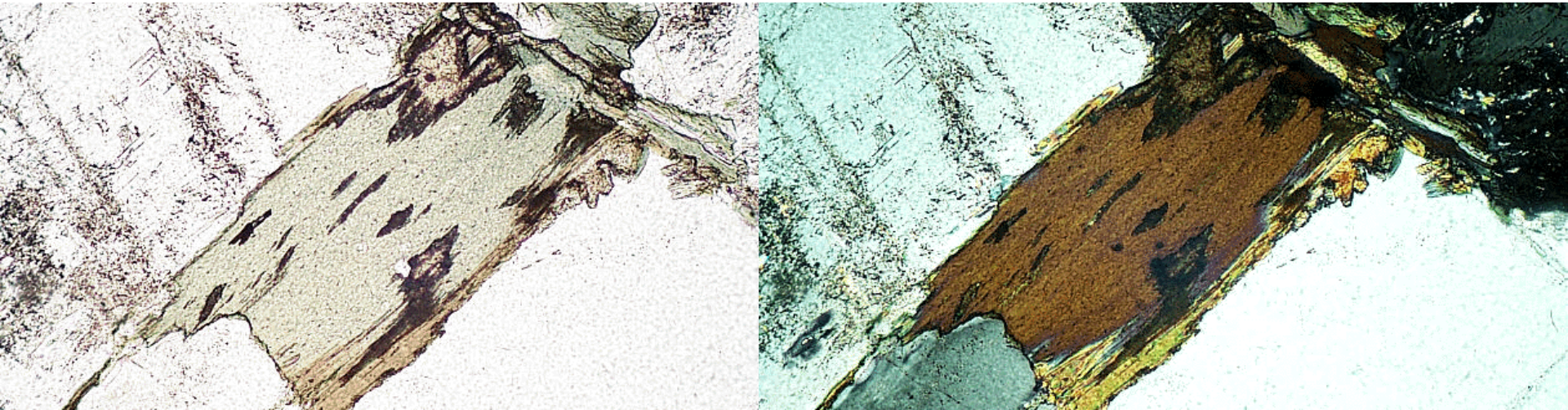


UE 5.1 - MÉTAMORPHISME



1. MICROSTRUCTURES DES ROCHES MÉTAMORPHIQUES
2. THERMODYNAMIQUE ET ÉQUILIBRES MINÉRAUX

3. MÉTAMORPHISME DANS L'OROGENÈSE ALPINE

⇒ OROGENÈSE ALPINE

⇒ Métamorphisme HP-BT (Alpes Occidentales)

⇒ Métamorphisme MP-HT (Alpes Centrales)

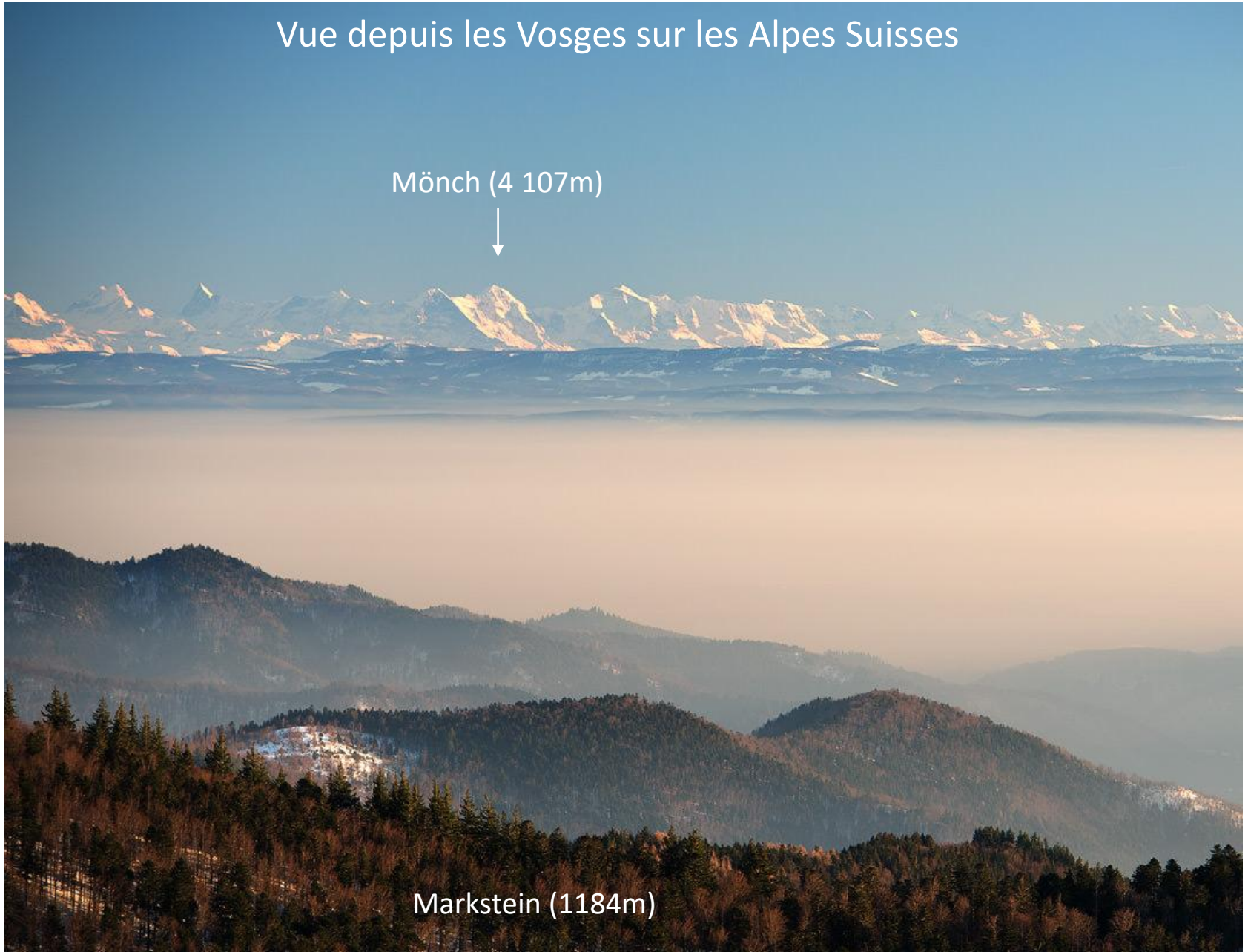
INTRODUCTION: Montagnes célèbres des Alpes suisses

Vue depuis les Vosges sur les Alpes Suisses

Mönch (4 107m)



Markstein (1184m)



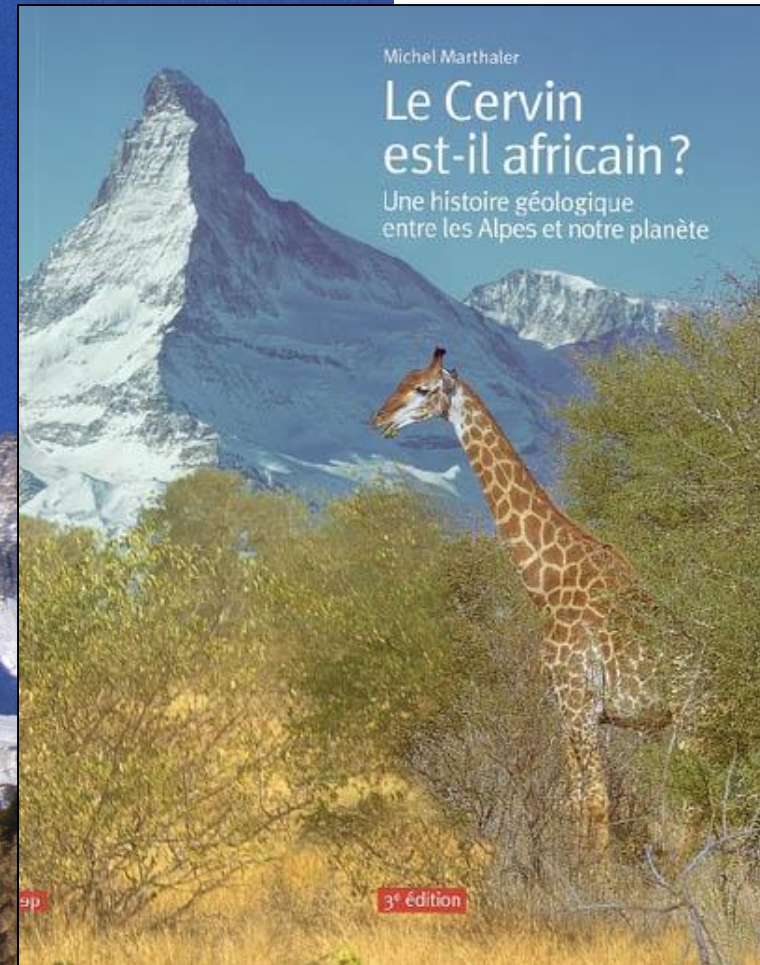
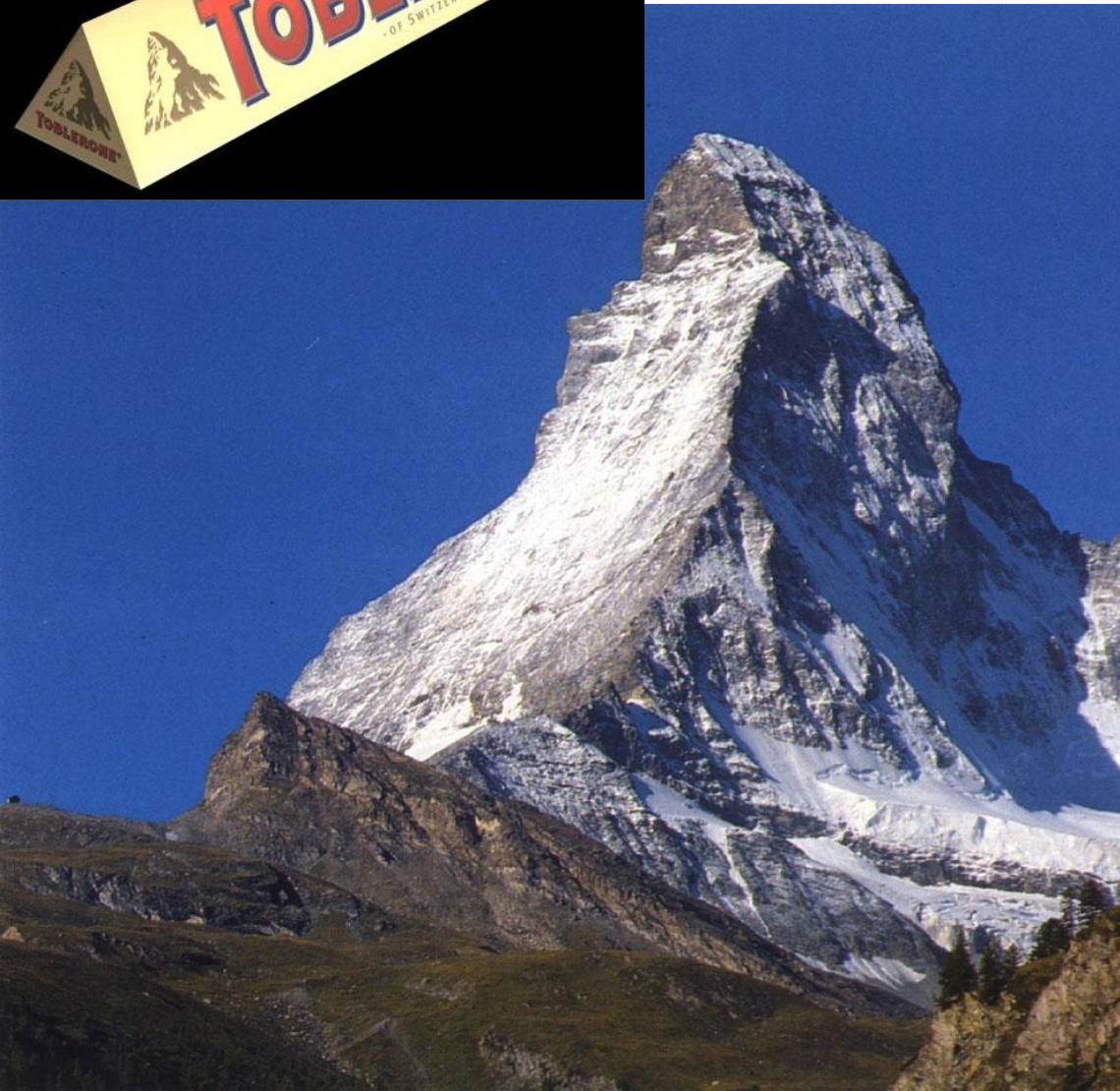
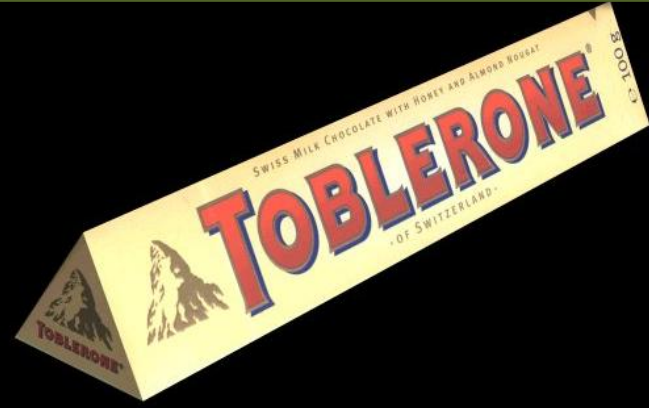
INTRODUCTION: Montagnes célèbres des Alpes suisses

Eiger, Mönch, Jungfrau des Alpes Bernoises (visibles depuis les Vosges).



INTRODUCTION: Montagnes célèbres des Alpes suisses

Le Cervin ou Matterhorn vu depuis Zermatt (Valais)



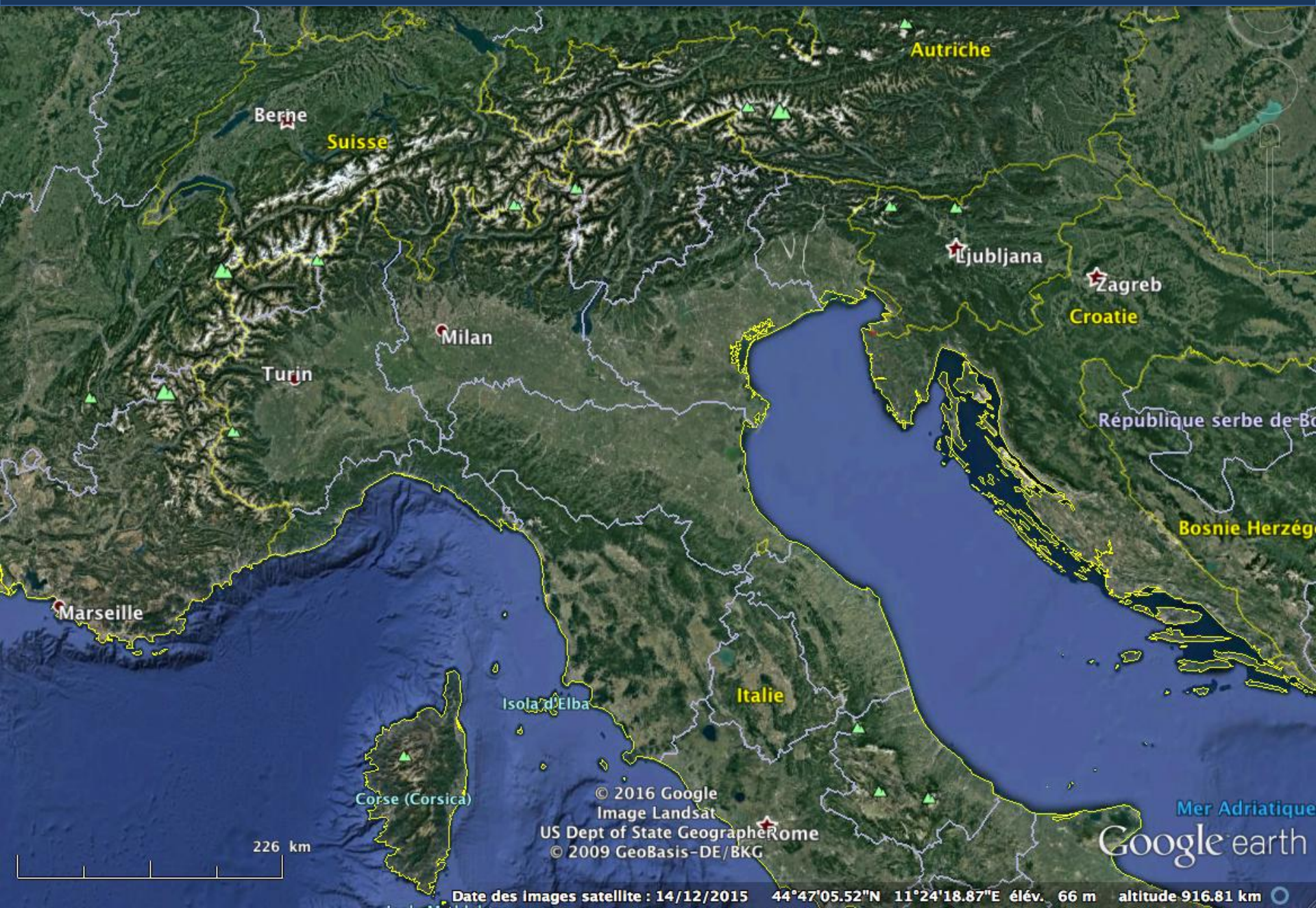
A satellite map of the Alps mountain range, showing the rugged terrain with numerous peaks and valleys. The snow-capped peaks are prominent against the green and brown slopes. The map covers a large area, including parts of France, Italy, and Switzerland.

INTRODUCTION

1. L'OROGENÈSE ALPINE
2. LES GRANDES UNITÉS GÉOLOGIQUES
3. LE MÉTAMORPHISME ALPIN

1. L'OROGENÈSE ALPINE

1. L'OROGENÈSE ALPINE *Introduction*



1. L'OROGENÈSE ALPINE

La phase orogénique Alpine



1. L'OROGENÈSE ALPINE *La chaîne Hercynienne*

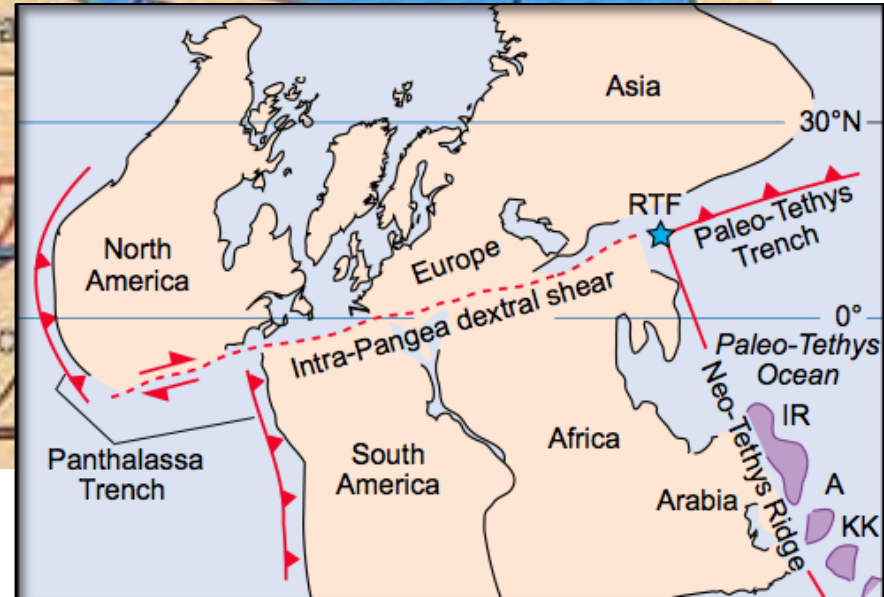
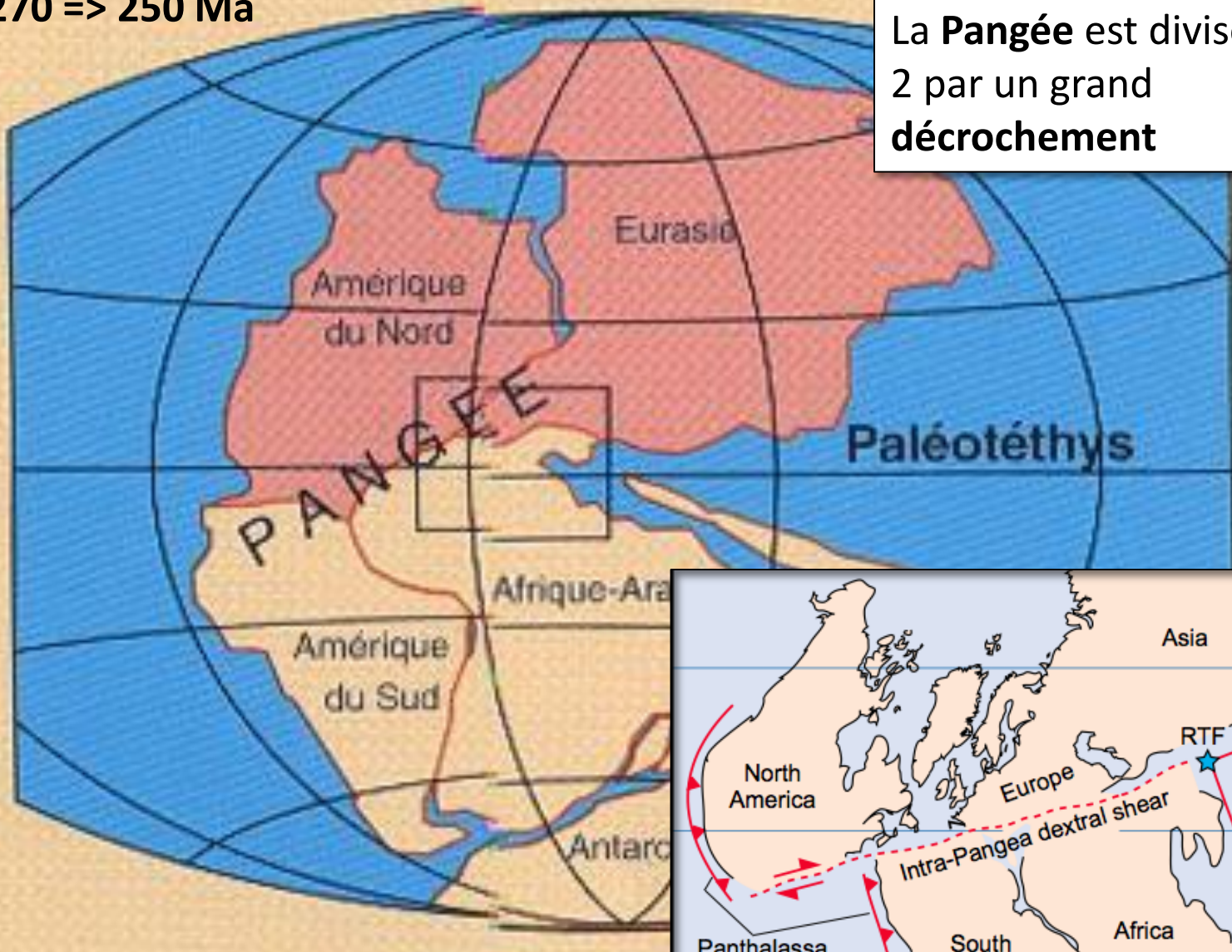


1. L'OROGENÈSE ALPINE

La déchirure de la Pangée

270 => 250 Ma

La **Pangée** est divisée en 2 par un grand **décrochement**



Néogène	Pliocène	Plaisancien
		Zancéen
		Messinien
		Tortonien
Miocène		Serravallien
		Langhien
		Burdigalien
Oligocène		Aquitainien
		Chattien
		Rupélien
Paléogène		Priabonien
		Bartonien
		Lutétien
Éocène		Yprésien
		Thanétien
		Sélandien
Paléocène		Danien
		Maastrichtien
		Campanien
Crétacé		Santonien
		Coniacien
		Turonien
Supérieur		Cénomannien
		Albien
		Aptien
Inférieur		Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
Jurassique		Berriasien
		Tithonien
		Kimméridgien
Supérieur		Oxfordien
		Callovien
		Bathonien
Moyen		Bajocien
		Aalénien
		Toarcien
Inférieur		Plénisbachien
		Sinemurien
		Hettangien
Trias		Rhétien
		Norien
		Carnien
Permien		Ladinien
		Anisien
		Olenékien
Permien		Indusien
		Lopingien
		Changhsingien
Permien		Wuchiapingien
		Capitanien
		Wordien
Permien		Roadien

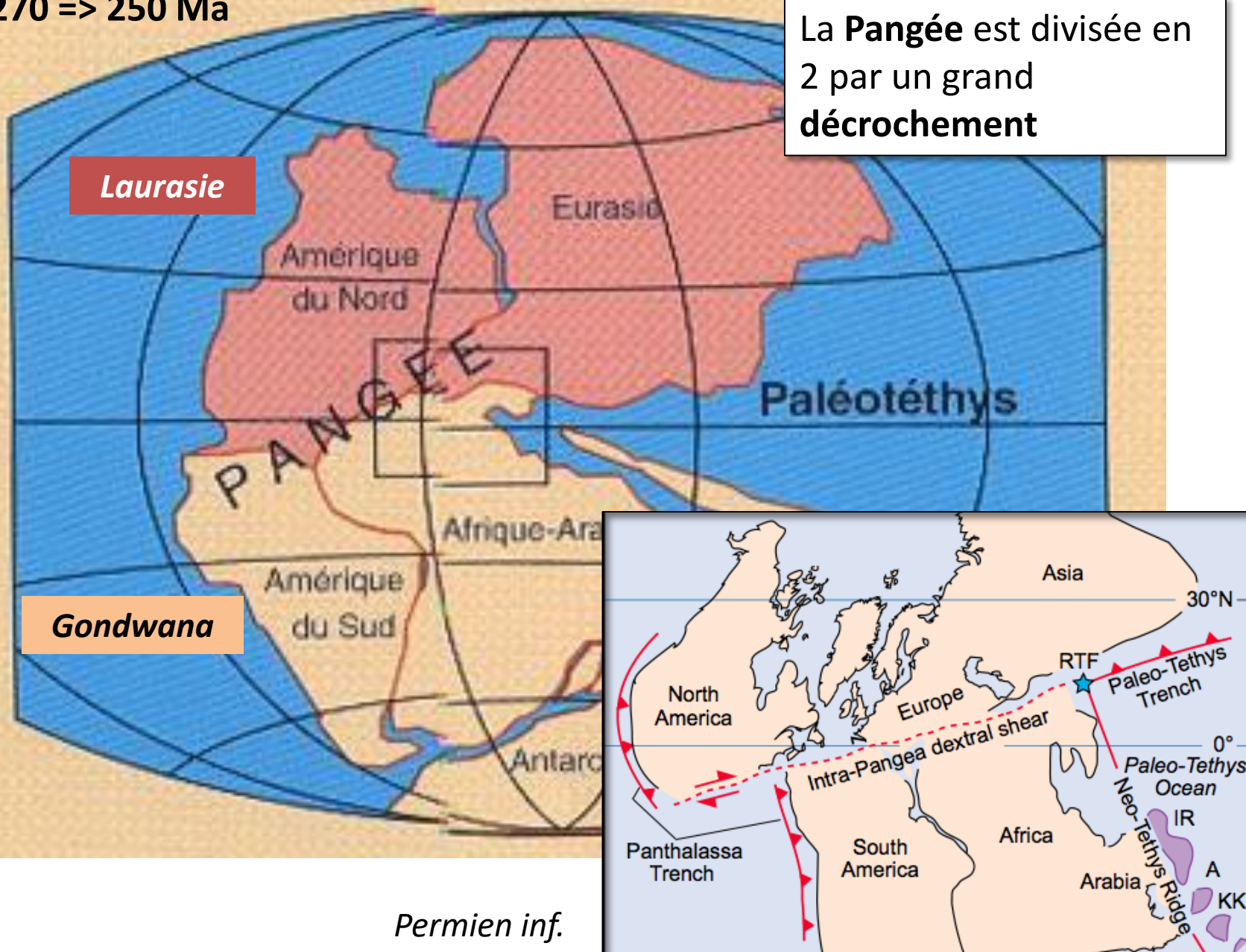
Permien inf.

1. L'OROGENÈSE ALPINE

La déchirure de la Pangée

270 => 250 Ma

La **Pangée** est divisée en 2 par un grand **décrochement**



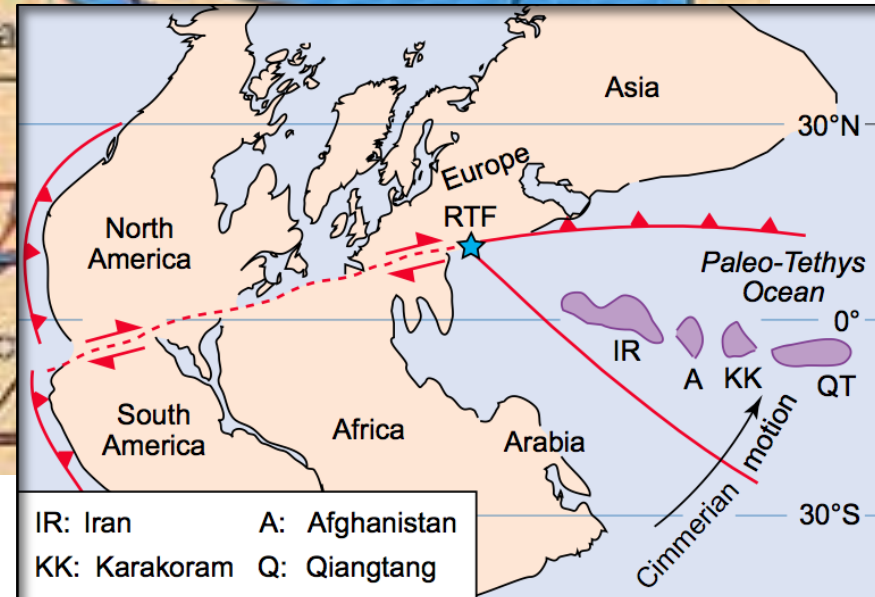
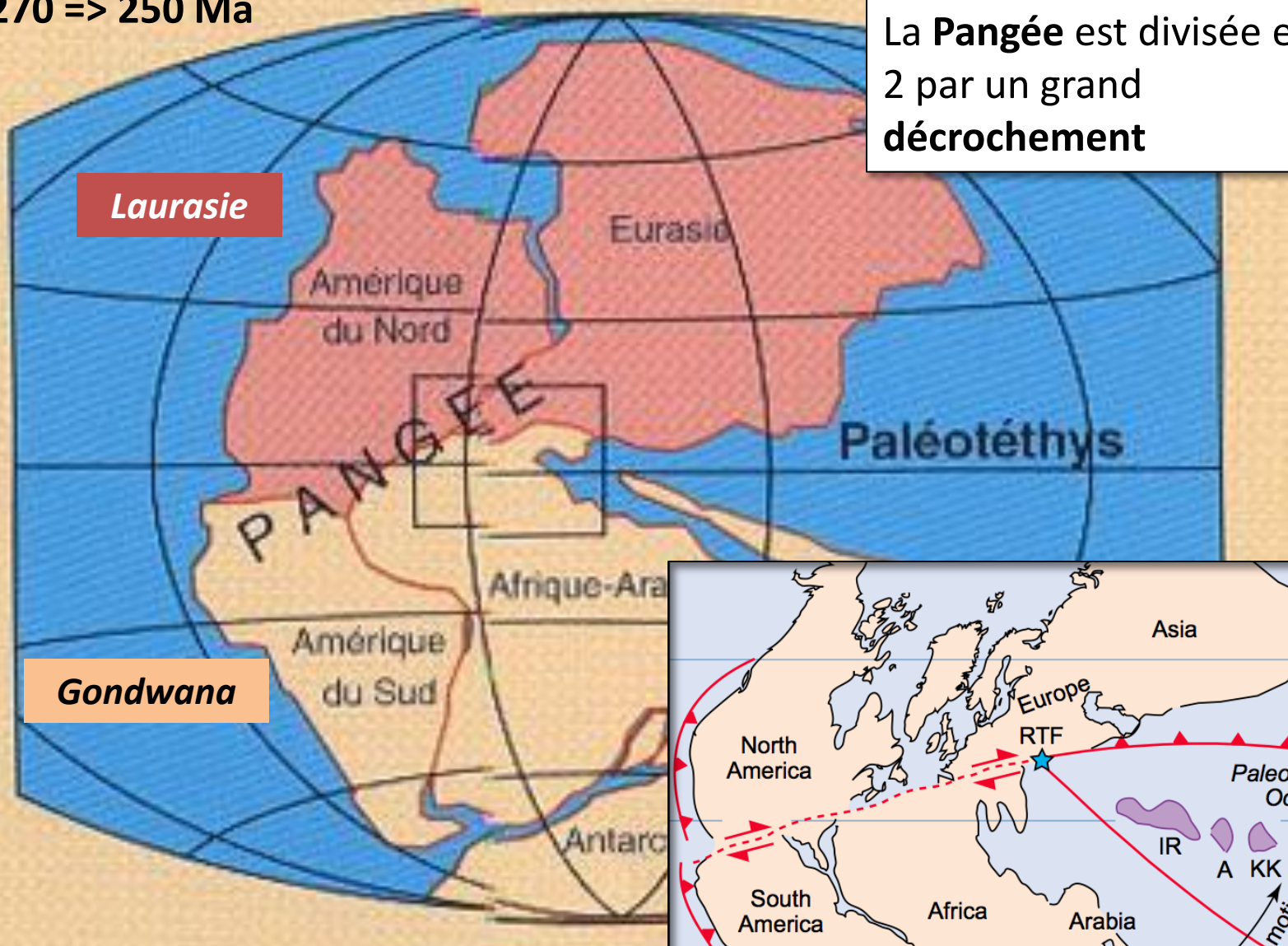
Néogène	Pliocène	Plaisancien
		Zancéen
		Messinien
		Tortonien
		Serravallien
Miocène		Langhien
		Burdigalien
		Aquitanien
Oligocène		Chattien
		Rupélien
		Priabonien
Éocène		Bartonien
		Lutétien
		Yprésien
Paléocène		Thanétien
		Sélandien
		Danien
Crétacé		Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
		Coniacien
		Turonien
Jurassique		Cénomannien
		Albien
		Aptien
		Barrémien
		Hauterivien
Trias		Valanginien
		Berriasien
		Tithonien
		Kimméridgien
		Oxfordien
Permien		Callovien
		Bathonien
		Bajocien
		Aalénien
		Toarcien
Carbonifère		Pliensbachien
		Sinemurien
		Hettangien
		Rhétien
		Norien
Permien		Carnien
		Ladinien
		Anisien
		Olenékien
		Indusien
Permien		Changhsingien
		Wuchiapingien
		Capitanien
		Wordien
		Roadien

1. L'OROGENÈSE ALPINE

La déchirure de la Pangée

270 => 250 Ma

La **Pangée** est divisée en 2 par un grand **décrochement**



IR: Iran A: Afghanistan
KK: Karakoram Q: Qiangtang

Permien sup.

