

# Volcanisme



Distribution

Processus

Dépôts

Outre-mer

France



Montserrat, AM Lejeune

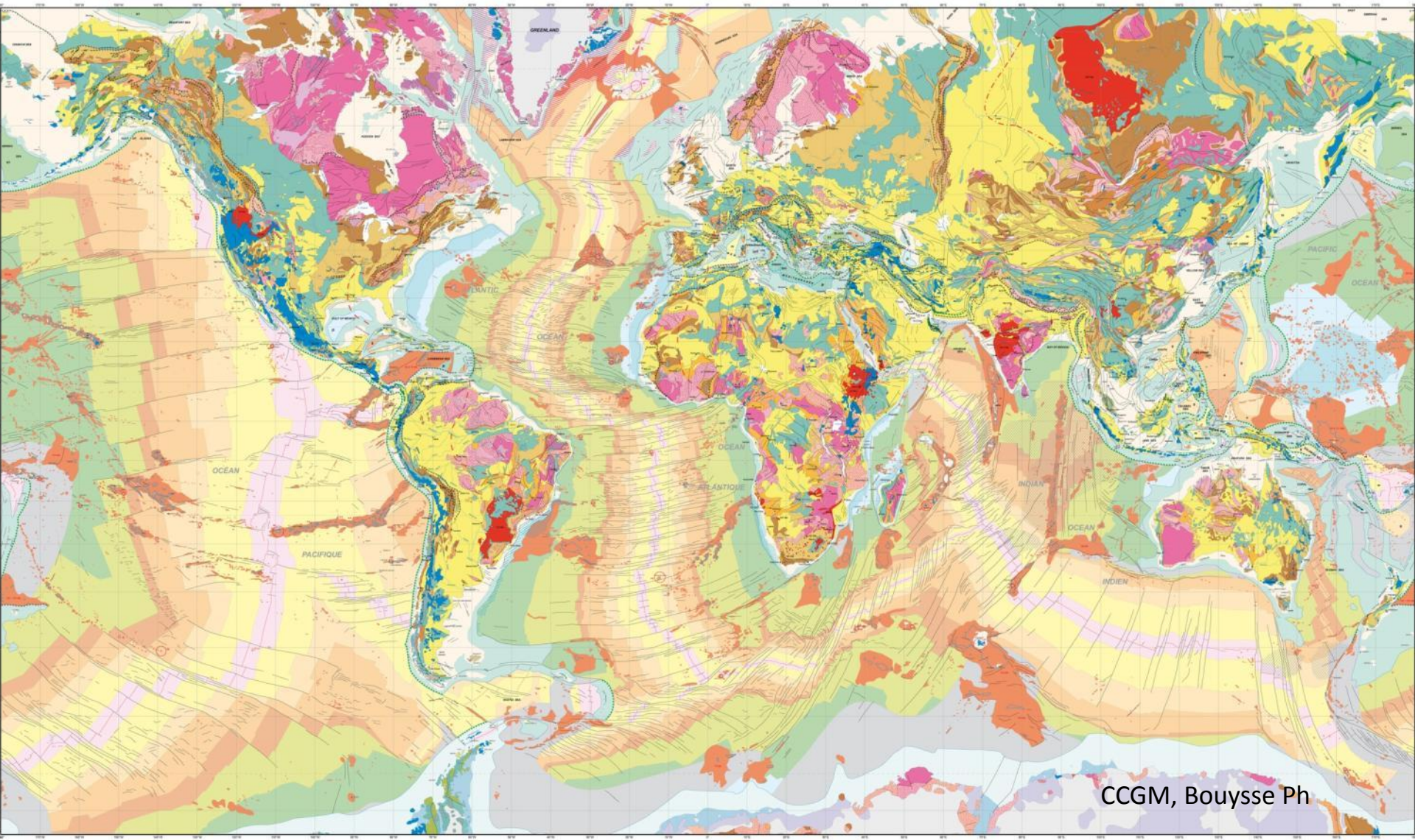


Harat Khaybar, Arabie, NASA

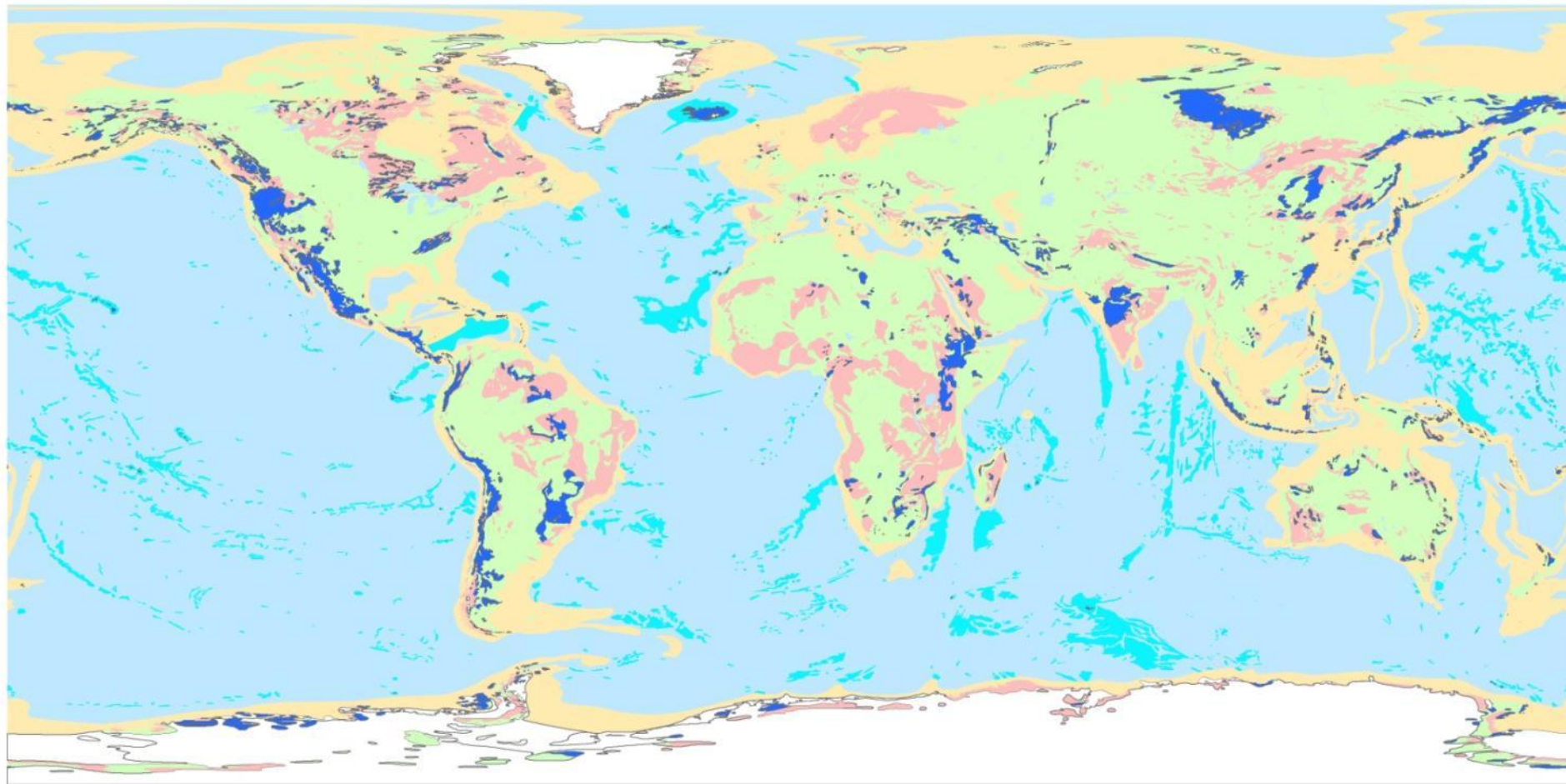
# Pourquoi s'intéresser aux volcans ?

- Comprendre
- Maitriser l'aléa et Prévenir les risques
- Faire l'inventaire des géoressources : eau, minéraux, métaux, énergie
- Aménager le territoire
- ...

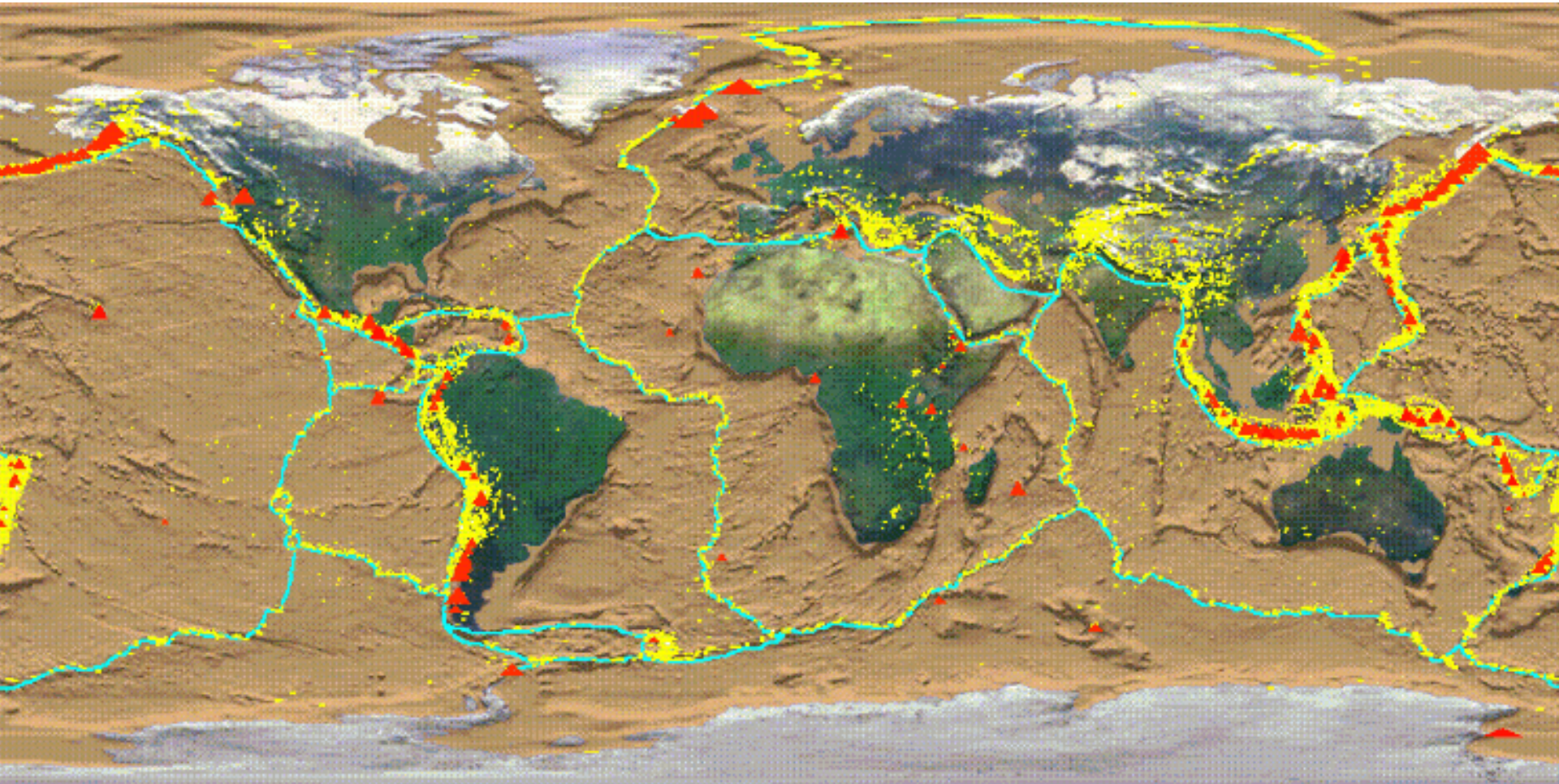
# Diversité géodynamique



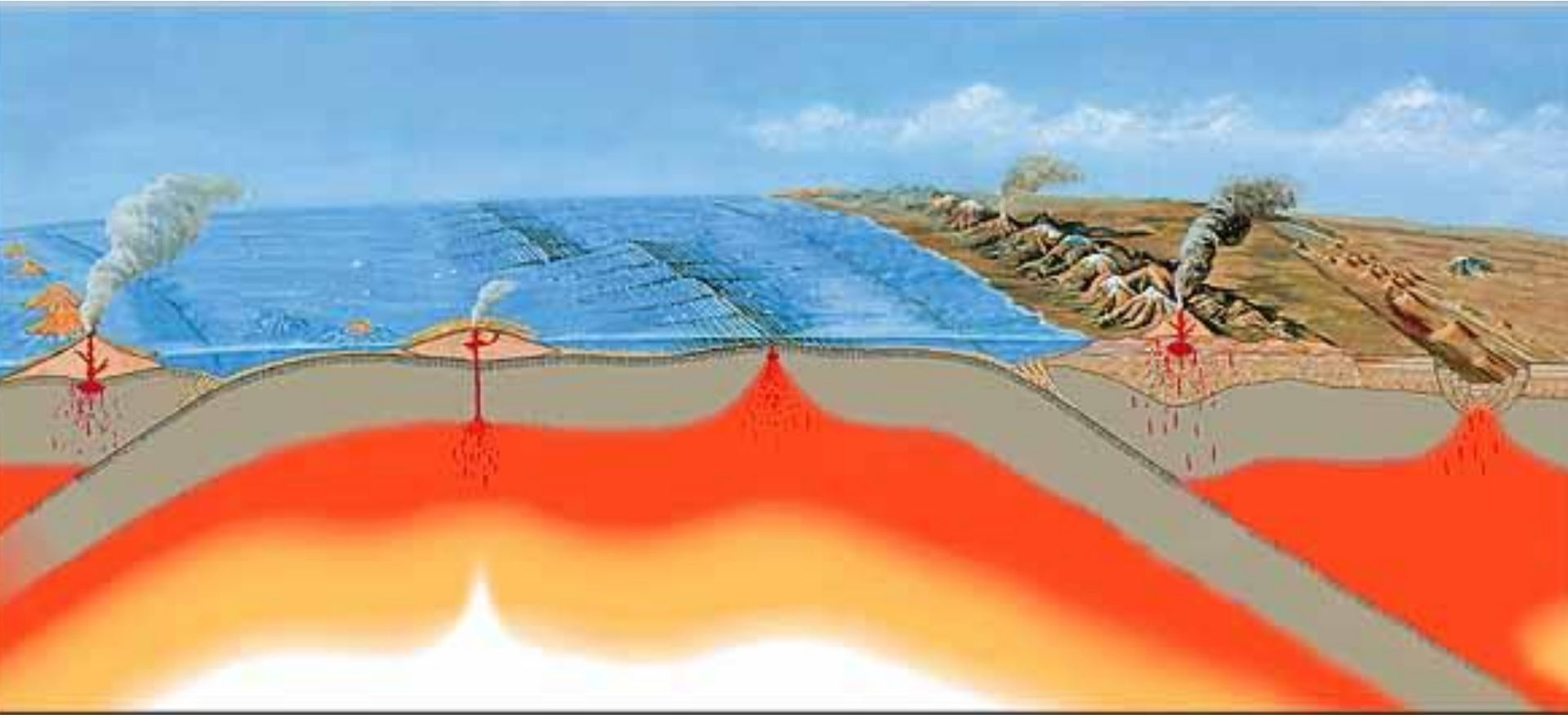
# Distribution volcanisme et paléovolcanisme



# Distribution du volcanisme actuel

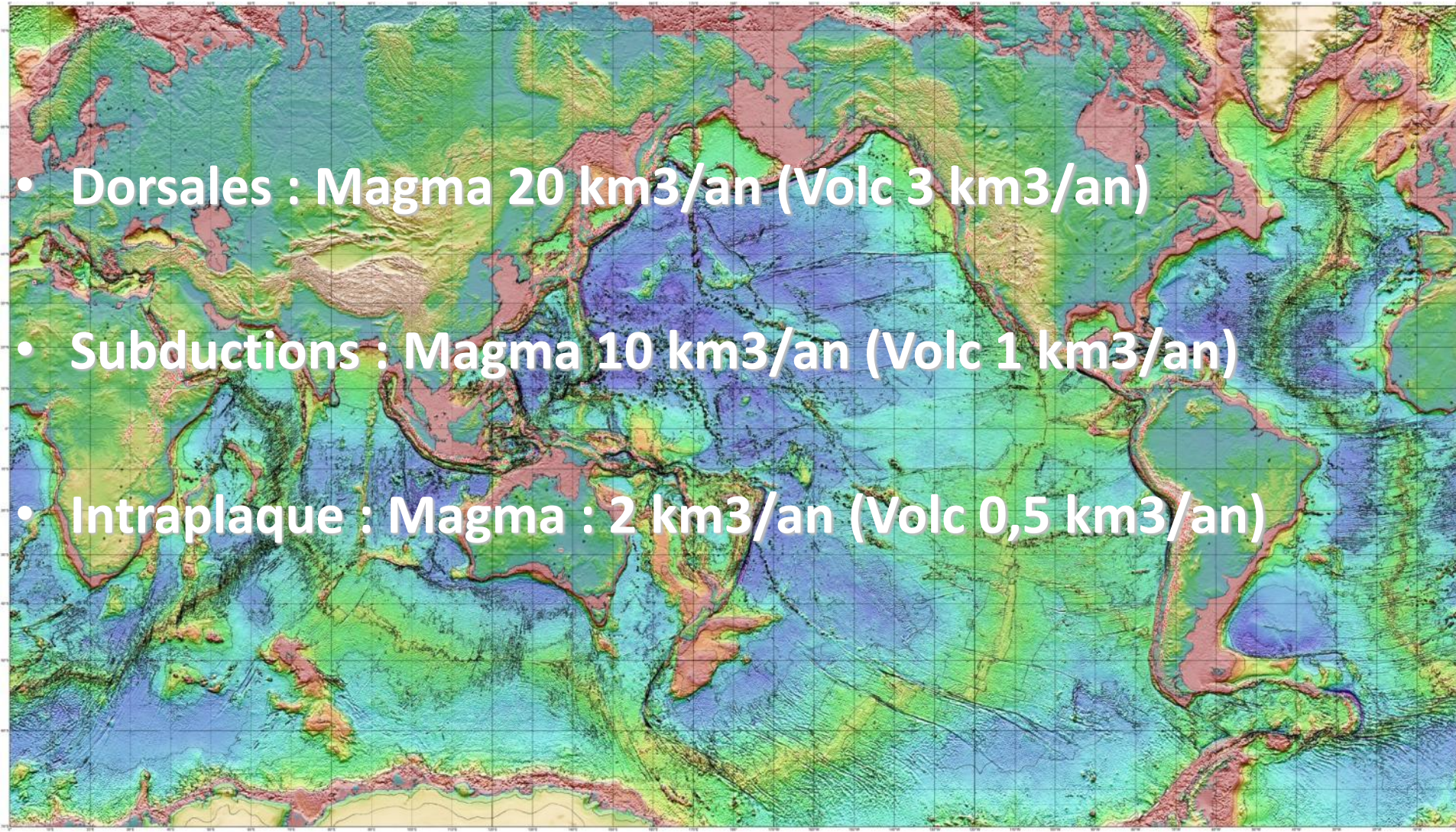


# Contextes géodynamiques





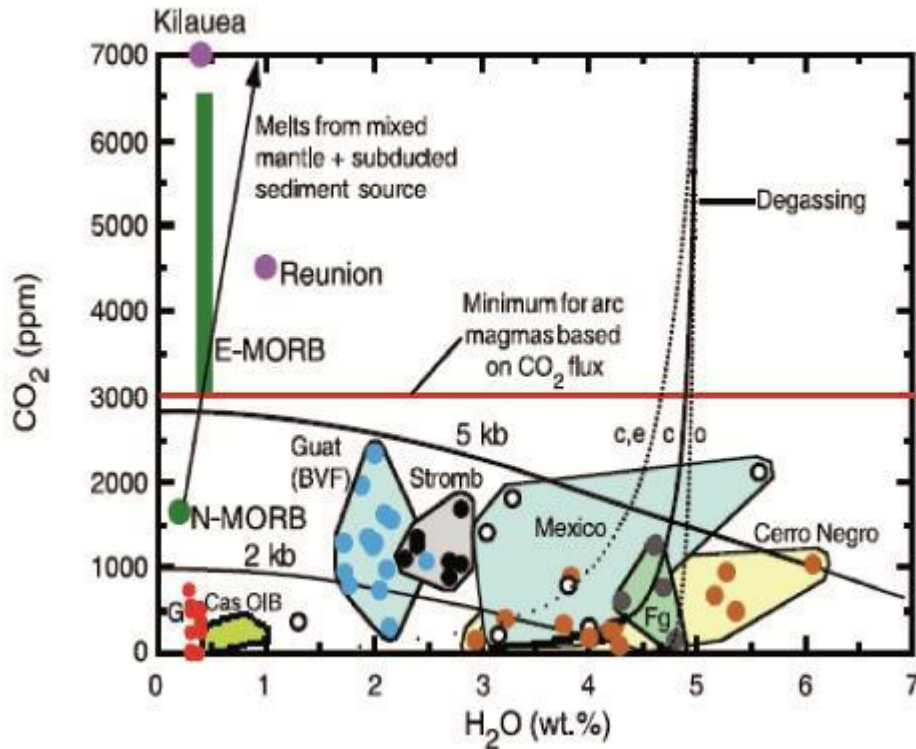
# Productions magmatiques / volcaniques



# Magmas ?

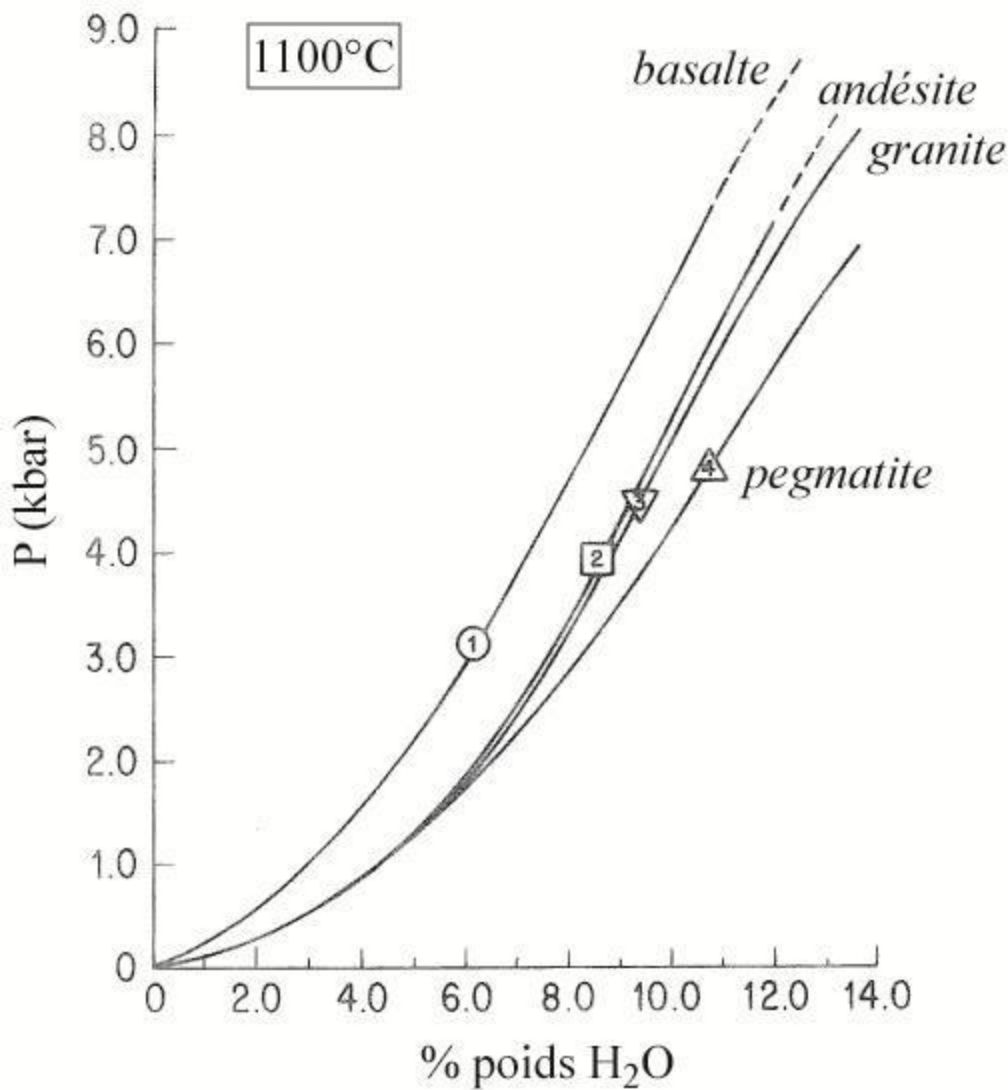
- Eruptions volcaniques résultent de l'émission de magma en surface
- Magma = mélange de liquide + cristaux + gaz
- Gaz = H<sub>2</sub>O > CO<sub>2</sub>, + S, Cl, F
- Gaz rhyolite > gaz basaltes
- Température des magmas fct composition
- Viscosité des magmas fct composition; fct température; fct teneur en gaz

# De l'Eau dans les Magmas

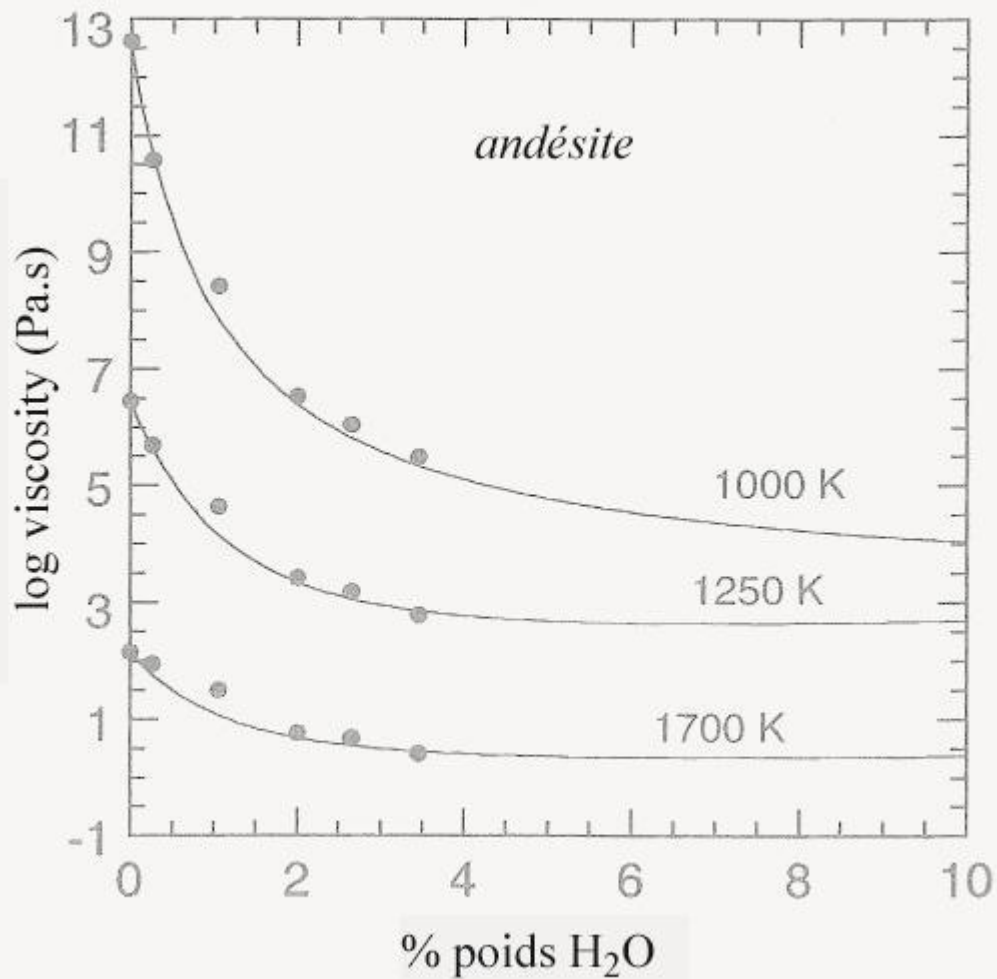


Compilation des données de concentration en eau et en CO<sub>2</sub> dans les inclusions vitreuses des basaltes. Données des volcans d'arc d'Amérique Centrale (Fuego, Fg ; Cerro Negro ; Guatemala en arrière du front volcanique, Guat BVF), de la ceinture volcanique trans-mexicaine (Mexico), du Stromboli (Stromb) et du Galunggung (G). A titre de comparaison, les données pour les N-MORB (point), E-MORB (rectangle), et pour le Kilauea, La Réunion et un OIB de la chaîne des Cascades (Cas OIB) sont figurées.

D'après Wallace (2005); Pichavant 2011



Variation de la concentration en eau dissoute en fonction de la pression pour différents liquides silicatés de composition (1) basaltique, (2) andésitique, (3) granitique et (4) pegmatitique. Données à 1100°C et à l'équilibre avec une phase vapeur composée essentiellement d'eau pure (définition de la solubilité de l'eau).  
D'après Burnham (1979); Pichavant (2011)



Variation de la viscosité d'un liquide silicaté de composition andésitique en fonction de la teneur en eau dissoute à différentes températures.  
D'après Mysen et Richet (2005) ;  
Pichavant (2011)

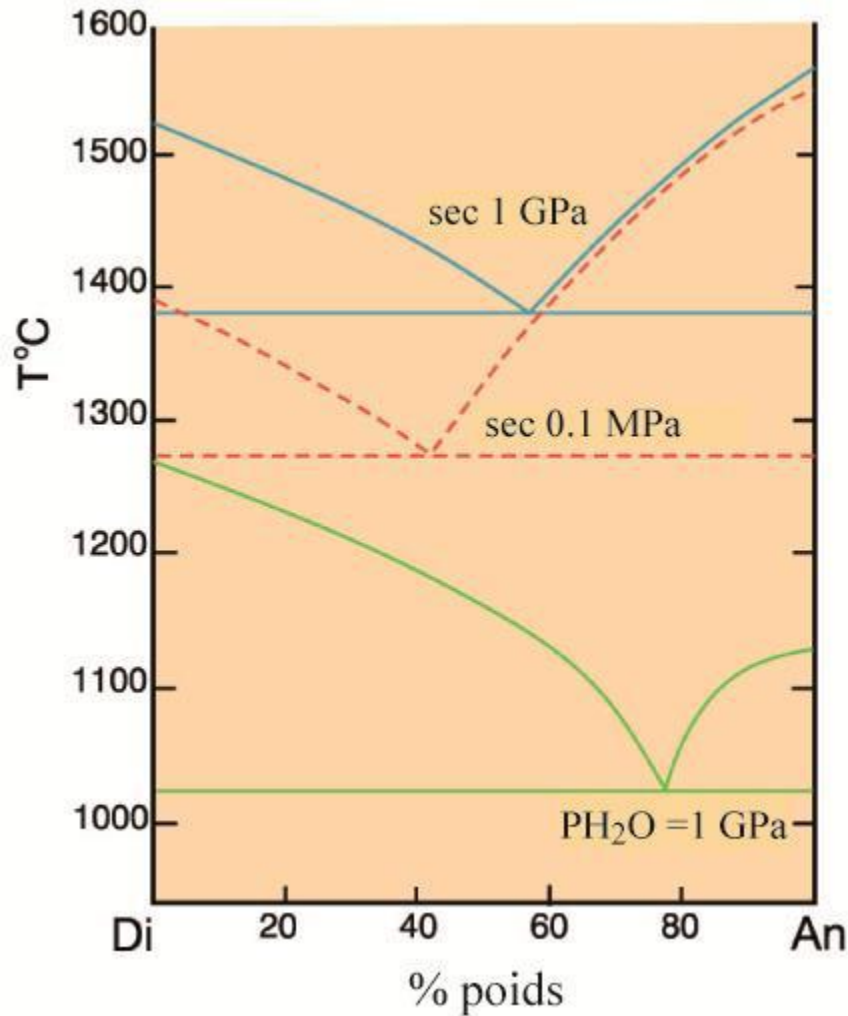
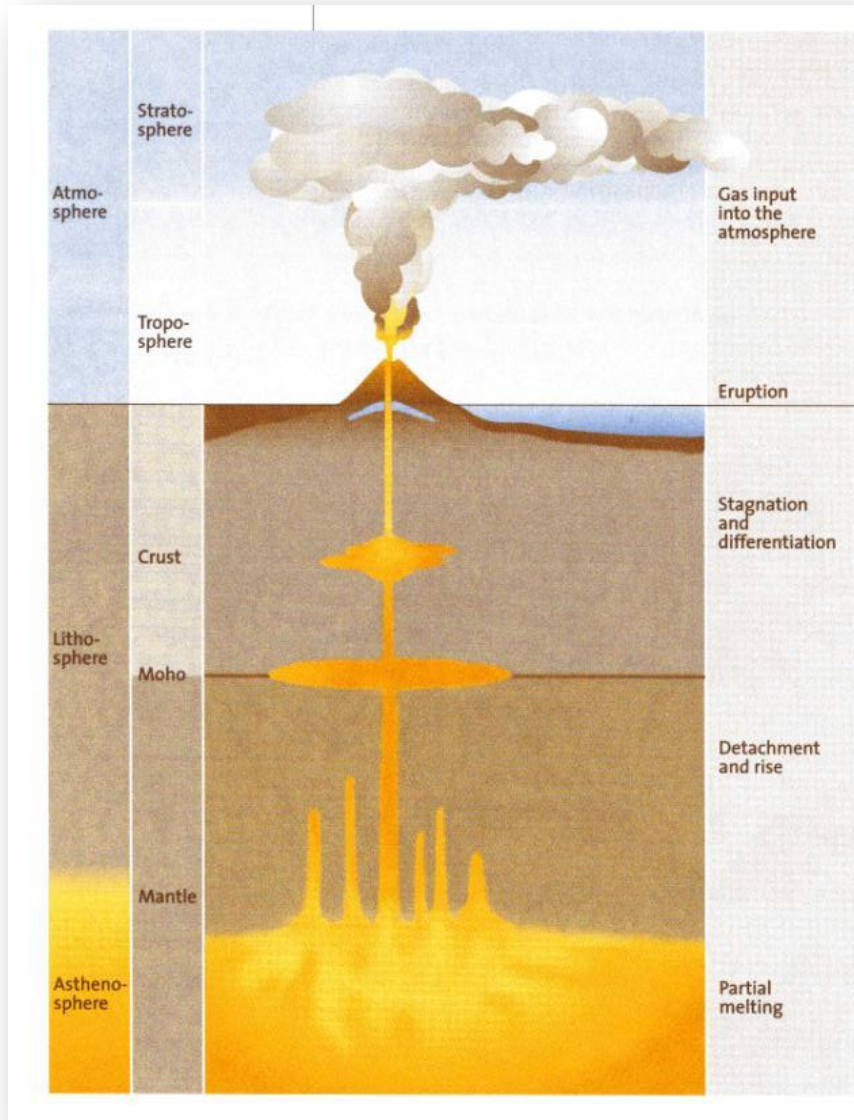


Diagramme de phases du système diopside (Di) – anorthite (An) (1) à sec à 0.1 MPa (1 atmosphère), (2) à sec à 1 GPa et (3) avec un excès d'eau à 1 GPa (PH<sub>2</sub>O = P<sub>totale</sub>).  
 D'après Winter (2001); Pichavant (2011)

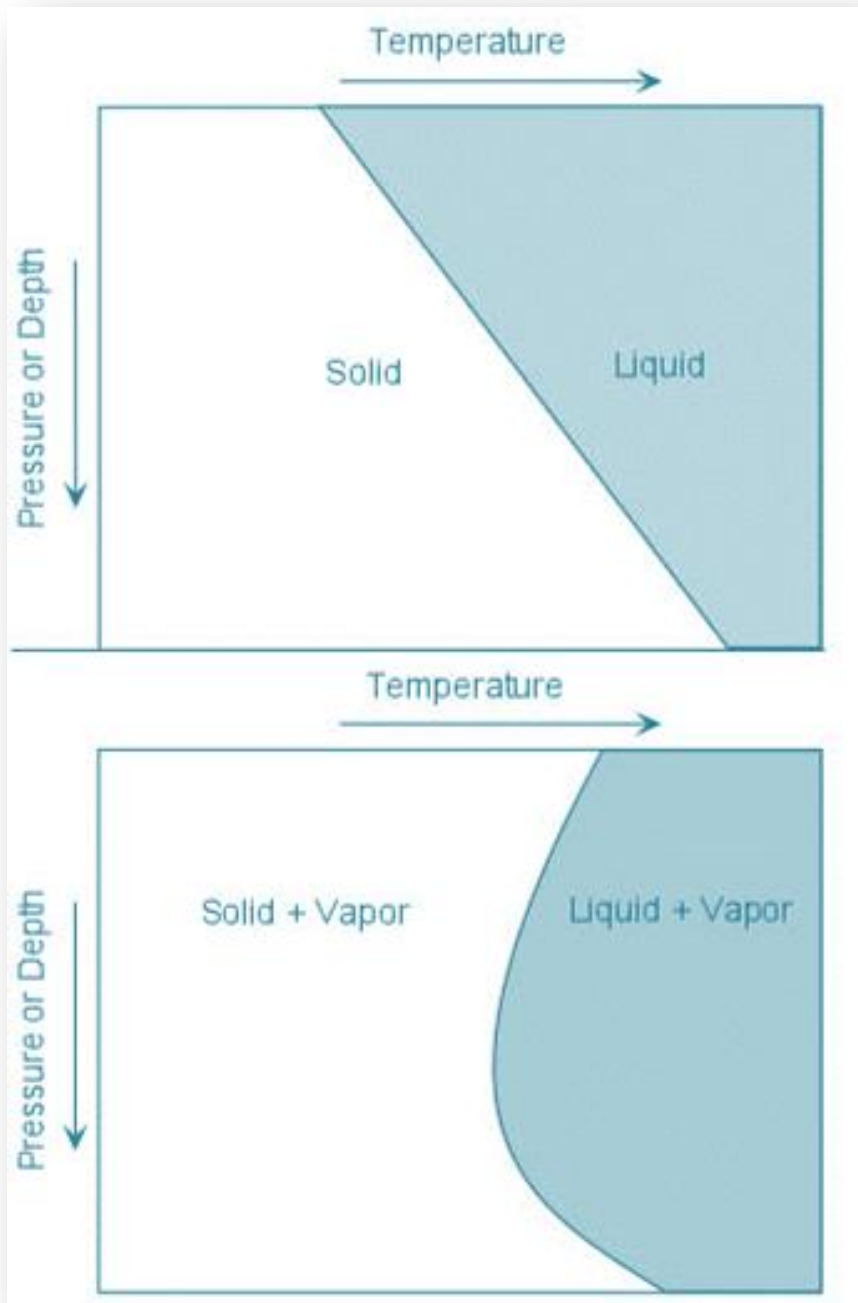
# Les racines du volcanisme



# Fusion des minéraux

- Fusion sèche

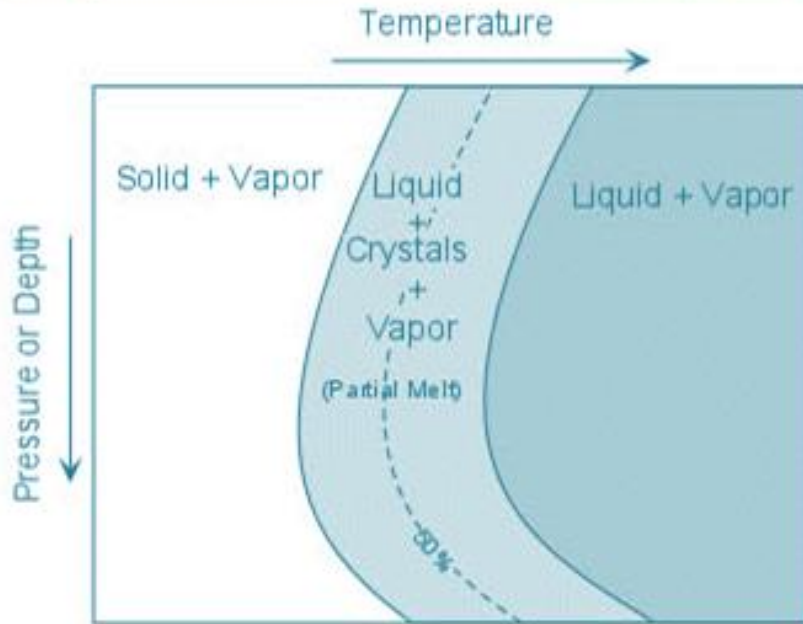
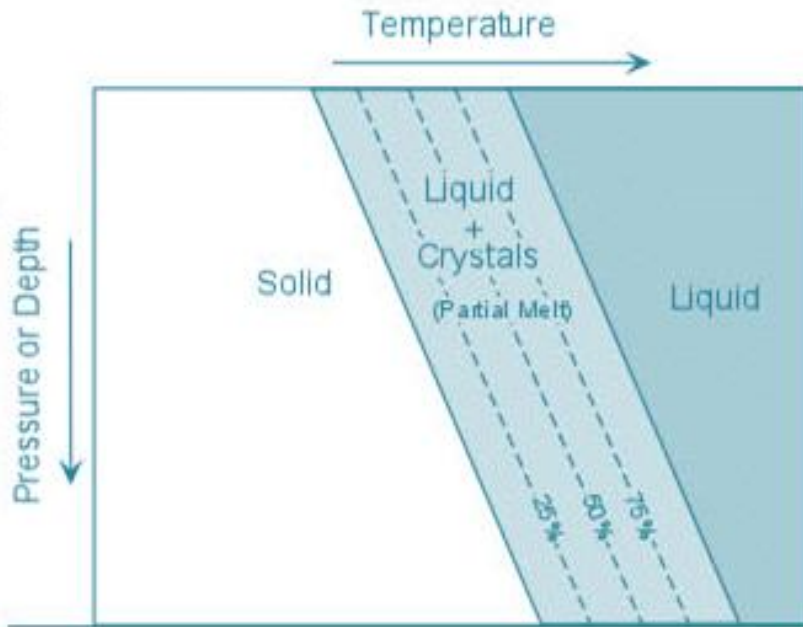
- Fusion hydratée





