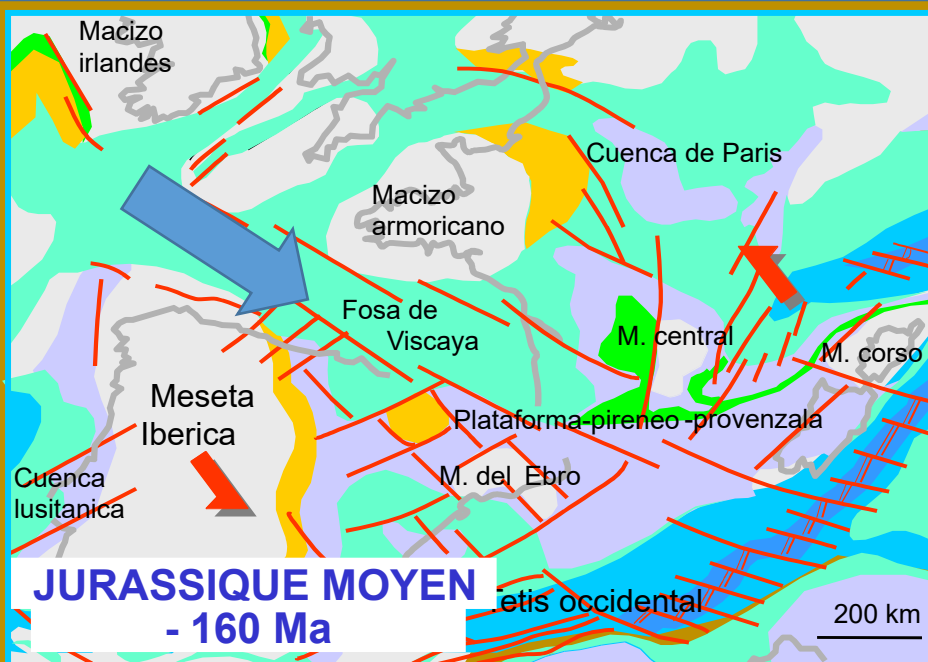
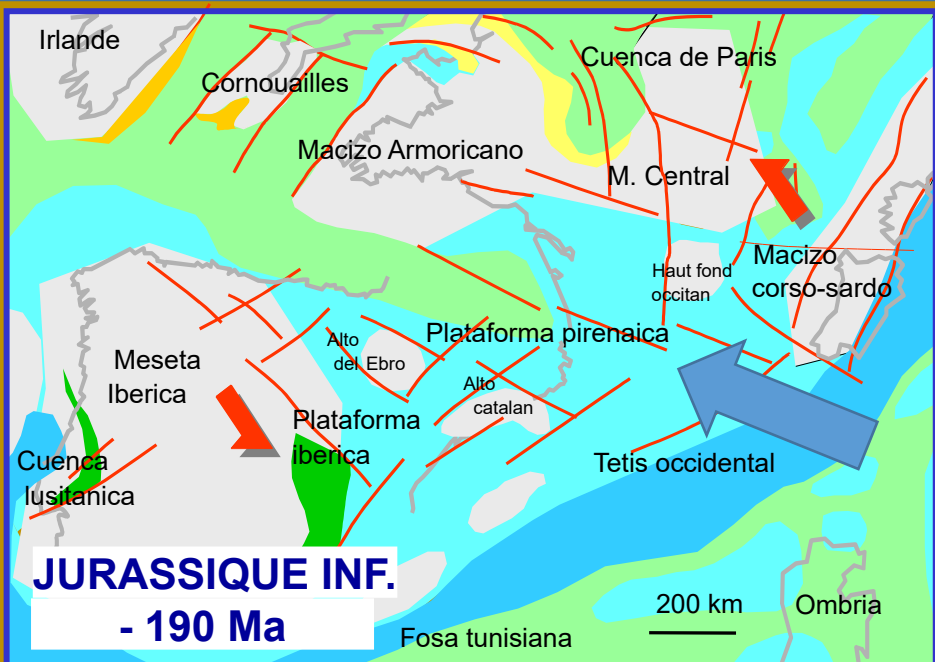
BUNTSANDSTEIN

MUSCHELKALK

***TRIAS MOYEN (-230 Ma) d'Amélie-les-Bains (Pyr. Or.)
La première plateforme marine carbonatée du « cycle pyrénéen »***



HETTANGIEN (-195 Ma)



**Cartes
Paléogéographiques
de la Zone
Pyrénéenne
au cours des temps
Jurassiques
De -200 à -145 Ma**

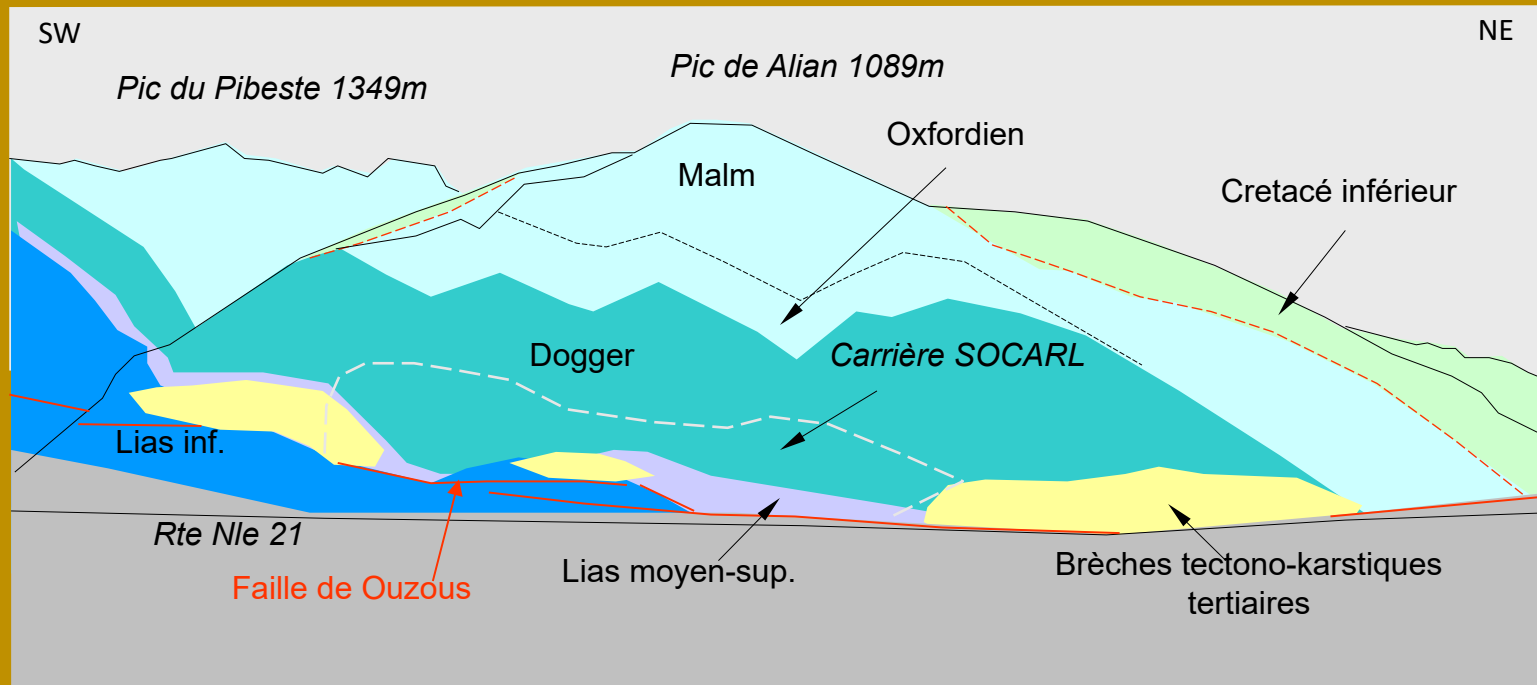
**Joseph Canérot
(2008)**

**Fond: J. Dercourt
et al. 2000**

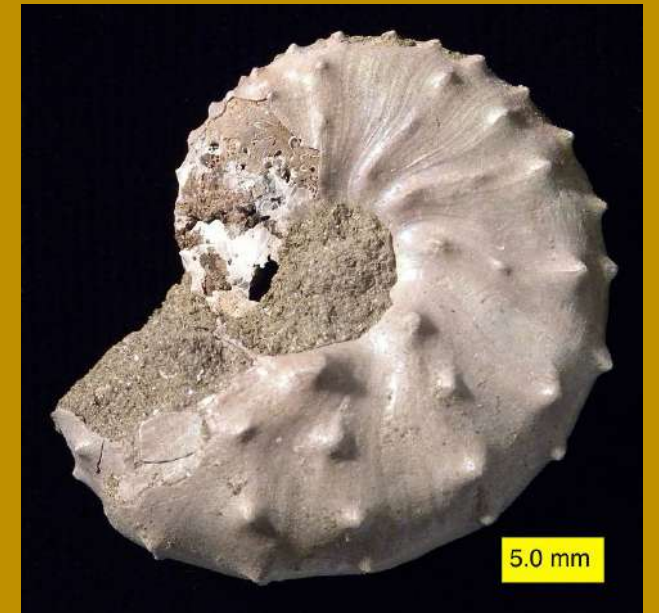


***La série jurassique
- 200 a -150 Ma
(calcaires, marnes et dolomies)***

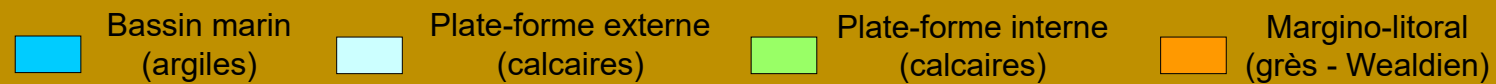
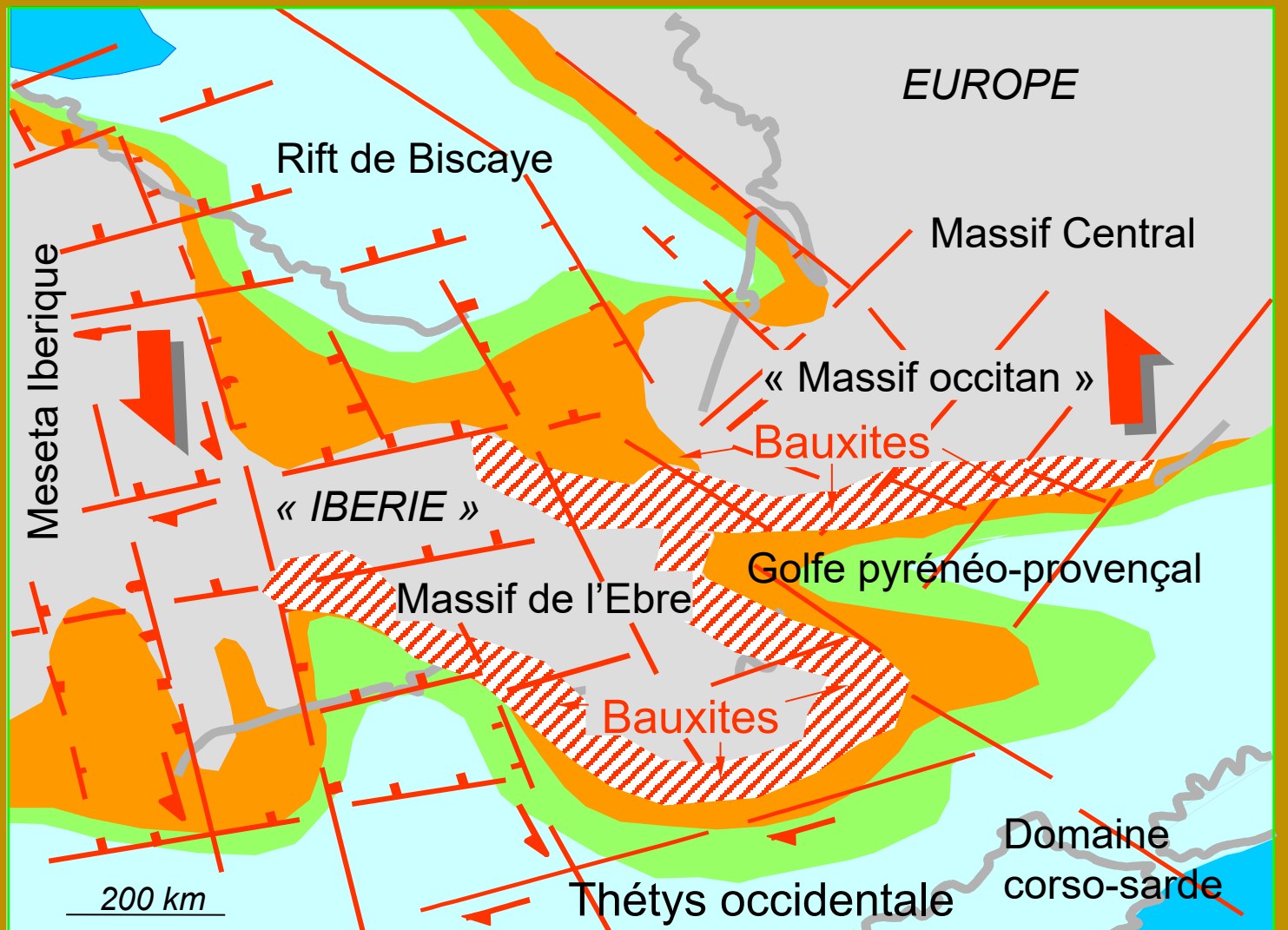
***Massif du Pibeste
(Lourdes – Hautes-Pyrénées)***



J. Canérot - 2008

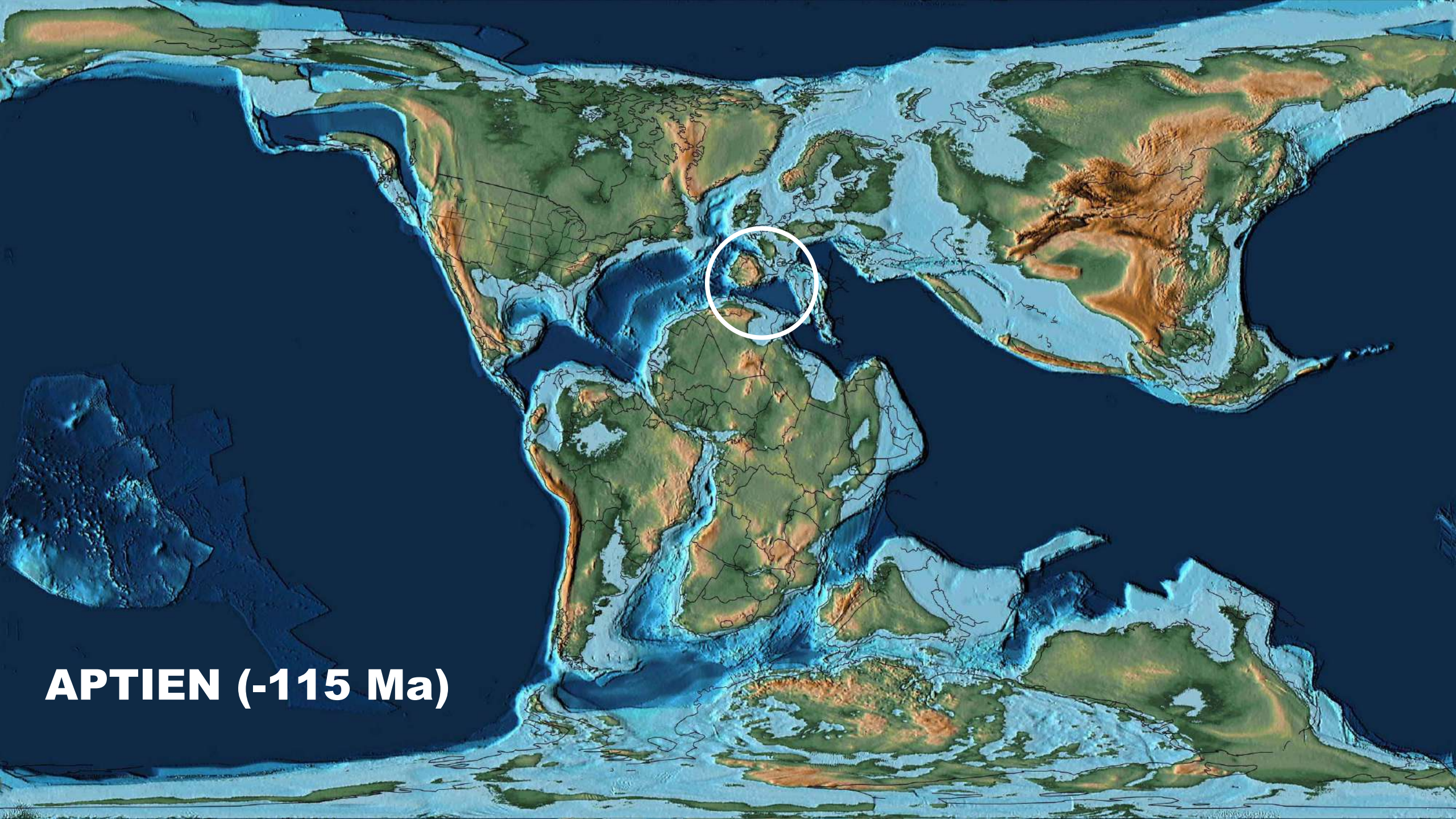


Quelques exemples d'ammonites parmi les milliers d'espèces connues

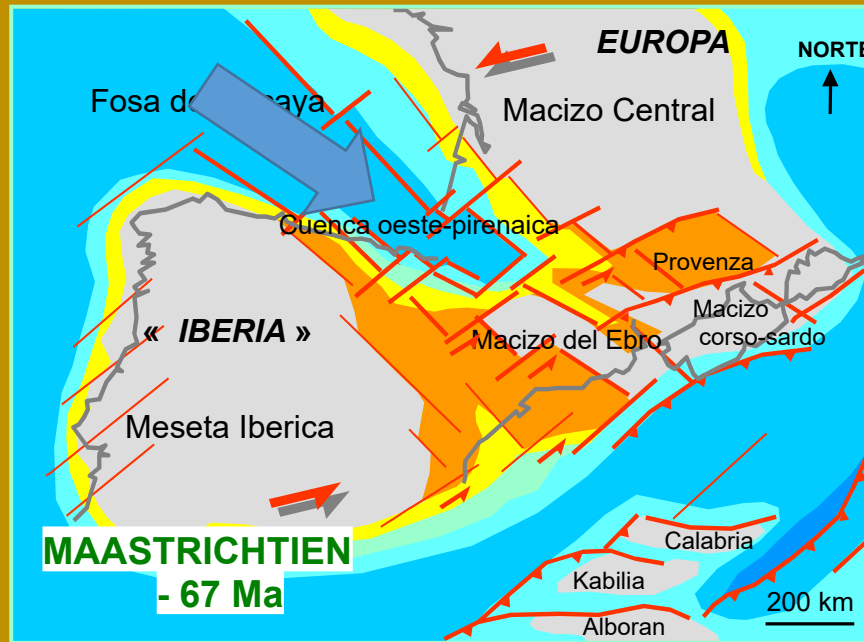
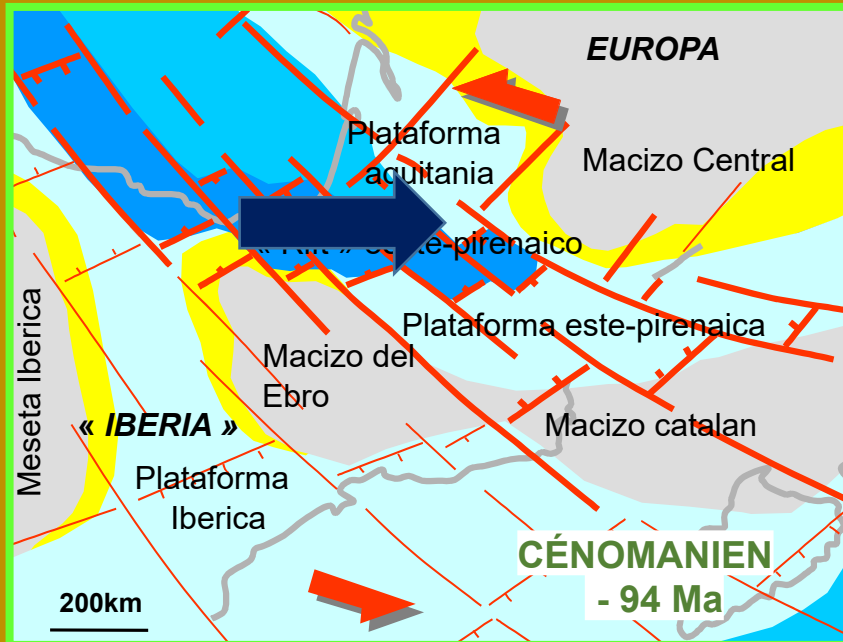
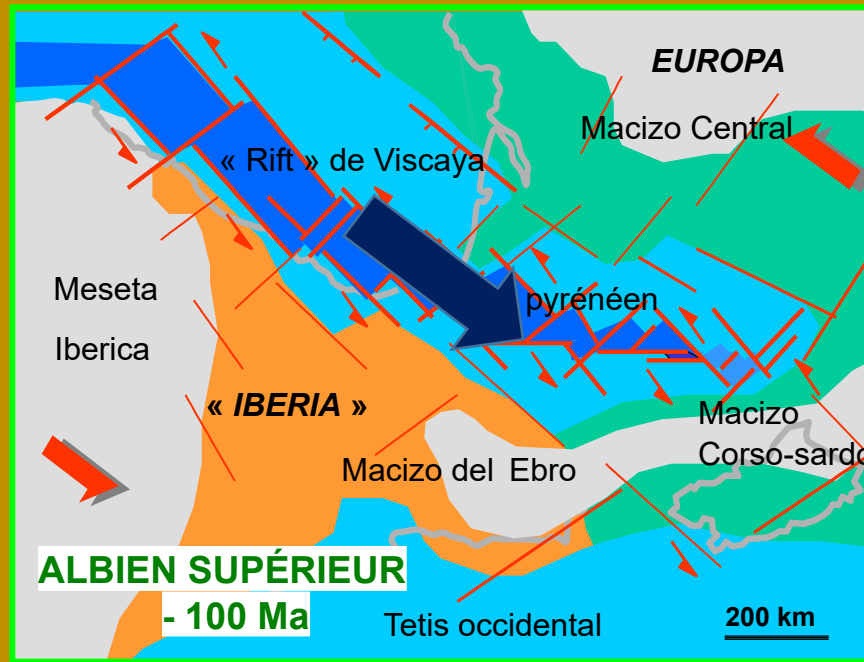
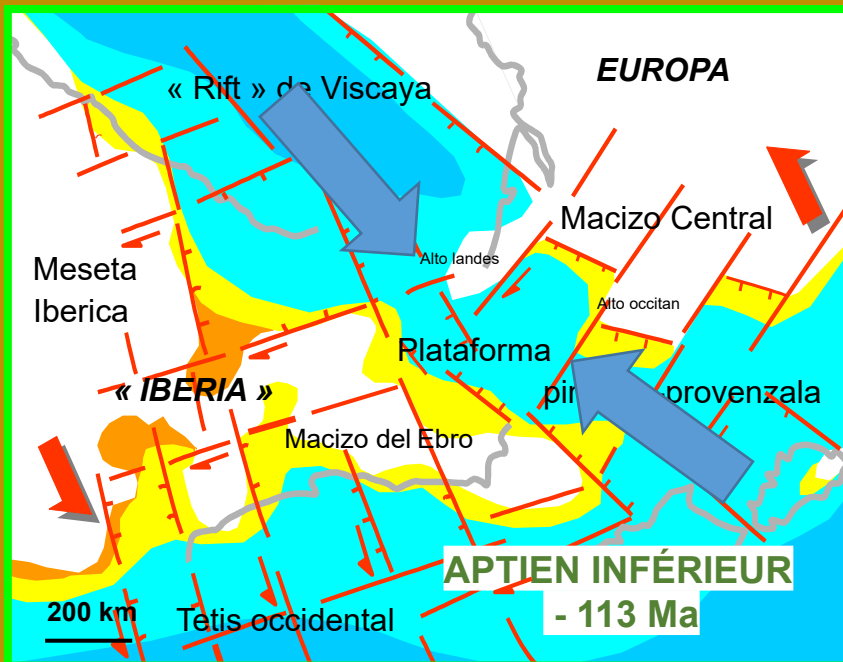