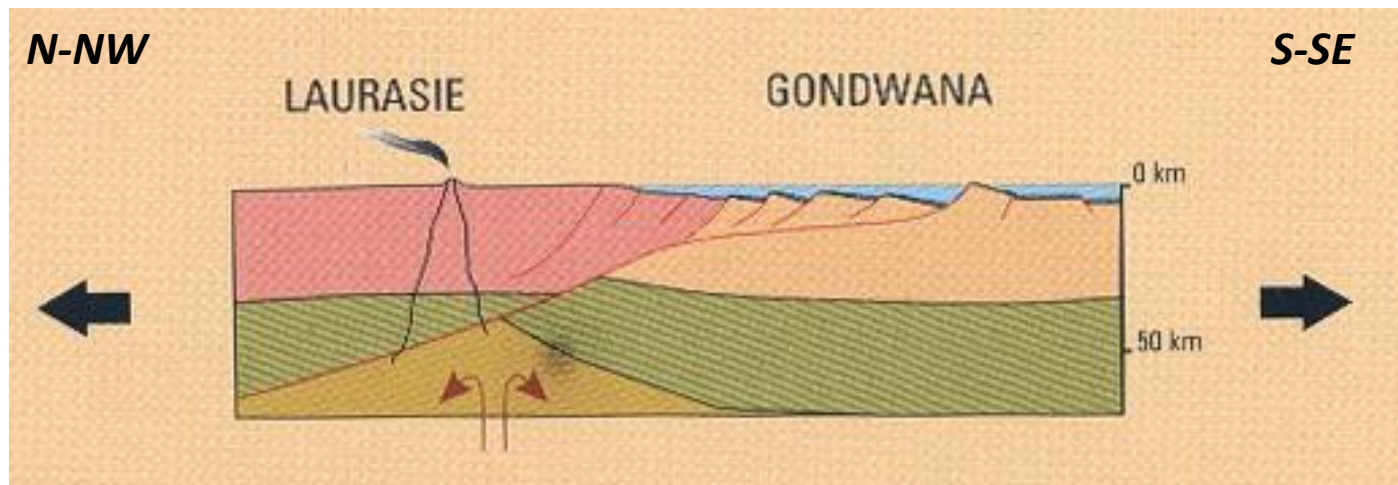
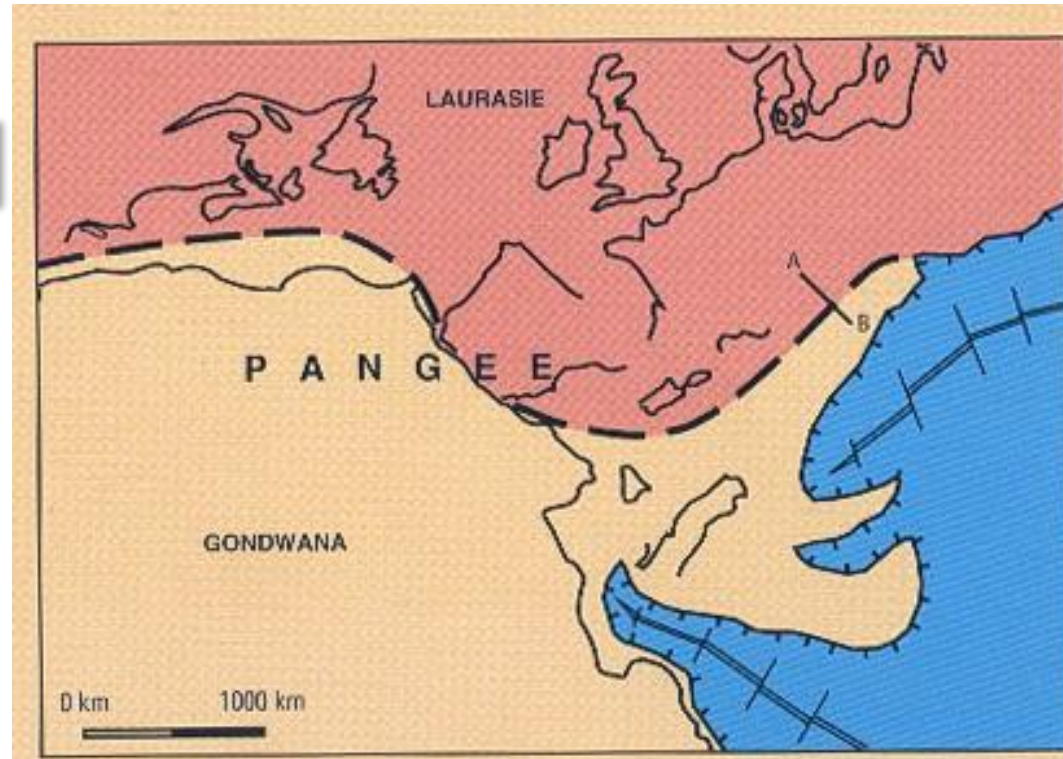
Néogène	m-p	Pliocène p	Plaisancien	
		Miocène m	Zancéen	
			Messinien	
			Tortonien	
Paléogène	e-g	Oligocène g	Serravallien	
			Langhien	
			Burdigalien	
	e4-7	Eocène	Aquitanien	
			Chattien	
			Rupélien	
	e1-3	Paléocène	Priabonien	
			Bartonien	
			Lutétien	
	Crétacé	c	Supérieur	Yprésien
Thanétien				
Sélandien				
Danien				
n		Inférieur	Maastrichtien	
			Campanien	
			Santonien	
			Coniacien	
Jurassique		j5-7	Supérieur	Turonien
				Cénomannien
	Albien			
	j1-4	Moyen	Aptien	
			Barrémien	
			Hauterivien	
Trias	t	Inférieur	Valanginien	
			Berriasien	
			Tithonien	
	ts-7	Supérieur	Kimméridgien	
			Oxfordien	
			Callovien	
Permien	p	Guadalupien	Bathonien	
			Bajocien	
			Aalénien	
	p	Lopingien	Toarcien	
			Pliensbachien	
			Sinemurien	
Carbonifère	c	Hettangien	Rhétien	
			Norien	
			Carnien	
	c	Moyen	Ladinien	
			Anisien	
			Olenékien	
Dévonien	d	Inférieur	Indusien	
	d	Moyen		
Silurien	s	Supérieur		
	s	Moyen		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien	Changhsingien	
			Wuchiapingien	
			Capitanien	
Permien	p	Wuchiapingien	Wordien	
			Roadien	
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		
	p	Lopingien		
Permien	p	Guadalupien		

1. L'OROGENÈSE ALPINE

La Pangée se sépare en 2

Trias

Ouverture de la **Téthys**



Néogène	Pliocène p	Plaisancien
	Miocène m	Zancéen
		Messinien
		Tortonien
		Serravallien
Paléogène	Oligocène g	Langhien
		Burdigalien
		Aquitainien
		Chattien
	Eocène e4-7	Rupélien
		Priabonien
		Bartonien
	Paléocène e1-3	Lutétien
		Yprésien
		Thanétien
Crétacé	Supérieur c	Sélandien
		Danien
		Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
	Inférieur n	Coniacien
		Turonien
		Cénomannien
		Albien
		Aptien
Jurassique	Supérieur j5-7	Barrémien
		Hauteriviien
		Valanginien
	Moyen j1-4	Berriasien
		Toarcien
		Aalénien
	Inférieur i	Pliensbachien
		Sinemurien
Trias	Supérieur t5-7	Hettanien
		Rhétien
		Norien
	Moyen t3-4	Carnien
		Ladinien
		Anisien
	Inférieur t1-2	Olenékien
Indusien		
Permien	Lopingien	Changhsingien
Permien	Guadalupien	Wuchiapingien
		Capitanien
		Wordien
		Roadien

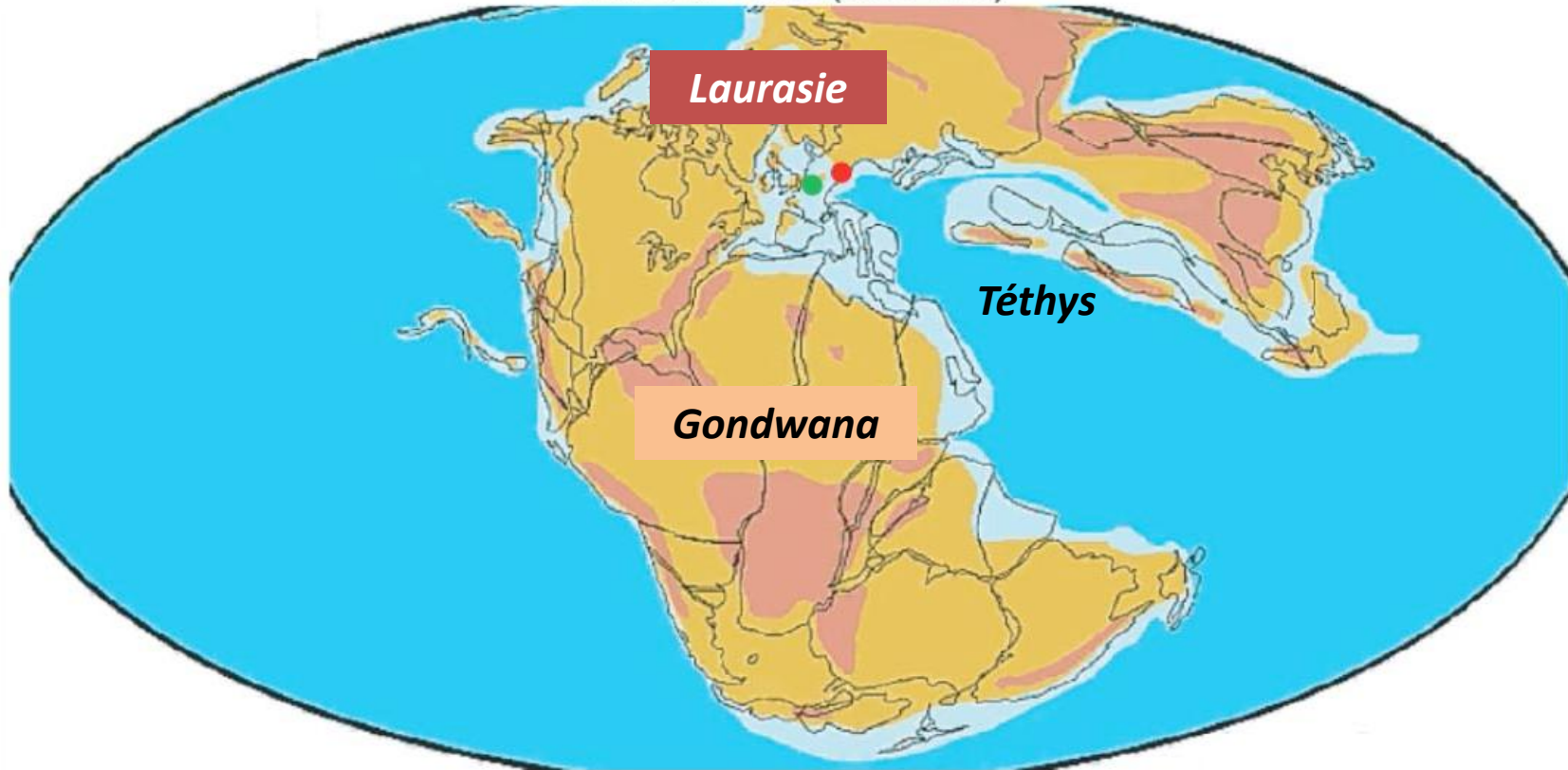
1. L'OROGENÈSE ALPINE

La Pangée se sépare en 2

Trias

Ouverture de la **Téthys**

Fin du Trias (200 Ma)



Néogène	Pliocène p	Plaisancien
		Zandéen
	Miocène m	Messinien
		Tortonien
		Serravallien
Langhien		
Paléogène	Oligocène g	Burdigalien
		Aquitainien
		Chattien
		Rupélien
		Priabonien
	Eocène e 4-7	Bartonien
		Lutétien
	Paléocène e 1-3	Yprésien
		Thanétien
		Sélandien
Crétacé	Supérieur c	Danien
		Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
		Coniacien
	Inférieur n	Turonien
		Cénomannien
		Albien
		Aptien
		Barrémien
Jurassique	Supérieur j 5-7	Hauterivien
		Valanginien
		Berriasien
	Moyen j 1-4	Tithonien
		Kimméridgien
		Oxfordien
	Inférieur i	Callovien
		Bathonien
		Bajocien
		Aalénien
Trias	Supérieur t 5-7	Toarcien
		Pliensbachien
		Sinemurien
		Hettangien
	Moyen t 3-4	Rhétien
		Norien
		Carnien
	Inférieur t 1-2	Ladinien
		Anisien
	Permien	Okénien
Indusien		
Permien	Lopingien	Changhsingien
		Wurthémien
	Guadalupien	Capitanien
		Wordien
		Roadien

1. L'OROGENÈSE ALPINE

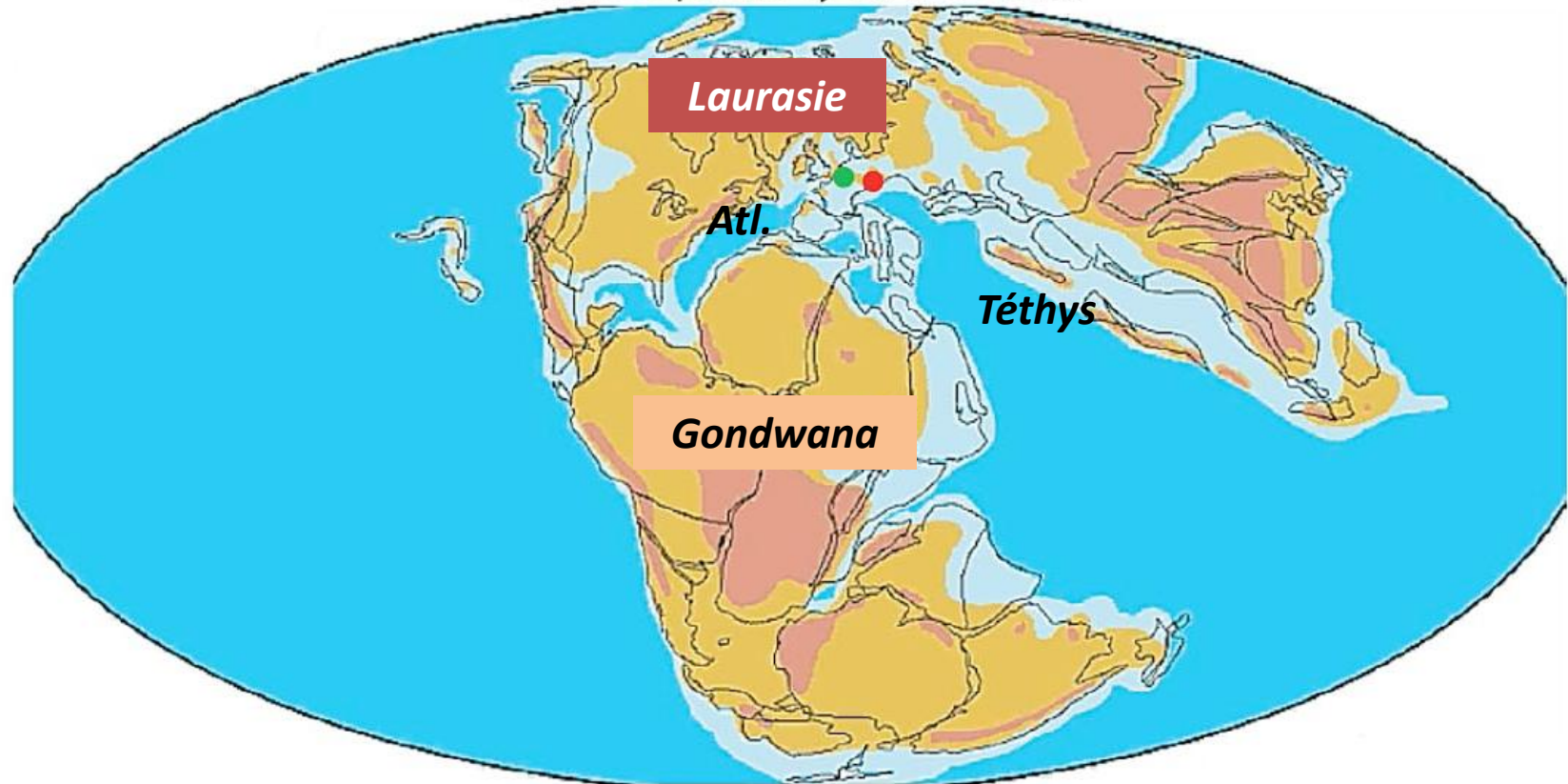
La Pangée se sépare en 2

Jurassique

Ouverture de l'**Atlantique Central**

La Pangée se sépare en deux continents

Jurassique moyen (200 Ma)



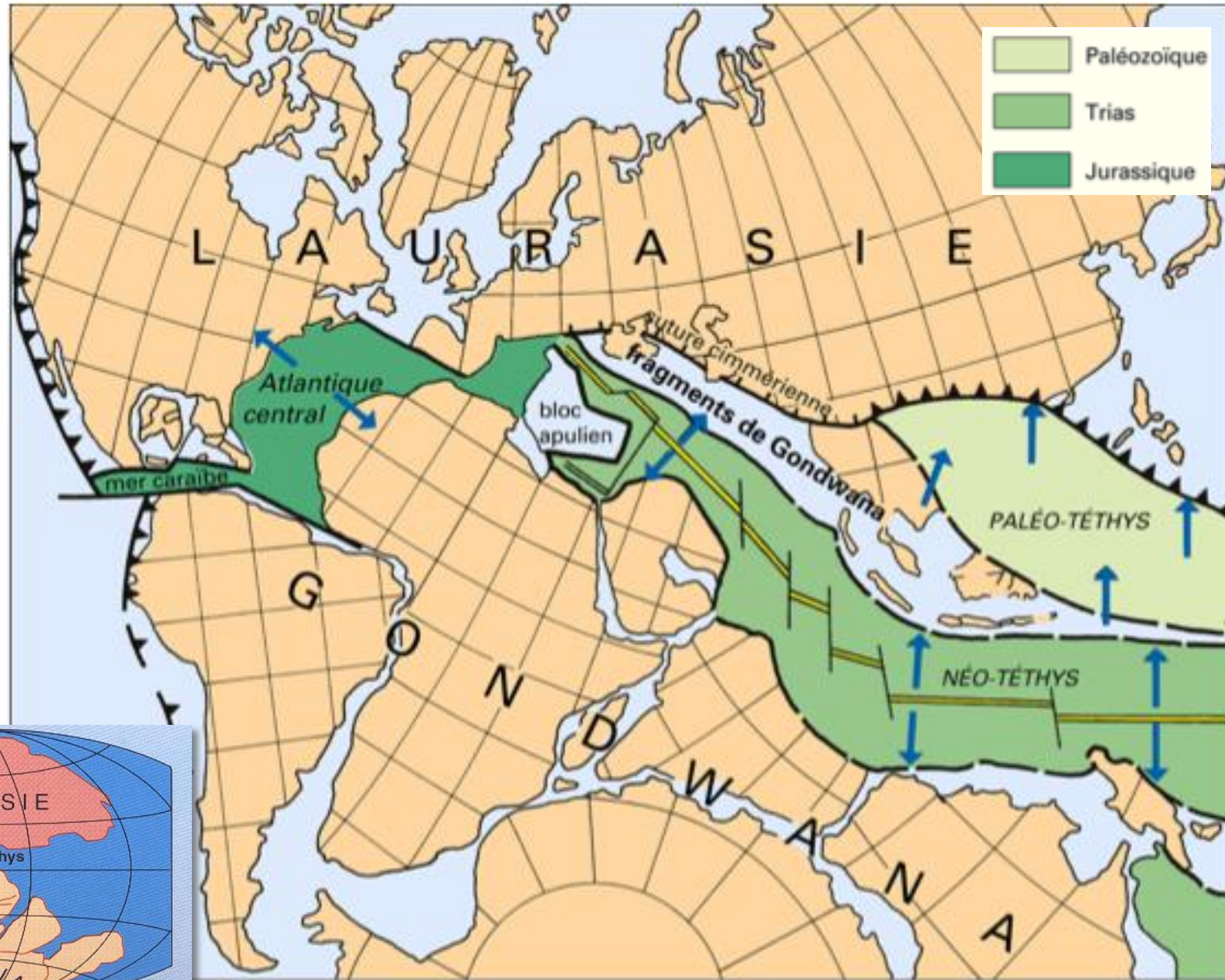
Néogène	Pliocène p	Plaisancien
		Zancéen
		Messinien
	Miocène m	Tortonien
		Serravallien
		Langhien
Paléogène	Oligocène g	Burdigalien
		Aquitanien
		Chattien
	Eocène e4-7	Rupélien
		Priabonien
		Bartonien
	Paléocène e1-3	Lutétien
		Yprésien
		Thanétien
Crétacé	Supérieur c	Sélandien
		Danien
		Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
	Inférieur n	Coniacien
		Turonien
		Cénomannien
		Albien
		Aptien
Jurassique	Supérieur j5-7	Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
	Moyen j1-4	Berriasien
		Tithonien
		Kimméridgien
	Inférieur j1	Oxfordien
		Callovien
		Bathonien
		Bajocien
Trias	Supérieur t5-7	Aalénien
		Toarcien
		Pliensbachien
	Moyen t3-4	Sinemurien
		Hettangien
		Rhétien
	Inférieur t1-2	Norien
		Carnien
		Ladinien
	Permien	Lopingien
Olenékien		
Indusien		
Guadalupien		Changhsingien
		Wuchiapingien

1. L'OROGENÈSE ALPINE

La Pangée se sépare en 2

Trias + Jurassique

Néogène	Pliocène	Plaisancien
		Zancéen
		Messinien
		Tortonien
		Serravallien
Miocène		Langhien
		Burdigalien
		Aquitanien
Oligocène		Chattien
		Rupélien
		Priabonien
Éocène		Bartonien
		Lutétien
		Yprésien
Paléocène		Thanétien
		Sélandien
		Danien
Crétacé		Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
		Coniacien
		Turonien
Jurassique		Cénomannien
		Albien
		Aptien
		Barrémien
		Hauterivien
Trias		Valanginien
		Berriasien
		Tithonien
		Kimméridgien
		Oxfordien
Permien		Callovien
		Bathonien
		Bajocien
		Aalénien
		Toarcien
Carbonifère		Pléinsbachien
		Sinemurien
		Hettangien
		Rhétien
		Norien
Dévonien		Carnien
		Ladinien
		Anisien
		Olénékien
		Indusien
Silurien		Changhsingien
		Wuchiapingien
		Capitanien
		Wordien
		Roadien
Permien		Guadalupien
		Wordien
		Roadien
		Changhsingien
		Wuchiapingien

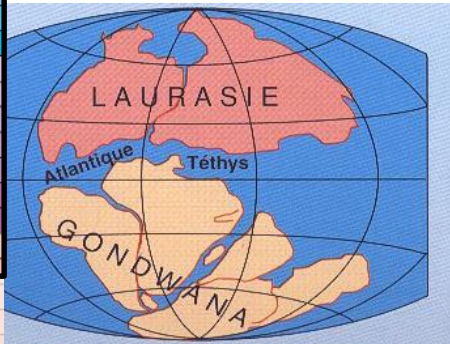
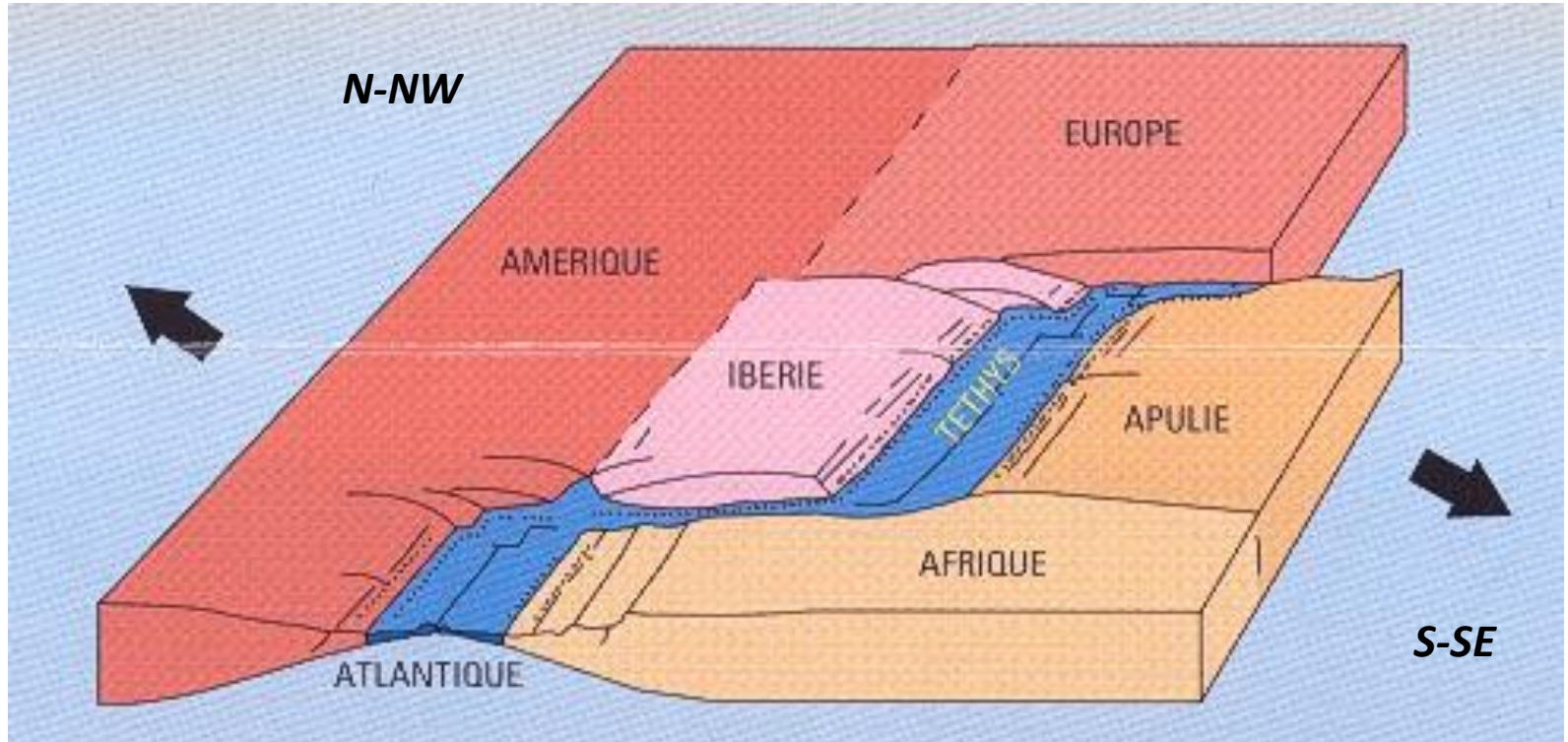


1. L'OROGENÈSE ALPINE

La Pangée se sépare en 2

Trias + Jurassique

Néogène	Pliocène	Plaisancien
		Zancéen
	Miocène	Messinien
		Tortonien
		Serravallien
		Langhien
		Burdigalien
Paléogène	Oligocène	Chattien
		Rupélien
	Eocène	Priabonien
		Bartonien
		Lutétien
	Paléocène	Yprésien
		Thanétien
Crétacé	Supérieur	Sélandien
		Danien
	Inférieur	Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
		Coniacien
		Turonien
Jurassique	Moyen	Cénomannien
		Albien
		Aptien
		Barrémien
	Supérieur	Hauterivien
		Valanginien
		Berriasien
Trias	Supérieur	Tithonien
		Kimmeridgien
		Oxfordien
	Moyen	Callovien
		Bathonien
		Bajocien
	Inférieur	Aalénien
Permien	Supérieur	Toarcien
		Pléinsbachien
		Sinemurien
	Moyen	Hettangien
		Rhétien
		Norien
	Inférieur	Carnien
Carbonifère	Supérieur	Ladinien
		Anisien
		Olénékien
	Moyen	Indusien
		Changhsingien
	Inférieur	Wuchiapingien
		Capitanien
Permien	Guadalupien	Wordien
		Roadien



1. L'OROGENÈSE ALPINE

La Pangée se sépare en 2

Néogène	Pliocène	Plaisancien
		Zancéen
		Messinien
		Tortonien
		Serravallien

Dogger-Malm

marge continentale Nord
Téthysienne (Laurasie)

Paléogène	Eocène	Santonien
		Lutétien
		Yprésien
		Thanétien
Paléocène		Sélandien
		Danien

Plateforme
carbonatée

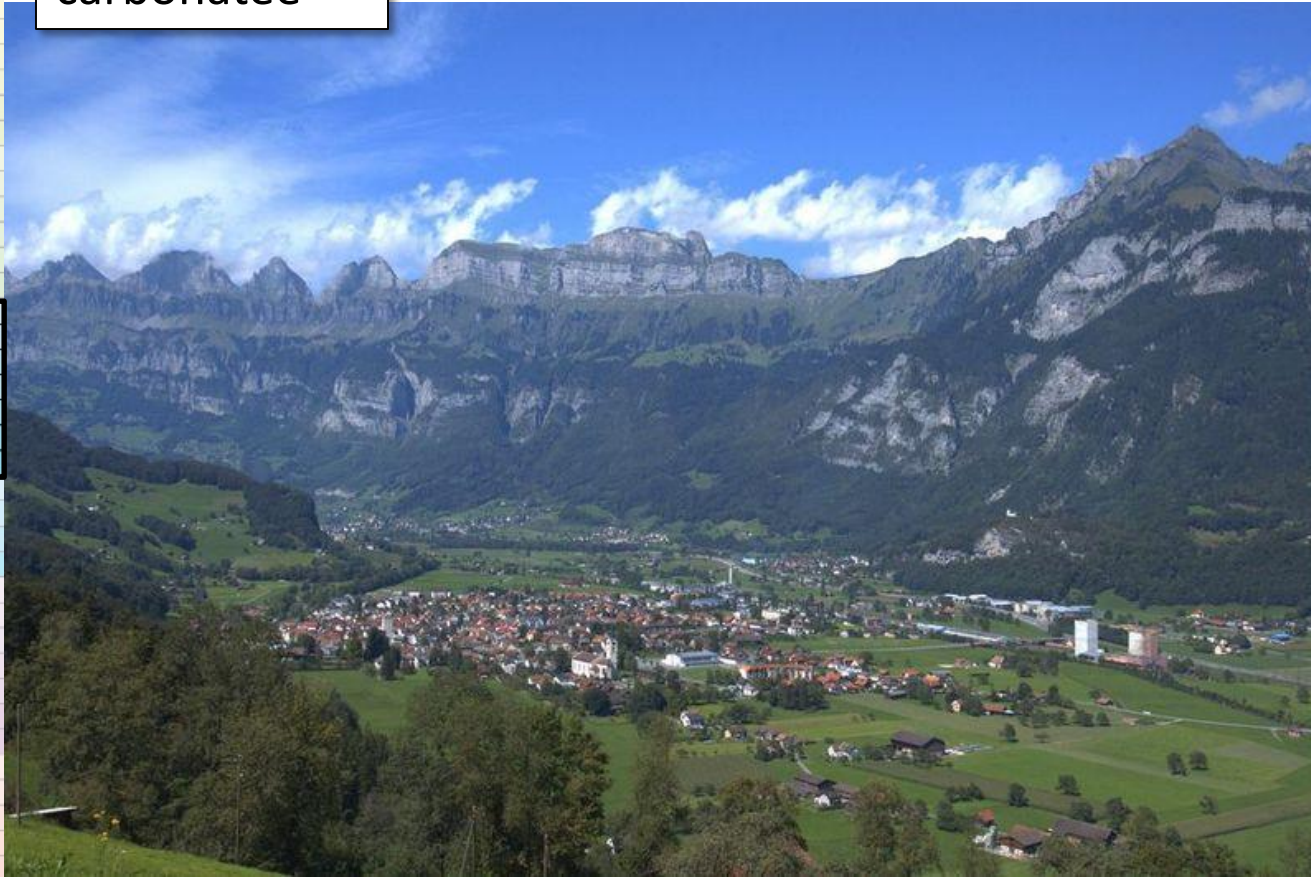
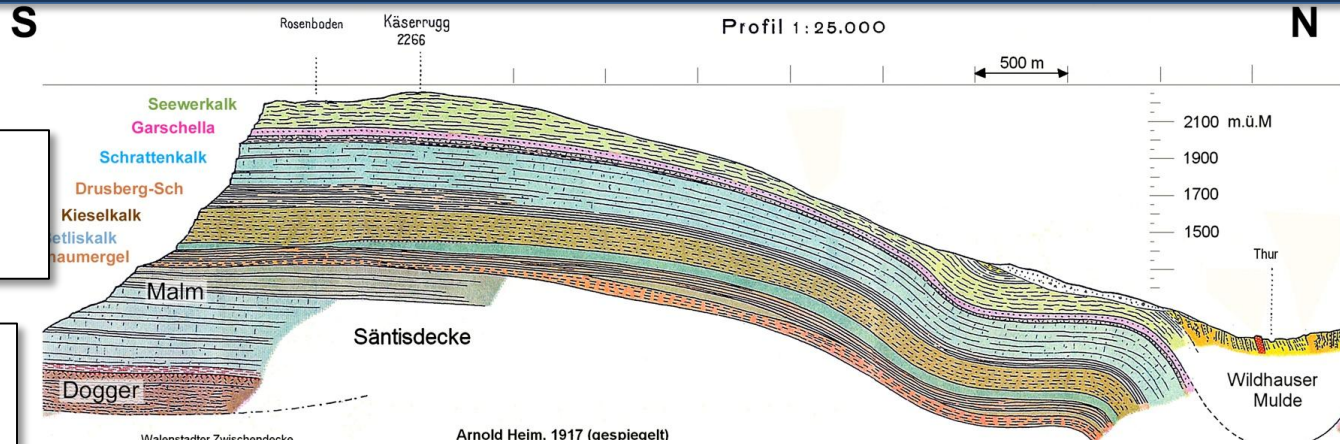
Crétacé	Supérieur	Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
		Coniacien
Craie		Turonien
		Cénomannien
		Albien
		Aptien
Inférieur		Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
		Berriasien

Jurassique	Supérieur	Tithonien
		Kimmeridgien
		Oxfordien
		Callovien
Moyen		Bathonien
		Bajocien
		Aalénien

Inférieur		Toarcien
		Pliensbachien
		Sinemurien
		Hettangien

Supérieur		Rhétien
		Norien
		Carnien
		Ladinien
Moyen		Anisien
		Olenekien
		Indusien