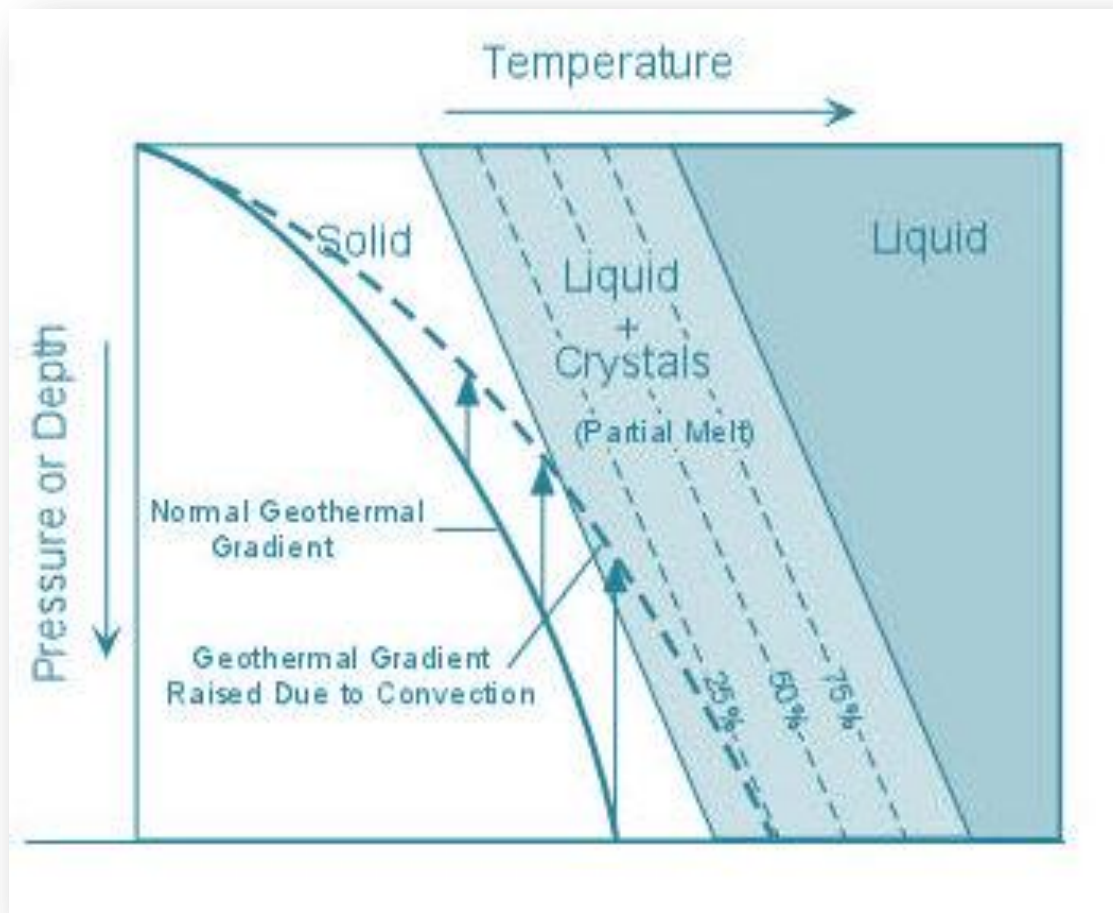
# Fusion des roches

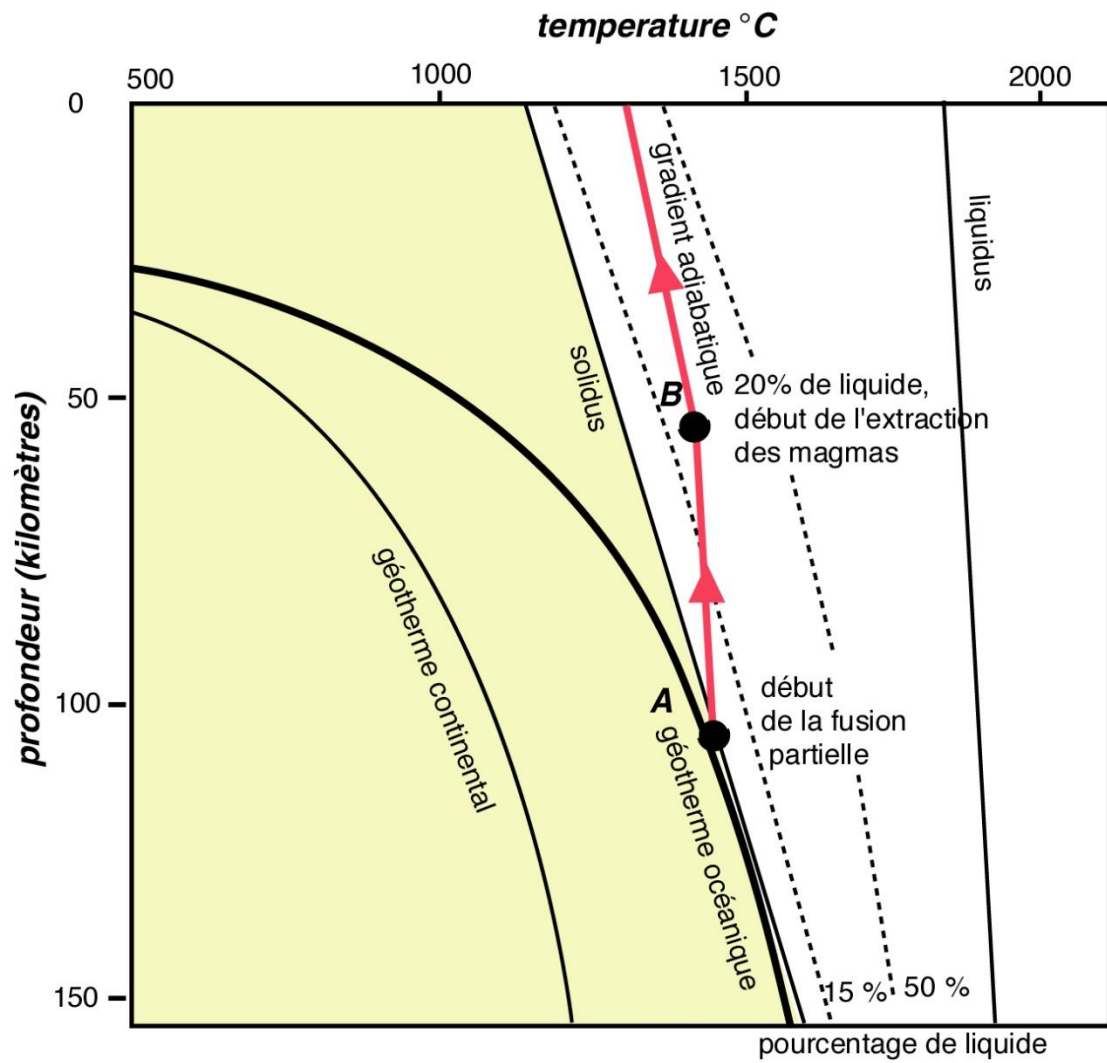
- Fusion sèche



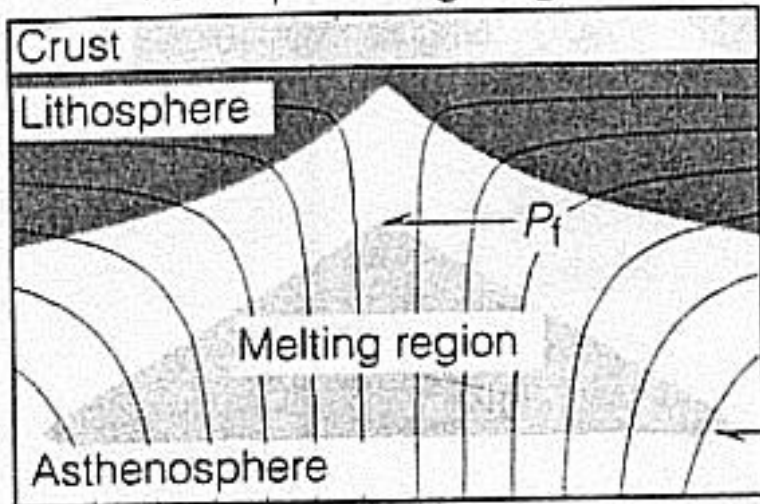
- Fusion hydratée

# Fusion par baisse de pression adiabatique

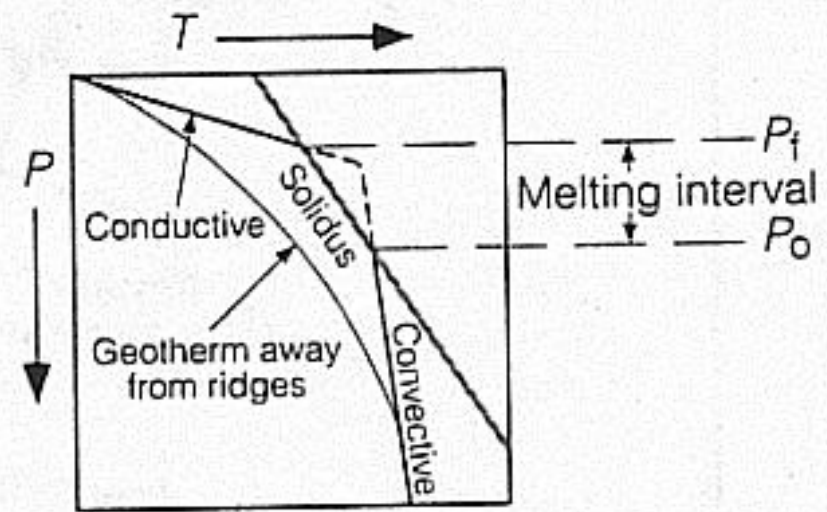
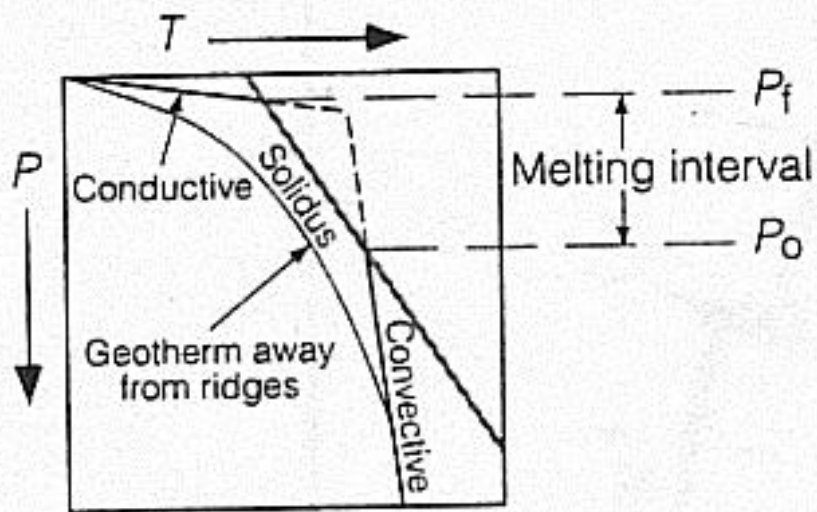
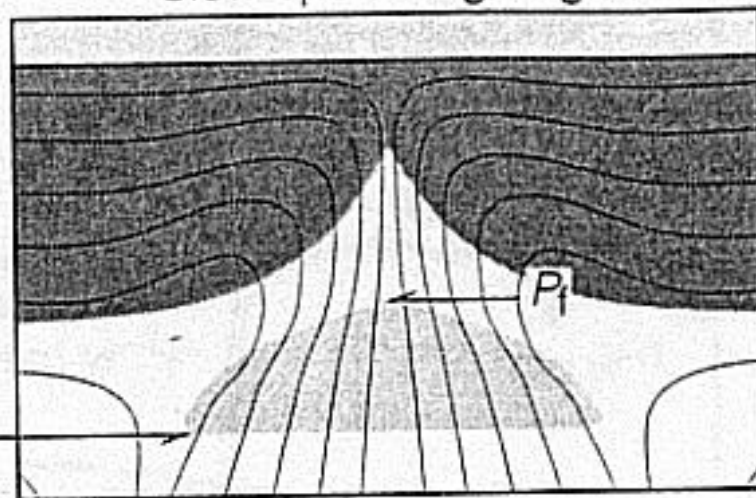


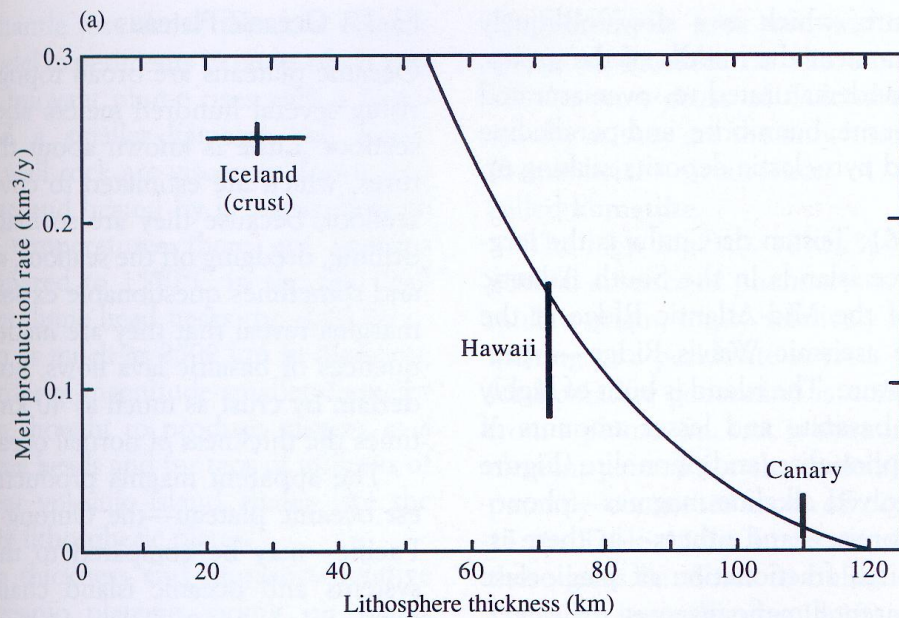


Fast-spreading ridges



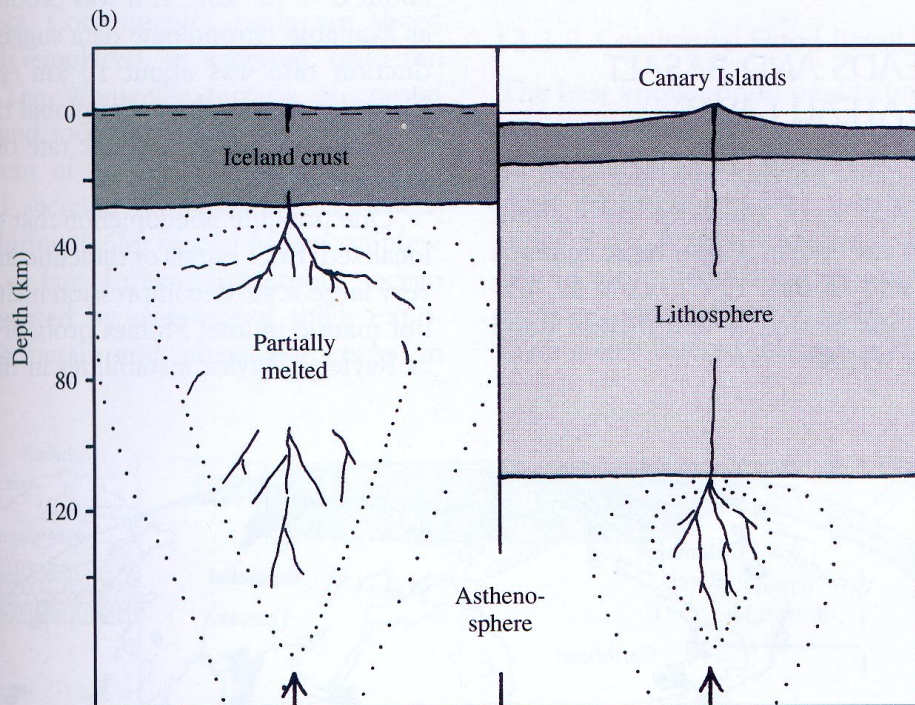
Slow-spreading ridges





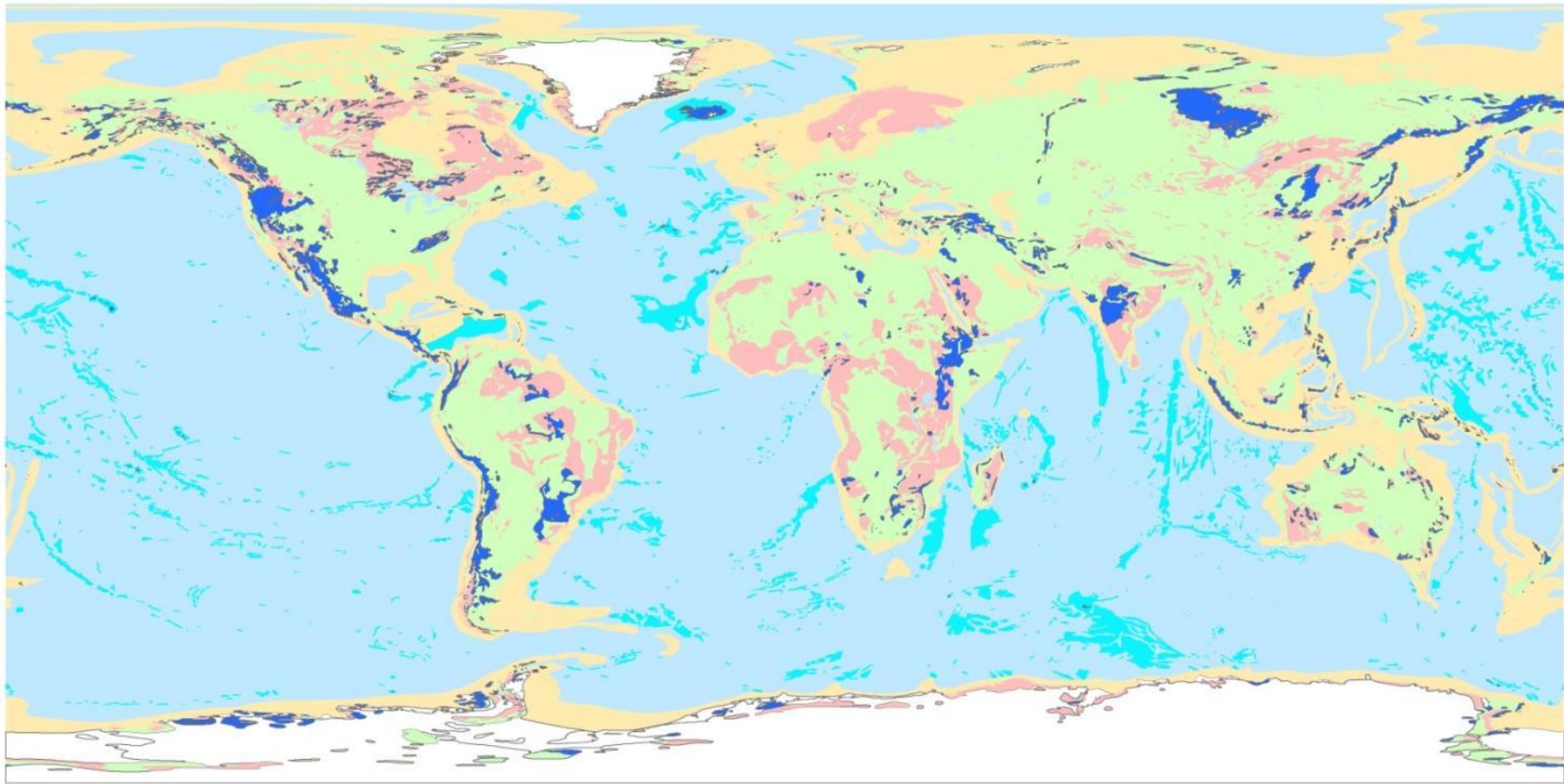
Canaries : lithosphère épaisse, faible décompression du panache, faible taux de fusion. Les tholéiites sont rares

Islande : lithosphère très mince, taux de fusion du panache important, beaucoup de tholéiites

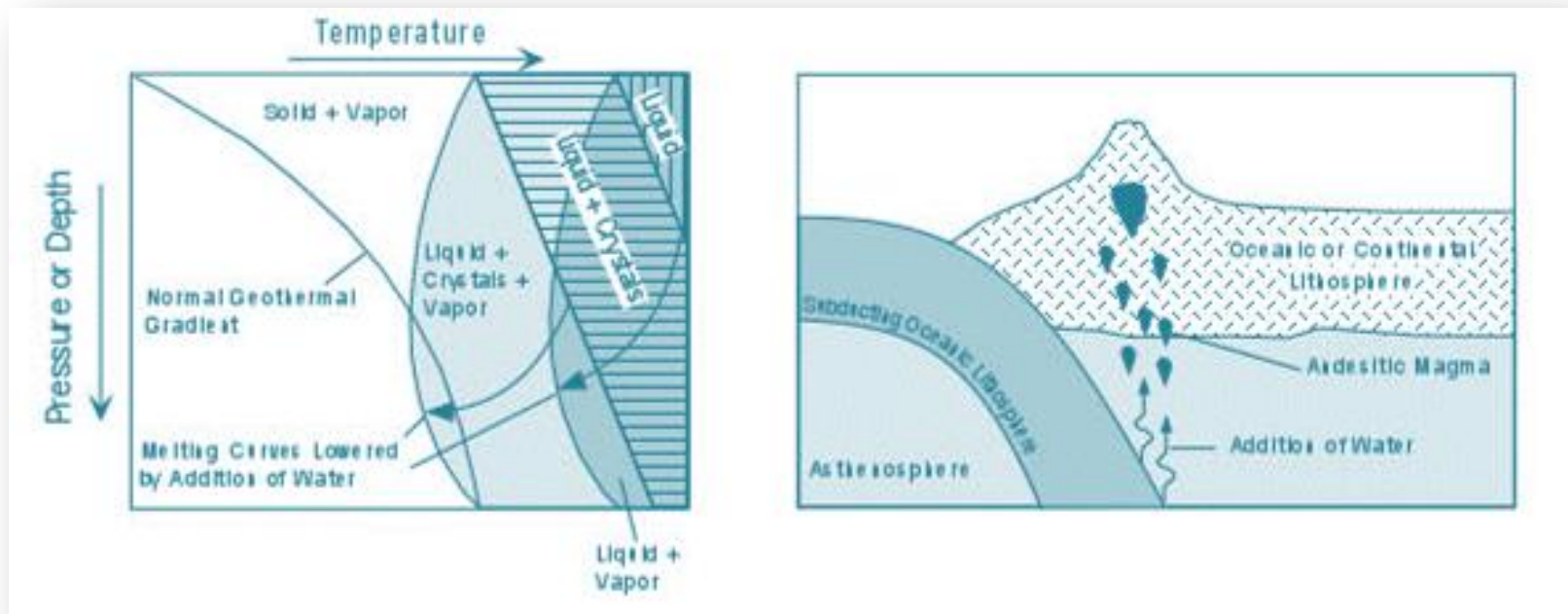


Best et Christiansen, p. 363

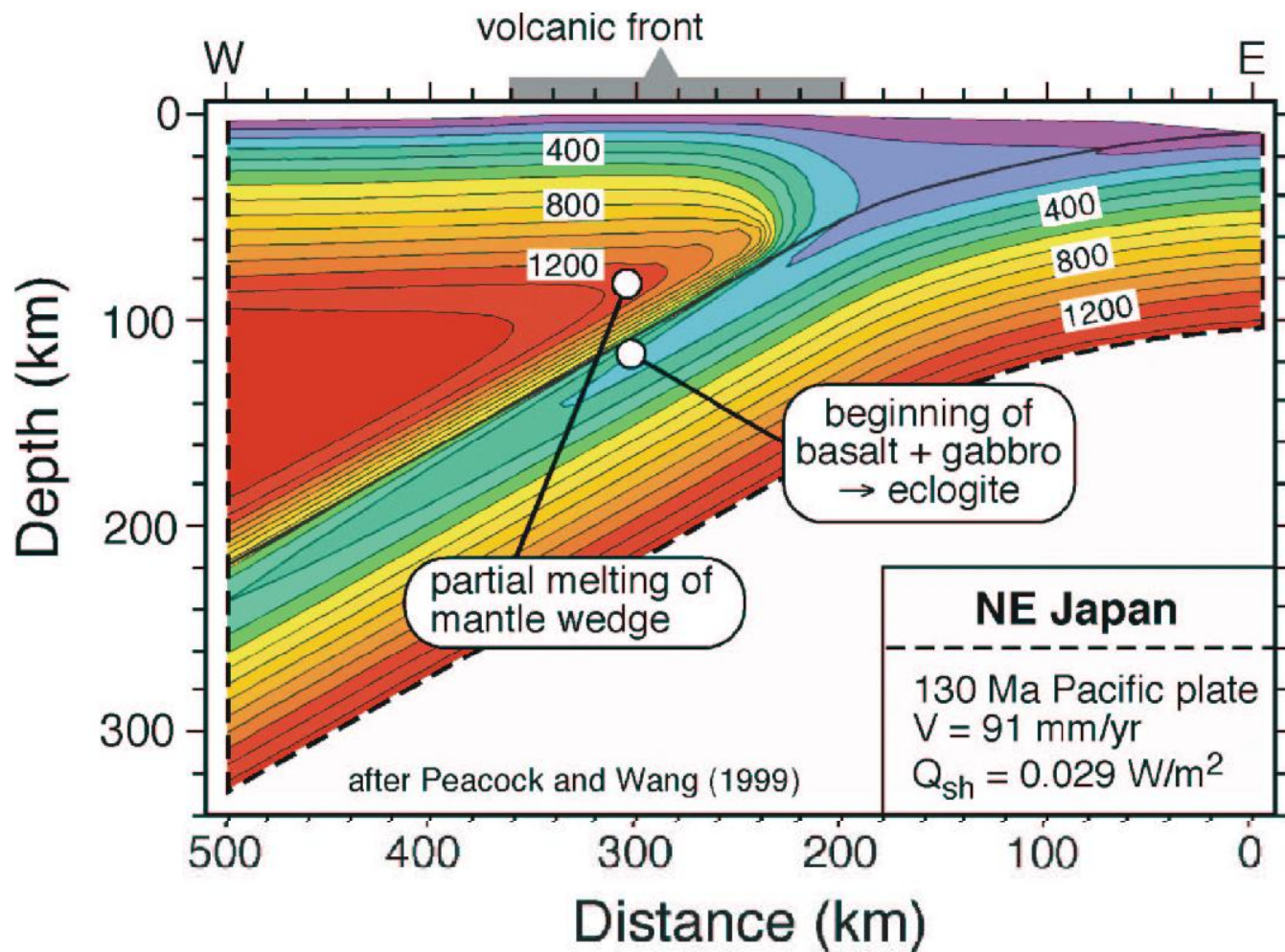
# Décompression adiabatique



# Fusion par hydratation

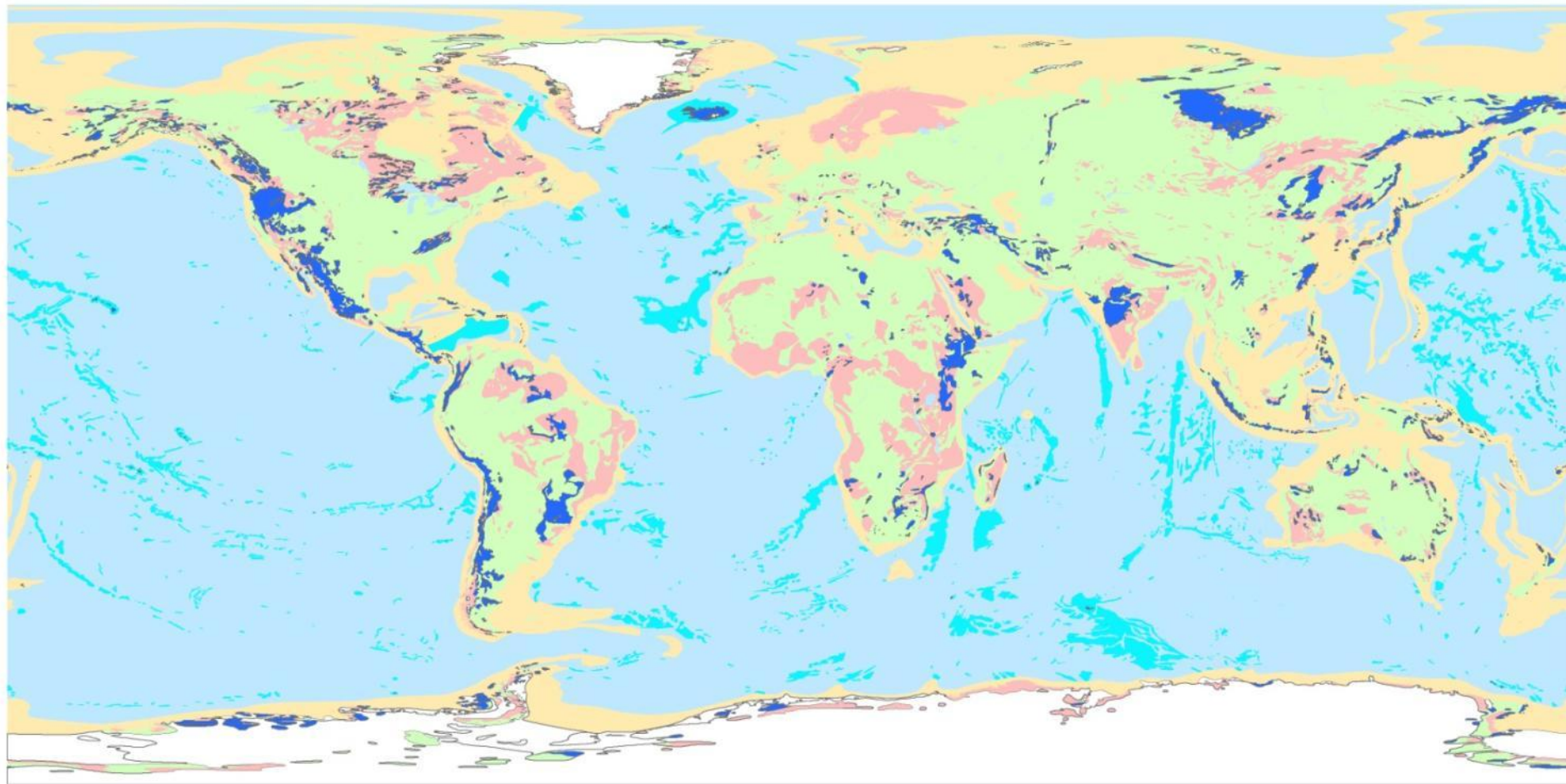


# Structure thermique calculée de la zone de subduction NE Japon

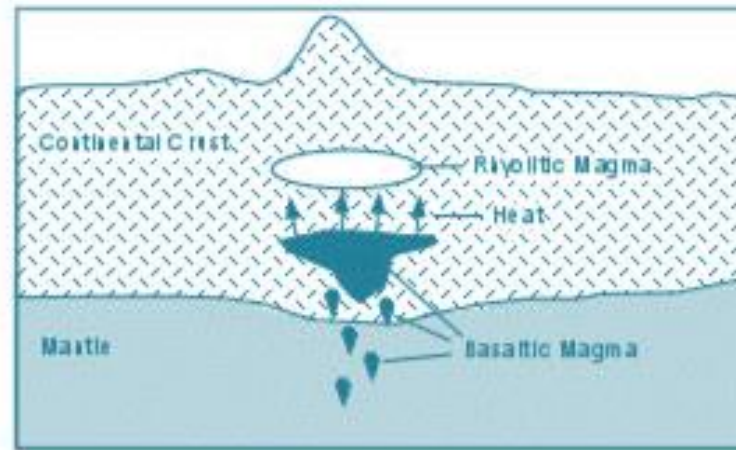
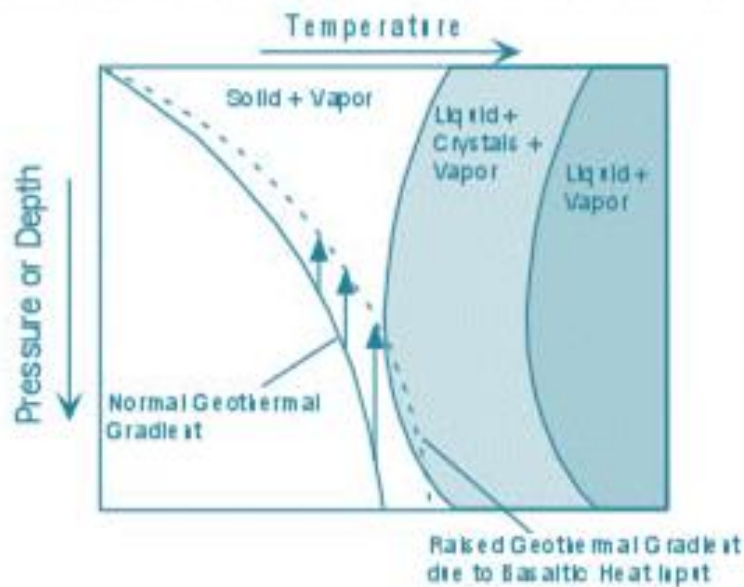




# Fusion par hydratation : zones de subduction



# Fusion par augmentation de la température

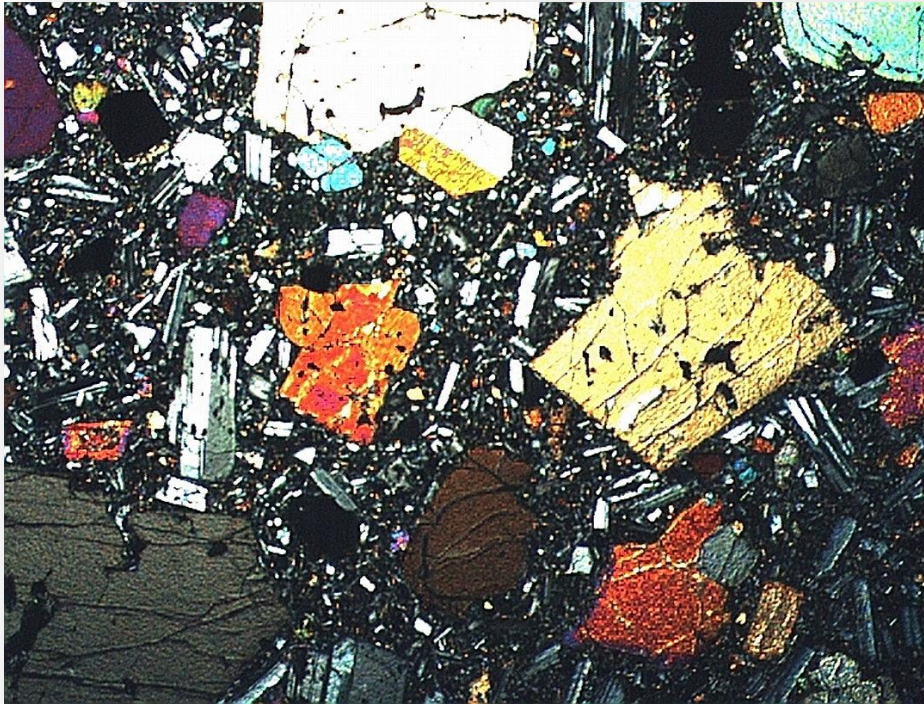


# Classification du volcanisme

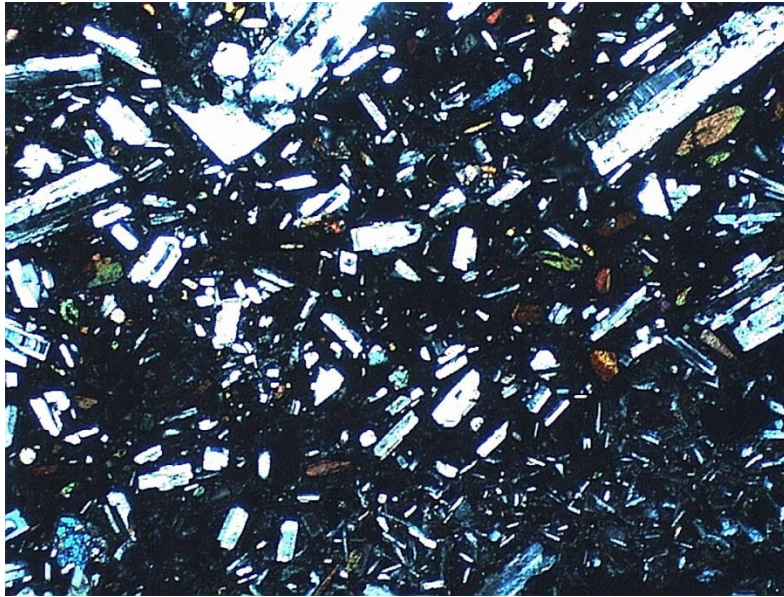
- Lithologique
- Pétrologique
- Géochimique
- Dynamismes éruptifs
- Volume,
- Explosivité,
- ...