**Carte paléogéographique du Crétacé basal (-150 Ma)
et échantillons de bauxites (Béarn)**





APTien (-115 Ma)



**Cartes
Paléogéographiques
de la Zone Pyrénéenne
au cours des temps
crétacés
(de -145 à -65 Ma)**

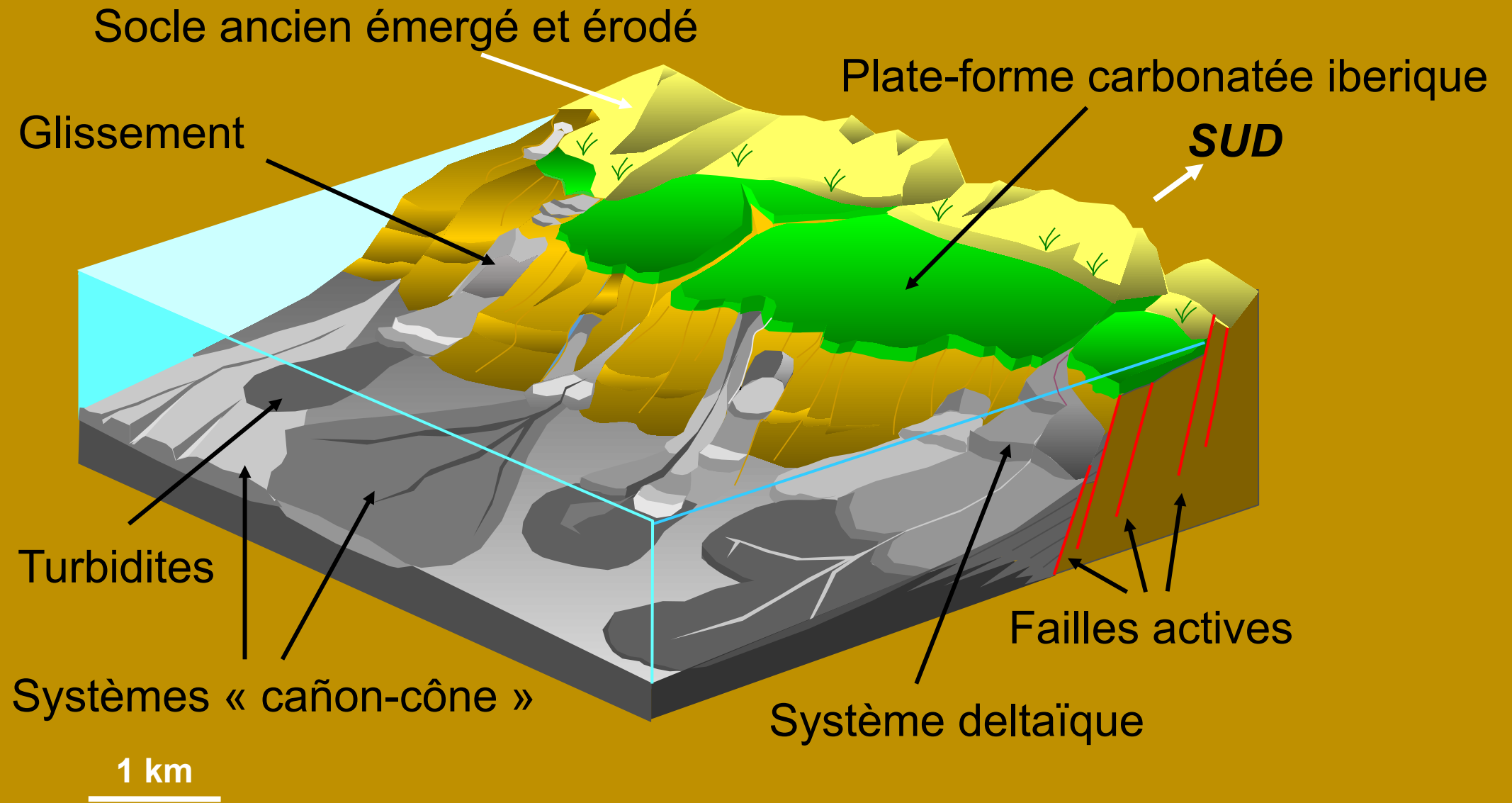
**1 – Le Crétacé inférieur
(de -145 à -112 Ma)**

**Joseph Canérot
2008**

**Fond:
J. Dercourt et al., 2000**



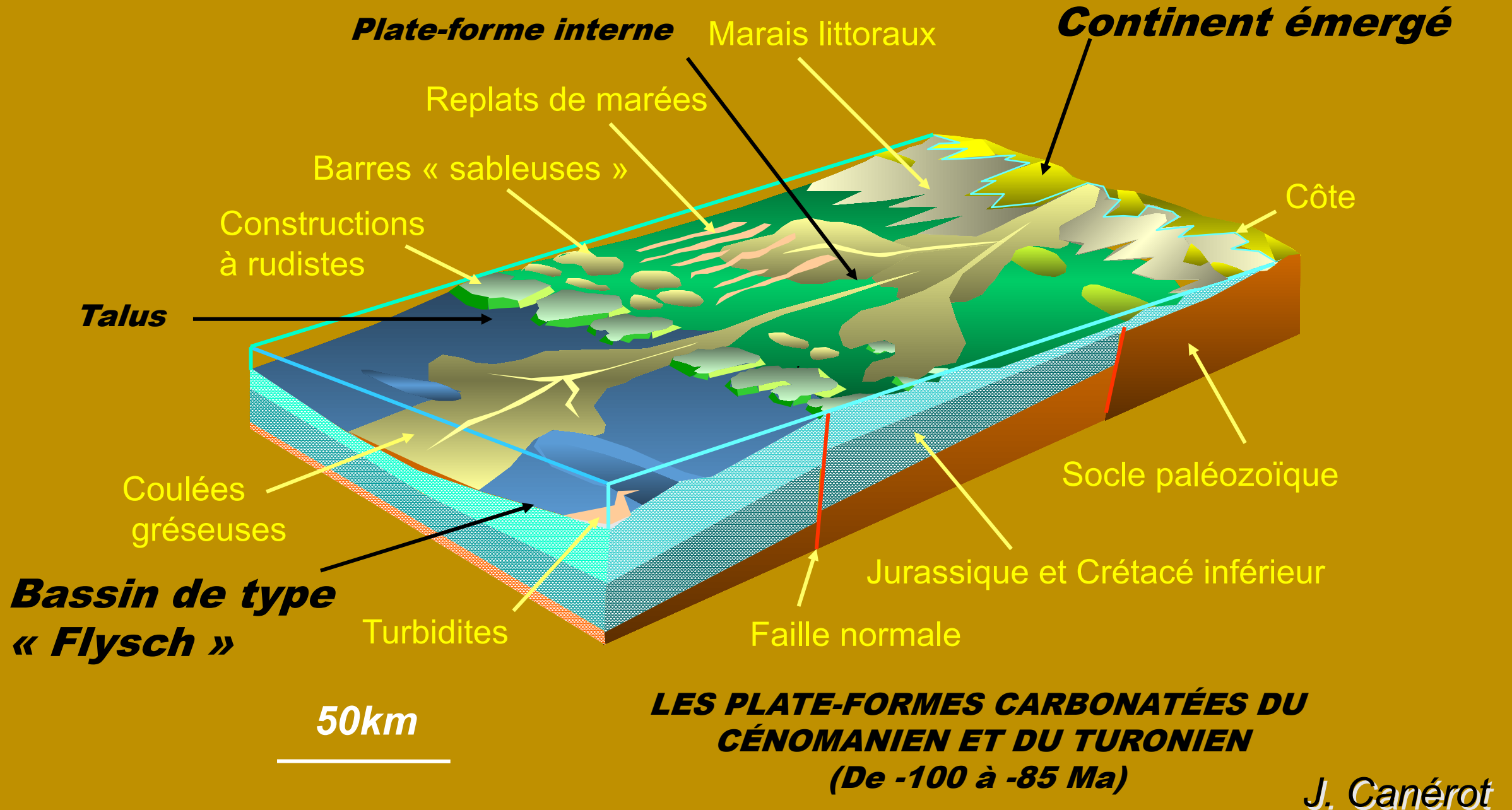
La plate-forme marine du Crétacé inférieur (-120 Ma) dans la Vallée de l'Ariège



Le fossé « flysch » albien (-100 Ma) nord-pyrénéen



***Cône deltaïque sous-marin à olistolites de calcaires paléozoïques
(Massif de Igountze – Pays Basque)***



Pic Oueillaris 1979 m

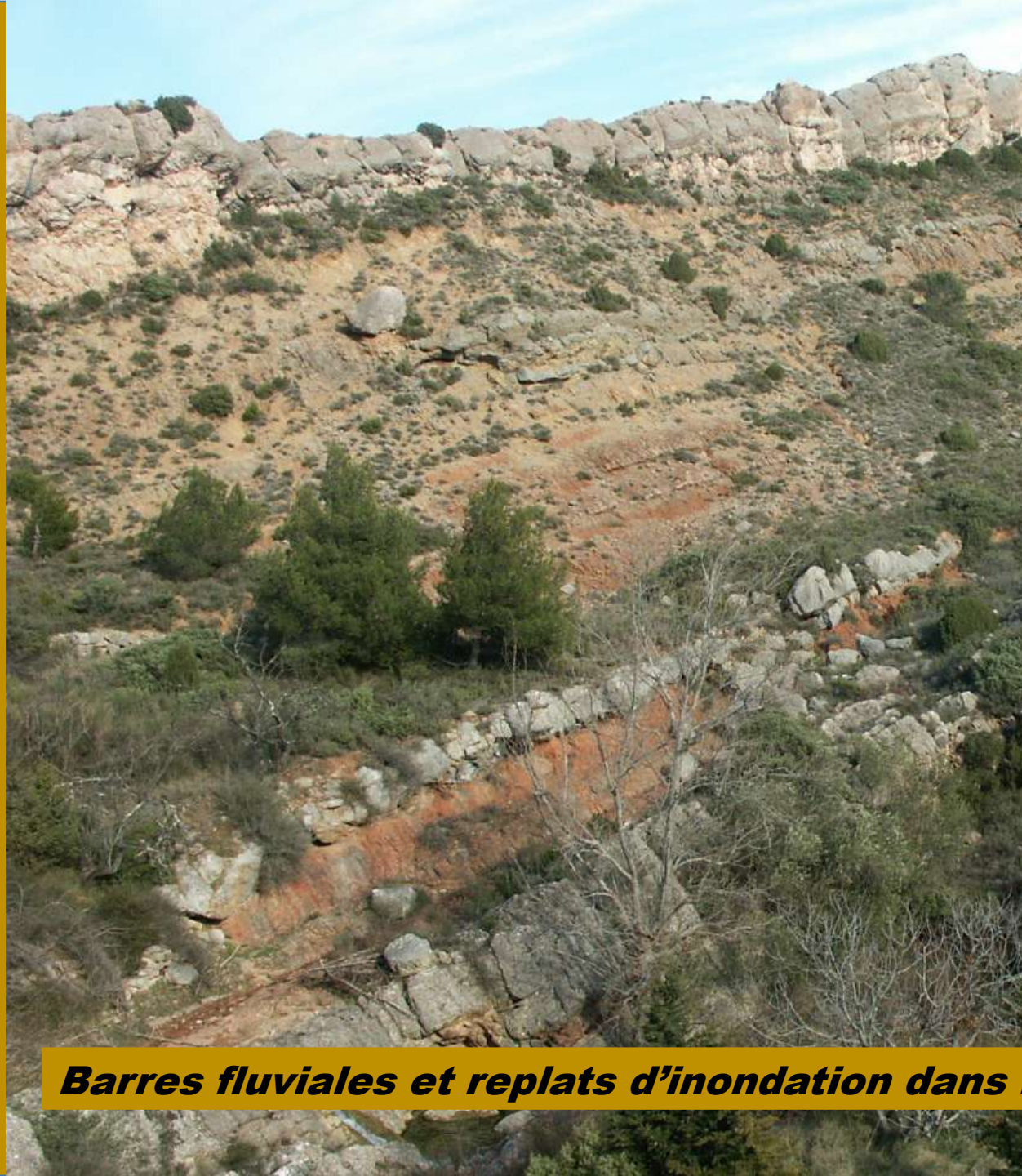
Vallée d'Aspe

Crétacé supérieur carbonaté (-90 Ma)

Carbonifère schisteux (-350 Ma)

Dévonien (-370 Ma)

**Discordance angulaire de la couverture néocrétacée sur le socle paléozoïque
(Pyrénées occidentales, vallée d'Aspe)**



Un oeuf de dinosaure

Barres fluviales et replats d'inondation dans le Maastrichtien (-70 Ma) des Corbières

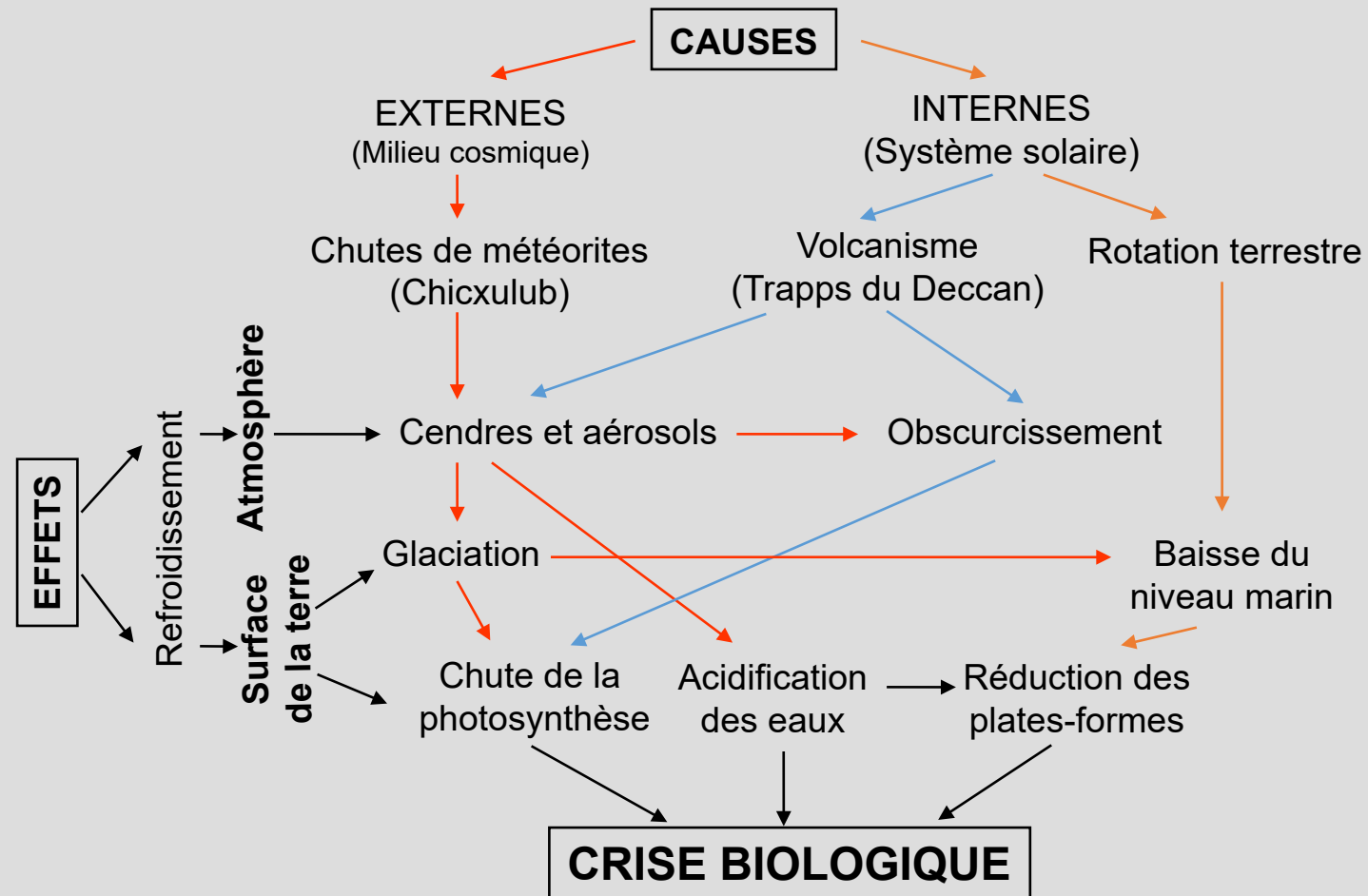


***La plate-forme marine interne (grès du Marboré)
dans le Maastrichtien (-70 Ma) du Massif du Taillon (Pyrénées Centrales)***



La fosse marine du Maastrichtien (-70 Ma) dans le Pays Basque

4 - La Grande Crise biologique K/T (Crétacé-Tertiaire) (-65 millions d'années)



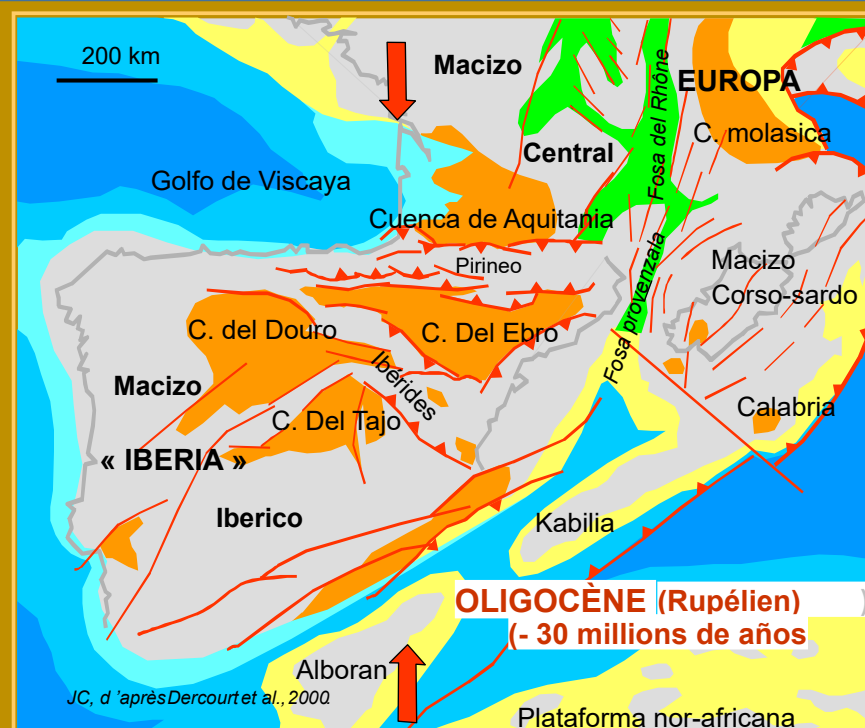
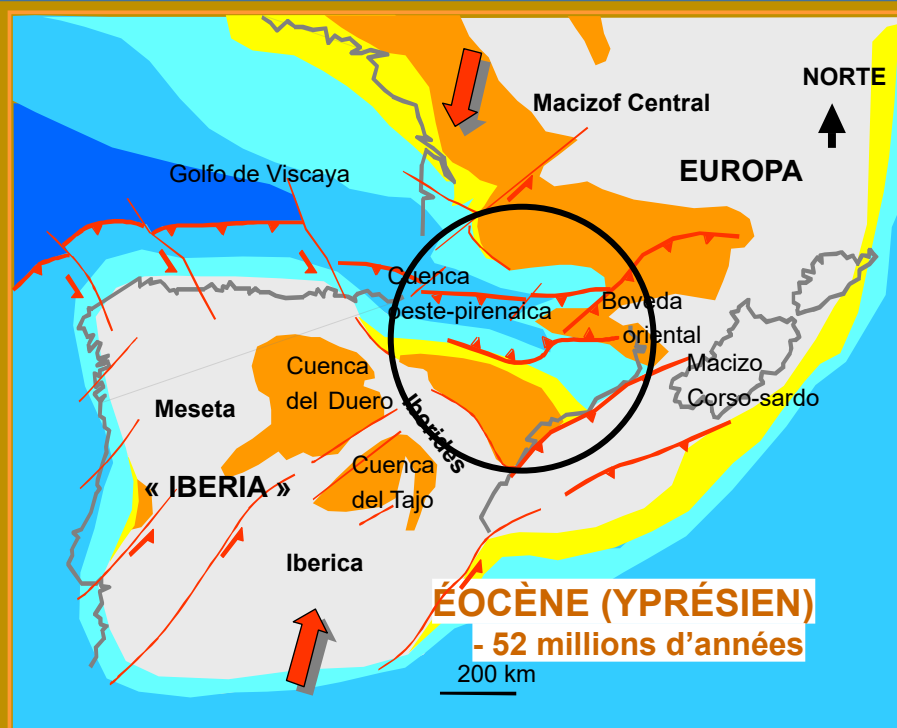


