

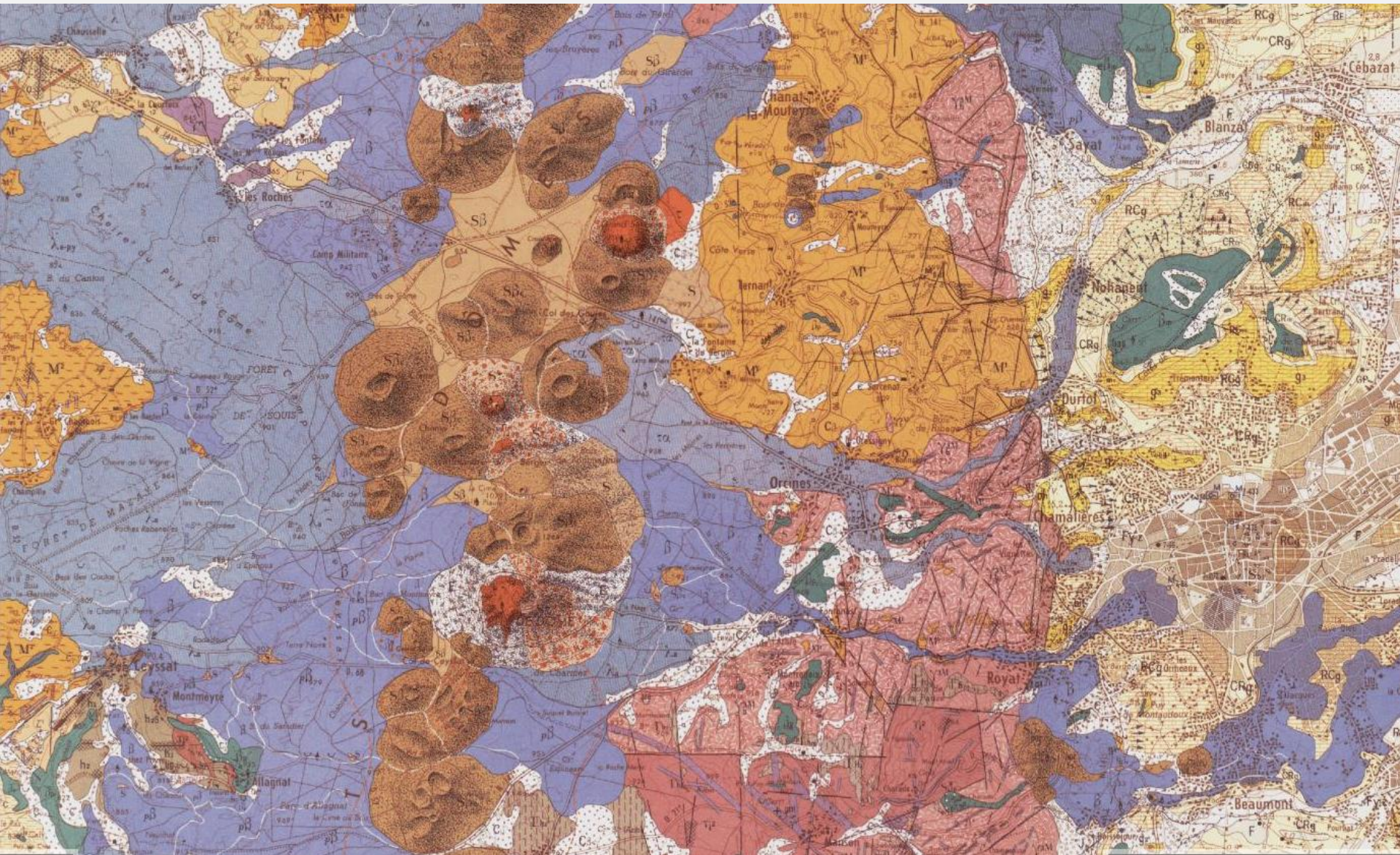
Magmatisme 1:

Etude d'un exemple de série magmatique dans son contexte



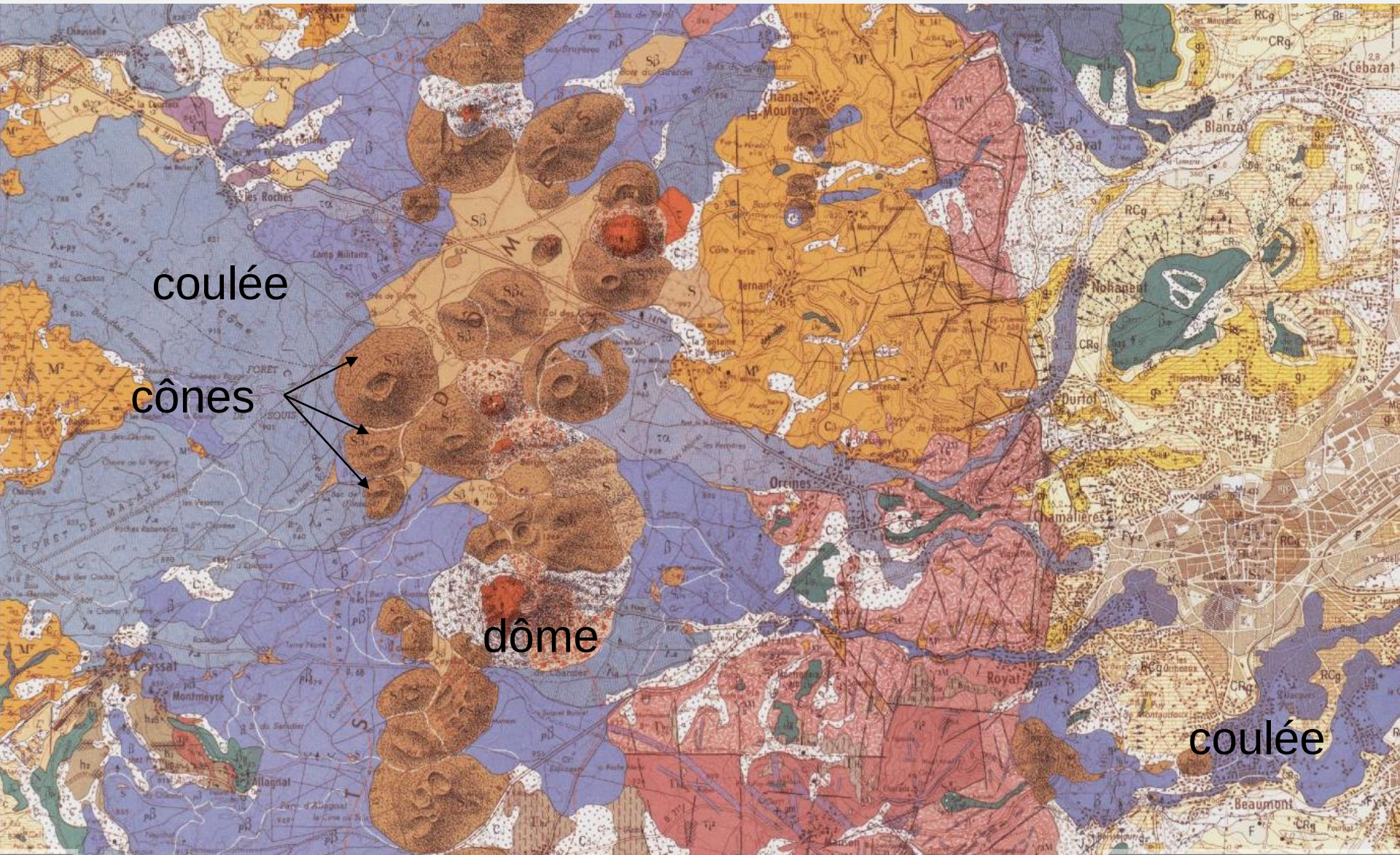
Extrait de la carte de Clermont-Ferrand à 1/50000