Lopingien		Changhsingien
		Wuchiapingien
		Capitanien
		Wordien
Guadalupien		Roadien



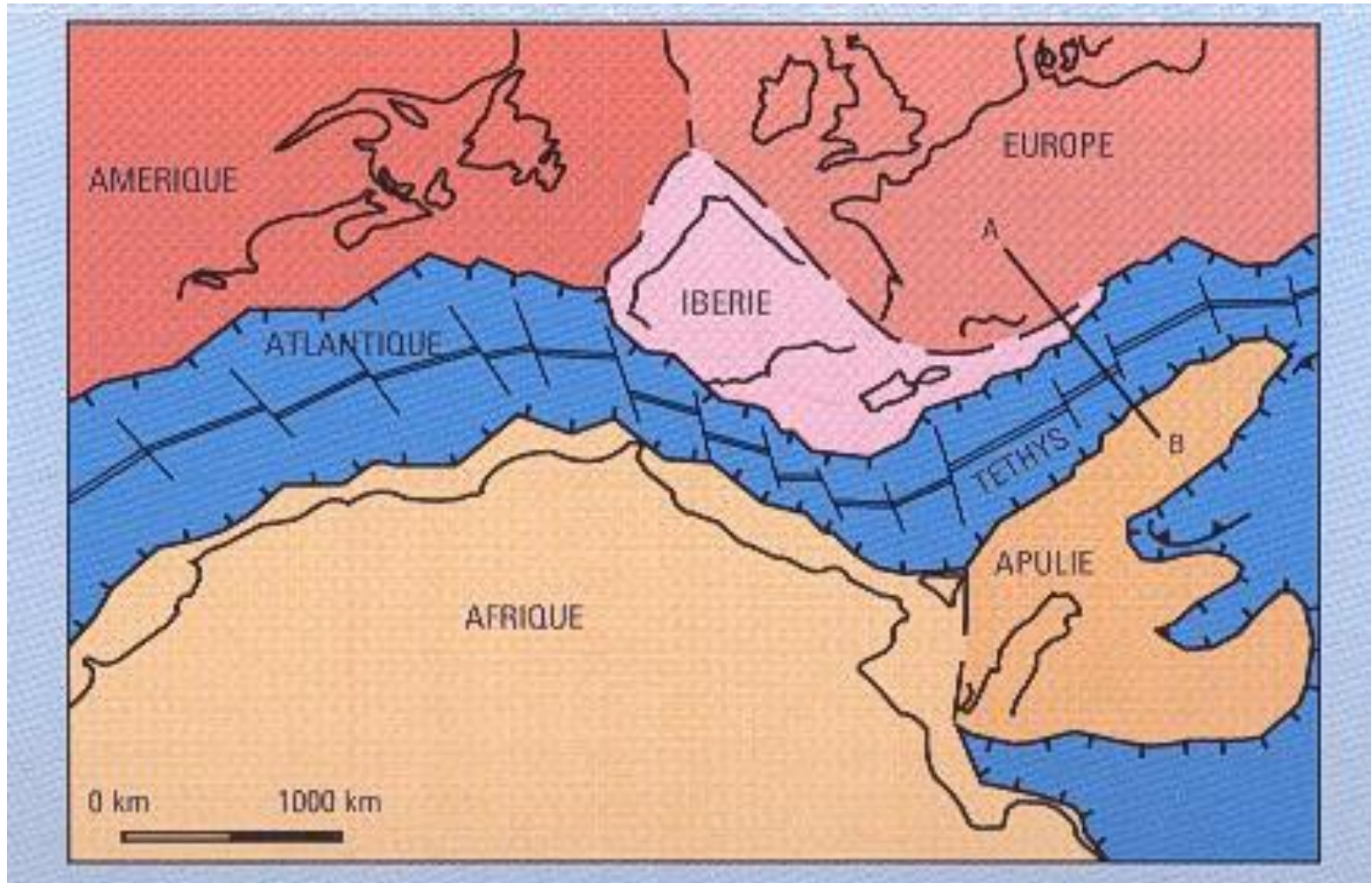
Churfirsten
(Canton de St-Gall)
Appenzell

1. L'OROGENÈSE ALPINE

La Pangée se sépare en 2

Dogger-Malm

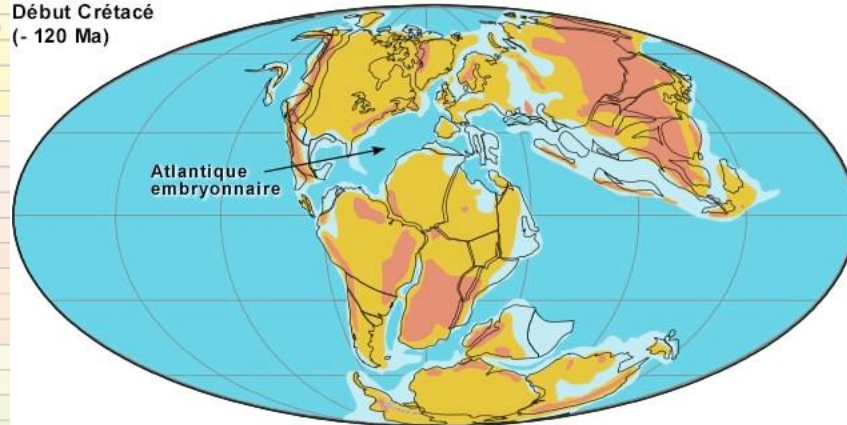
Néogène	Pliocène p	Plaisancien
		Zandéen
	Miocène m	Messinien
		Tortonien
		Serravallien
		Langhien
		Burdigalien
Paléogène	Oligocène g	Aquitanien
		Chattien
	Eocène e4-7	Rupélien
		Priabonien
		Bartonien
	Paléocène e1-3	Lutétien
		Yprésien
Crétacé	Supérieur c	Thanétien
		Sélandien
		Danien
		Maastrichtien
	Inférieur n	Campanien
		Santonien
		Coniacien
Jurassique	Supérieur js-7	Turonien
		Cénomannien
		Albien
	Moyen j1-4	Aptien
		Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
Trias	Inférieur i	Berriasien
		Tithonien
		Kimméridgien
	Supérieur ts-7	Oxfordien
		Callovien
		Bathonien
		Bajocien
Permien	Inférieur ps-3	Aalénien
		Toarcien
		Pléinsbachien
	Supérieur ts-7	Sinemurien
		Hettangien
		Rhétien
		Norien
Permien	Moyen ts-4	Carnien
		Ladinien
		Anisien
	Supérieur ts-7	Olenékien
		Indusien
		Wuchiapingien
		Changhsingien



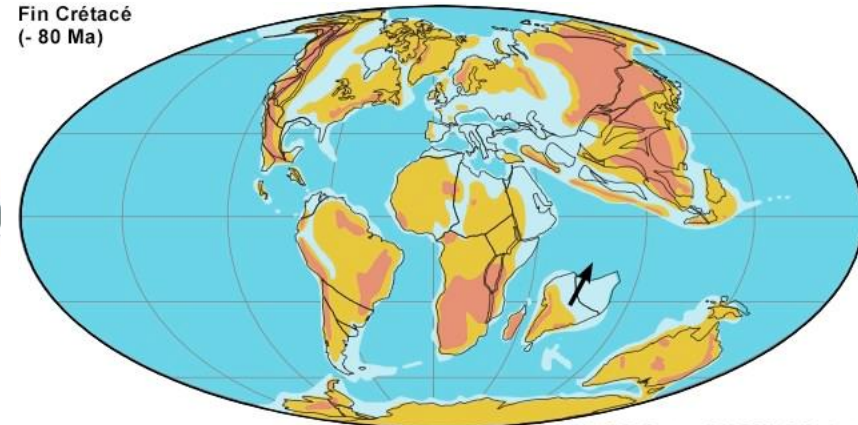
1. L'OROGENÈSE ALPINE *Subduction*

Crétacé inf.

Début Crétacé
(- 120 Ma)

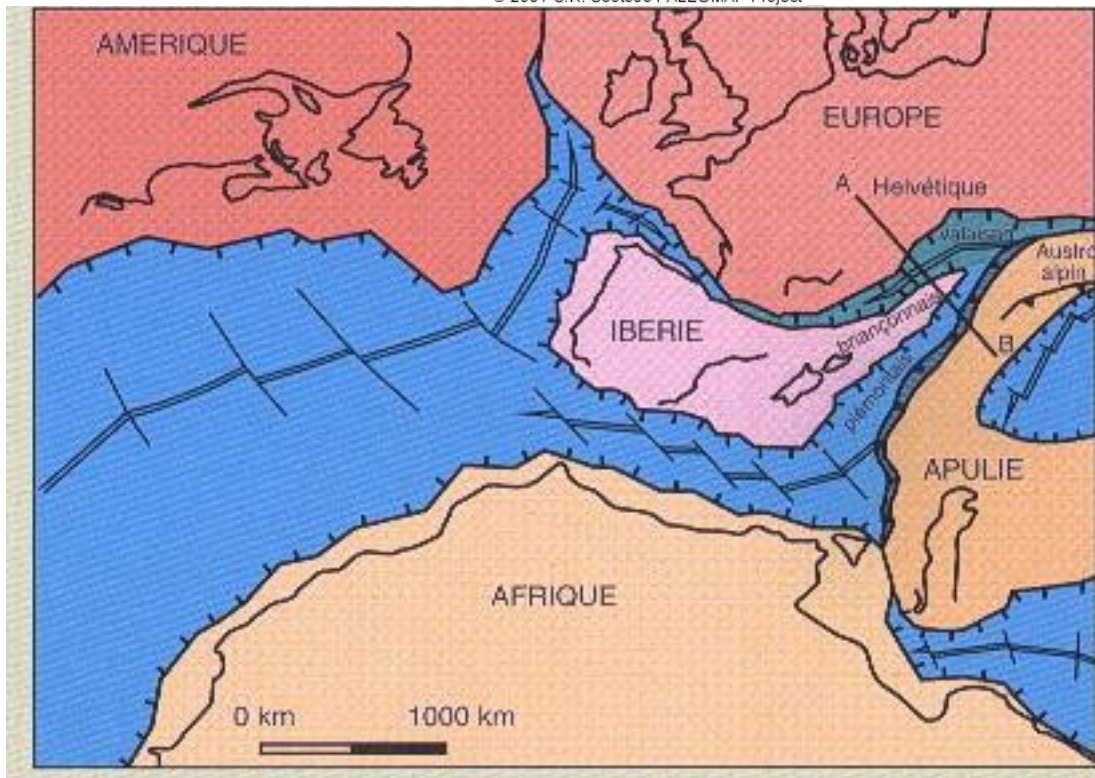


Fin Crétacé
(- 80 Ma)



© 2001 C.R. Scotese PALEOMAP Project

© 2001 C.R. Scotese PALEOMAP Project



Ouverture de l'océan
Atlantique Sud

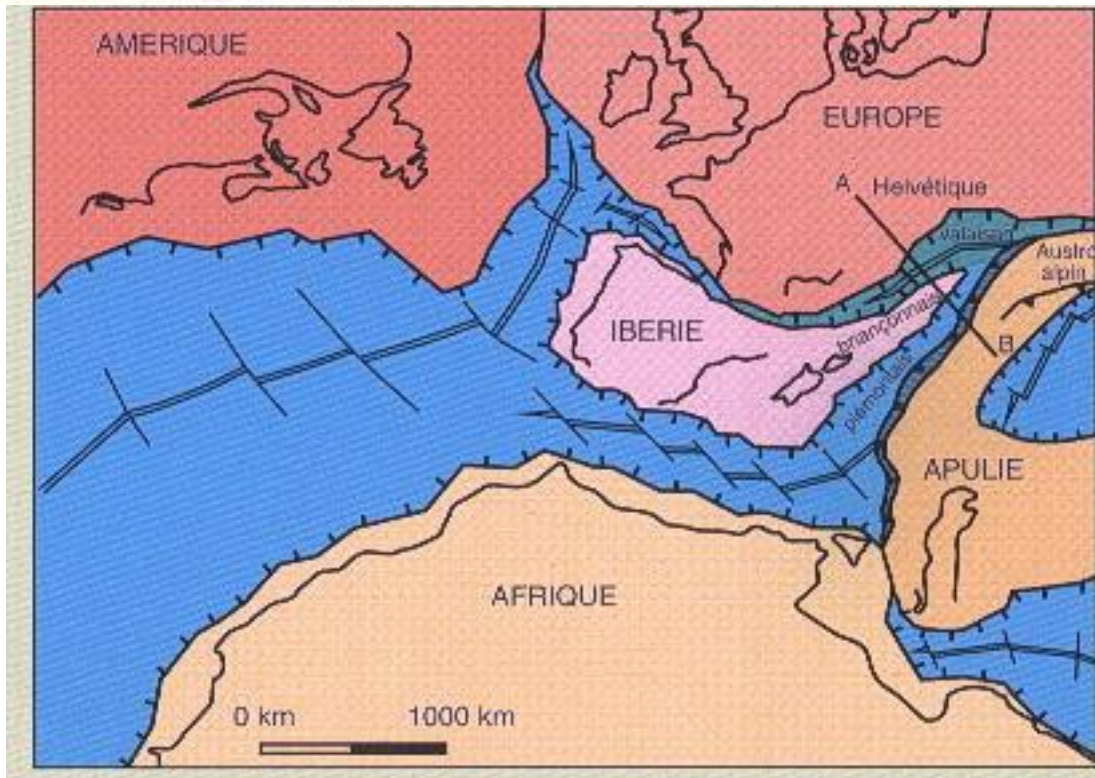
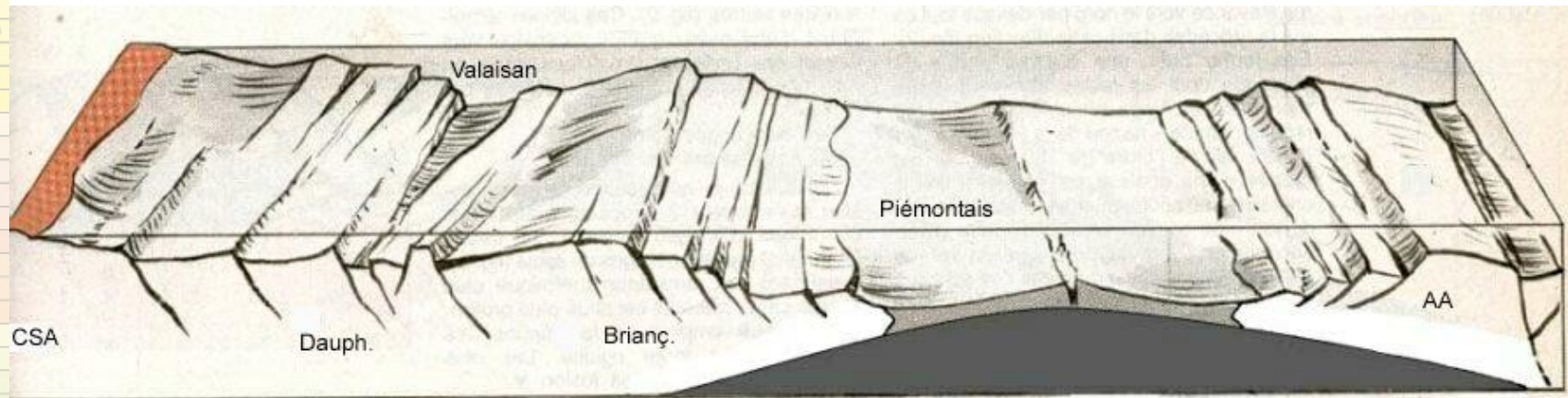
➔ **Convergence** Afrique -
Europe

➔ **Subduction**
de la Téthys
(océan piémontais)
au **Crétacé Inf.**

1. L'OROGENÈSE ALPINE *Subduction*

Néogène	Pliocène	Plaisancien
		Zancéen
		Messinien
		Tortonien
		Serravallien
		Langhien
		Burdigalien
		Aquitanien
		Chattien
		Rupélien
Paléogène	Oligocène	Priabonien
		Bartonien
		Lutétien
		Yprésien
		Thanétien
Paléocène		Sélandien
		Danien
		Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
Crétacé		Coniacien
		Turonien
		Cénomanien
		Albien
		Aptien
Jurassique		Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
		Berriasien
		Tithonien
Trias		Kimmeridgien
		Oxfordien
		Callovien
		Bathonien
		Bayocien
Permien		Avalénien
		Toarcien
		Pléinsbachien
		Sinemurien
		Hettangien
Carbonifère		Rhétien
		Norien
		Carnien
		Ladinien
		Anisien
Dévonien		Olenékien
		Indusien
		Changhsingien
		Wuchiapingien
		Capitanien
Silurien		Wordien
		Roadien
		Guadalupien
		Wordien
		Roadien

Crétacé inf.



Ouverture de l'océan Atlantique Sud

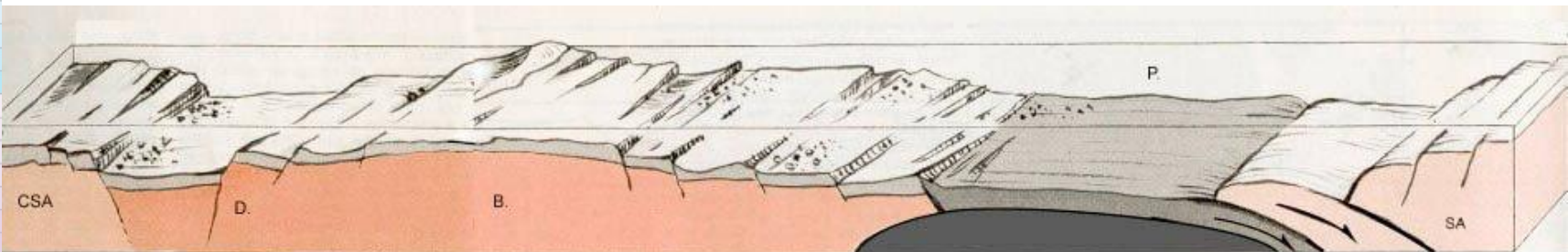
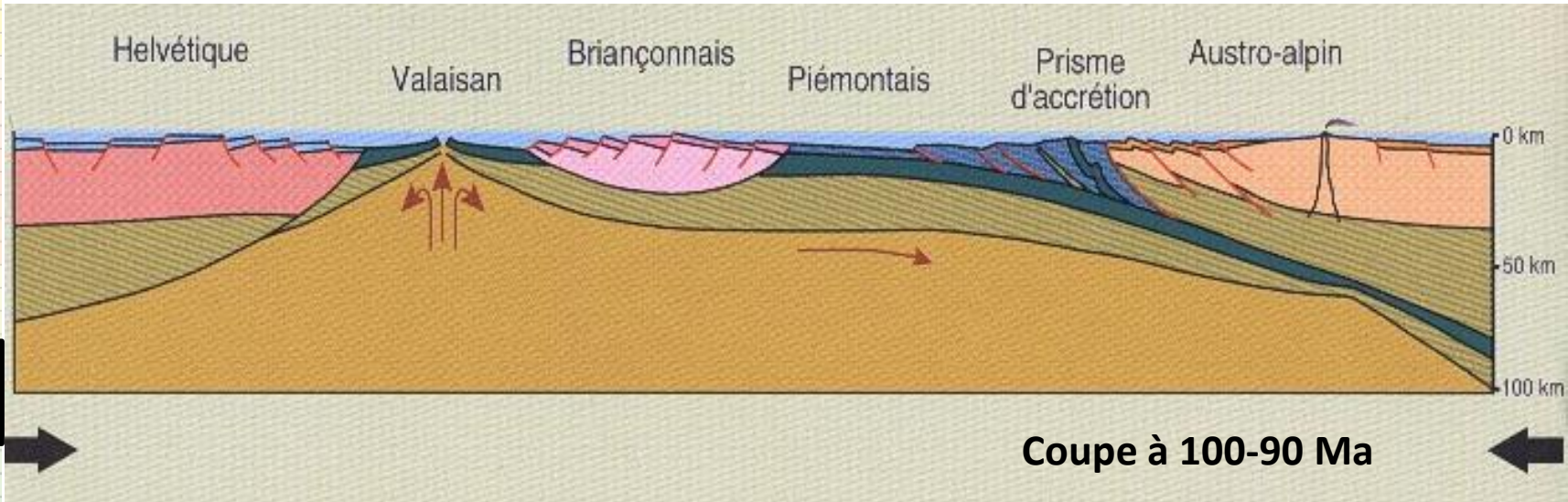
➔ Convergence Afrique - Europe

➔ Subduction de la Téthys (océan piémontais) au **Crétacé Inf.**

1. L'OROGENÈSE ALPINE *Subduction*

Crétacé

Néogène	Pliocène p	Plaisancien
		Zandéen
		Messinien
		Tortonien
		Serravallien
	Miocène m	Langhien
		Burdigalien
Paléogène		Aquitanien
	Oligocène g	Chattien
		Rupélien
		Priabonien
	Eocène e4-7	Bartonien
		Lutétien
		Yprésien
Paléogène		Thanétien
	Paléocène e1-3	Sélandien
		Danien
		Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
		Santonien
Crétacé		Coniacien
		Turonien
		Cénomannien
		Albien
		Angien
Craie		Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
		Berriasien
		Tithonien
Jurassique		Kimméridgien
		Oxfordien
		Callovien
		Bathonien
		Bajocien
Trias		Aalenien
		Toarcien
		Pléinsbachien
		Sinemurien
		Helvétien
Permien		Rhétien
		Norien
		Carnien
		Ladinien
		Anisien
Permien		Olenékien
		Indusien
		Changhsingien
		Wuchiapingien
		Capitanien
Permien		Wordien
		Roadien
		Guadalupien
		Wordien
		Roadien

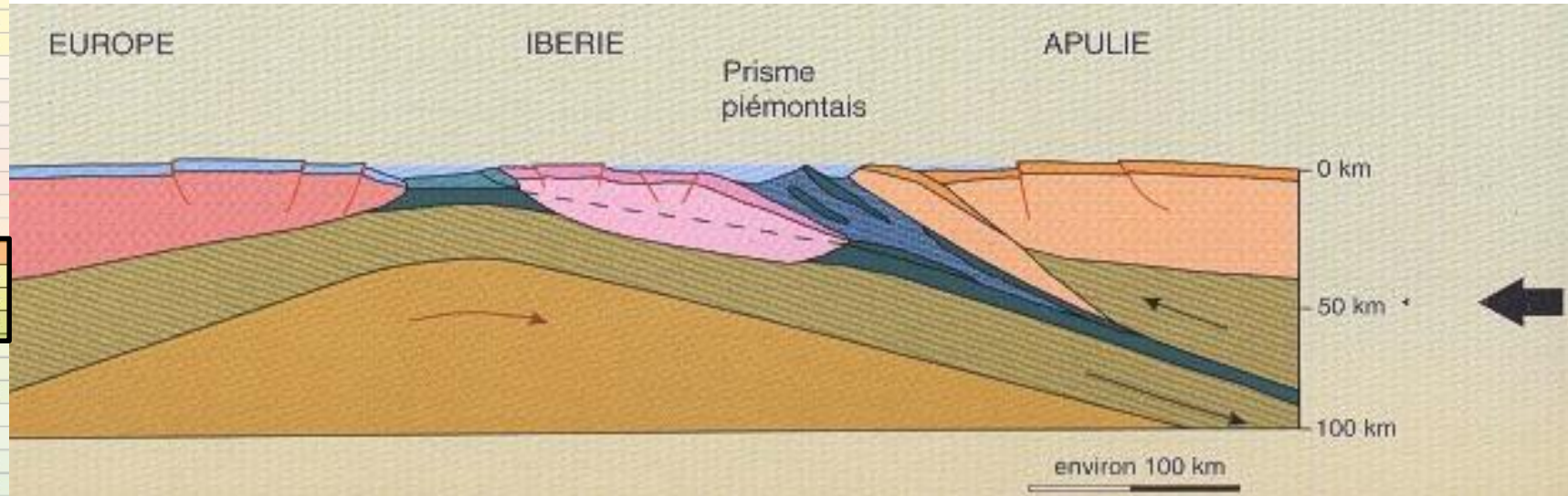


1. L'OROGENÈSE ALPINE

Subduction

Crétacé

Néogène	Pliocène p	Plaisancien
		Zandéen
	Miocène m	Messinien
		Tortonien
		Serravallien
		Langhien
		Burdigalien
		Aquitanien
	Oligocène g	Chattien
		Rupélien
Paléogène	Eocène e4-7	Priabonien
		Bartonien
		Lutétien
	Paléocène e1-3	Yprésien
		Thanétien
	Supérieur	Sélandien
		Danien
		Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
Crétacé	C	Coniacien
		Turonien
		Cénomannien
		Albien
		Aptien
	n	Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
		Berriasien
		Tithonien
Jurassique	Supérieur j5-7	Kimméridgien
		Oxfordien
		Callovien
	Moyen j1-4	Bathonien
		Bajocien
		Aalénien
	Inférieur j	Toarcien
		Pléinsbachien
		Sinemurien
		Hettangien
Trias	Supérieur t5-7	Rhétien
		Norien
		Carnien
	Moyen t3-4	Ladinien
		Anisien
	Inférieur t1-2	Olenékien
Permien	Lopingien	Indusien
		Changhsingien
		Wuchiapingien
	Guadalupien	Capitanien
		Wordien

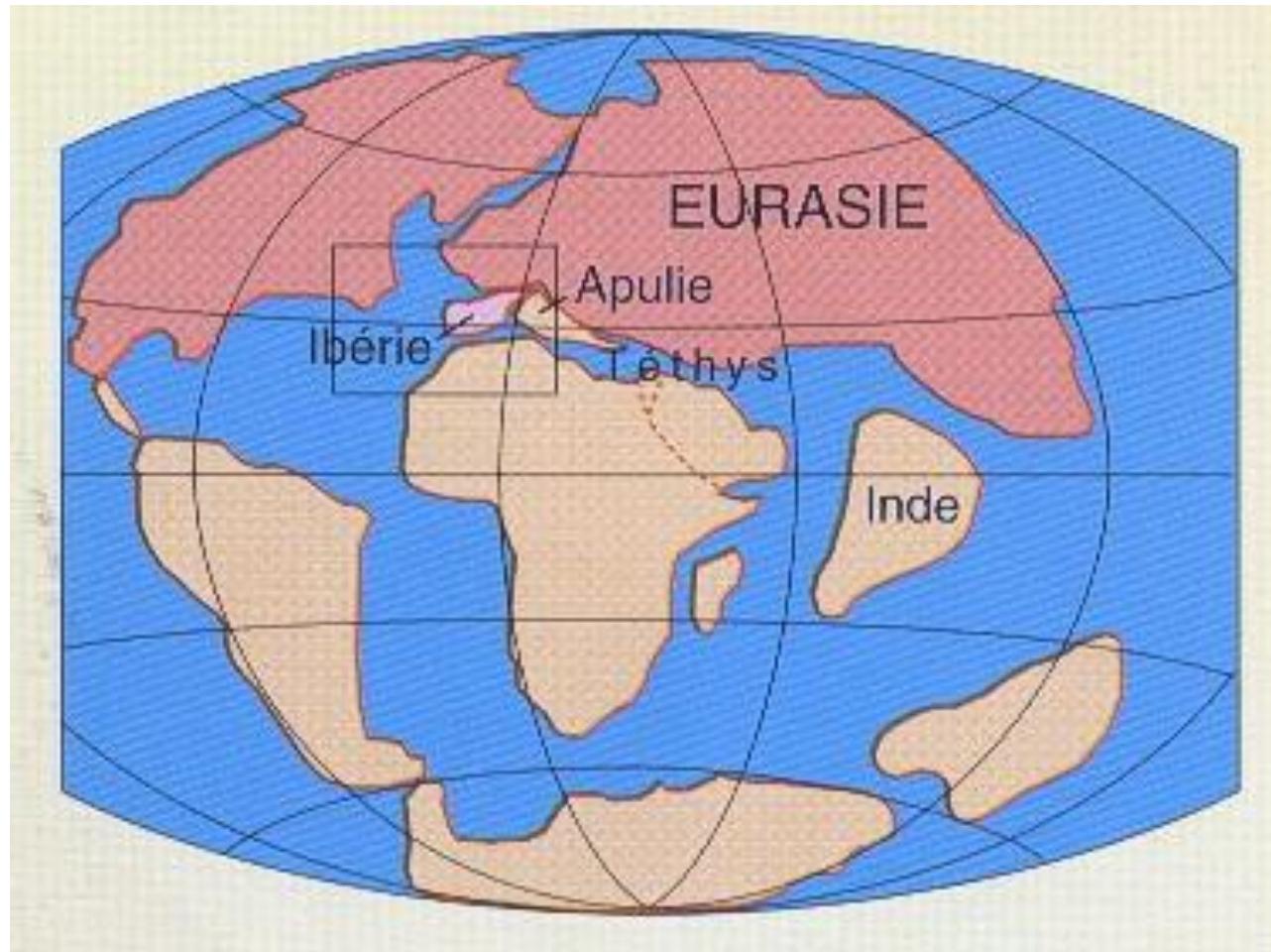


1. L'OROGENÈSE ALPINE

Subduction → Collision

Paléocène – Éocène inf.

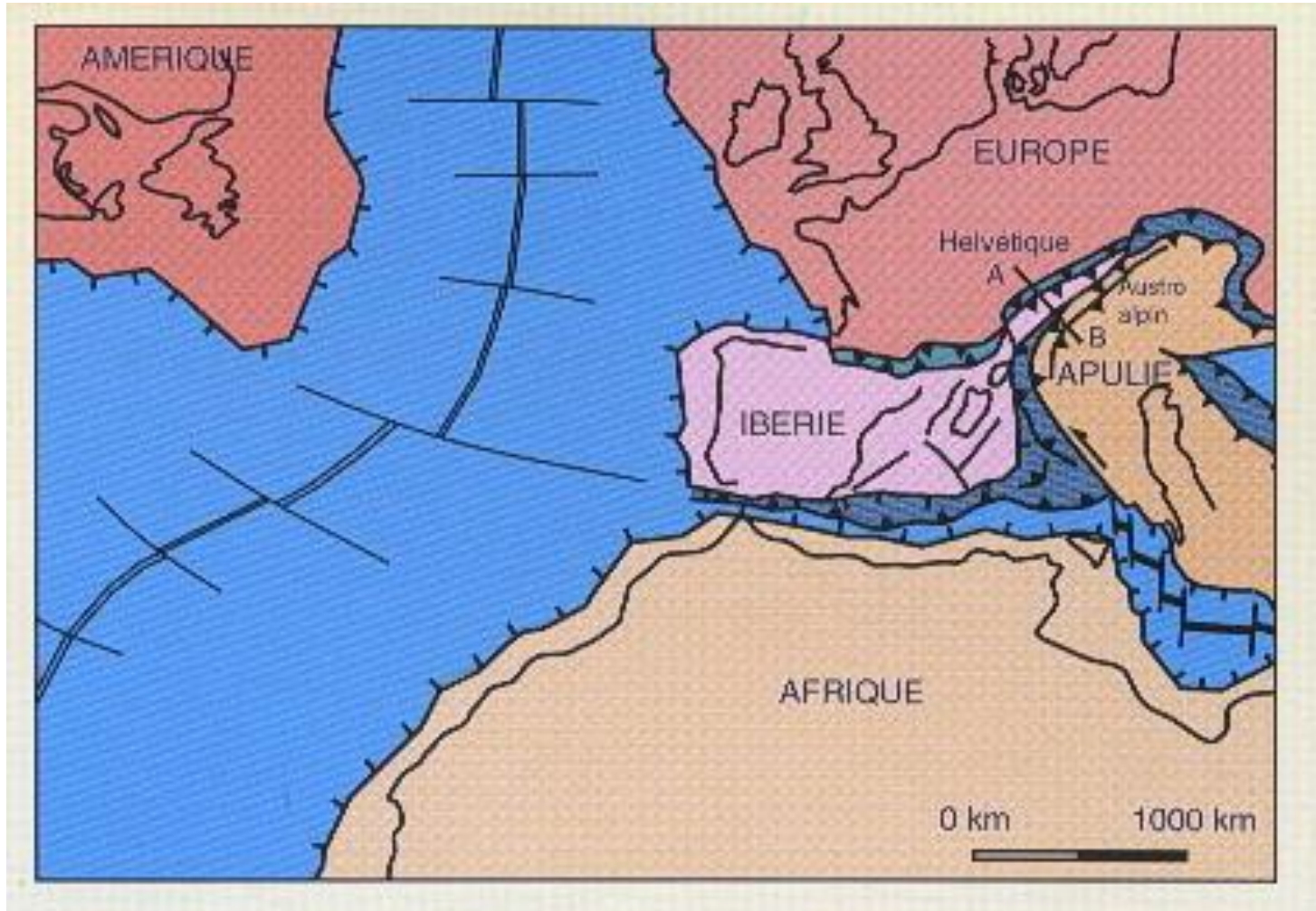
Néogène	Pliocène p	Plaisancien
		Zandéen
	Miocène m	Messinien
		Tortonien
		Serravallien
		Langhien
		Burdigalien
		Aquitanien
	Oligocène g	Chattien
		Rupélien
Paléogène	Éocène e1-3	Priabonien
		Bartonien
		Lutétien
	Paléocène e1-3	Présien
		Thanétien
		Sélandien
		Danien
	Maastrichtien	
Crétacé	Supérieur c	Campanien
		Santonien
		Coniacien
		Turonien
		Cénomannien
	Inférieur n	Albien
		Aptien
		Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
Jurassique	Supérieur js-7	Berriasien
		Tithonien
		Kimméridgien
		Oxfordien
		Callovien
	Moyen j1-4	Bathonien
		Bayocien
		Avalénien
	Inférieur i	Toarcien
		Pléinsbachien
Trias	Supérieur ts-7	Sinemurien
		Hettangien
		Rhétien
	Moyen ts-4	Norien
		Carnien
		Ladinien
	Inférieur ts-1	Anisien
		Olenékien
		Indusien
Permien	Lopingien	Changhsingien
		Wuchiapingien
		Capitanien
	Guadalupien	Wordien
		Roadien



1. L'OROGENÈSE ALPINE *Collision*

Éocène inférieur (~ 55-40 Ma)

Néogène	Pliocène p	Plaisancien
		Zancéen
		Messinien
		Tortonien
	Miocène m	Serravallien
Oligocène		Langhien
		Burdigalien
		Aquitanien
	Oligocène g	Chattien
		Rupélien
Paléogène		Priabonien
	Éocène e4-7	Lutétien
		Yprésien
		Thononien
	Paléocène e1-3	Sélandien
Crétacé		Danien
		Maastrichtien
		Campanien
	Supérieur c	Santonien
		Coniacien
Jurassique		Turonien
		Cénomannien
		Albien
		Aptien
	Inférieur j	Barrémien
Trias		Hauterivien
		Valanginien
		Berriasien
		Tithonien
	Supérieur j5-7	Kimméridgien
Permien		Oxfordien
		Callovien
	Moyen j1-4	Bathonien
		Badenien
	Inférieur j1-2	Werraen
Carbonifère		Werraen
		Werraen
		Werraen
		Werraen
		Werraen