# Caractéristiques pétrographiques

## *Basalte*

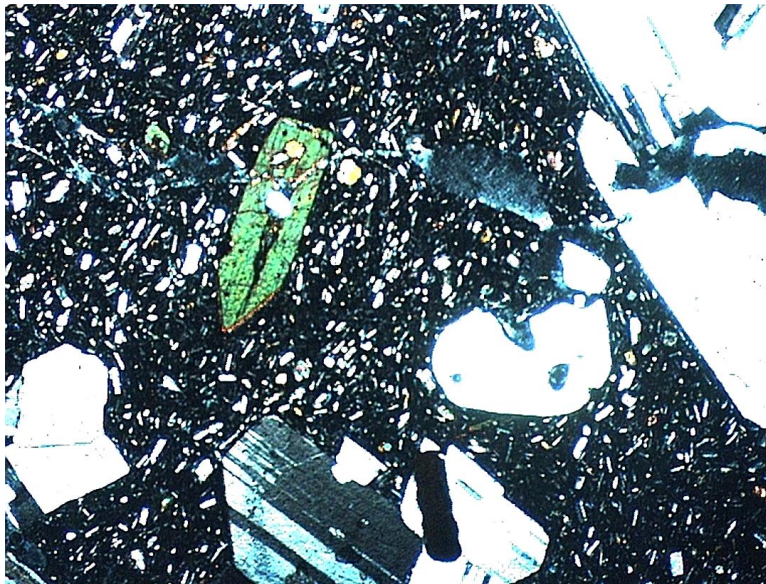


Riche en phénocristaux d'olivine, pyroxène, plagioclase et oxydes ferro-titanés



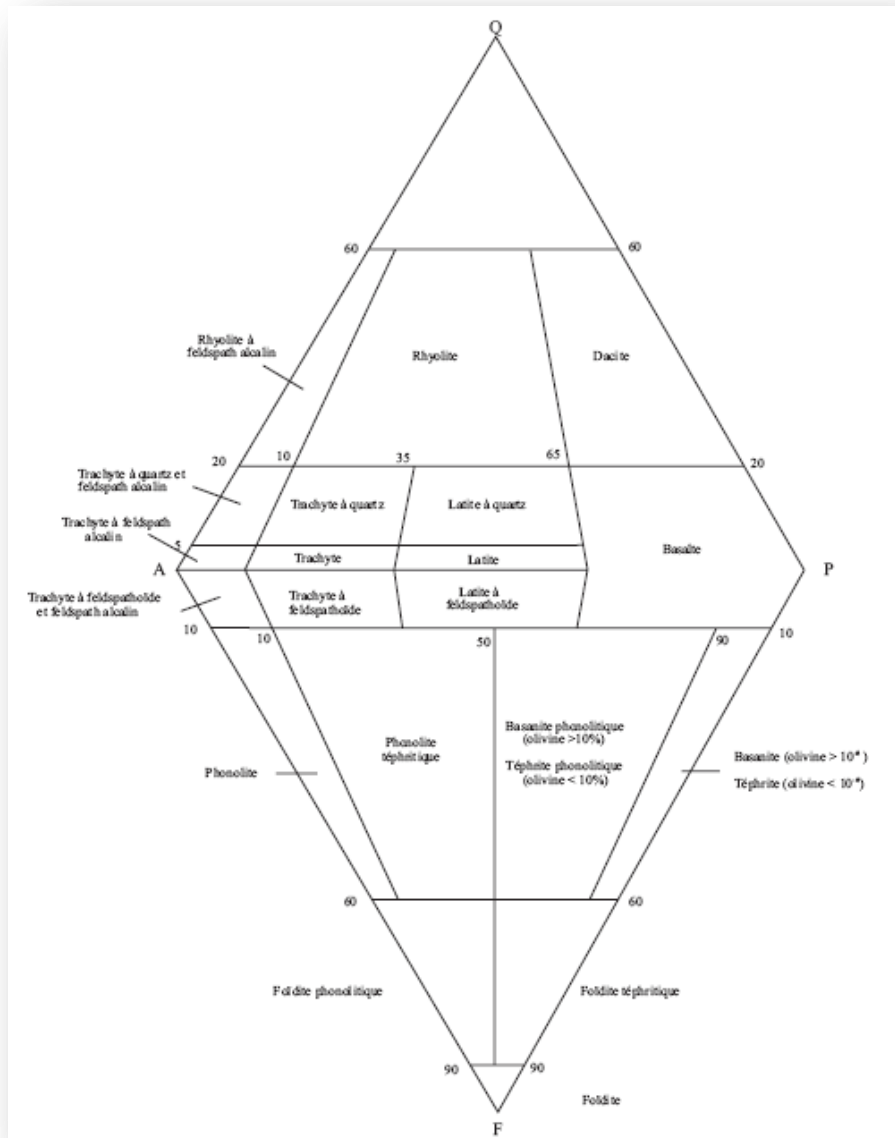
## Andésite

Phénocristaux de pyroxène plagioclase, amphibole et oxydes ferro-titanés



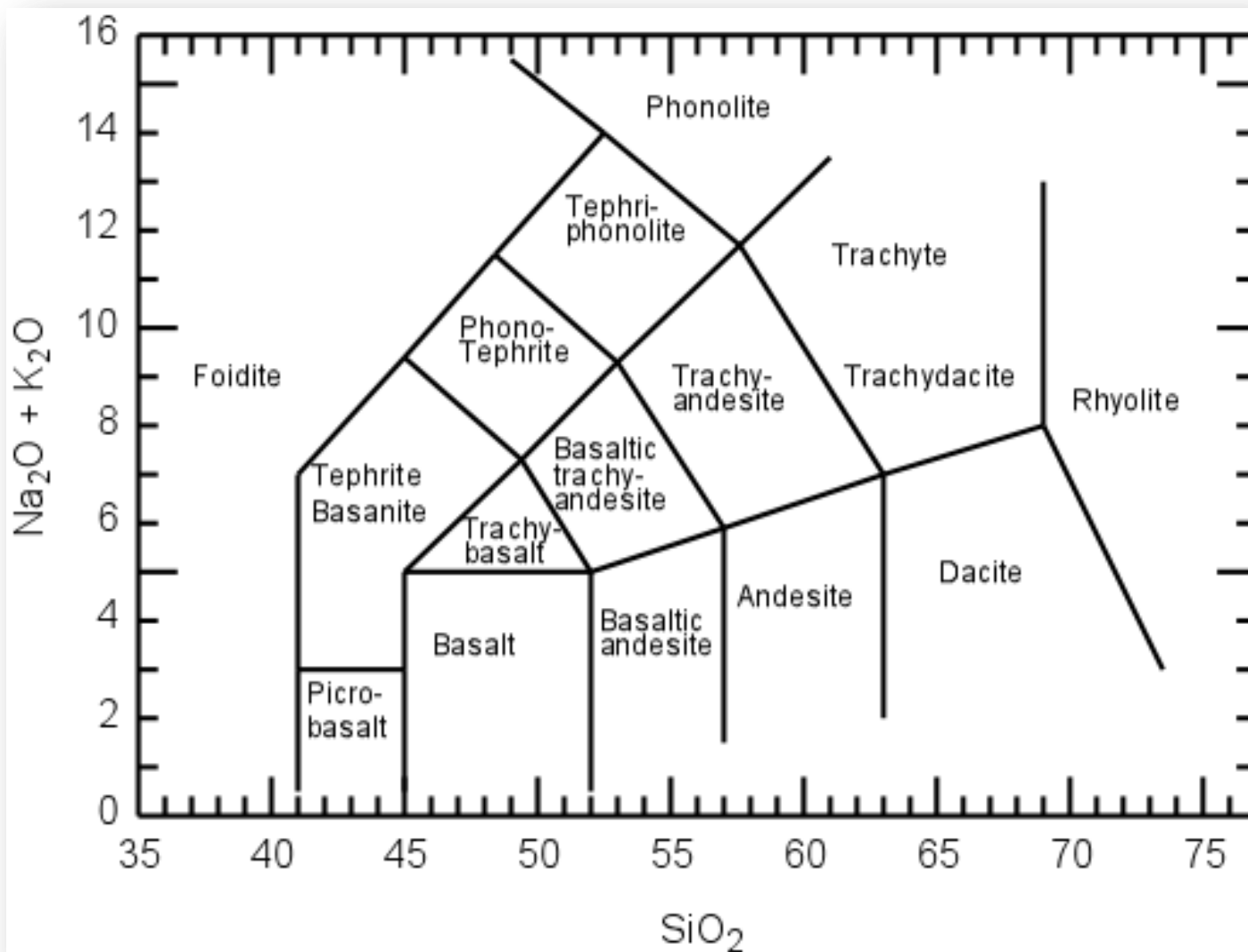
## Dacite

Phénocristaux de plagioclase, amphibole, biotite, quartz et oxydes ferro-titanés

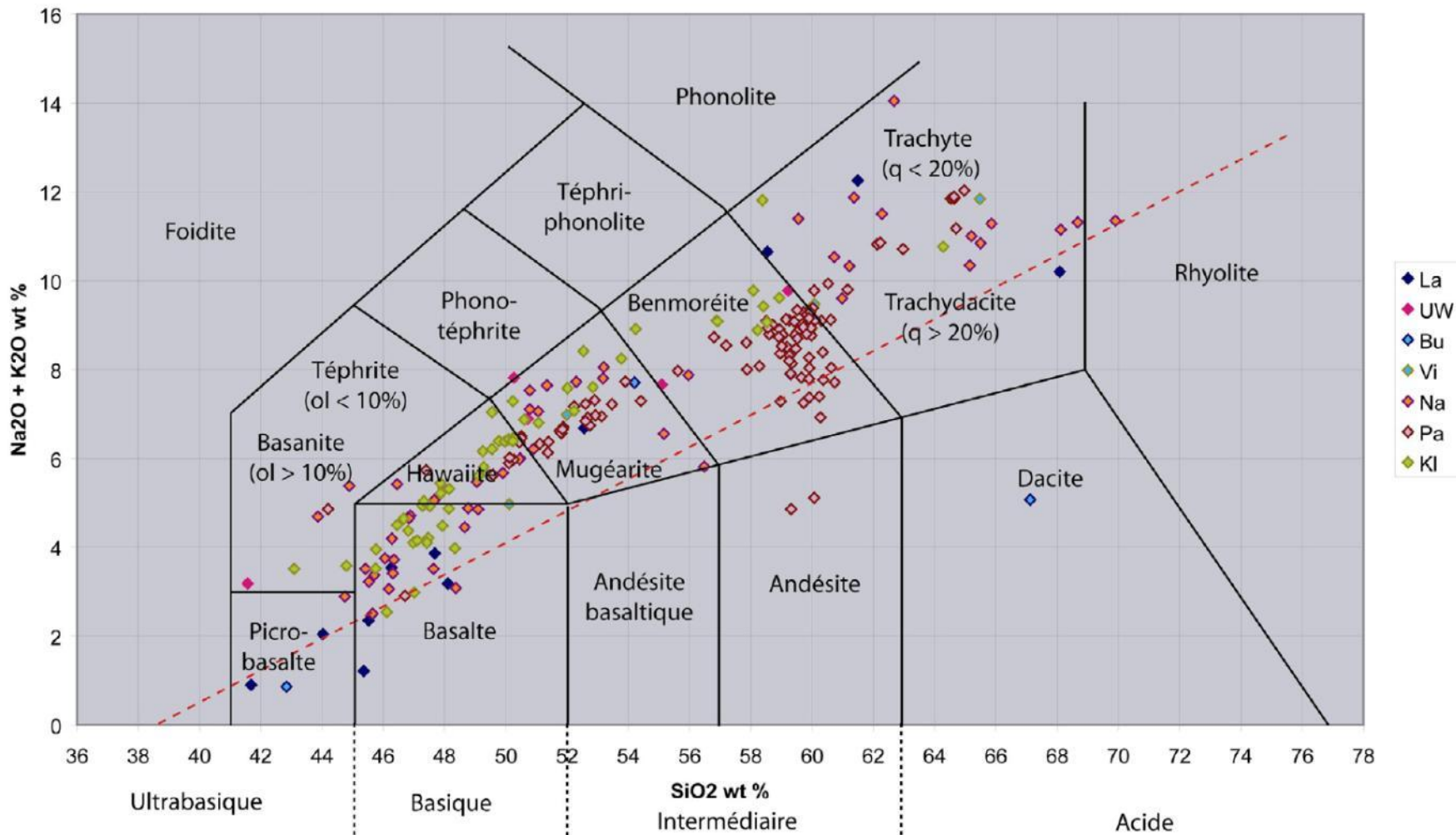


# Classification minéralogique des roches volcaniques

# Classification chimique des roches volcaniques

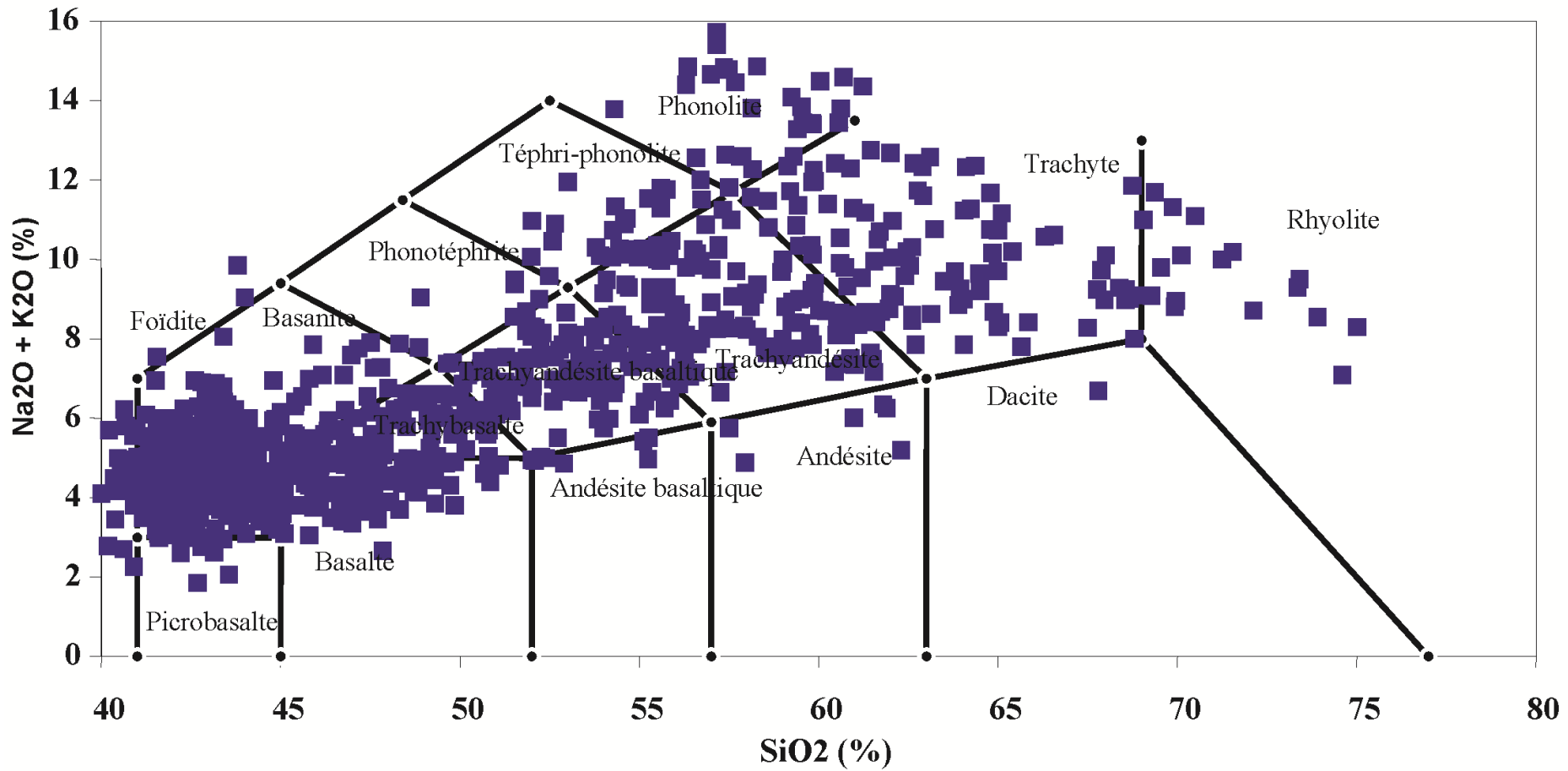


# Réunion





# Cantal





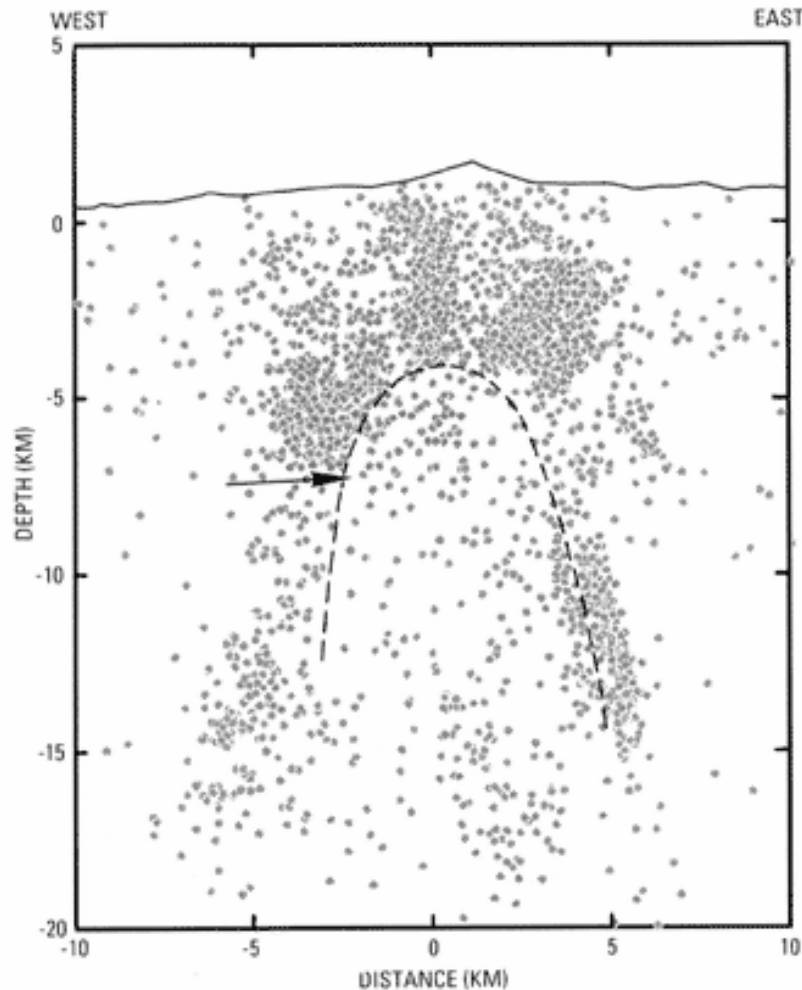
Dyke

# Chambres magmatiques ?

- Affleurent : ophiolites, racines des orogènes, ....
- Roches plutoniques en enclaves dans les laves
- Géométries et tailles variables

# Mécanismes d'évolution des magmas

## La cristallisation fractionnée



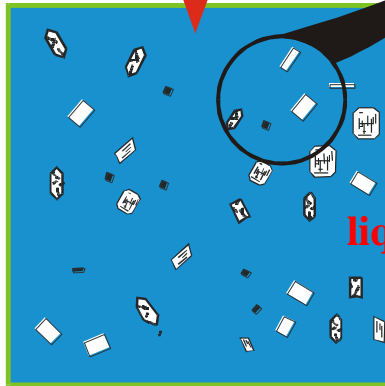
Chambre magmatique à l'aplomb du Mont Pinatubo (zone de transfert et de stockage des magmas), révélée par les données sismiques.

Liquide  
basaltique



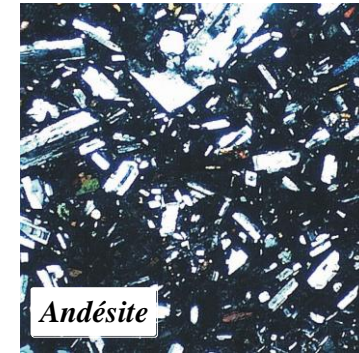
# Cristallisation fractionnée

Cristallisation

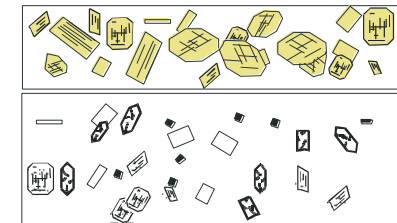
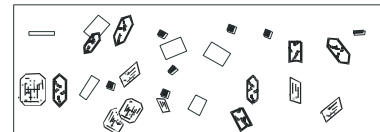
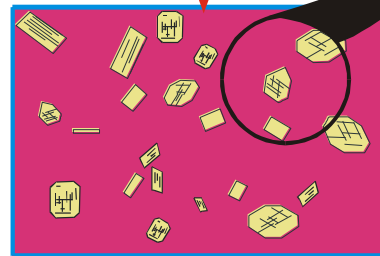


Séparation  
liquide/cristaux

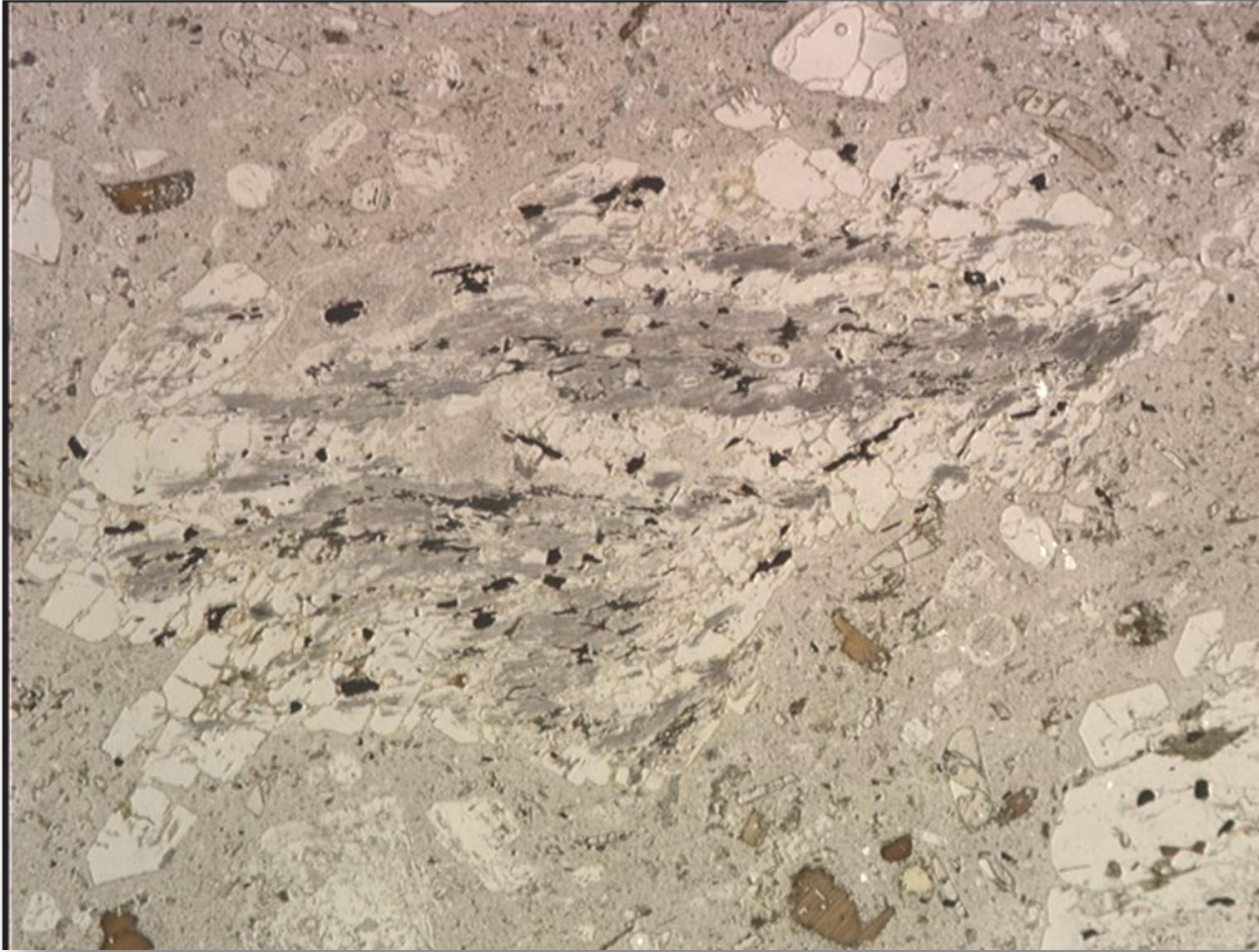
Liquide  
andésitique



Liquide  
dacitique



# L'assimilation couplée à la cristallisation fractionnée (AFC)



Enclave de socle partiellement assimilée dans une dacite (arc d'Ambon, Indonésie)

Effusion, extrusion, explosion,  
caldéra...

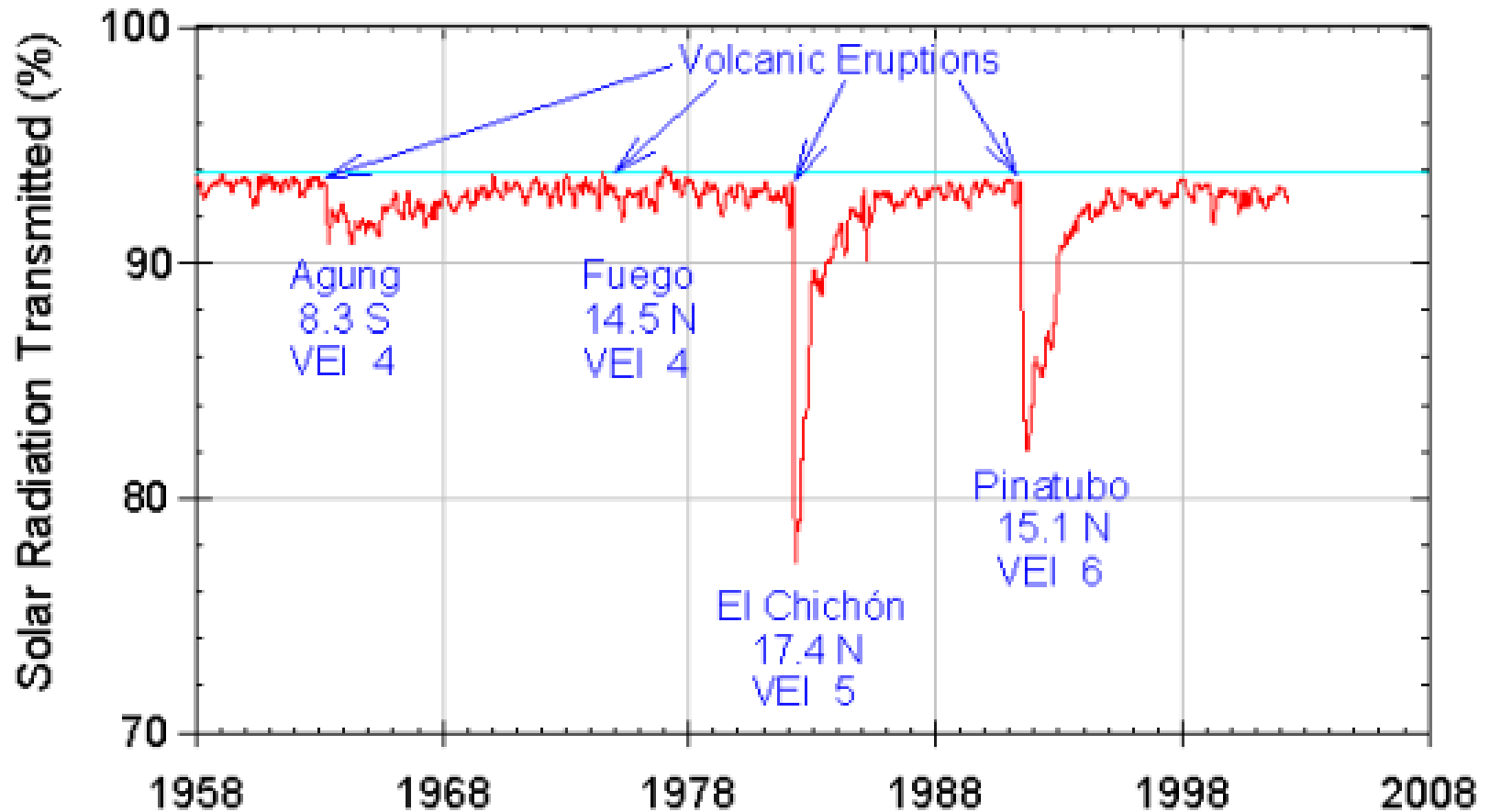
# Eruption plinienne Pinatubo



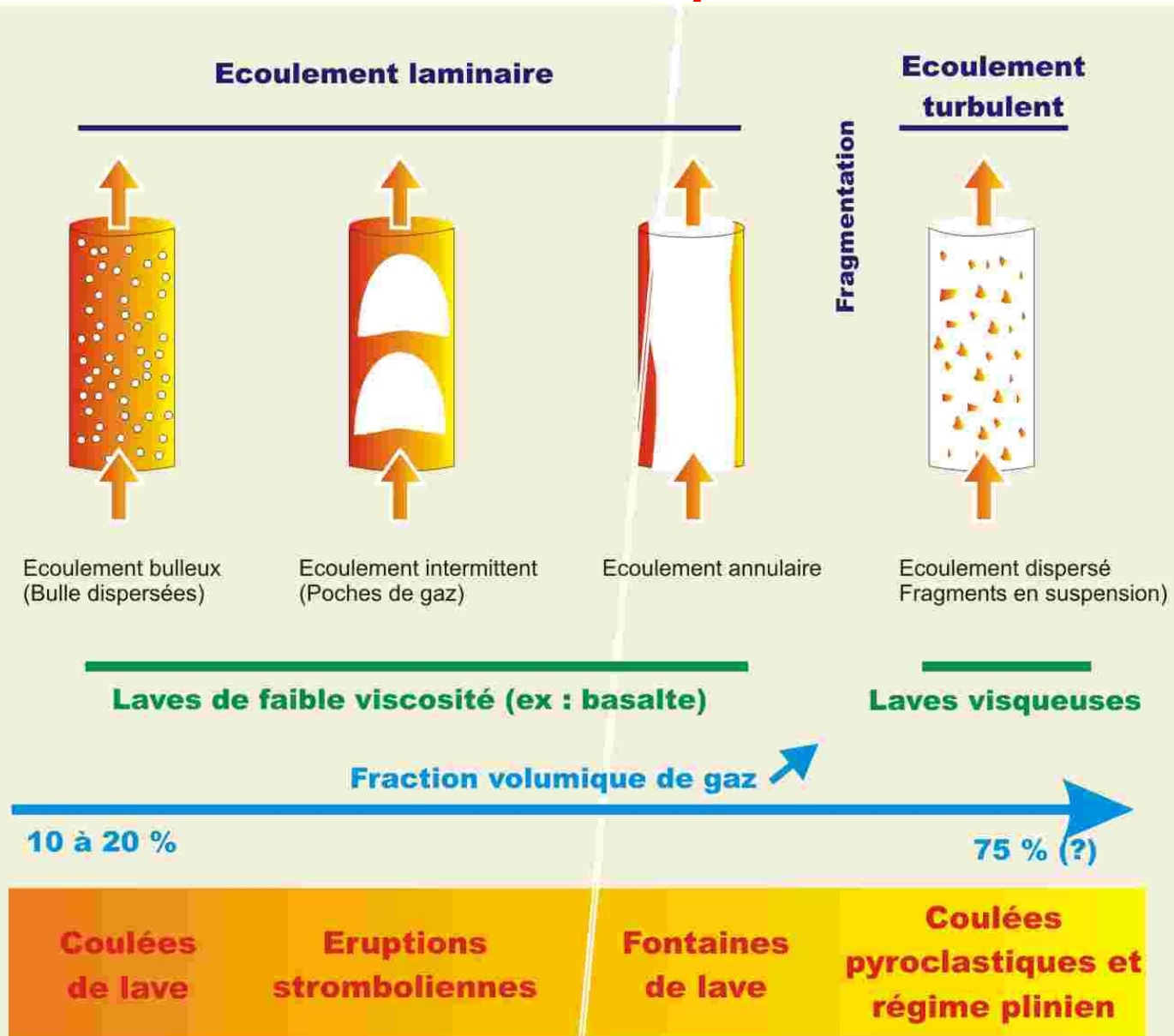
- 1991
- volume de matériaux émis est estimé à  $10 \text{ km}^3$
- Hauteur cendres 34 km
- Nuées ardentes  $> 16 \text{ km}$
- Nuage de cendres  $> 125\,000 \text{ km}^2$
- refroidissement général de  $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$  de moyenne pendant deux à trois ans,



# Mauna Loa Observatory Atmospheric Transmission



# Effusif vs explosif



# Coulées pyroclastiques vs panaches pliniens

Mélange avec l'atmosphère limité

→ densité mélange > densité air

→ jet ~quelques km

**Coulées pyroclastiques**

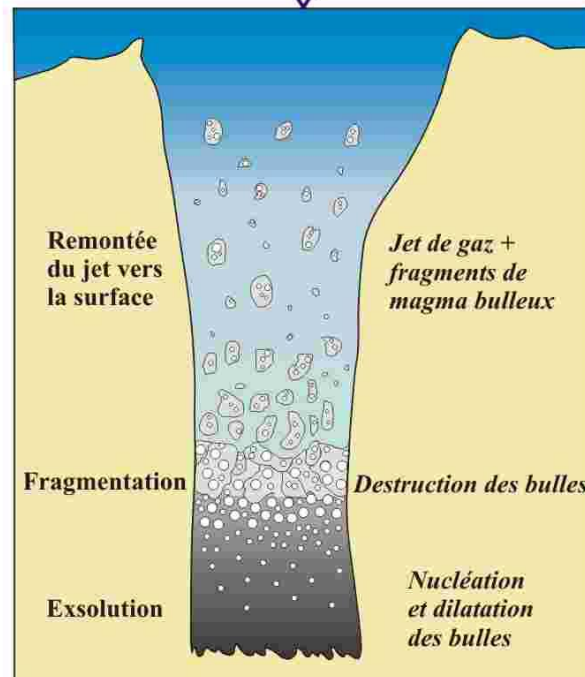
Mélange avec l'atmosphère important

→ densité mélange < densité air

→ jet ~quelques dizaines de km

**Panache Plinien**

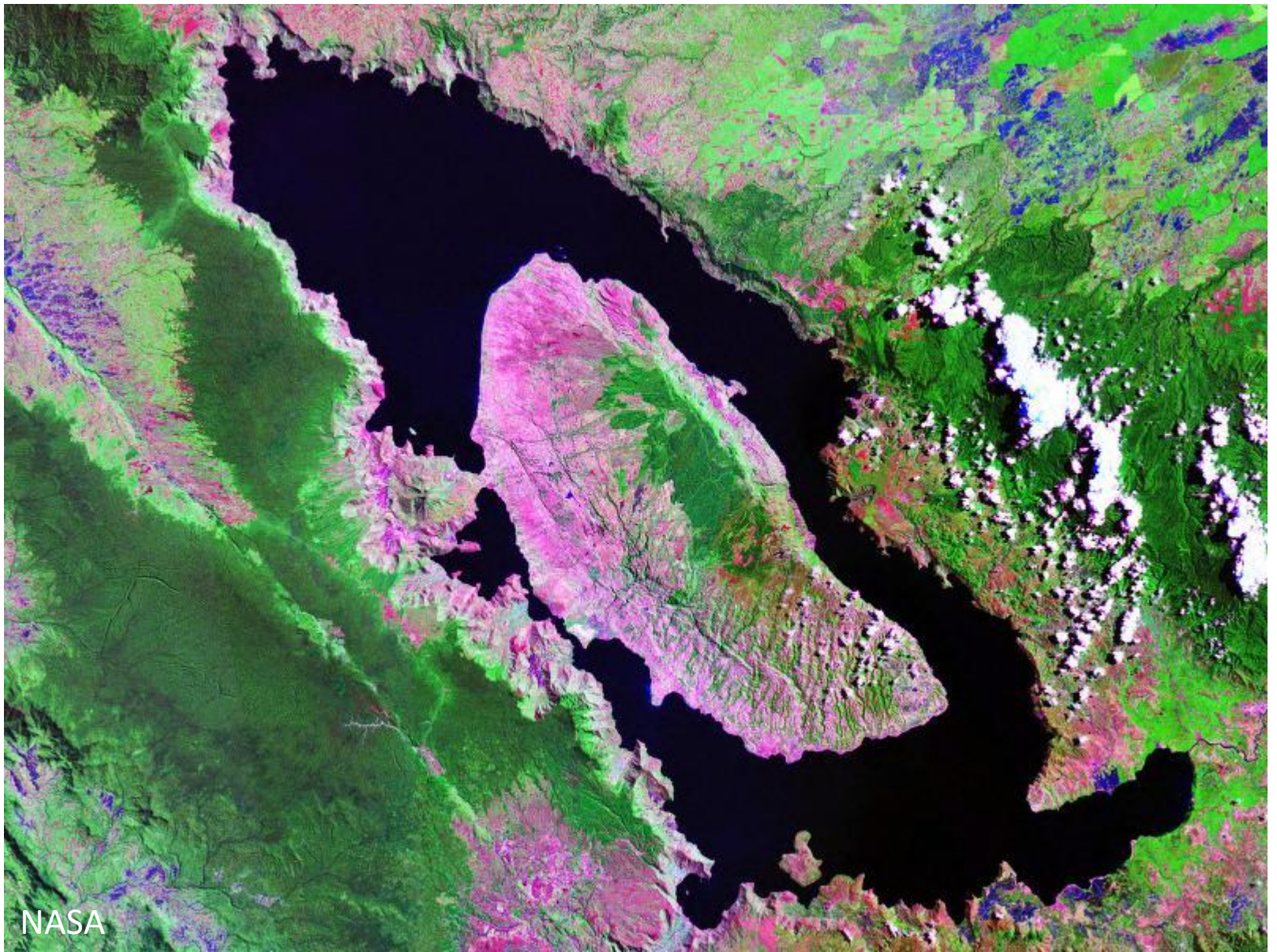
Deux cas possibles, selon la teneur en volatils, la vitesse de sortie, le diamètre du conduit éruptif



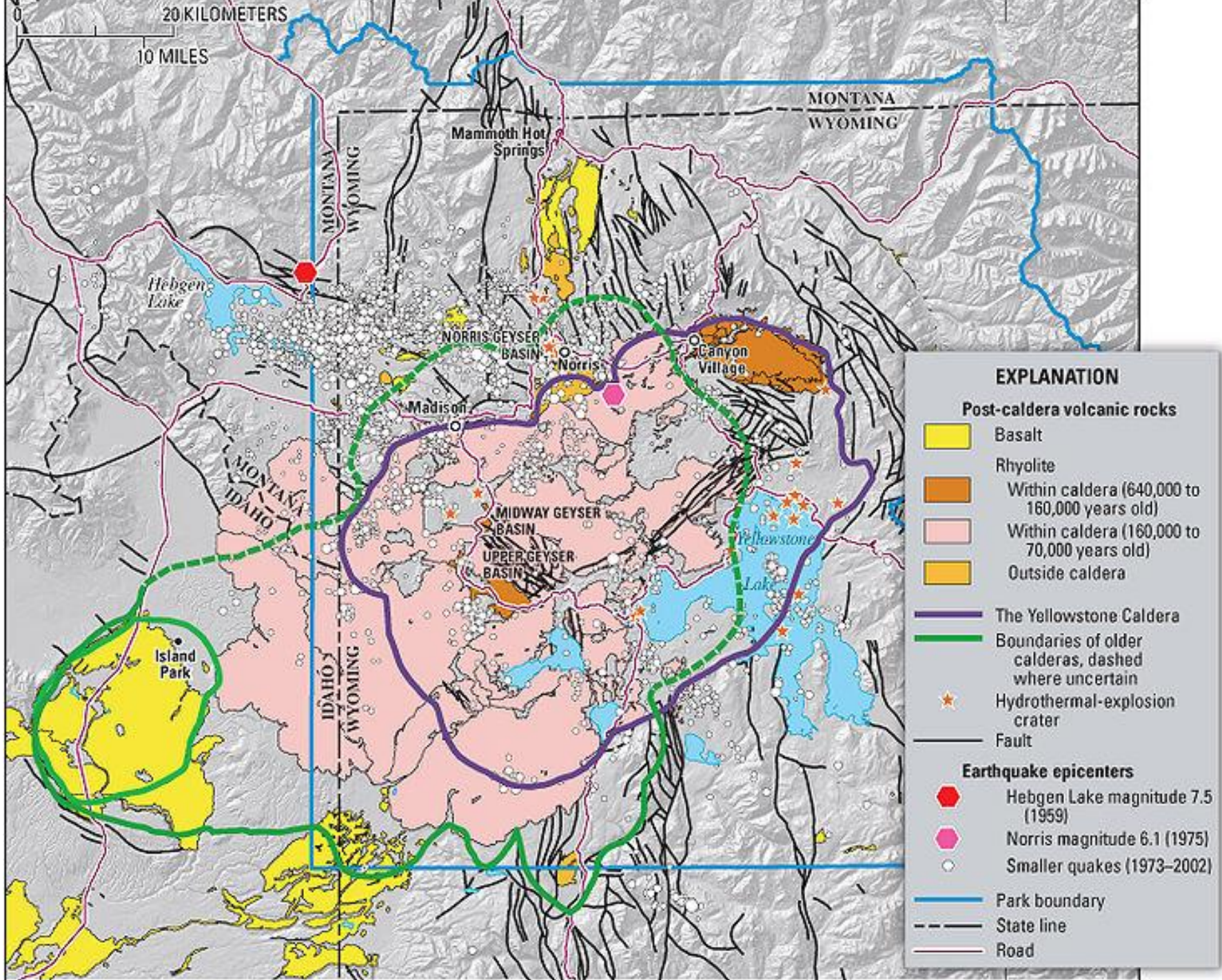
D'après Jaupart, 2000

# Indice d'explosivité volcanique

VEI	Classification	Description	Hauteur du nuage de cendres	Volume éjecté	Fréquence d'éruptions	Exemple	Nombre d'éruptions historiques
0	Hawaïen	non explosif	< 100 m	> 1 000 m <sup>3</sup>	quotidien	Kilauea	-
1	Hawaïen / Strombolien	modéré	100-1 000 m	> 10 000 m <sup>3</sup>	quotidien	Stromboli	-
2	Strombolien / Vulcanien	explosif	1-5 km	> 1 000 000 m <sup>3</sup>	hebdomadaire	Galeras, 1992	3631
3	Vulcanien	catastrophique	3-15 km	> 10 000 000 m <sup>3</sup>	annuel	Nevado del Ruiz, 1985	924
4	Vulcanien Plinien	cataclysmique	10-25 km	> 0,1 km <sup>3</sup>	≥ 10 ans	Galunggung, 1982	307
5	Plinien	paroxysmique	> 25 km	> 1 km <sup>3</sup>	≥ 50 ans	Vésuve, 79 ; Mont Saint Helens, 1980	106
6	Plinien / Ultra-Plinien	colossal	> 25 km	> 10 km <sup>3</sup>	≥ 100 ans	Krakatoa, 1883 ; éruption minoenne (Santorin), 1600 avant JC	46
7	Ultra-Plinien	méga-colossal	> 25 km	> 100 km <sup>3</sup>	≥ 1 000 ans	Tambora, 1815	4
8	Ultra-Plinien Supervolcan	apocalyptique	> 25 km	> 1 000 km <sup>3</sup>	≥ 10 000 ans	Toba, 74 000 ans ; Yellowstone, 600 000 ans	0