<http://infoterre.brgm.fr/viewer>

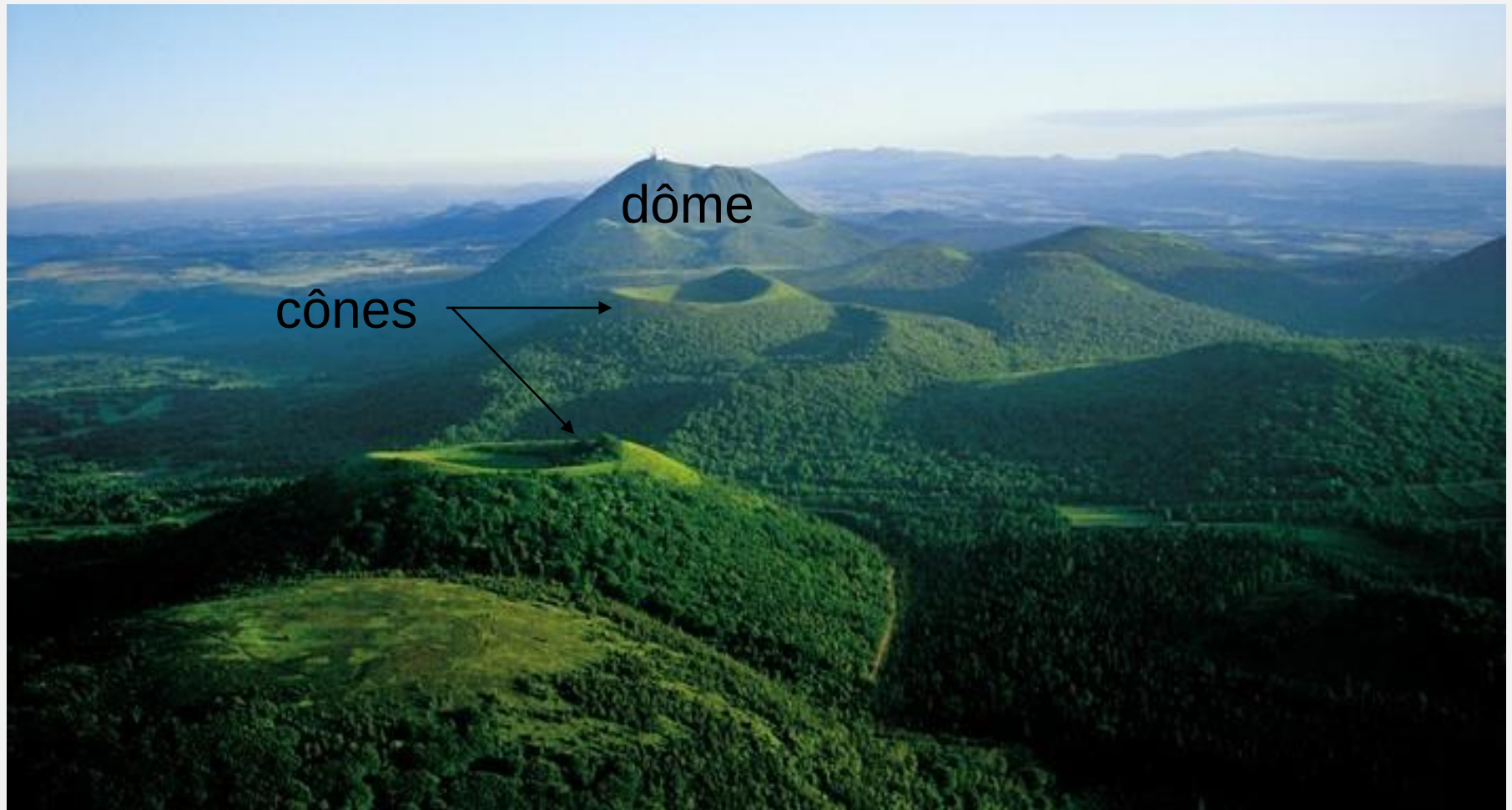


Extrait de la carte de Clermont-Ferrand à 1/50000

<http://infoterre.brgm.fr/viewer>



La chaîne des Puys : diversité des édifices



Le Puy de Dôme

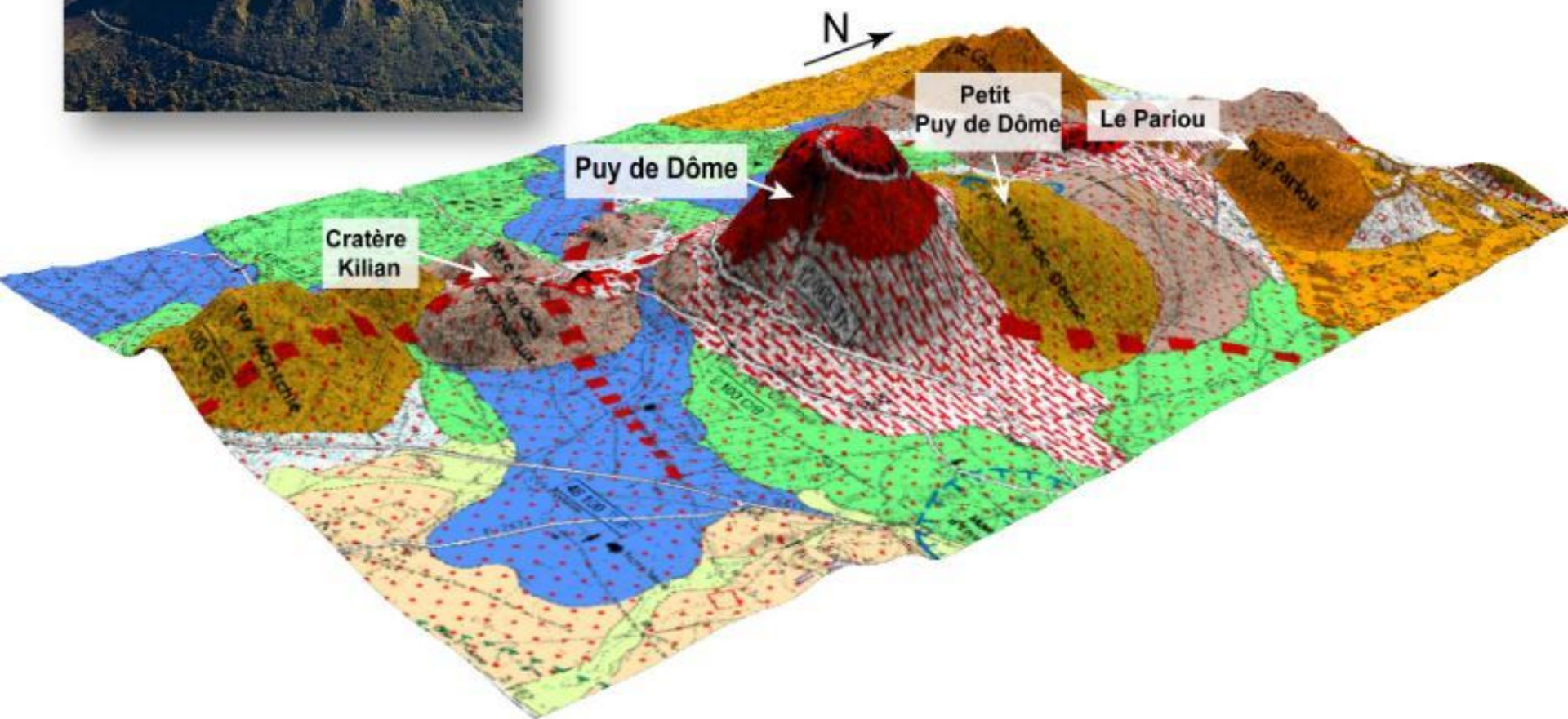


Le Puy de Come





Volcan de la Chaîne des Puys (à l'ouest de l'hémi-graben de la Limagne)