***La crise biologique K/T dans les Pyrénées occidentales
(Baie de Loya, Pays Basque)***

La couche argileuse à iridium

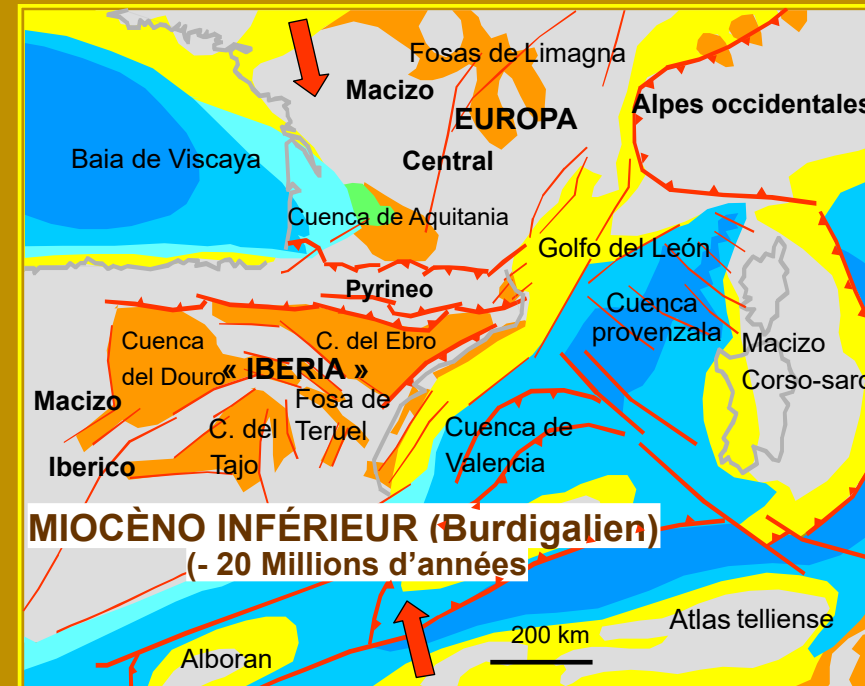
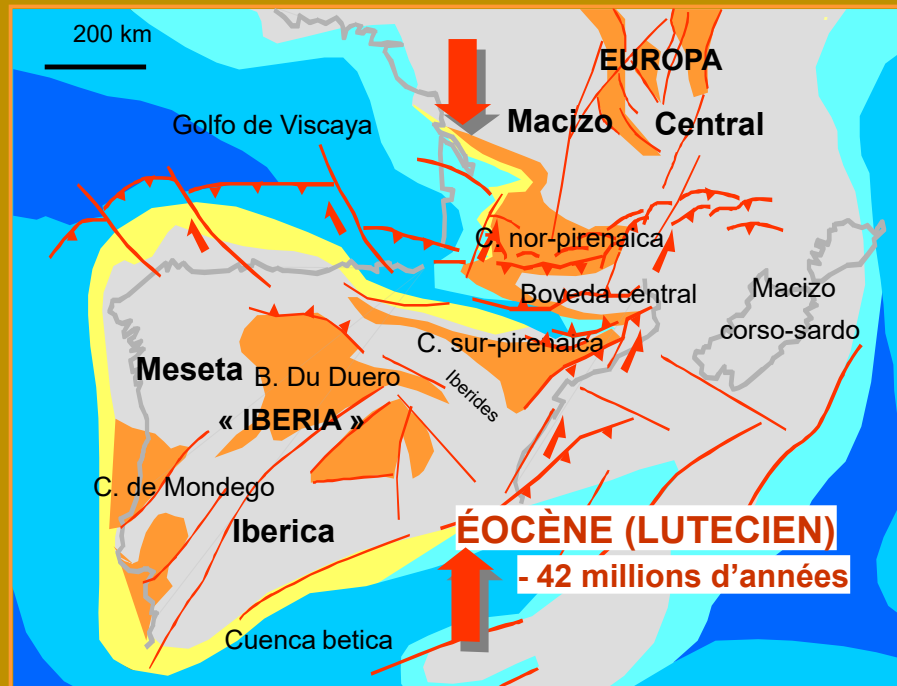


La crise biologique K/T dans les Pyrénées occidentales (Baie de Zumaia) – Pays Basque



**Cartes
paléogéographiques
de la zone pyrénéenne
durant les temps
tertiaires
(Eocène-Miocène)
de -65 jusqu'à
5 millions d'années)**

1 – Eocène (65-52 Ma)



**Joseph Canérot
2008**

**Fond:
J. Dercourt et al., 2000**



***Éocène (-50 Ma): érosion de la jeune cordillère pyrénéenne
et « poudingues de Palassou » dans sa partie orientale***



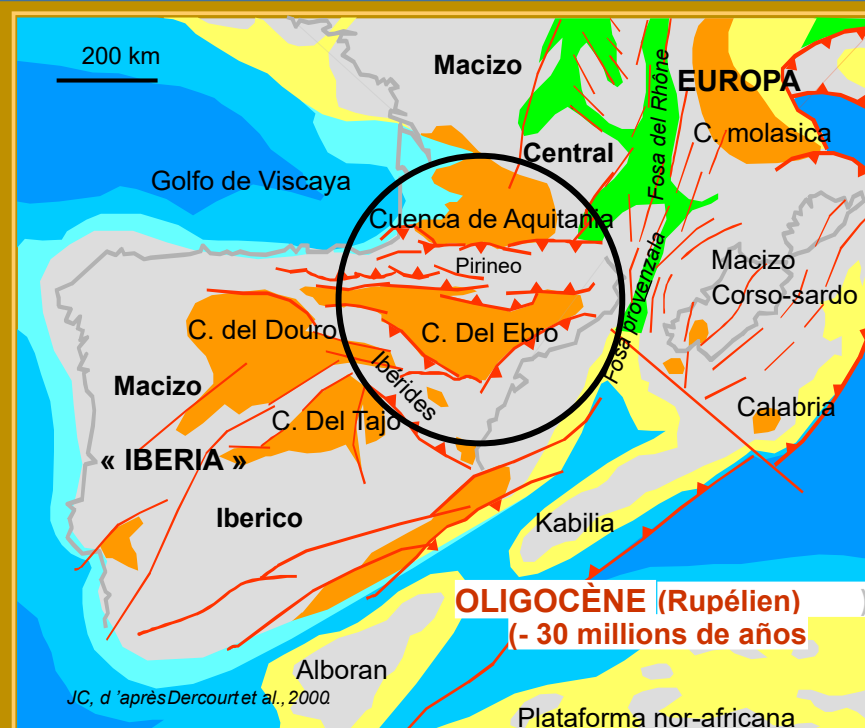
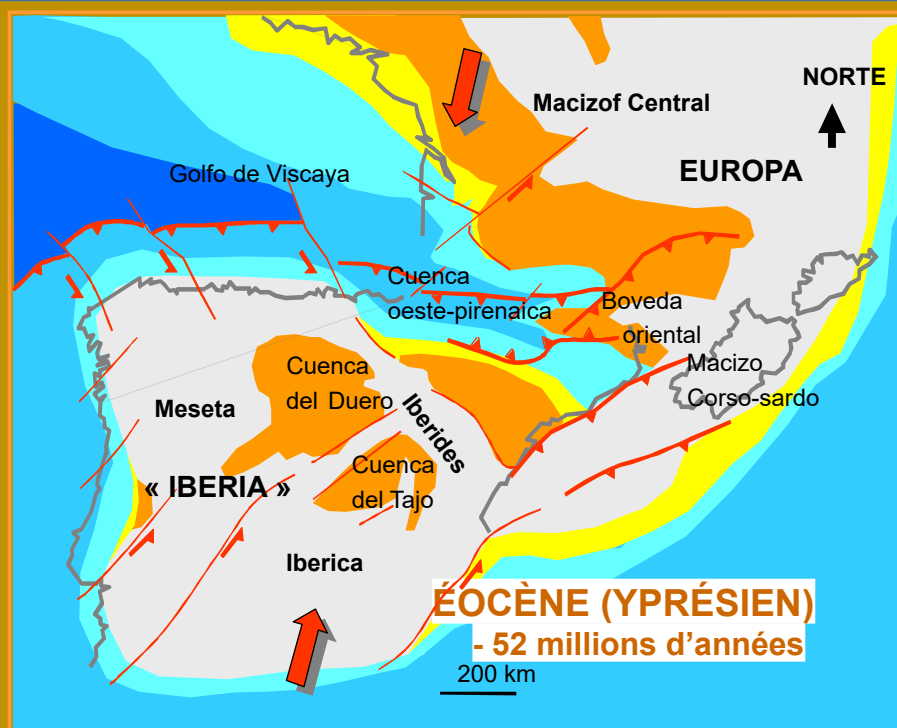
***Eocène (-50 Ma): la plate-forme marine interne
dans les Pyrénées centrales (Tabacor et Ordesa)***



Eocène (-50 Ma) Le bassin marin ouvert (calcaires rosés) du Pays Basque

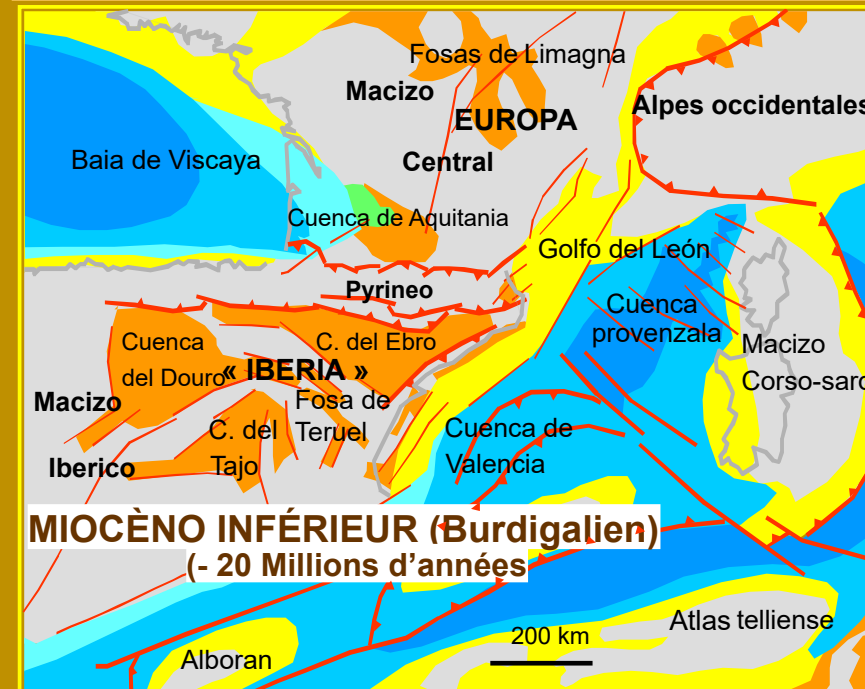
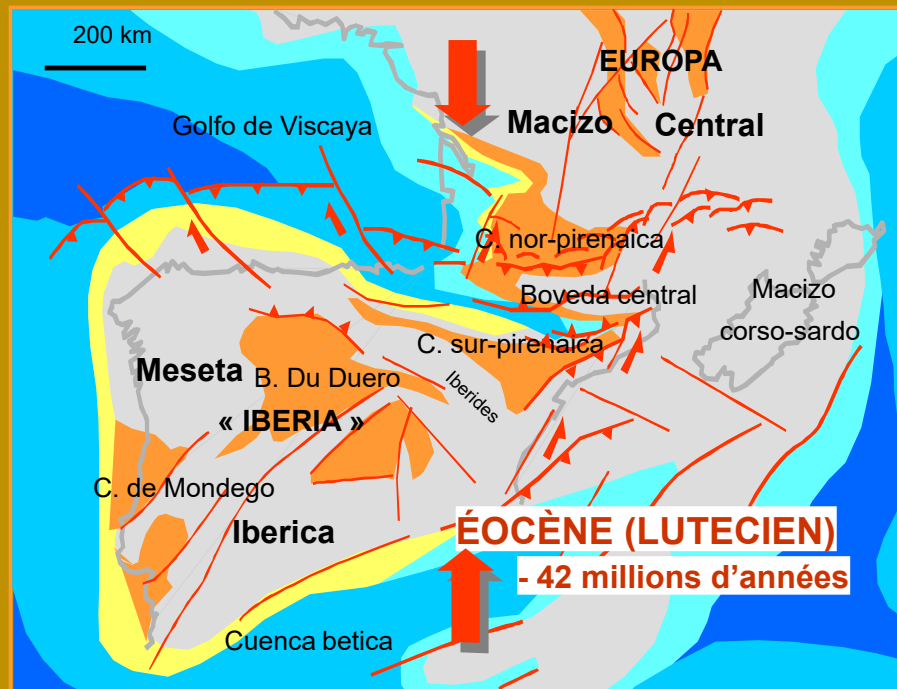


Baie de Zumaia (Pays Basque) « Clou d'or » (GSSP = Global Boundary Stratotype Section and Point) sur la limite (-58,7 Ma) entre Sélandien (à droite) et Thanétien (à gauche)



***Cartes
paléogéographiques
de la zone pyrénéenne
durant les temps
Tertiaires
(Eocène-Miocène)
de -65 à
5 millions d'années)***

2 – Oligocène (33-23 Ma)

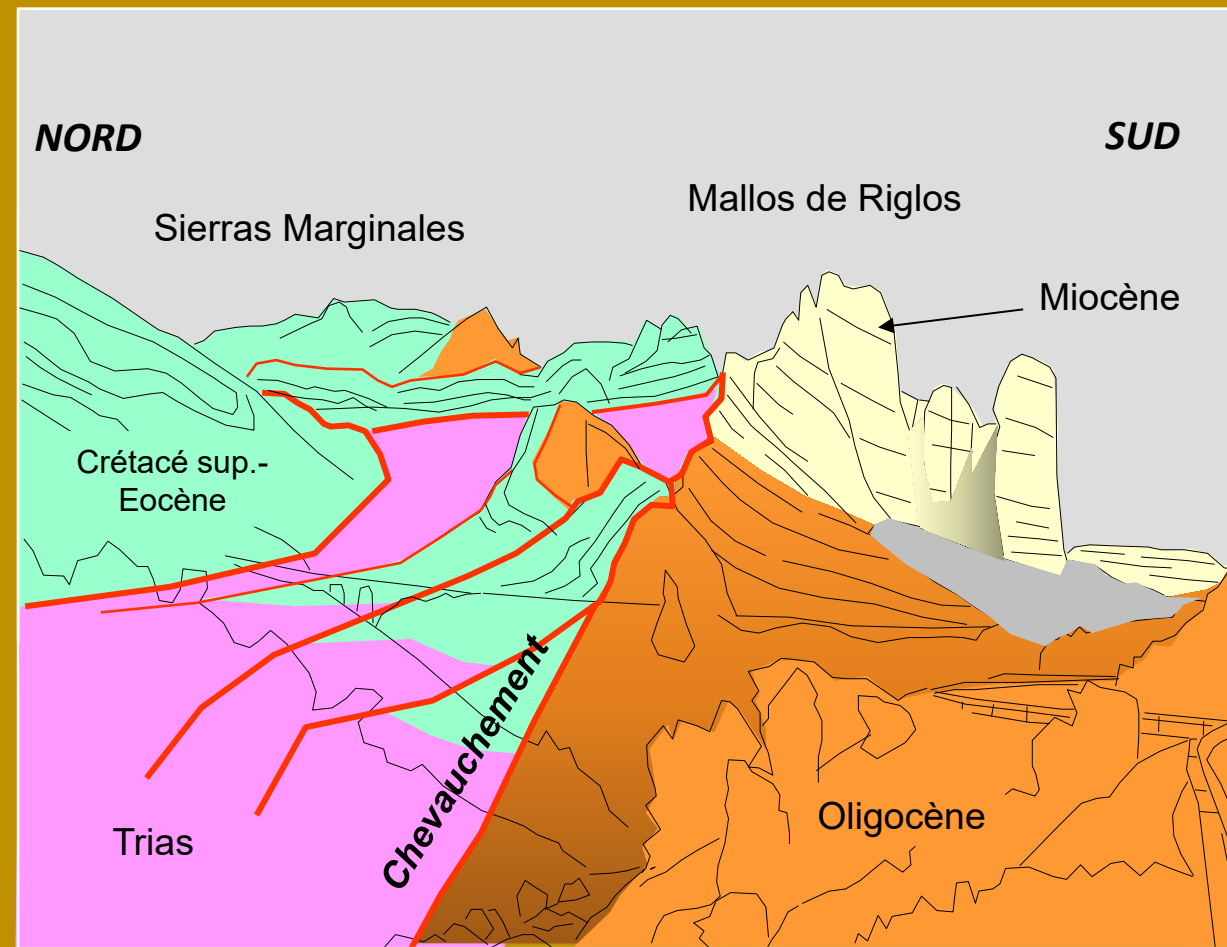


**Joseph Canérot
2008**

**Fond:
J. Dercourt et al., 2000**



***Eocène (-40 Ma) et Oligocène (-20 Ma) sud-pyrénéens (Ordesa)
Passage de la plate-forme carbonatée à la plate-forme gréseuse***



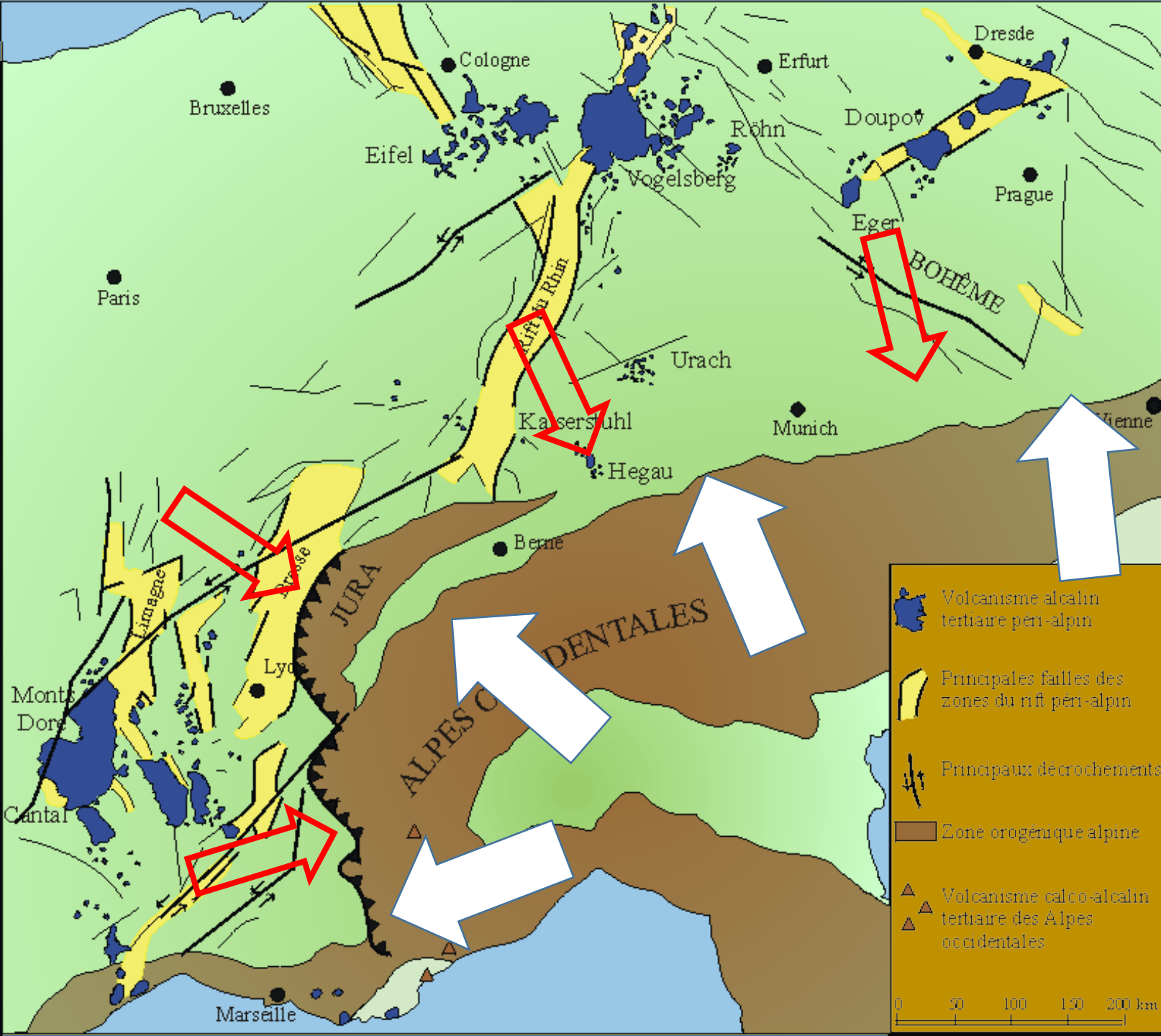
***Tectonique pyrénéenne tertiaire (Eocène-Oligocène):
le chevauchement sud-pyrénéen dans les Mallos de Riglos (Aragón)***



Miocène (-10 Ma): sédimentation lacustre dans le bassin de l'Ebre (Zaragoza)

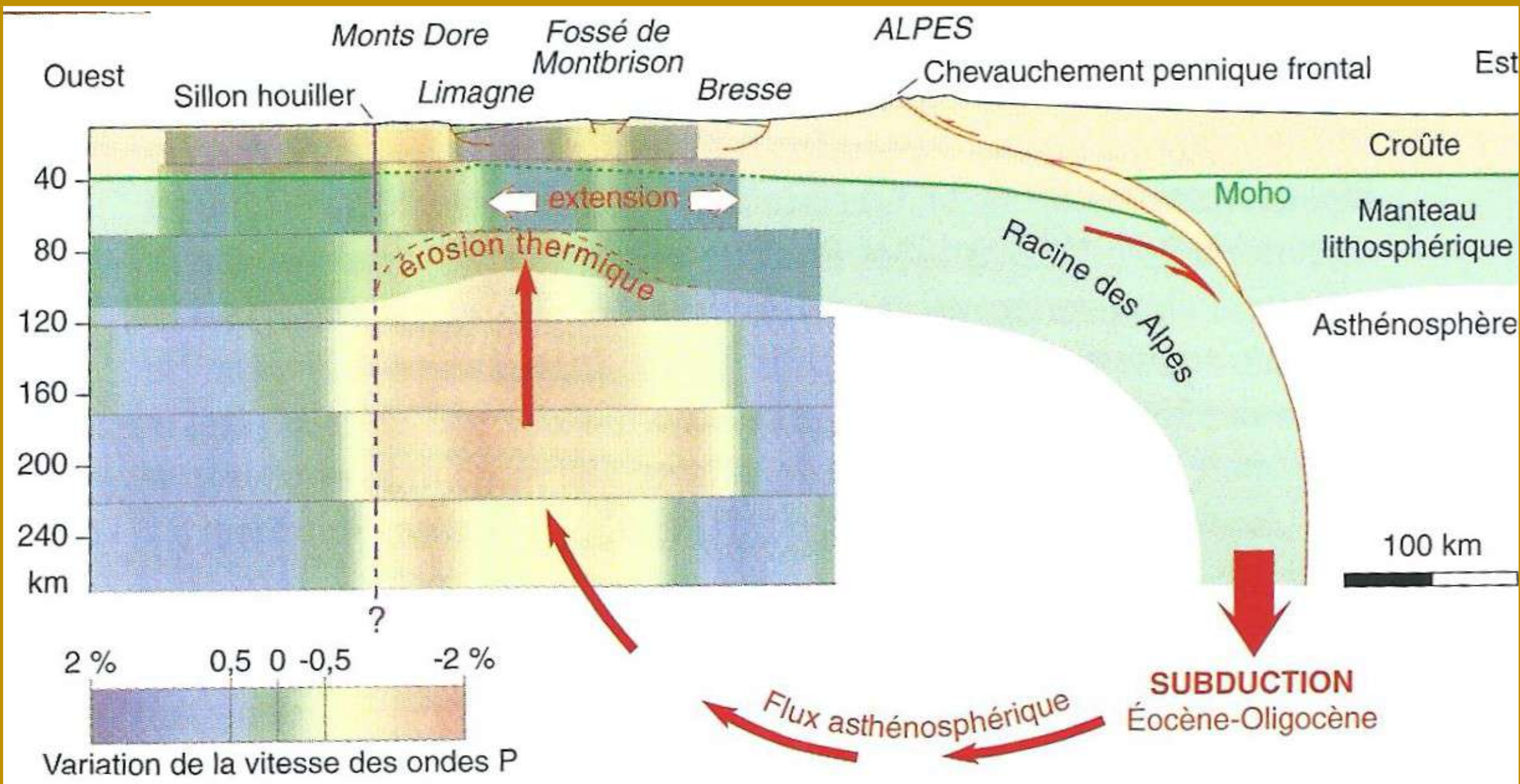


***Pliocène (-5 Ma): sédimentation marine littorale
dans le Bassin du Roussillon (Orgues de l'Île-sur-Têt)***



Origine du volcanisme:

***Subduction de la
plaque européenne
(flèches rouges)
sous la plaque adriatique
(flèches blanches)
Au sein de « l'Arc Alpin »***



3 – Problèmes scientifiques et doutes:

A- L'origine de la chaîne

*(Un bassin nord-pyrénéen unique, interplaque, largement ouvert)?
ou une ouverture partielle d'un bras de rift, « en ciseau », d'ouest en est*

B- La dynamique structurale

*(Une collision inter-plaque et inter-crustale Europe-Ibérie)?
ou une fermeture graduelle « en ciseau », d'Est en Ouest,
du bras de rift et un affrontement intracrustal*

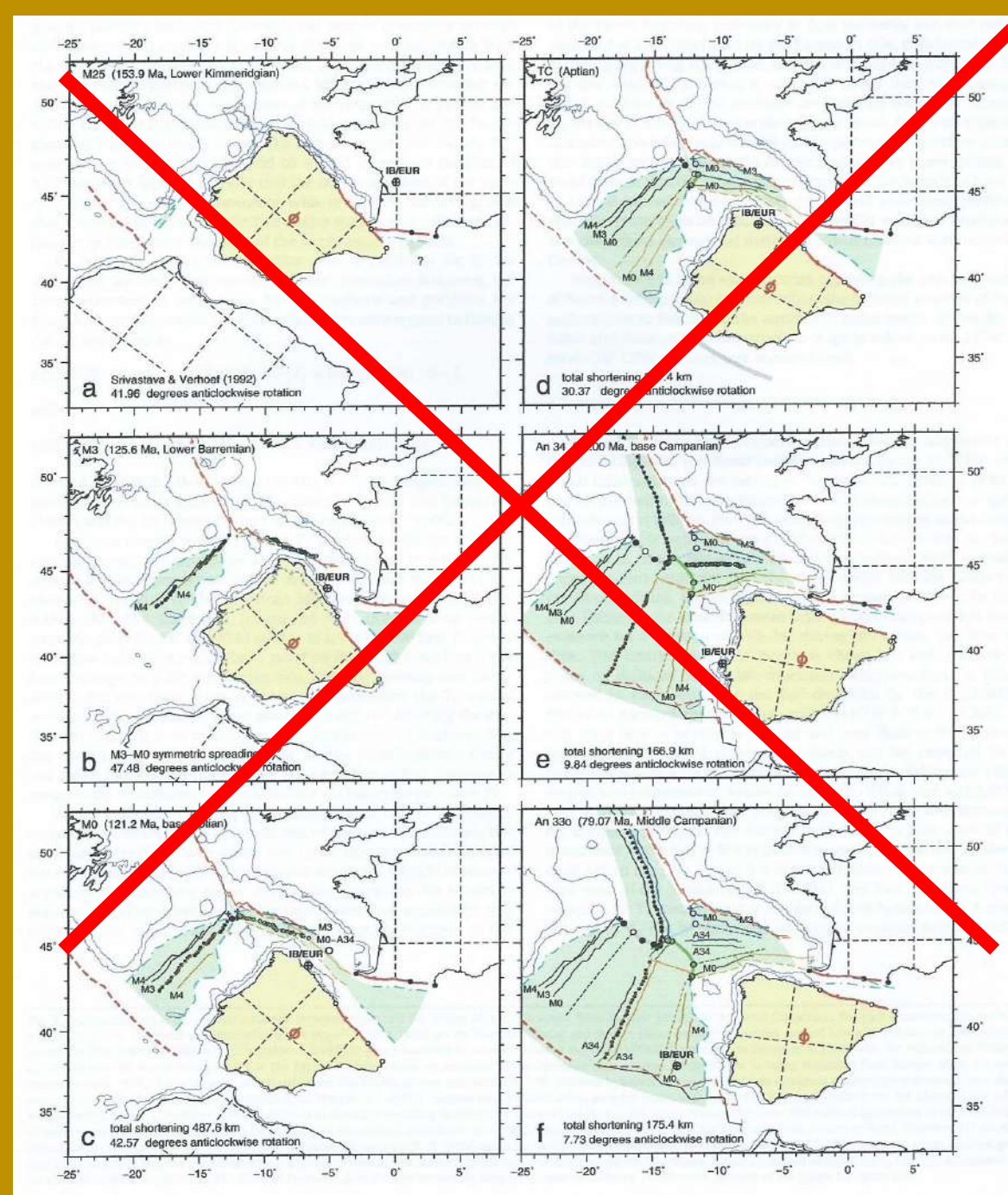
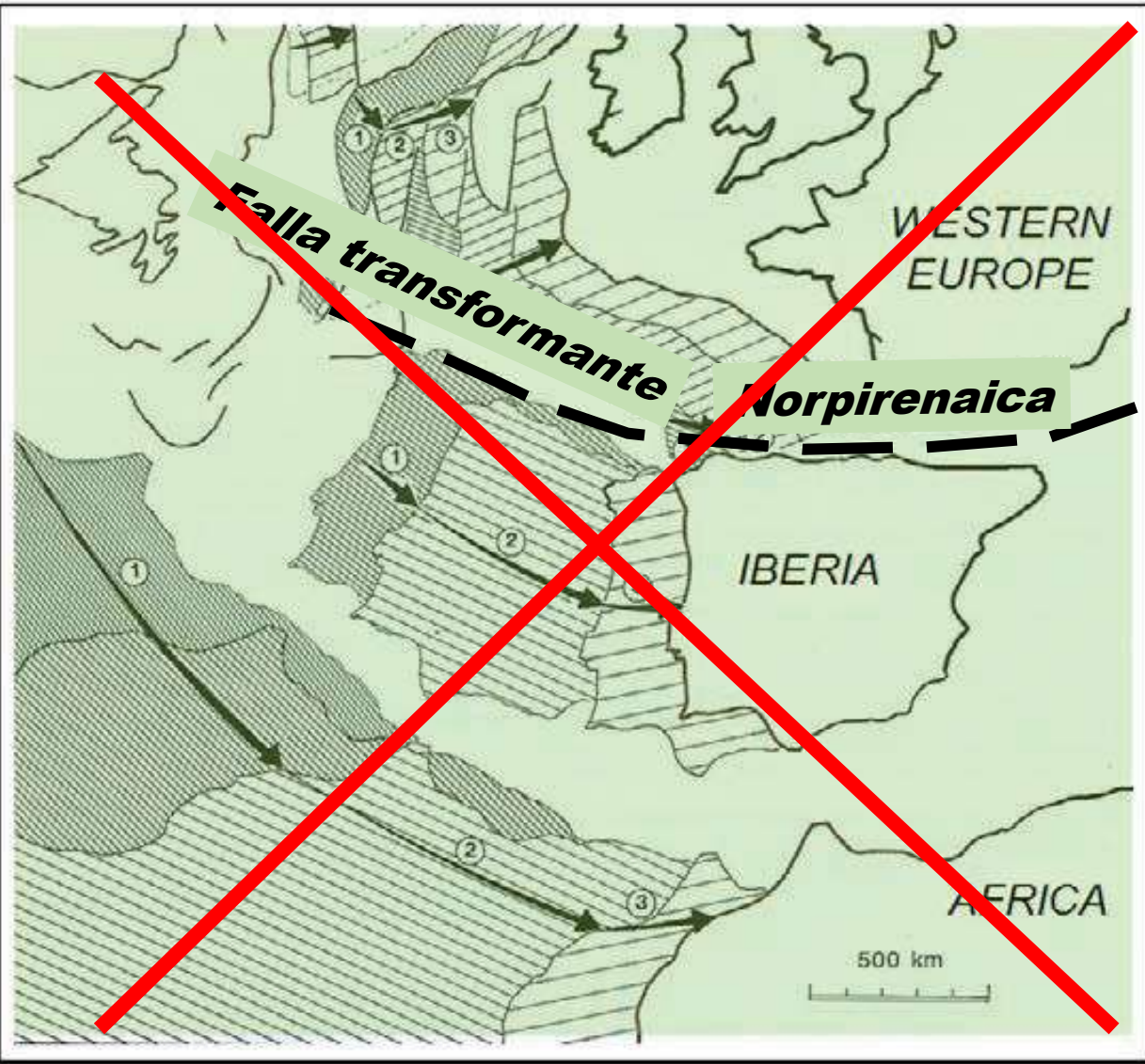
C- La question des brèches « pyrénéennes »

*(Une sédimentation sous-marine fini-éocène)?
ou une Zone continentale (tectonique) de « Faille Nord-iberique »*

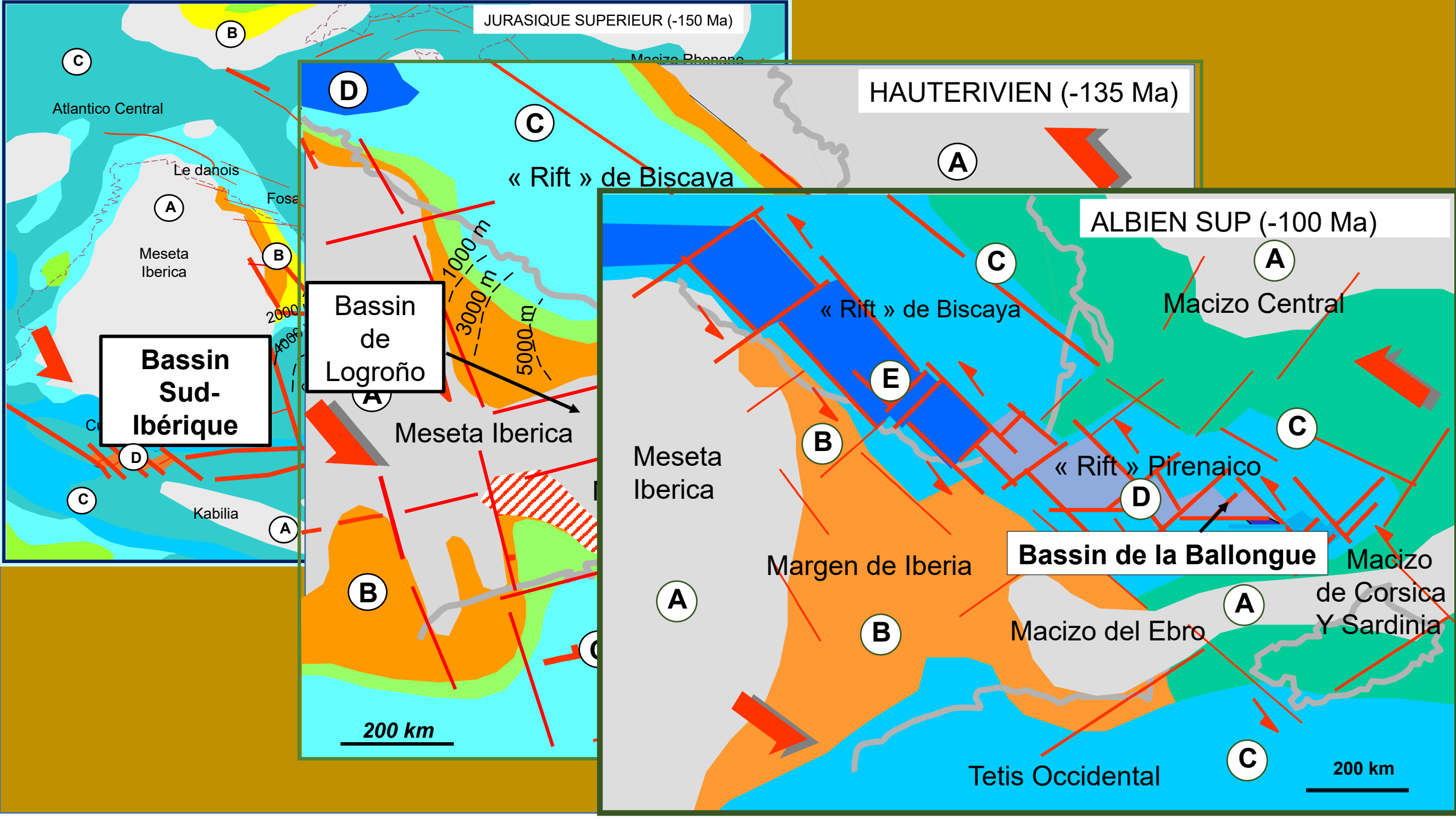
D- L'histoire géologique

*(une évolution « alpine » classique)?
ou un enchaînement spécifique de phénomènes « pyrénéens »*

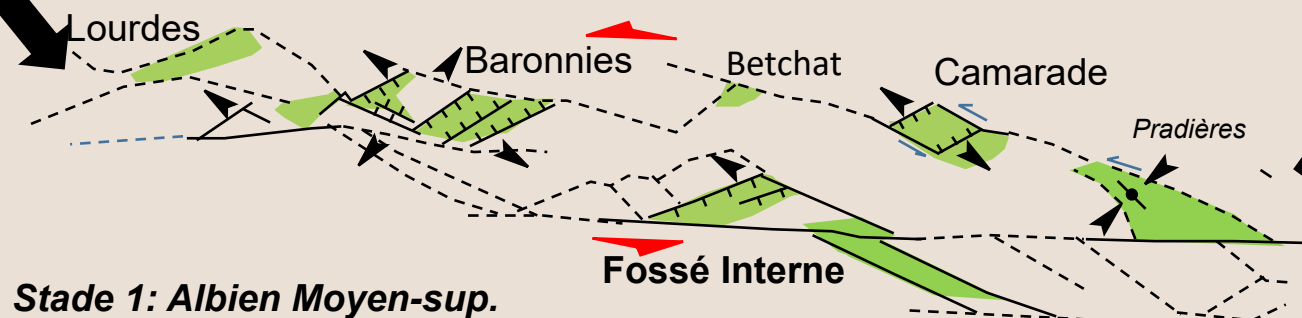
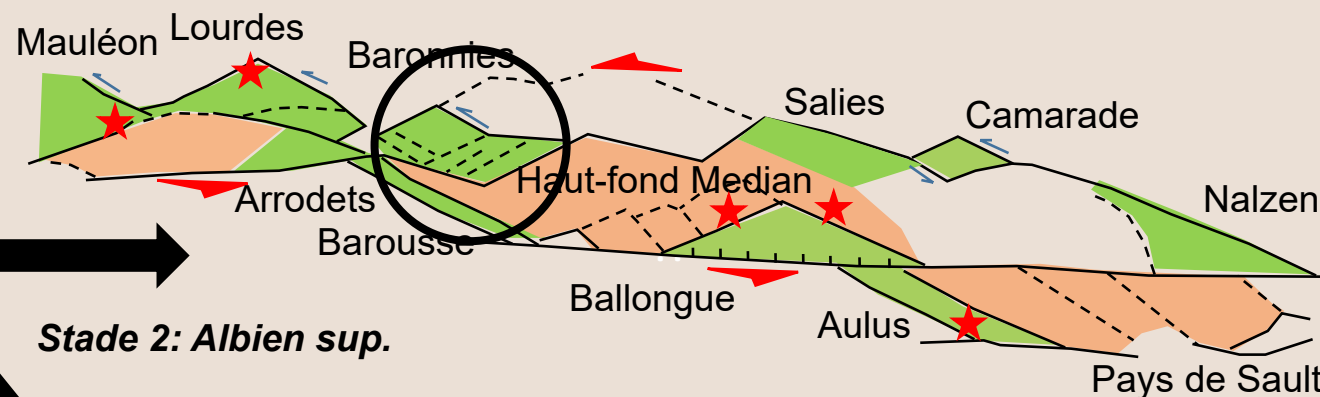
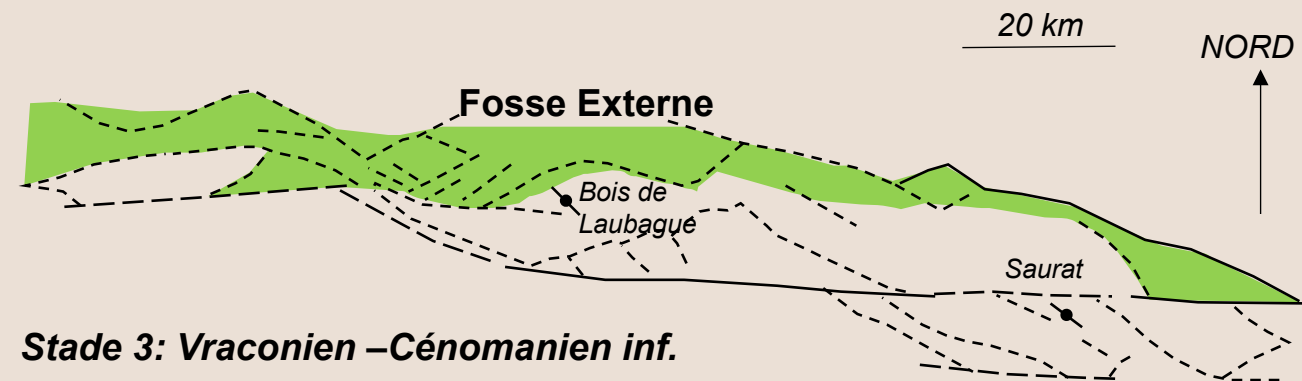
Le Descargador et le Cirque du Cotatuero



A – L'Origine de la chaîne
Le MODÈLE « CLASSIQUE »: rotation
de la plaque ibérique le long de la
Faille Nord-Pyrénéenne transformante?



**Décrochement
Ouest-Est
sénestre**



**Transpression
Plis SW-NE**

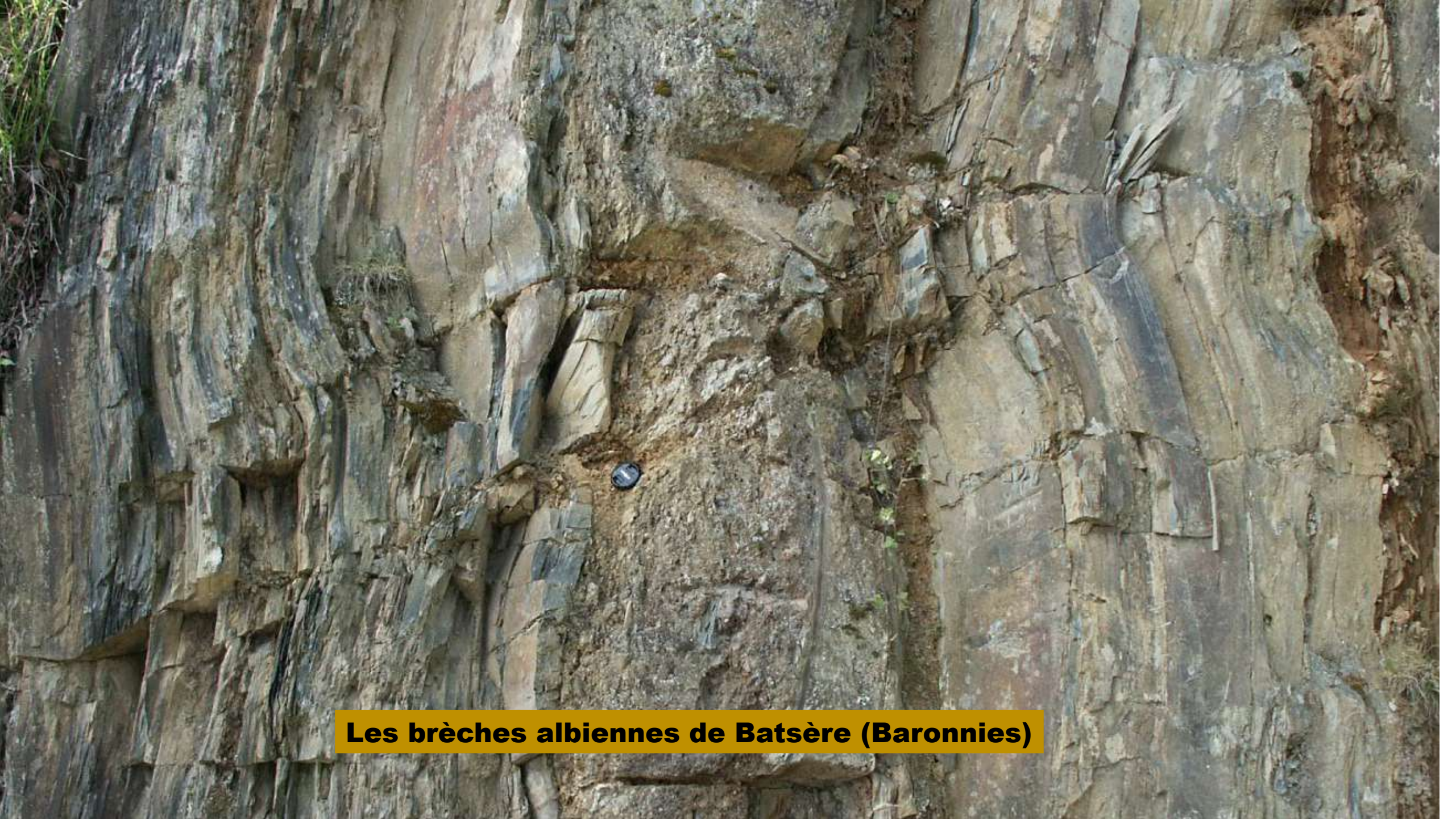




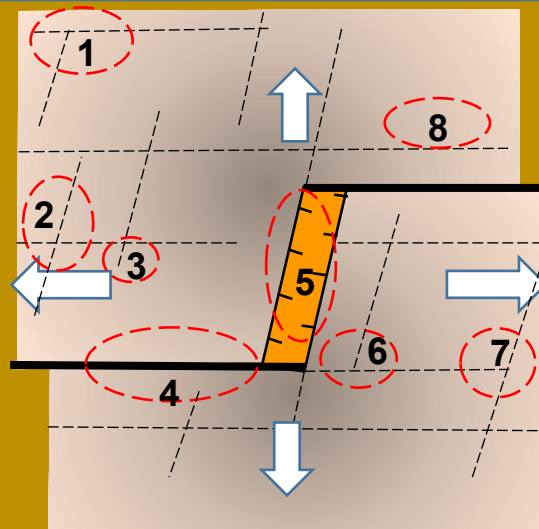
***Le fossé des Baronnies (HP)
Vue sur le château de Mauvezin et sa colline bréchique***