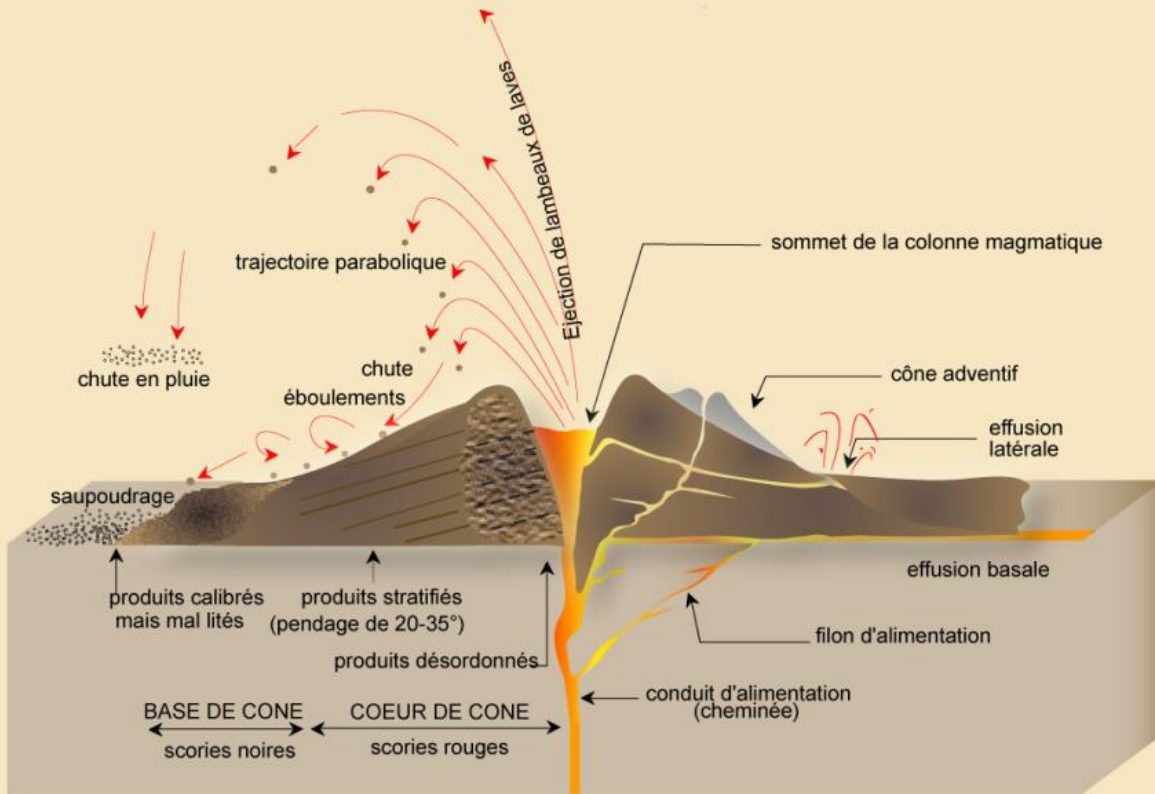
Toba 100x30 km, Sumatra





Taal Caldera : 500 000 à 100 000 ans; 25 km de diamètre ; dernière éruption 1977 : phréatique

# Cône de scories stromboliens

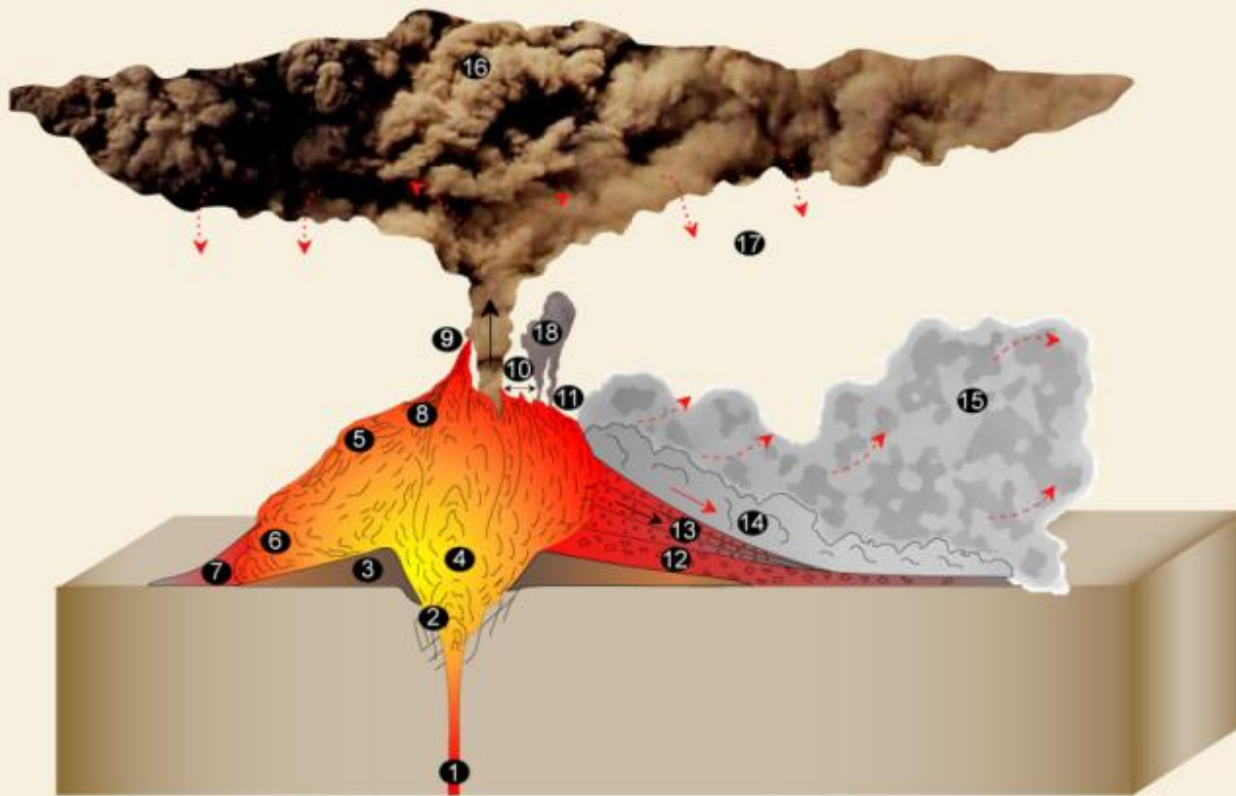


Structure et fonctionnement d'un cône de scories ("type strombolien")

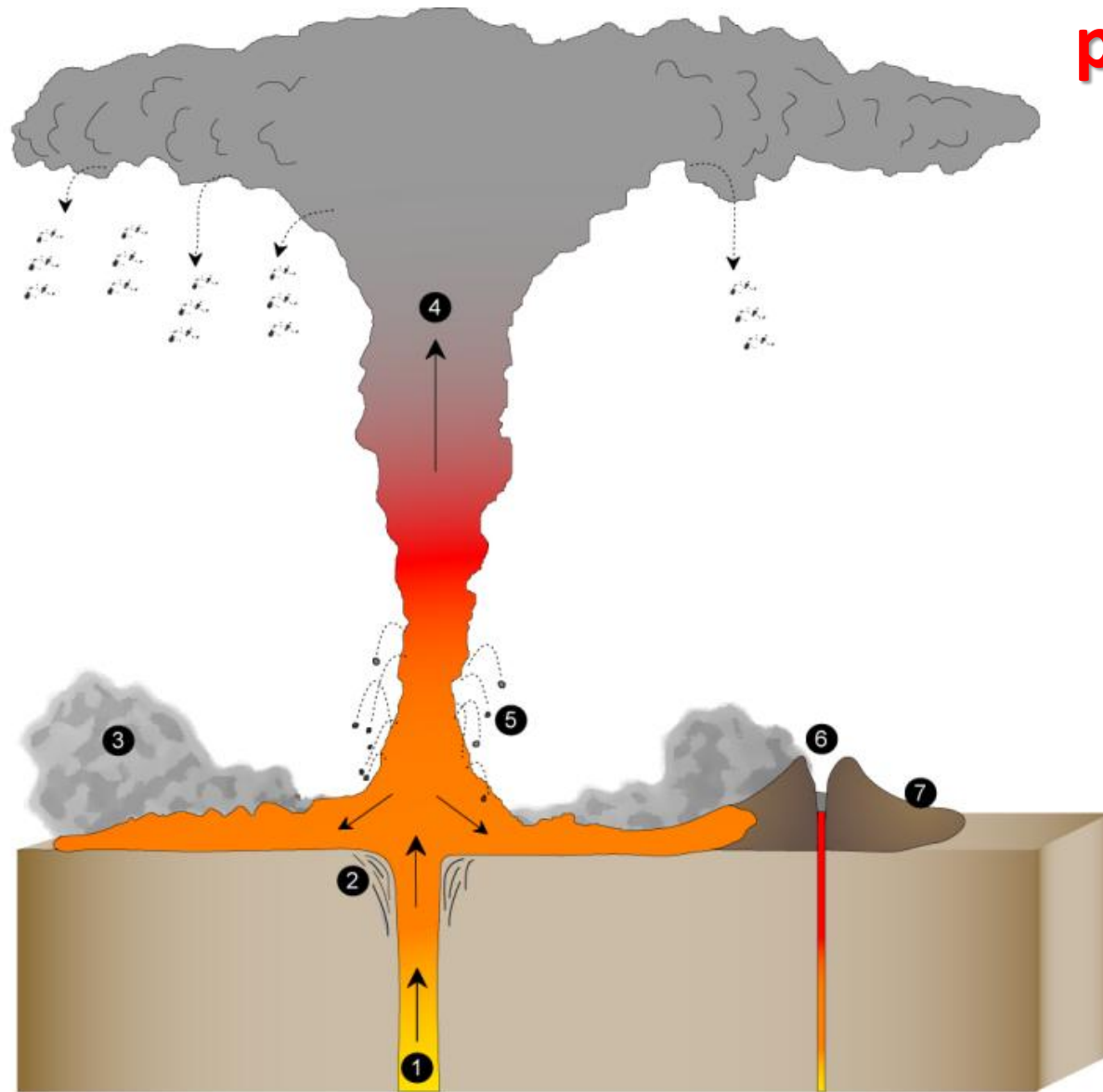




# Dôme



# Eruption phréatomagmatique





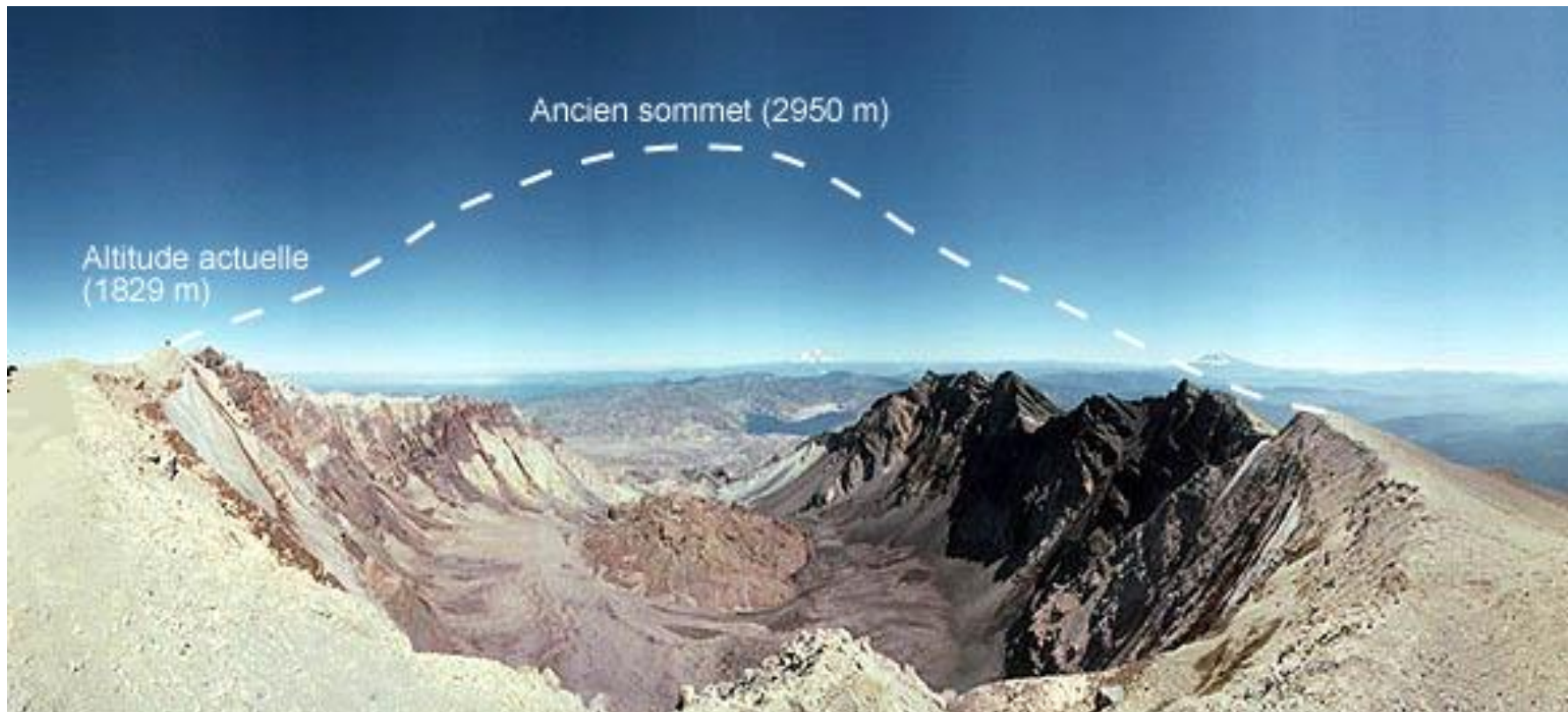
Harrat Khaybar, Arabie, NASA

# Lahars



# Avalanches de débris

Mt. St. Helens,  
18 Mai, 1980



# Volcanisme en France

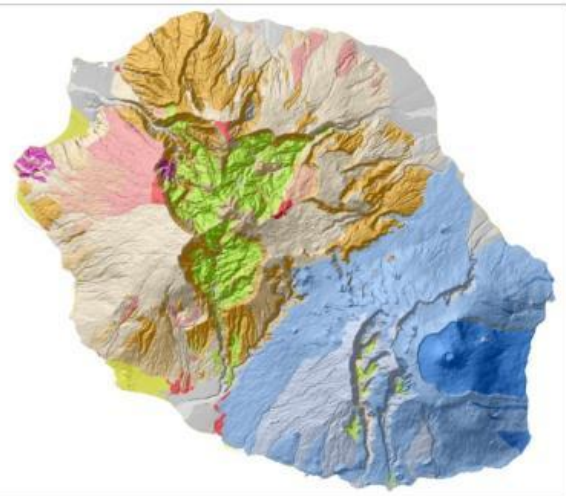
Outre-Mer

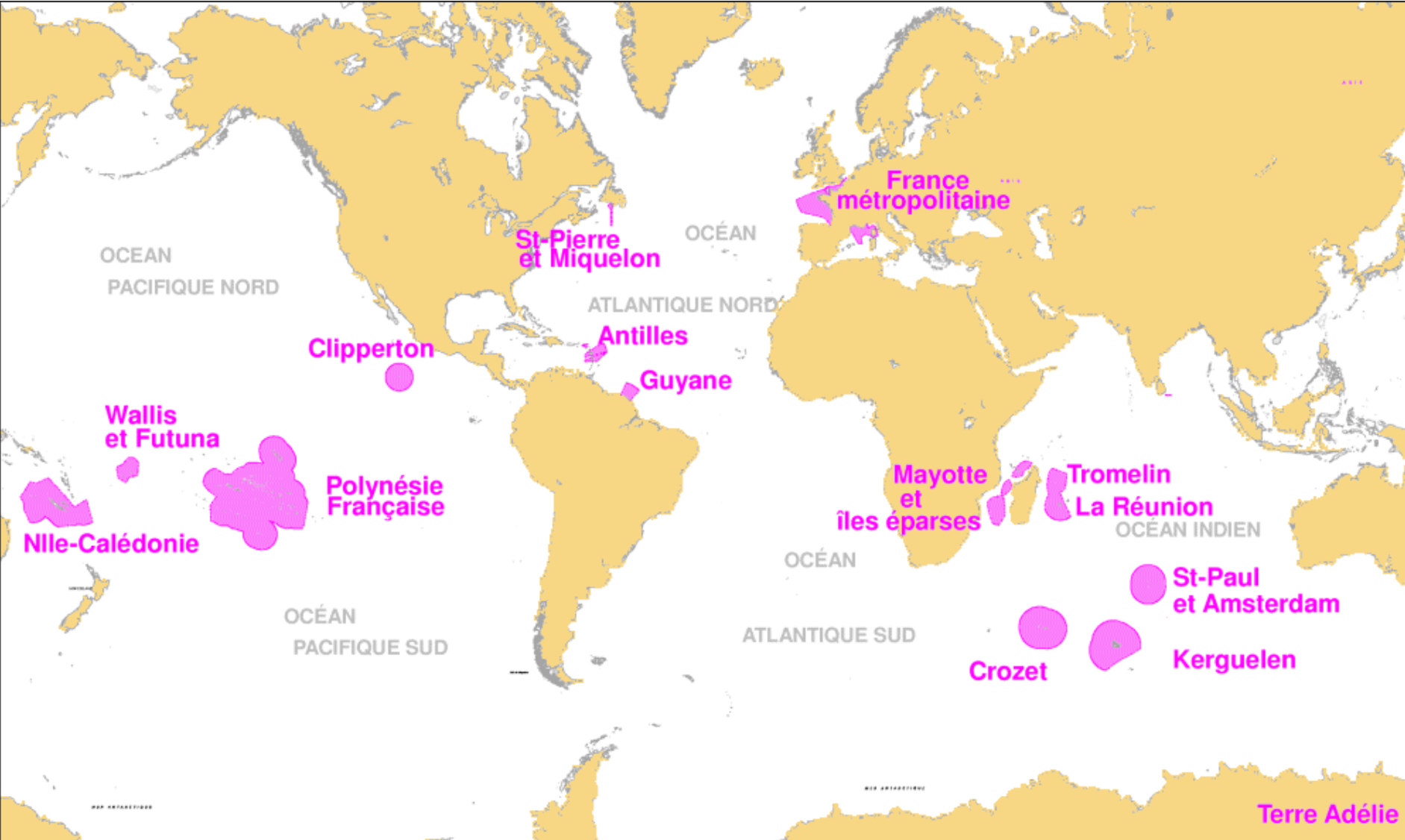
France

Massif central

Chaîne des Puys

Cantal





Niue-Calédonie

Clipperton

Wallis et Futuna

Polynésie Française

St-Pierre et Miquelon

Antilles

Guyane

France métropolitaine

Mayotte et îles éparses

Tromelin  
La Réunion

St-Paul et Amsterdam

Crozet

Kerguelen

Terre Adélie

Océan Pacifique Nord

Océan

Atlantique Nord

Océan Pacifique Sud

Atlantique Sud

Océan Indien

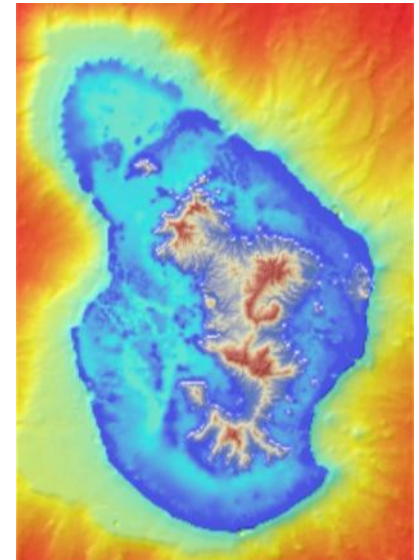
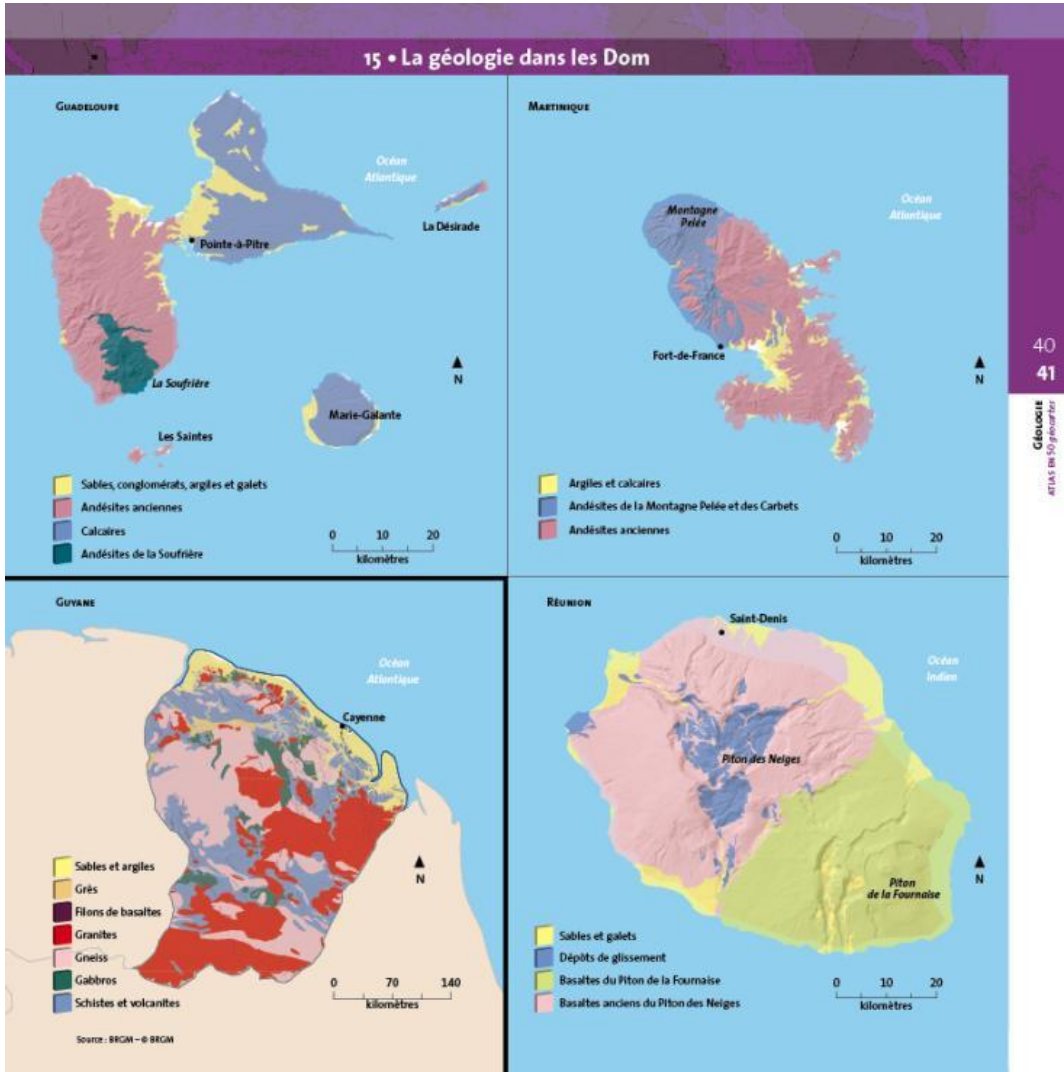
MAP ANTARCTIQUE

MAP ANTARCTIQUE

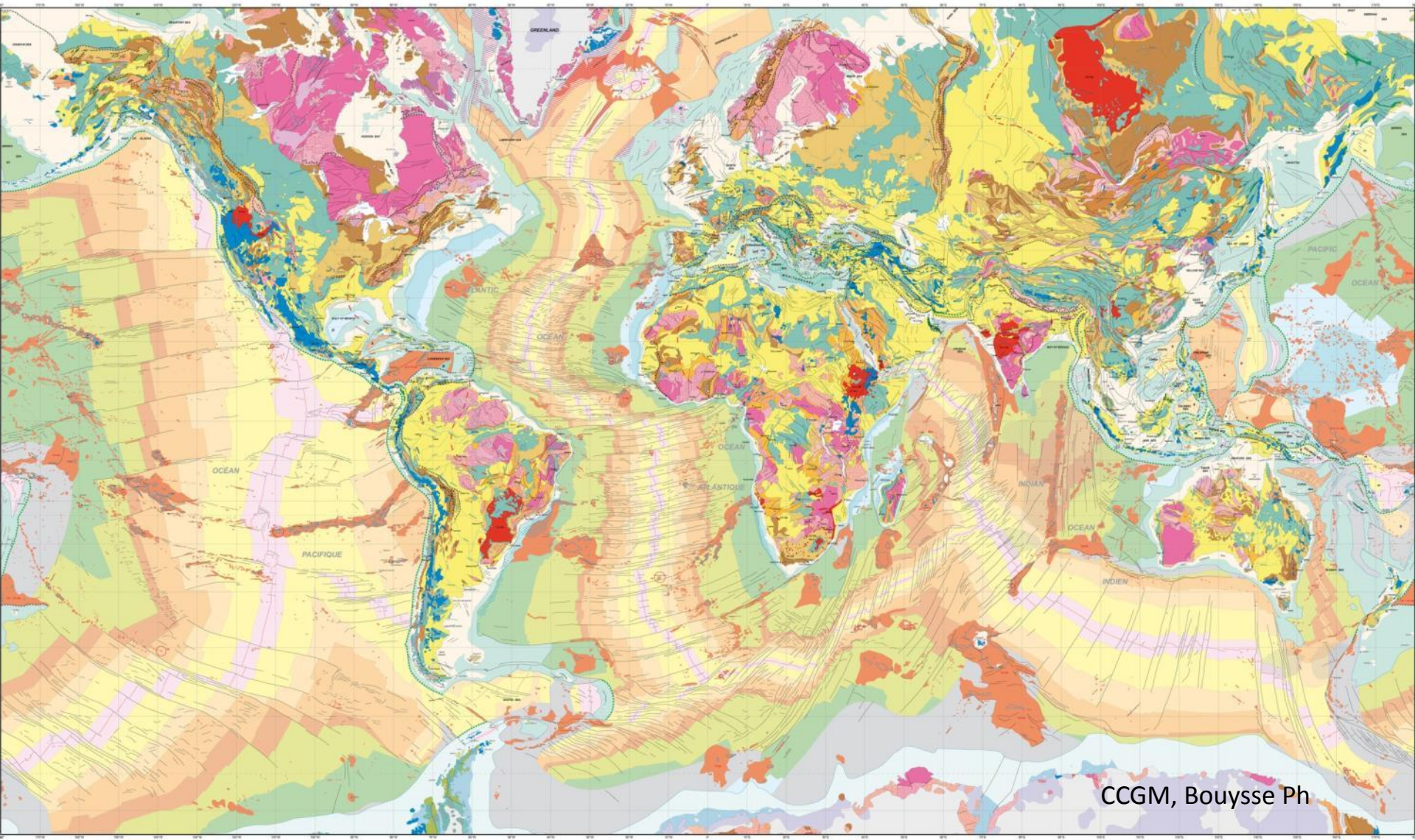
	Population	Densité	Superficie	ZEE
<a href="#">Bassas da India</a>	0	0	1	123700
<a href="#">Clipperton</a>	0	0	6	425220
<a href="#">Archipel des Crozet</a>	20	0.04	505	562000
<a href="#">Europa</a>	15	0.54	28	127300
<a href="#">Îles Glorieuses</a>	15	3	5	48350
<a href="#">Guadeloupe</a>	440000	258.52	1702	86000
<a href="#">Guyane</a>	170000	1.87	91000	130140
<a href="#">Juan de Nova</a>	15	3.75	4	61050
<a href="#">Îles Kerguelen</a>	100	0.01	6993	547000
<a href="#">Martinique</a>	394000	349.29	1128	47000
<a href="#">Mayotte</a>	178000	475.94	374	62000
<a href="#">Nouvelle-Amsterdam</a>	20	0.33	60	205000
<a href="#">Nouvelle-Calédonie</a>	170000	8.92	19058	1740000
<a href="#">Polynésie française</a>	250000	59.52	4200	4867370
<a href="#">Réunion</a>	760000	302.55	2512	318300
<a href="#">Île Saint-Barthélemy</a>	6852	326.29	21	4000
<a href="#">Île Saint Martin</a>	28524	528.22	54	1000
<a href="#">Saint-Paul</a>	0	0	7	260000
<a href="#">Saint-Pierre-et-Miquelon</a>	6530	26.98	242	10000
<a href="#">Tromelin</a>	5	5	1	280000
<a href="#">Wallis et Futuna</a>	15000	75	200	271050
<b>France d'outre-mer (sans la Terre Adélie)</b>	<b>2419096</b>	<b>18.88</b>	<b>128101</b>	<b>10176480</b>



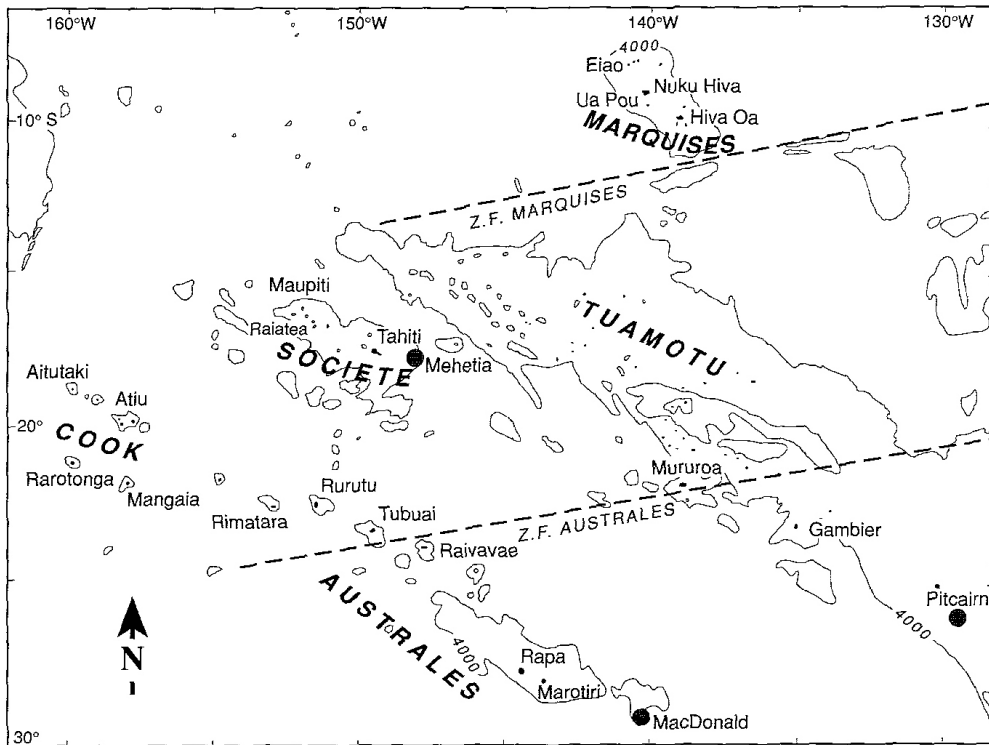
# 4+1 DOM dont 4 volcaniques et 3 volcans avec une activité historique



# Diversité géodynamique



# Les archipels de Polynésie Française - Magmatisme intraplaque océanique



Pacifique Sud

15 millions de km<sup>2</sup> avec 5000 km<sup>2</sup> de terres émergées

CO d'âge Crétacé Sup- Oligocène, moins profonde de 250 à 750 m que ses équivalents Pac N ou Atl N : superbombement Polynésien

**Depuis ca 40 Ma : activité volcanique ininterrompue**

Cinq alignements:

-Aurales-Cook

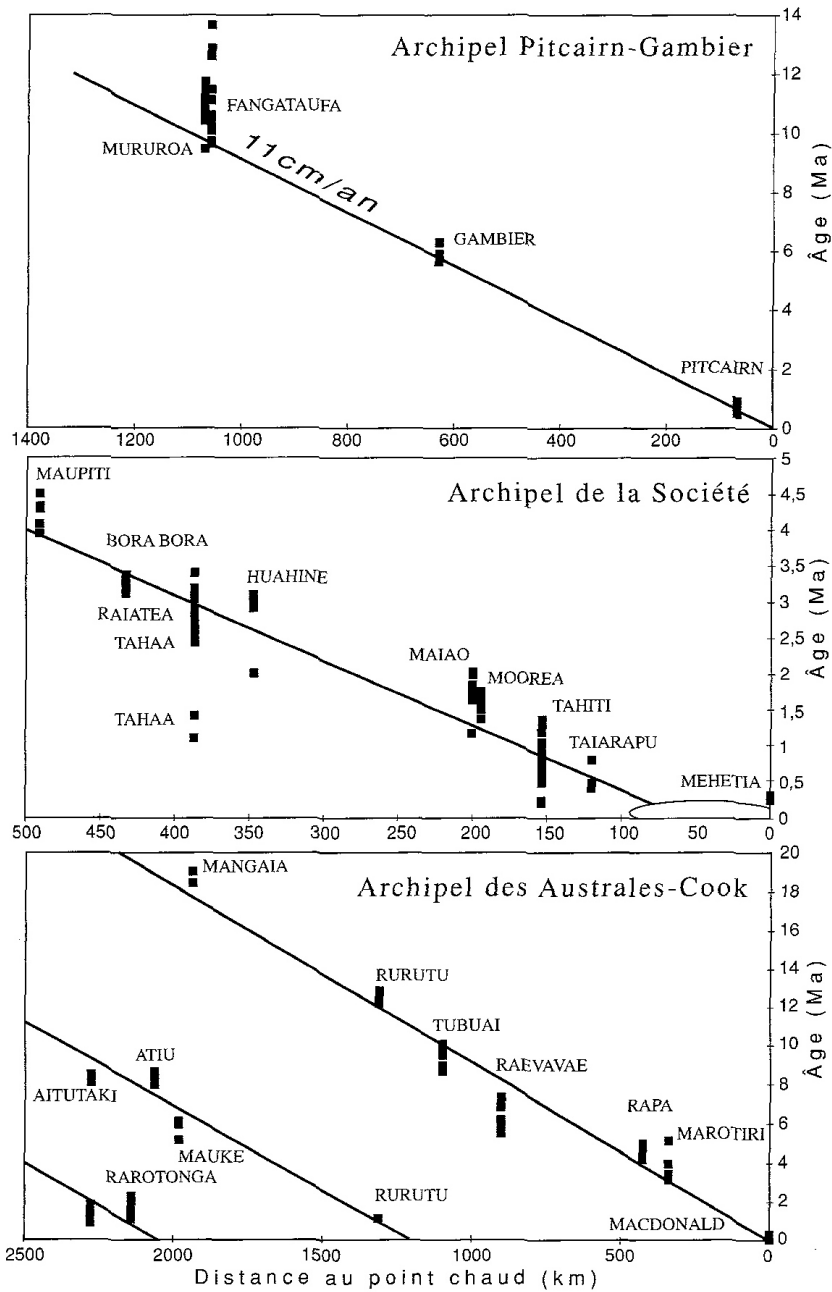
-Société

-Pitcairn-Gambier (prolongé par atolls de Mururoa et Duc de Gloucester)

-Tuamotou

-Marquises

Direction d'ensemble SE-NW (sauf Marquises) ~ déplacement absolu de la Plaque Pacifique (11 cm/an)

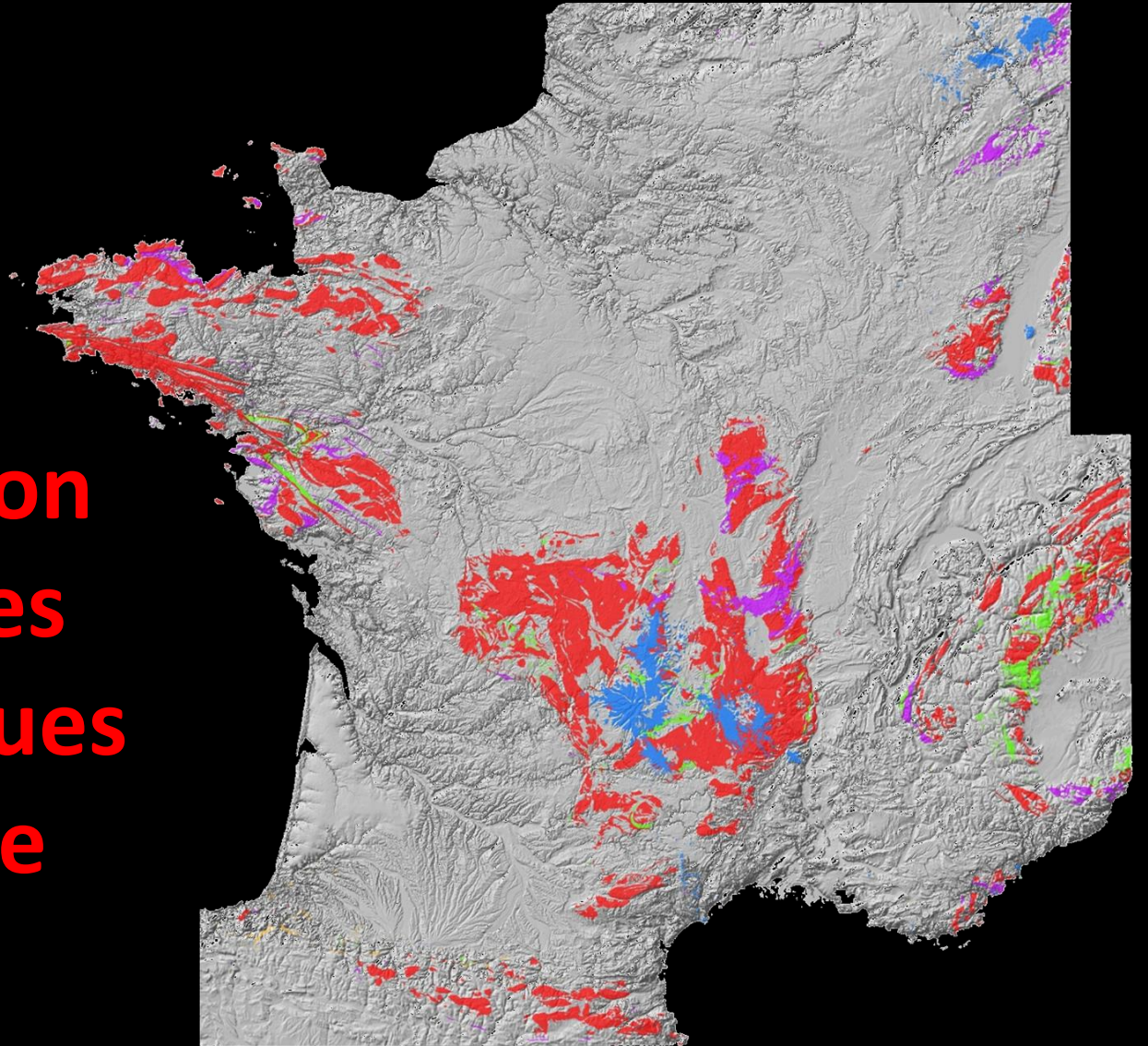


Volcans actifs ou très récents au SE  
Indiquent la position du "Point  
chaud"

# Cartographie géologique outre-mer

Raster								
	1/12 500	1/20 000	1/25 000	1/30 000	1/40 000	1/50 000	1/100 000	1/500 000
<b>GUADELOUPE</b>		Saint-Barthélemy	la Désirade			Saint-martin		
		Les Saintes				Grade-Terre		
						Basse-Terre		
						Marie-Galante		
<b>GUYANE</b>							Baie de Oyapock	Guyane
							Cayenne	
							Haut Kourou	
							Kourou	
							Iracoubo	
							Point Behague	
							Régina	
						St-Elie-Adieu-Vat		
<b>MARTINIQUE</b>						Martinique		
<b>POLYNESIE</b>	Raïvavae		Eiao	Ua Huka	Huahine	Nuku Hiva	Raiatea et Tahaa	
			Rurutu et Tubuai	Bora-Bora / Maupiti	Tahiti		Hiva_Ua (en cours de validation CCGF)	
			Moorea	Ua Pou (en cours)				
<b>REUNION</b>						Réunion		
<b>MAYOTTE</b>						Mayotte		
<b>ST PIERRE ET MIQUELON</b>						St-Pierre et Miquelon		

**Distribution  
des roches  
magmatiques  
en France**



# Cadre géodynamique du volcanisme méso-cénozoïque en France

1. Le rifting de la Téthys est-il préservé dans les Alpes et les Pyrénées ?

2. Où trouve-t-on les vestiges de l'océan alpin ?

3. Quelle est l'origine du volcanisme « Massif central » ?

4. Où est passé le volcanisme associé à la subduction de l'Océan Alpin ?

5. Le magmatisme lié à l'ouverture du bassin liguro-provençal

# Le rifting de la Téthys est-il préservé dans les Alpes et les Pyrénées ?

- Spillites du Col d'Ornon : Trias sup
- Pyrénées : Ophites 199+/-2 Ma
- Bretagne : dykes orientés NW-SE jusqu'à 30m d'épaisseur datés à 200 Ma +/- 5Ma. Entre MORB N et basaltes alcalins



# Le magmatisme associé aux rifts océaniques - Où trouve-t-on les vestiges de l'océan alpin ?

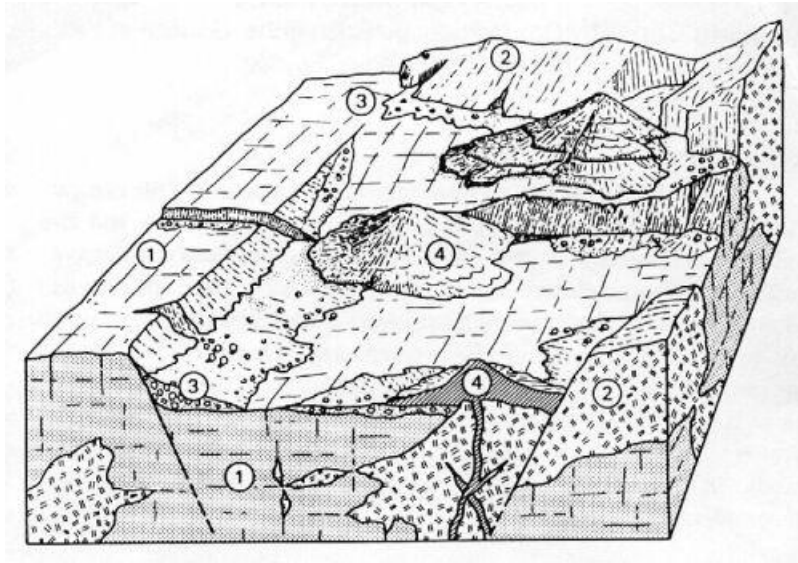


Figure : reconstitution du fond de l'océan alpin. 1 manteau (lherzolite) serpentinisée ; 2 gabbros ; 3 brèche de talus ; 4 - volcans à laves en coussins. (d'après Lagabrielle et Cannat, 1990)

- sédiments qui surmontent les basaltes en coussins et par endroits les serpentinites sont principalement des radiolarites et des calcaires pélagiques datés du Jurassique supérieur (callovo-oxfordien).
- datations U-Pb sur mono zircons (Costa et Caby, 2001) dans une veine de diorite et une albitite ou syénite alcaline, situent sa formation aux alentours de  $156 \pm 3$  Ma (dr) à  $148 \pm 2$  Ma (sa).
- âge Sm-Nd obtenu sur roche totale, plagioclase et augite séparés d'un même gabbro (Chalot-Prat et al. 2003) est de  $142 \pm 22$  Ma (début Jurassique Supérieur).
- âge Sm-Nd sur roche totale à  $198 \pm 22$  Ma (Costa et Caby, 2001), déduit de la corrélation entre six gabbros issus de corps distincts, doit être considéré avec prudence dans la mesure où les relations génétiques entre ces gabbros ne sont pas établies (Chalot-Prat et al., 2006).