Petit Sarcouy

nuées ardentes
et éruptions
secondaires

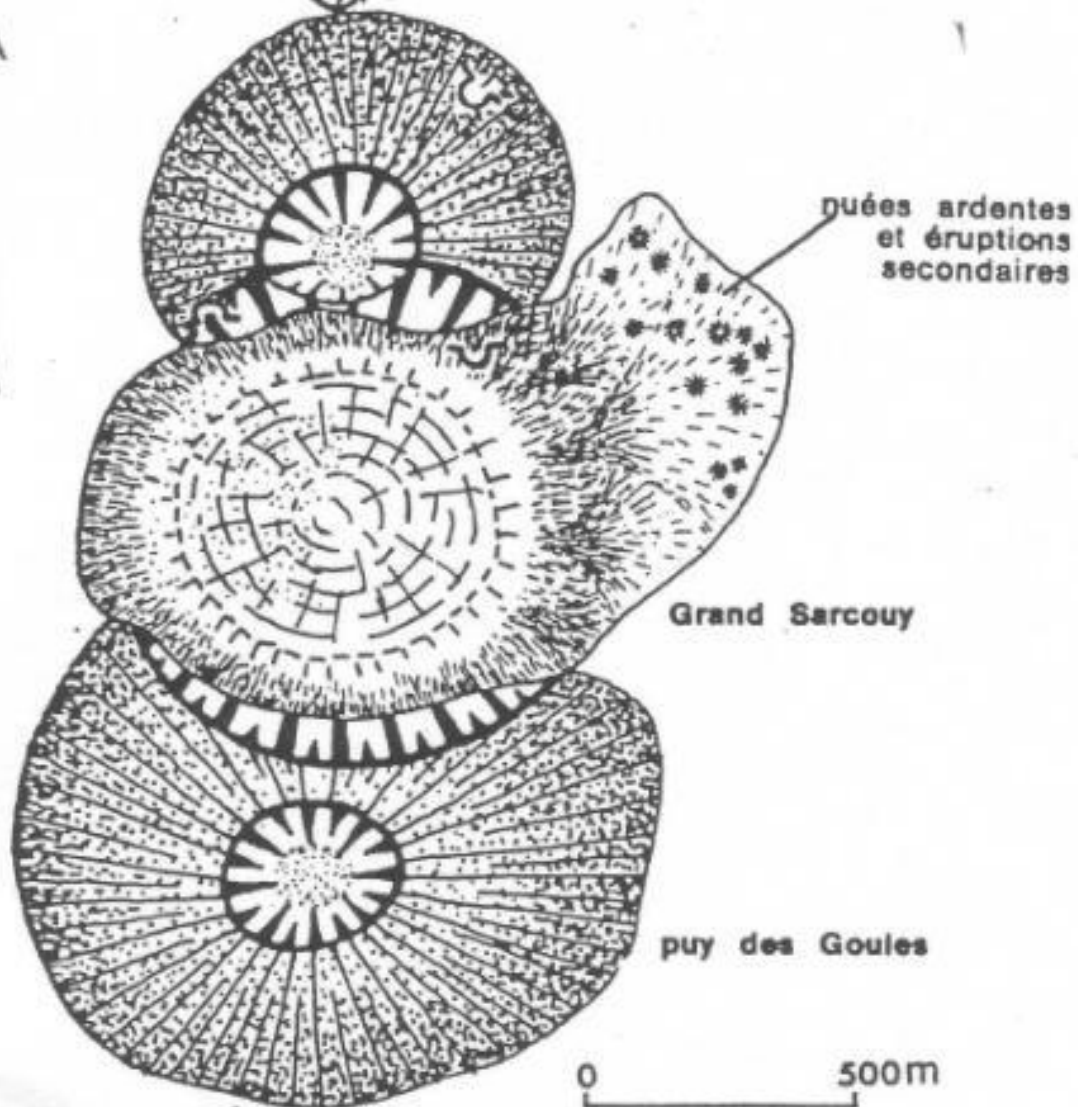
Grand Sarcouy

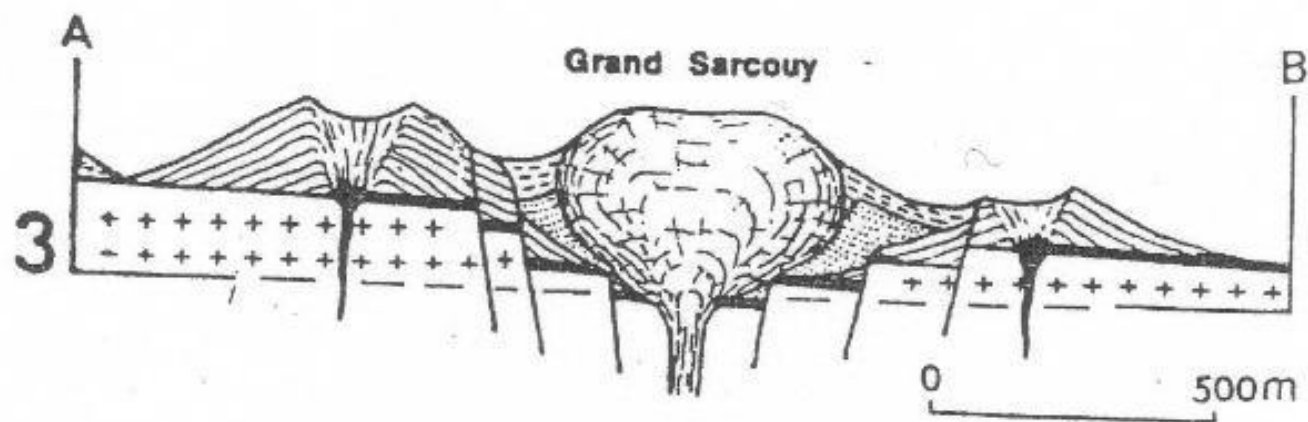
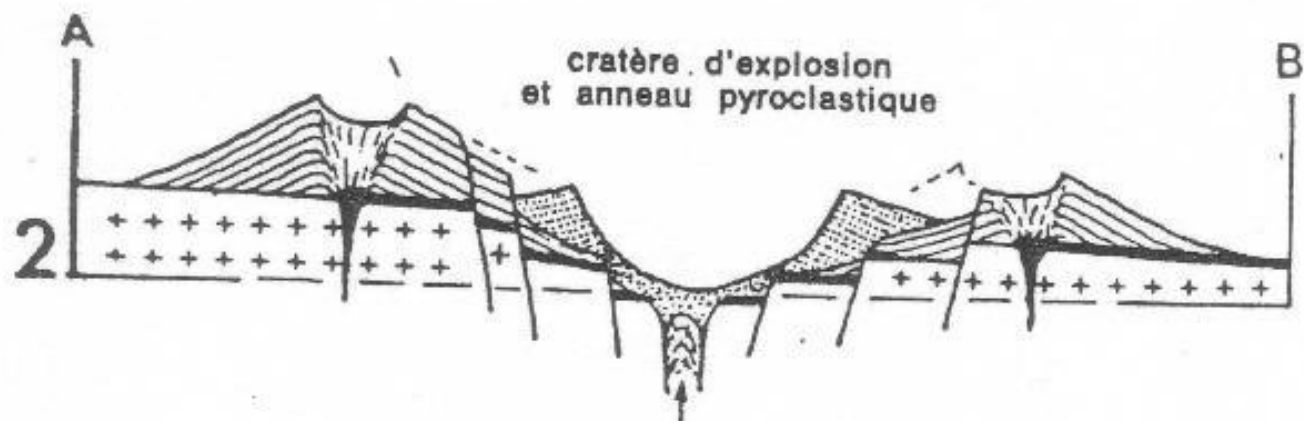
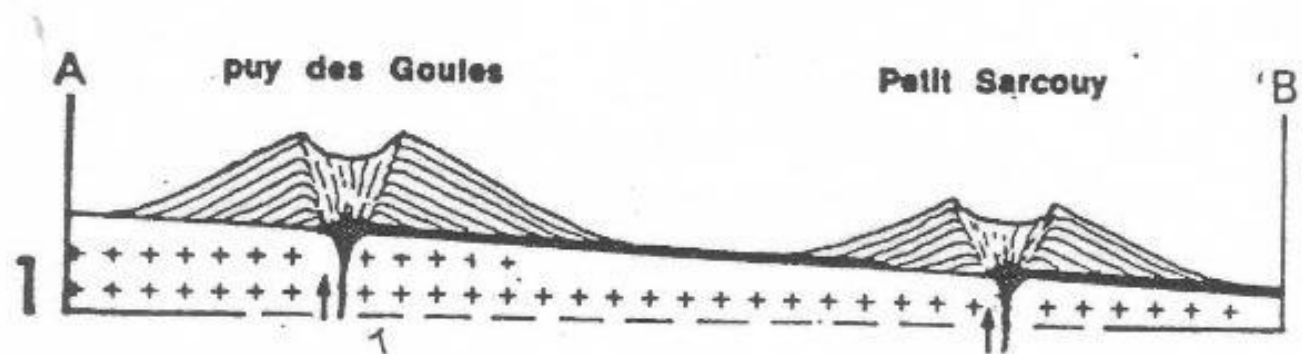
puy des Goules

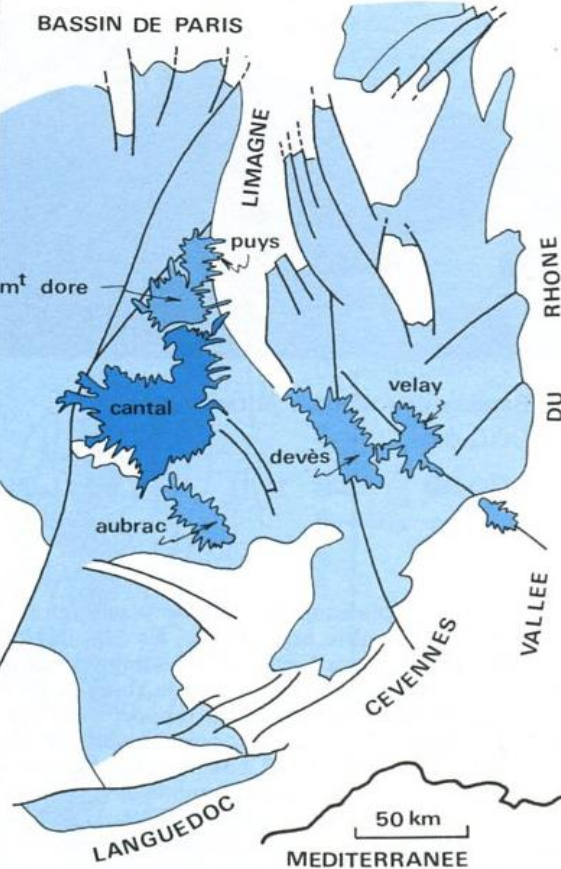
0 500m

A ↓

B ↑

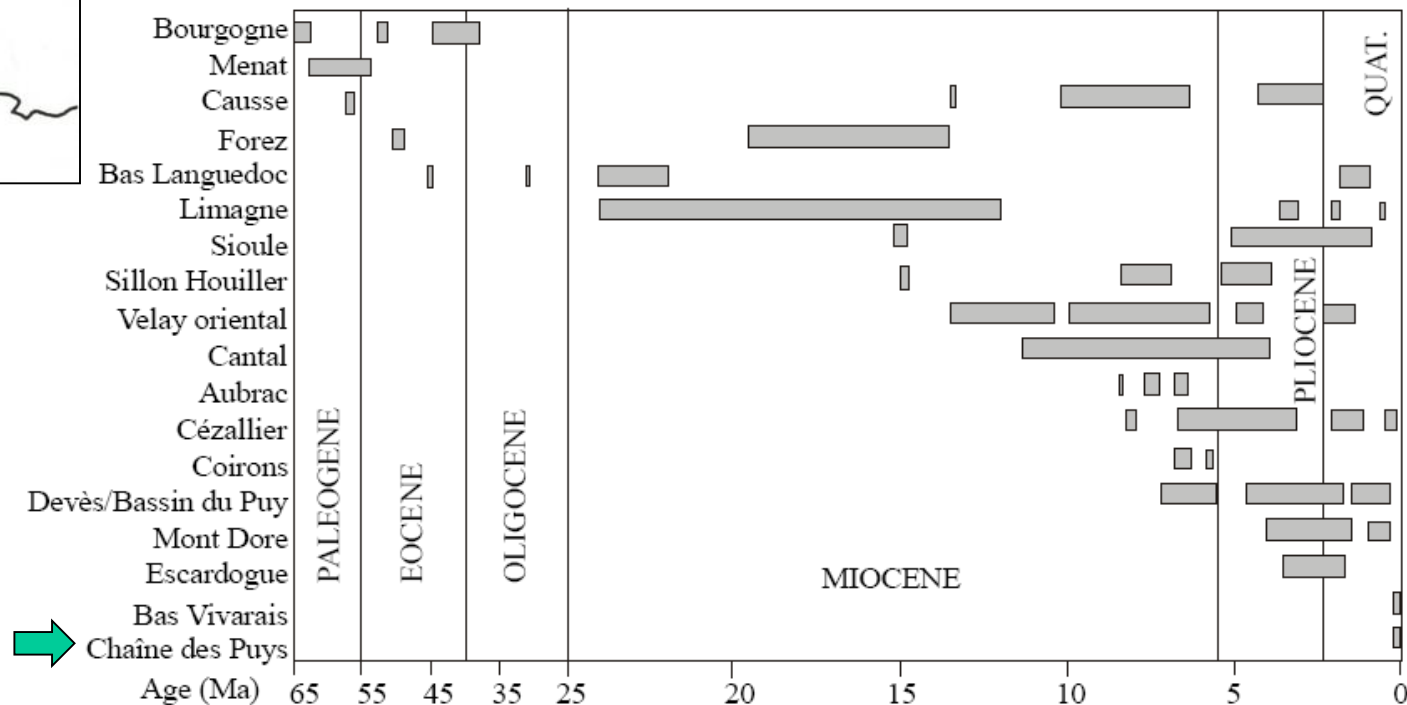






Document 1. Localisation (à gauche) et âge (ci-dessous) des principaux ensemble volcaniques du Massif Central français.