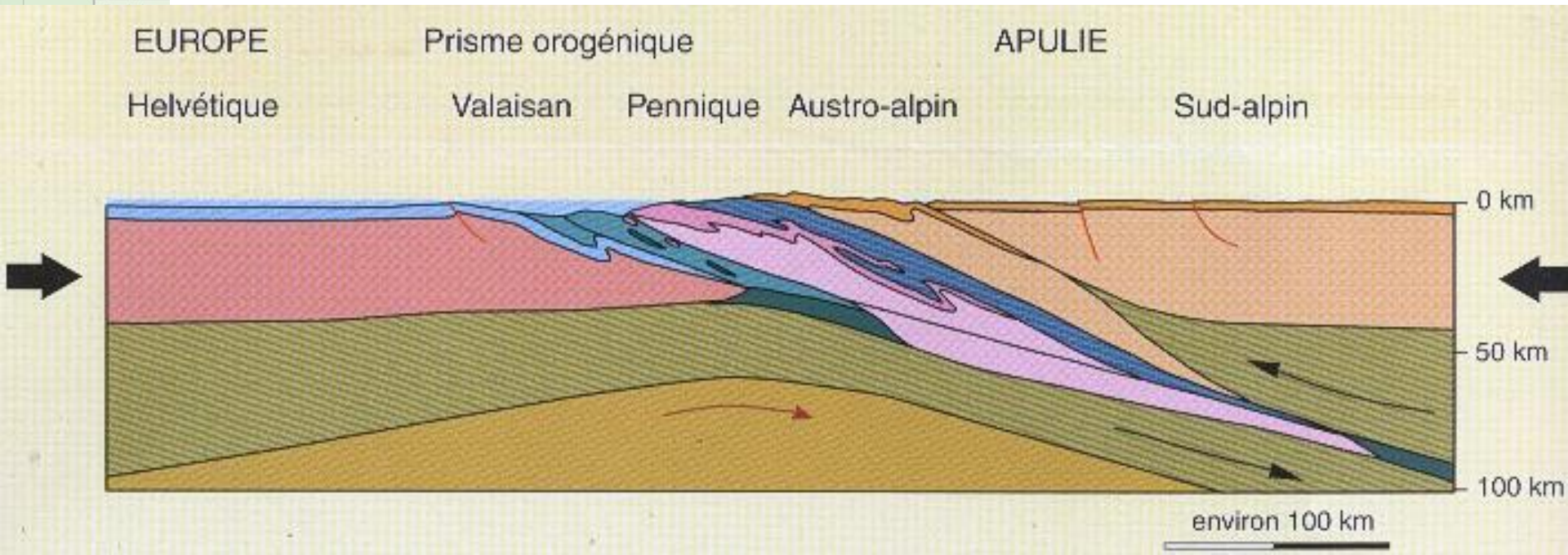
1. L'OROGENÈSE ALPINE

Collision

Éocène (~ 40 Ma)

Subduction de la marge
continentale Européenne

Néogène	Pliocène p	Plaisancien
		Zandéen
		Messinien
	Miocène m	Tortonien
		Serravallien
		Langhien
		Burdigalien
		Aquitanien
	Oligocène g	Chattien
		Rupélien
		Priabonien
Paléogène	Éocène e4-7	Lutétien
		Yprésien
		Tharpien
		Barroisien
Paléogène	Paléocène e1-3	Sélandien
		Danien
		Maastrichtien
	Supérieur c	Campanien
		Santonien
		Coniacien
		Turonien
		Cénomannien
		Albien
		Aptien

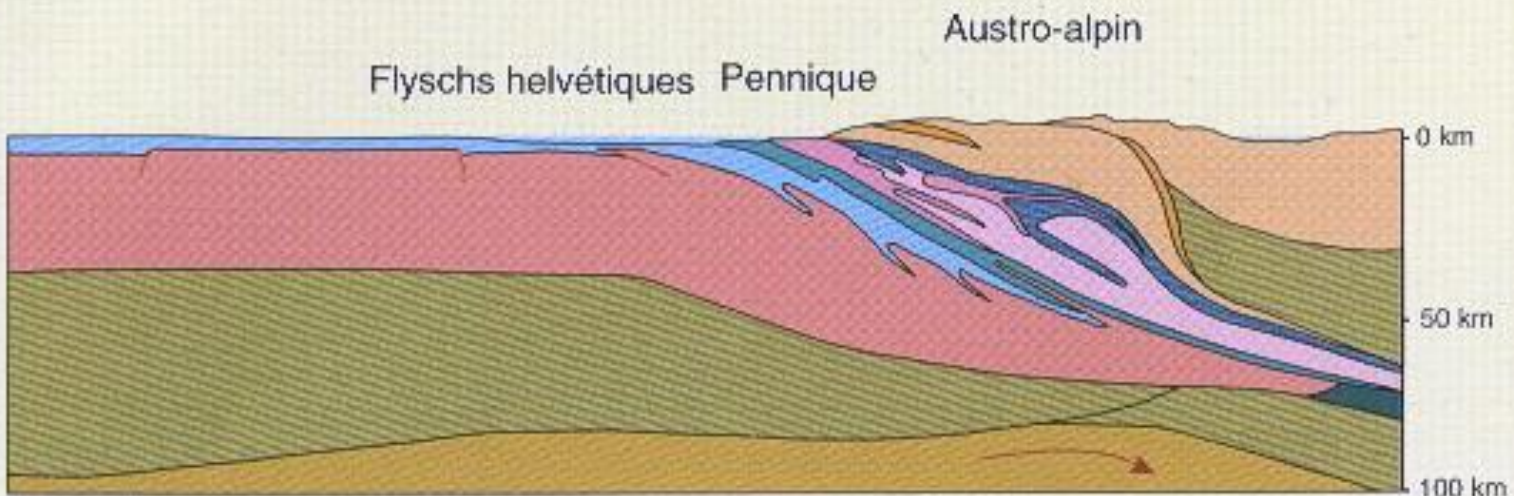


1. L'OROGENÈSE ALPINE

Collision

Éocène supérieur (~ 35 Ma)

Néogène m-p	Pliocène p	Plaisancien
		Zancéen
	Miocène m	Messinien
		Tortonien
		Serravallien
		Langhien
		Burdigalien
Oligocène o		Aquitainien
		Chattien
Paléogène e-g		Rupélien
	Éocène	Prabonien
		Bartonien
	e4-7	Lutétien
		Yprésien
	Paléocène e1-3	Thanétien
		Sélandien
Crétacé c-n		Danien
	Supérieur c	Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
		Coniacien
		Turonien
		Cénomannien
	Inférieur n	Albien
		Aptien
		Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
		Berriasien



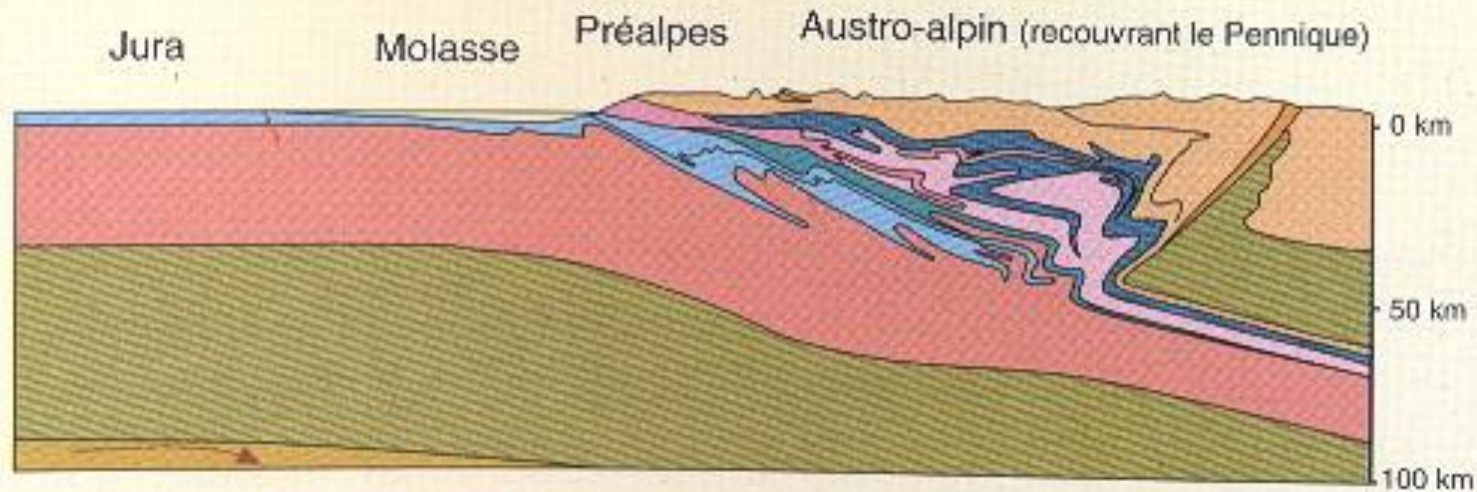
1. L'OROGENÈSE ALPINE

Collision

Oligocène (~ 25 Ma)

Épaississement de la chaîne de collision

Néogène m-p	Pliocène p	Plaisancien
		Zancéen
	Miocène m	Messinien
		Tortonien
		Serravallien
		Langhien
		Burdigalien
Paléogène e-g	Oligocène g	Chattien
		Rupélien
	Eocène e4-7	Prabonien
		Bartonien
		Lutétien
		Yprésien
	Paléocène e1-3	Thanétien
		Sélandien
		Danien
Crétacé c-n	Supérieur c	Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
		Coniacien
		Turonien
		Cénomannien
	Inférieur n	Albien
		Aptien
		Barrémien
		Hauterivien
		Valanginien
Jurassien	Jurassien	Berriasien
		Tithonien



1. L'OROGENÈSE ALPINE *Collision*

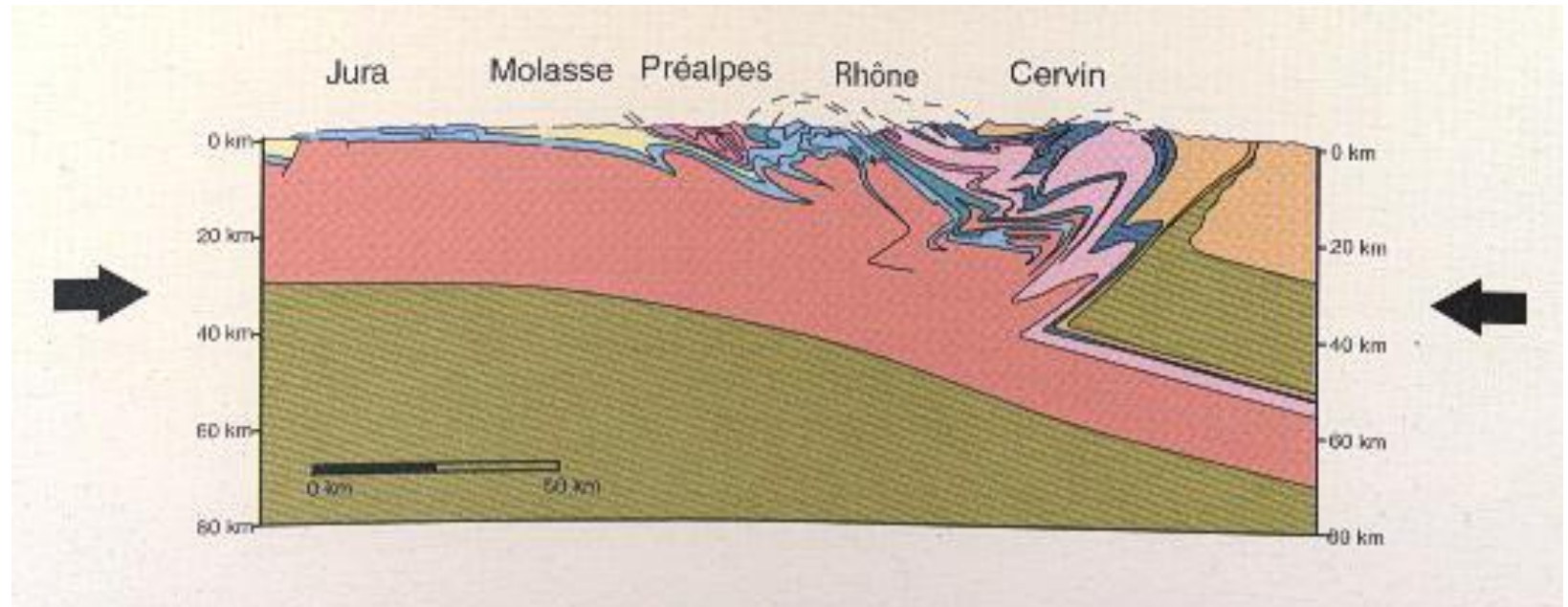
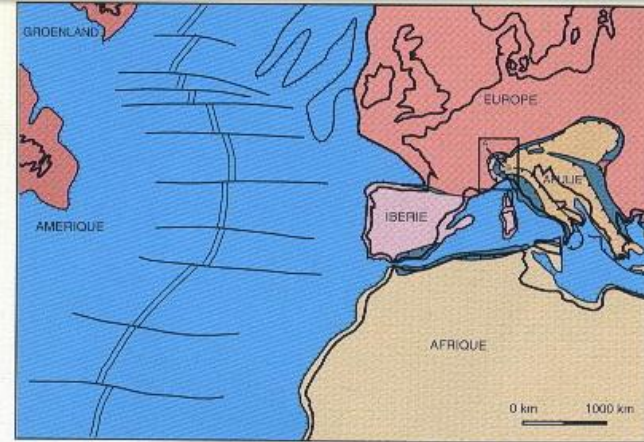
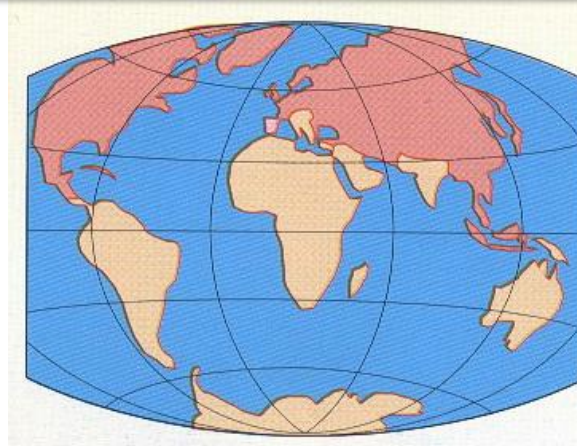
20 Ma => actuel

Néogène	Pliocène	Plaisancien
	p	Zandéen
		Messinien
		Tortonien
		Serravallien
Miocène	m	Langhien
		Burdigalien
		Aquitanien

Paléogène	Oligocène	Chattien
	g	Rupélien
		Priabonien
		Bartonien
		Lutétien
Éocène	e4-7	Yprésien
		Thanétien
		Sélandien
Paléocène	e1-3	Danien

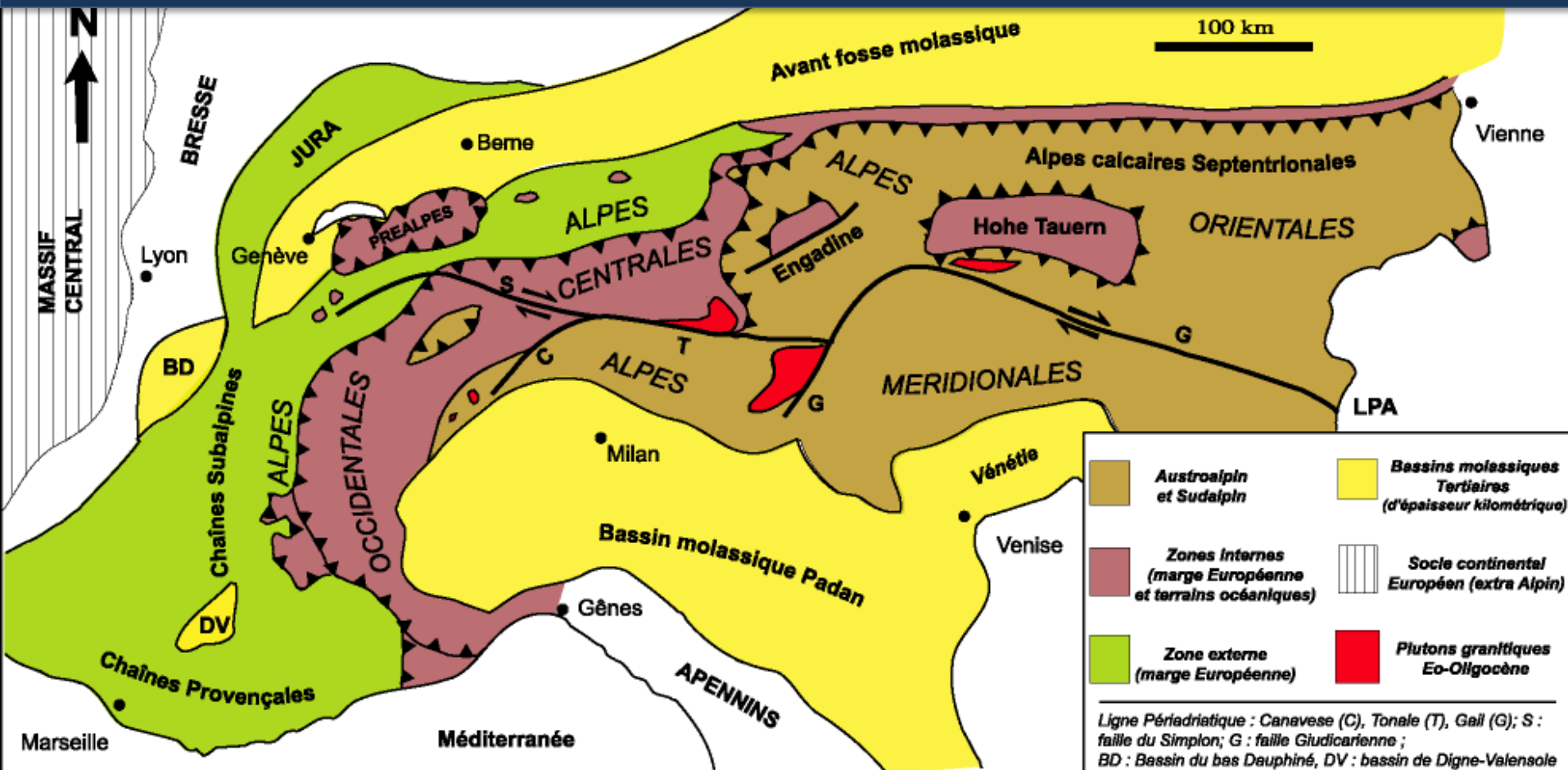
Crétacé	Supérieur	Maastrichtien
		Campanien
		Santonien
		Coniacien
		Turonien
Inférieur	n	Cénomannien
		Albien
		Aptien
		Barrémien
		Hauterivien
Jurassique	Supérieur	Valanginien
		Berriasien
		Tithonien
		Kimmeridgien
		Oxfordien
Moyen	j1-4	Callovien
		Bathonien
		Bajocien
		Aalénien
		Toarcien
Inférieur	j	Plémsbachien
		Sinemurien
		Hettangien
		Rhétien
		Norien

Trias	Supérieur	Carnien
		Ladinien
		Anisien
		Olenékien
		Indusien
Permien	Moyen	Wuchiapingien
		Changhsingien
		Capitanien
		Wordien
		Roadien



2. LES GRANDES UNITÉS GÉOLOGIQUES

2. LES GRANDES UNITÉS GÉOL. *Zonéographie alpine*



Alpes occidentales

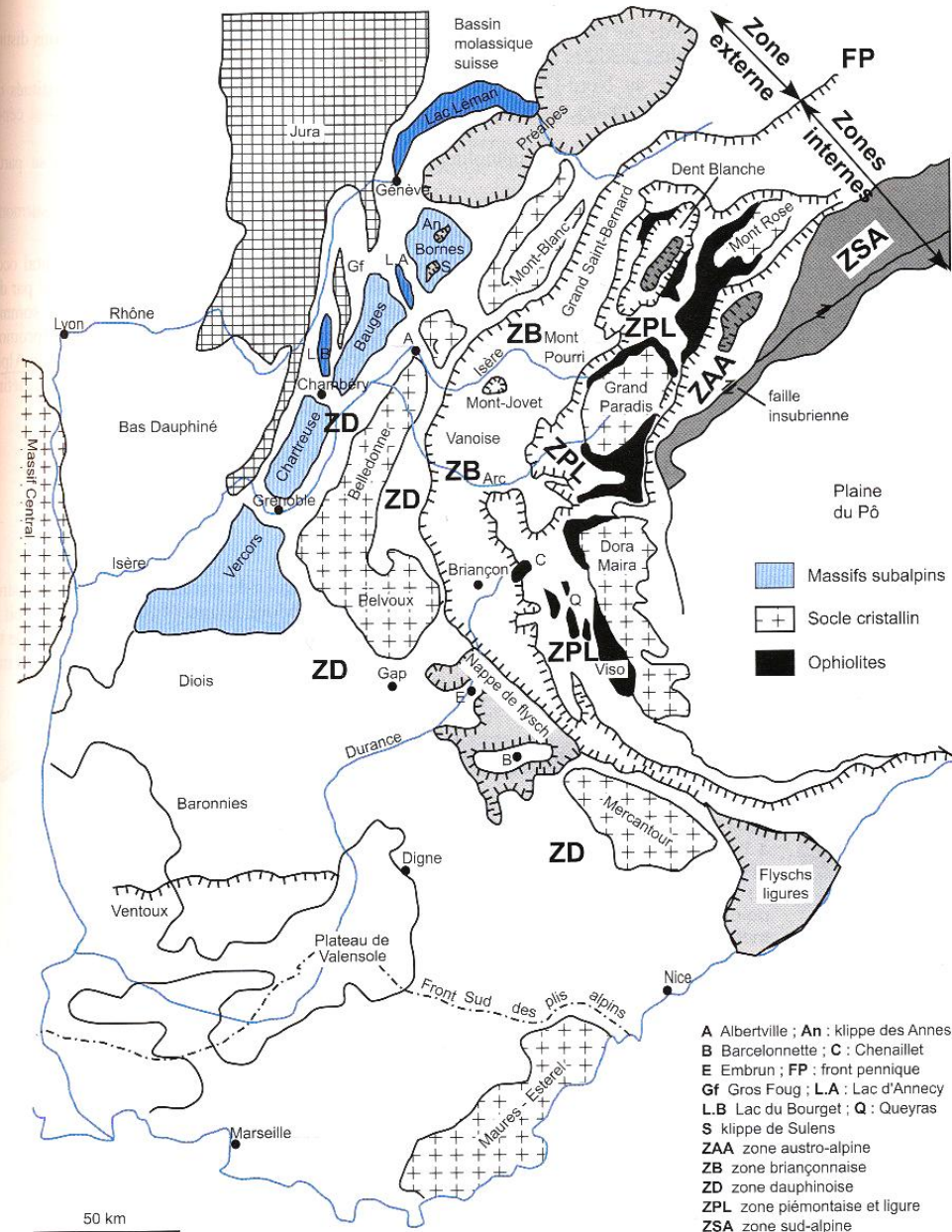
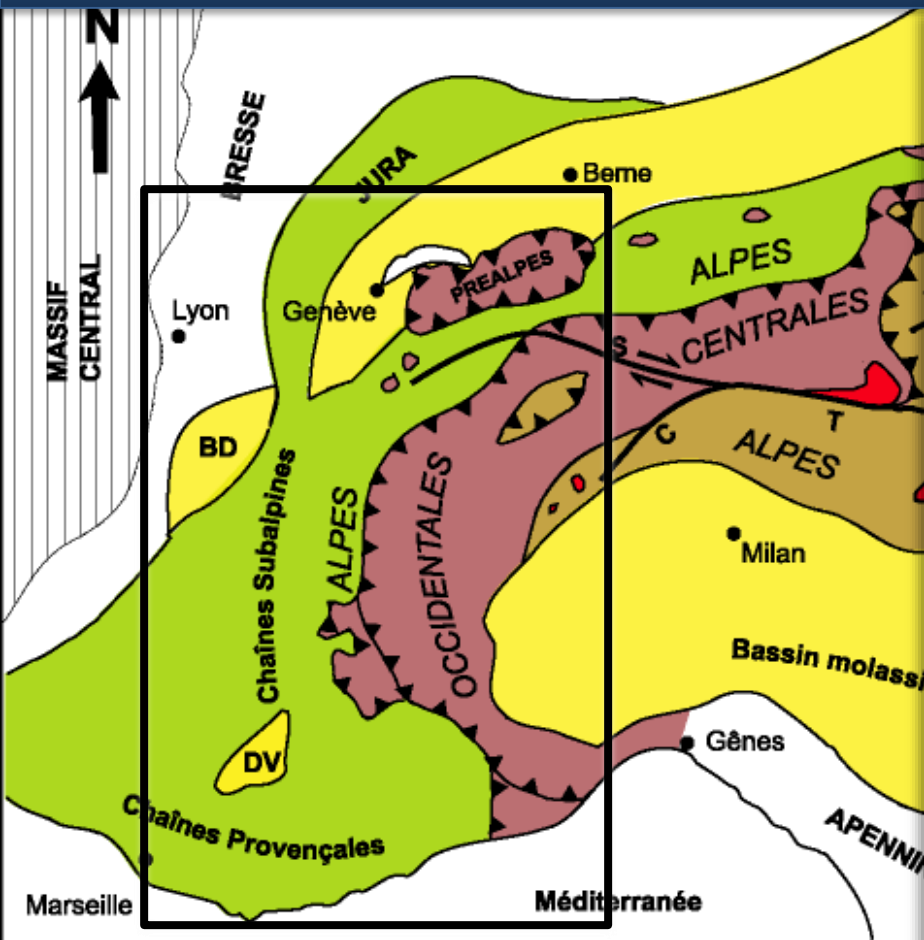
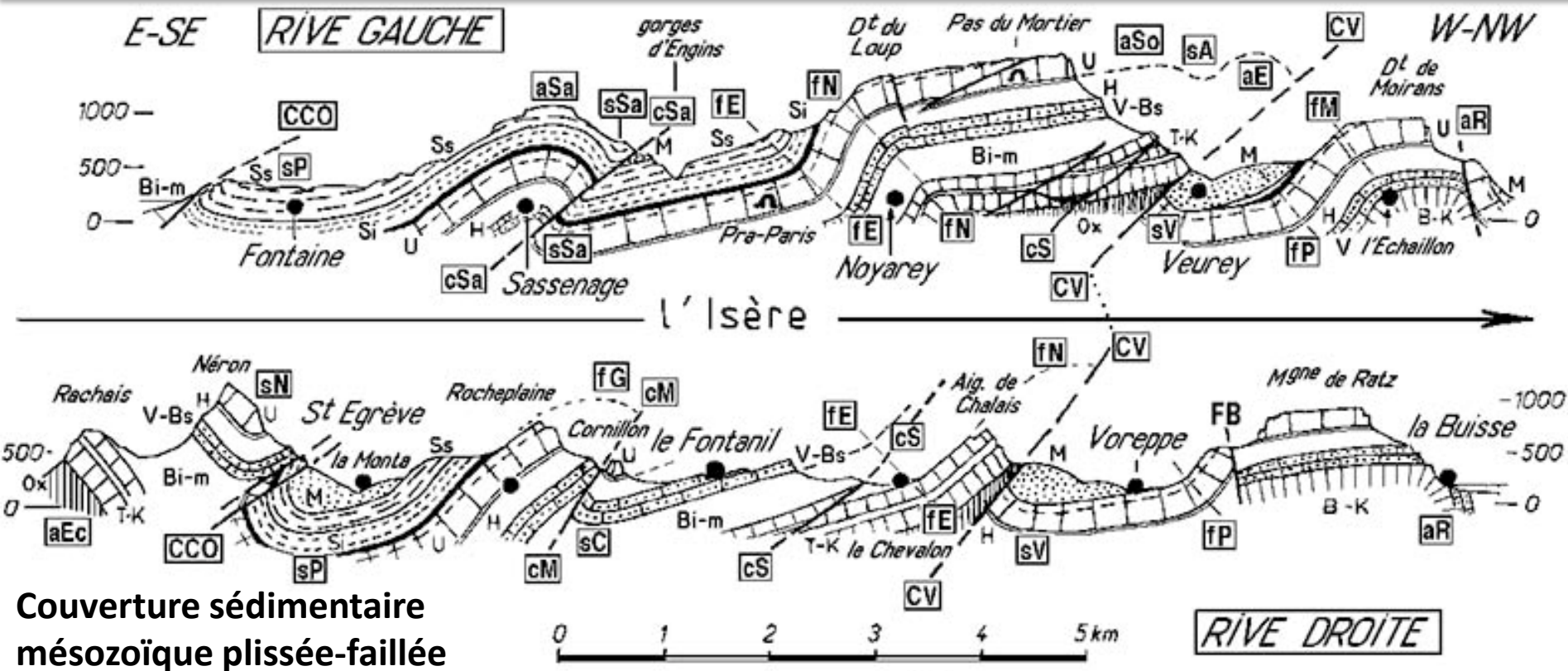


Figure 12.2 Schéma structural simplifié des Alpes occidentales.

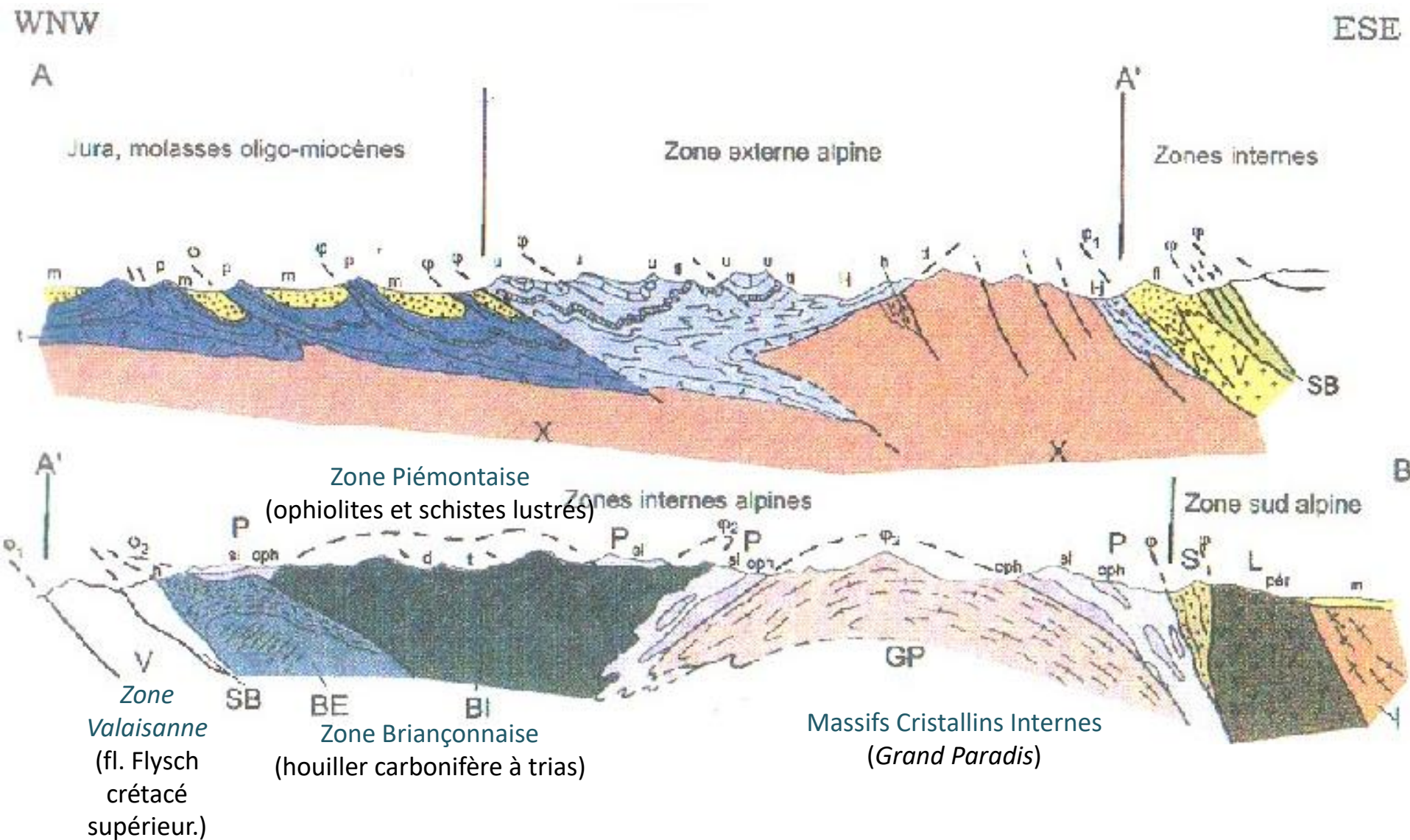
2. LES GRANDES UNITÉS GÉOL La zone externe