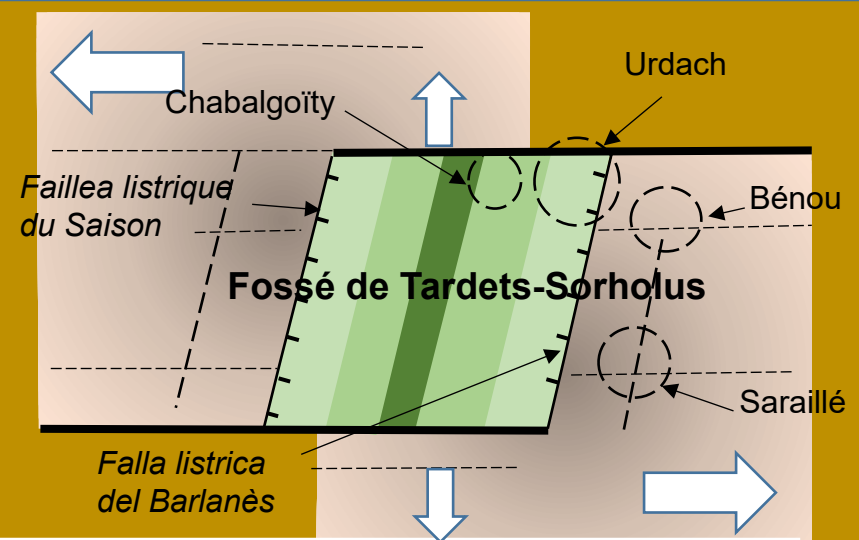
**Le Haut fond sub-méridien de Bagnères de Bigorre
et ses brèches albiennes adjacentes**



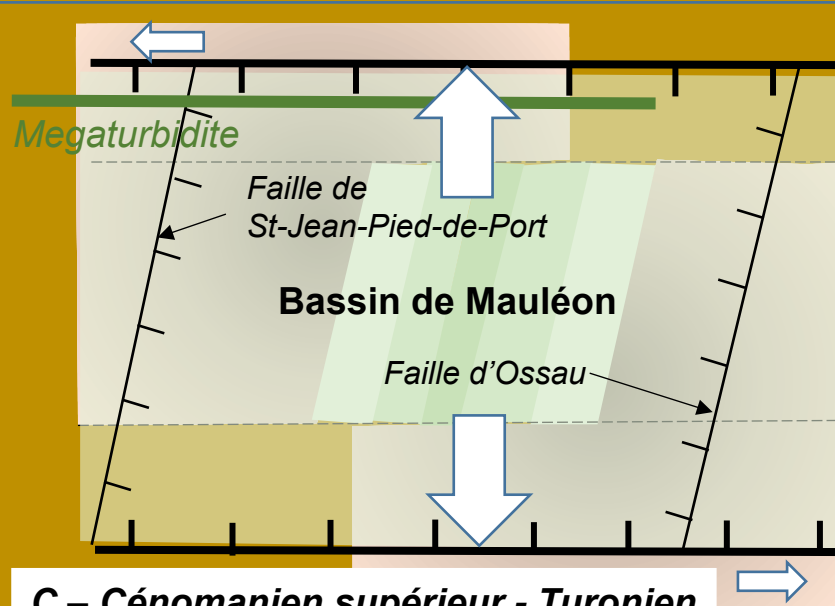
Les brèches albiennes de Batsère (Baronnies)



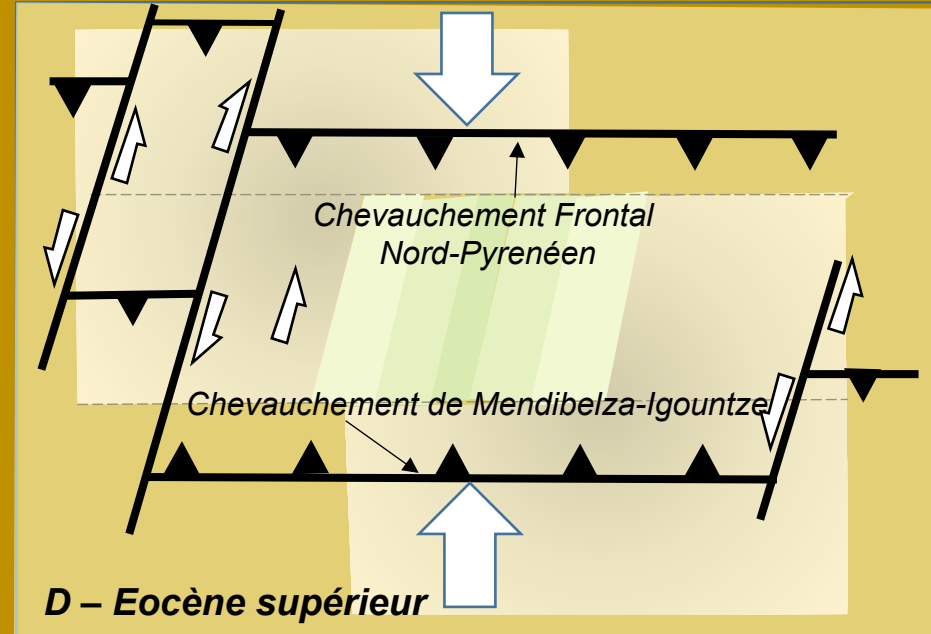
A – Clansayésien - Albién inférieur



B – Albién supérieur – Cénomanién inférieur

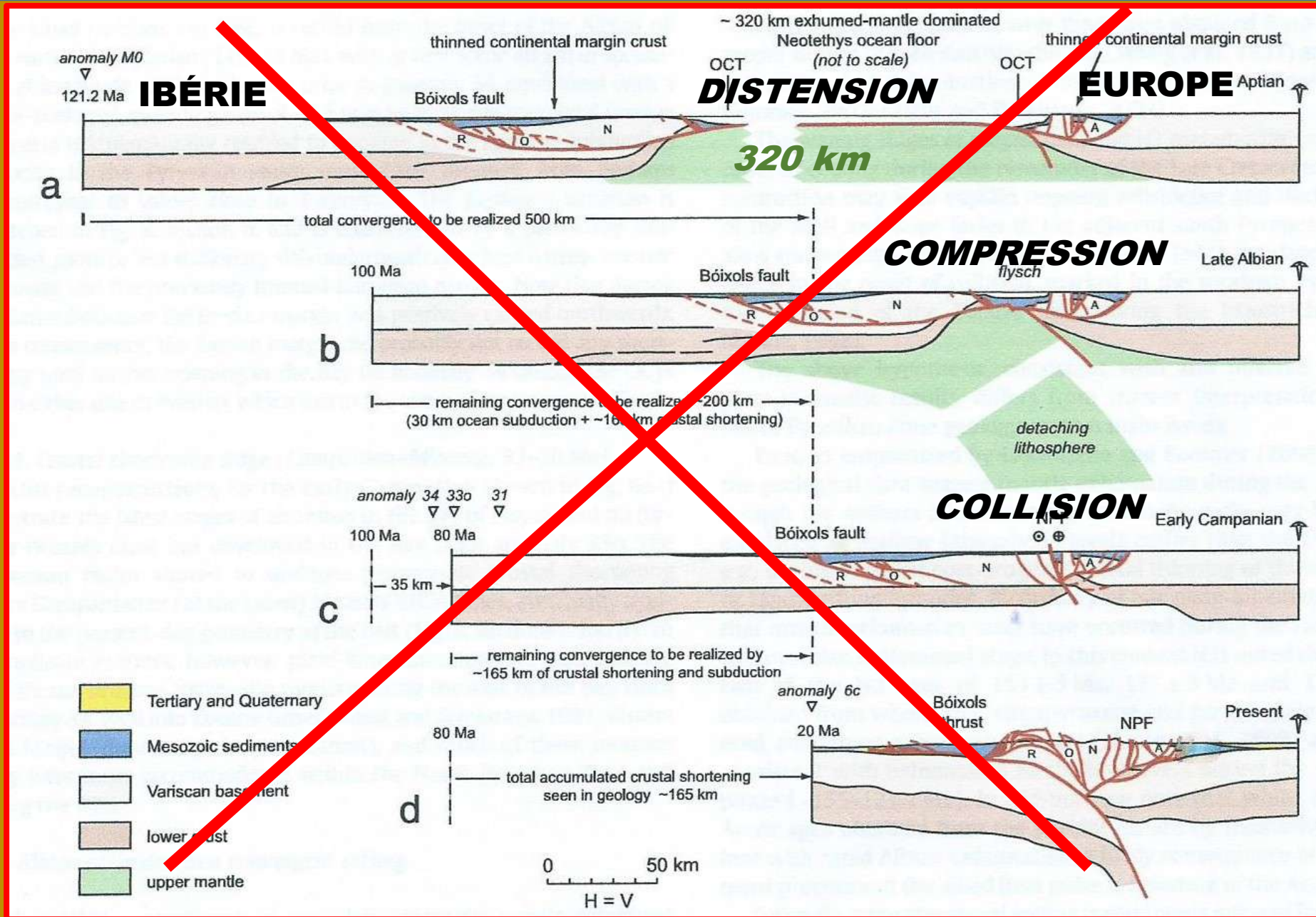


C – Cénomanién supérieur - Turonien

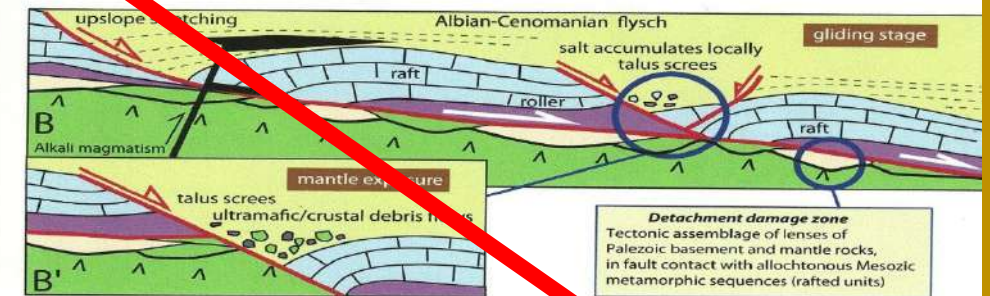
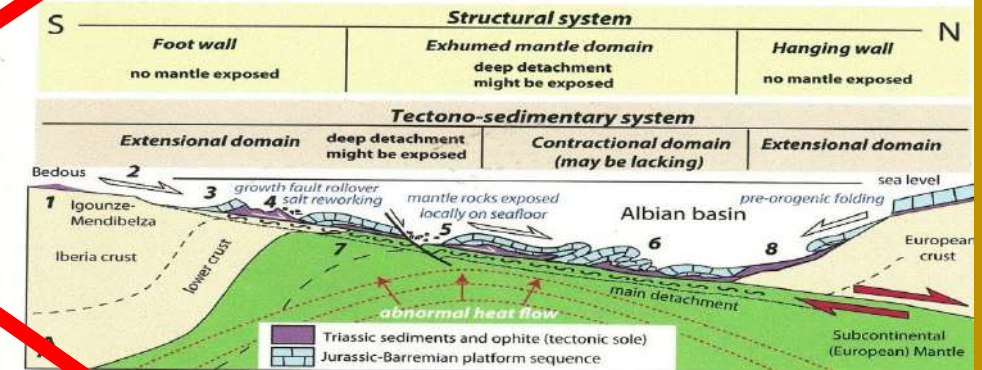
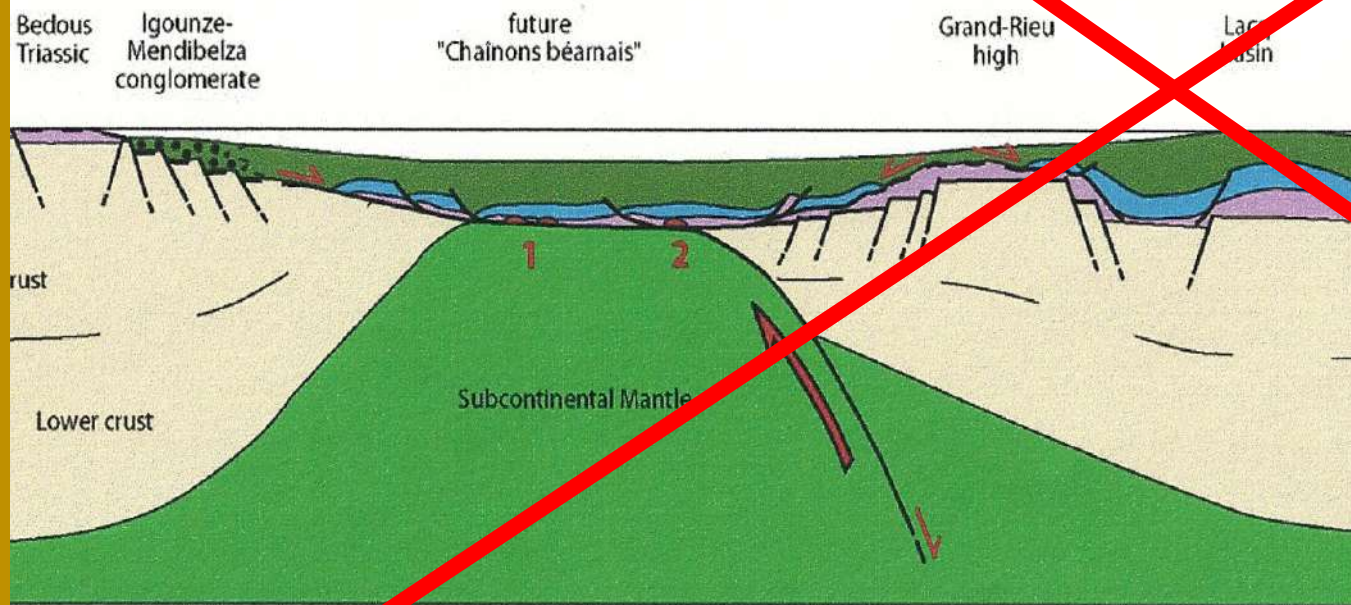
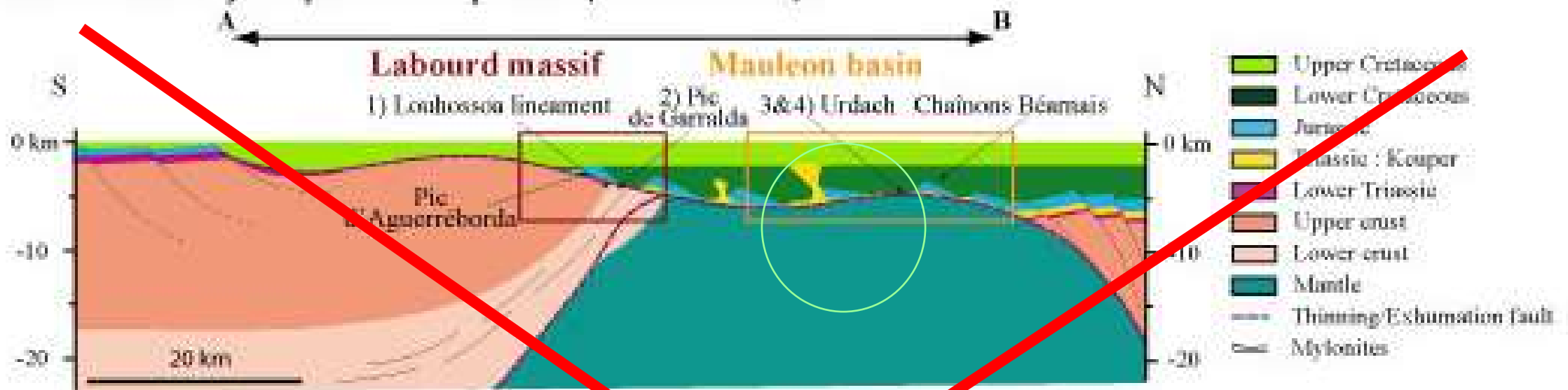


D – Eocène supérieur

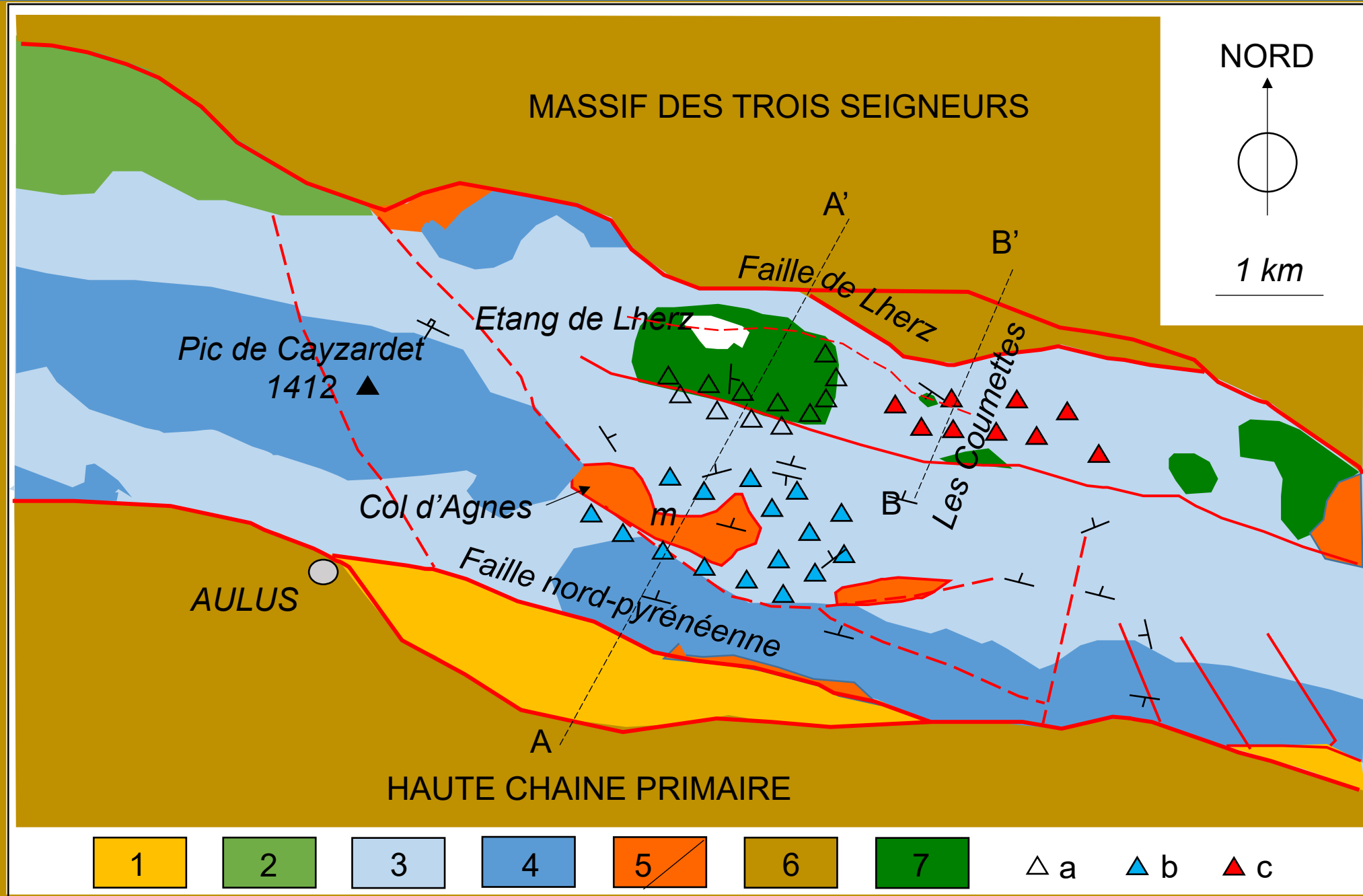
Formation du bassin de Mauléon (distension N-S et décrochement sénestre E-W)



Les Pyrénées: 320 km de croûte océanique avant la collision interplaque



Le manteau affleure largement le long du fossé crétaé (-100 Ma) nord-pyrénéen...



Le gisement de lherzolite de l'Etang de Lherz (Ariège)

An aerial photograph of a mountainous landscape. A dashed white line outlines a large, roughly oval-shaped area on a hillside. The area is labeled 'Lherzolite' in the center. Above the line, the text 'Calcaires du Jurassique' is written. In the bottom left, a blue lake is visible. A winding road is seen on the lower right. The foreground shows brown, autumnal trees.