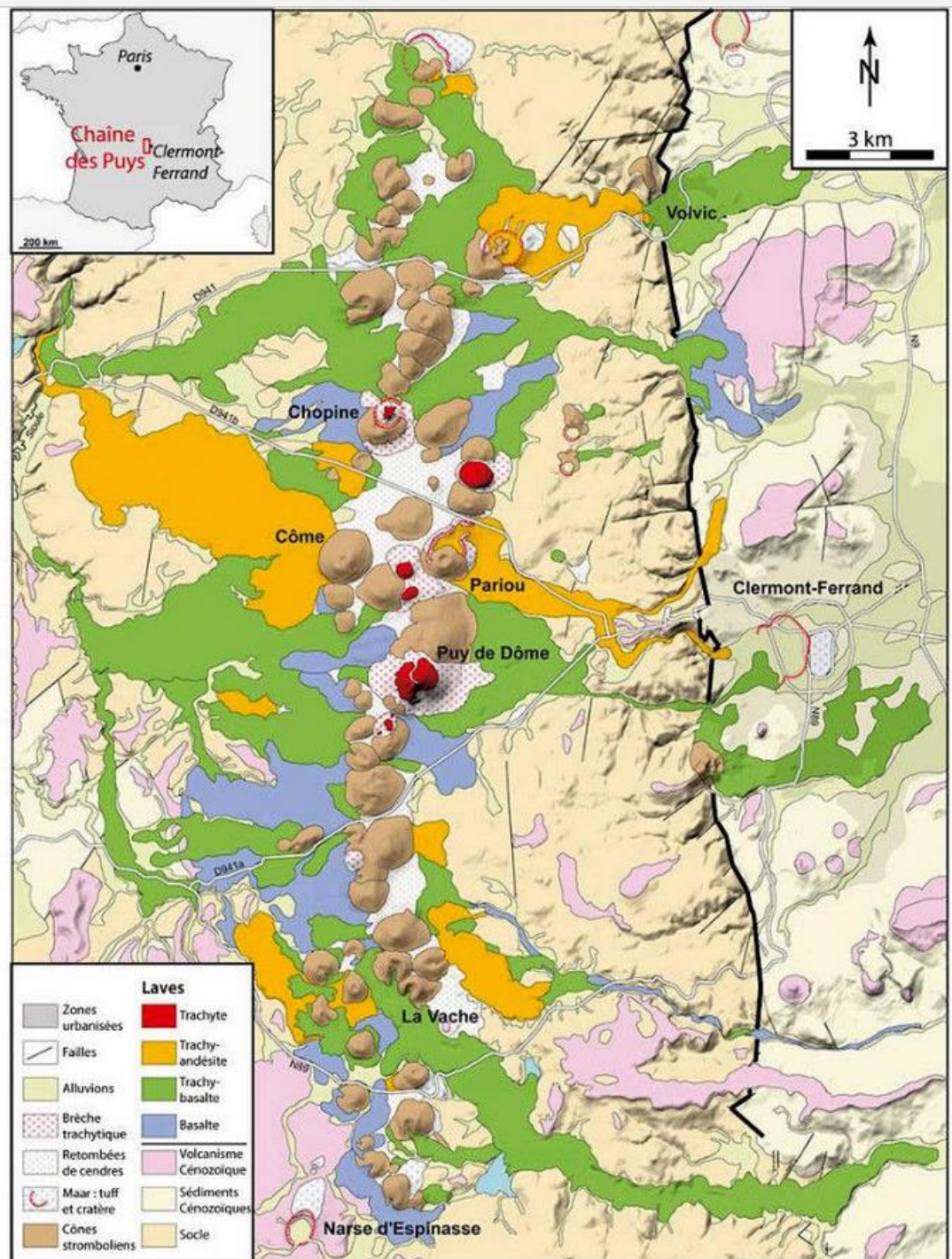
(Nehlig P. et coll., 2003 in : <http://www2.brgm.fr/volcan/papgeologie.pdf> et Dercourt J., Paquet J., « Géologie : Objets et méthodes » Dunod Ed.).



Modifié d'après Maury et Varet, 1980

Carte Volcanologique de la Chaîne des Puys

(BOIVIN P. et al., 5e éd. Éditée et réalisée par le Parc Naturel Régional de
Volcans d'Auvergne)

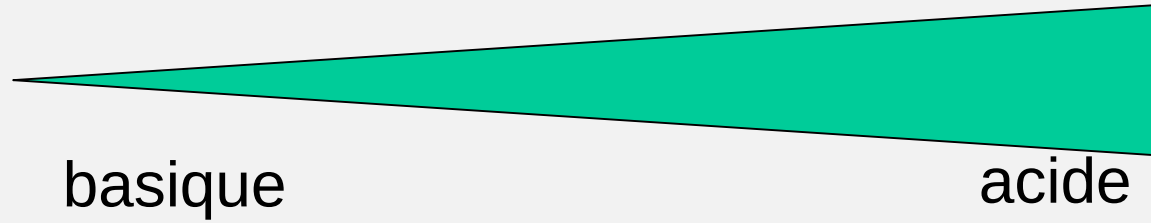


Document 2. Classification simplifiée des roches magmatiques.

Origine et structure	Minéraux clairs Minéraux sombres	Excès de silice		Equilibre de silice			Déficit de silice
		Quartz + Feldspaths		Feldspaths seuls			Feldspaths et felspathoïdes
		Orthose +/- Plagioclases	Plagioclases seuls	Orthose +/- Plagioclases	Plagioclases Ca Anorthite <50	Plagioclases Ca Anorthite >50	
Roches plutoniques = Structure grenue	Biotite Amphibole Pyroxène Olivine	<u>Granite</u>	Granodiorite *	Syénite	<u>Diorite</u>	<u>Gabbro</u>	Syénite néphélinique
Roches Volcaniques = Structure microlithique	Biotite Amphibole Pyroxène Olivine	<u>Rhyolite</u>		<u>Trachyte</u>	<u>Andésite</u>	<u>Basalte</u>	Phonolite Basanite

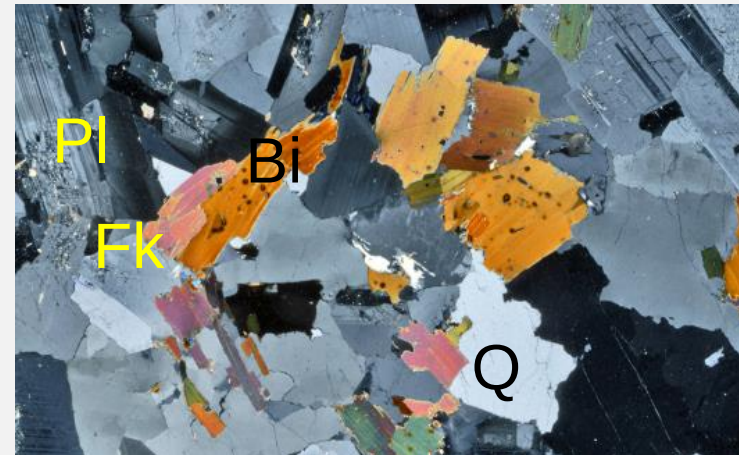
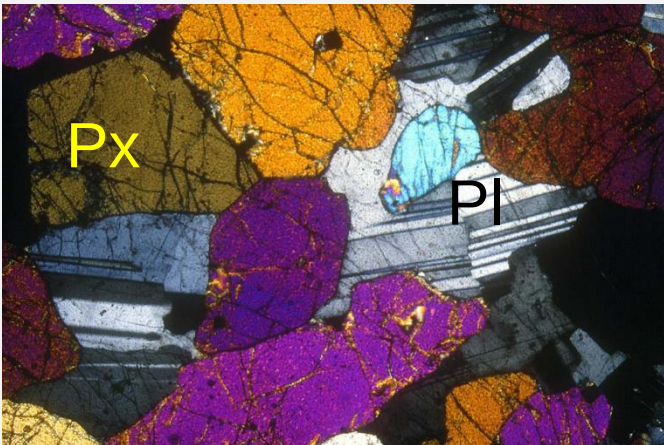
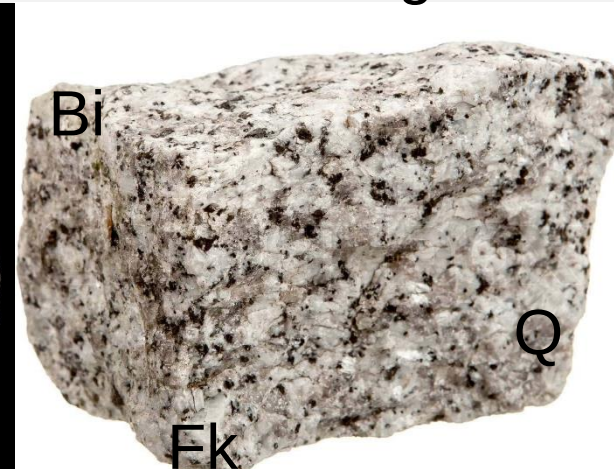
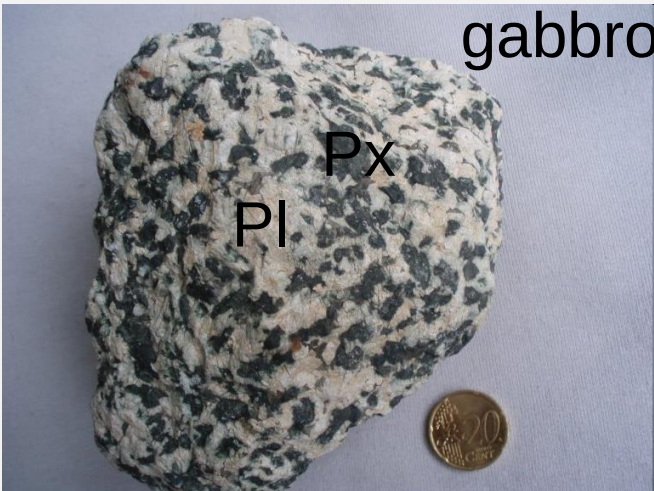
* parfois quelques pyroxènes