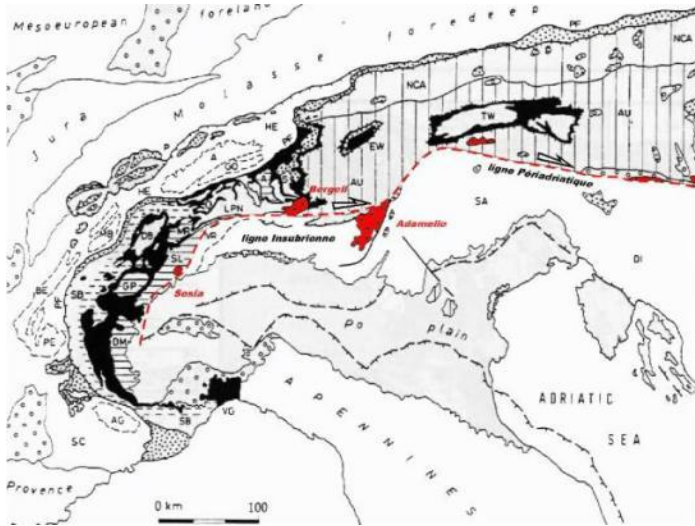


# Où est le magmatisme associé à la subduction de l'océan alpin ?

Intrusions granitiques et dykes basiques associés à la ligne Périadriatique-Insurbrienne

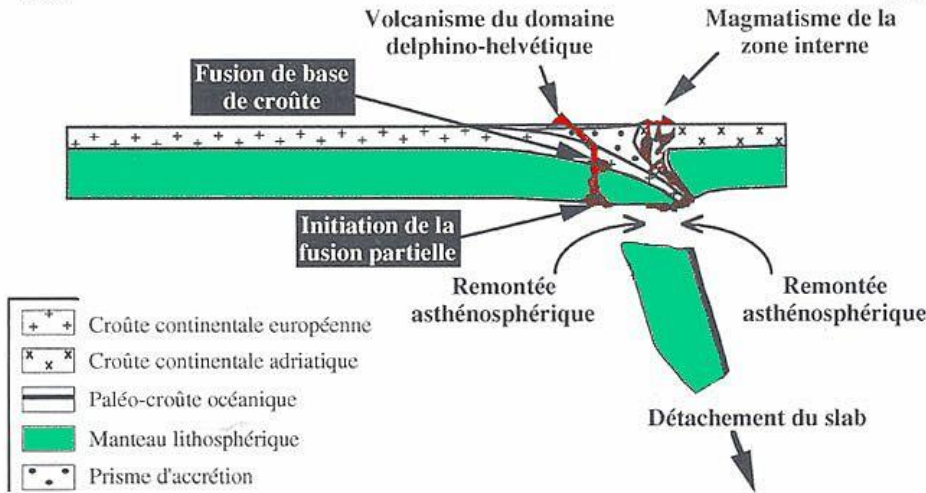
42 à 25 Ma, avec un pic entre 33 et 29 Ma

Affinité orogénique : fusion d'un manteau contaminé par des fluides ou peut-être par du matériel crustal continental. Fusion en contexte post-collision, peut-être induite par la rupture de la lithosphère téthysienne ?

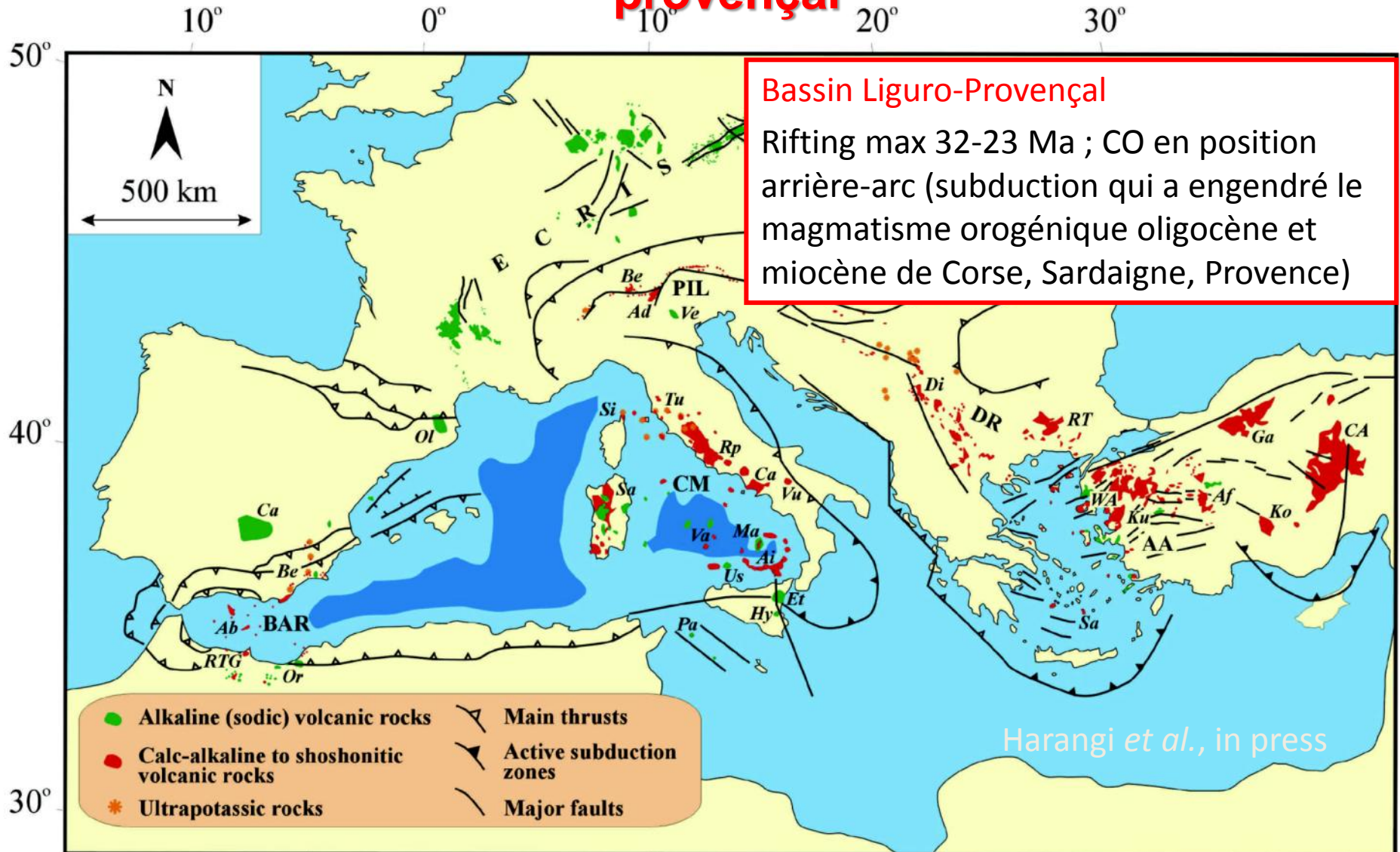


NW

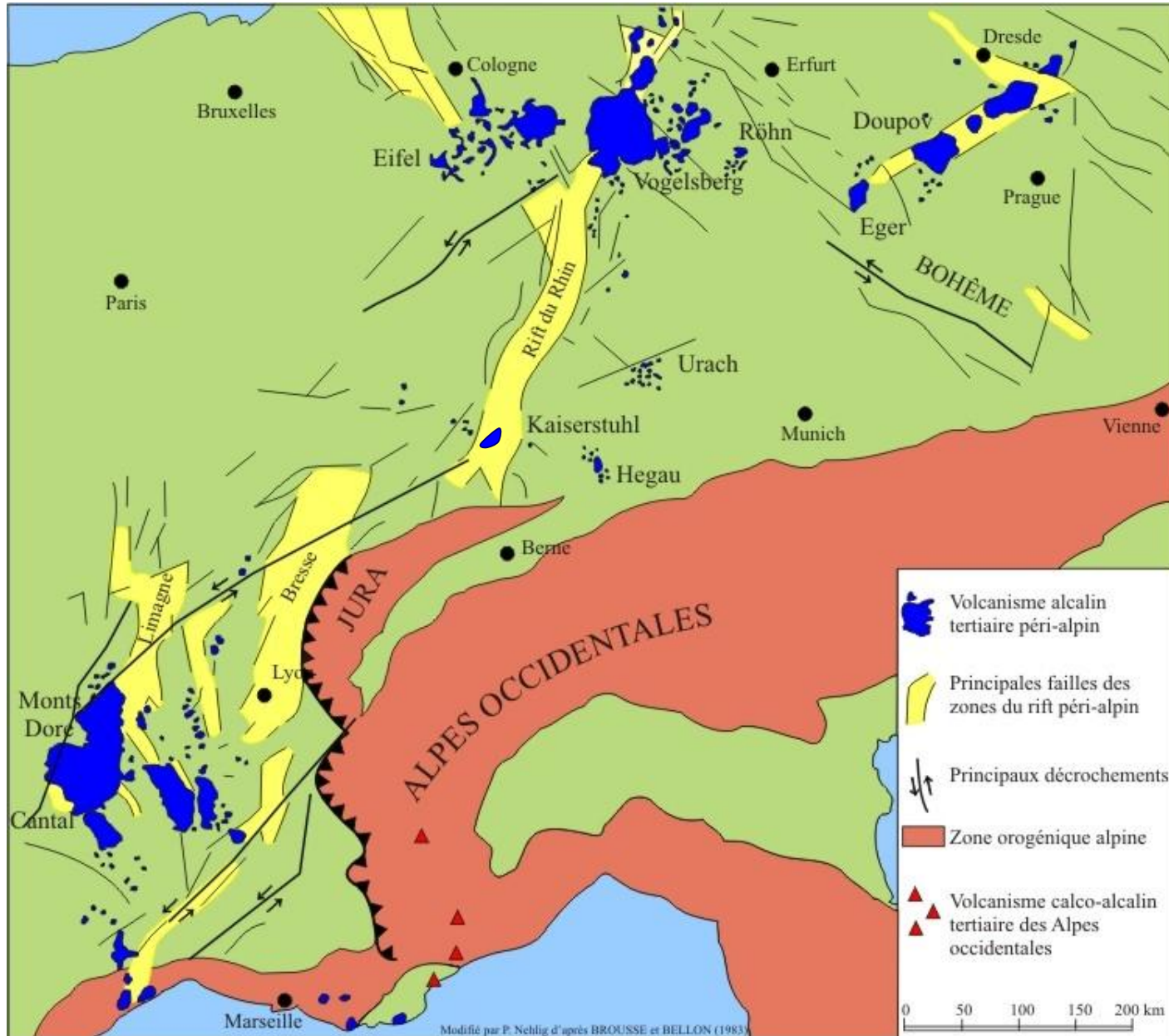
SE

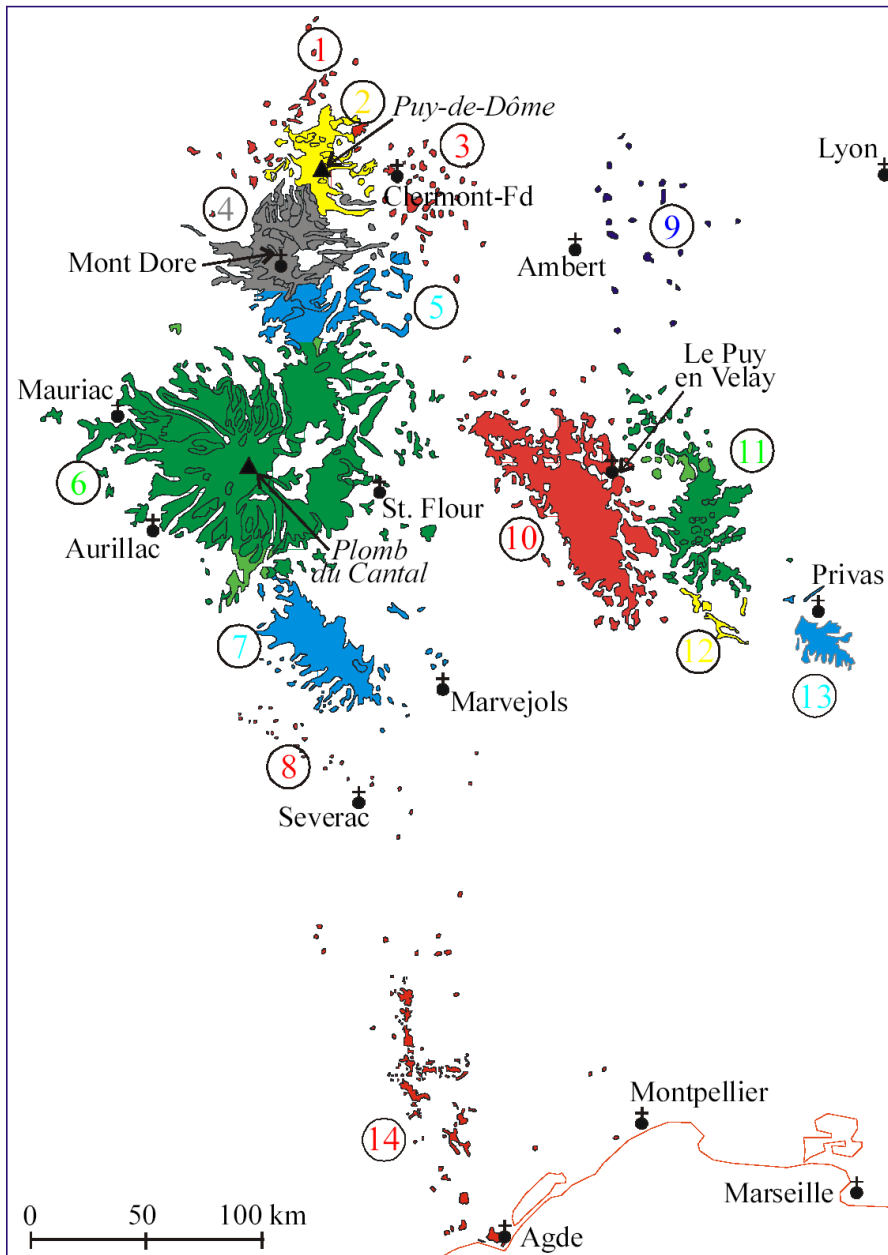


# Le magmatisme lié à l'ouverture du bassin liguro-provençal



# Magmatisme associé au Rift Ouest Européen





- 1 - Chaîne de la Sioule (5 à 1 Ma)
- 2 - Chaîne des Puys (150 000 à 3500 ans)
- 3 - Limagne (15 à 2 Ma)
- 4 - Mont Dore ( 2,5 à 0,2 Ma)
- 5 - Cézallier (8 à 3 Ma)
- 6 - Cantal (11 à 3 Ma)
- 7 - Aubrac (9 à 6 Ma)
- 8 - Causses ( 14 à 2 Ma)
- 9 - Forez (15 à 13 Ma)
- 10 - Deves ( 2,7 à 0,6 Ma)
- 11 - Velay (14 à 1 Ma)
- 12 - Vivarais (35 000 à 10 000 ans)
- 13 - Coirons (8 à 5,5 Ma)
- 14 - Escandorgue-  
Languedoc (3,5 à 0,8 Ma)

D'après Nehlig et Traineau (1998)

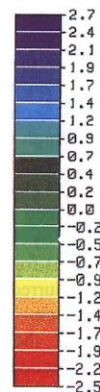
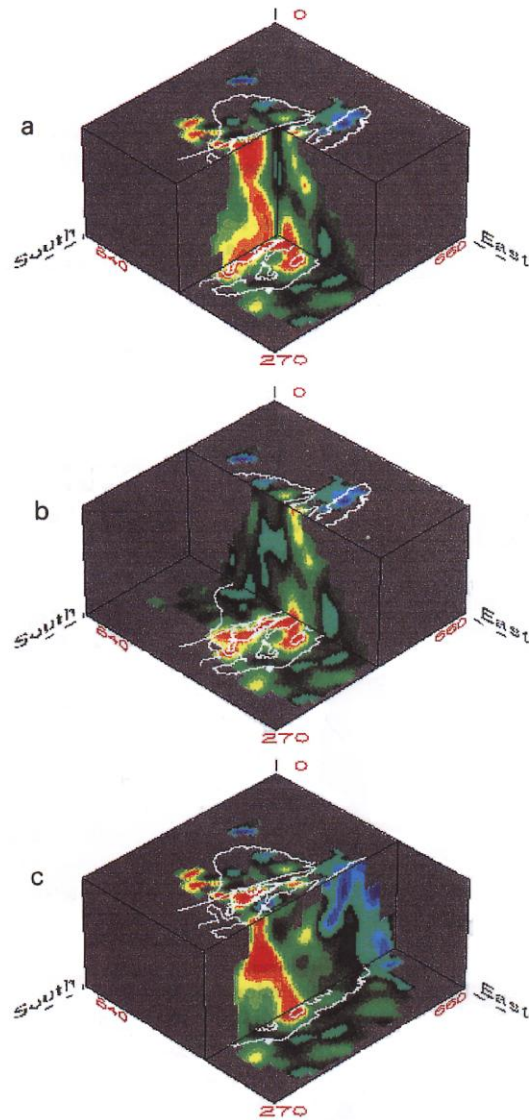
# Tomographie sismique

## Massif Central

Deux zones à faibles vitesses sismiques (ondes P), visibles jusqu'à 250 km :

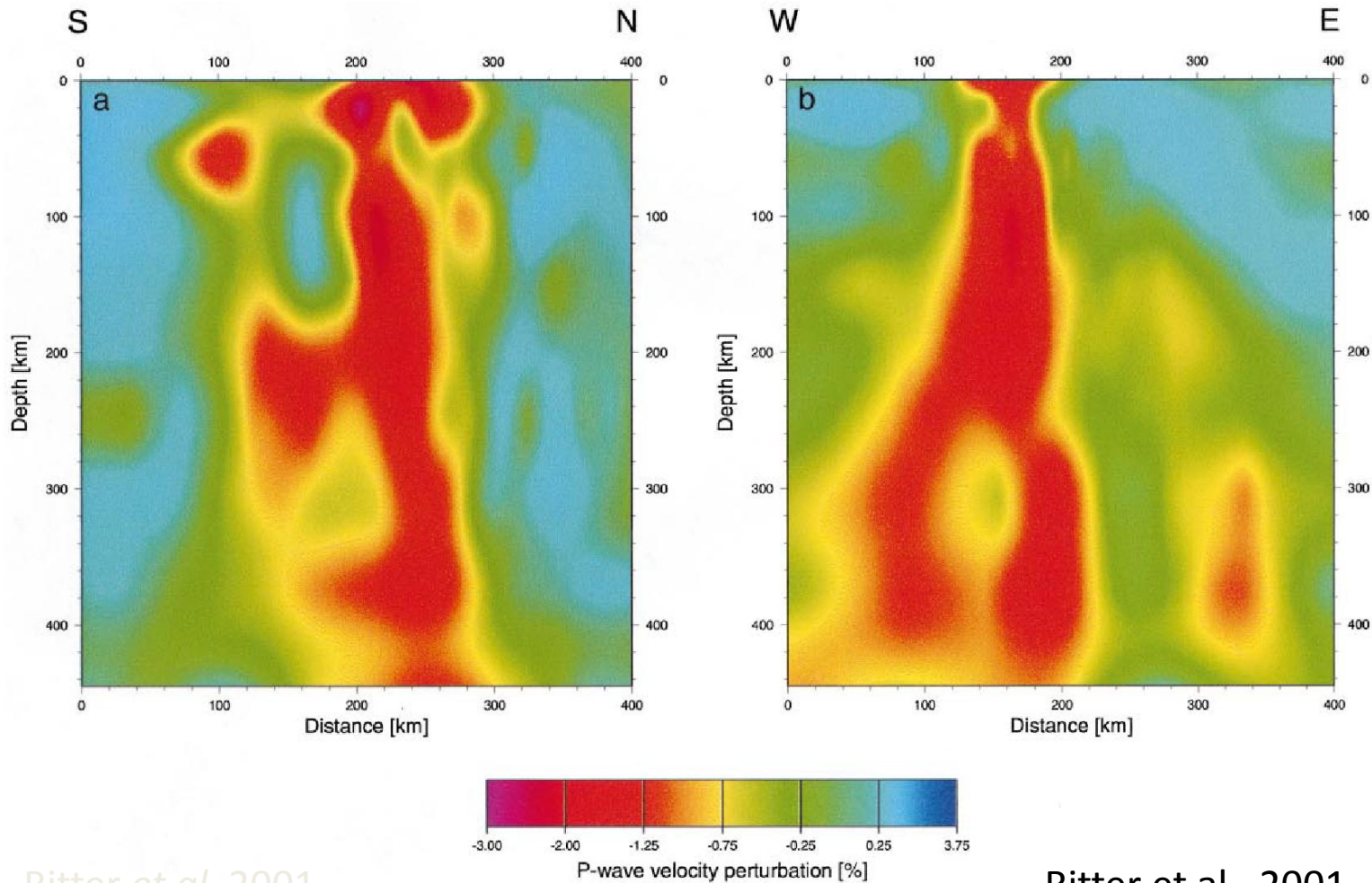
- zone du Cantal - Mont Dore

- et la seconde sous le Devès-Velay



➤ Zones de ~ 200 km, contraste de température de 150 à 200°

# Tomographie sismique Eifel

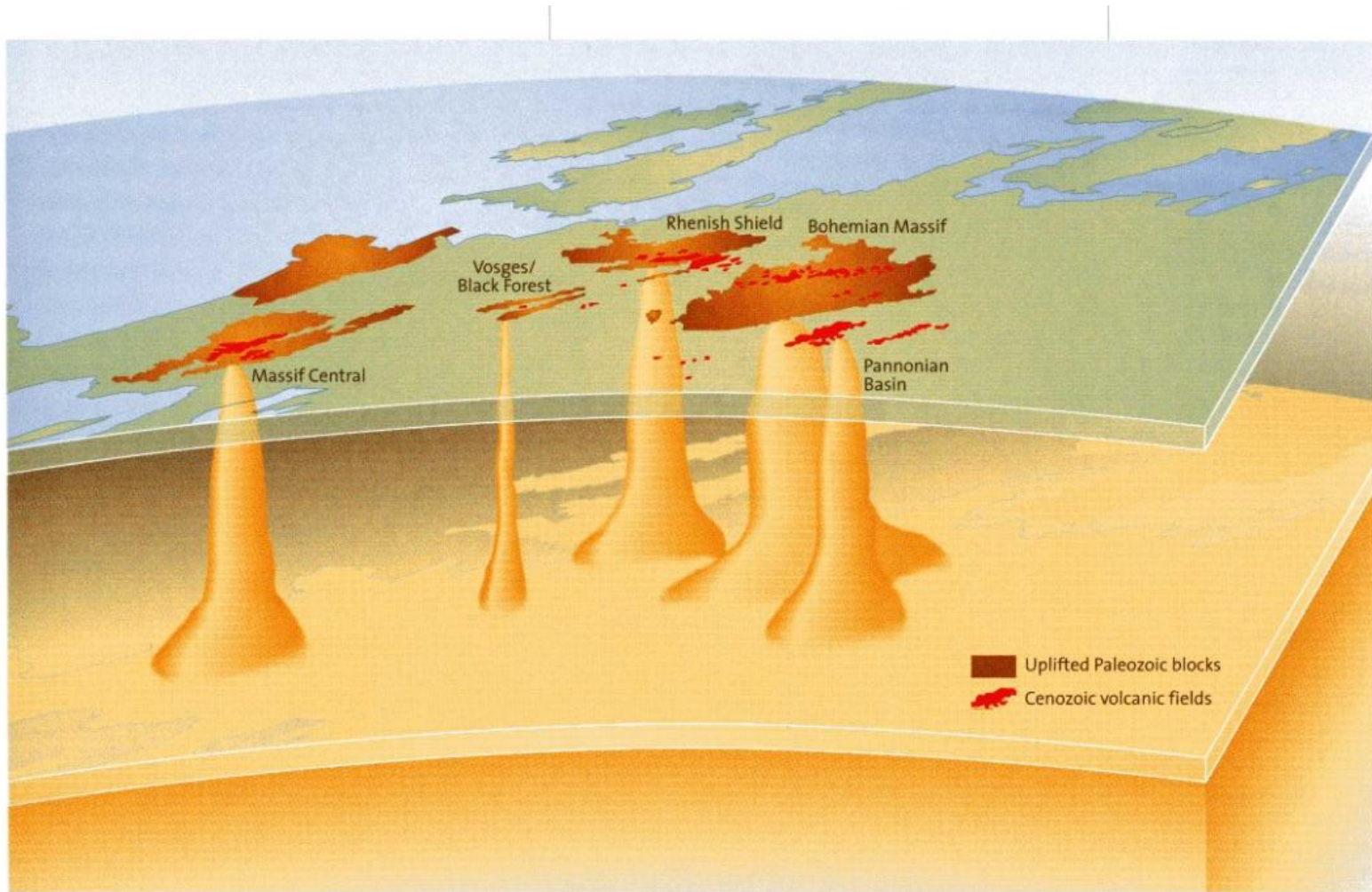


Ritter *et al.*, 2001

Ritter *et al.*, 2001

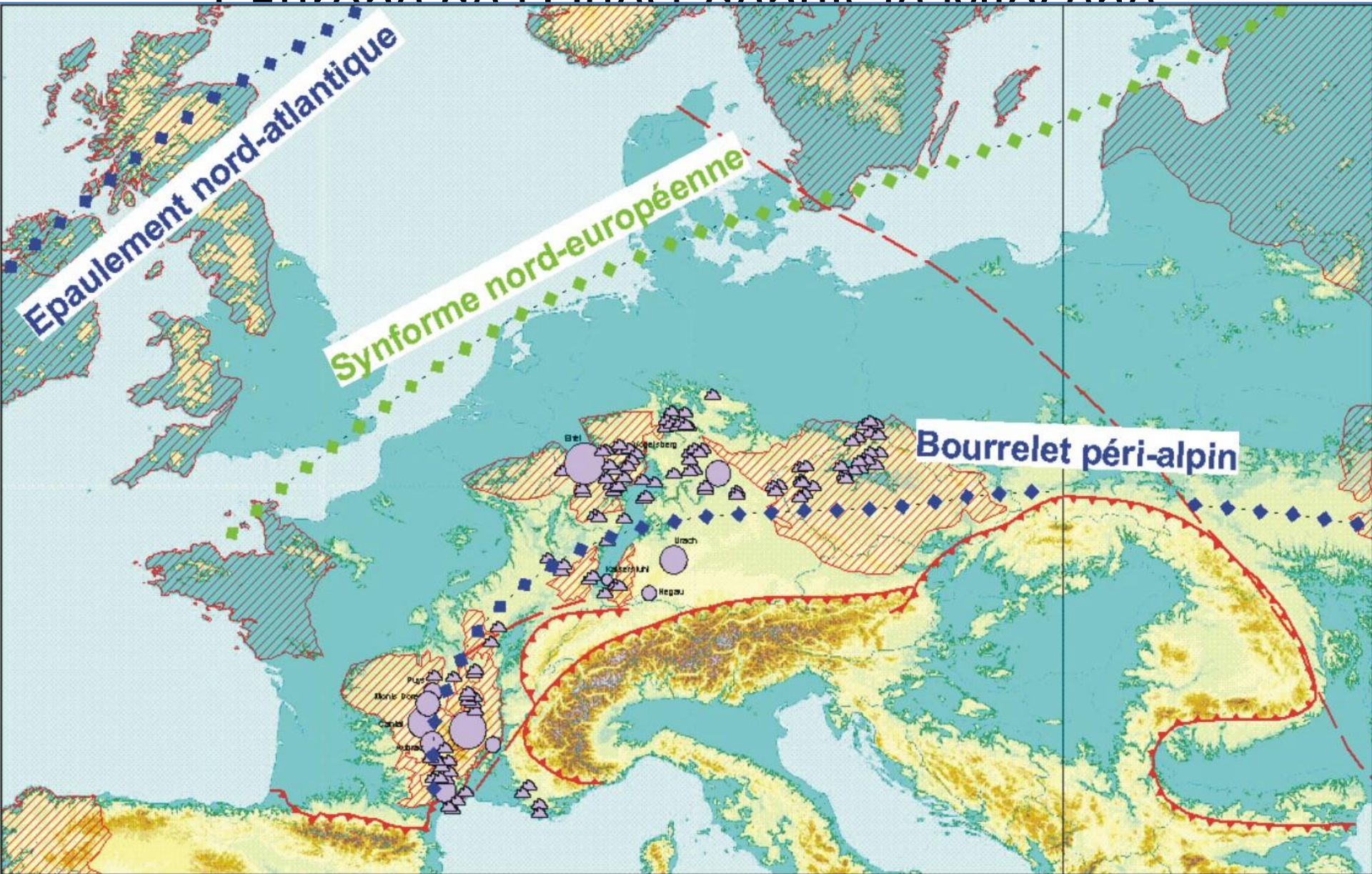
Anomalie de vitesse des ondes P de  $\sim 2\%$ , environ 100 km de large, de 70 jusqu'à au moins (?) 400 km sous l'Eifel

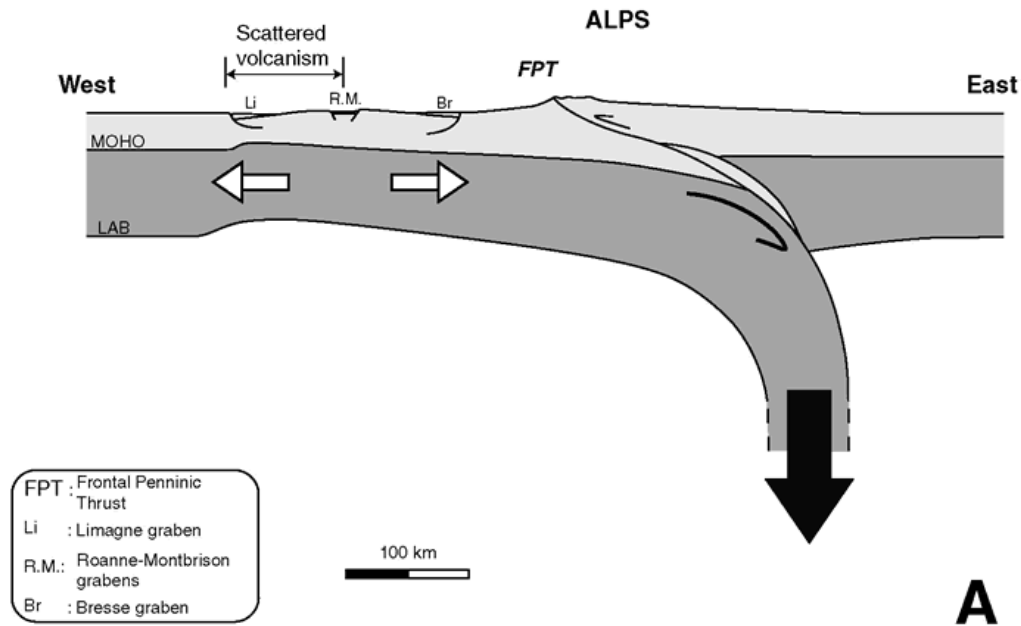
Granet, Wilson... : Remontée de petits diapirs mantellique, de 400-650 Km, de 100 ° plus chauds que le manteau ambiant → mini ou "baby plumes" . Attention tous ces panaches n'ont pas été mis en évidence ....