Calcaires du Jurassique

Lherzolite

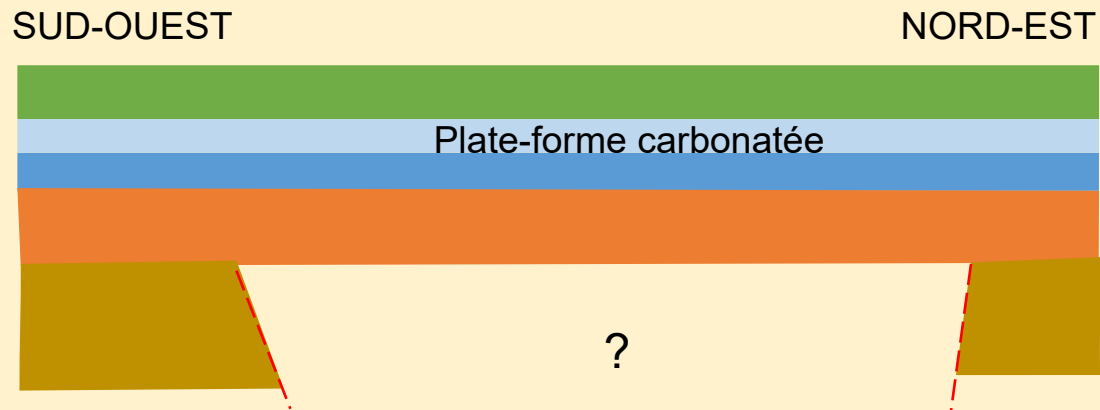
L'affleurement de lherzolite au sein des calcaires jurassiques



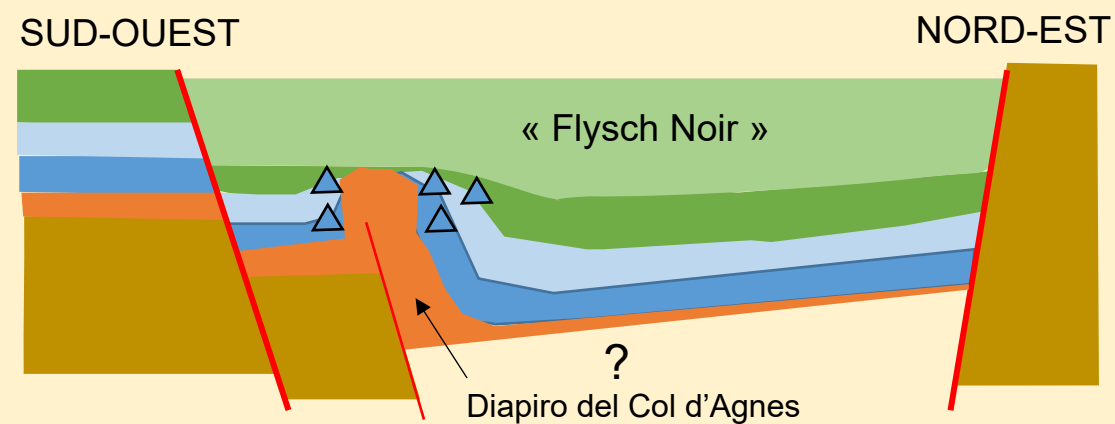
***Brèches au contact de la lherzolite
et des calcaires jurassiques***



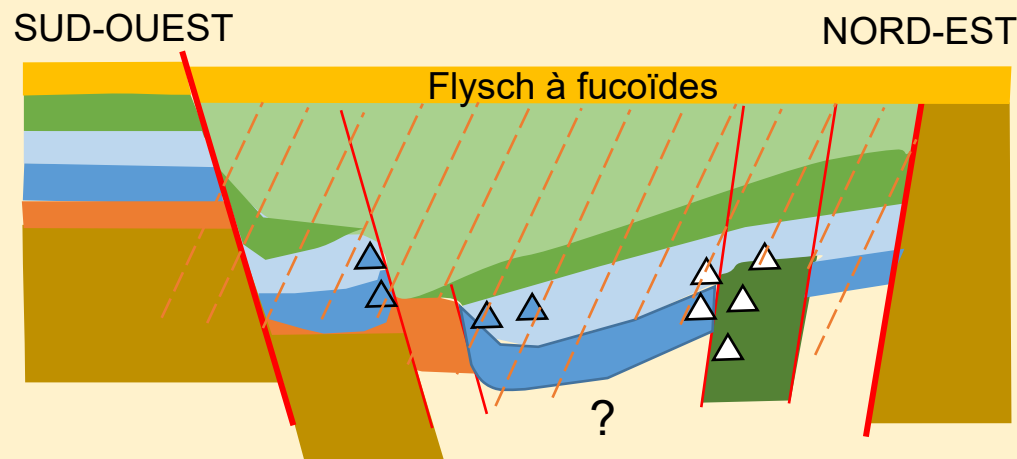
La lherzolite de l'Etang de Lherz (Ariège)



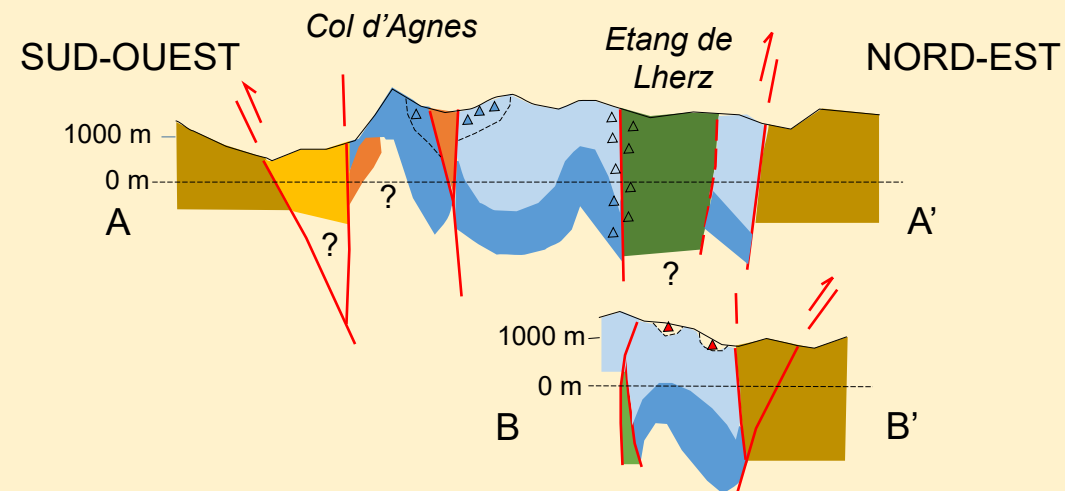
1 : Trias – Albien inférieur (stade pré-rift)



2 : Albien supérieur – Cénomannien inférieur (stade syn-rift)

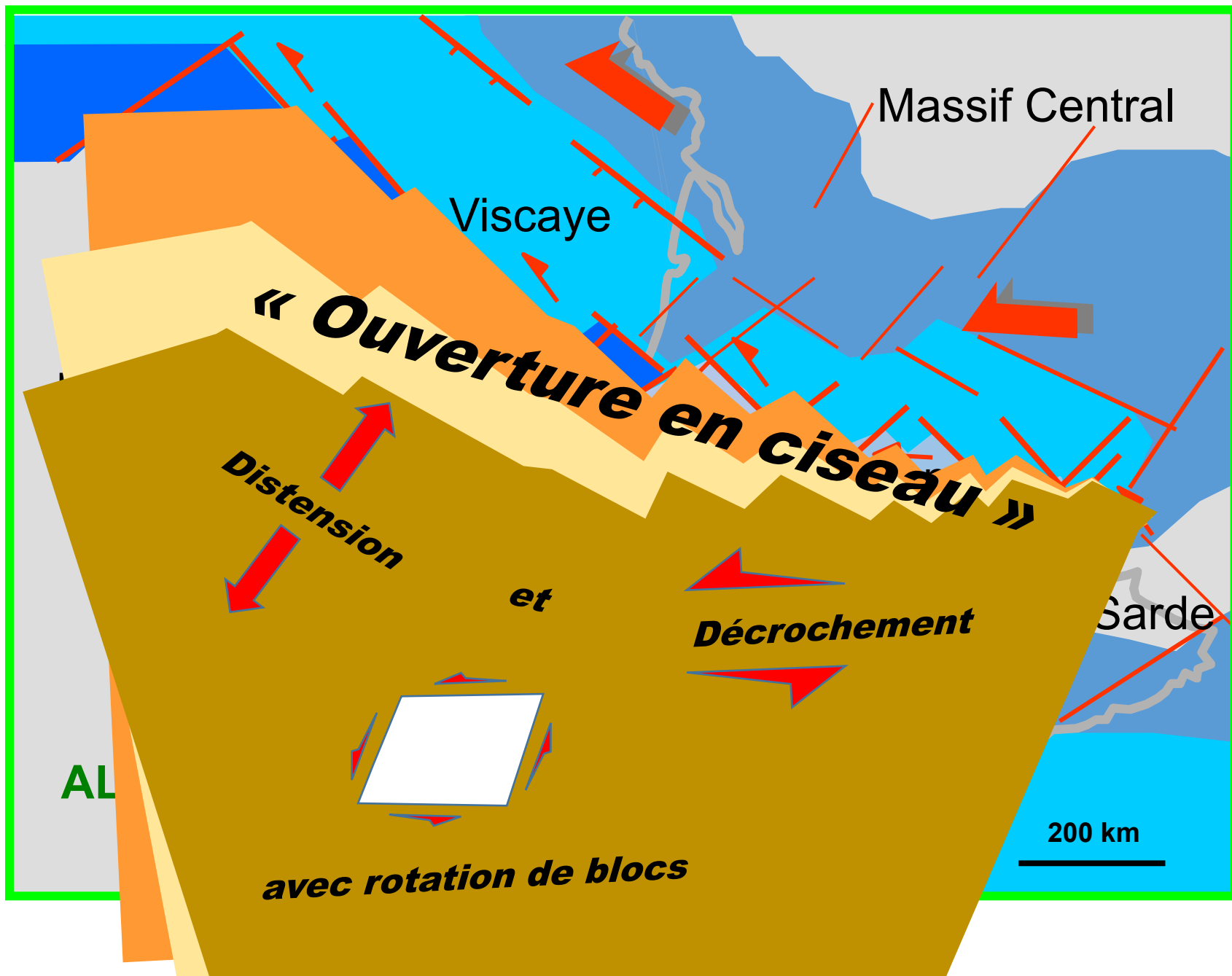


3: Cénomannien supérieur - Sénonien inférieur (stade post-rift)



4: Structure actuelle (coupes A-A' et B-B' localisées sur la carte)

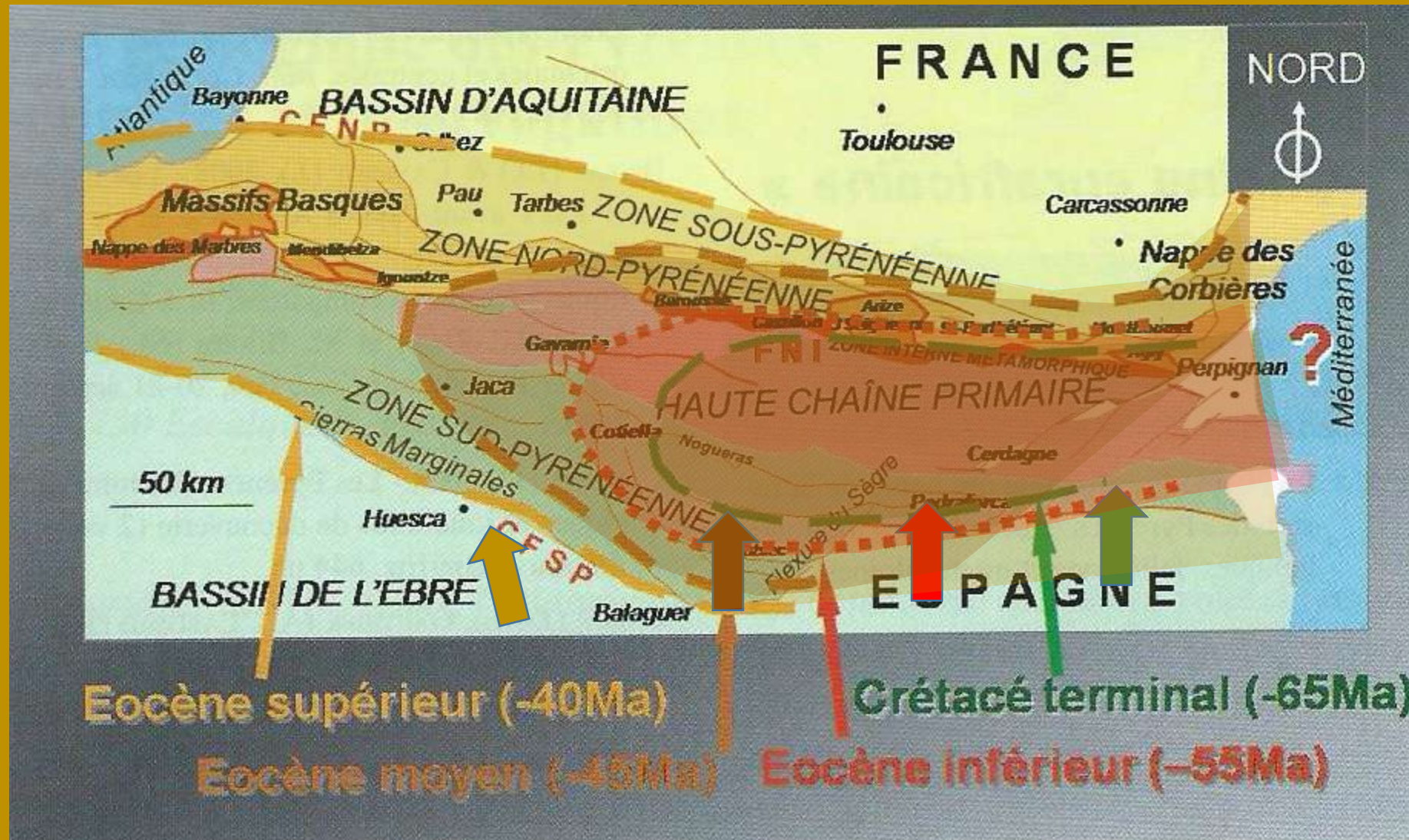
**Les étapes de montée de la lherzolite depuis le rift crétacé (-100 Ma)
jusqu'à la compression tertiaire et l'affleurement actuel par érosion**



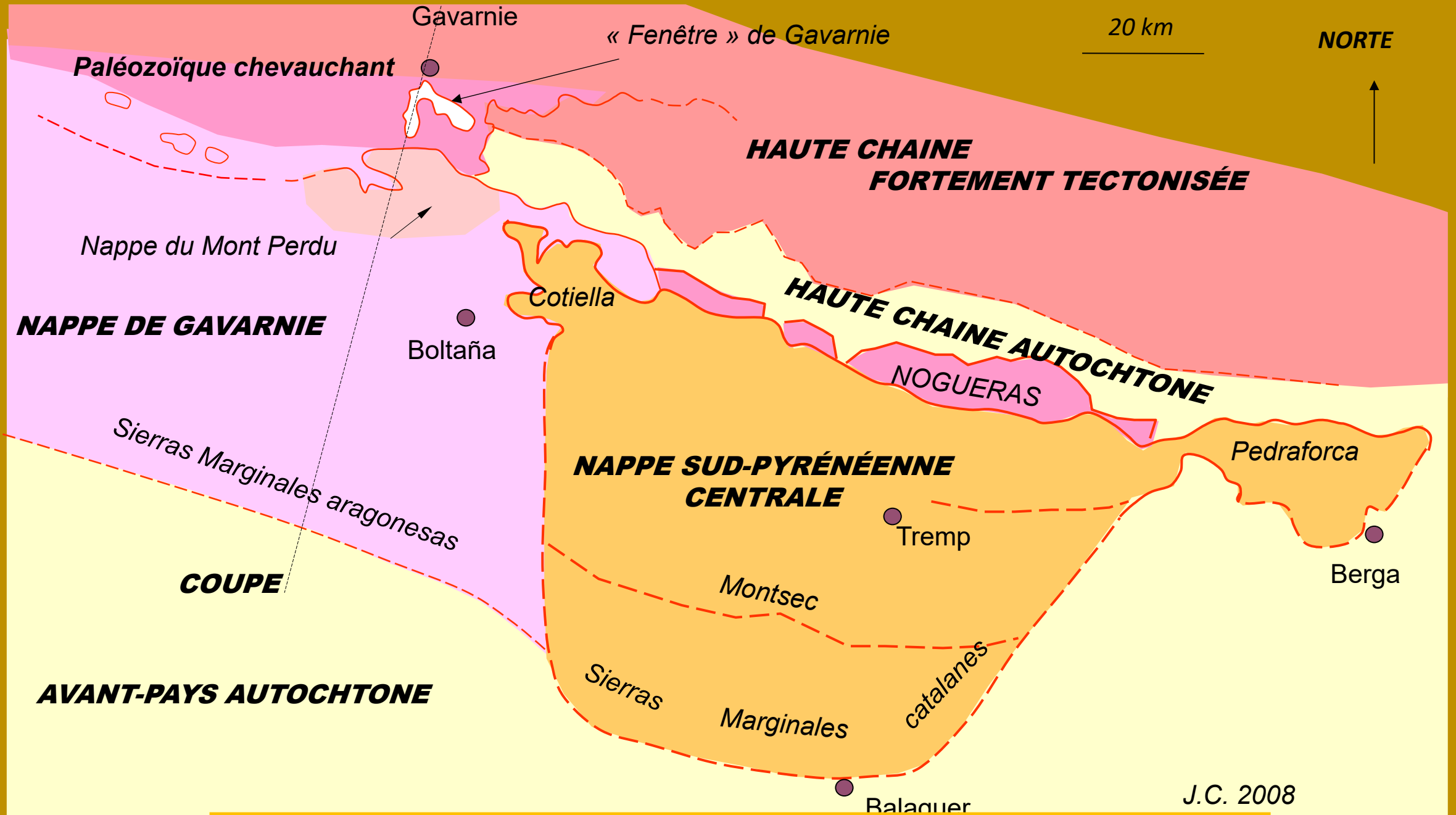
A photograph of a high mountain range with snow-dusted peaks and a green valley below. The mountains are rugged and rocky, with patches of snow clinging to their slopes and crevices. The sky is a clear, bright blue. In the foreground, a green, grassy slope leads down into a deep valley. The valley floor is covered in dense green forest, and a small river or stream is visible winding through it. The overall scene is one of a majestic, high-altitude landscape.

B – La dynamique structurale

Poussée de l'Afrique, inversion du fossé crétacé et subduction continentale le long de la zone de « Faille Nord-Ibérique »



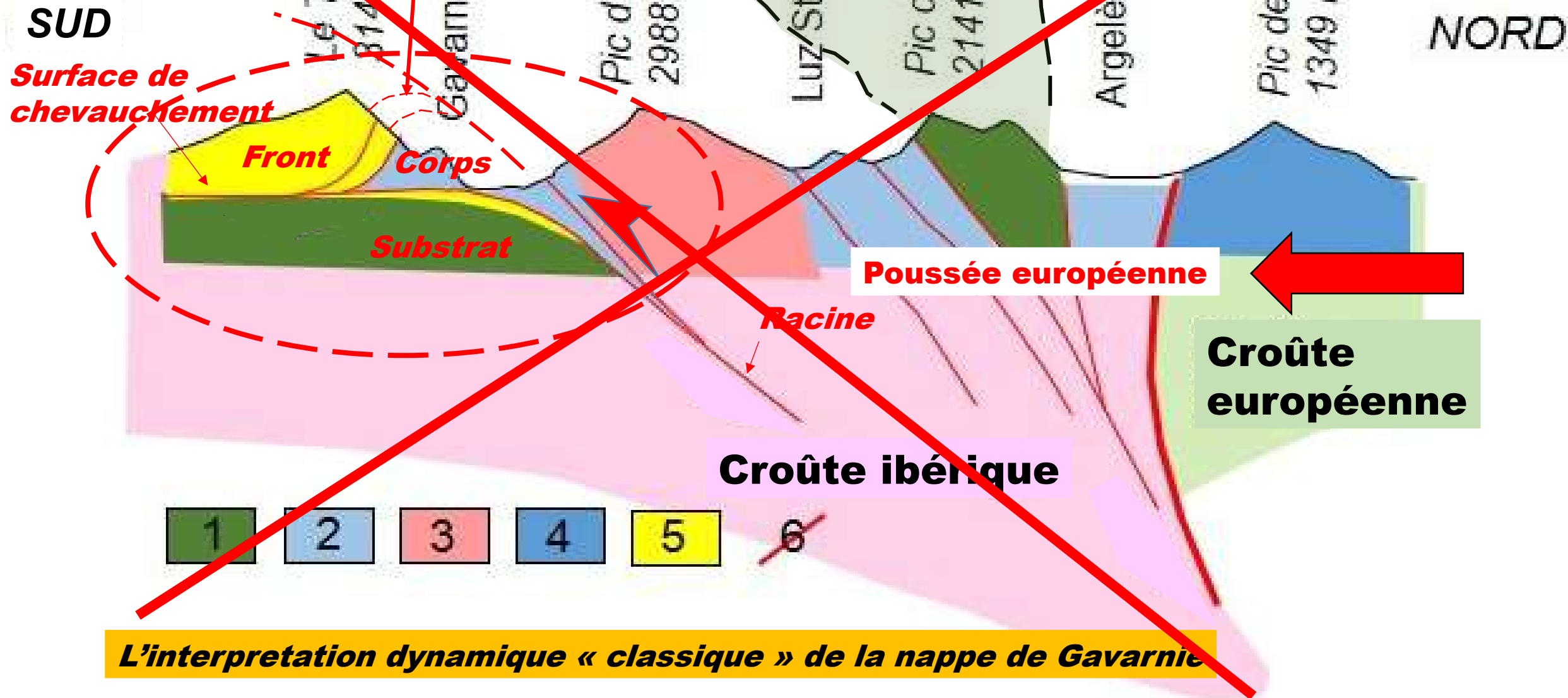
**Migration Est-Ouest
de la compression pyrénéenne N-S à SE-NW**