Roches plutoniques

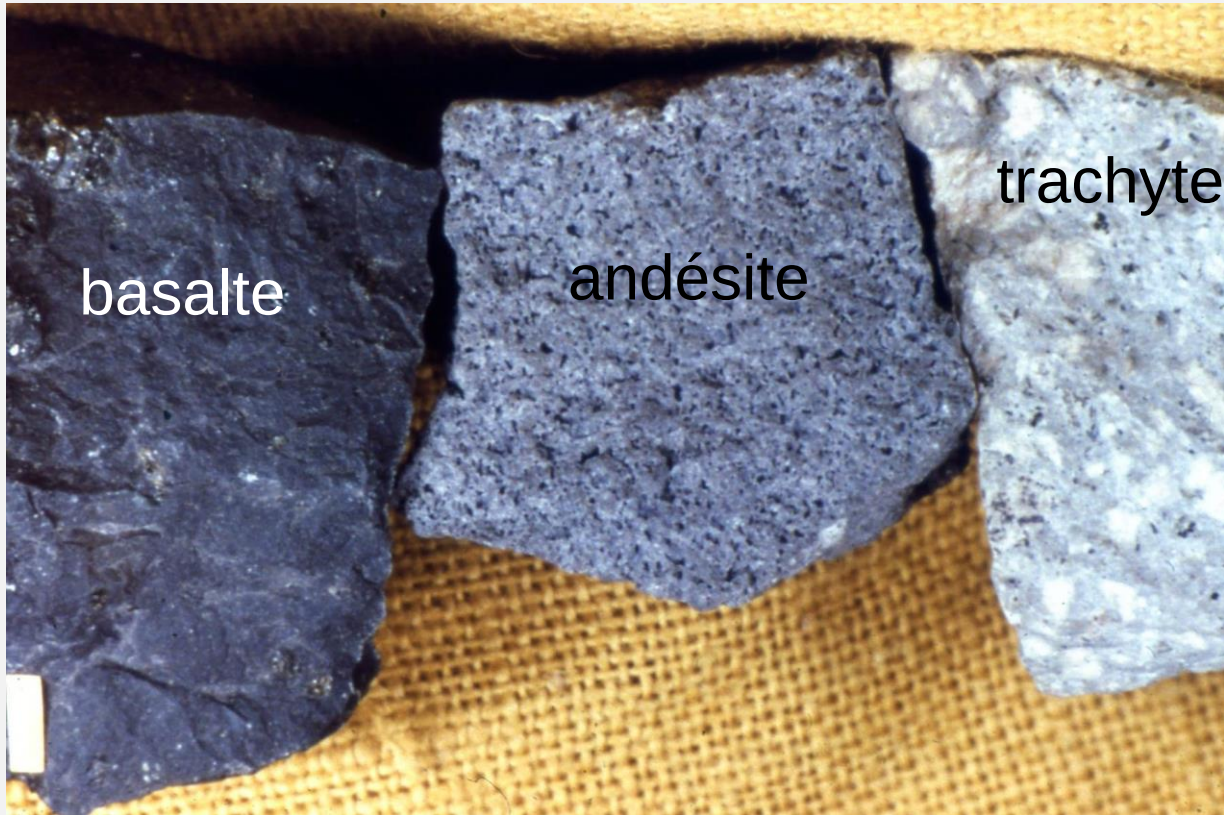
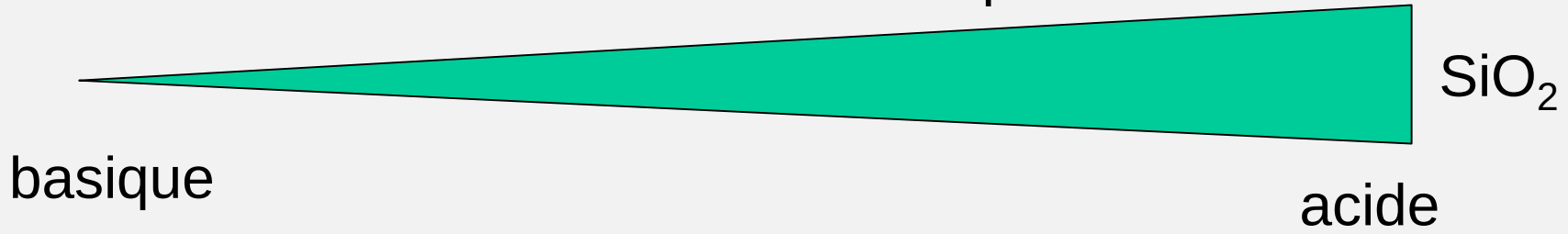


SiO_2

granite



Roches volcaniques



Roches volcaniques

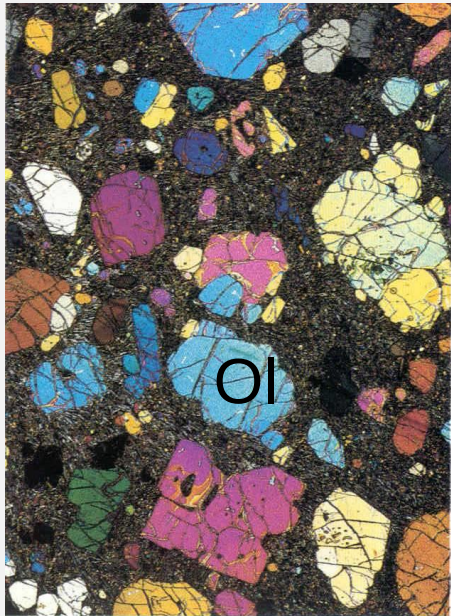
basique

SiO_2

acide

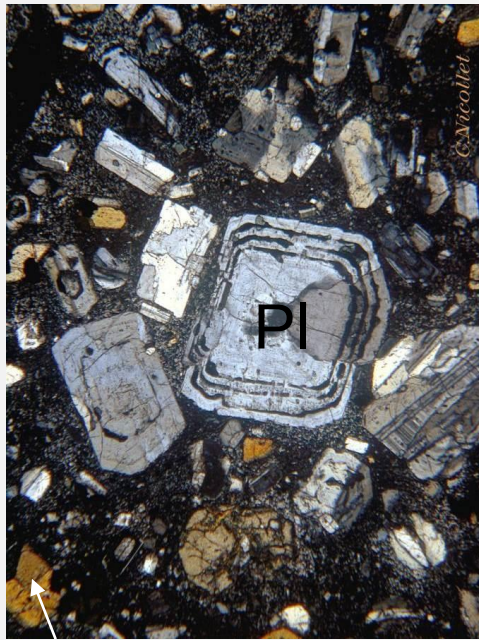
basalte

Pyr



Ol

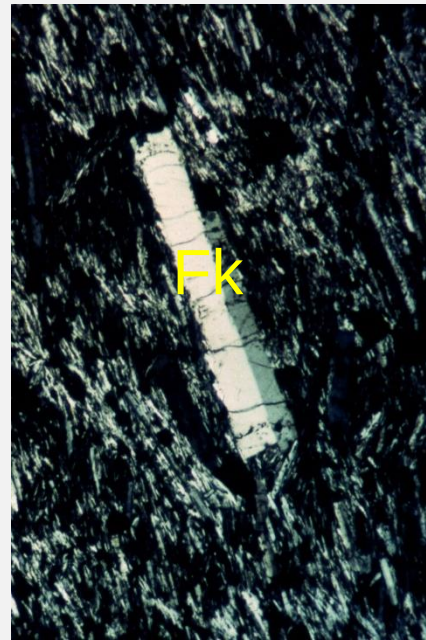
andésite



Pl

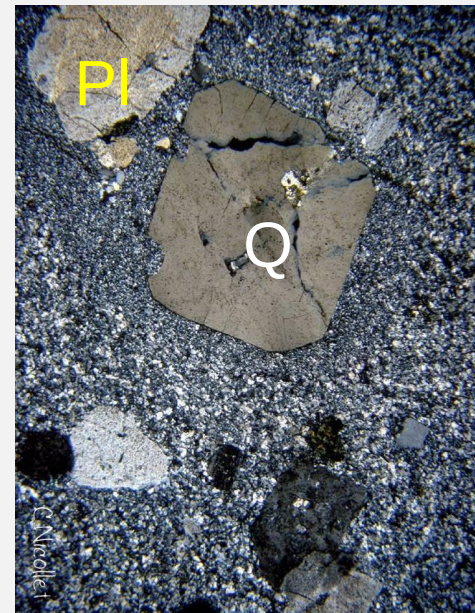
Pyr

trachyte



Fk

rhyolite



Pl

Q

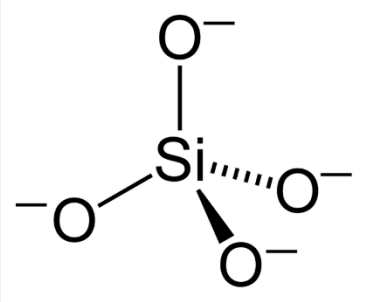
	Éch. 1	Éch. 2	Éch. 3
Quartz	-	5	32
Orthose*	5	30	30
Albite*	20	47	25
Anorthite*	25	7	5
Feldspathoïdes	5	0	0
Diopside et hypersthène	21	11	0
Olivine	20		0
Magnétite	4		0
Micas, amphiboles	0		8

*L'orthose est un feldspath potassique, l'albite est un feldspath plagioclase sodique, l'anorthite est un feldspath plagioclase calcique.