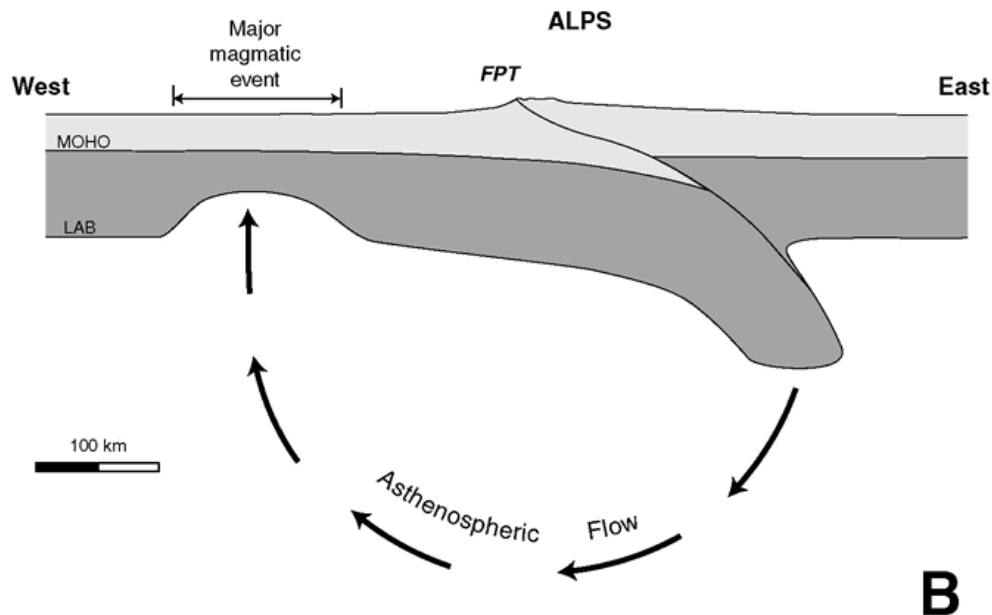
# L'Europe de l'Ouest depuis le Miocène





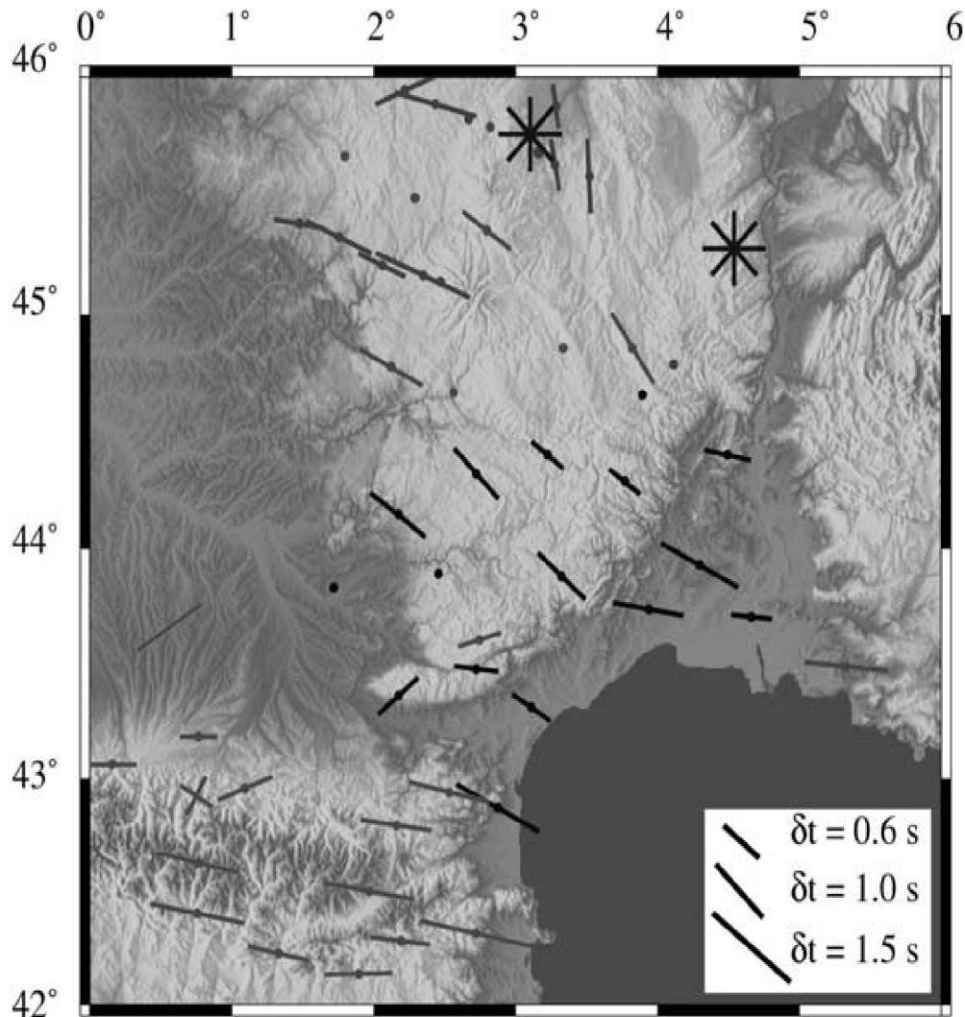
A) Rifting Eocène-Oligocène, contemporain de la formation de la racine lith. des Alpes -  
 → Amincissement surtout dans le Nord du MC  
 Magmatisme seulement du Miocène Inf à Sup.  
 Dans le Sud : amincissement négligeable, pas de magmatisme

**A**



B) Miocène Sup.: Erosion thermo-mécanique de la base de la lithosphère  
 → phase volcanique majeure (Cantal, Deves, Velay, Aubrac..) et soulèvement contemporains  
 Erosion thermique gagne le Nord tardivement → reprise de l'activité volc (Mont Dore, Ch des Puys, Sioule) et surrection récente

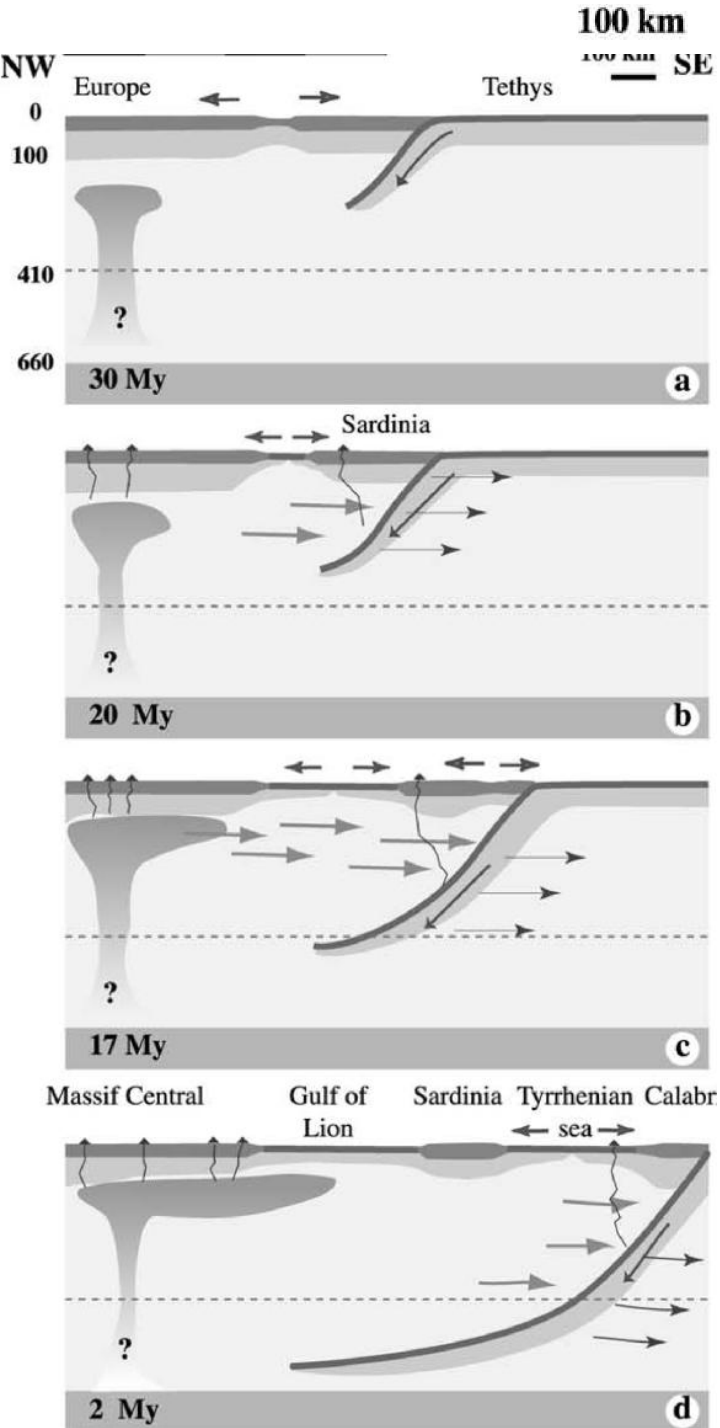
**B**



## Anisotropie sismique - Barruol & Granet (2002)

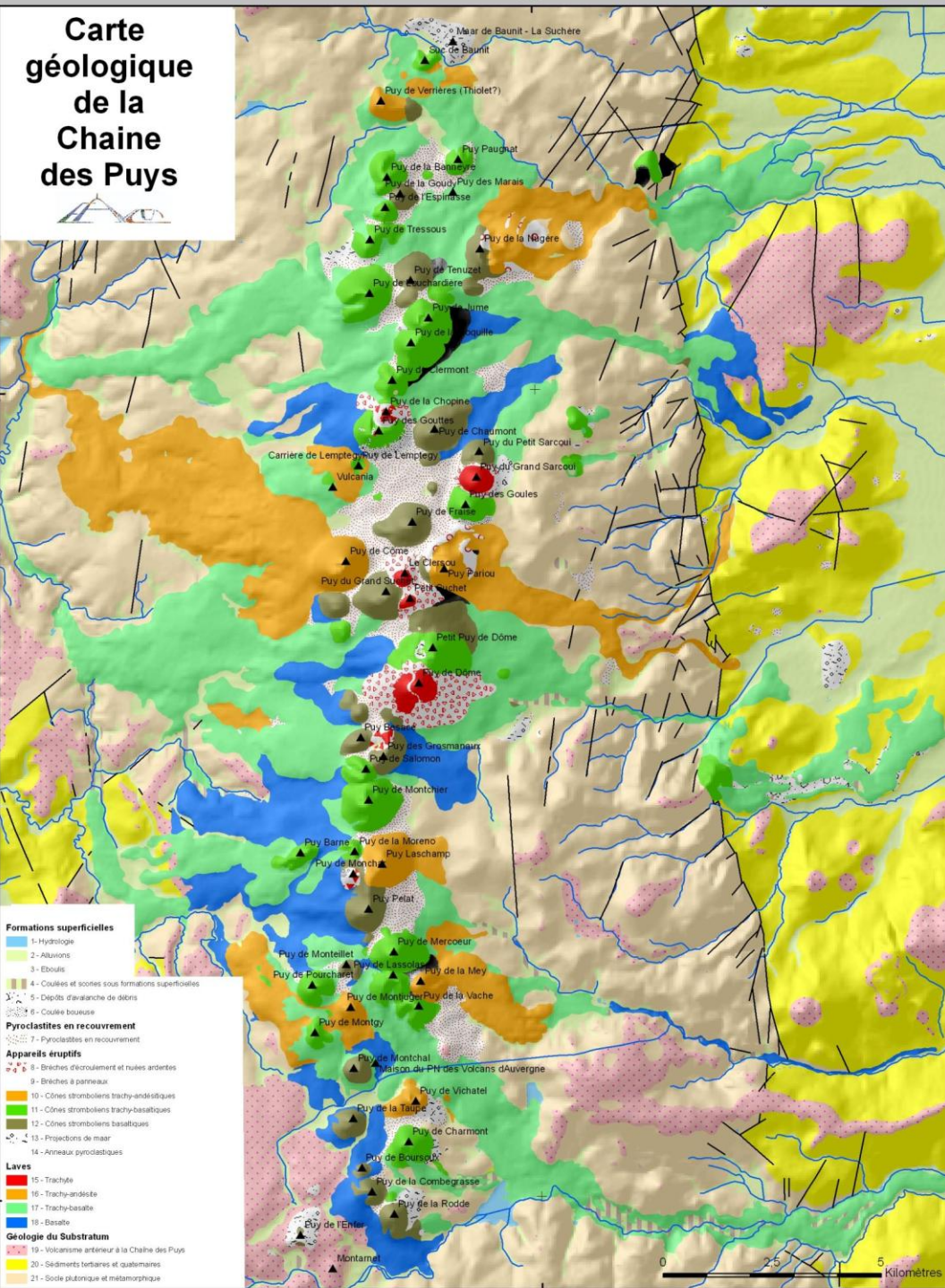
Map of the mean splitting parameters calculated from the good measurements at each station from the southern MC and the Pyrenees [barruol et al., 1998]. There is no result at some sites (RAB, ALB, LUC), since they are devoid of good SKS splitting measurements. Also plotted are the good quality splitting measurements in the northern MC [Babuska et al., 2002]. The stars indicate the absence of anisotropy observed at SSB [Barruol & Hoffmann, 1999] and CFF.

Calcul des paramètres anisotropes à partir de la biréfringence des ondes de cisaillement : flux mantellique NW-SE



Roll back de la lithosphère ionienne :  
 aurait induit un flux asthénosphérique  
 sous le MC + déformation ( vers le SE)  
 d'un plume localisé sous le MC

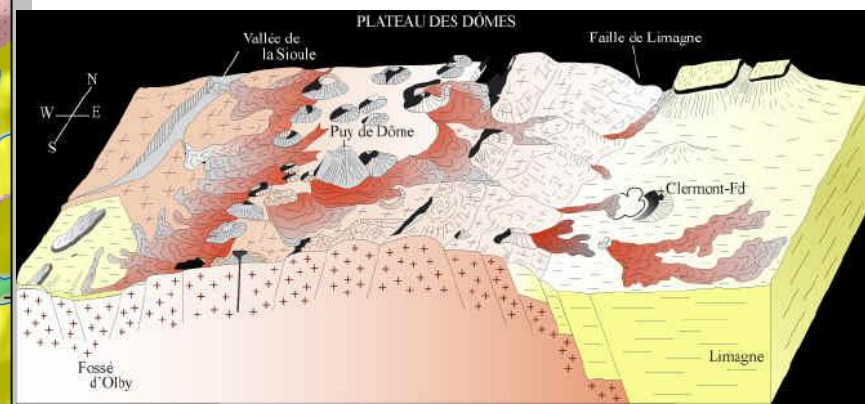
# Carte géologique de la Chaîne des Puys



- Formations superficielles**
- 1- Hydrologie
  - 2- Alluvions
  - 3- Eboulis
  - 4- Cônes et scories sous formations superficielles
  - 5- Dépôts d'avalanche de débris
  - 6- Coulees boueuses
- Pyroclastites en recouvrement**
- 7- Pyroclastites en recouvrement
- Appareils éruptifs**
- 8- Brèches d'écroulement et ruées ardentes
  - 9- Brèches à panneaux
  - 10- Cônes stromboliens trachy-andésitiques
  - 11- Cônes stromboliens trachy-basaltiques
  - 12- Cônes stromboliens basaltiques
  - 13- Projections de maar
  - 14- Anneaux pyroclastiques
- Laves**
- 15 - Trachyte
  - 16 - Trachy-andésite
  - 17 - Trachy-basalte
  - 18 - Basalte
- Géologie du Substratum**
- 19 - Volcanisme antérieur à la Chaîne des Puys
  - 20 - Sédiments tertiaires et quaternaires
  - 21 - Socle plutonique et métamorphique

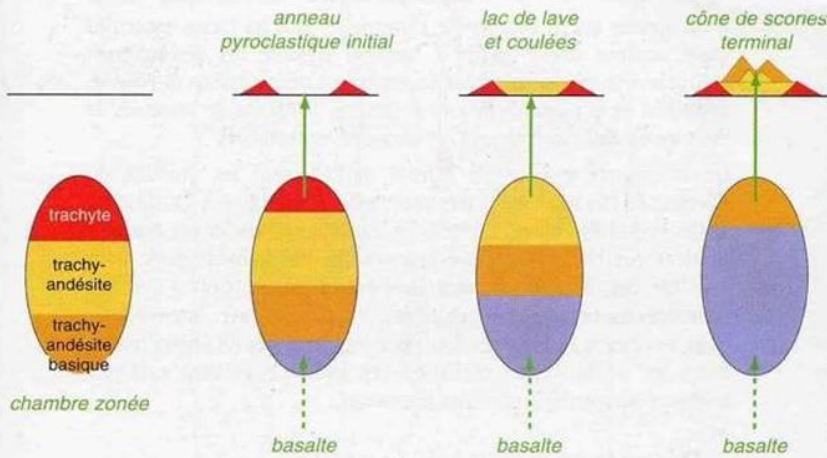
# Chaîne des Puys

- Série magmatique alcaline à tendance potassique dont les termes différenciés présentent une teneur en silice élevée
- Evolution expliquée par un processus de cristallisation fractionnée :
  - basalte primitif (source à 80 km de profondeur)
  - Cristallisation et fractionnement d'Ol, Spi, Cpx en base de croûte; 30 km → Trachybasalte
  - Cristallisation et fractionnement Pl, Amph, CPX, Mag → Trachyandésites
  - Cristallisation et fractionnement Pl, San, Bi, CPX, Mag + contamination crustale ; 10 km → Trachytes
- Très légère contamination crustale (qq %)



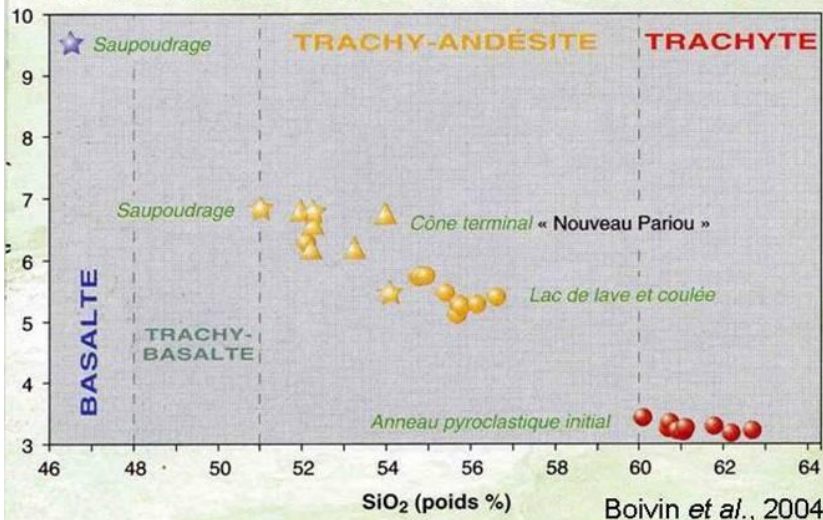
# Evolution magmatique synéruptive : le Pariou

Boivin *et al.*, 2004

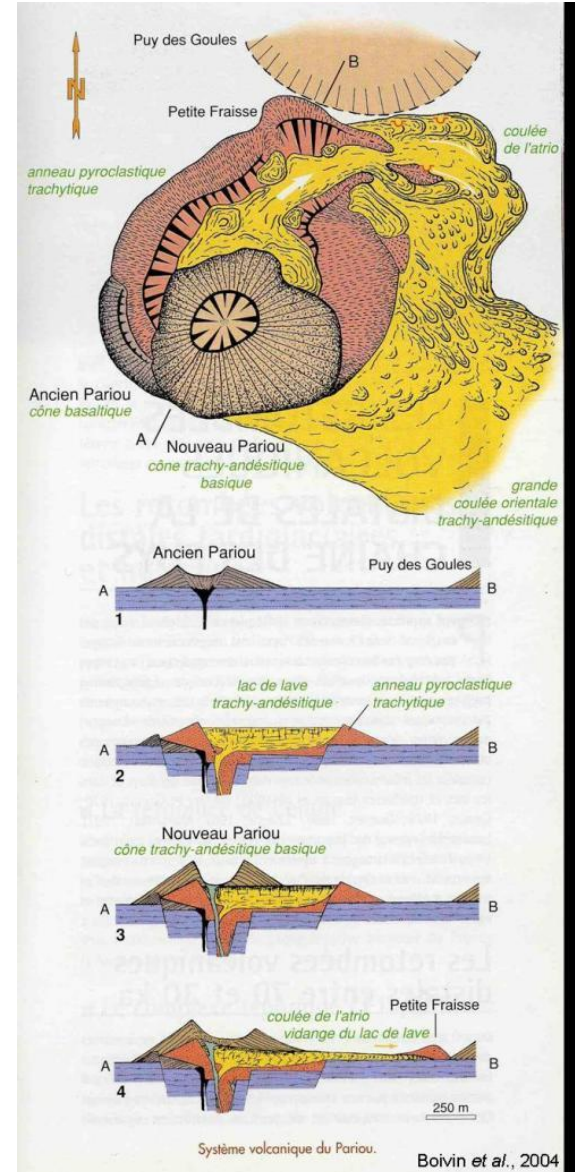


Évolution de la composition des laves lors de l'éruption du Pariou.

Évolution de la teneur en CaO des laves émises au cours de l'édification du Pariou.



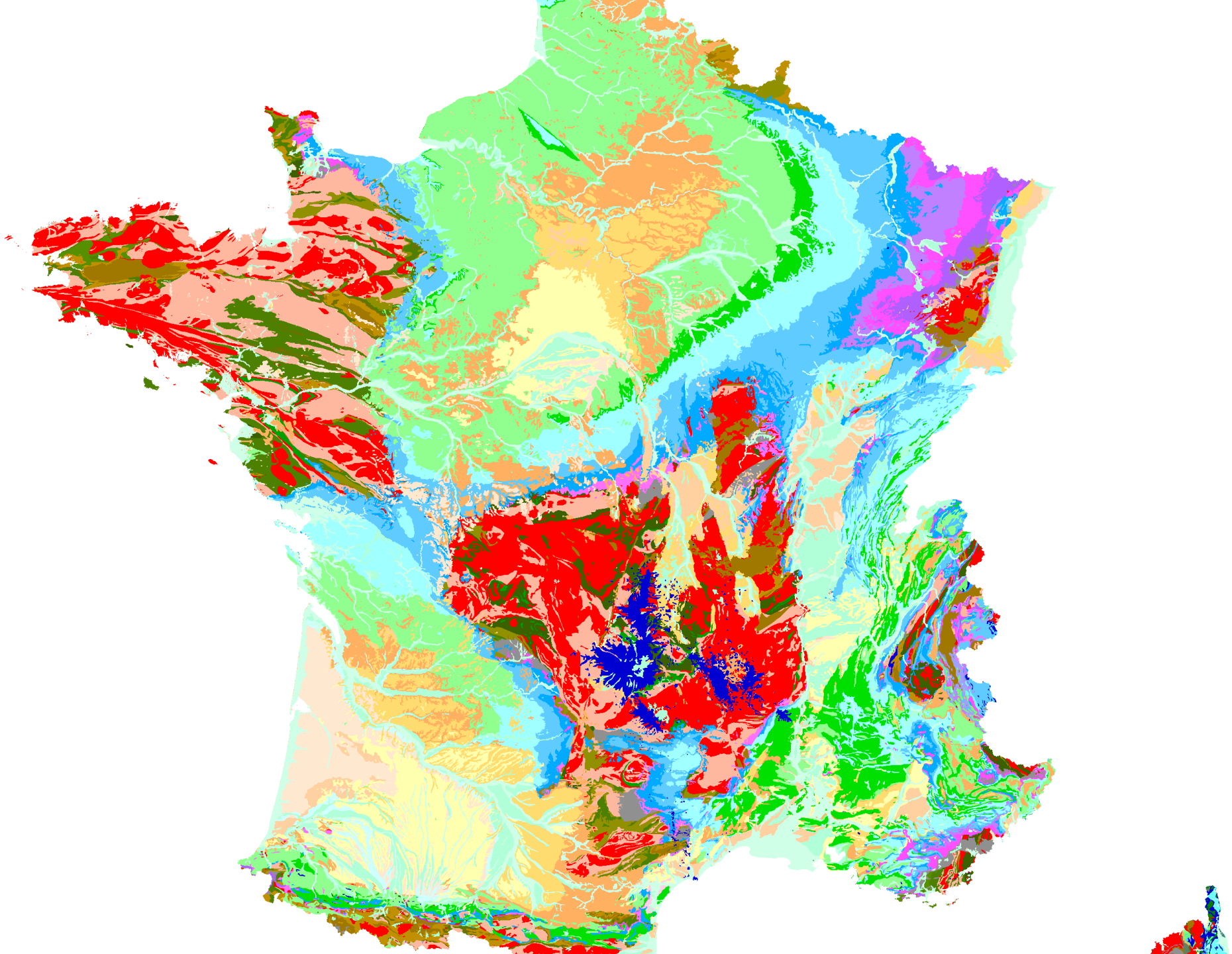
Boivin *et al.*, 2004



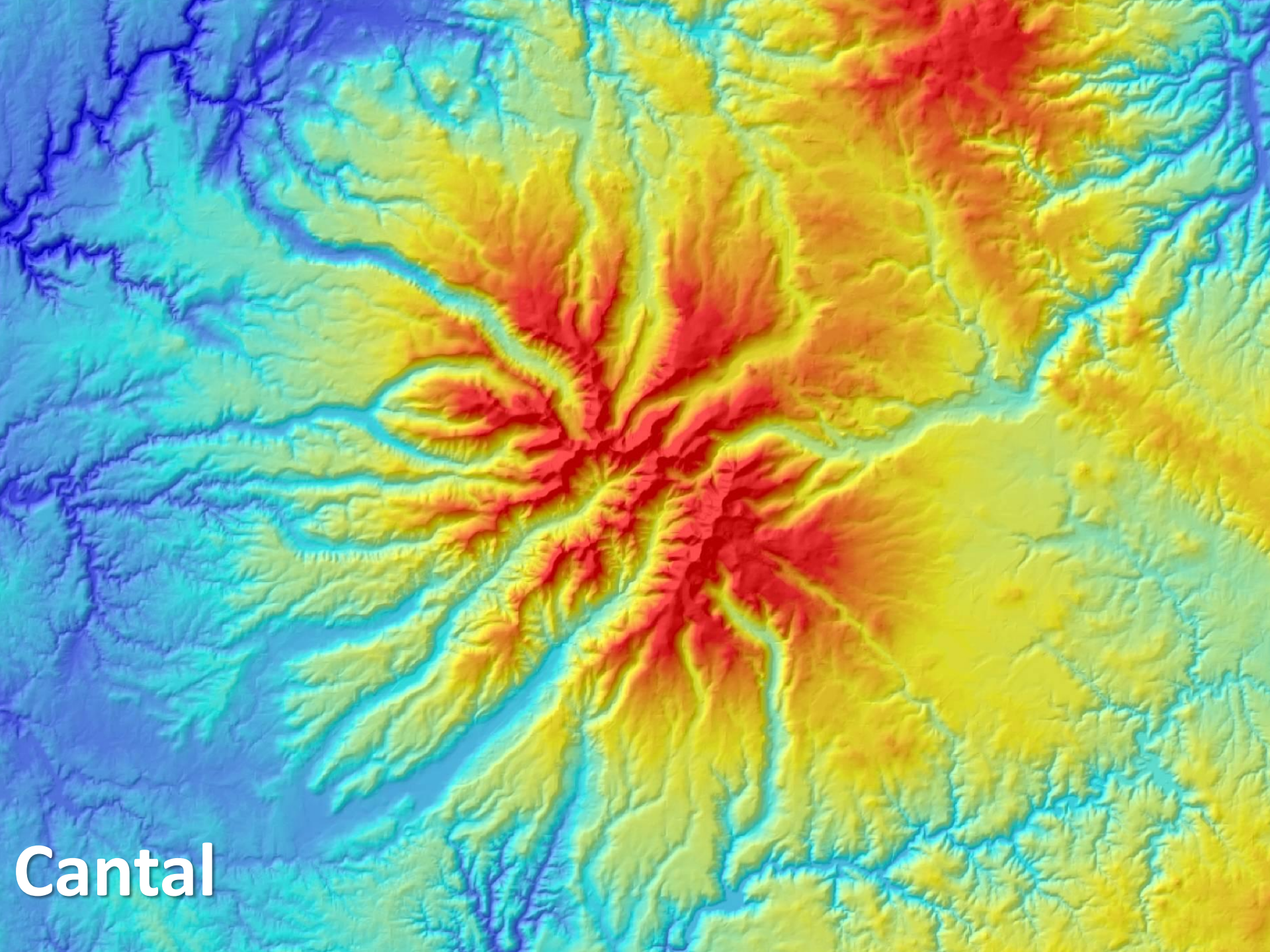
Système volcanique du Pariou.

Boivin *et al.*, 2004

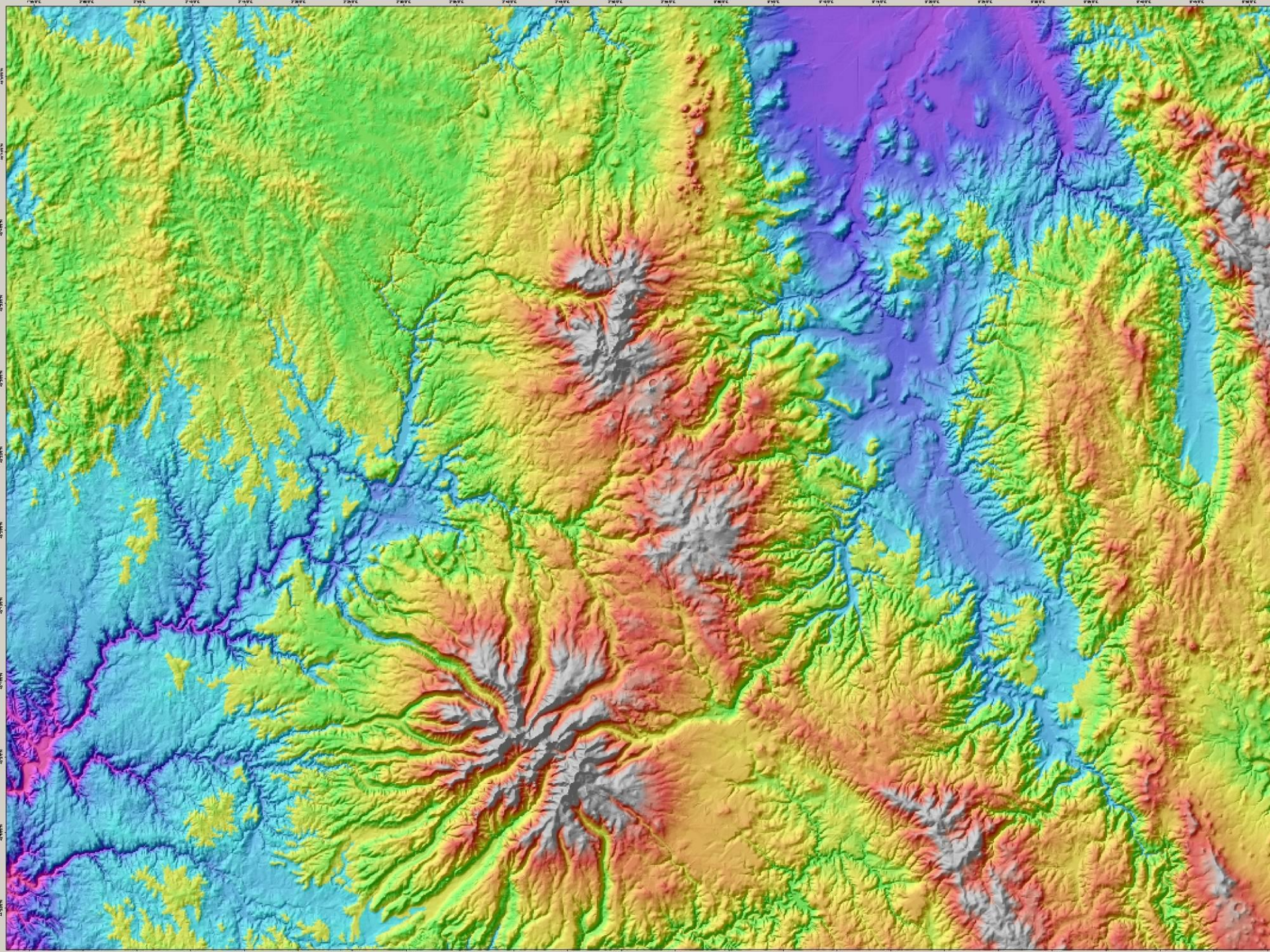


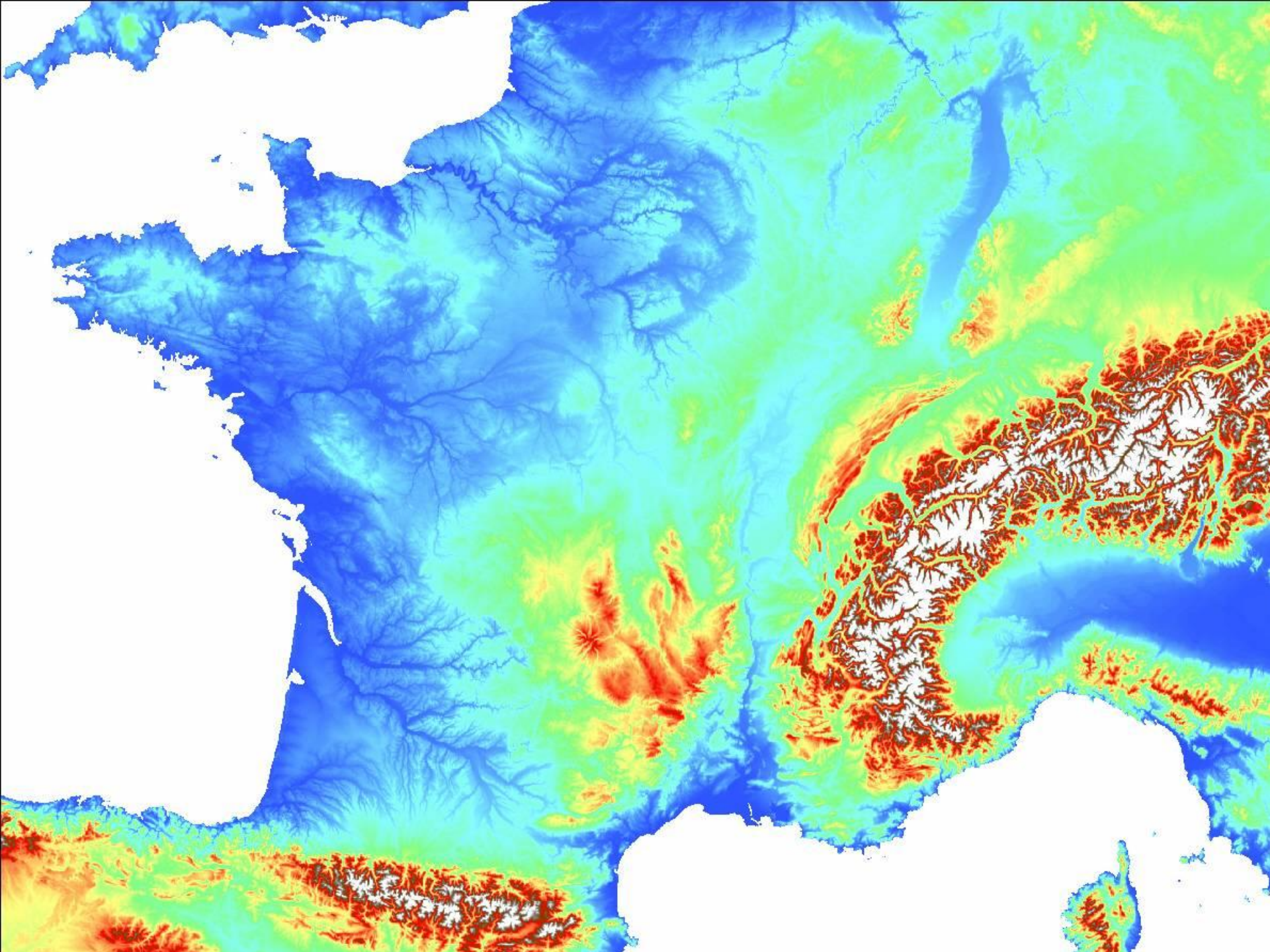






**Cantal**



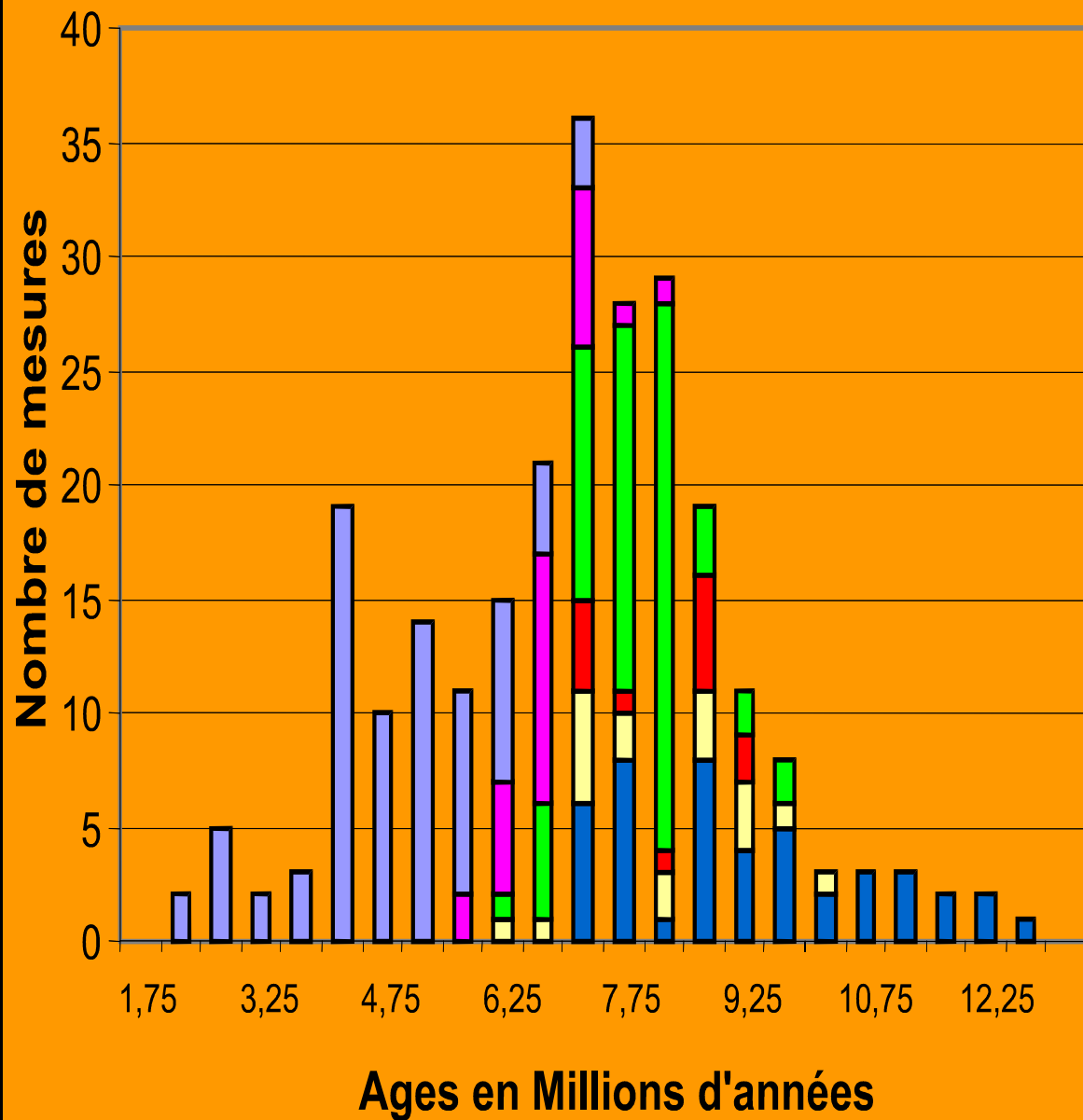




# *Chaîne des Puys*



Stratovolcan Cantal



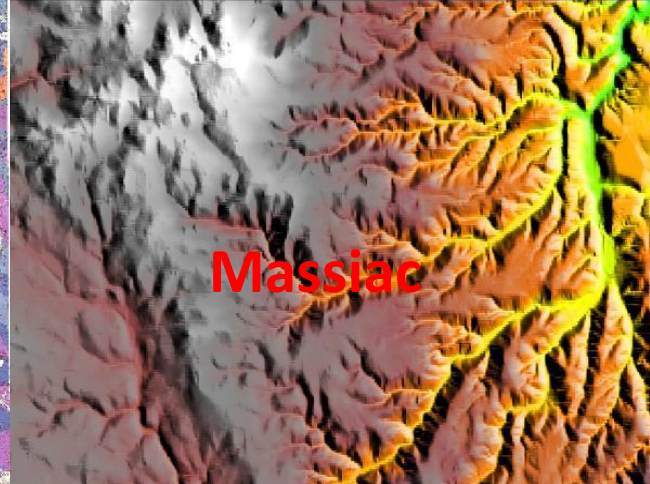
- Basaltes s.l. supracantaliens
- Téphrites-Phonolites
- Trachyandésites s.l. et Gabbros s.l.
- Trachytes et Rhyolites
- Blocs dans les Avalanches de débris
- Basaltes s.l. infracantaliens