Couverture sédimentaire
mésozoïque plissée-faillée

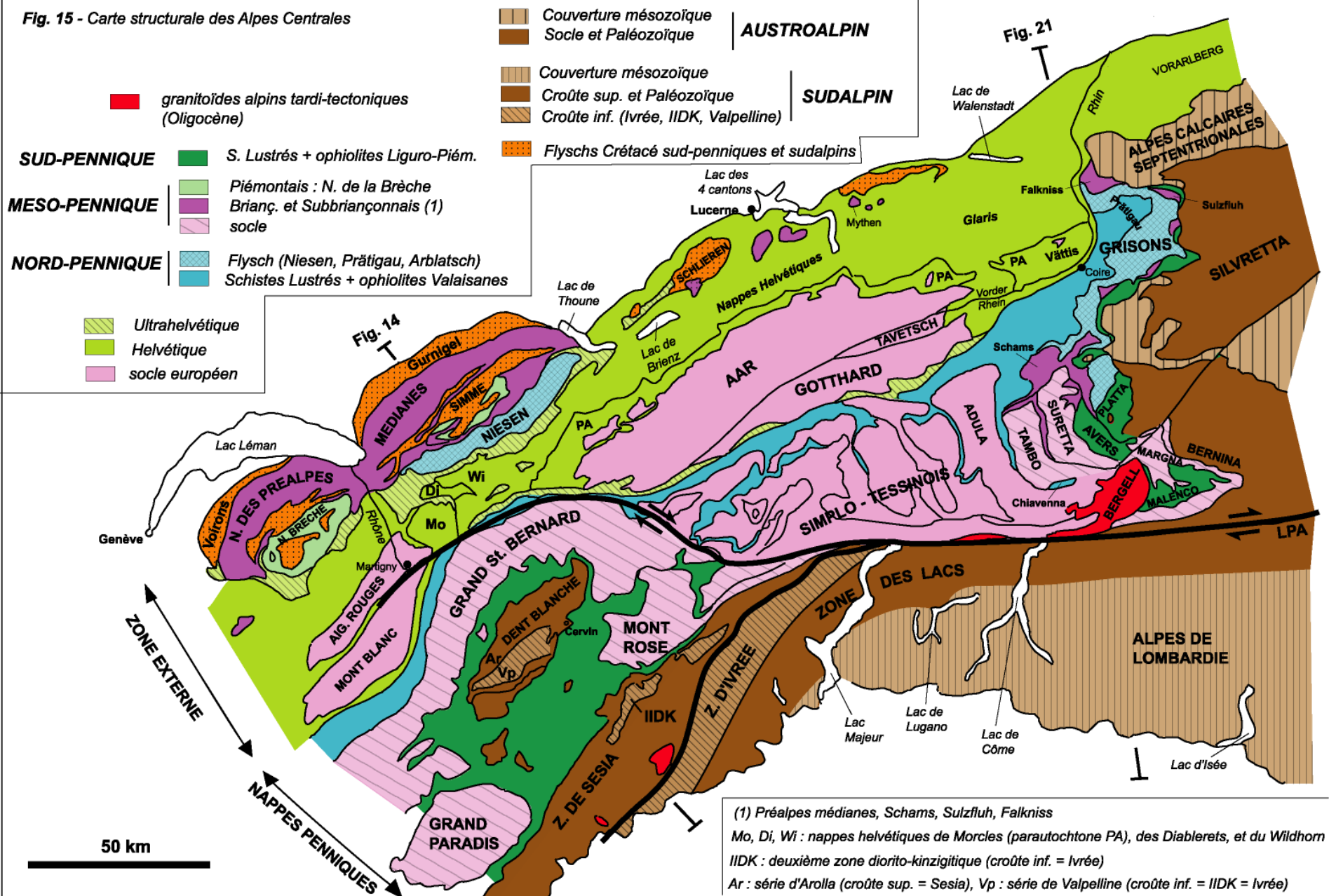


2. LES GRANDES UNITÉS GÉOL La zone interne



Alpes centrales

Fig. 15 - Carte structurale des Alpes Centrales



2. LES GRANDES UNITÉS GÉOL Alpes centrales

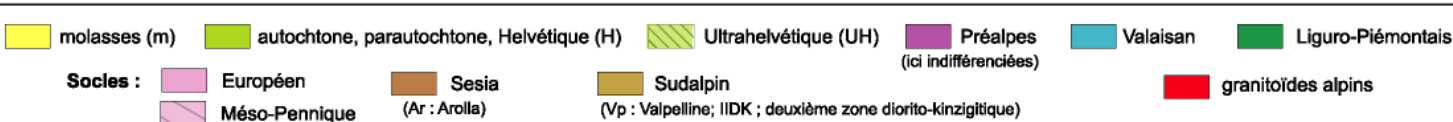
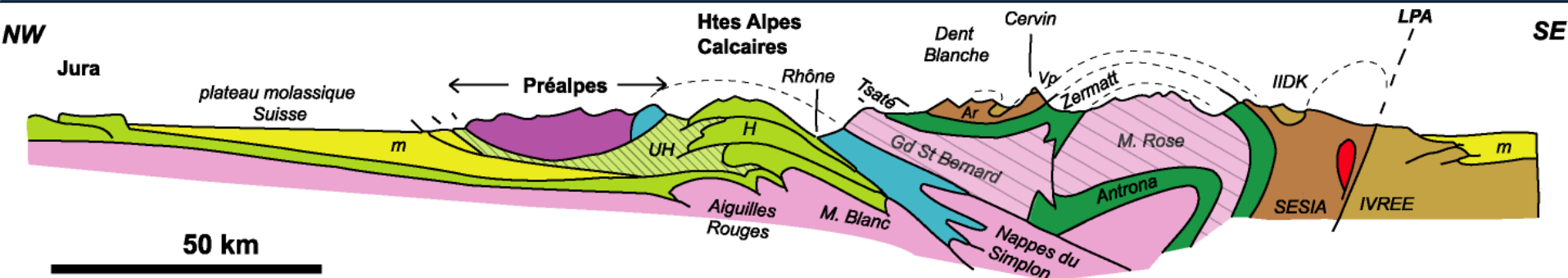
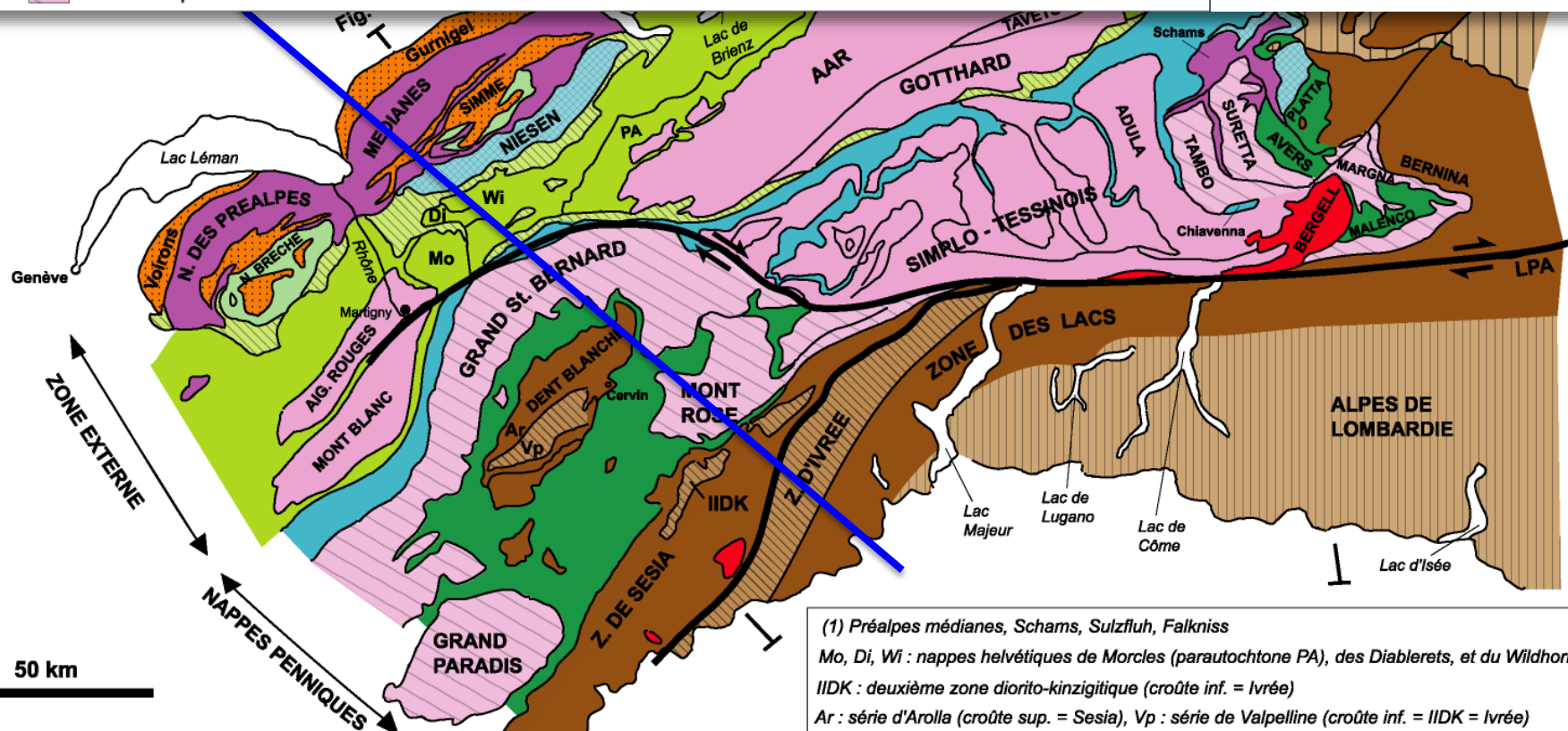


Fig. 14



(1) Préalpes médianes, Schams, Sulzfluh, Falkniss

Mo, Di, Wi : nappes helvétiques de Morcles (parautochtone PA), des Diablerets, et du Wildhorn

IIDK : deuxième zone diorito-kinzigitique (croûte inf. = Ivree)

Ar : série d'Arolla (croûte sup. = Sesia), Vp : série de Valpelline (croûte inf. = IIDK = Ivree)

2. LES GRANDES UNITÉS GÉOL Alpes centrales

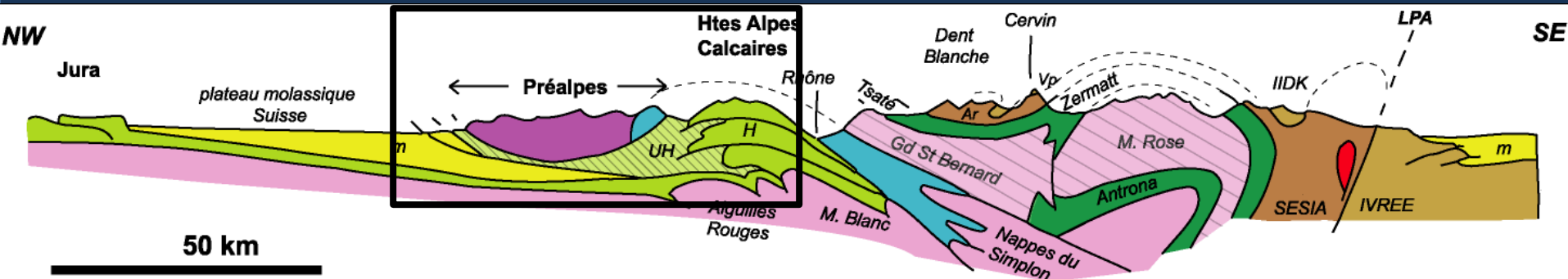
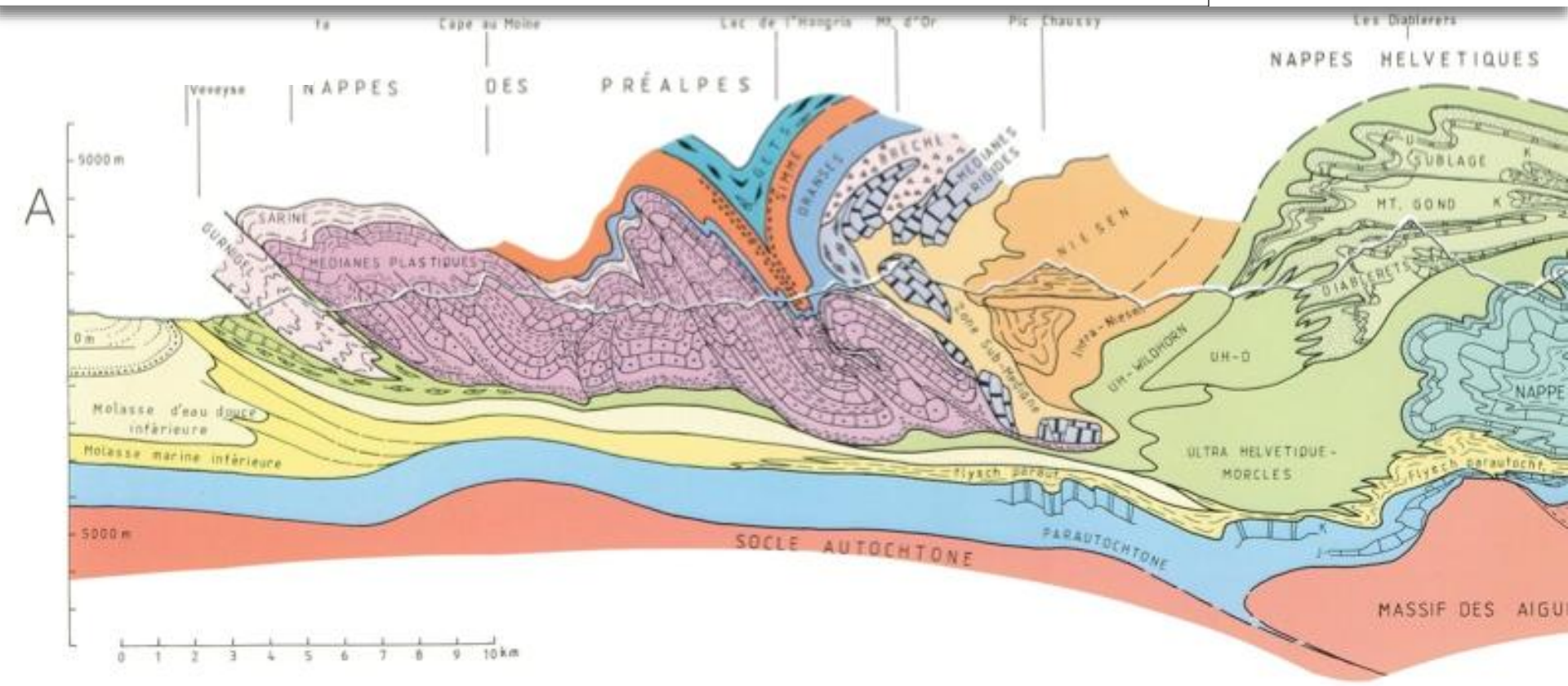
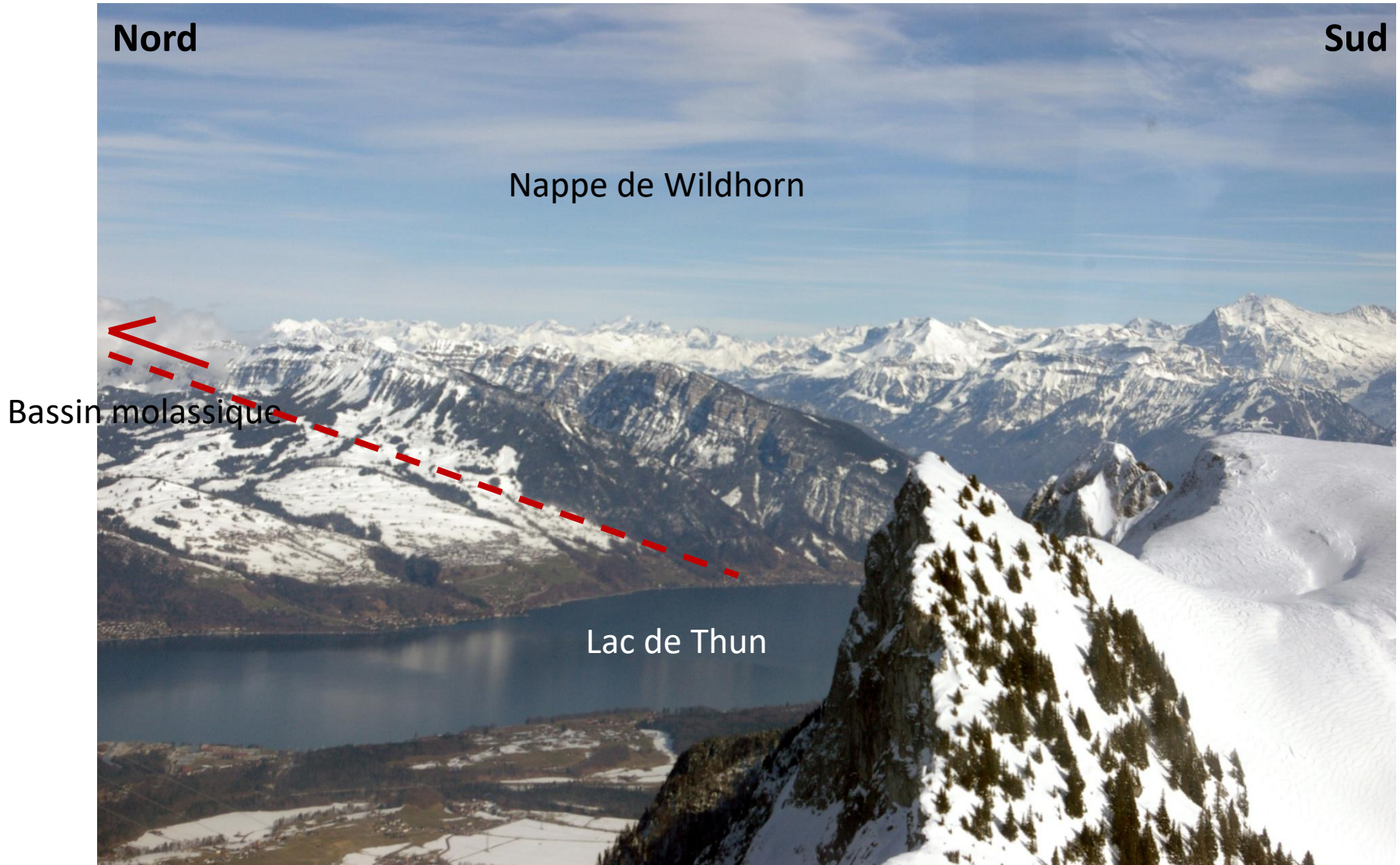


Fig. 14



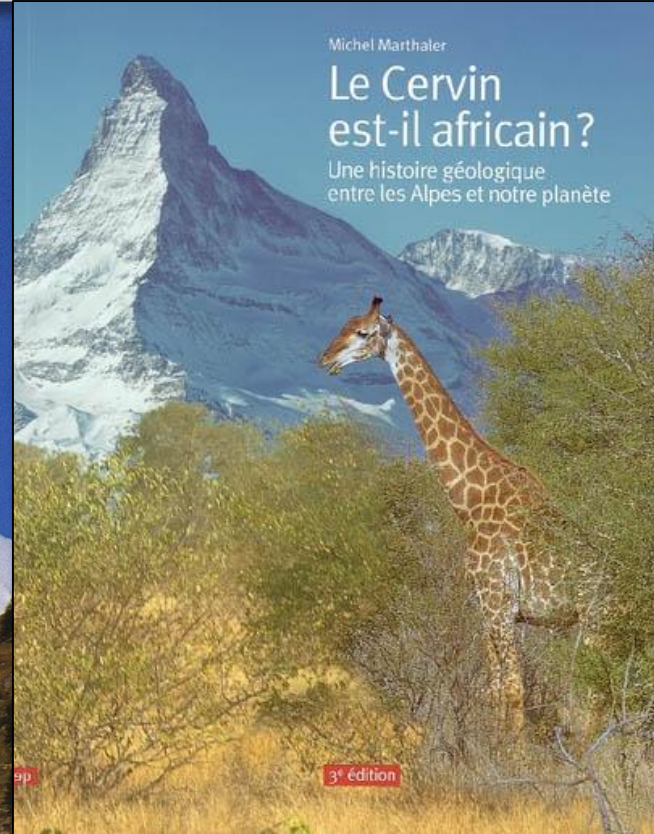
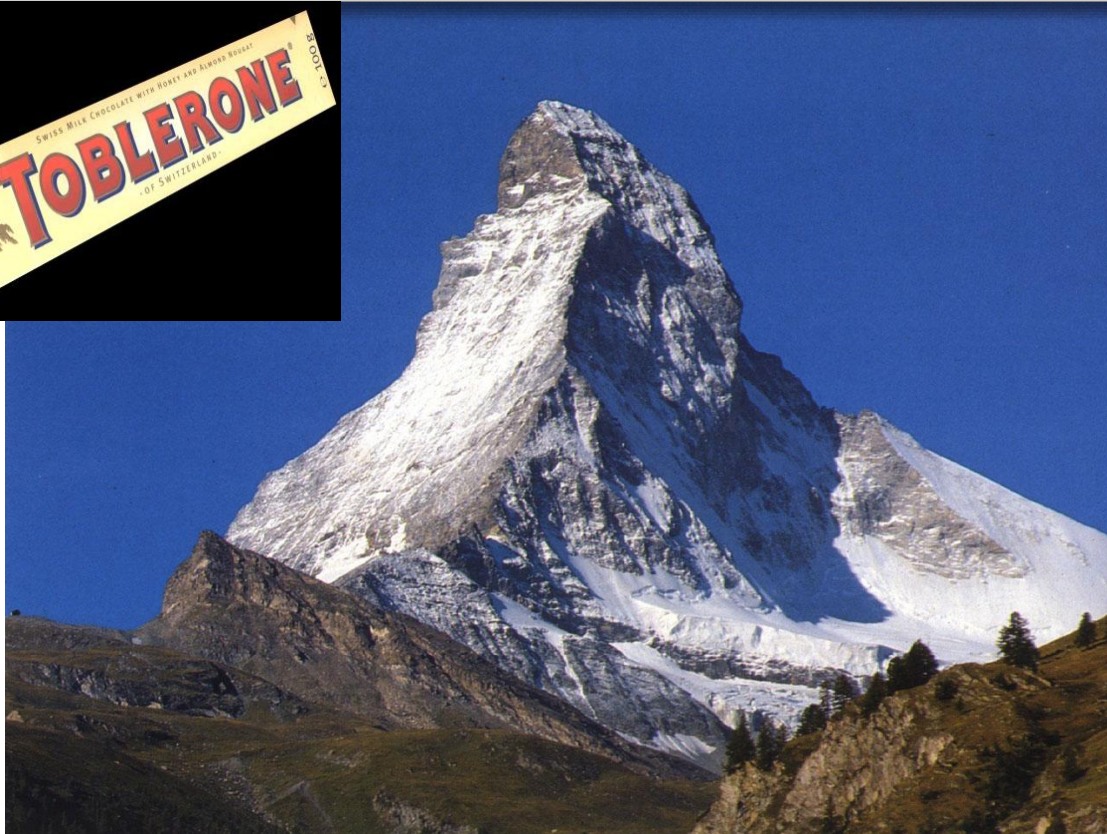
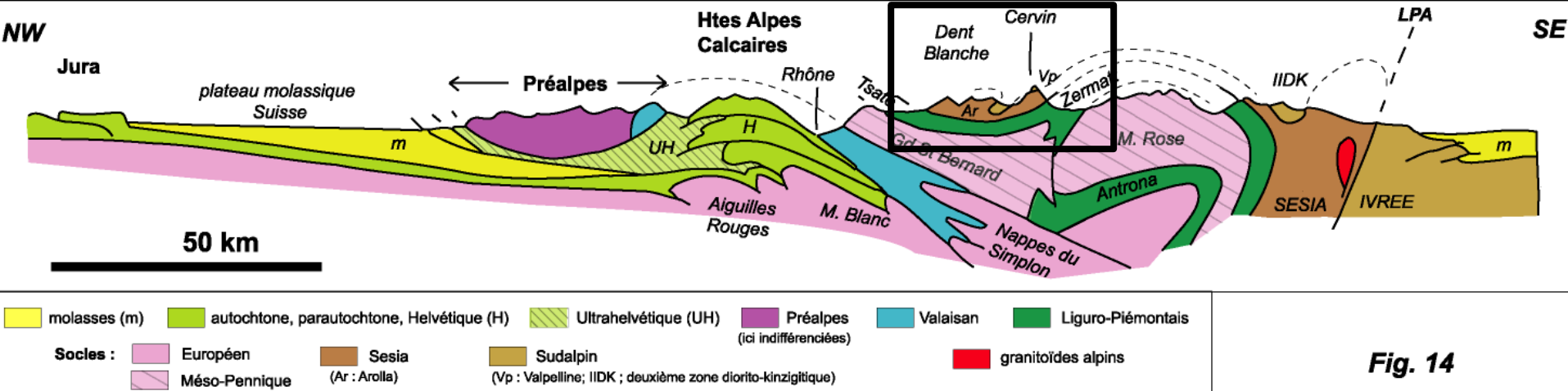
2. LES GRANDES UNITÉS GÉOL *La zone externe*

Les nappes hélvétiques

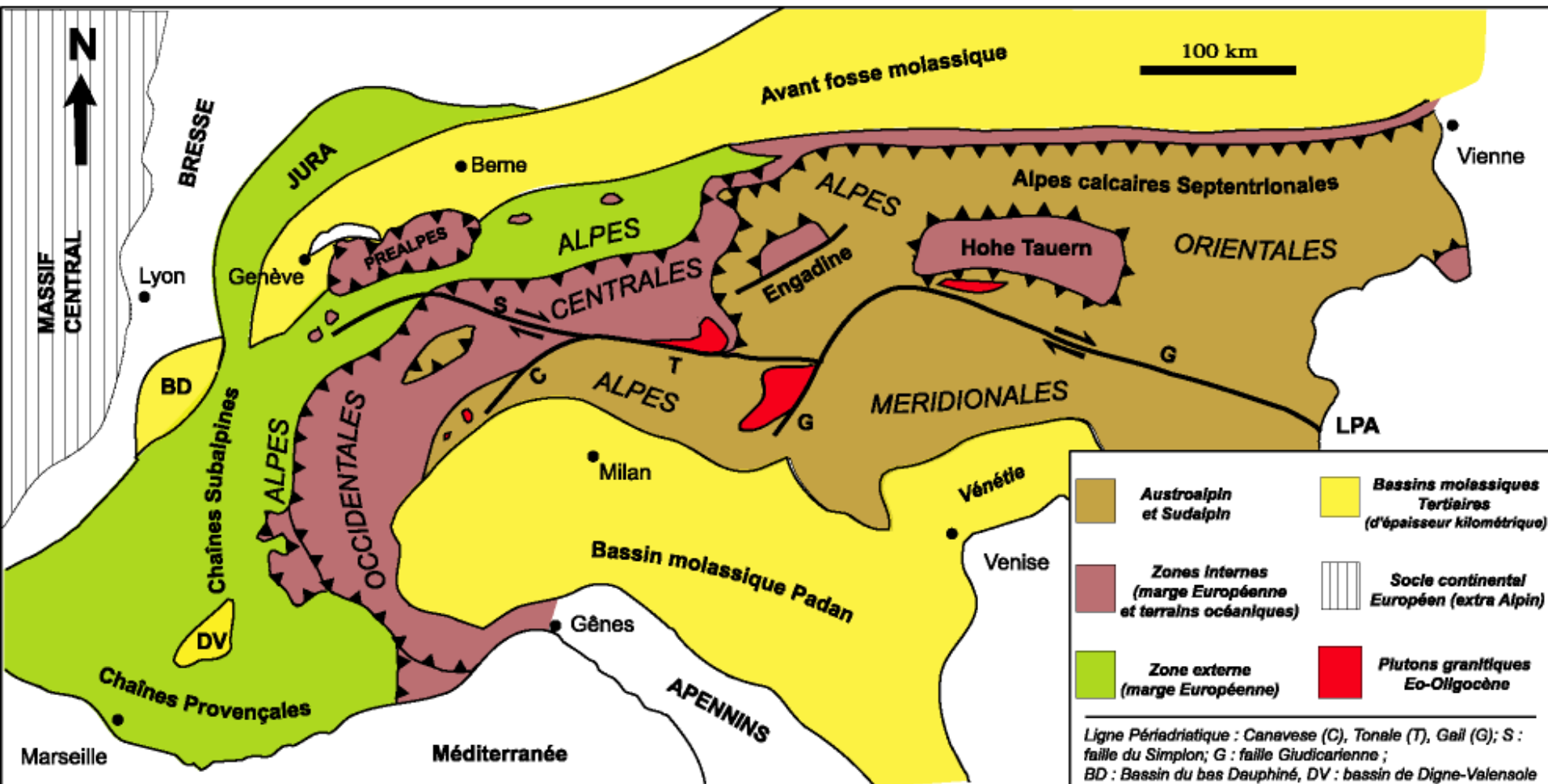


Vue depuis le Stockhorn (canton Bern)

2. LES GRANDES UNITÉS GÉOL La klippe de la Dent

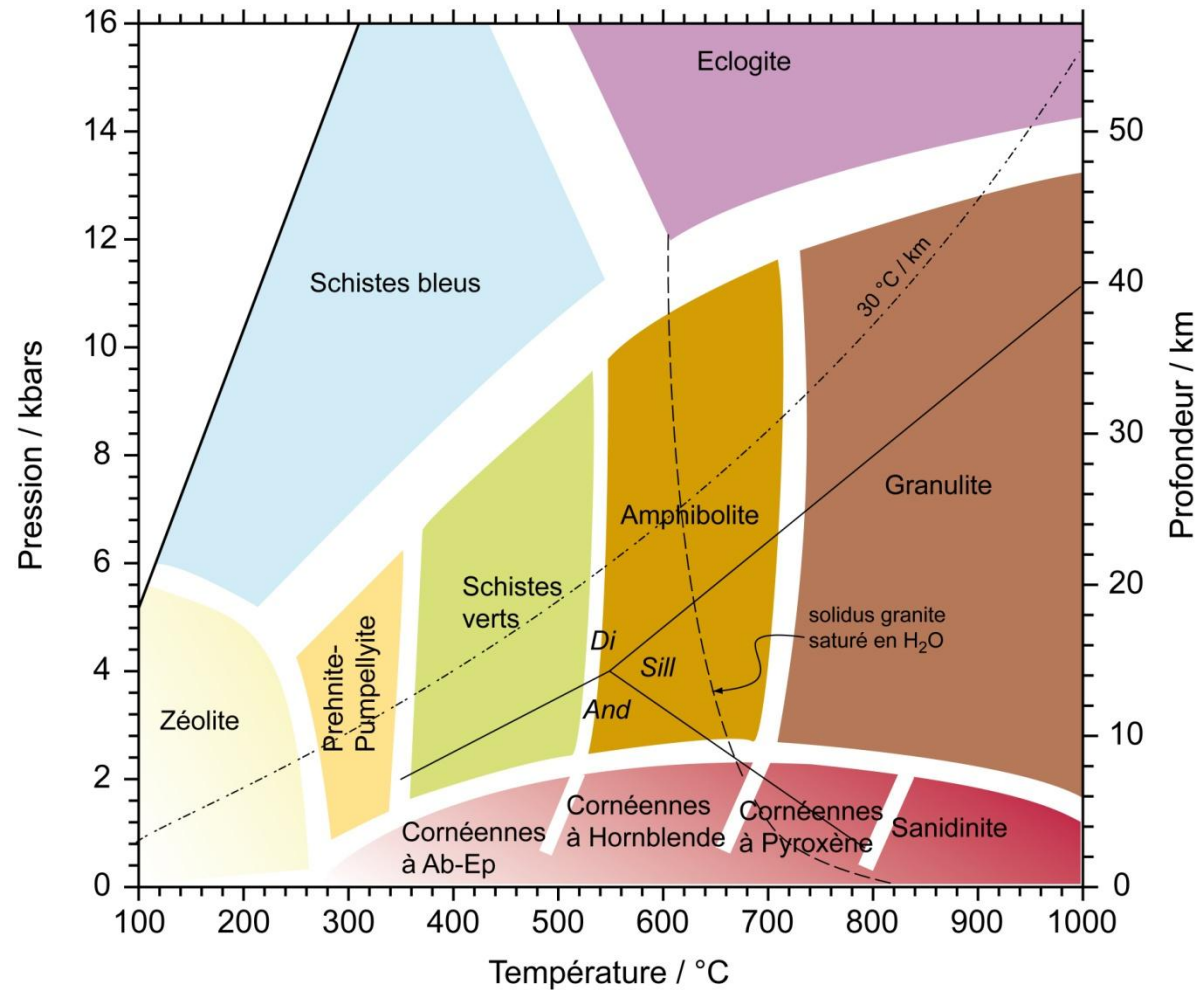


Alpes orientales

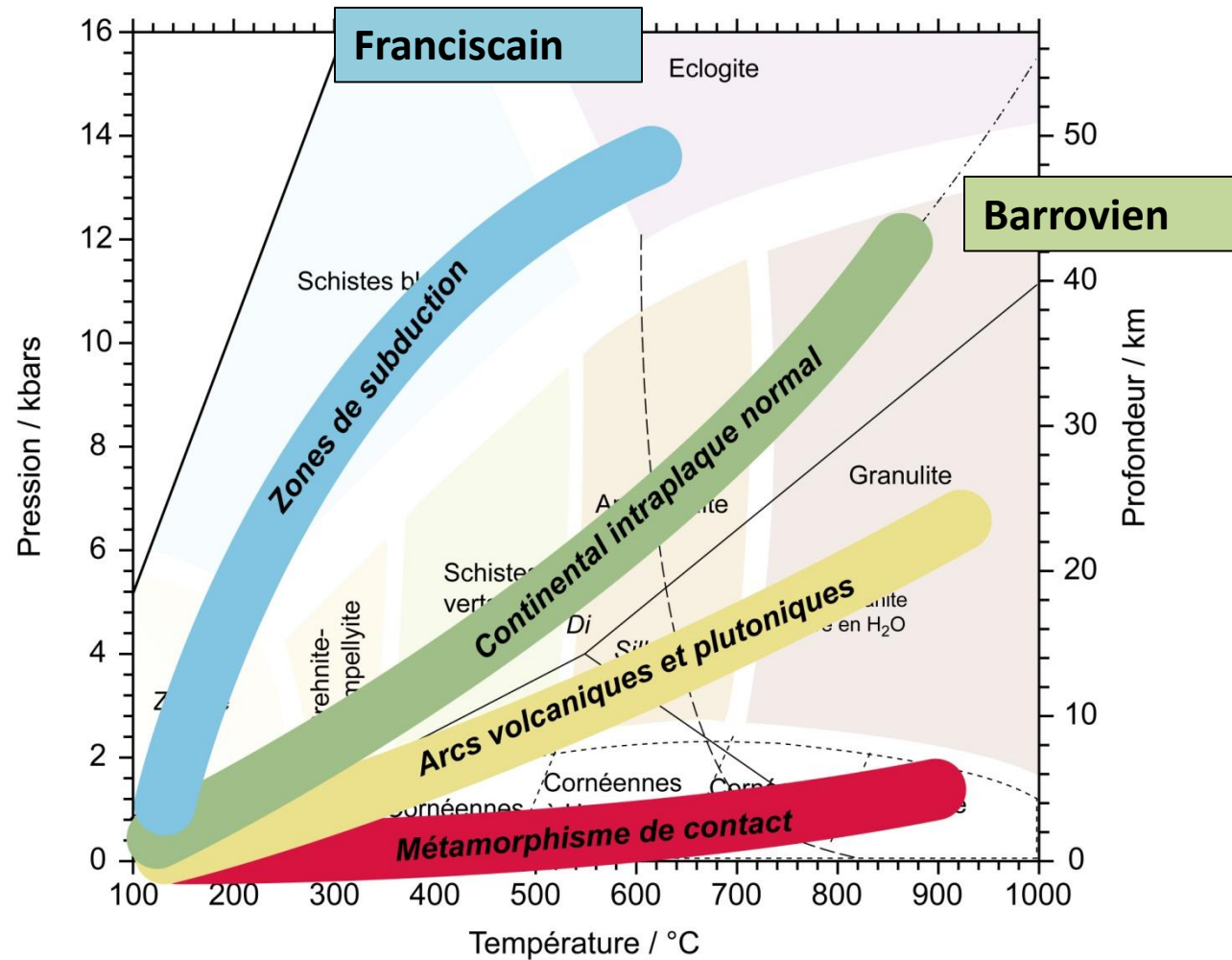


3. LE MÉTAMORPHISME DANS LES ALPES

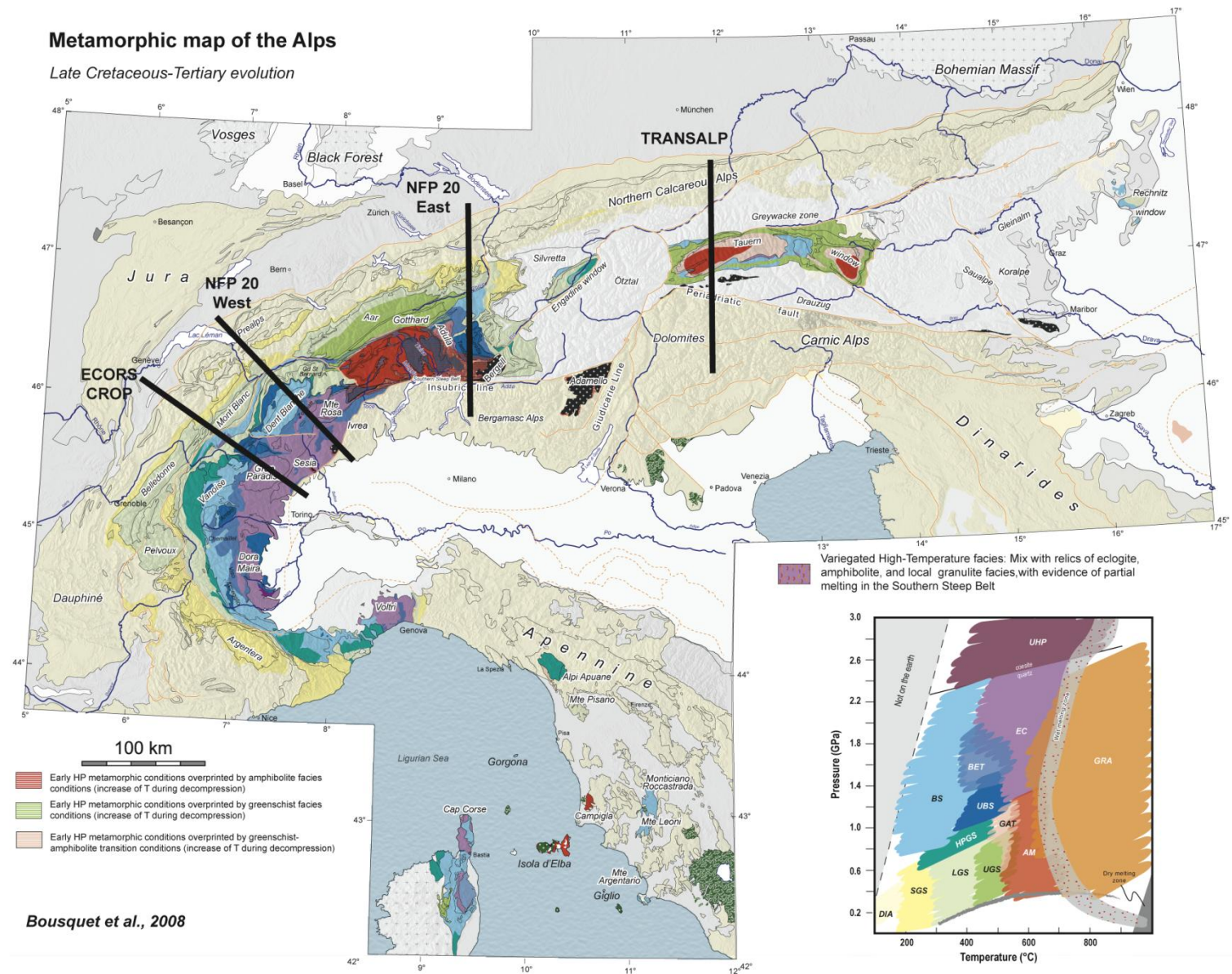
3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Faciès métamorphiques*