Document 4. Composition minéralogique normative de deux roches échantillonnées dans la chaîne des Puys.

A partir de la composition d'une roche en pourcentage pondéraux d'oxydes, on calcule une composition minéralogique normative ou norme en regroupant les éléments chimiques majeurs pour construire des minéraux « théoriques » (la composition modale, elle, indique la proportion des minéraux observés).

Les feldspaths :



Appartiennent aux silicates :
motif élémentaire = le tétraèdre SiO_2

Orthose KAlSi_3O_8 = feldspath **potassique** F_K

Albite $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ = feldspath **plagioclase sodique**

Anorthite $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ = feldspath **plagioclase calcique**

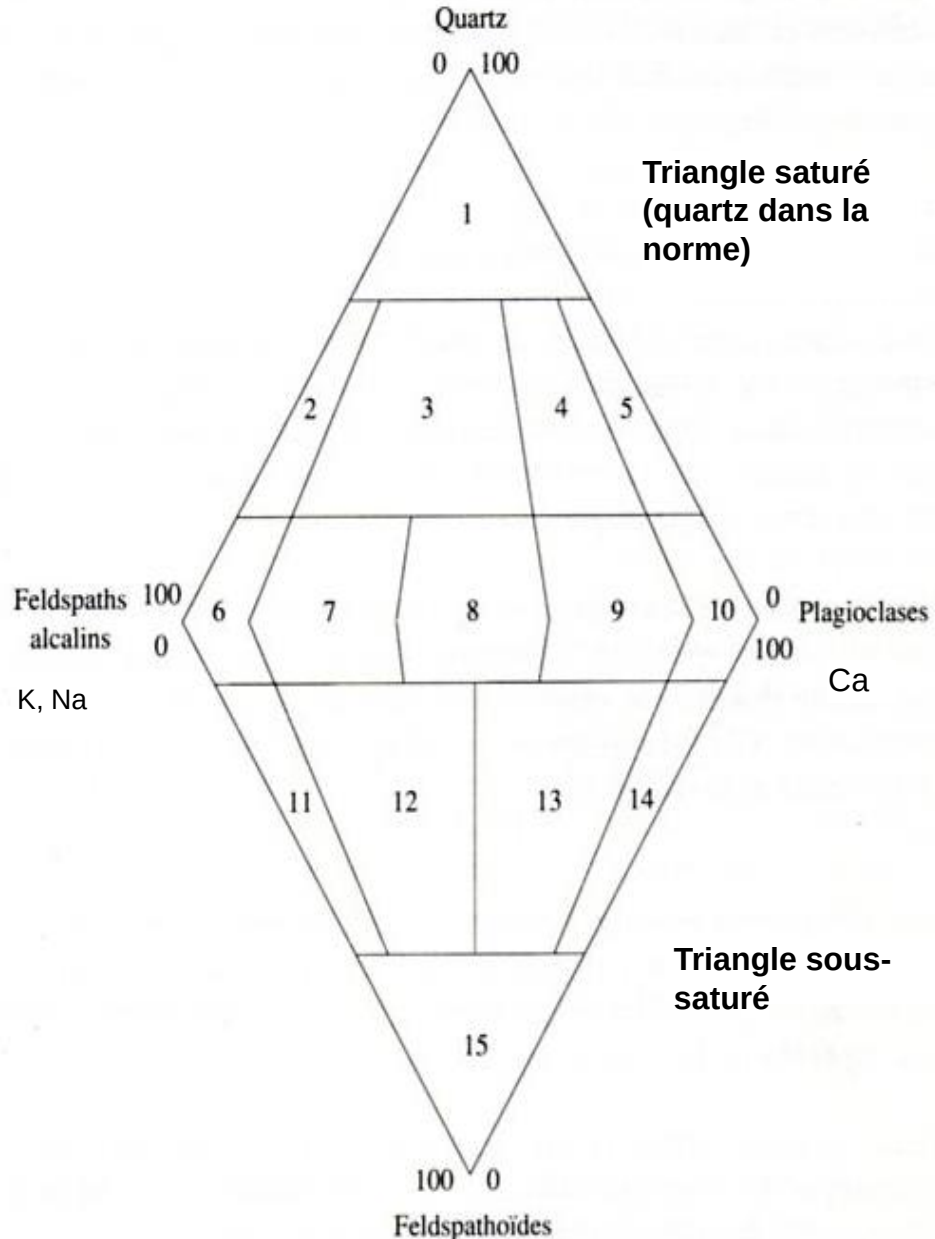
} feldspaths
alcalins

Diagramme de classification des roches magmatiques.

Classification de Streckeisen pour les roches plutoniques, étendue aux roches volcaniques.

- | | |
|---|--|
| 1 : roches hyperquartzeuses | |
| 2 : GRANITES ALCALINS
Rhyolites alcalines | 9 : MONZODIORITES MONZOGABBROS
Trachyandésites Trachybasaltes |
| 3 : GRANITES
Rhyolites | 10 : DIORITES GABBROS
Andésites Basaltes |
| 4 : GRANODIORITES
Dacites | 11 : SYENITES FELDSPATHOÏDIQUES
Phonolites feldspathoïdiques |
| 5 : TONALITES
Andésites Basaltes quartziques | 12 : MONZOSYENITES FELDSPATHOÏDIQUES
Phonolites |
| 6 : SYENITES ALCALINES
Trachytes alcalins | 13 : ESSEXITES
Téphrites |
| 7 : SYENITES
Trachytes | 14 : THERALITES
Basanites |
| 8 : MONZONITES
Latites | 15 : FELDSPATHOÏDITES (IOLITES, MISSOURITES)
Néphélinites, leucitites |

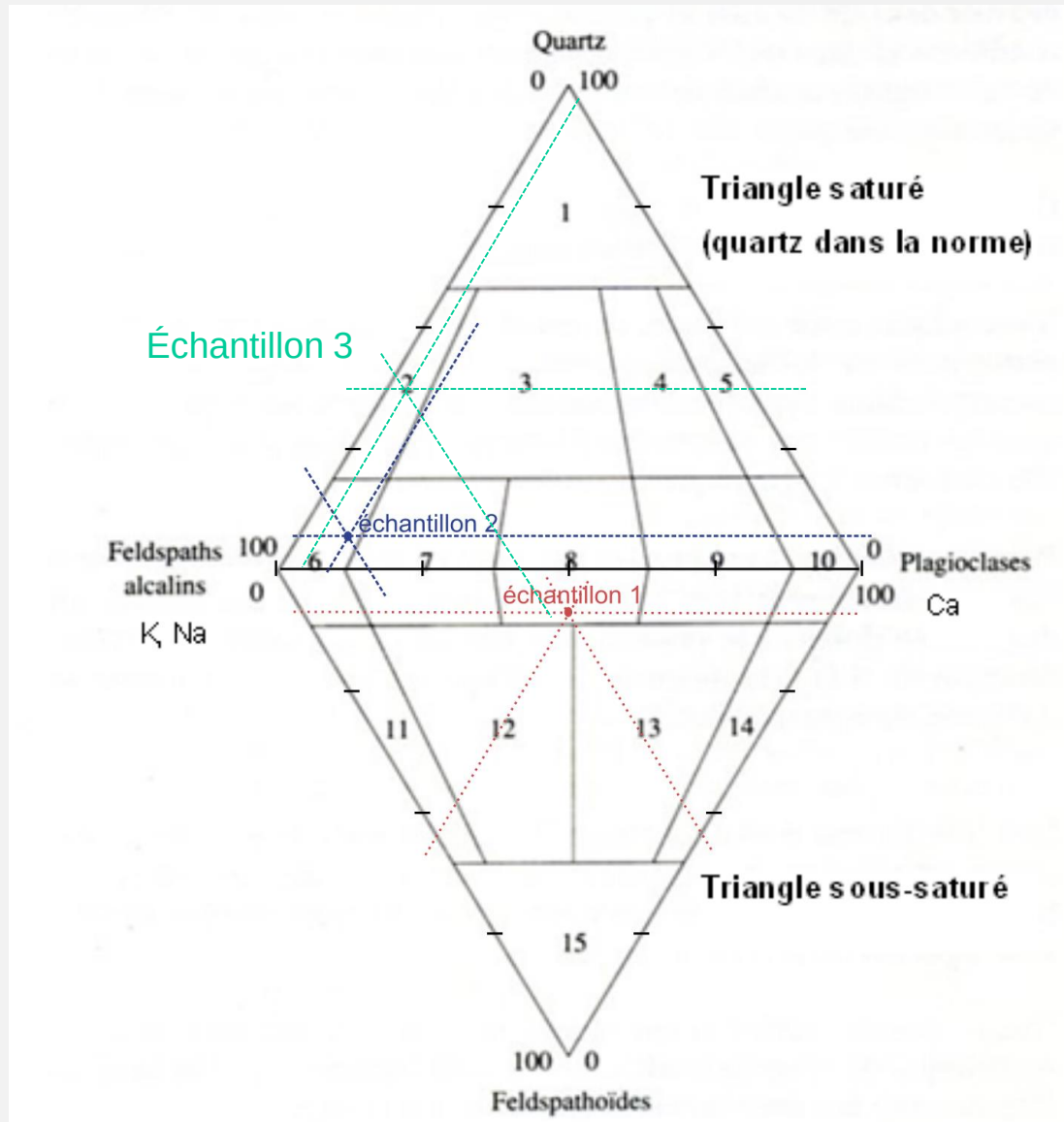
En majuscules : roches plutoniques. En minuscules : roches volcaniques.