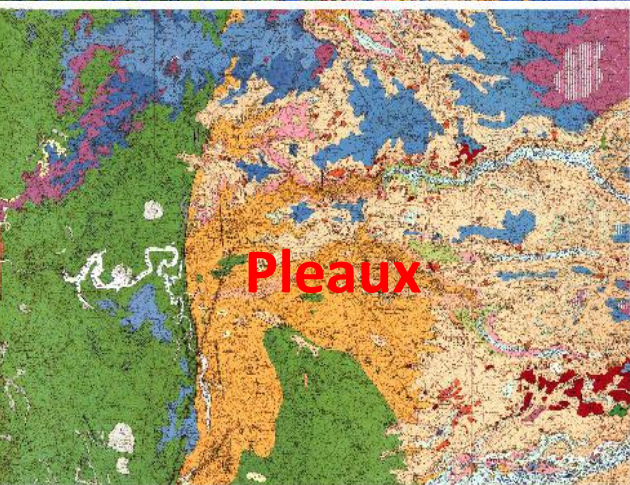
**Mauriac**



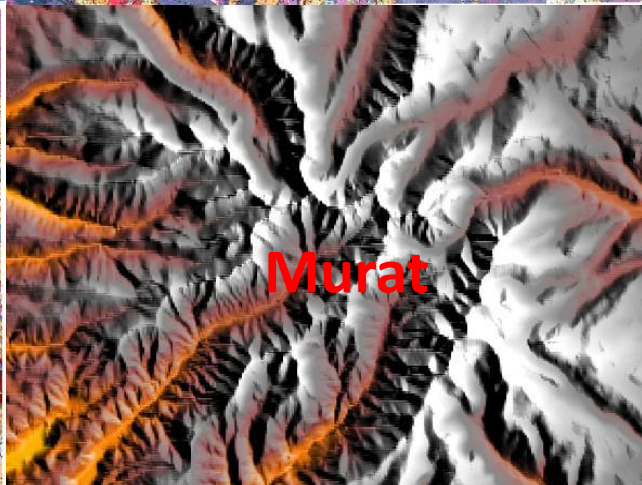
**Riom-ès-Montagnes**



**Massiac**



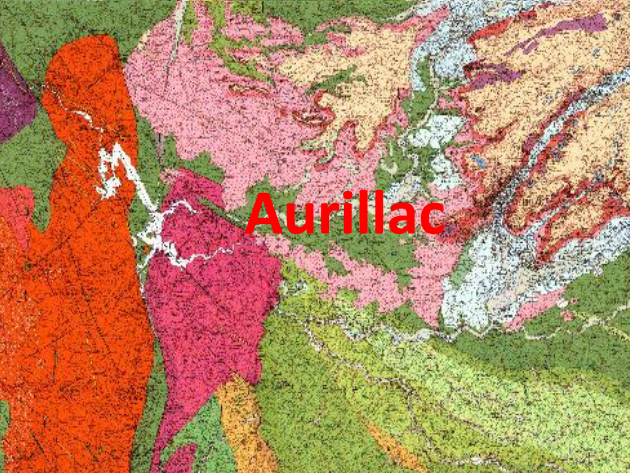
**Pleaux**



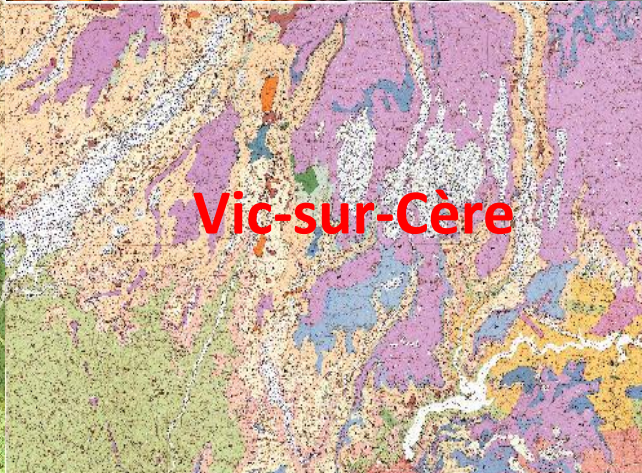
**Murat**



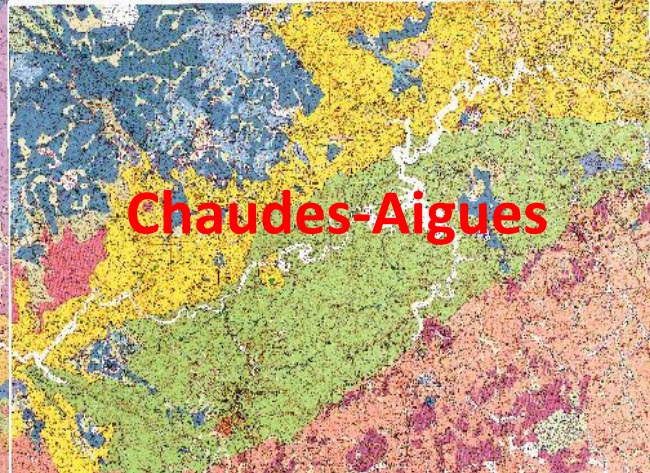
**St-Flour**



**Aurillac**



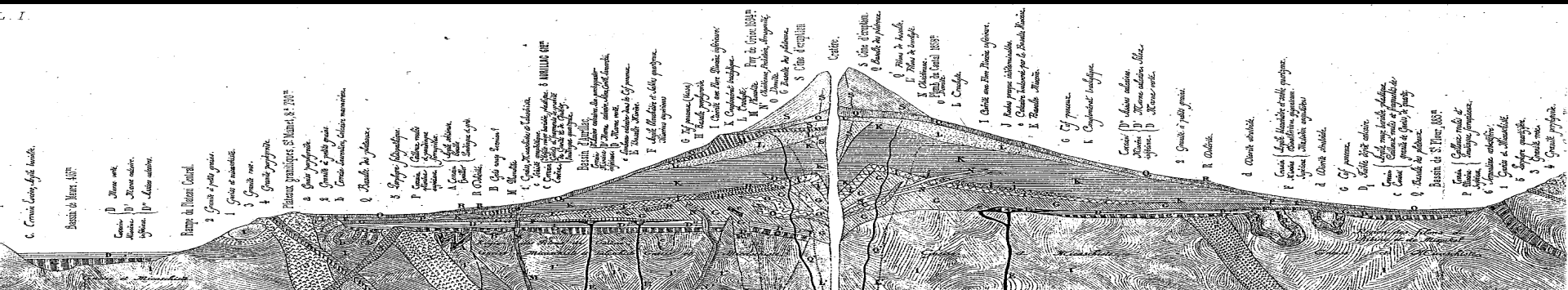
**Vic-sur-Cère**



**Chaudes-Aigues**

# Historique cartographie

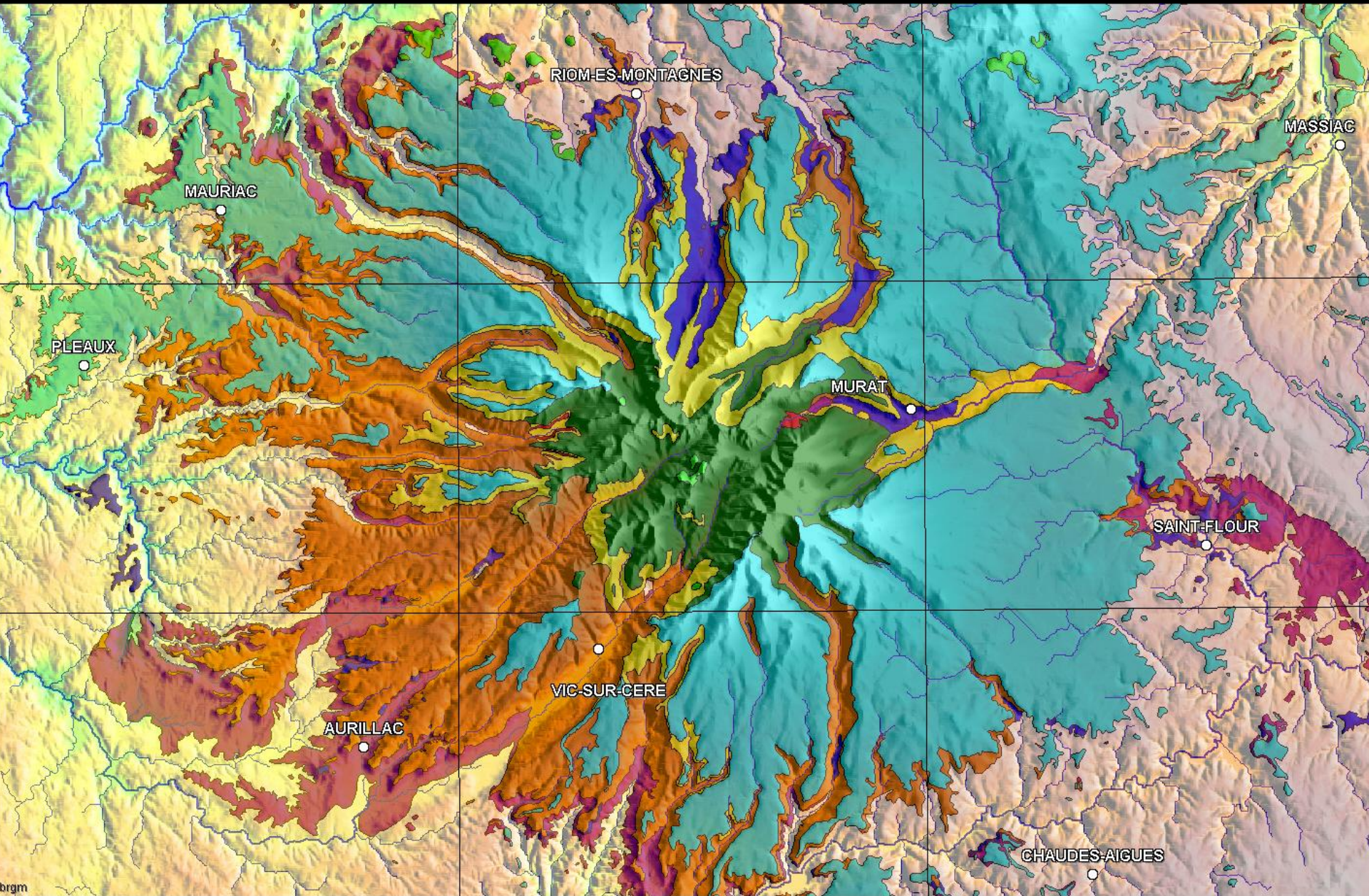
- Rames (1873), Fouqué (1881) Boule (1896), Cartes 1/80000
- Brousse et al., Vatin Pérignon et al., de Goër et al. Cartes 1/50000
  - -----> *Eruption du Mont St Helens 1980*
- Ce Projet - BRGM + IGAL, IPG, Universités de Brest, de Clermont-Ferrand, Lausanne, Leicester, Lille, Orléans, Paris...4 thèses + 5 Mémoires IGAL...+ carte 1/50000 Murat + synthèse au 1/100000





# Avalanches de débris





RIOMES-MONTAGNES

MASSIAC

MAURIAC

PLEAUX

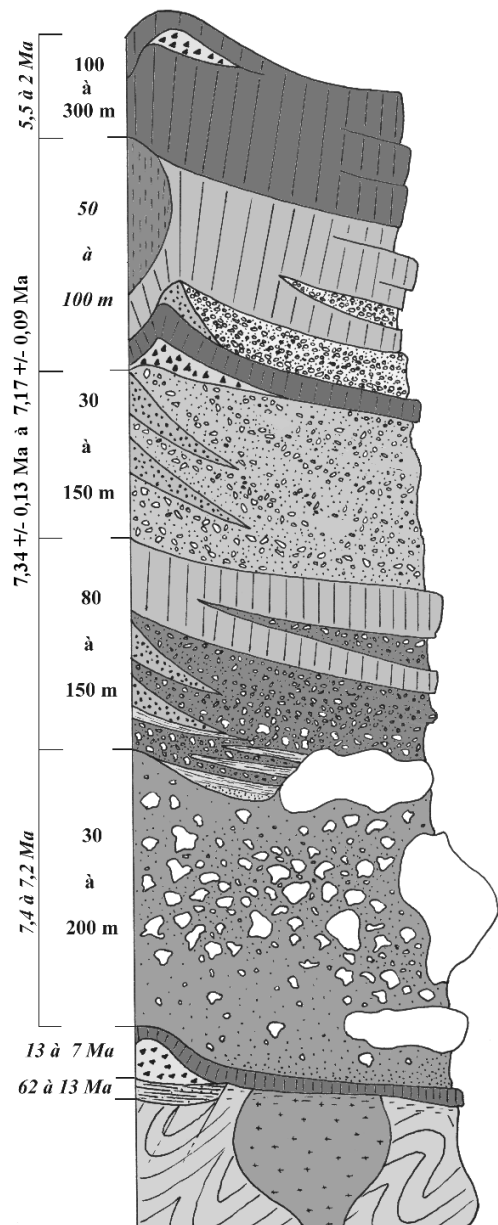
MURAT

SAINT-FLOUR

AURILLAC

VIC-SUR-CERE

CHAUDES-AIGUES



Basaltes supracantaliens

Intrusion  
phonolitique

Unité sédimentaire supérieure  
composée de coulées de débris  
clastiques qui sont  
interstratifiées en amont avec  
des coulées pyroclastiques  
et des trachyandésites

Unité sédimentaire médiane  
composé de coulées de débris  
classées et massives qui  
évoluent latéralement à  
des coulées hyperconcentrées  
puis en aval à des produits  
fluvio-lacustres

Unité sédimentaire inférieure  
composée de coulées de débris  
massives, de produits lacustres  
à la base (produits  
volcano-détritiques) et de  
trachyandésites vers  
le sommet

Brèche

d'avalanche

de

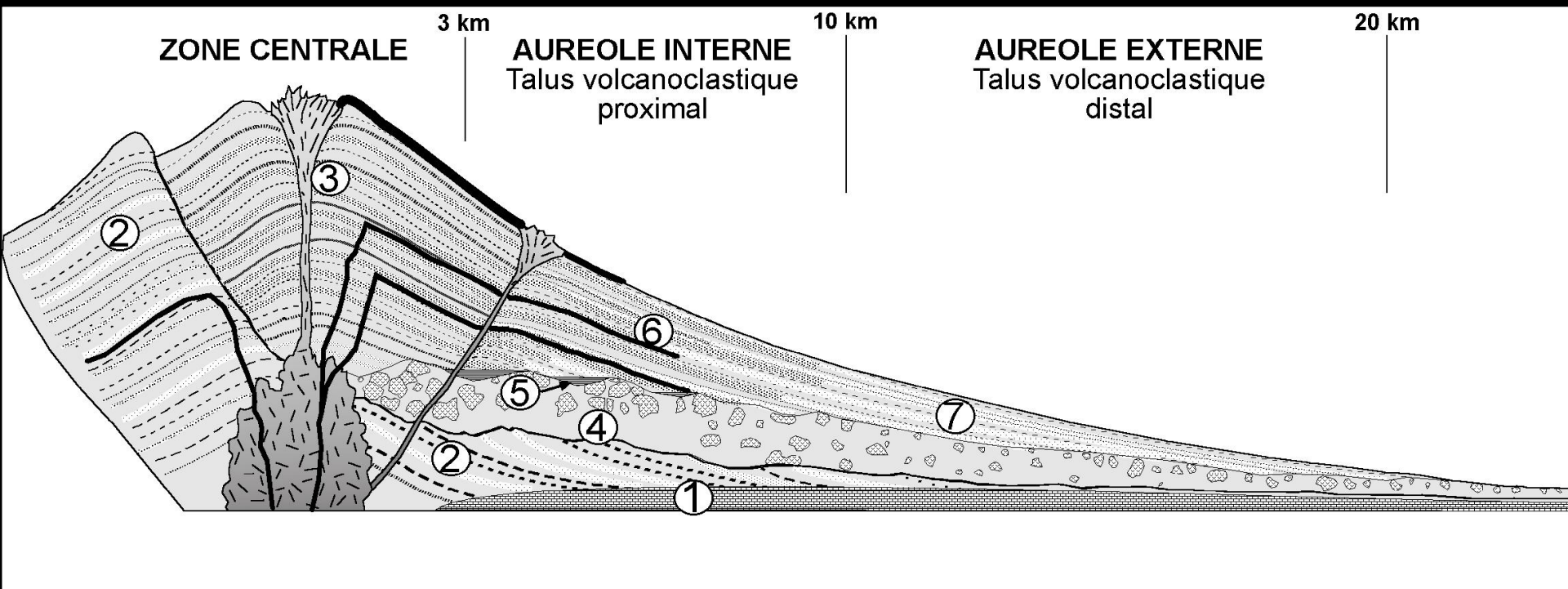
débris

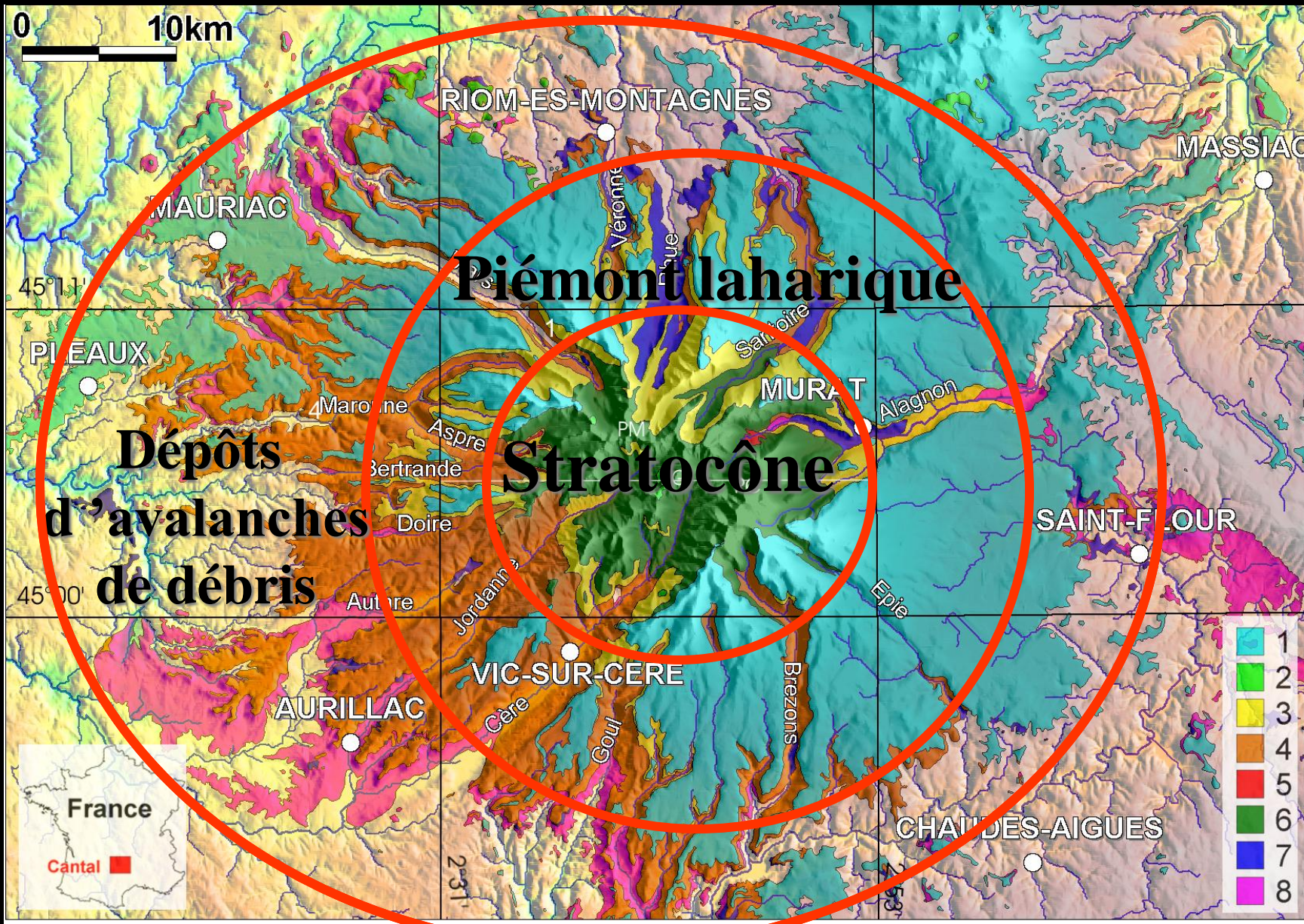
Basaltes infracantaliens

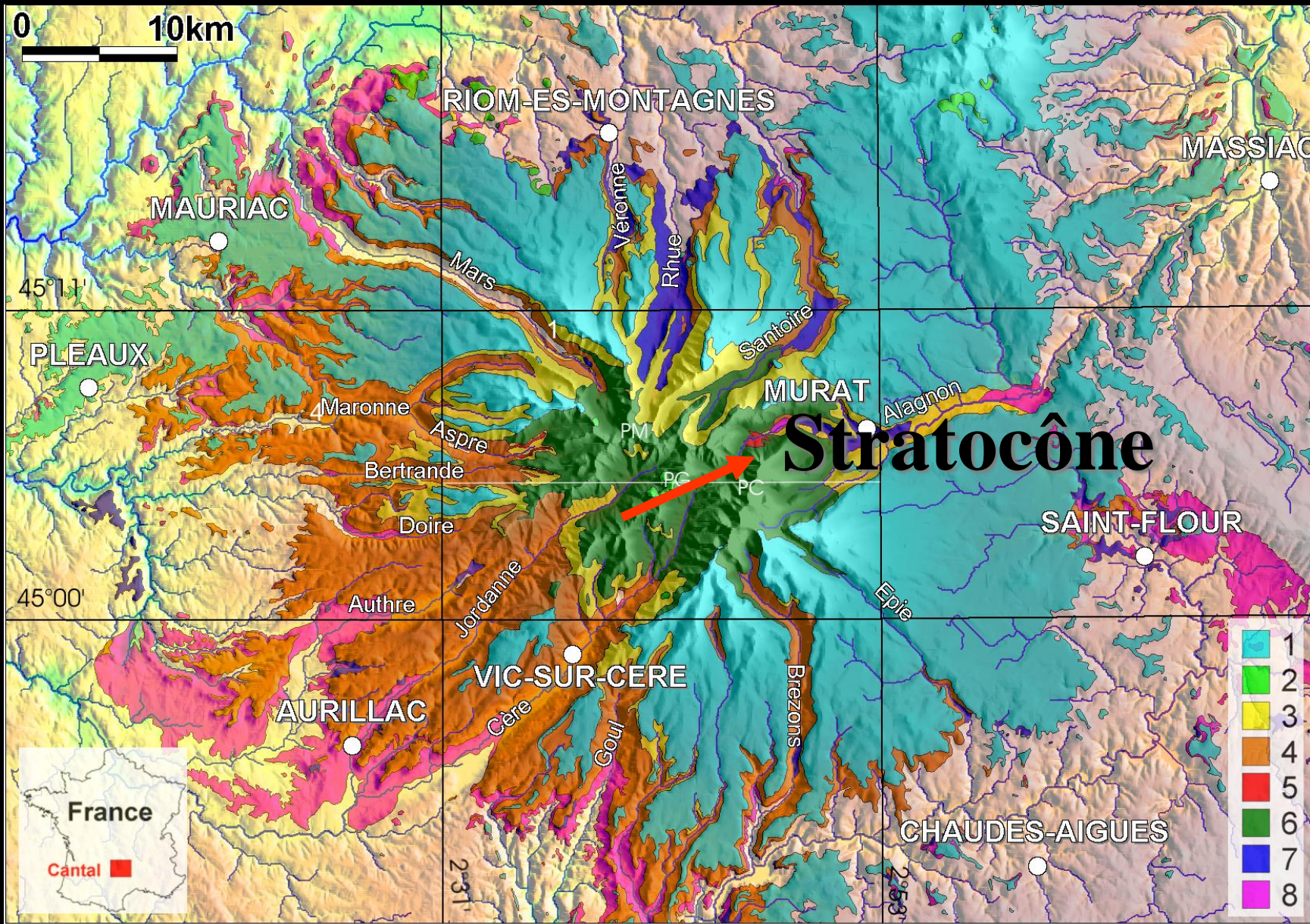
Bassins  
oligocènes

Sôcle cristallophyllien structuré

**Complexe Conglomératique Supérieur**





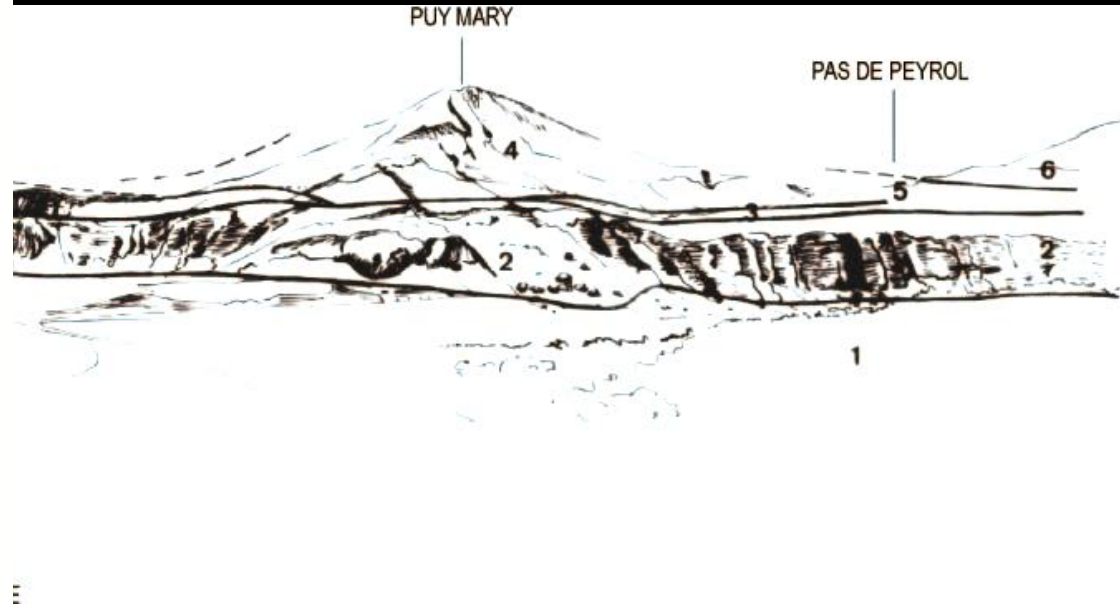
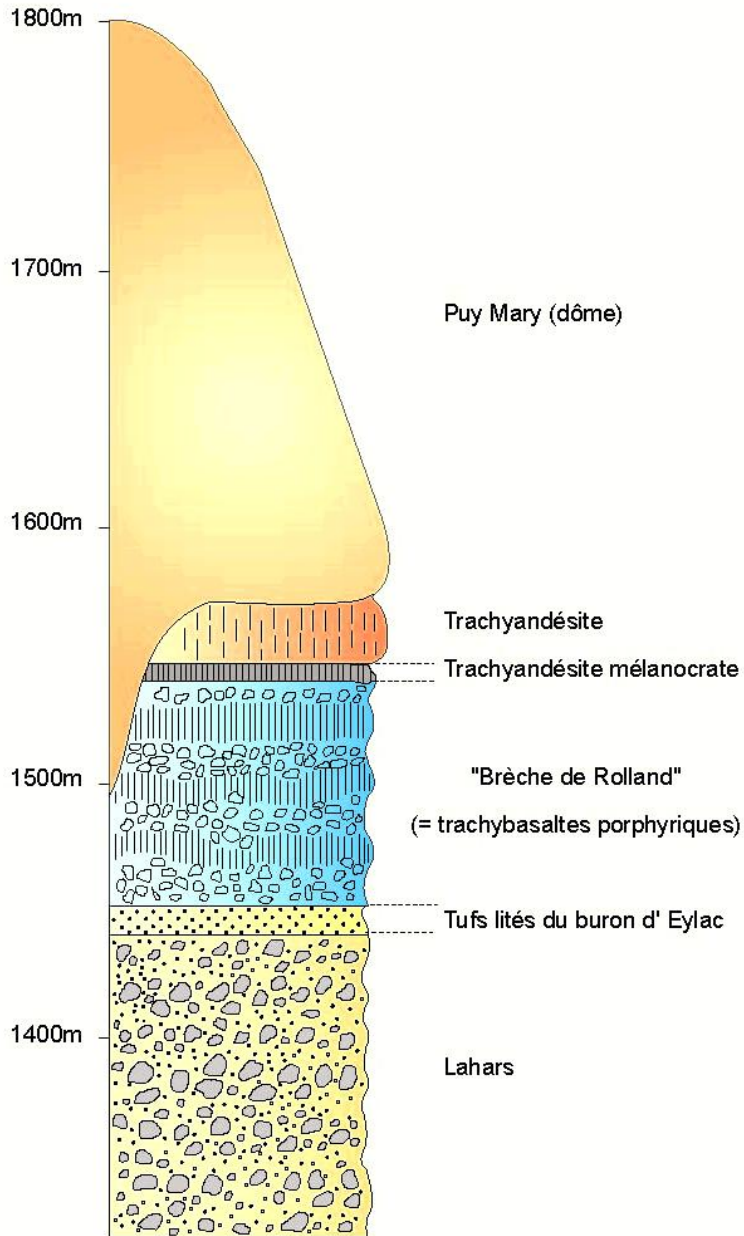








# PuyMary



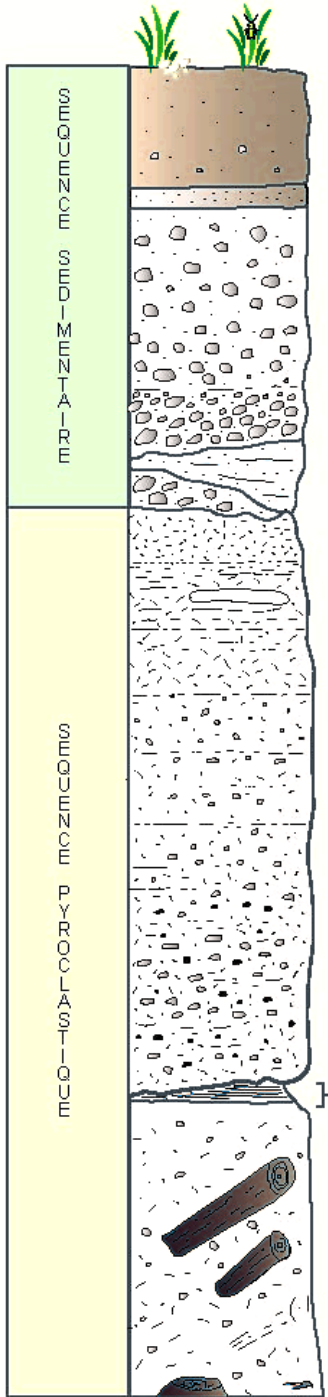
STRATIGRAPHIE DU COMPLEXE BRECHIQUE  
AL' APLOMB DU PUY MARY (COTE IMPRADINE)



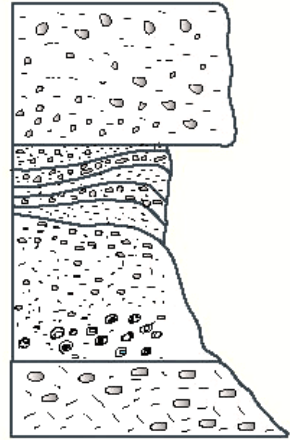
Puy Mary











Salers



Nappe de Ponces II



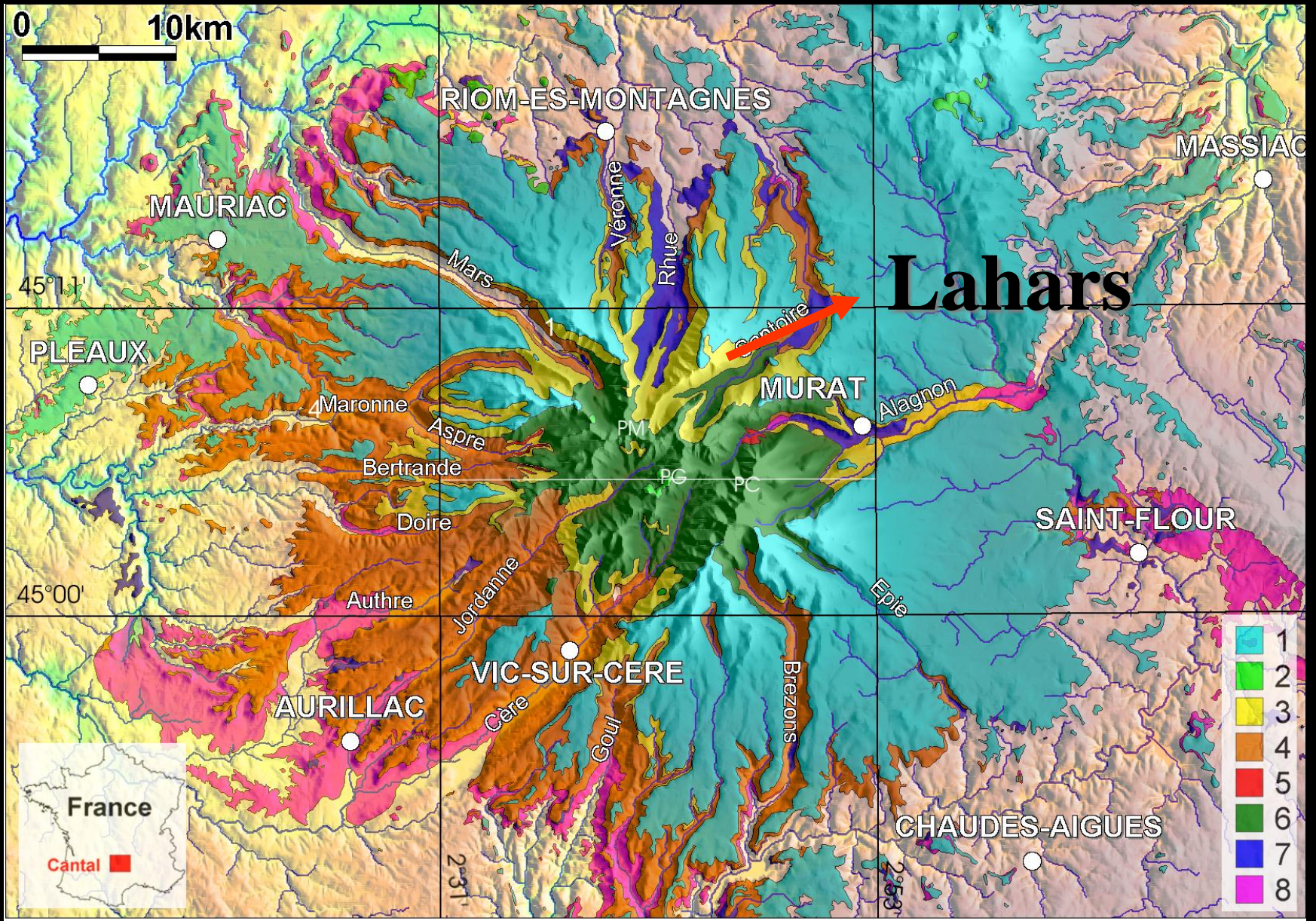
Nappe de Ponces I

-  Conglomérat
-  Grès
-  Tuf
-  Éléments lithiques
-  Ponces
-  Lapilli accréionnés
-  Lamination plane
-  Axes végétaux