3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradients métamorphiques*

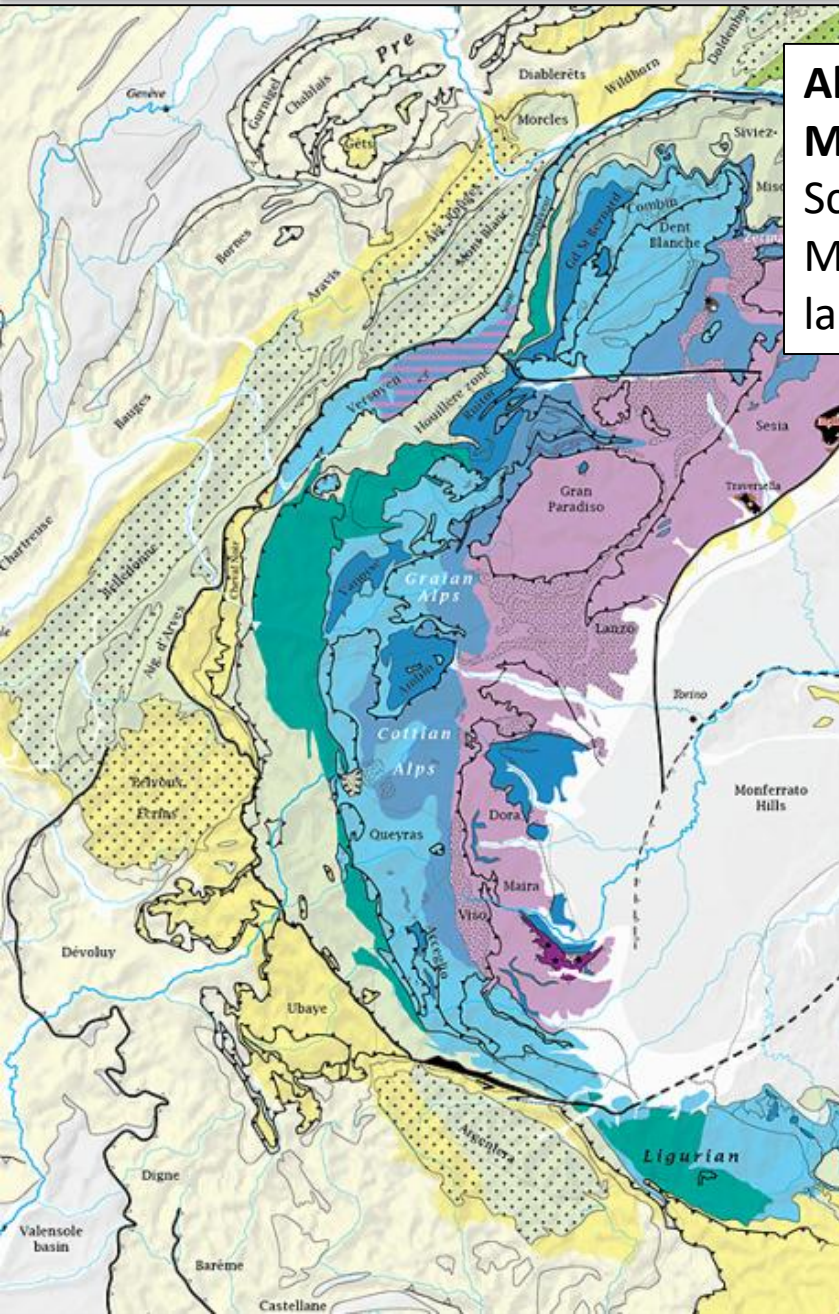


3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Carte du métamorphisme*



3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Alpes Occidentales*

https://perso.univ-rennes1.fr/romain.bousquet/Alps/Maps/Alps_metamorphic.html

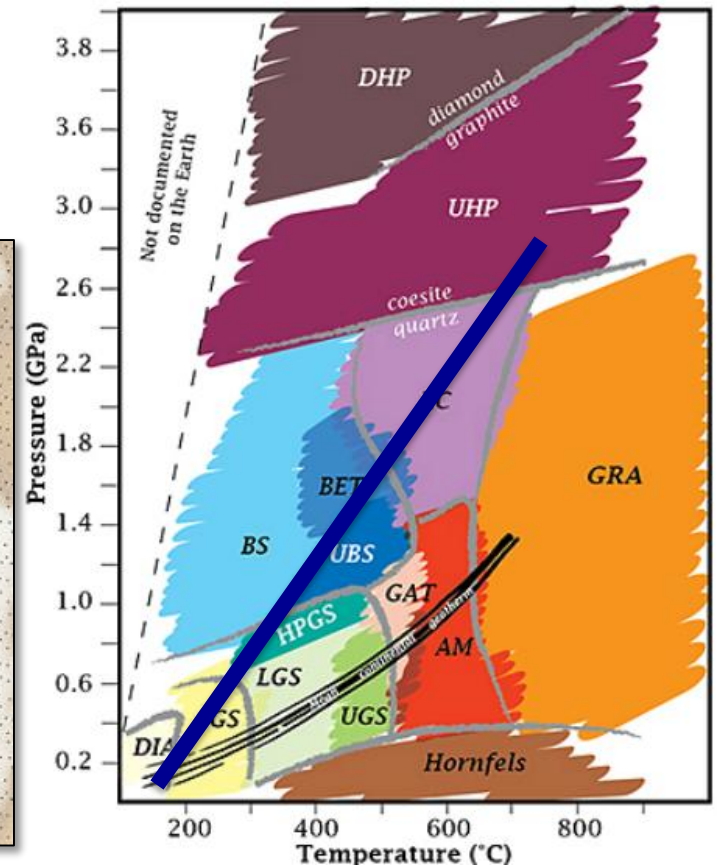
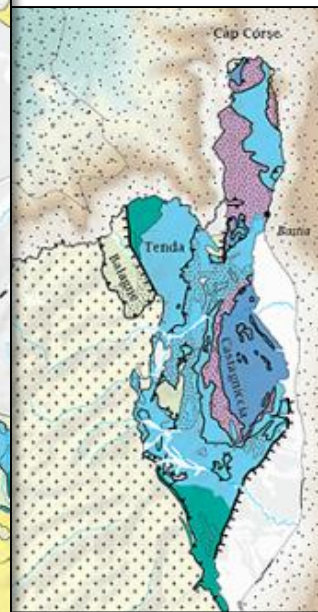


Alpes Occidentales: jaune → vert → bleu → violet

Métamorphisme croissant W → E

Schistes verts → UHP (max Dora Maira)

Métam de type **franciscain** (HP-BT) daté 55-35 Ma lié à la **subduction**



3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Alpes Occidentales*

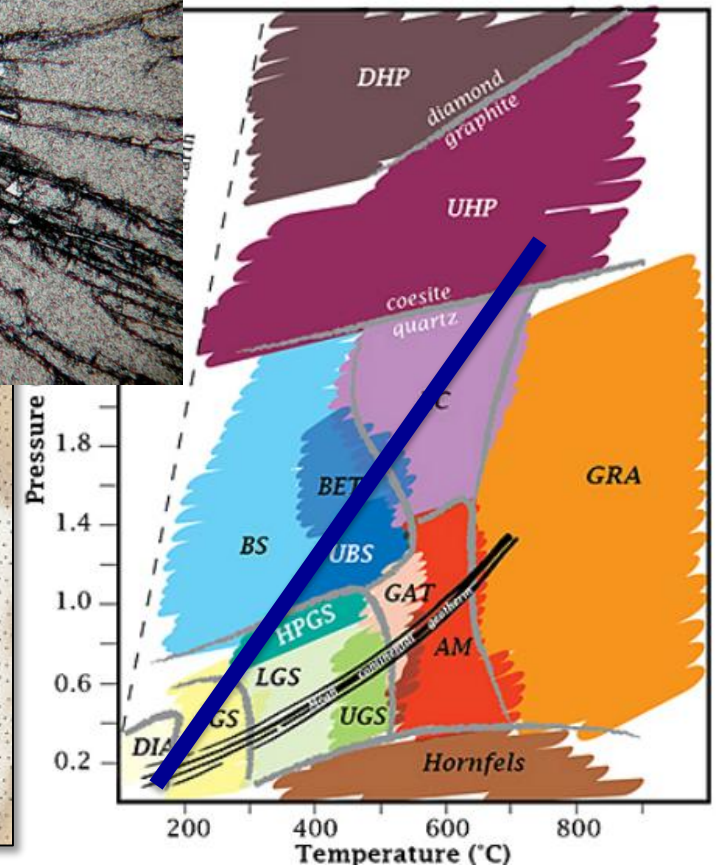
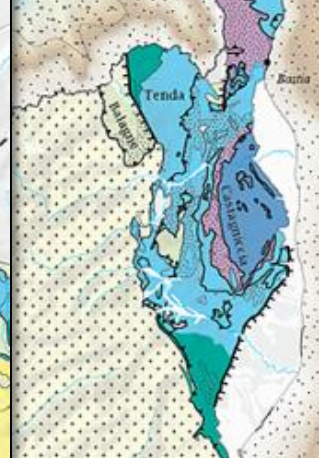
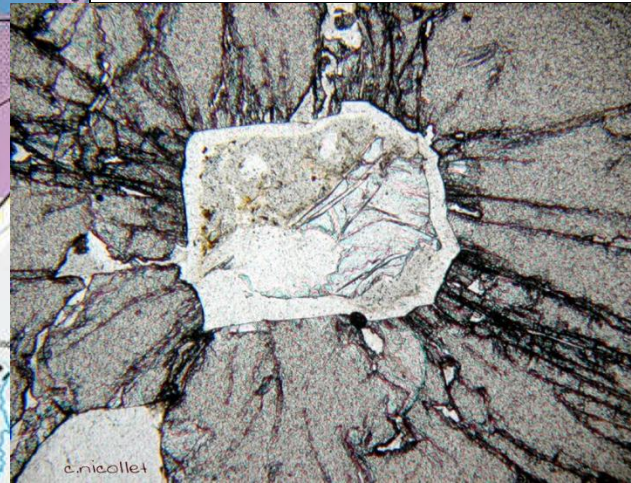
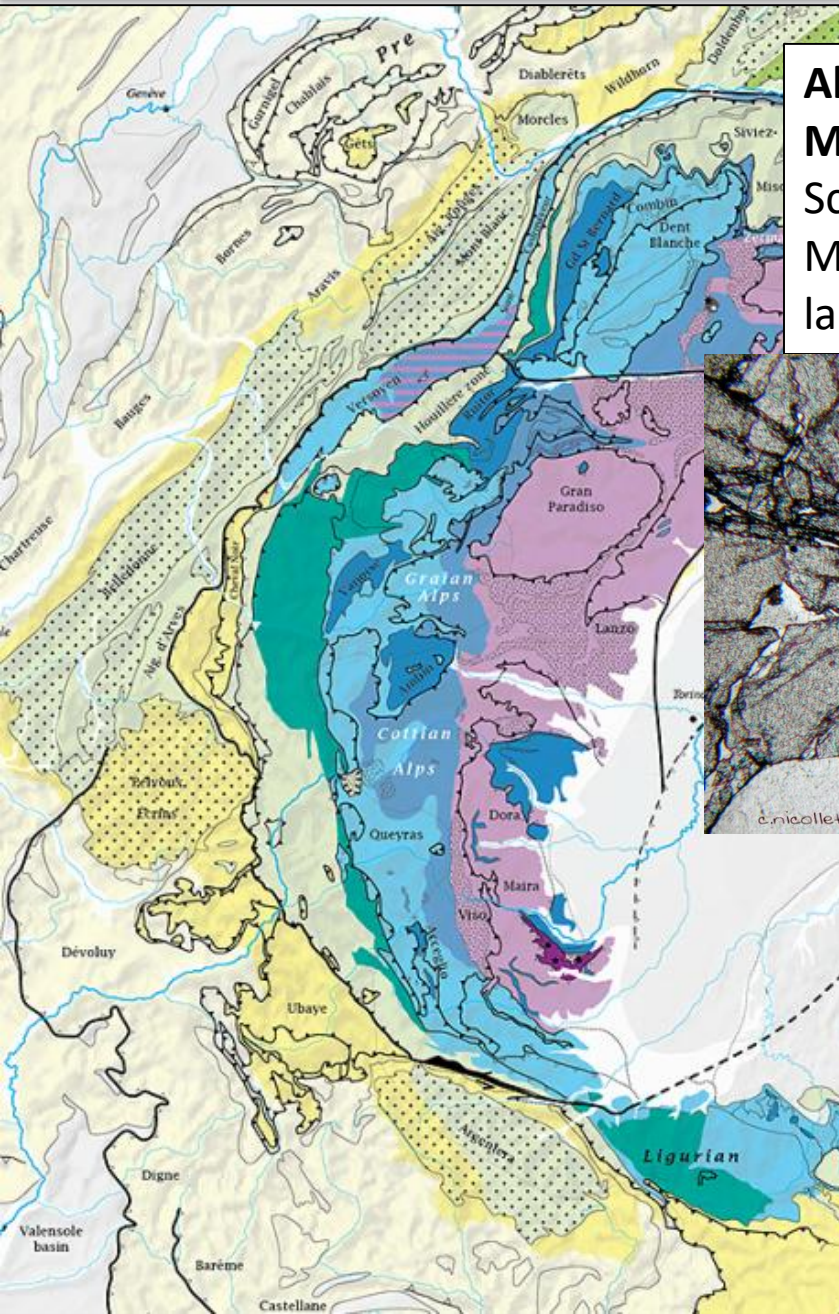
https://perso.univ-rennes1.fr/romain.bousquet/Alps/Maps/Alps_metamorphic.html

Alpes Occidentales: jaune → vert → bleu → violet

Métamorphisme croissant W → E

Schistes verts → UHP (max Dora Maira)

Métam de type **franciscain** (HP-BT) daté 55-35 Ma lié à la **subduction**



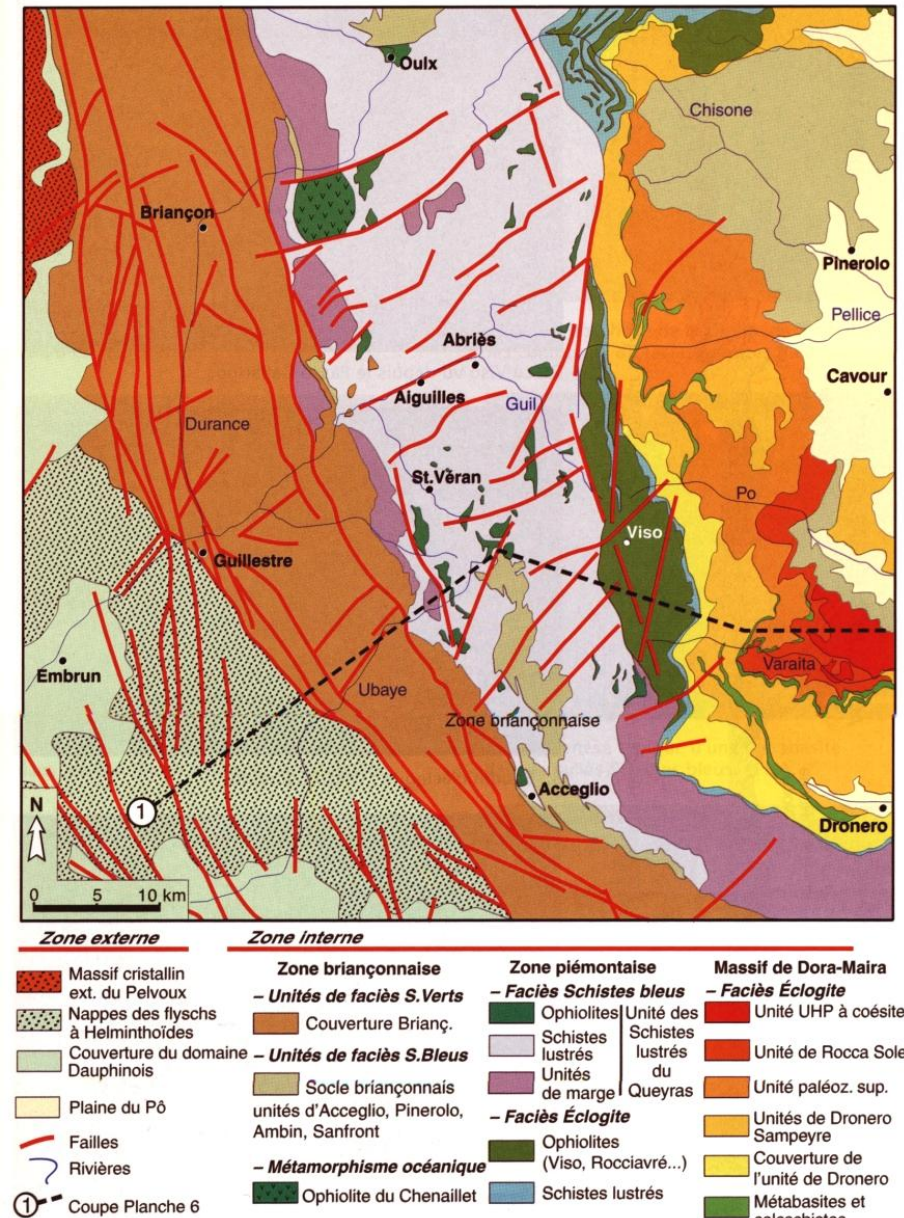
3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*

St-Véran, massif du **Queyras**
Plus haute commune d'Europe (2042 m)



Unité des schistes lustrés (+ ophiolites)

Carte géologique et métamorphique dans le sud des Alpes occidentales (Schwartz, 2001).



3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*

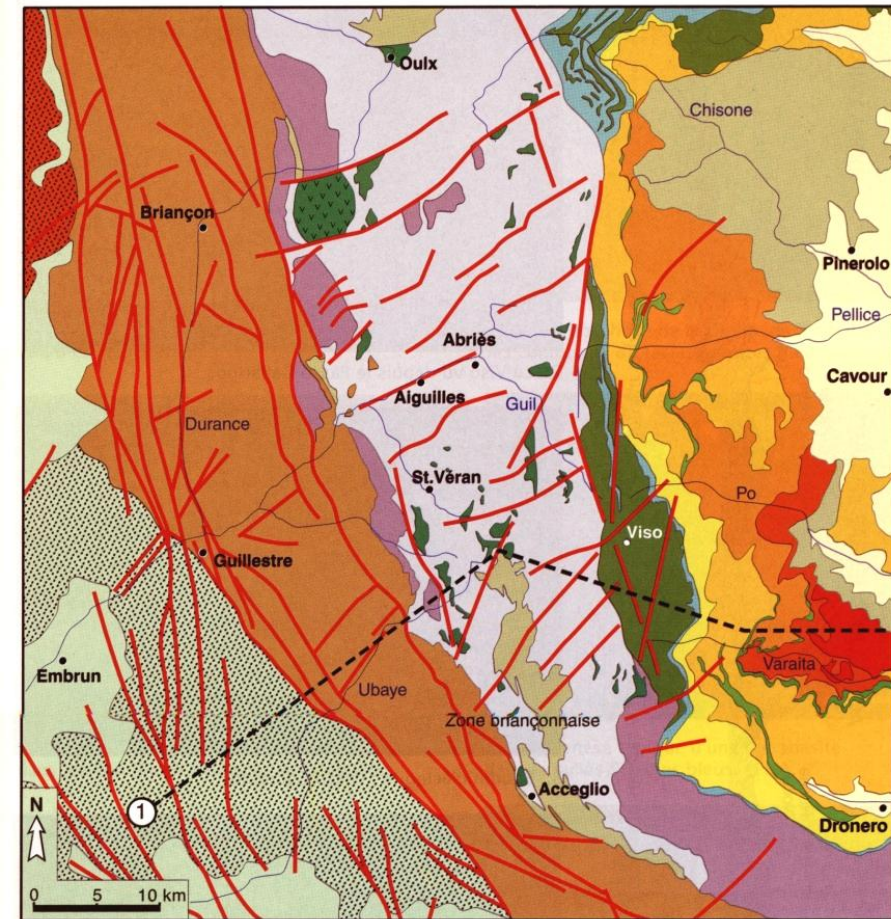
Massif du Chenaillet: nappe ophiolitique supérieure, chevauchant les sédiments de la nappe ophiolitique inférieure



© Maurice GIDON
<http://www.geol-alp.com/>

Unité des schistes lustrés (+ ophiolites)

Carte géologique et métamorphique dans le sud des Alpes occidentales (Schwartz, 2001).



Zone externe

Zone briançonnaise

Zone piémontaise

Massif de Dora-Maira

– Unités de faciès S. Verts

– Faciès Schistes bleus

– Faciès Éclogite

– Unités de faciès S. Bleus

– Faciès Éclogite

– Unité UHP à coésite

– Métamorphisme océanique

– Ophiolites

– Unité de Rocca Solei

– Ophiolite du Chenaillet

– Schistes lustrés

– Unité paléozo. sup.

– Couverture Brianç.

– Ophiolites (Viso, Rocciavré...)

– Unités de Dronero

– Socle briançonnais

– Schistes lustrés

– Couverture de l'unité de Dronero

– Unités d'Acciglio, Pinerolo, Ambin, Sanfront

– Schistes lustrés

– Métabasites et calcschistes

– Couverture du domaine Dauphinois

– Schistes lustrés

– Unité paléozo. sup.

– Plaine du Pô

– Schistes lustrés

– Unité paléozo. sup.

– Failles

– Schistes lustrés

– Unité paléozo. sup.

– Rivières

– Schistes lustrés

– Unité paléozo. sup.

– Coupe Planche 6

– Schistes lustrés

– Unité paléozo. sup.

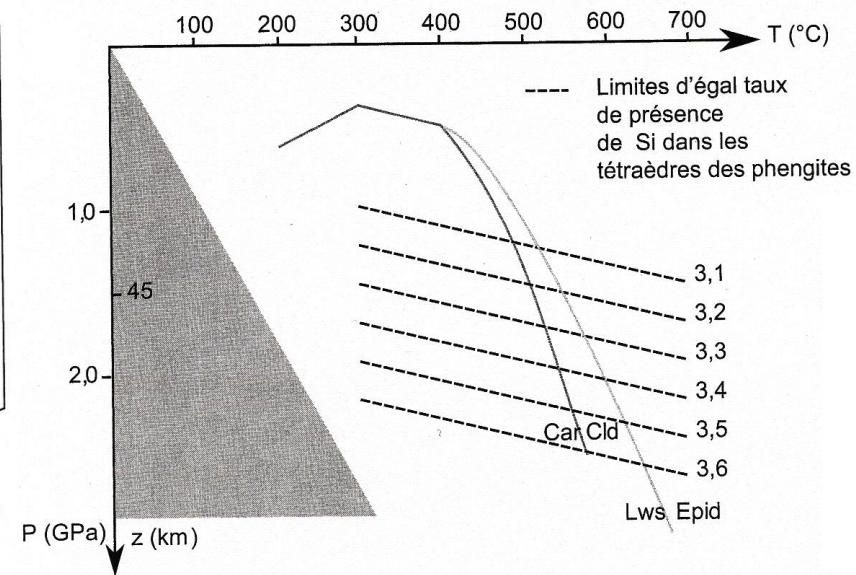
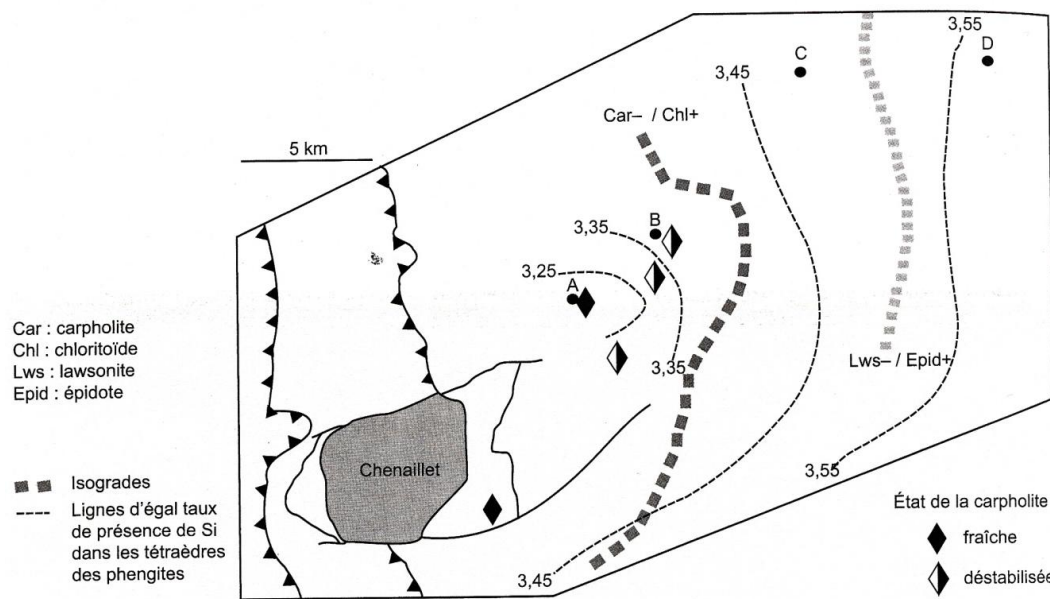
3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*

Les schistes lustrés



Photographie F.C pour monanneeacollege.com

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



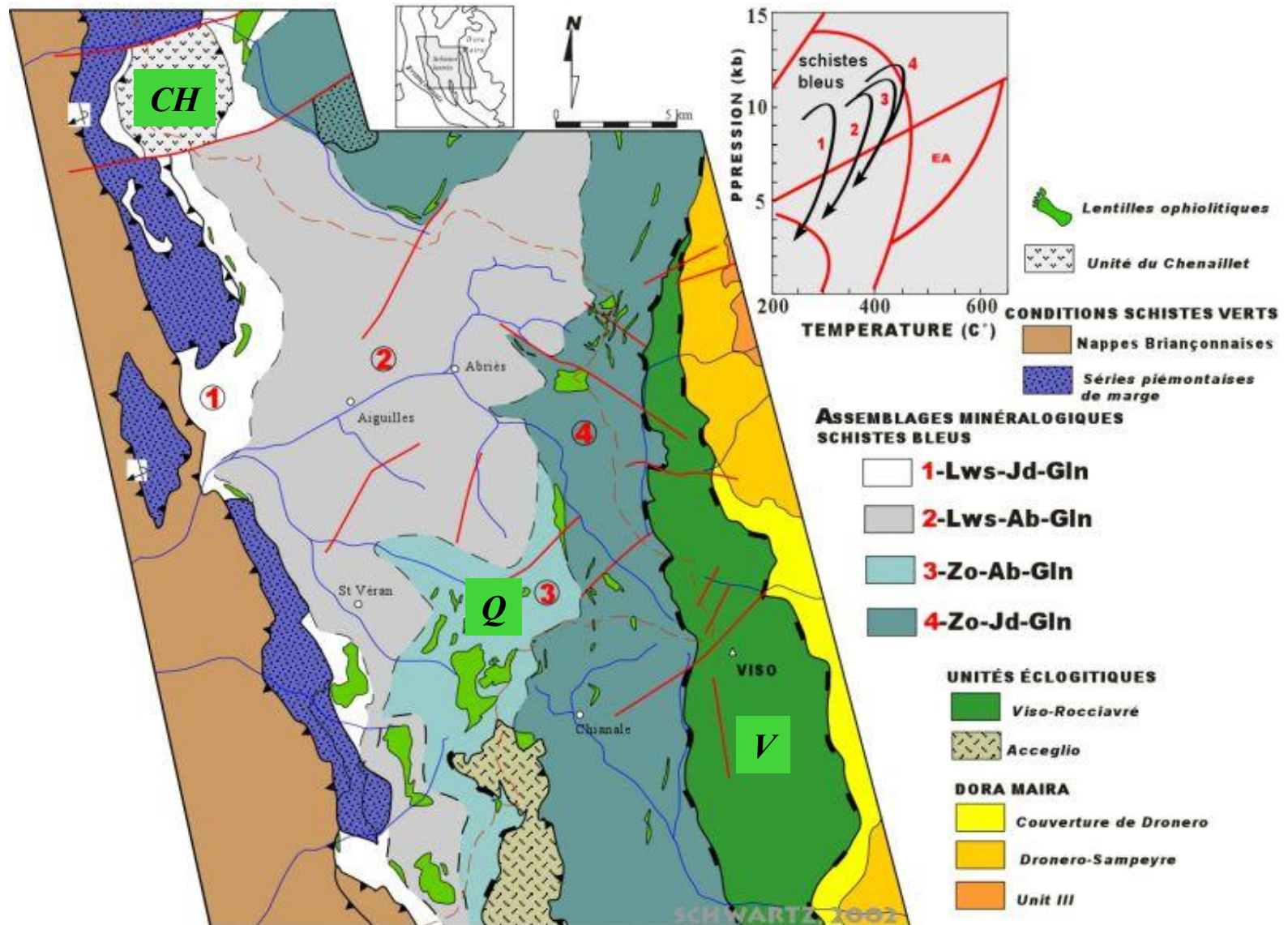
Carte des occurrences de **minéraux index** du métamorphisme dans les **schistes lustrés**.

Domaine de stabilité des minéraux dans le champ *PT*.

Les isogrades **carpholite- / /epidote+** sont figurés par les lignes épaisses en pointillés. Les pointillés noirs représentent des lignes d'égal occupation des sites tétraédriques de la **phengite** par Si.

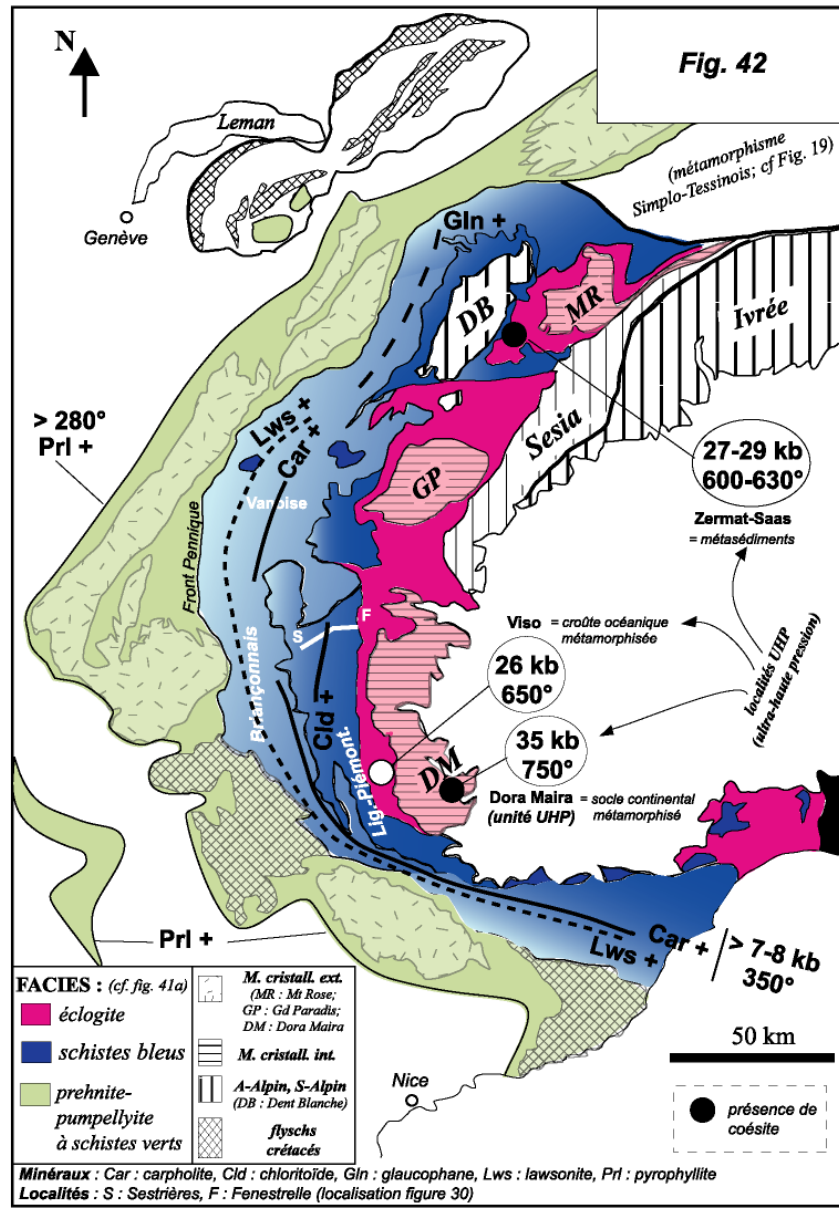
L'état de la carpholite (fraîche ou déstabilisée) a également été indiqué.