1. Recalculer les % par rapport au total des minéraux blancs.

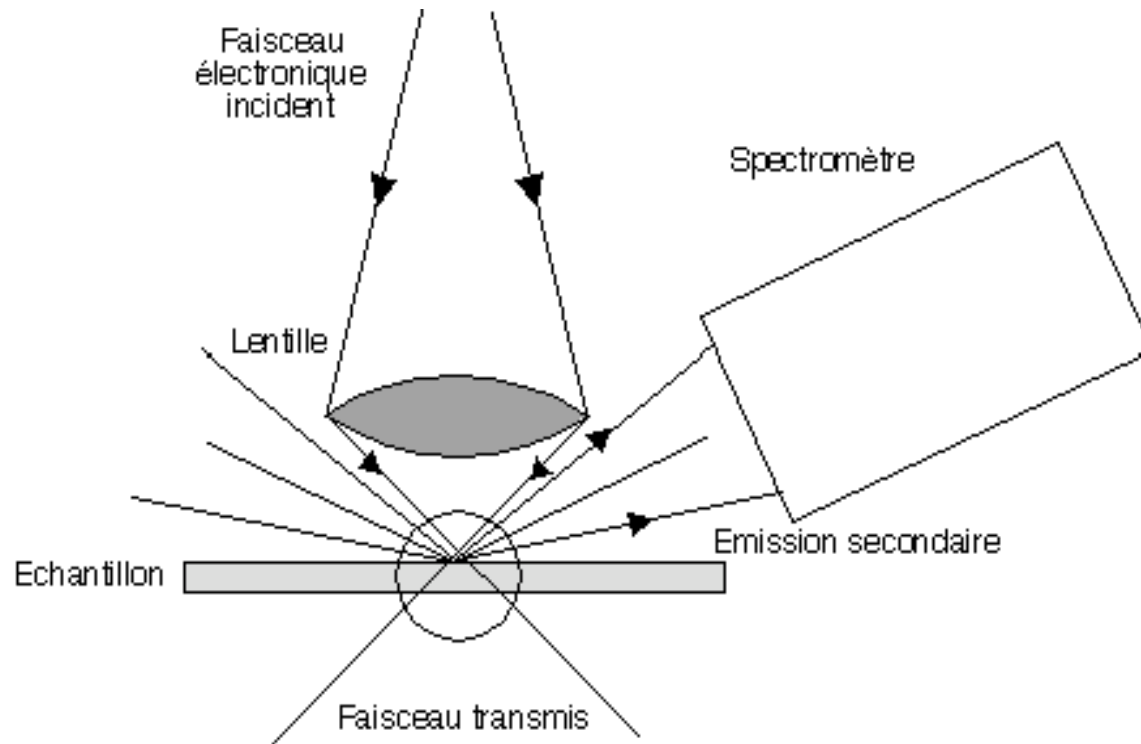
	Échantillon 1	Échantillon 2	Échantillon 3
Quartz	-	6	35
Feldspaths alcalins	45	86	60
Feldspaths plagioclases	45	8	5
Feldspathoïdes	10		

2. Reporter dans le diagramme :

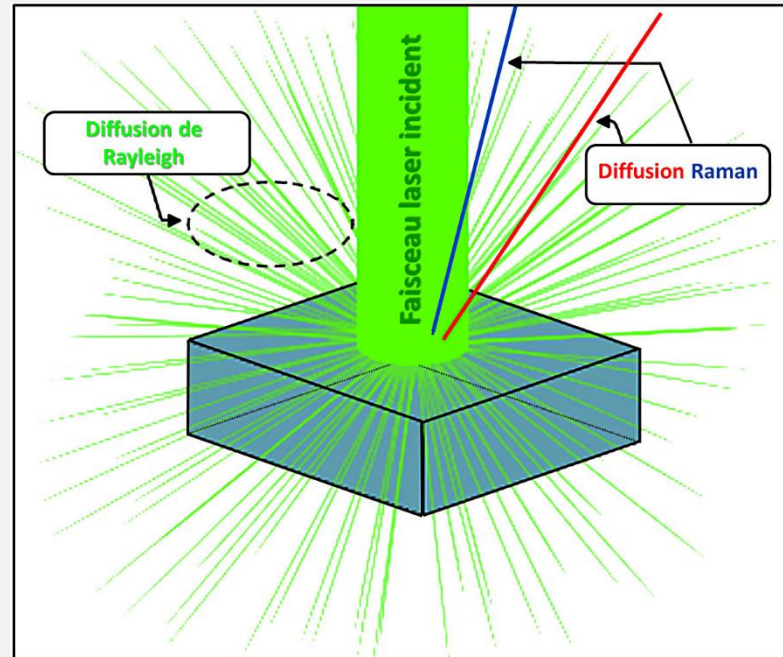


Détermination de la composition chimique globale d'une roche : utilisation d'une microsonde électronique

- un faisceau électronique est émis et dirigé sur l'échantillon
- des électrons sont réfractés, d'où un rayonnement secondaire envoyé vers le réfractomètre,
- la longueur d'onde, l'énergie, la masse des particules du faisceau secondaire permettent de déterminer la nature des éléments contenus dans l'échantillon et de les quantifier.



Une méthode non intrusive (donc non destructrice) pour identifier la nature et la composition d'un minéral : la spectrométrie Raman



La spectroscopie Raman repose sur la mise en évidence des vibrations moléculaires par le changement de longueur d'onde de la lumière qui se diffuse dans la matière.

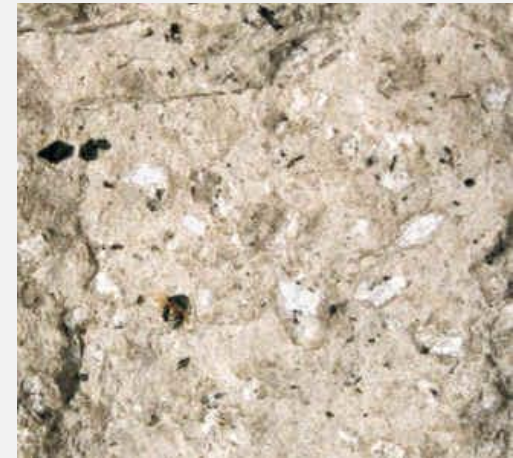
Pour cela on utilise une source laser (donc monochromatique) et l'on enregistre et analyse avec des détecteurs très sensibles la faible lumière diffusée par cet effet Raman dans d'autres longueurs d'onde que le faisceau incident.

Pour en savoir plus : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg656-2019-11-18.xml>

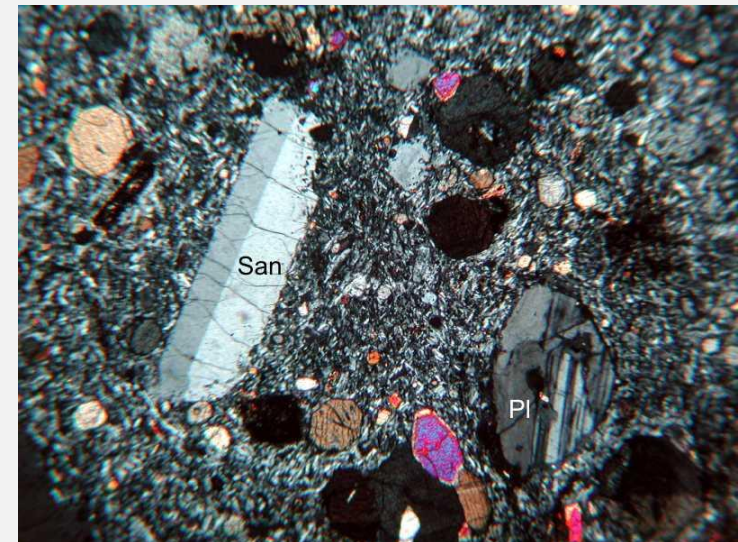
Caractéristiques de roches de la chaîne des Puys



Basalte alcalin
de Saint-Saturnin



Trachyte



	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
Basalte	45.40	16.10	12.00	6.90	10.50	2.70	2.00	3.60	0.19	0.64
Trachyte	65.05	19.65	3.25	0.75	1.25	5.05	3.90	0.50	0.15	0.10

	péridotite	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
ID		36,31	40,61	51,74	56,78	67,01	75,45	90,86
SiO ₂	42,26	47,25	48,50	52,20	53,21	57,10	60,20	69,35
TiO ₂	0,63	2,25	2,16	1,81	1,49	1,12	0,83	0,39
Al ₂ O ₃	4,23	15,85	16,56	16,9	17,6	17,89	17,90	15,55
Fe ₂ O ₃ ^T	11,49	12,08	11,86	9,84	11,75	6,83	4,69	2,38
MnO	0,41	0,17	0,18	0,20	0,20	0,19	0,22	0,18
MgO	31,24	6,62	5,28	3,89	2,48	1,94	1,07	0,36
CaO	5,05	9,86	9,21	7,55	5,89	4,53	3,10	1,25
Na ₂ O	0,49	3,70	3,92	4,45	5,00	5,42	5,58	5,60
K ₂ O	0,34	1,68	1,80	2,47	2,71	3,40	3,82	4,88
P ₂ O ₅	?	0,61	0,72	0,73	0,31	0,55	0,31	0,09