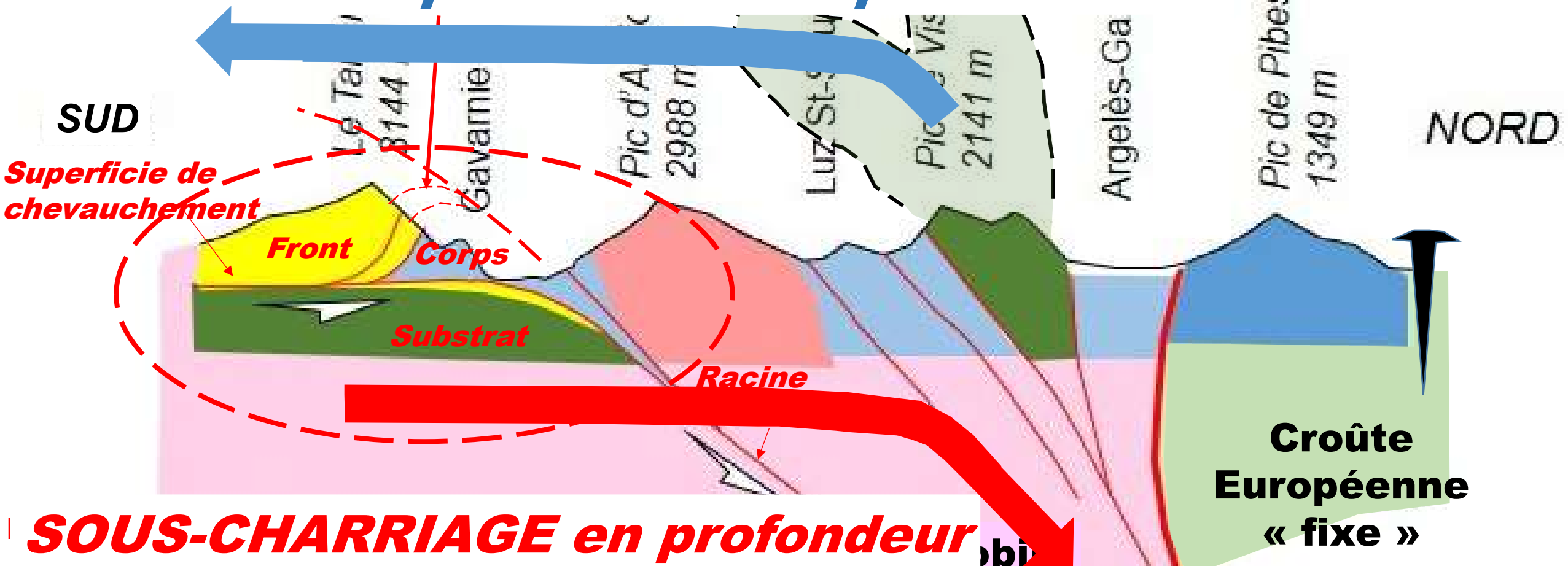
J.C. 2008

L'exemple de la nappe de Gavarnie dans les Pyrénées Centrales

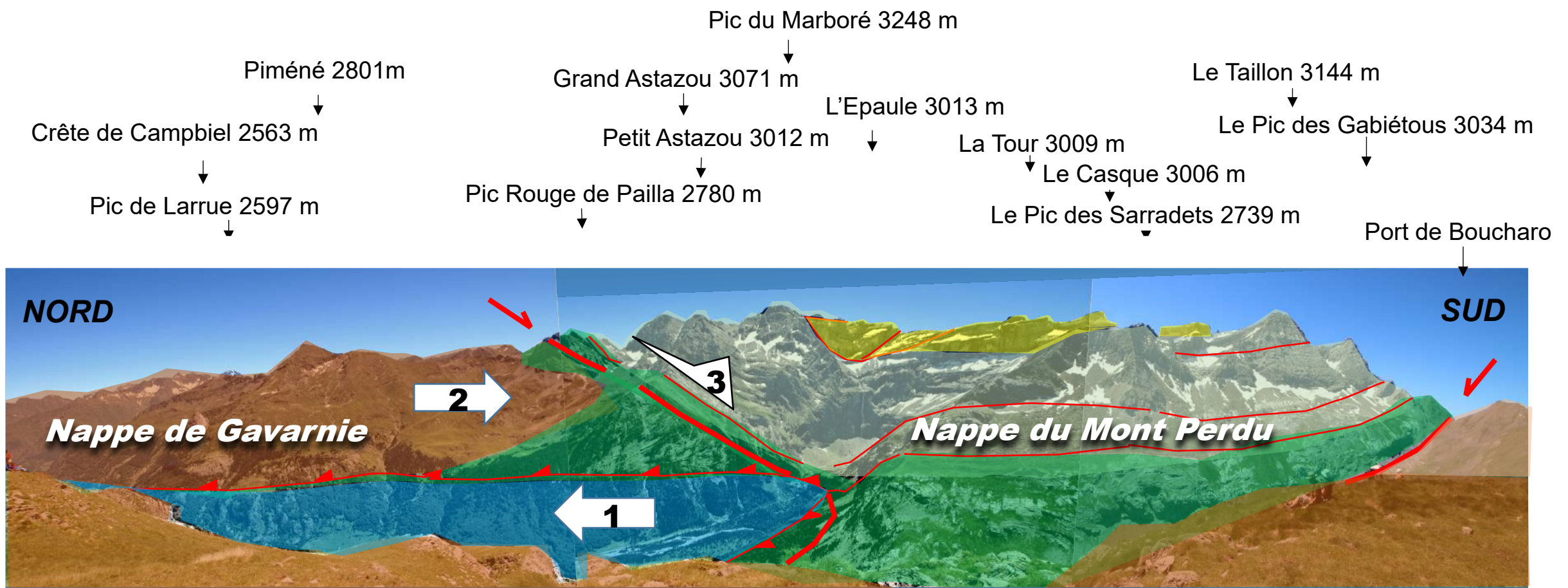
La nappe de Gavarnie



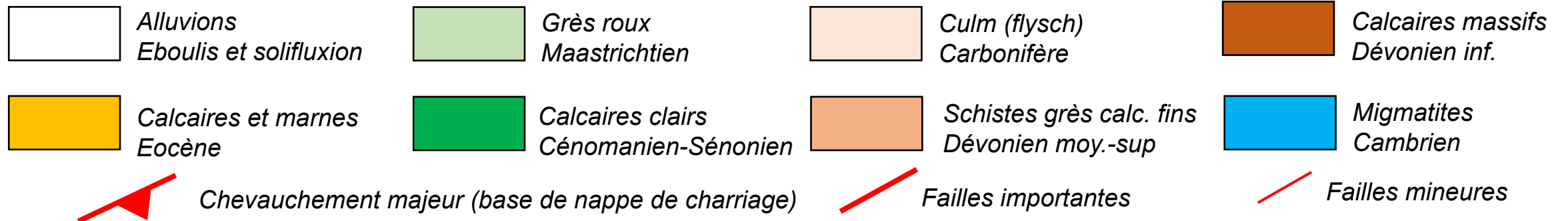
CHARRIAGE par réaction superficielle

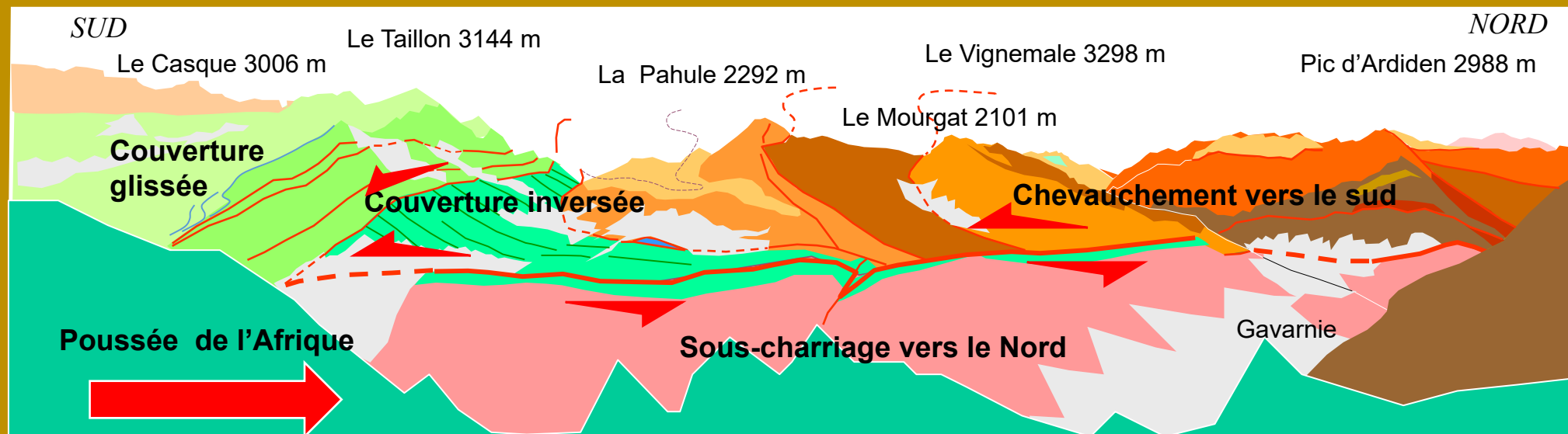
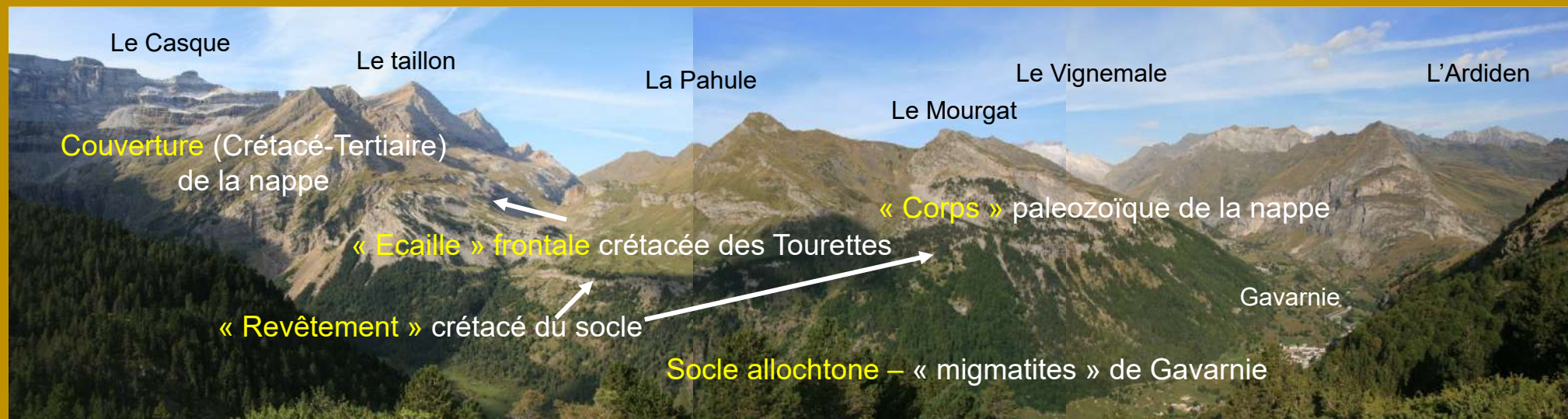


L'interprétation dynamique « moderne » de la nappe de Gavarnie



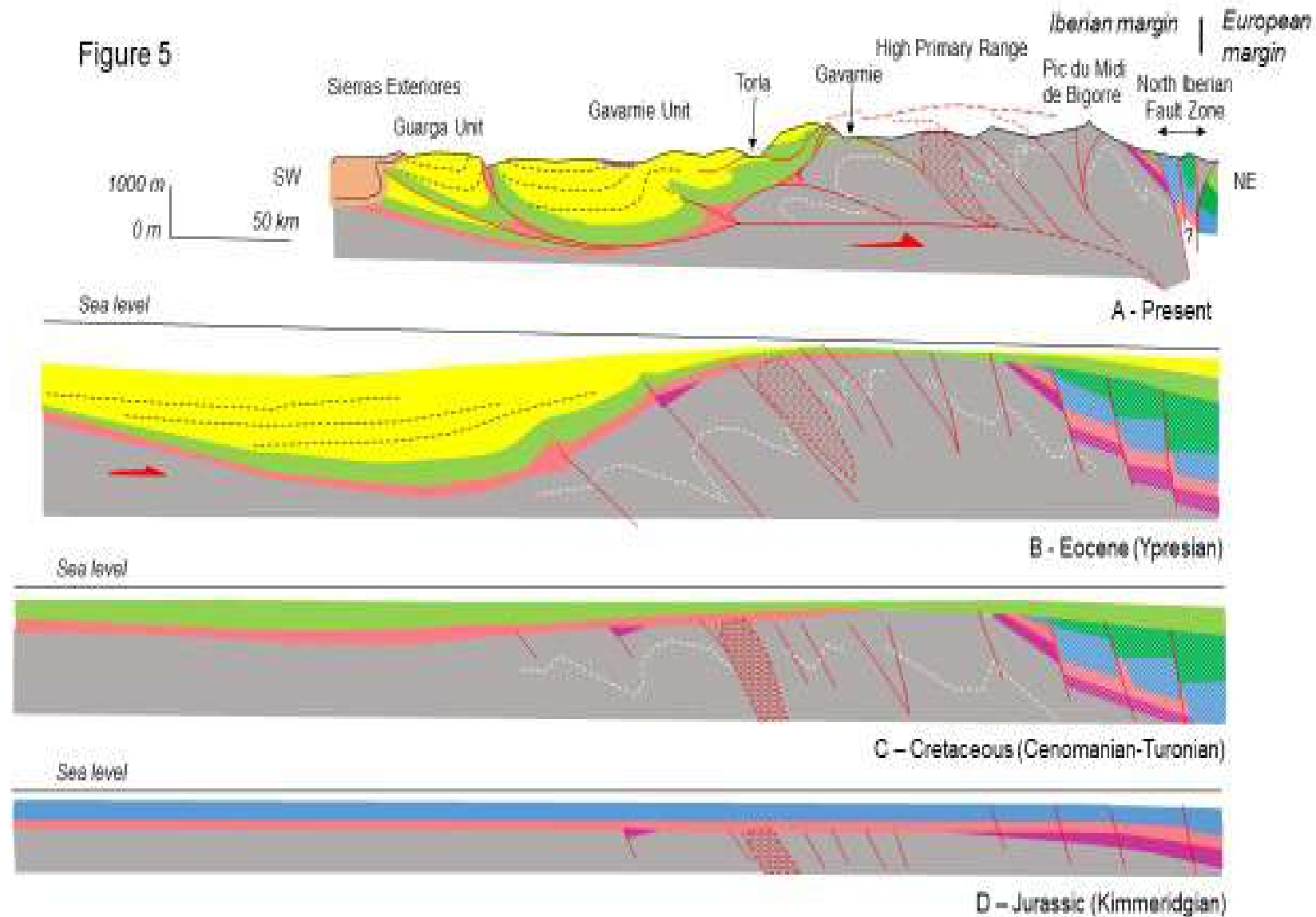
PANORAMA GÉOLOGIQUE DU CIRQUE DE GAVARNIE ET DE SES ABORDS, VUS DEPUIS LE PIC DE LA PAHULE (2292m)





***La structure de la nappe de Gavarnie
Vue vers l'ouest à partir du refuge des Espuguettes***

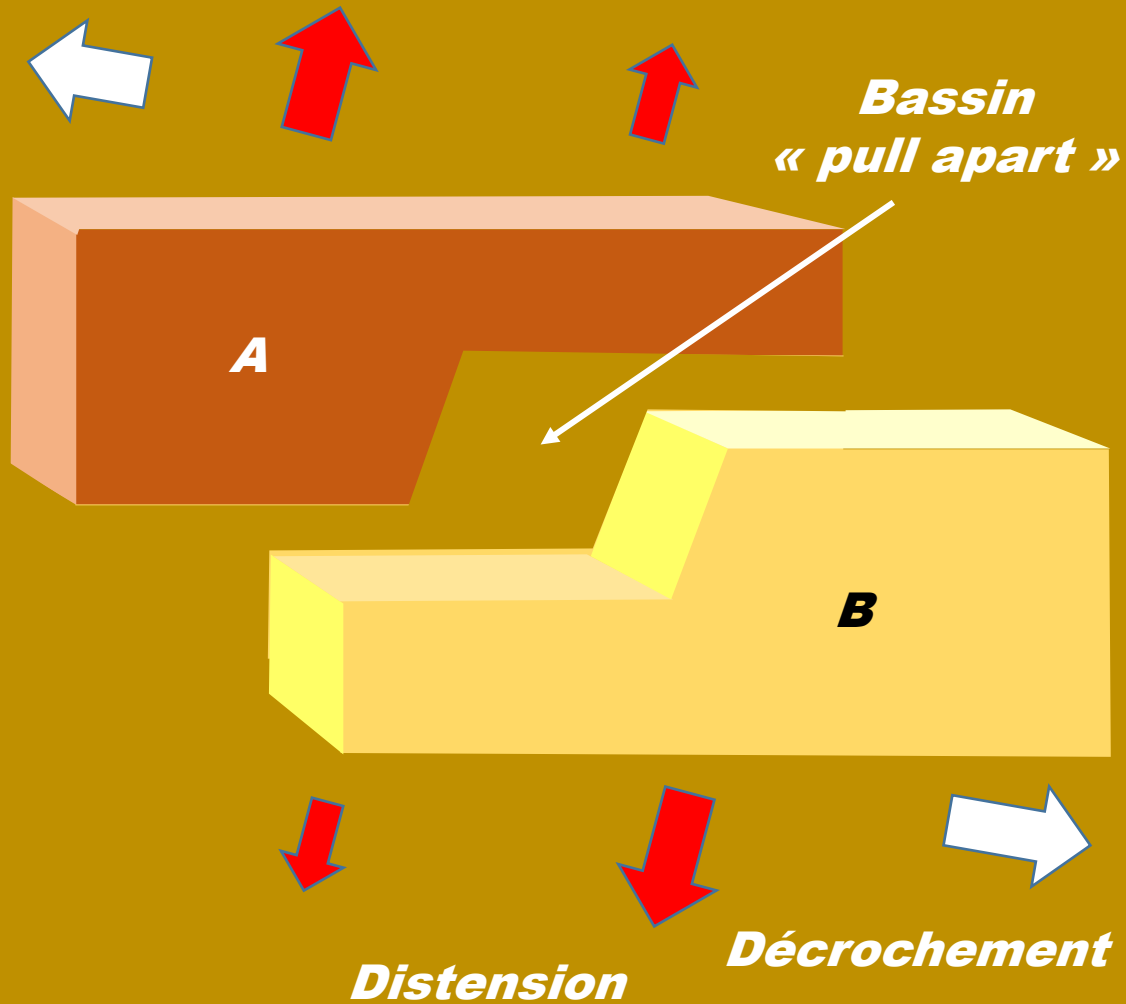
Figure 5



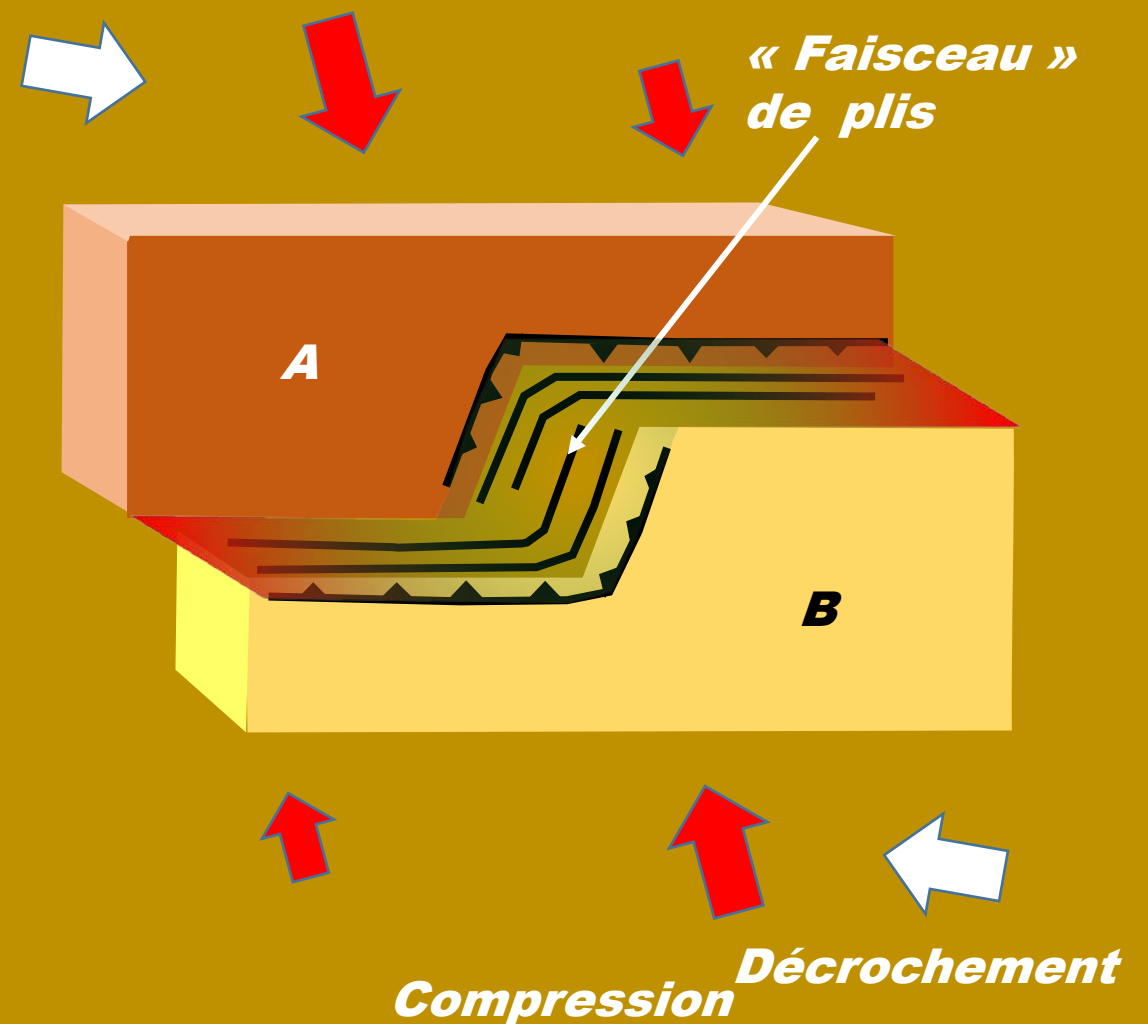
Etapas de mise en place de la nappe de Gavarnie

« Style tectonique » des Pyrénées

« Déformation diachrone d'une mosaïque de blocs »

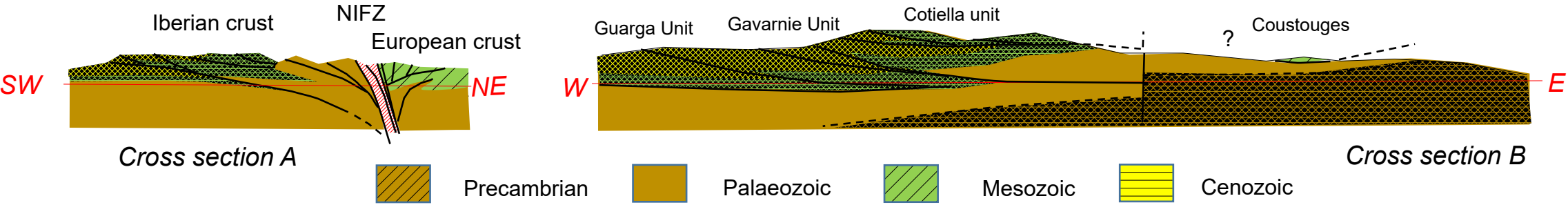
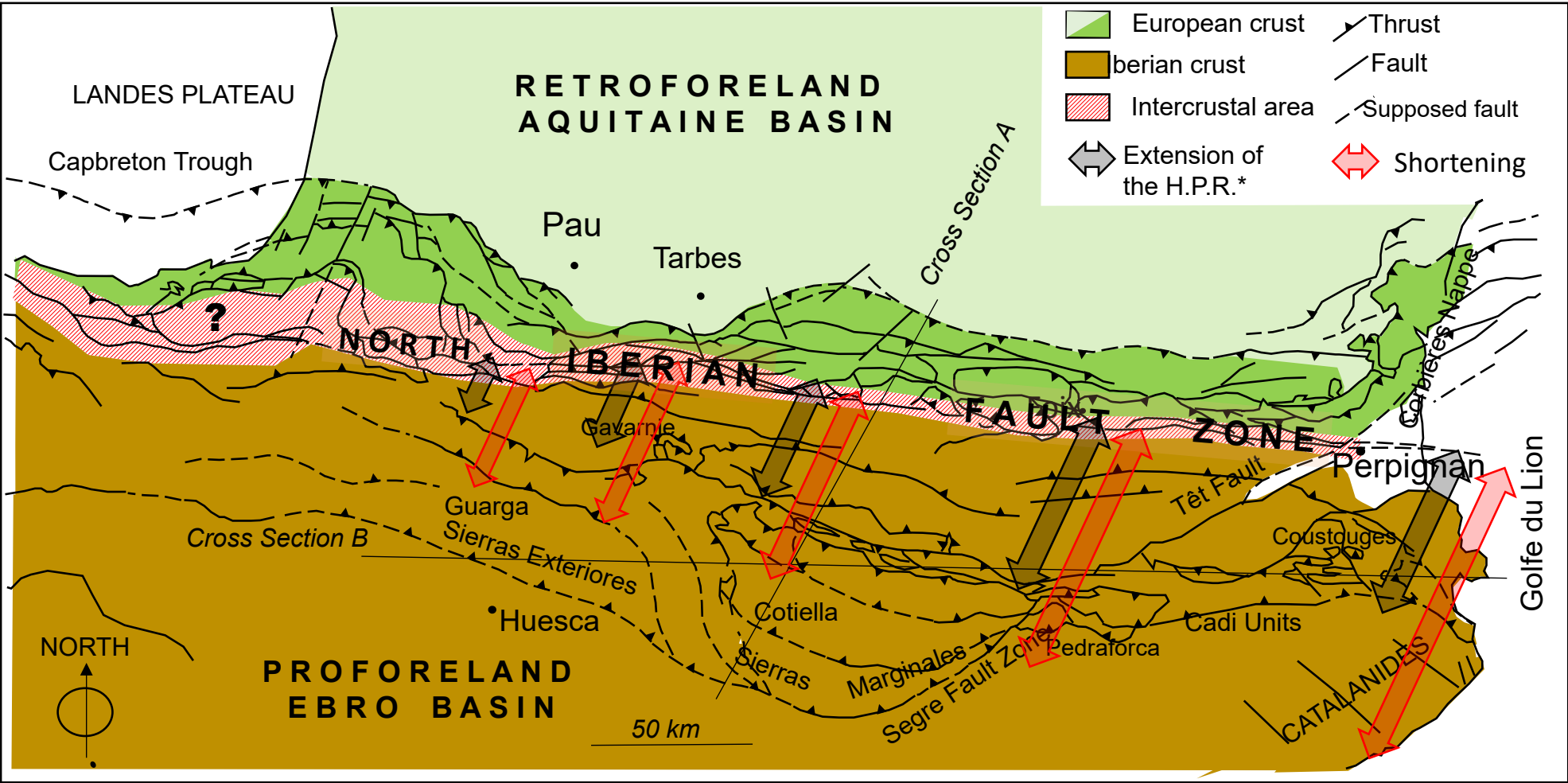