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



CH = ophiolite du Chenaillet, **Q** = schistes bleus du Queyras, **V** = éclogite du Mont Viso

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



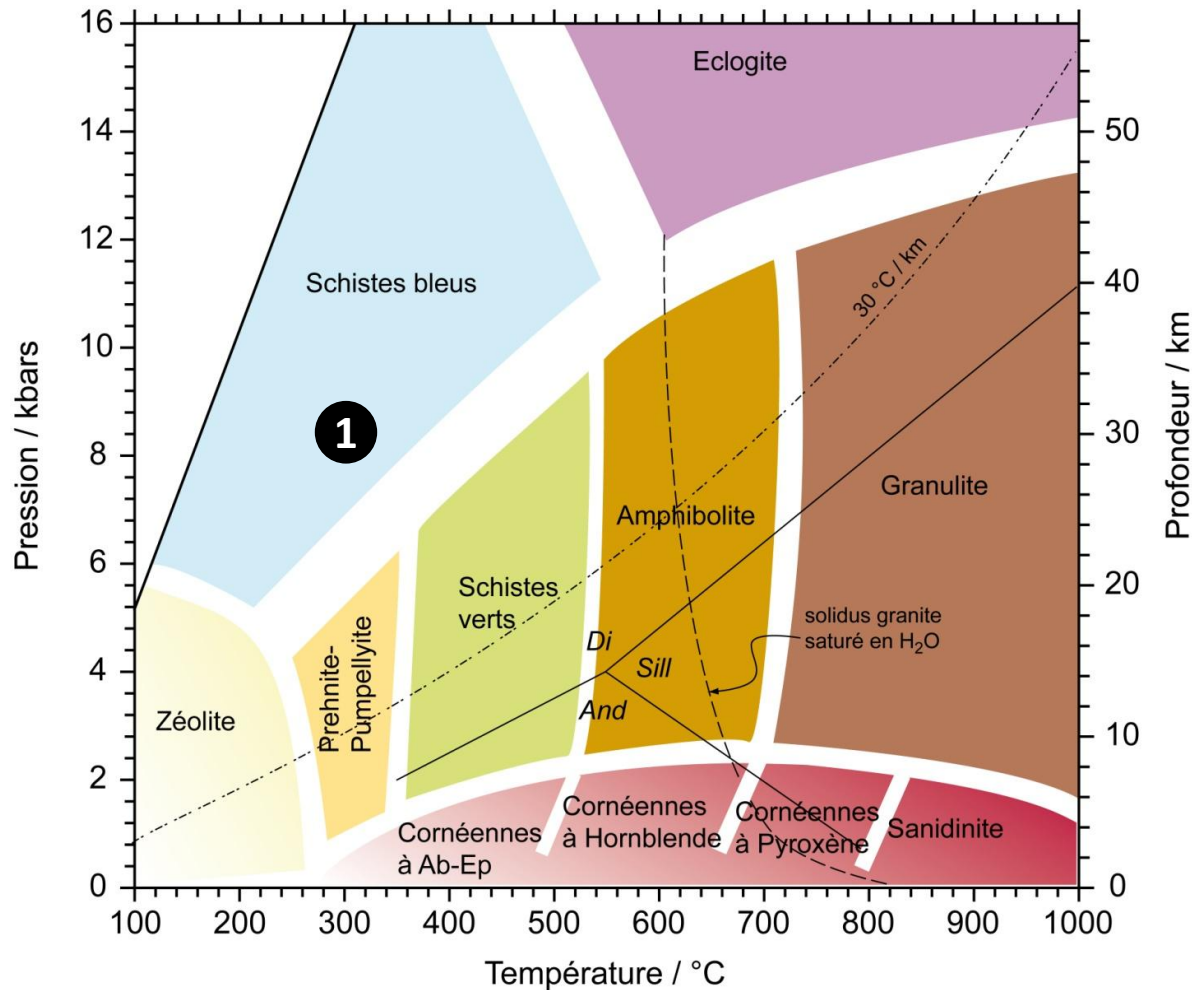
Schiste bleu



Eclogite



3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



Faciès métamorphiques

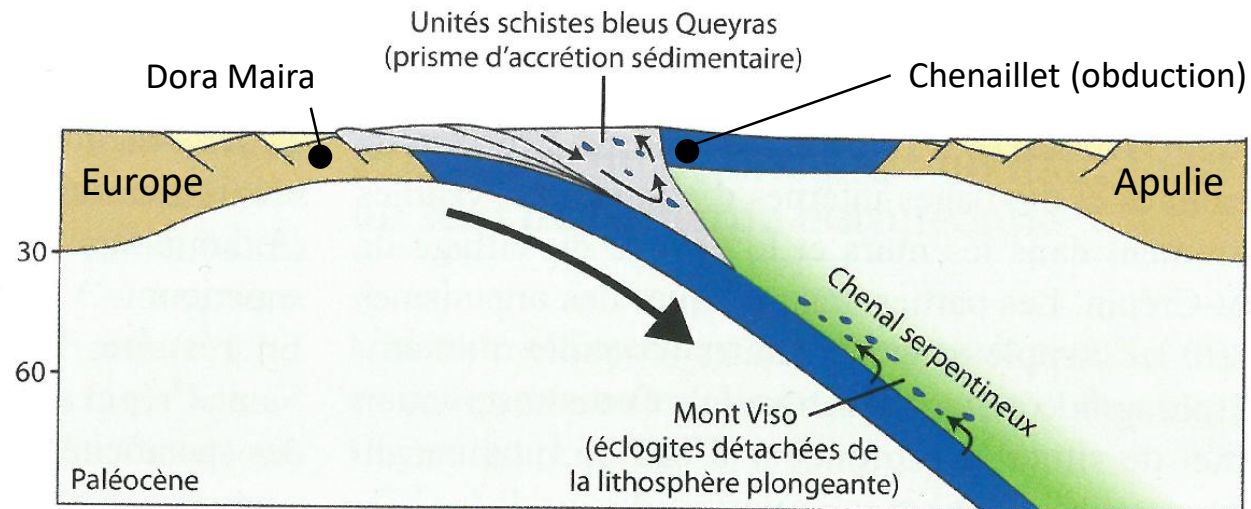
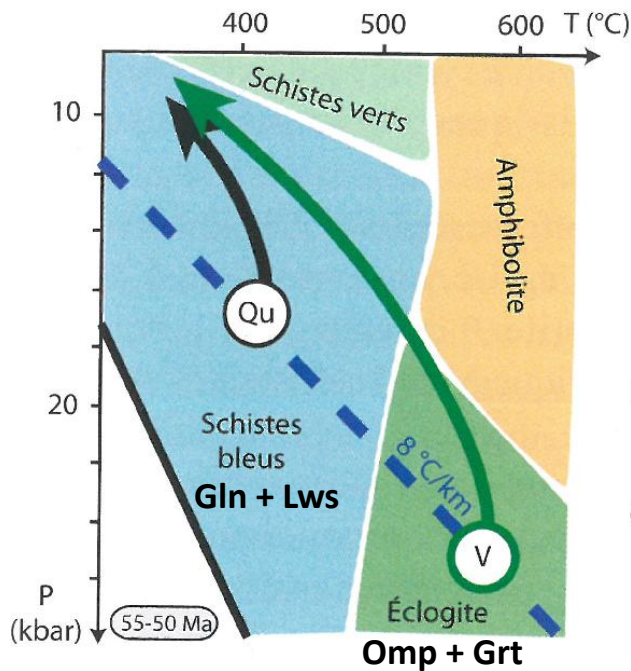
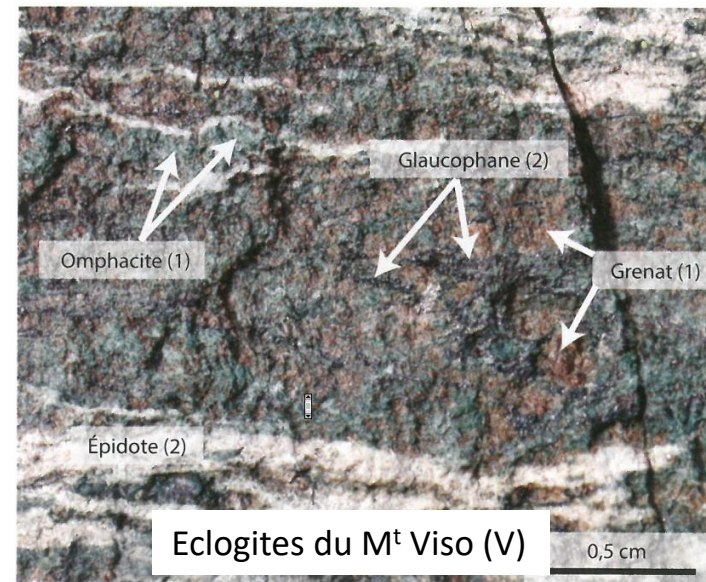
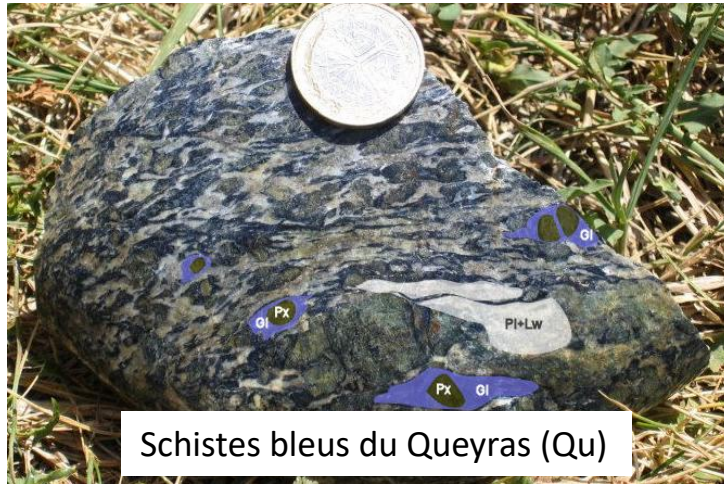
(1) Schistes bleus:

- **basiques**: glaucophane (amphibole sodique) + lawsonite, albite
- **pélitiques**: quartz, plagioclase, muscovite, talc, disthène, chloritoïde

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*

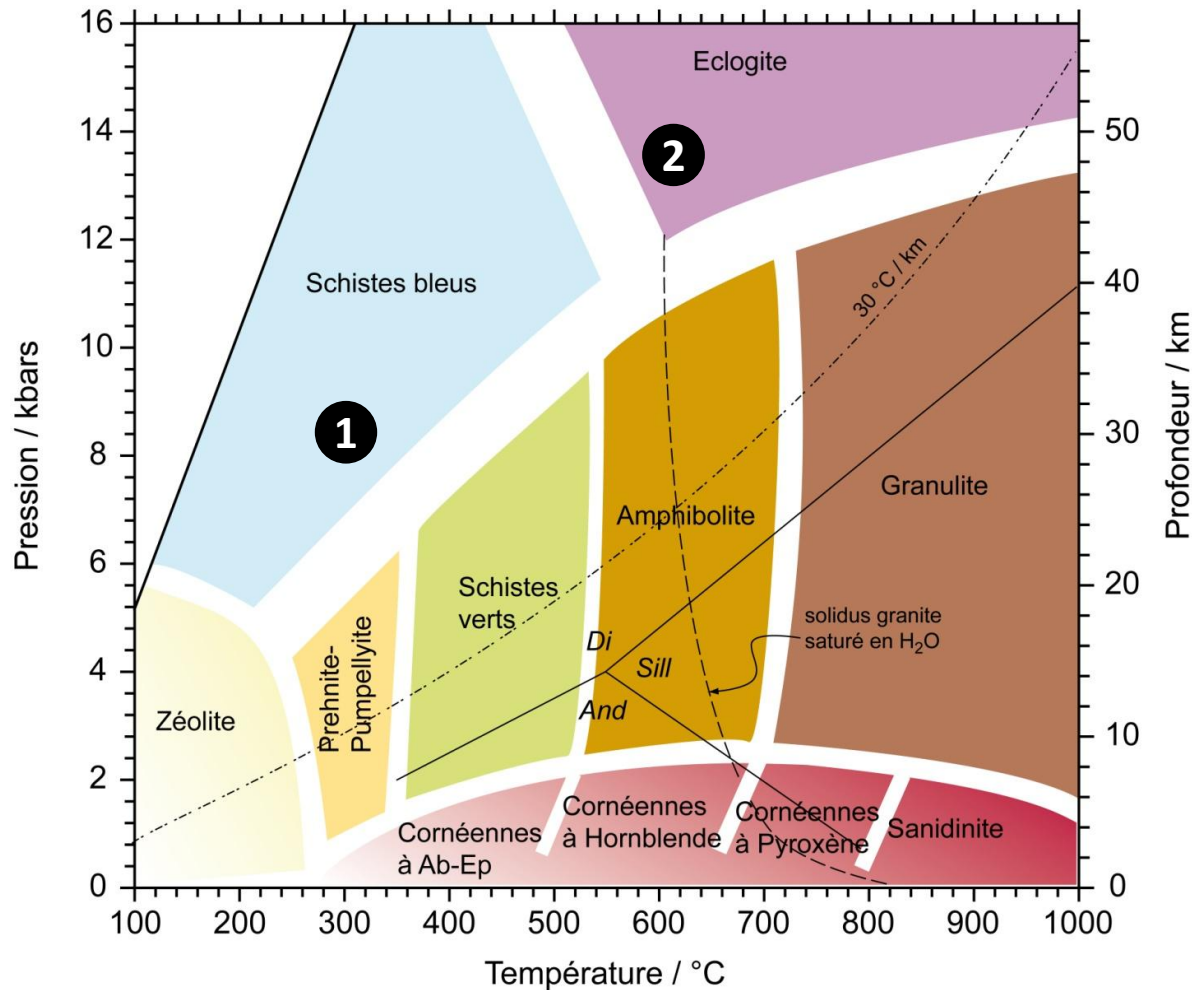


3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



⇒ Indices d'une **subduction océanique** au **Paléocène** (55 Ma) dans la zone interne des Alpes

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



Faciès métamorphiques

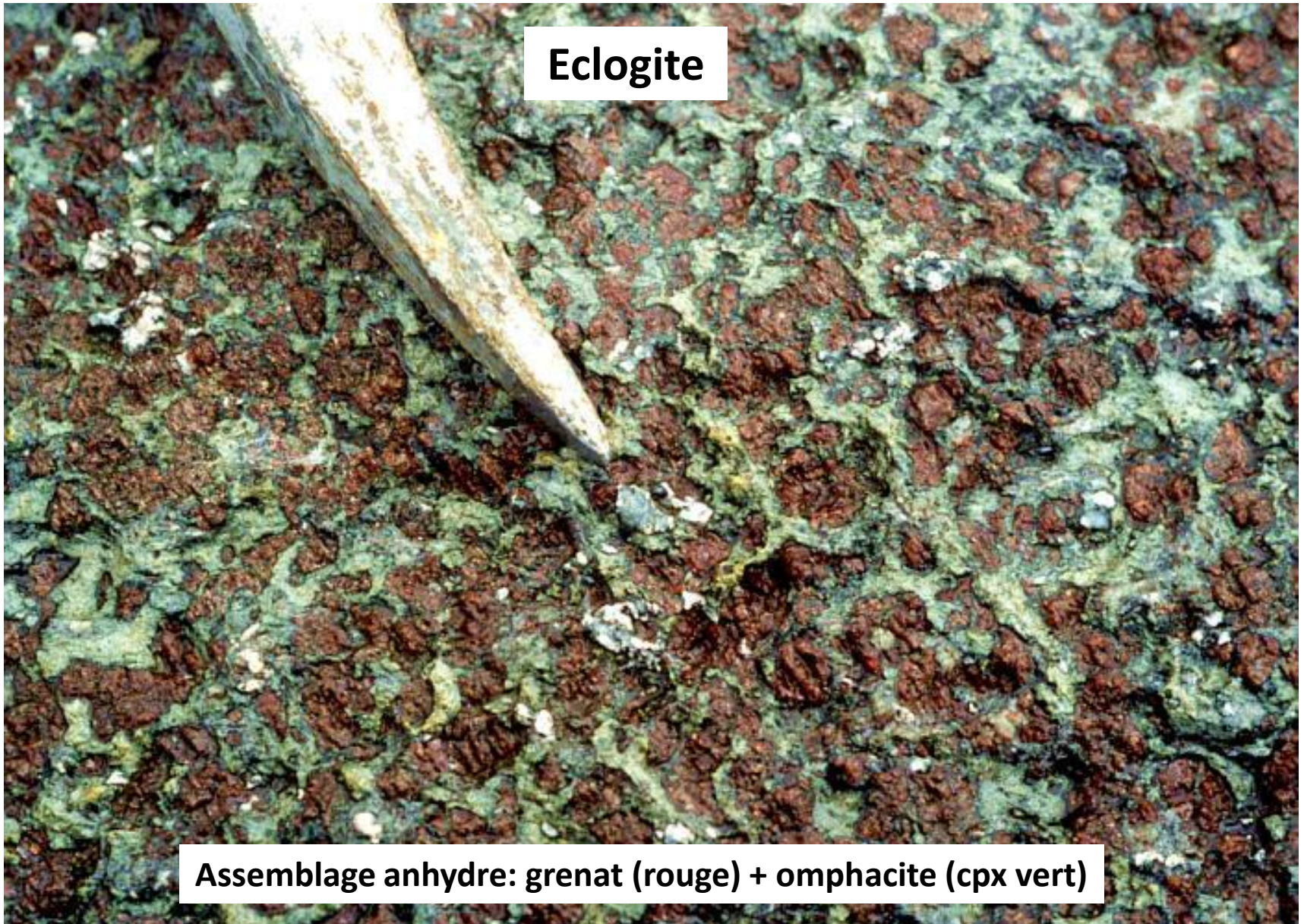
(1) Schistes bleus:

- **basiques**: glaucophane (amphibole sodique) + lawsonite, albite
- **pélitiques**: quartz, plagioclase, muscovite, talc, disthène, chloritoïde

(2) Eclogites:

- **basiques**: omphacite (solution solide entre jadéite, cpx sodique, et diopside, cpx calcique) + grenat (riche en Mg)
- **pélitiques**: grenat, phengite, talc, disthène, coésite

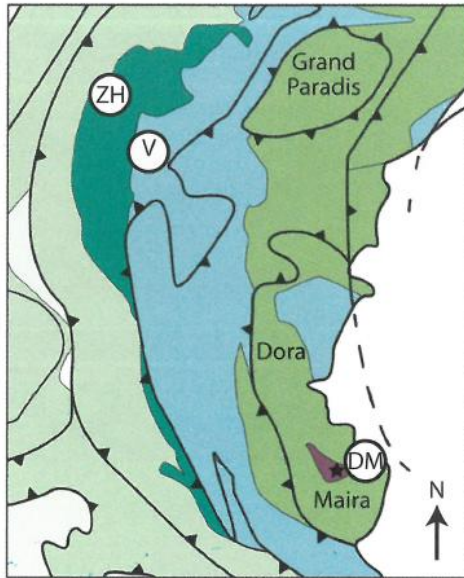
3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



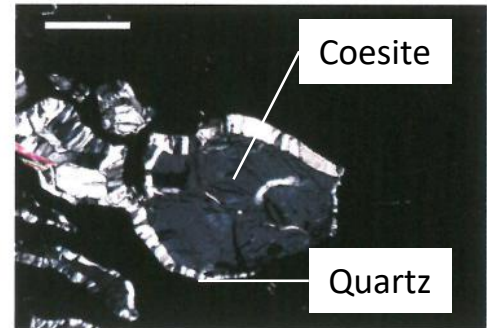
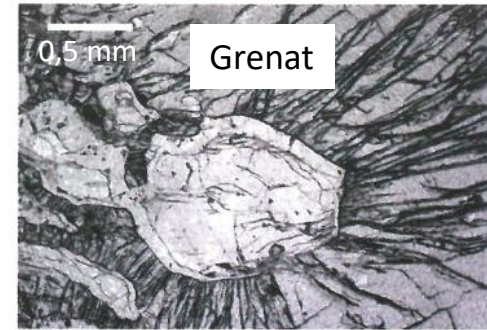
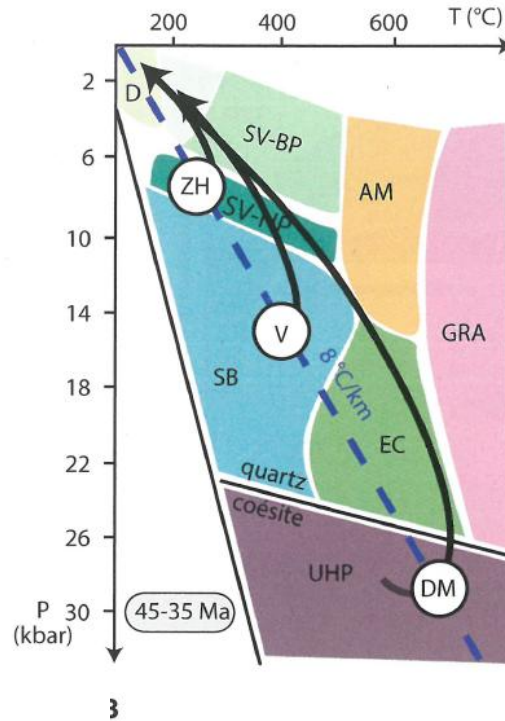
Eclogite

Assemblage anhydre: grenat (rouge) + omphacite (cpx vert)

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



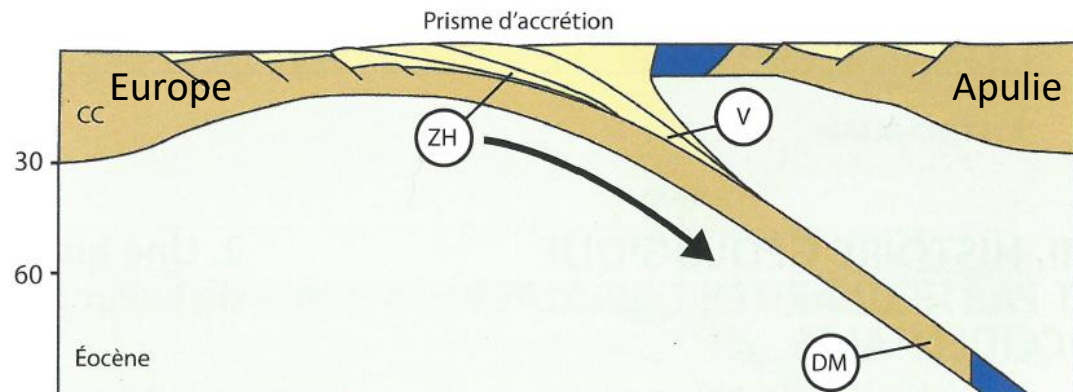
★ : relique à coésite



Densité (masse volumique)
augmente avec la **profondeur**:

Quartz => Coesite (polymorphes)

$P > 23$ kbar (soit 90 km)

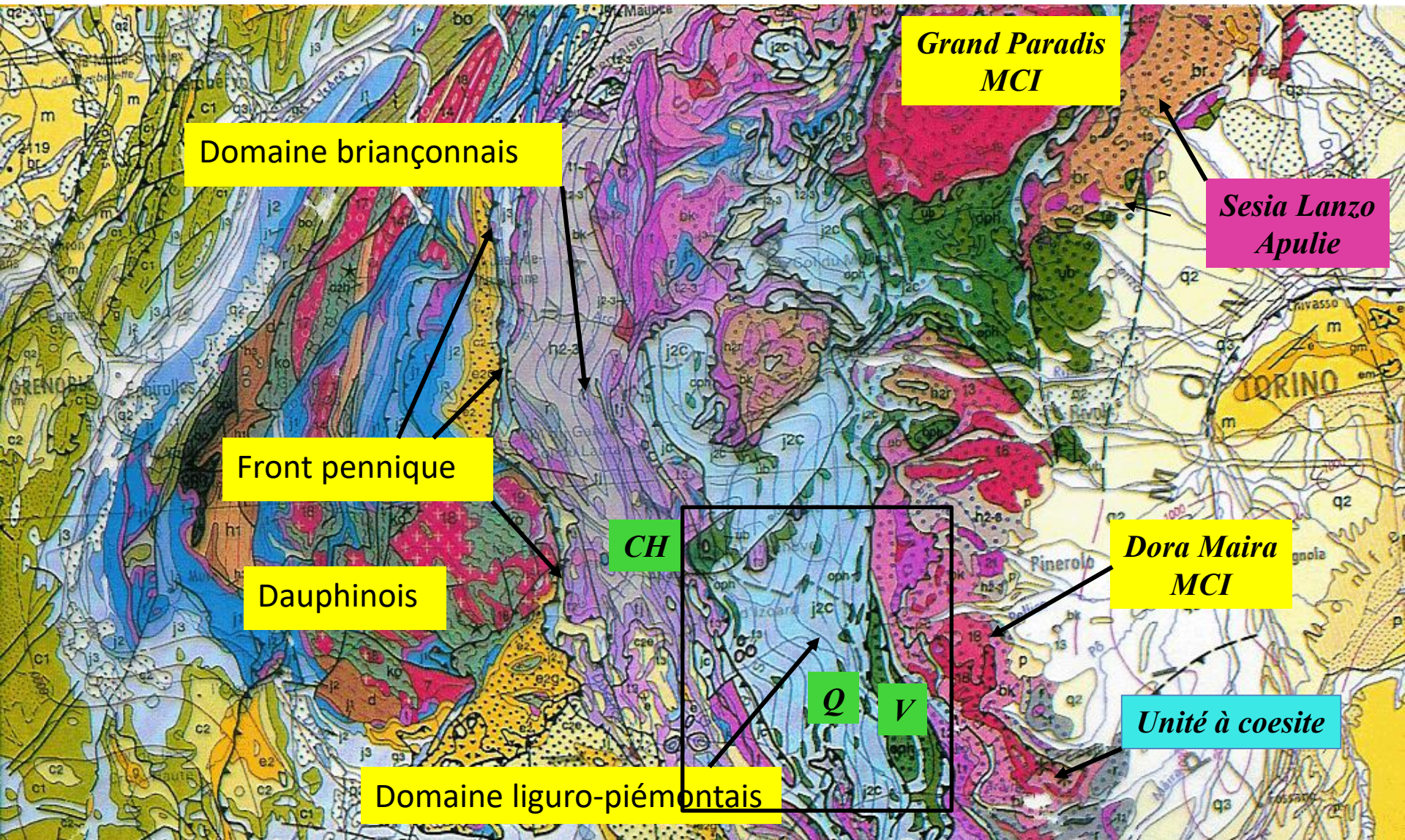


⇒ Indices d'une **subduction continentale** à l'**Eocène** (45-40 Ma) dans la zone interne des Alpes

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*

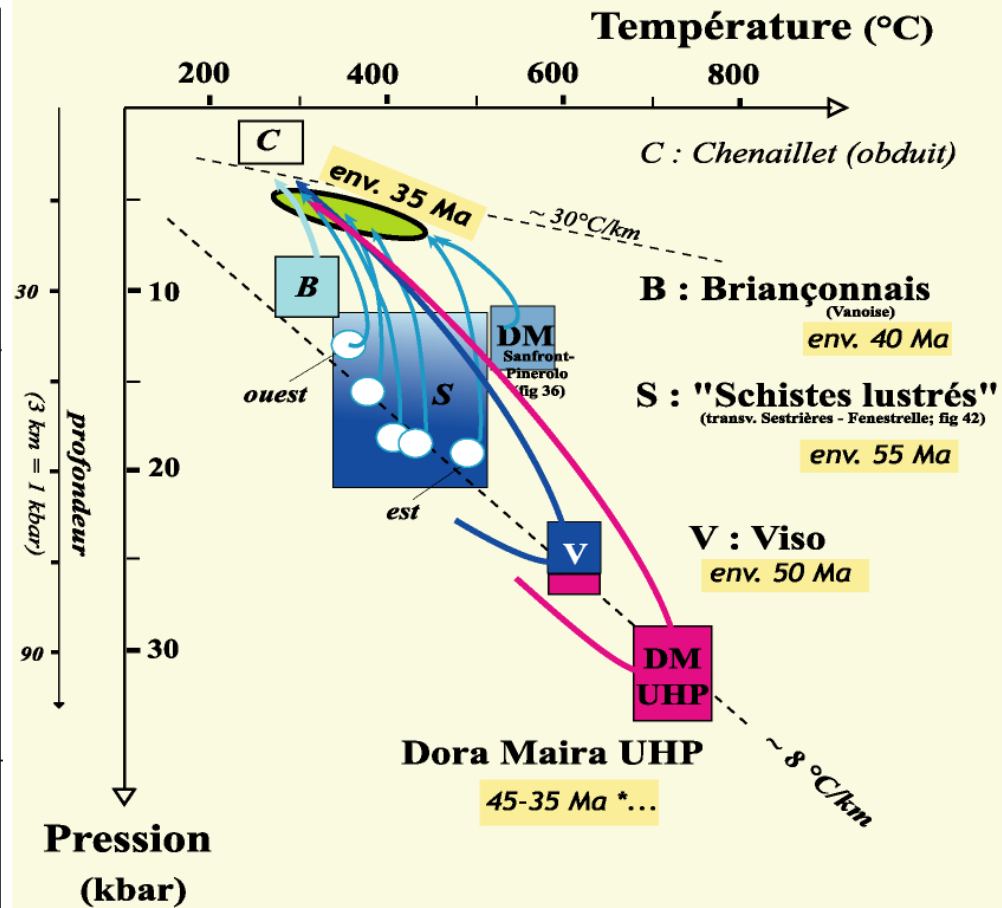
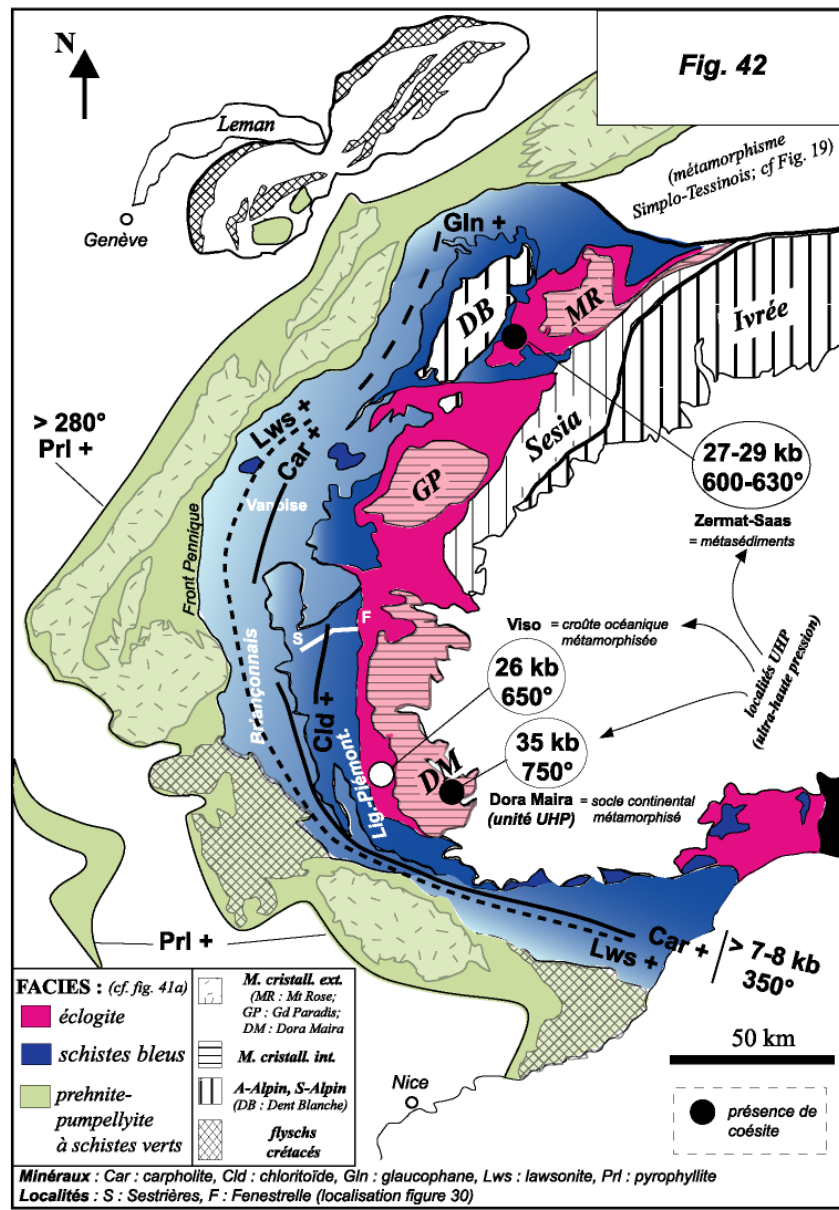
Faciès	Roches basiques	Roches ultra-basiques	Roches silto-argileuses	Roches calcaires
Zéolite	Analcime, zéolites, prehnite, zoïsite, albite	Serpentine, brucite, chlorite, dolomite, magnésite	Quartz, argiles, illite, albite, chlorite	Calcite, dolomite, quartz, talc, argiles
Prehnite-pumpellyite	Chlorite, prehnite, albite, pumpellyite, épidote	Serpentine, talc, forstérite, trémolite, chlorite	Quartz, illite, muscovite, albite, chlorite, (stilptomélane)	Quartz, illite, muscovite, albite, chlorite, (stilptomélane)
Schistes verts	Chlorite, actinolite, épidote ou zoïsite, albite	Serpentine, talc, trémolite, brucite, diopside, chlorite, (magnétite)	Quartz, plagioclase, chlorite, muscovite, biotite, grenat pyrophyllite, (graphite)	Calcite, dolomite, quartz, muscovite, biotite
Épidote-amphibolite	Hornblende, actinolite, épidote ou zoïsite, plagioclase, (sphène)	Forstérite, trémolite, talc, serpentine, chlorite, magnétite	Quartz, plagioclase, chlorite, muscovite, biotite, (graphite)	Calcite, dolomite, quartz, muscovite, biotite, trémolite
Amphibolite	Hornblende, plagioclase, (sphène), (ilmenite)	Forstérite, trémolite, talc, anthophyllite, chlorite, orthopyroxène, (magnétite)	Quartz, plagioclase, chlorite, muscovite, biotite, grenat staurolite, kyanite, sillimanite, (graphite), (ilmenite)	Calcite, dolomite, quartz, biotite, trémolite, forstérite, diopside, plagioclase
Granulite	Hornblende, augite, orthopyroxène, plagioclase, (ilménite)	Forstérite, orthopyroxène, augite, hornblende, grenat, spinelle	Quartz, plagioclase, orthoclase, biotite, grenat, cordiérite, sillimanite, orthopyroxène	Calcite, quartz, forstérite, diopside, wollastonite, humite-chondrodite, grenat plagioclase
Schistes bleus	Glaucophane, lawsonite, albite, aragonite, chlorite, zoïsite	Forstérite, serpentine, diopside	Quartz, plagioclase, muscovite, carpholite, talc, kyanite, chloritoïde	Calcite, aragonite, quartz, forstérite, diopside, trémolite
Éclogite	Grenat riche en Mg, omphacite, kyanite, (rutile)	Forstérite, orthopyroxène, augite, grenat	Quartz, albite, phengite, talc, kyanite, grenat	Calcite, aragonite, quartz, forstérite, diopside