# Peyre del Cros



Solliage

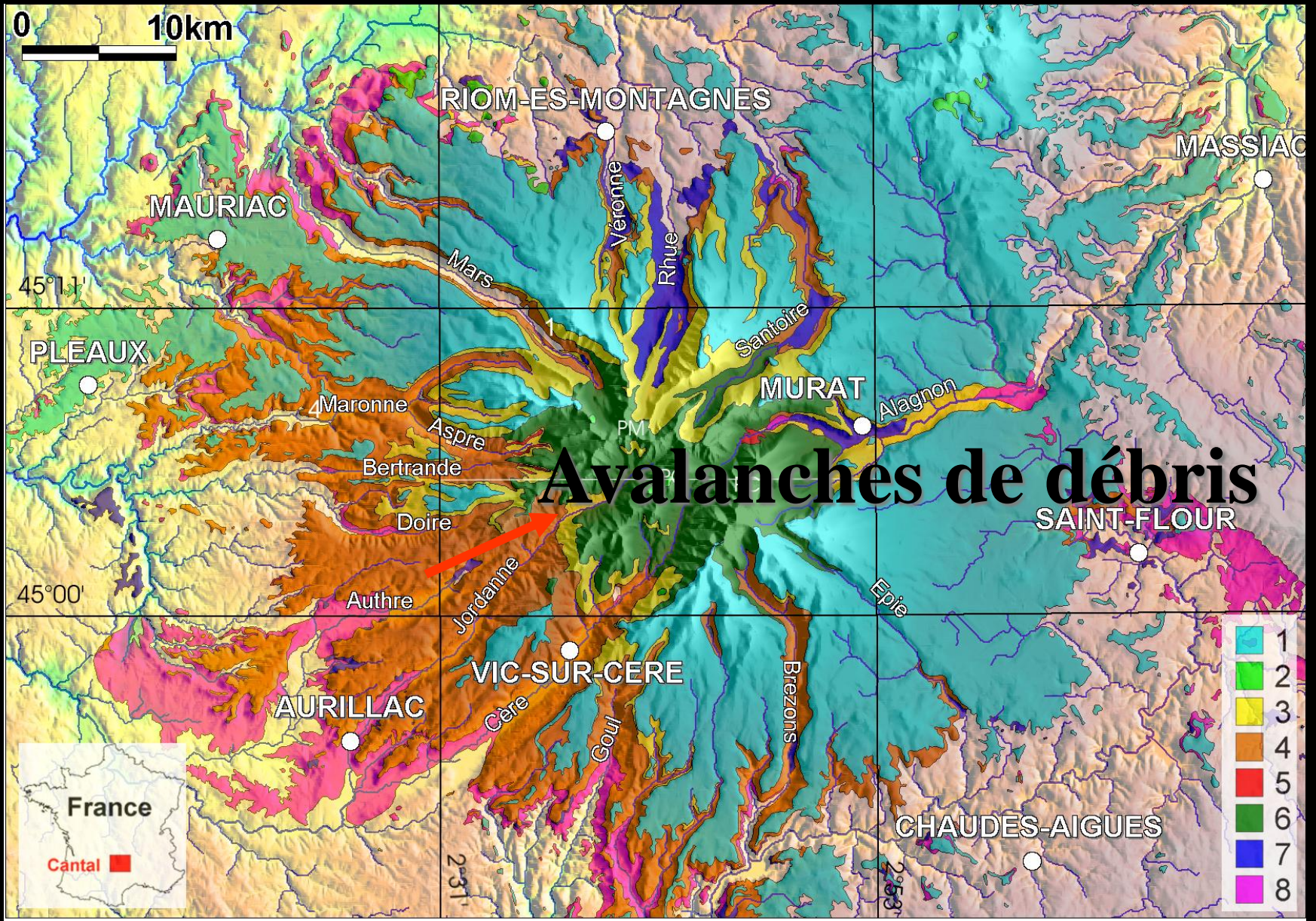
















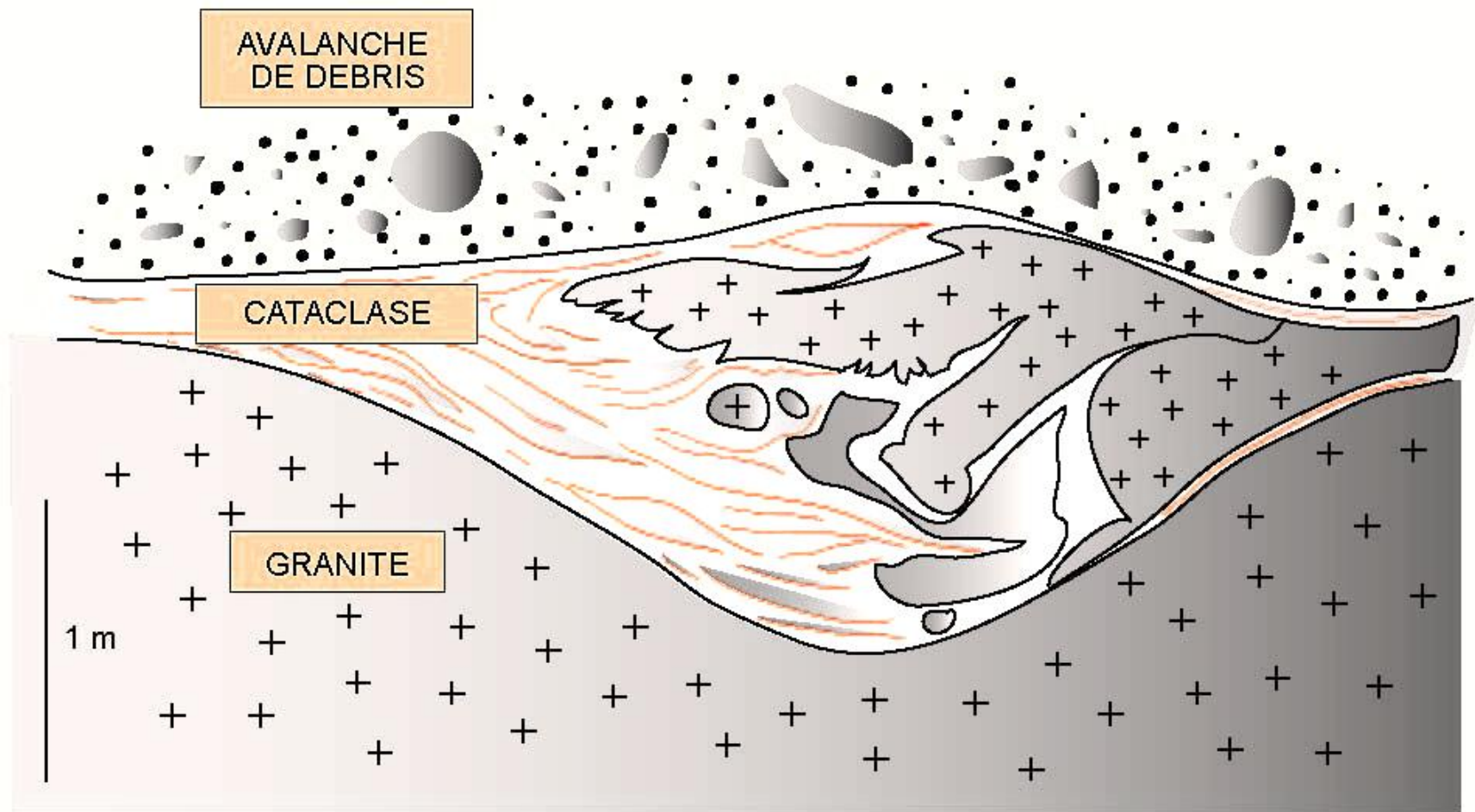






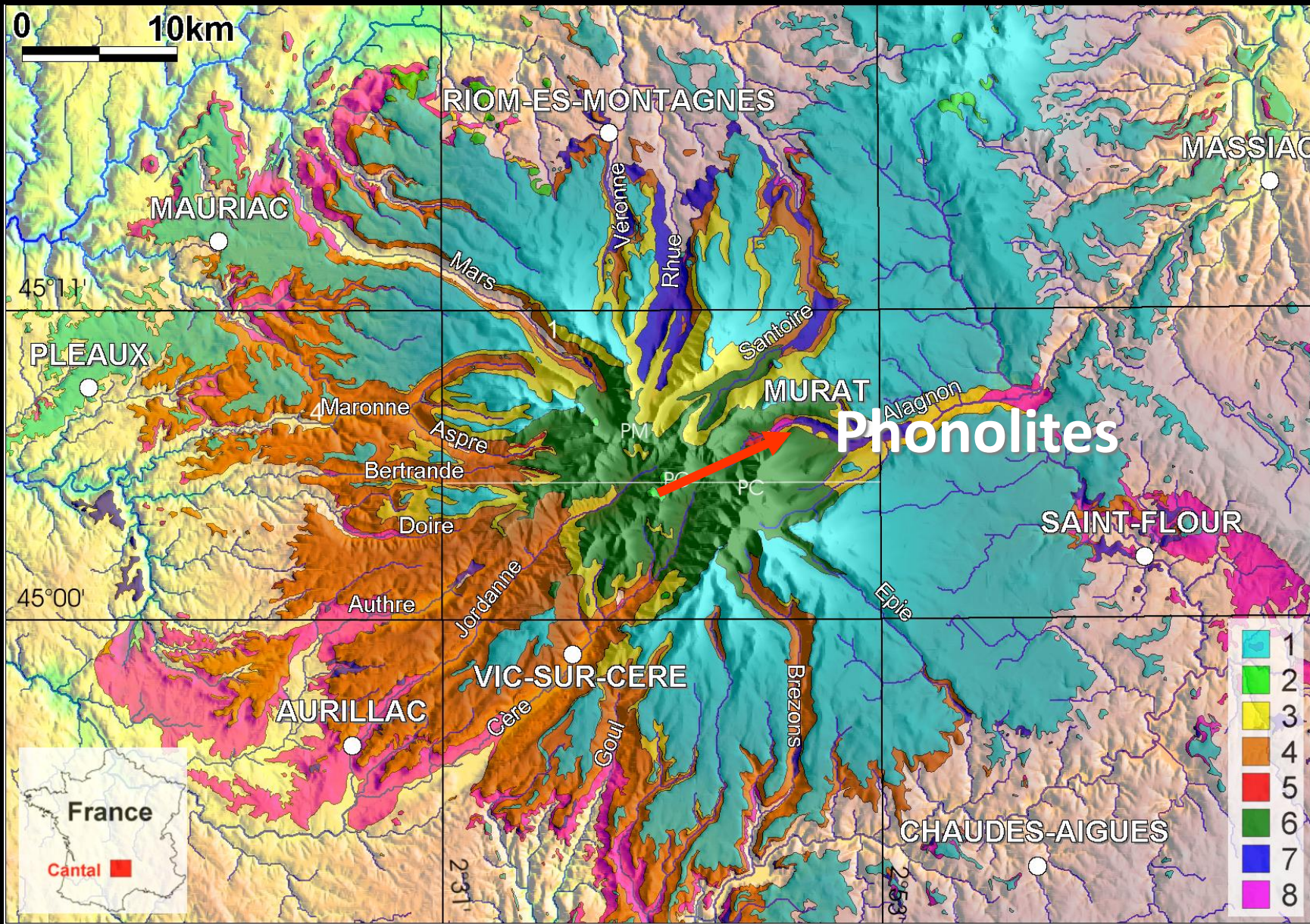










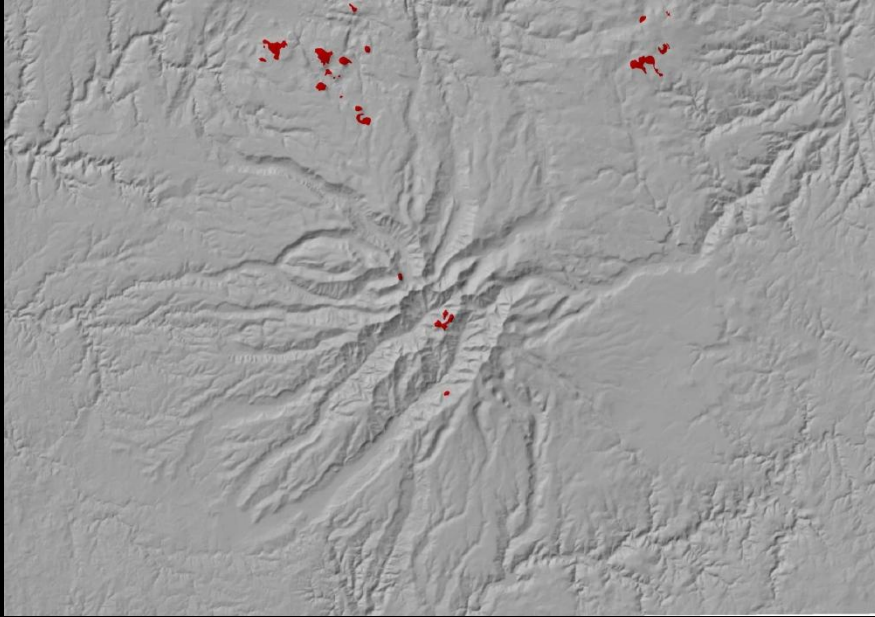




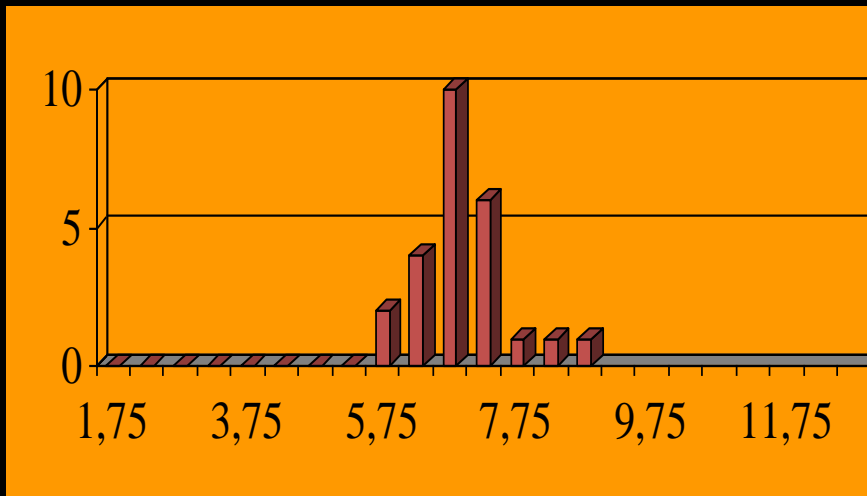
Puy Griou

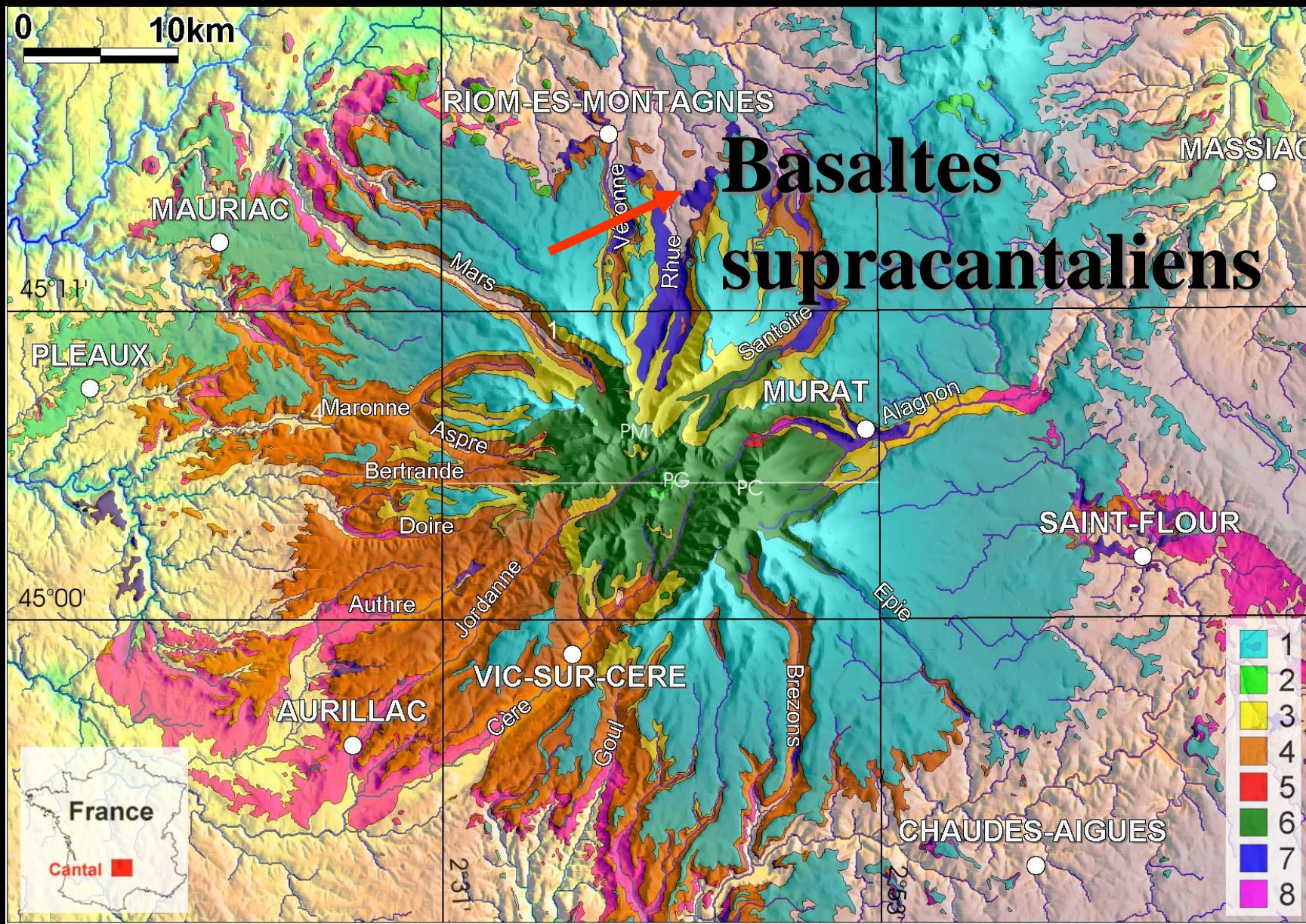


# Phonolites



- 9 à 5,5 Ma
- pour l'essentiel entre 7,0 et 6,5 Ma, après les avalanches de débris
- relations avec les avalanches de débris ?
- sont discordantes sur le stratovolcan (NW -SE)

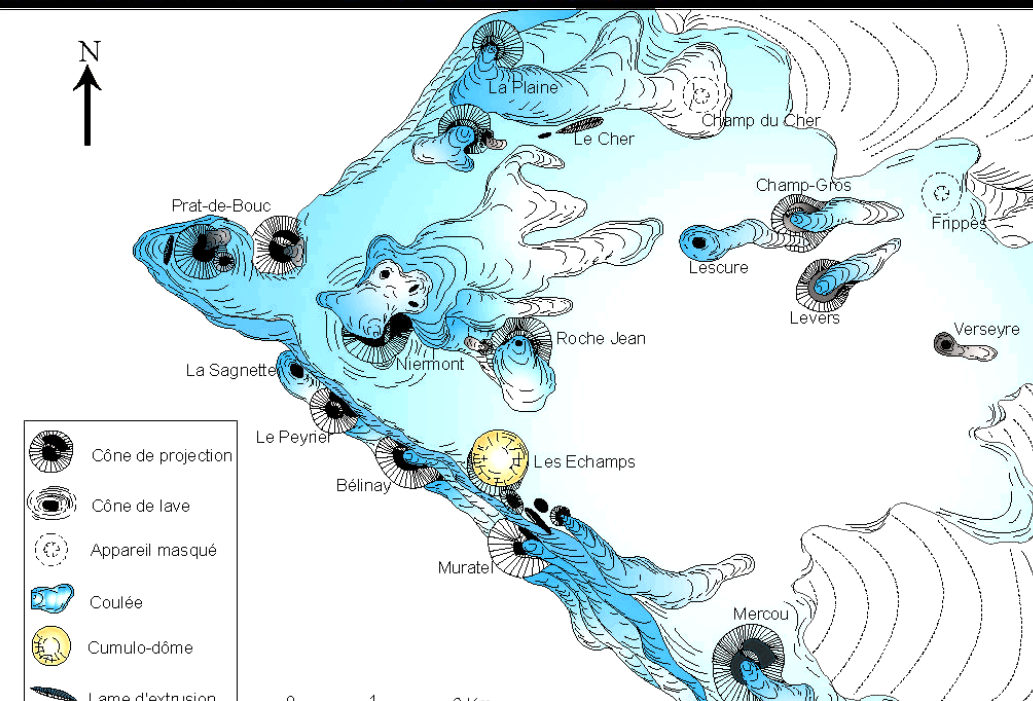
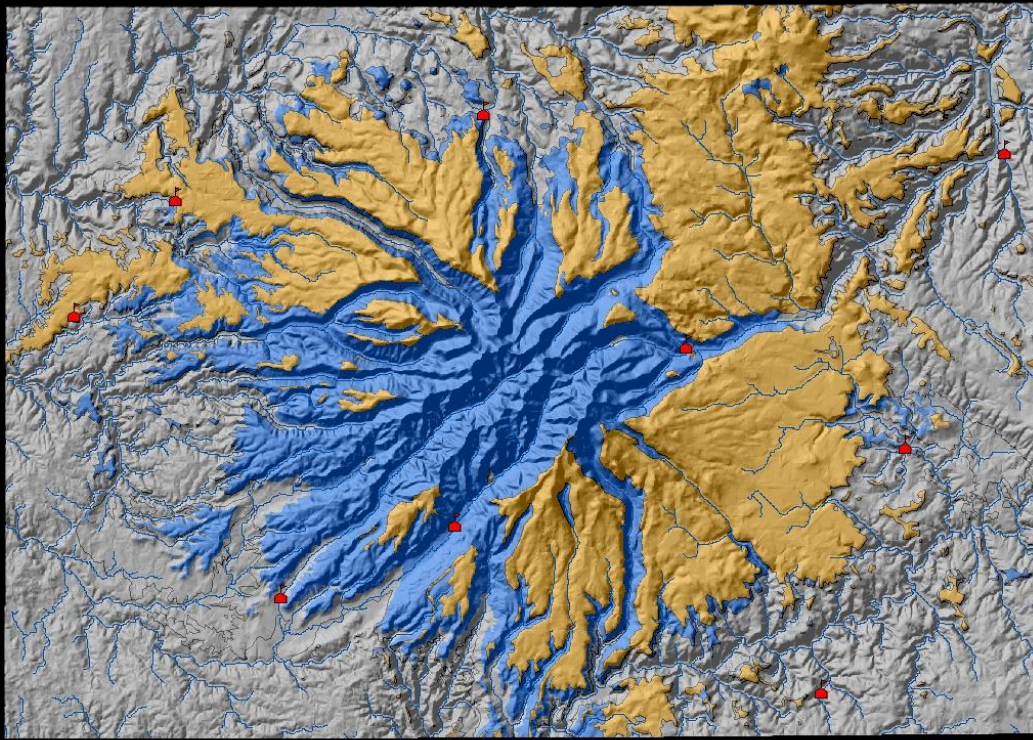


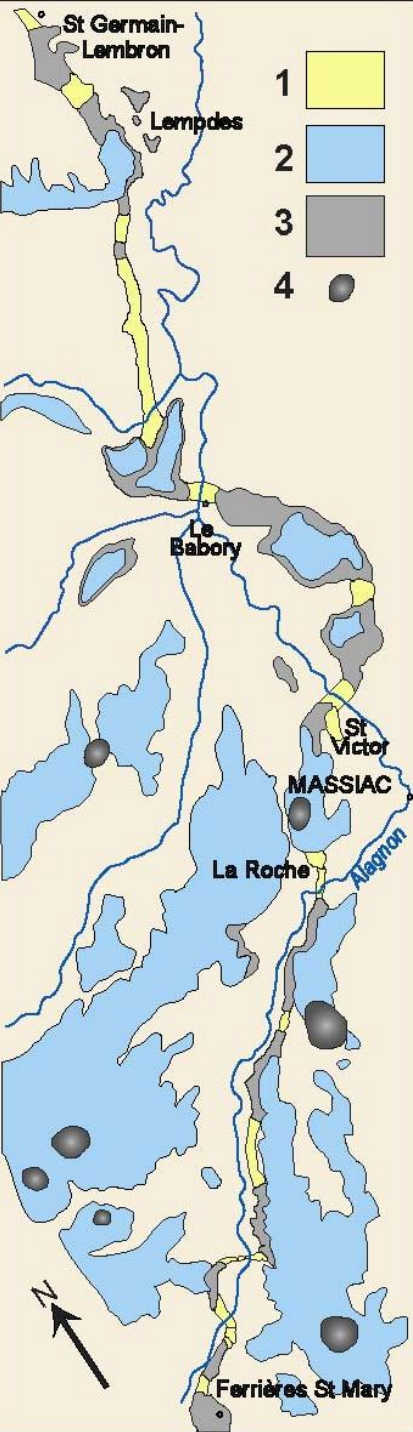




# Basaltes supracantaliens

- 7,5 à 2 Ma
- culminent au Plomb du Cantal à 1855 m
- volcanisme dispersé (coulées, cônes de scories)
- basanitique et basaltique
- très érodés dans le SW

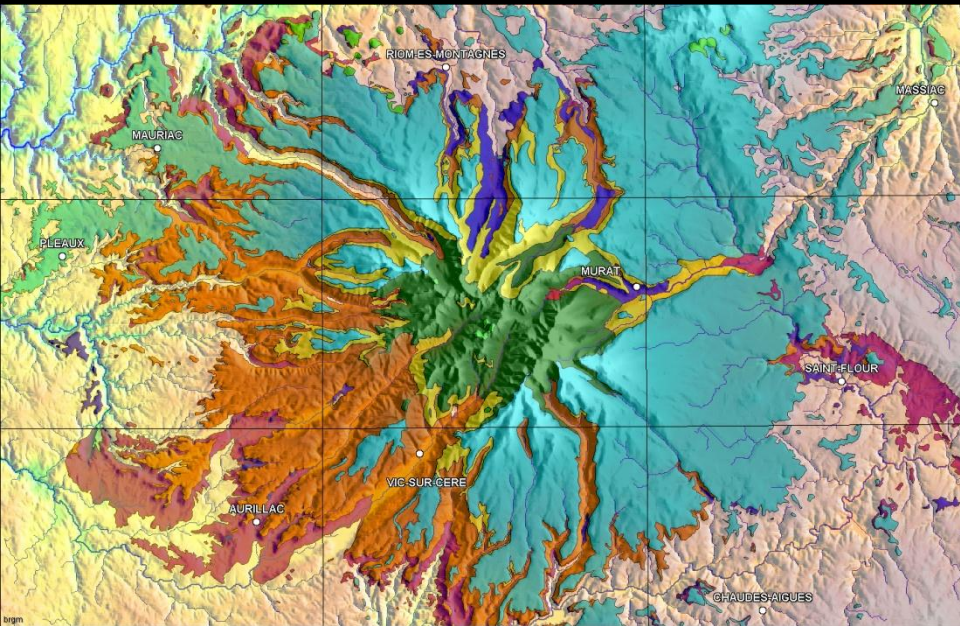




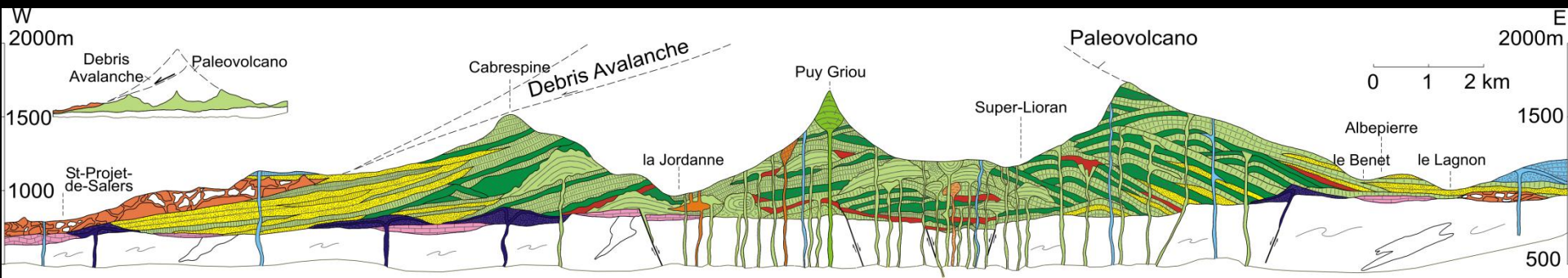












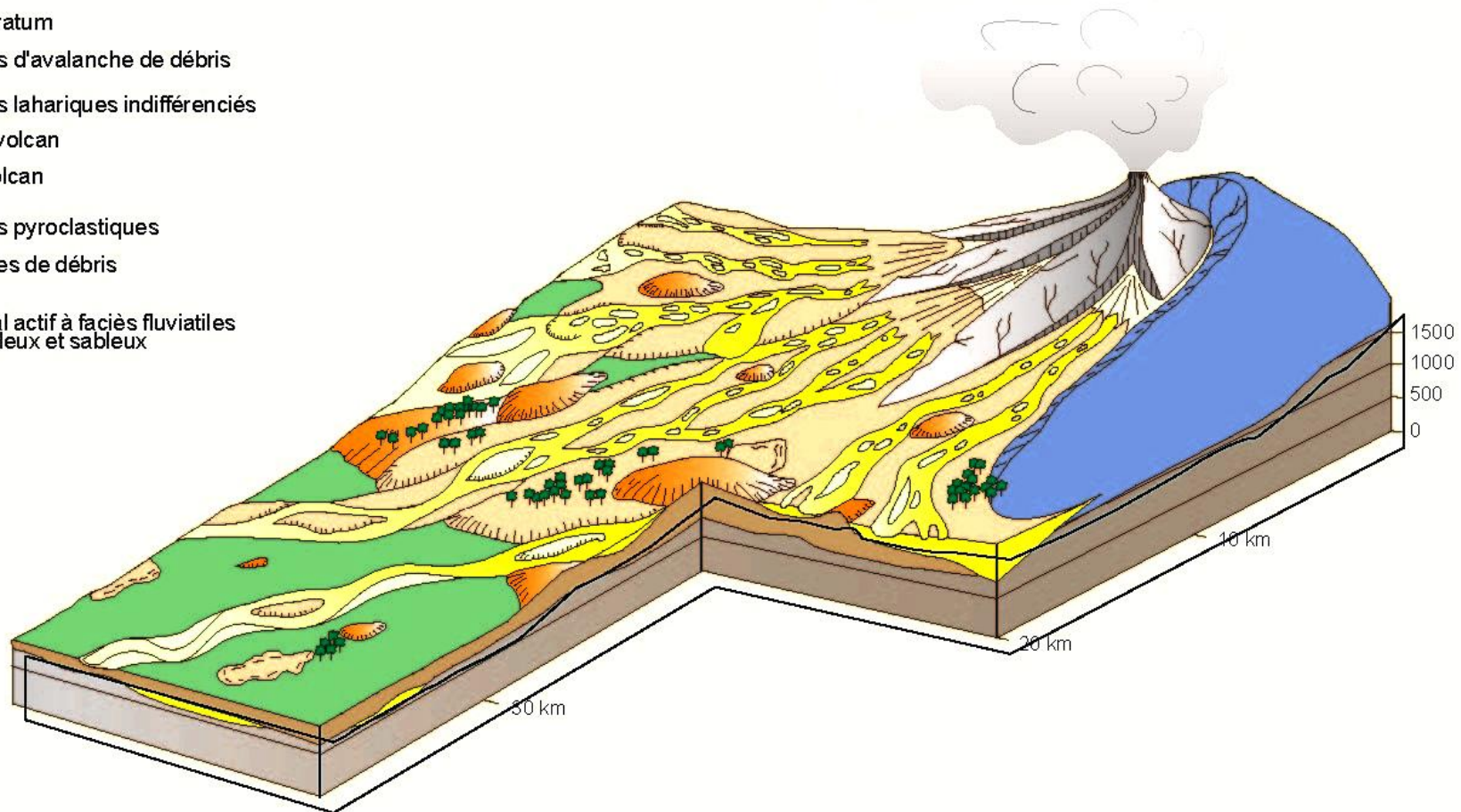
Belinay



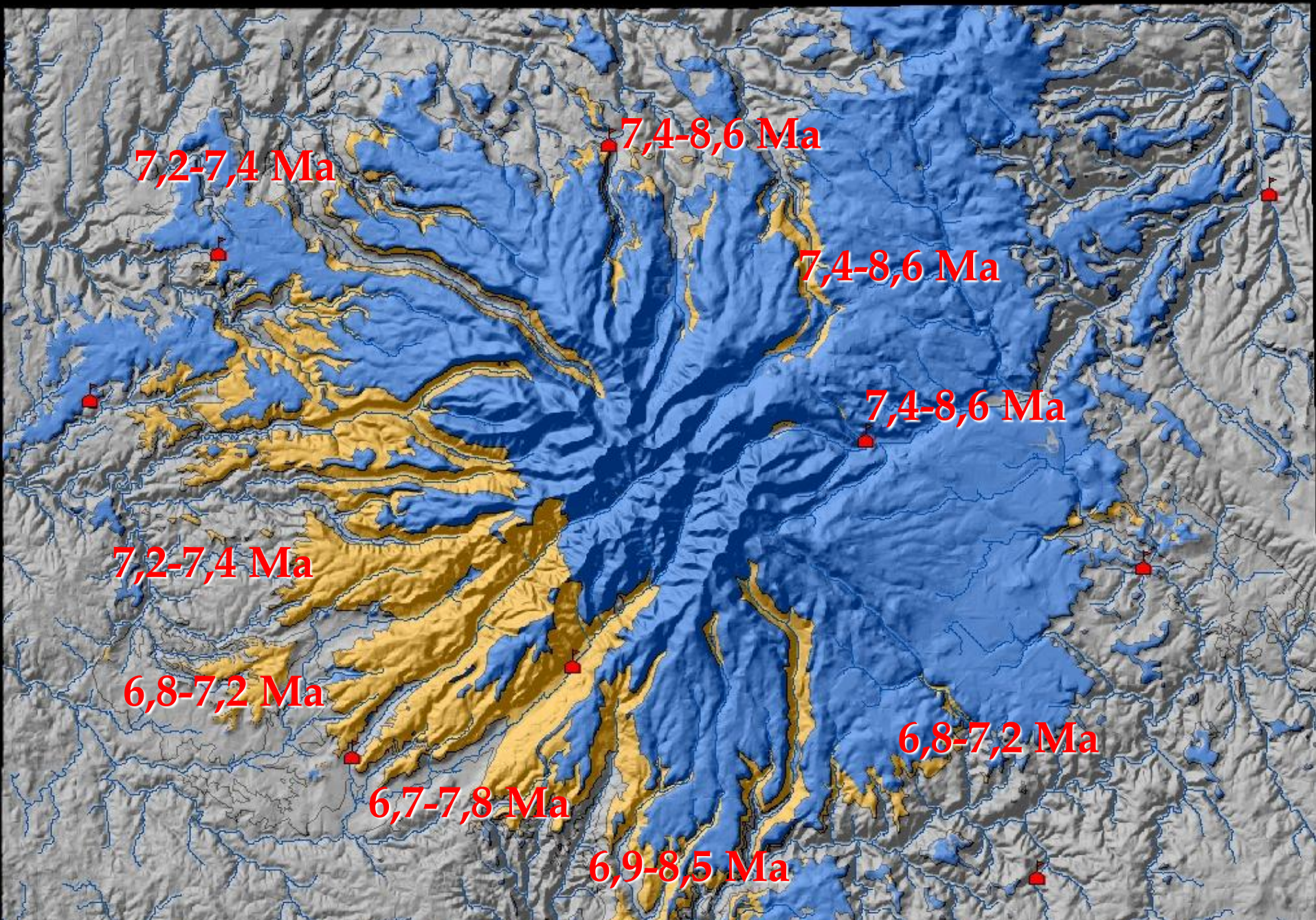
- édifice actuel : 2500 km<sup>2</sup>, 385 km<sup>3</sup>
- cône trachyandésitique : 60 km<sup>3</sup> (20°-->161km<sup>3</sup>)
- planèzes : 70 km<sup>3</sup>
- lahars : 10 km<sup>3</sup>
- avalanches de débris : 245 km<sup>3</sup>

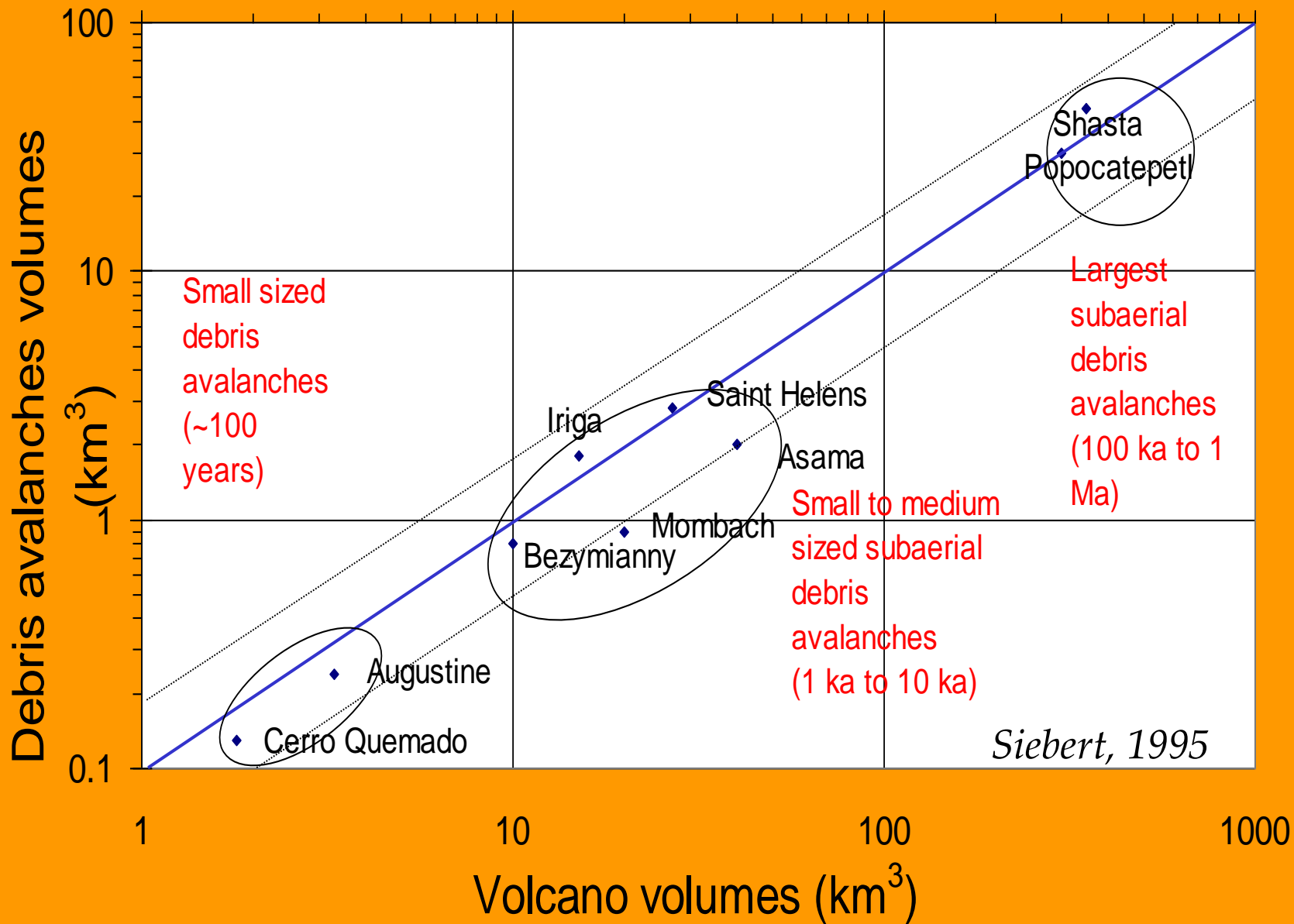


-  Substratum
-  Dépôts d'avalanche de débris
-  Dépôts lahariques indifférenciés
-  Paléovolcan
-  Néovolcan
-  Dépôts pyroclastiques
-  Coulées de débris
-  Chenaux actifs à faciès fluviaux graveleux et sableux



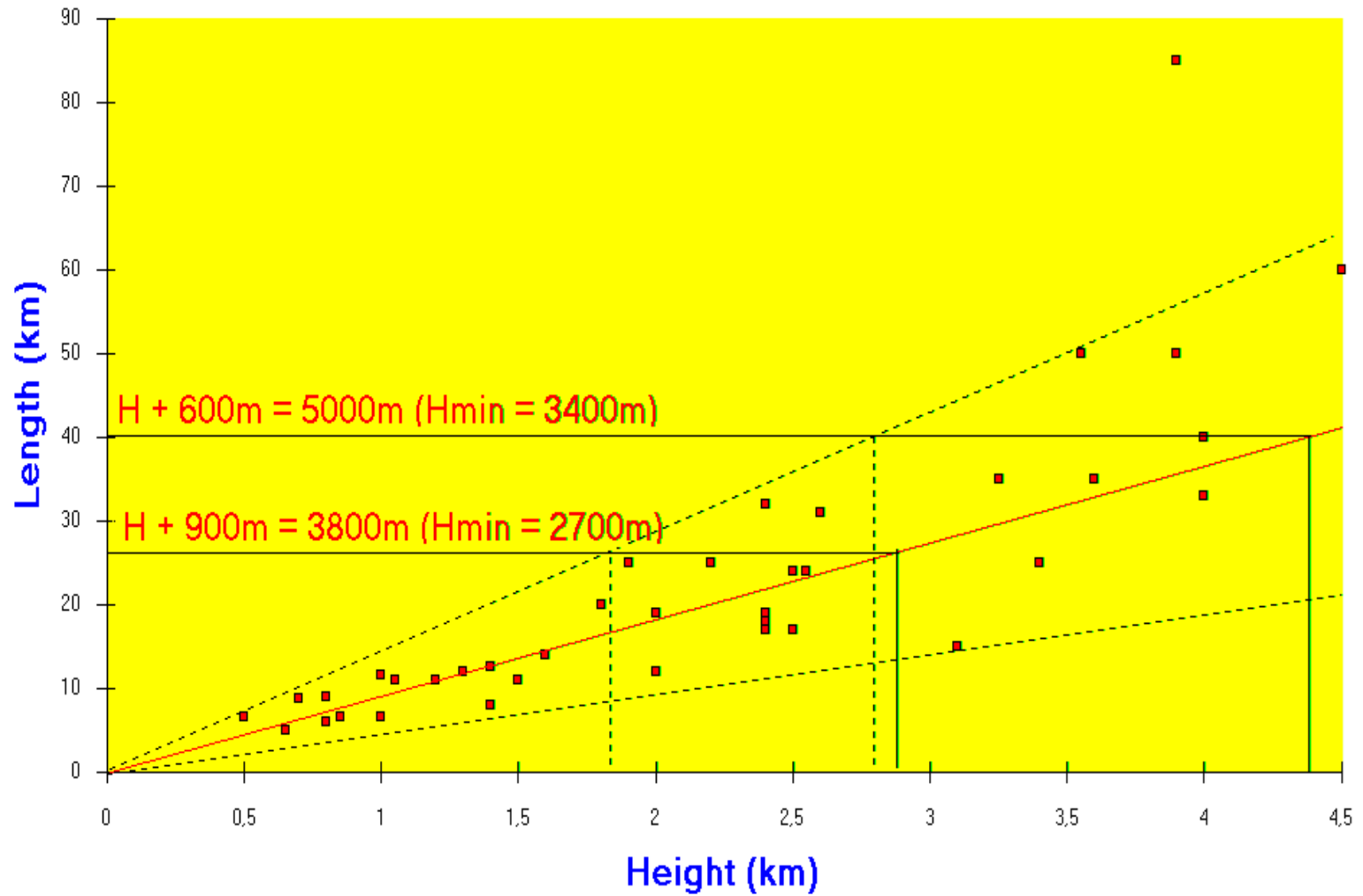
# Avalanches de débris

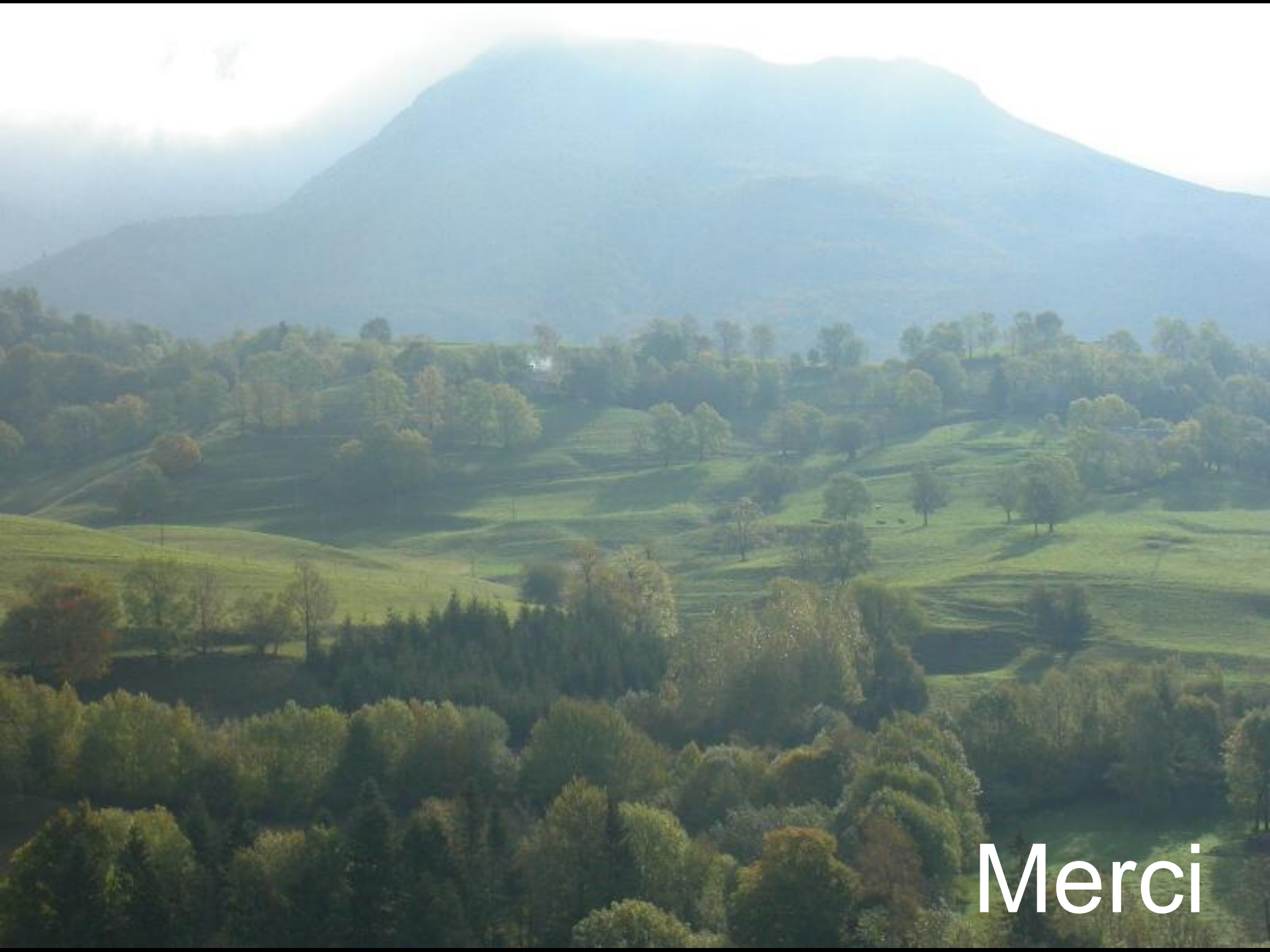






# CANTAL - Paleoaltitude





Merci