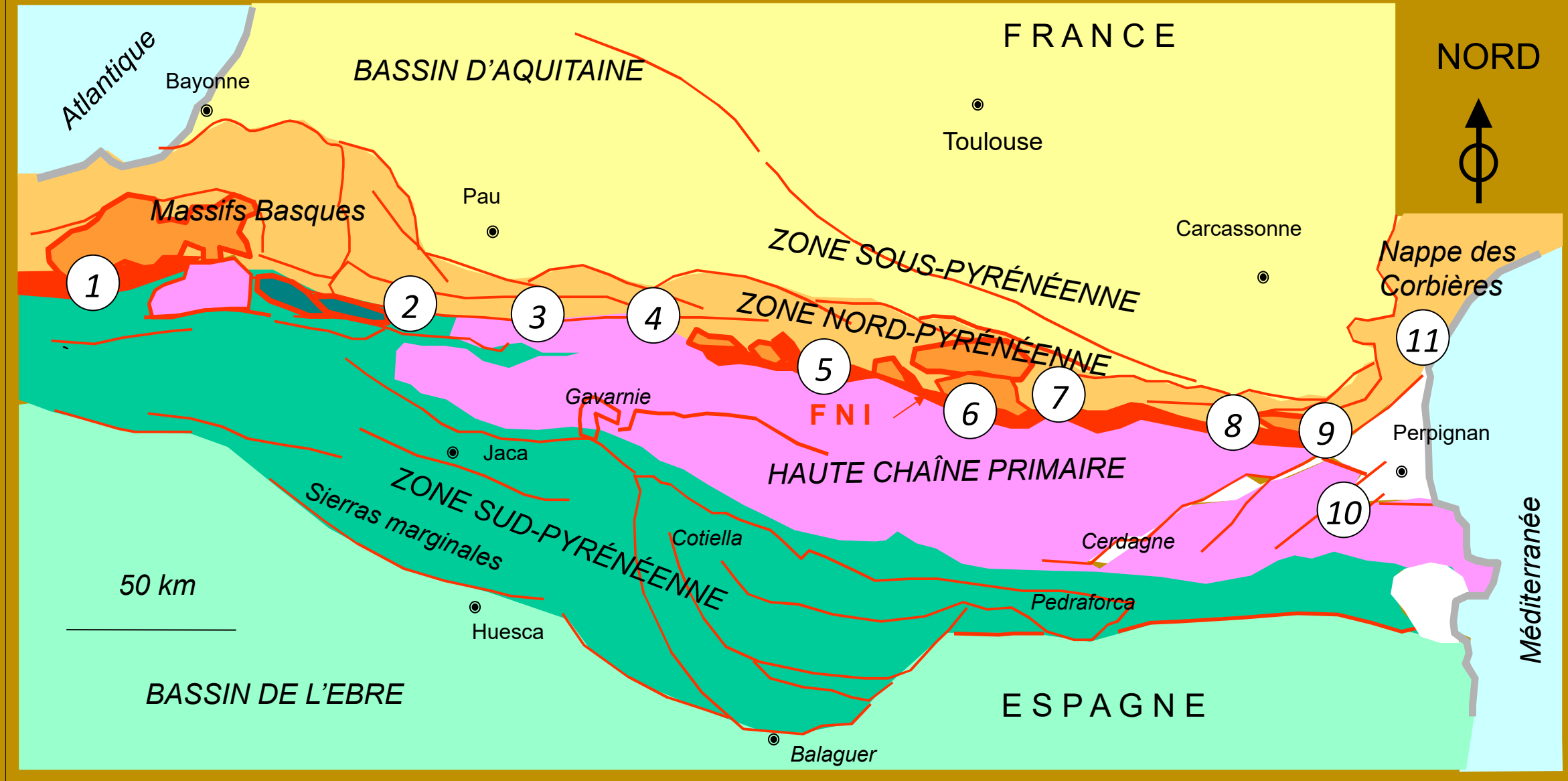
« **Transtension** » mésozoïque



« **Transpression** » tertiaire

Figure 2





C - La question des « brèches tectono-karstiques »

en relation avec la compression continentale tertiaire le long de la Faille Nord-Iberique (FNI)

***1: nappe des marbres; 2: Layens; 3: Lourdes-Pibeste; 4: Médous-Asté; 5: Saint-Béat;
6: Etang de Lhers; 7: Comus; 8: Axat; 9: Baixas; 10: Amélie-les-Bains; 11: Cap Romarin.***



Eratsun (Pays Basque)



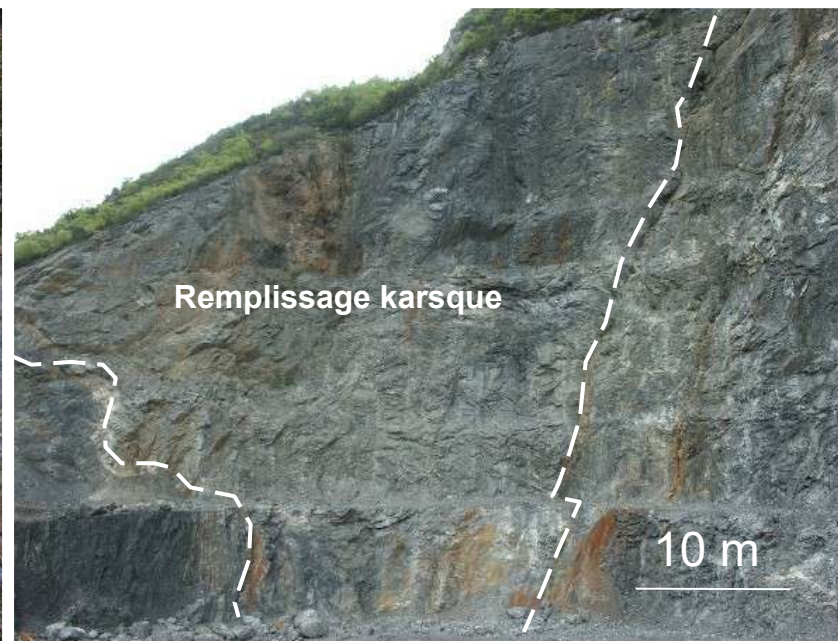
Col d'Agnes (Ariège)



Layens (Béarn)



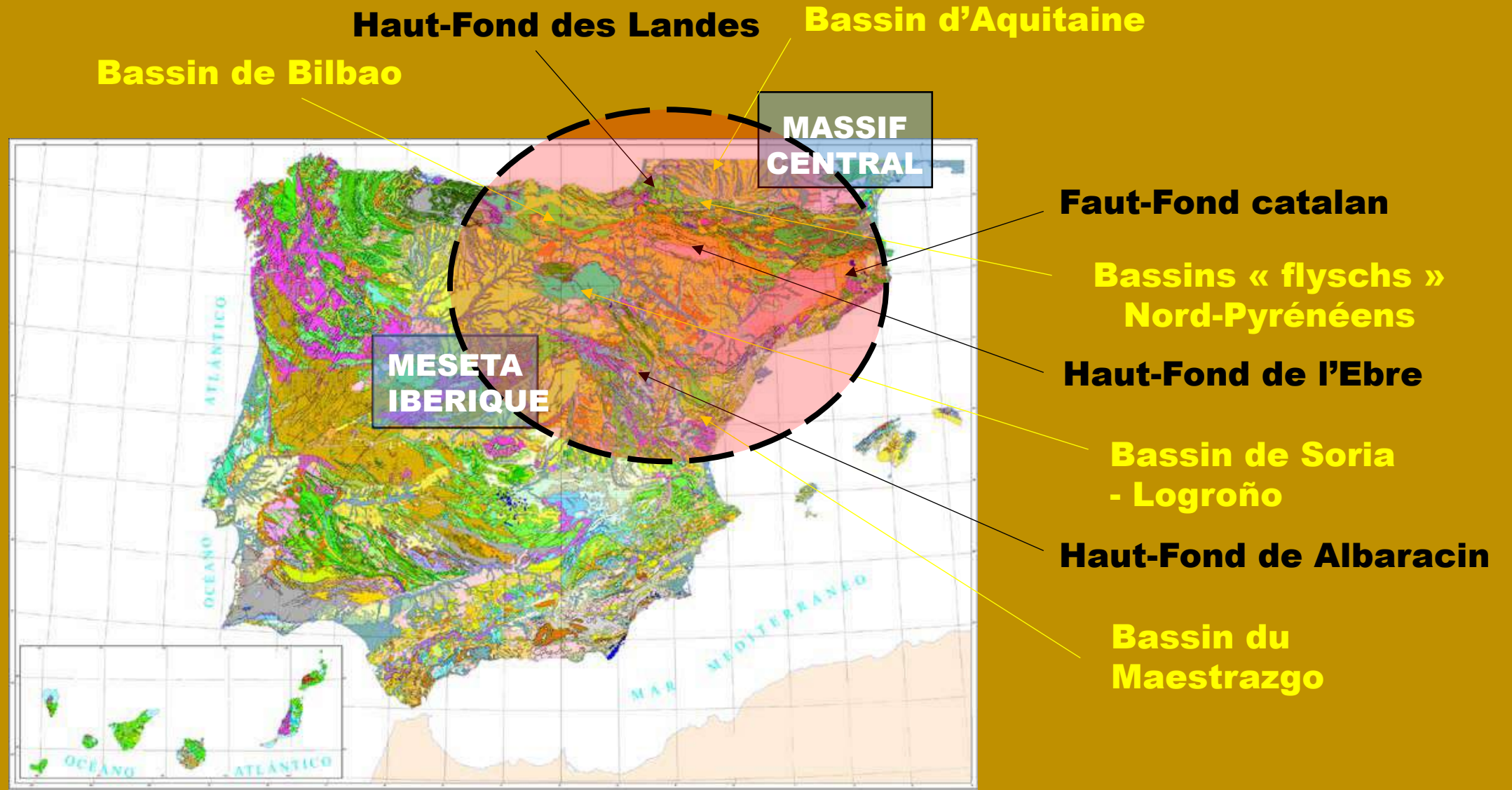
Layens (Béarn)



Lourdes - Pibeste (Bigorre)



Saint-Béat (Comminges)



**Pour mieux connaître la Chaîne des Pyrénées... « UN SOUHAIT »:
l'étude géologique internationale et pluridisciplinaire de
toute la zone de déformation entre Meseta Ibérique et Massif Central ?**

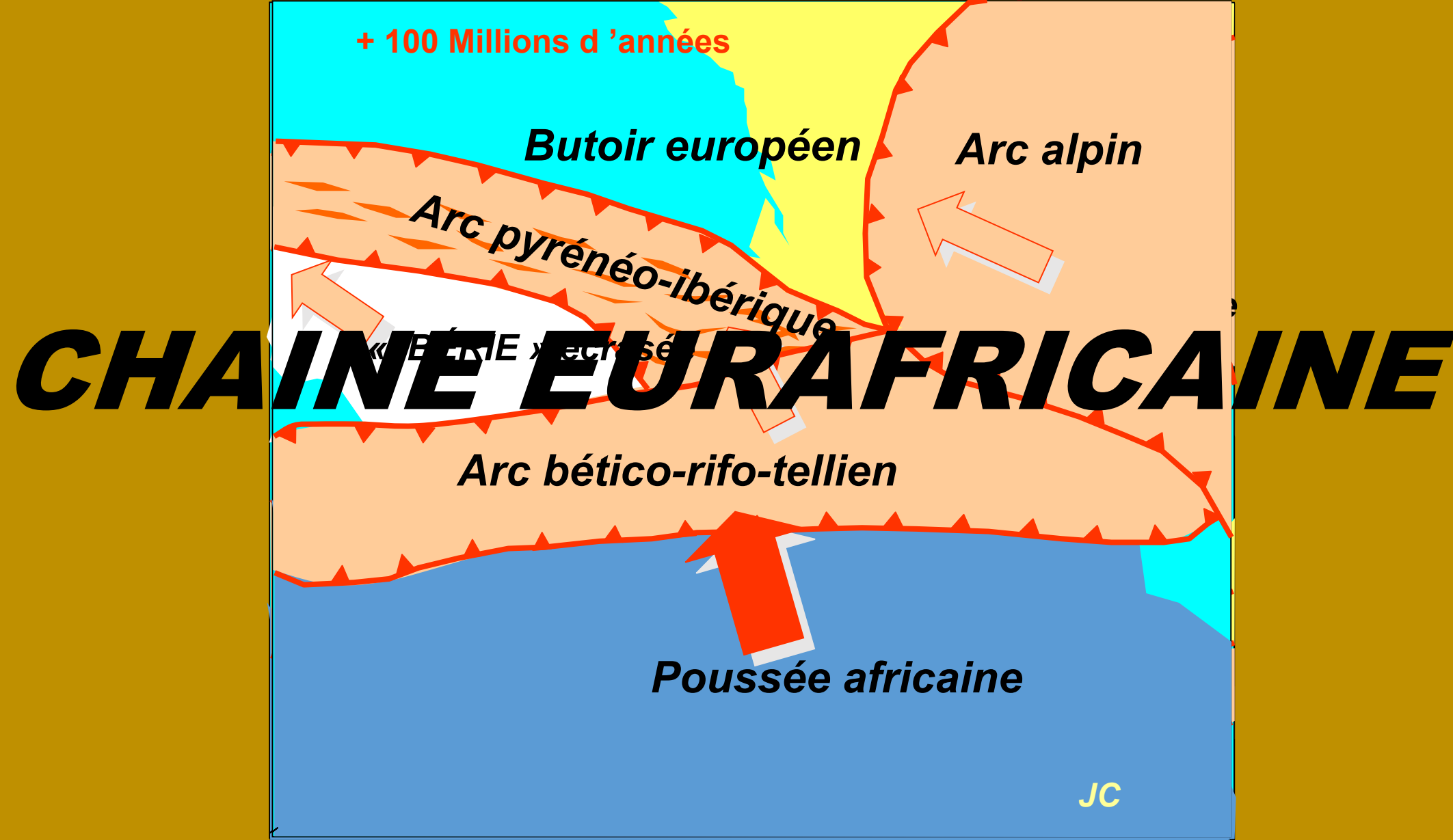
4 – L'avenir des Pyrénées...

- ***Ecrasement de l'Ibérie***
- ***La fin de la Méditerranée***
- ***Une Nouvelle Chaîne Eurafricaine***
- ***Intégration dans la nouvelle « Pangée »***

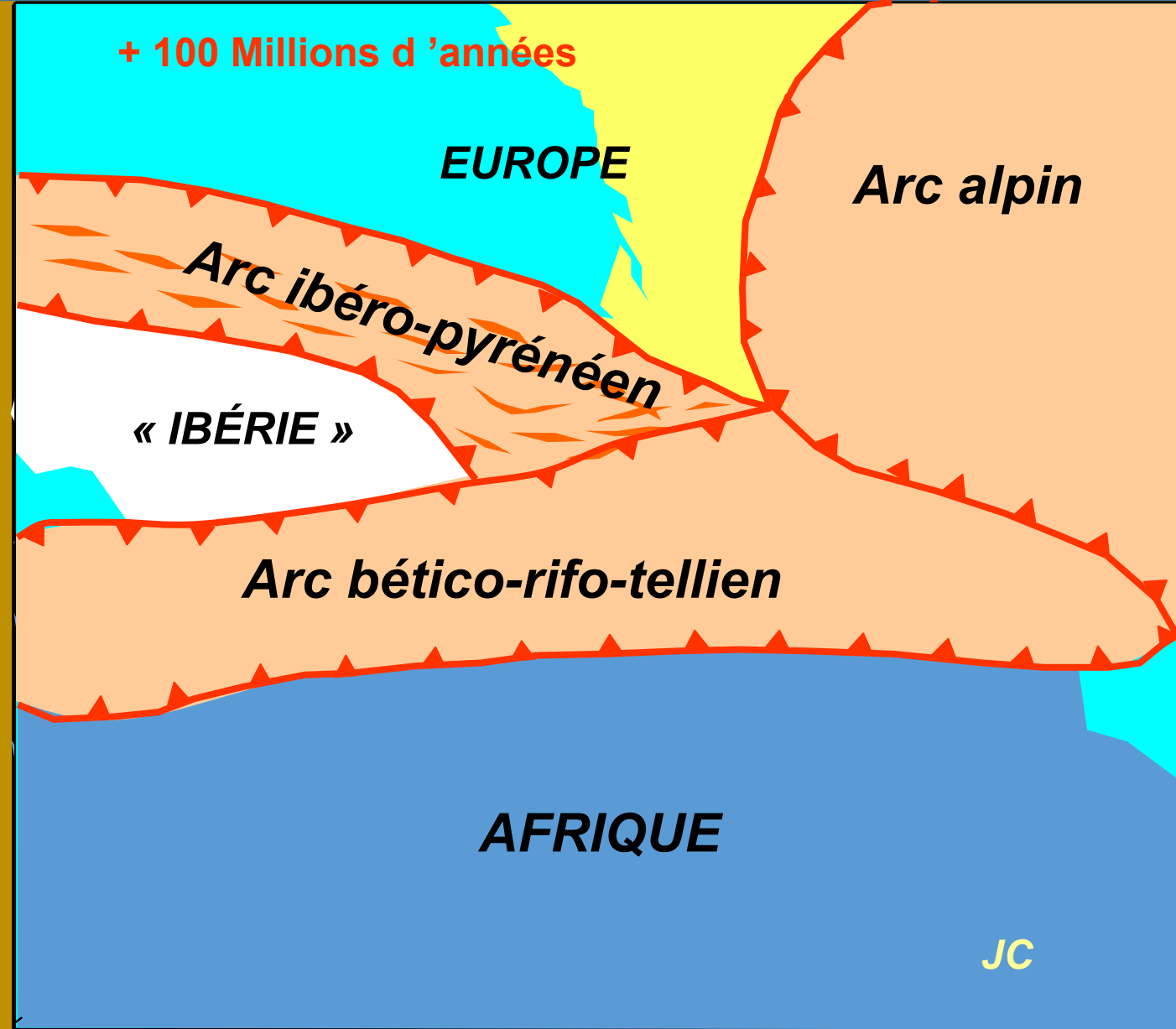
Le synclinal couché du Cylindre du Marbore



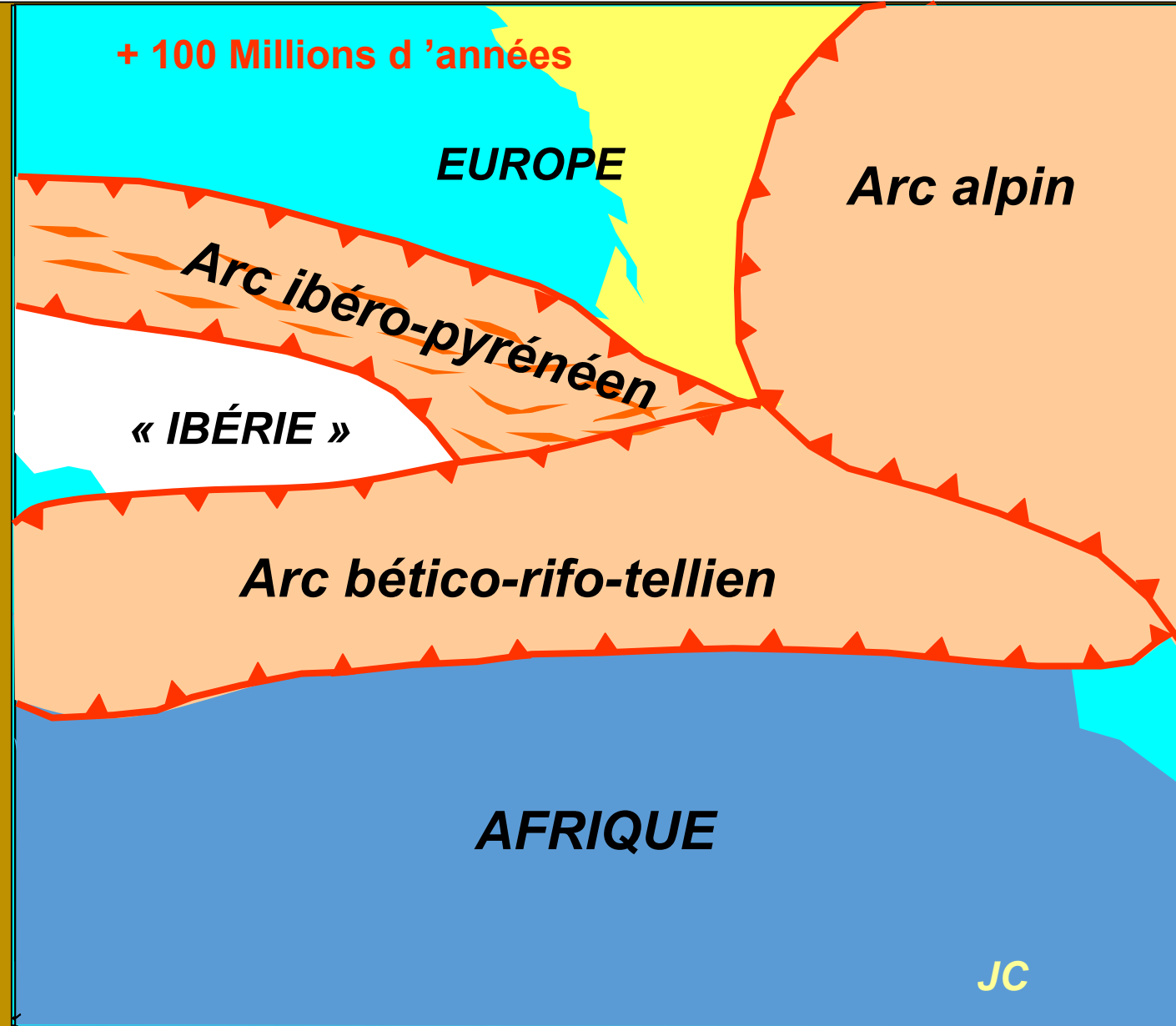
PROSPECTIVE TECTONIQUE:
Les forces en présence



PROSPECTIVE TECTONIQUE
Scénario « catastrophe »



PROSPECTIVE TECTONIQUE
Scénario « catastrophe »



PROSPECTIVE TECTONIQUE
Scénario « catastrophe »

Mais...

***Jusqu'à 100 millions d'années...
On a encore le temps!***

***Merci pour votre
attention...***