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*

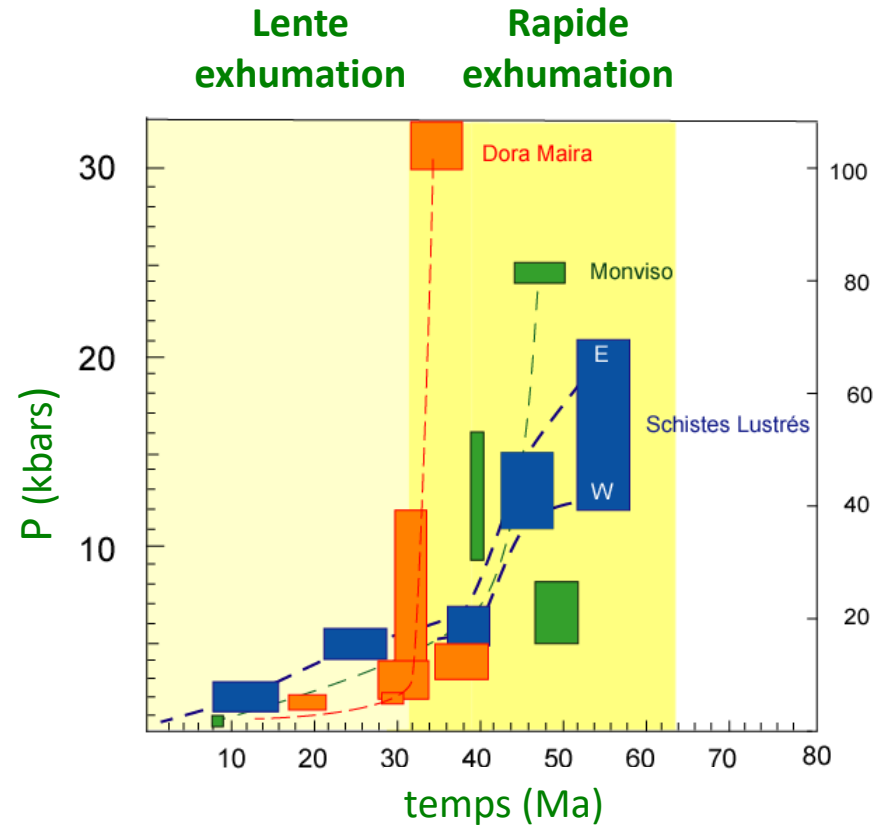
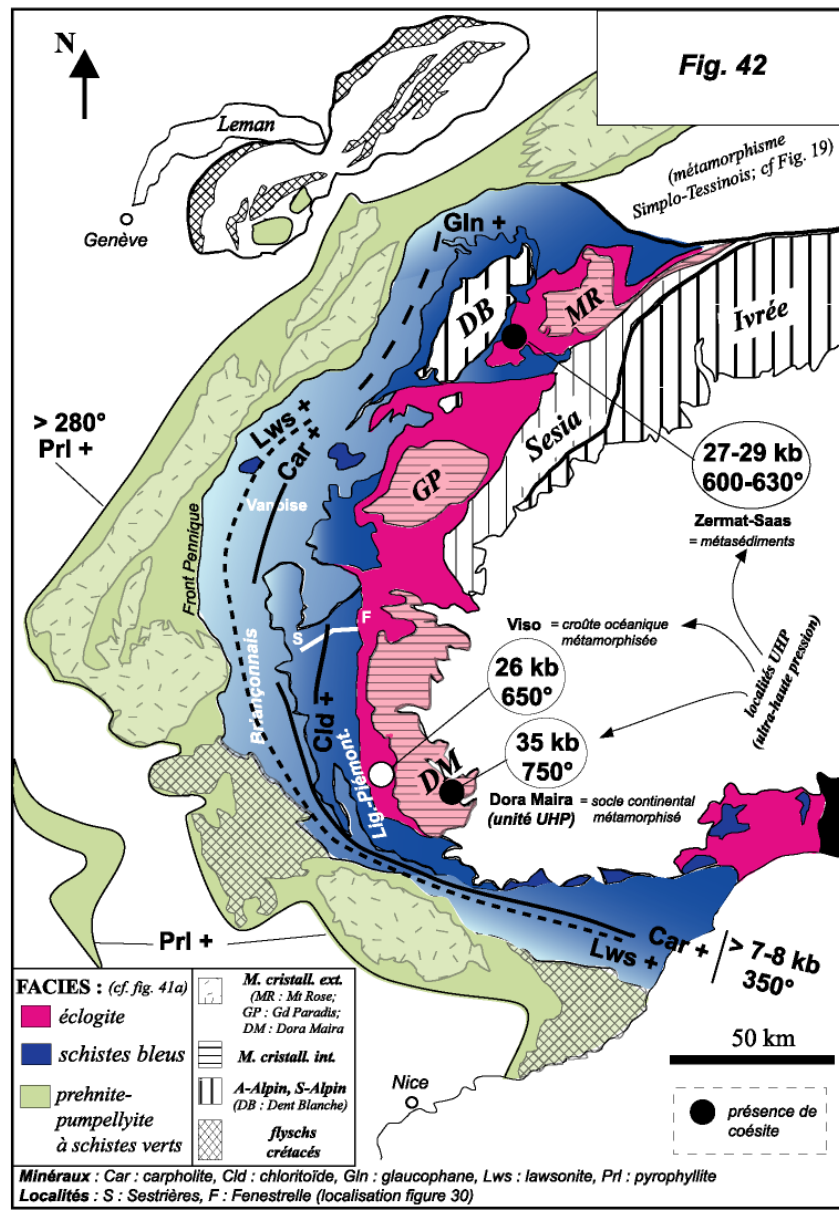


CH = ophiolite du Chenaillet, Q = schistes bleus du Queyras, V = écloge du Mont Viso

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



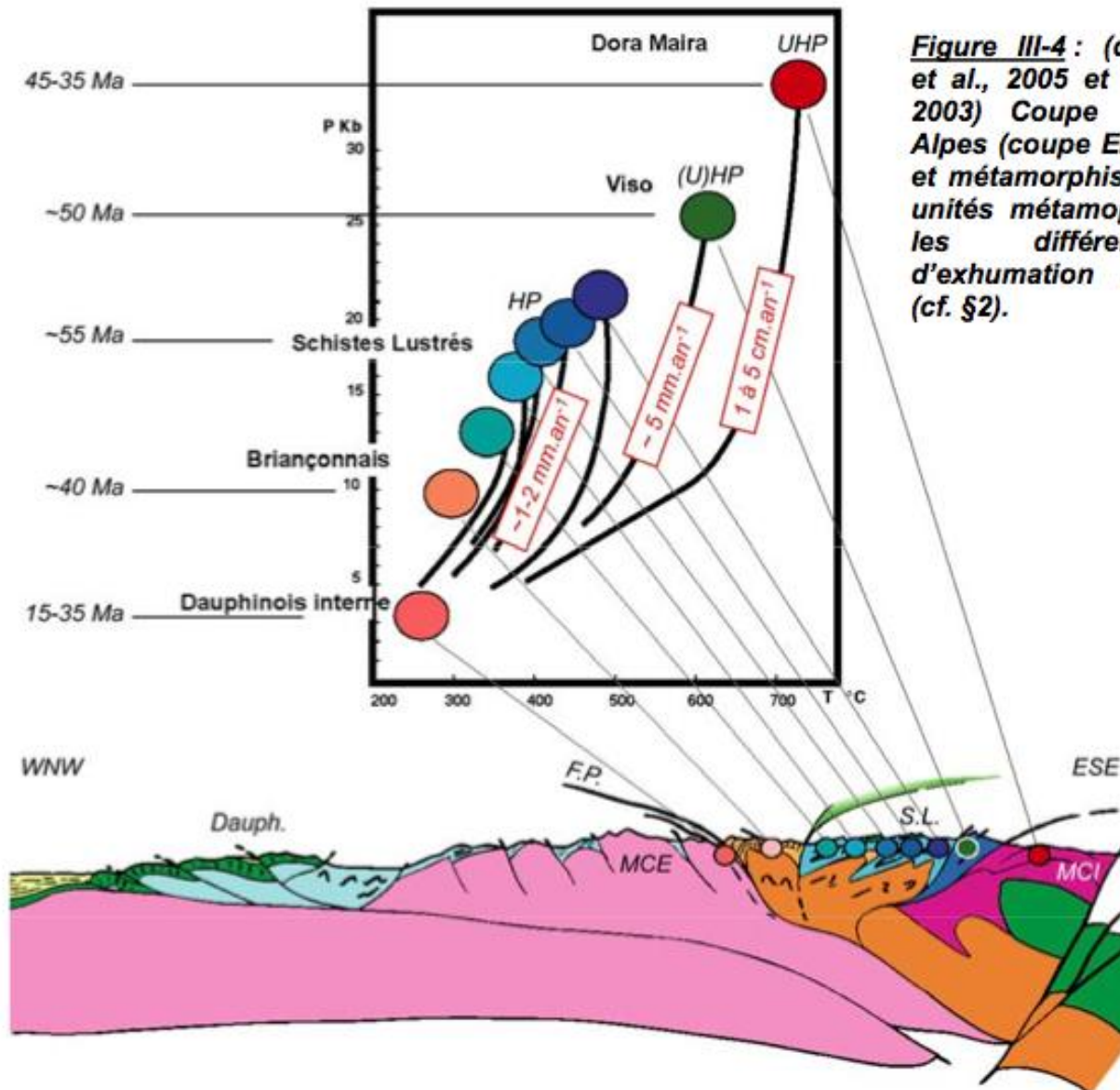
3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



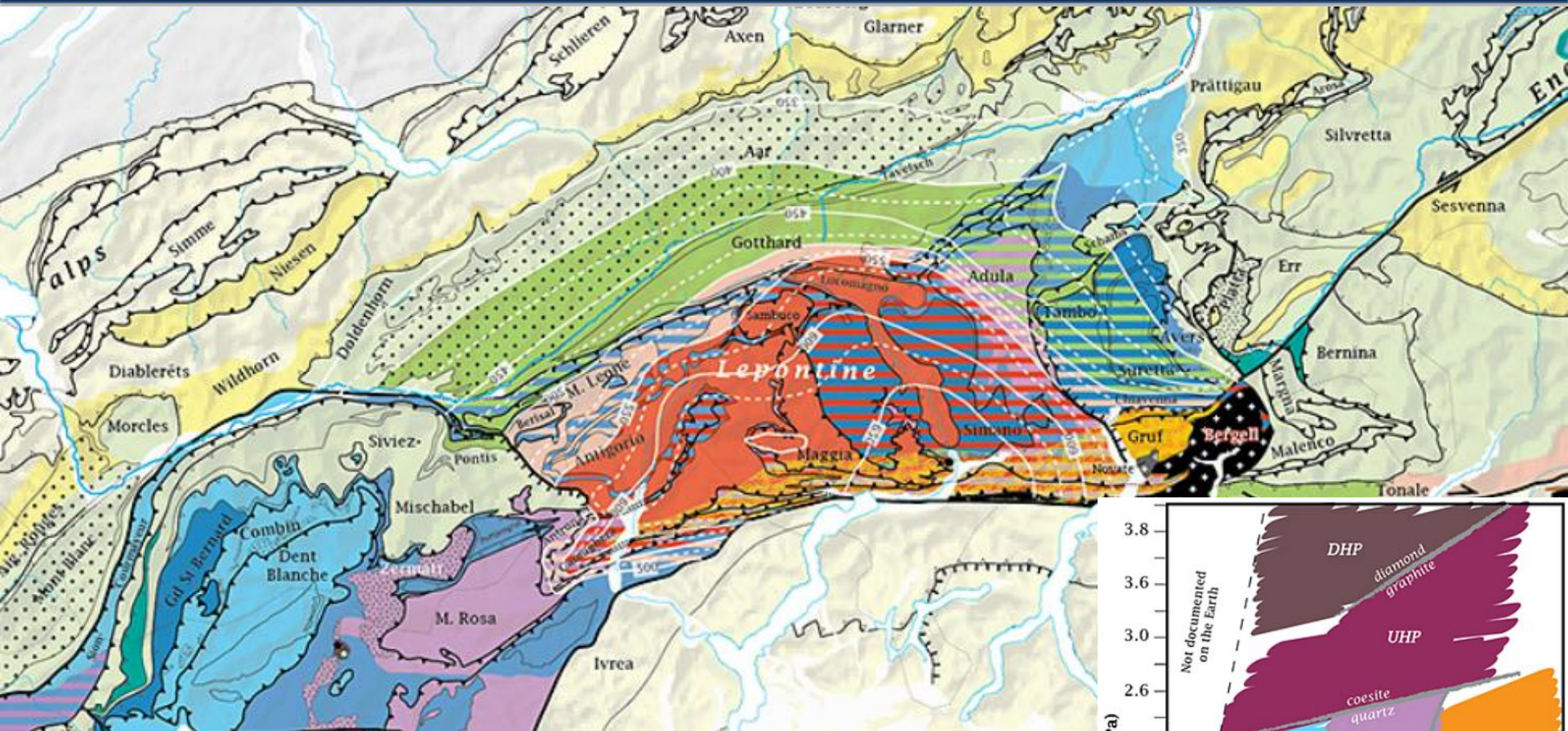
Éocène: Subduction de la marge continentale Européenne, collision

Oligocène: Épaississement de la chaîne → érosion et exhumation

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Franciscain*



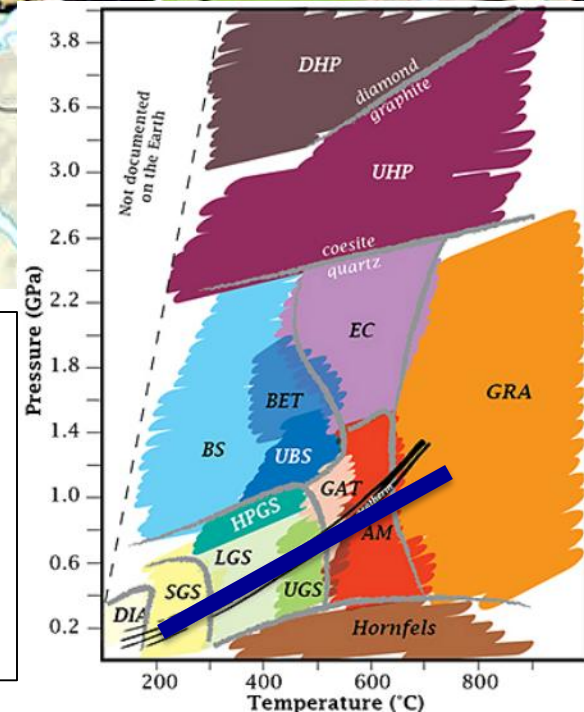
3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Alpes Centrales*



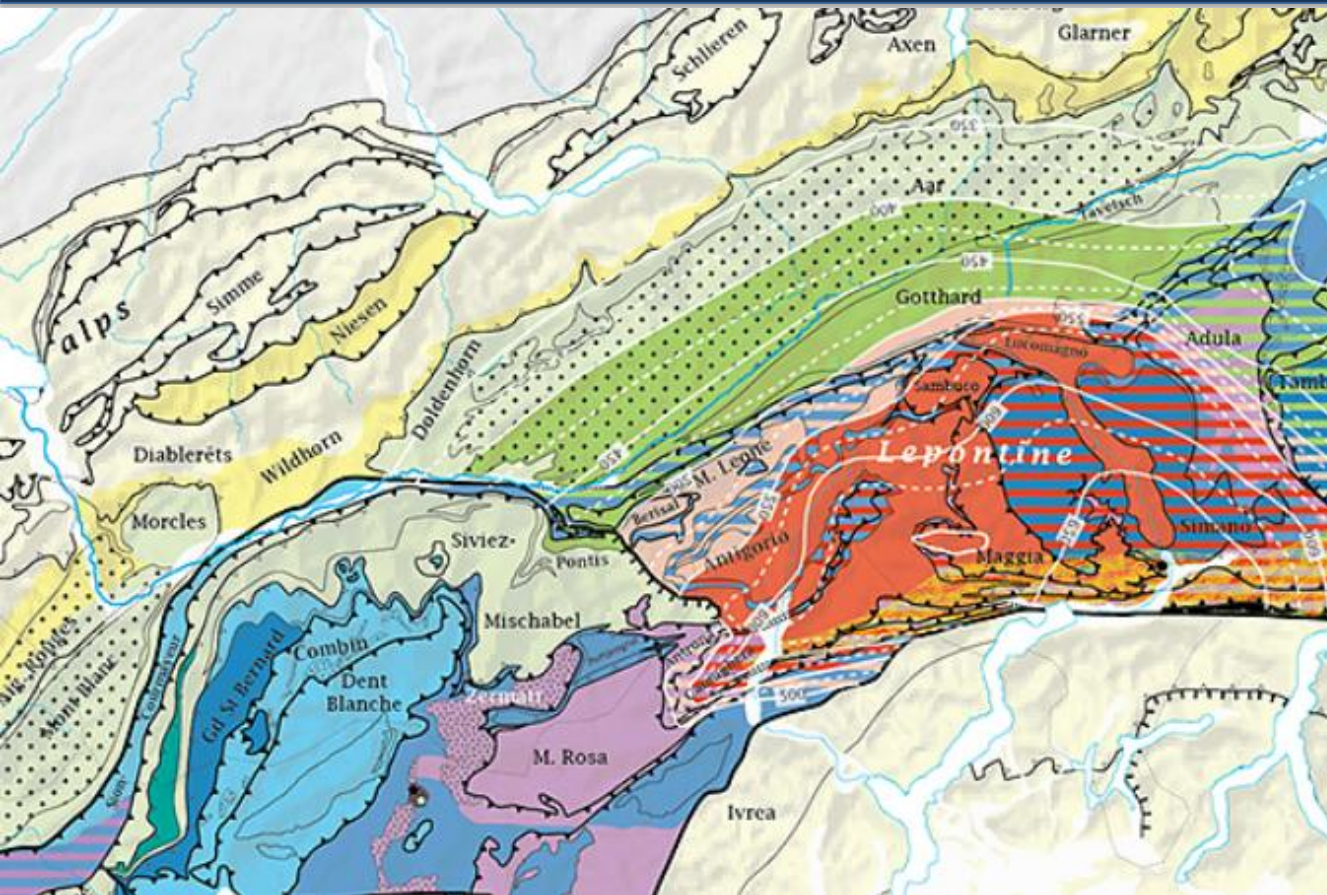
Alpes Centrales: Métamorphisme croissant N → S

Schistes verts → **Amphibolites** (domaine lépontin en rouge)

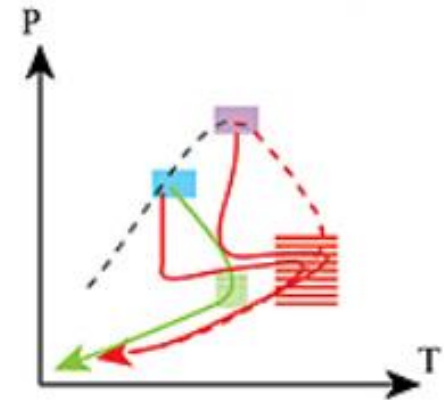
Type **Barrovien** (MP-MT) d'âge **oligocène**
(32 Ma) lié à l'empilement de nappes.



3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Alpes Centrales*



Hatched colour
Metamorphic P-peak overprinted by a later thermal peak

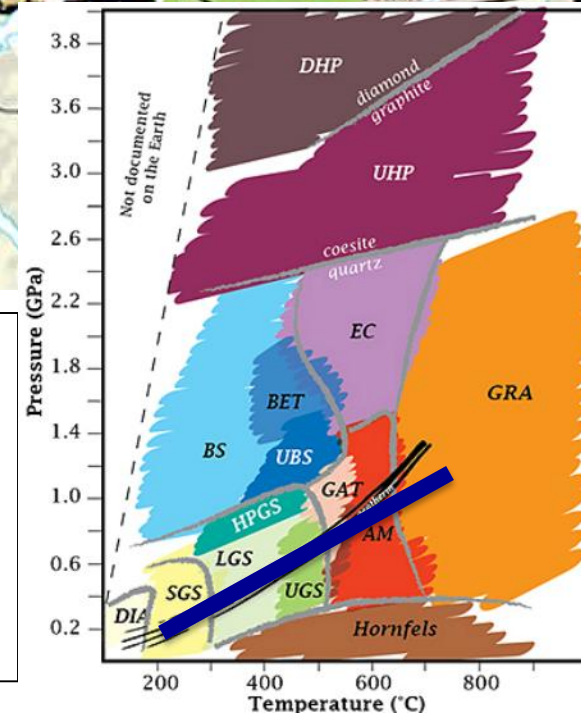


Alpes Centrales: Métamorphisme croissant N → S

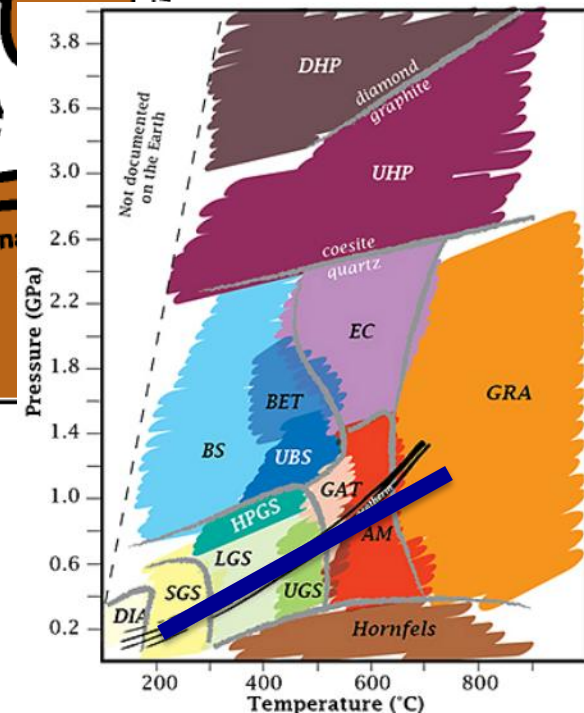
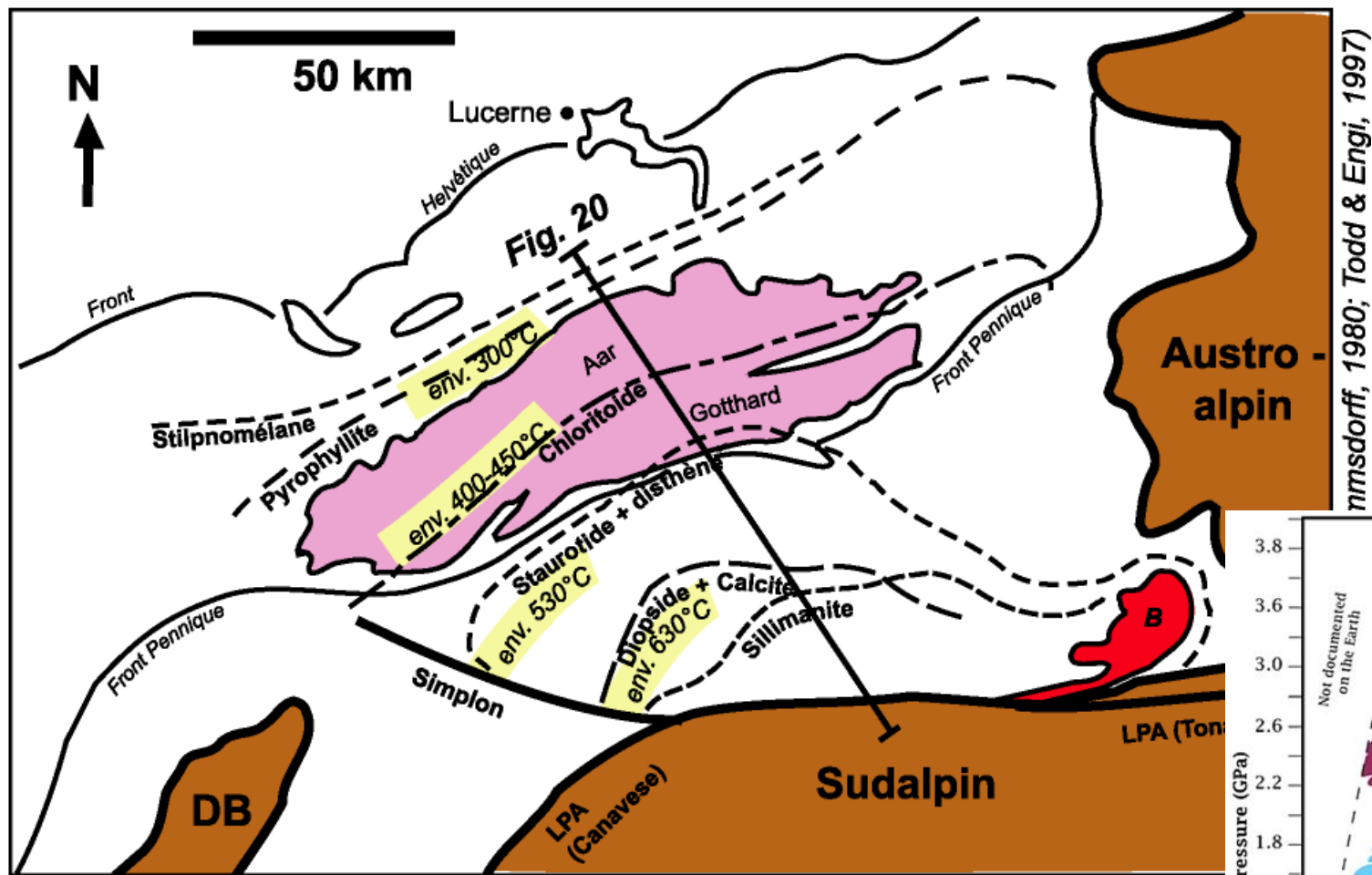
Schistes verts → **Amphibolites** (domaine lépontin en rouge)

Type **Barrovien** (MP-MT) d'âge **oligocène**
(32 Ma) lié à l'empilement de nappes.

➔ **Présence de qqs reliques HP** (subduct°, **M. franciscain**)

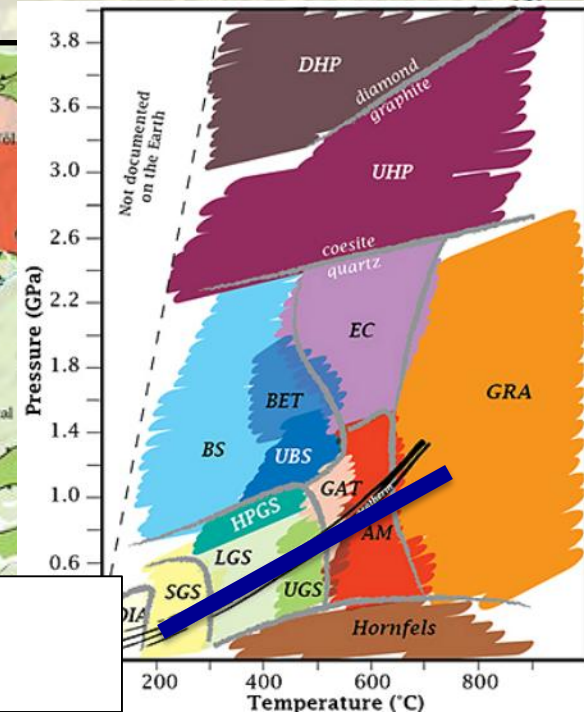
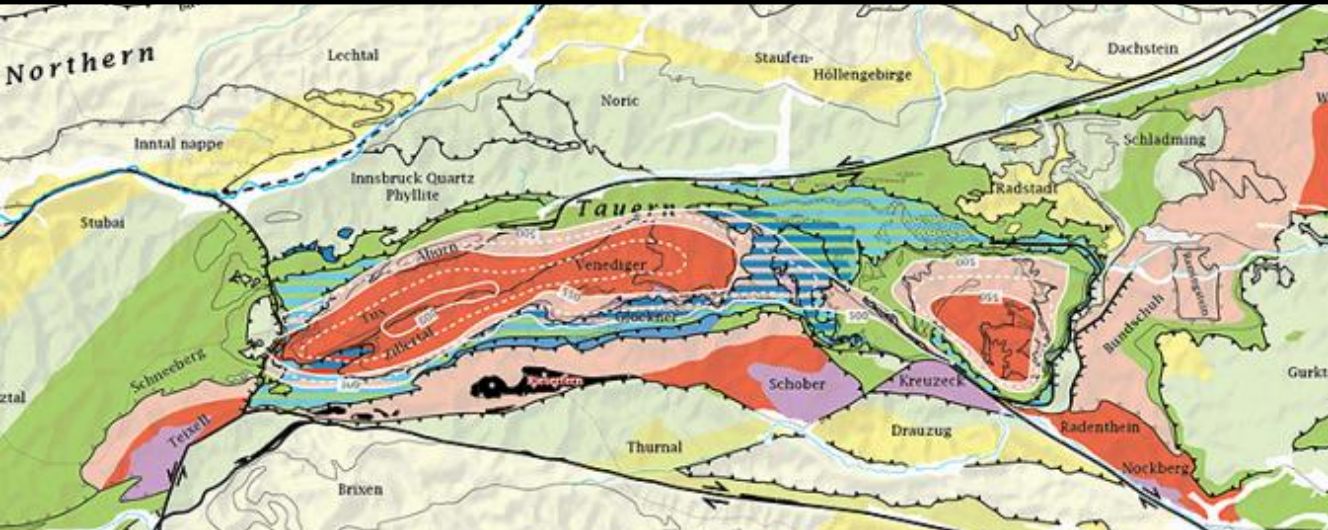
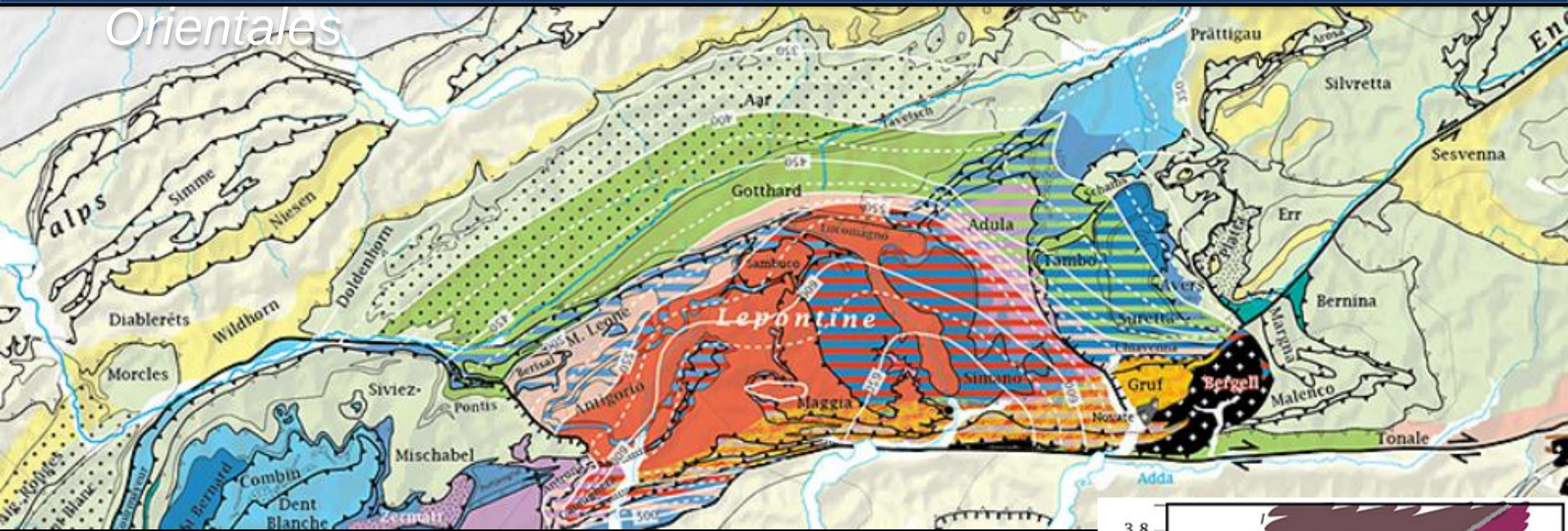


3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Gradient Barrovien*



3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Alpes Centrales et*

Orientales



Alpes Orientales: Métamorphisme similaire aux Alpes Centrales:
Type Barrovien (MP-MT), oligocène (32 Ma) + reliques HP

3. LE MÉTAM DANS LES ALPES *Récapitulons...*

Deux types principaux de **signature métamorphique**:

Les **Alpes Occidentales** sont marquées
par un **métamorphisme HP-BT (70-30 Ma)** lié à la **subduction**
successive de l'**océan piémontais**,
du **sub-continent briançonnais**,
de l'**océan (?) valaisan** et
de la **plaque européenne** **sous** la **plaque apulienne**

Dans les **Alpes Centrales (et Orientales)**, on n'observe que
des **reliques** de ce **métamorphisme HP-BT**;

Cette région a subi de **manière tardive (35-15 Ma)** un
métamorphisme MP-HT (jusqu'à la **fusion partielle**
localement) lié à de l'**accrétion crustale** résultant de la
collision entre les deux masses continentales.