Cp1 : coulée de la cheire d'Aydat (basalte alcalin)

Cp2 : coulée de la vallée de la Tiretaine (hawaïte = « labradorite »)

Cp3 : coulée du Puy de Louchadière (mugéarite)

Cp4 : coulée du Pariou (mugéarite)

Cp5 : coulée du puy de la Nugère (benmoréite = « pierre de Volvic »)

Cp6 : dôme du Clerzou (benmoréite = « dômite à amphibole »)

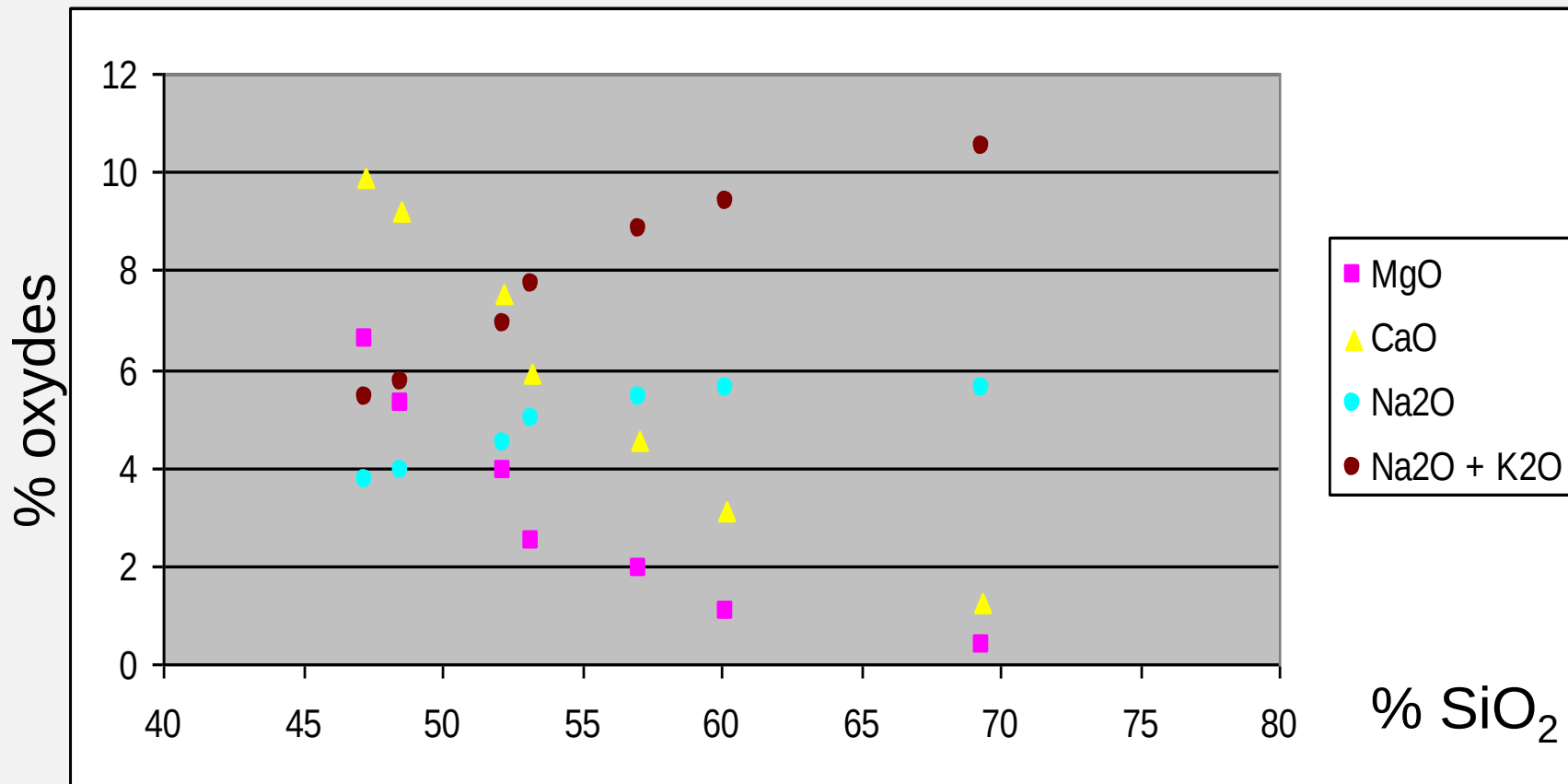
Cp7 : dôme du puy de Dôme (trachyte = « dômite à biotite »)

Fe₂O₃^T = fer total sous forme de Fe₂O₃.

(ID : Indice de différenciation).

Document 5. Compositions chimiques de laves de différents édifices de la Chaîne des Puys et comparaison avec la péridotite mantellique.

(Bonin B., « Pétrologie endogène », Dunod Ed.).



**Evolution de MgO, CaO, Na₂O et Na₂O + K₂O
en fonction de SiO₂ pour les roches étudiées**

Evolution des caractéristiques physiques des laves :

- Lave basaltique : faible viscosité, $T = 1\,200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Lave trachytique : viscosité élevée, $T = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$

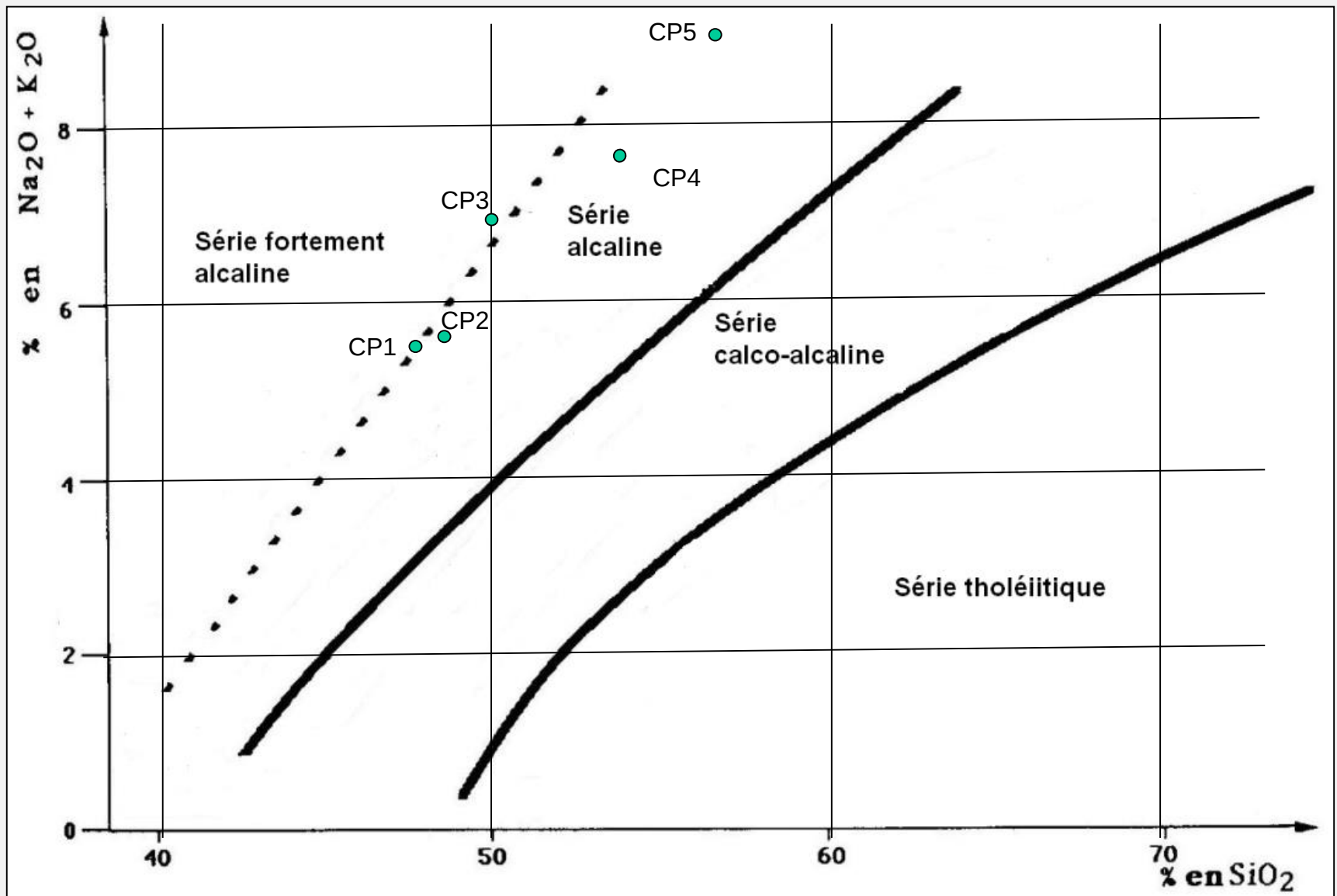
- **Unité de lieu**
- **Unité d'âge**
- **Continuum chimique, minéralogique**
= unité magmatique

Les laves de la chaîne des Puys correspondent à une série magmatique différenciée

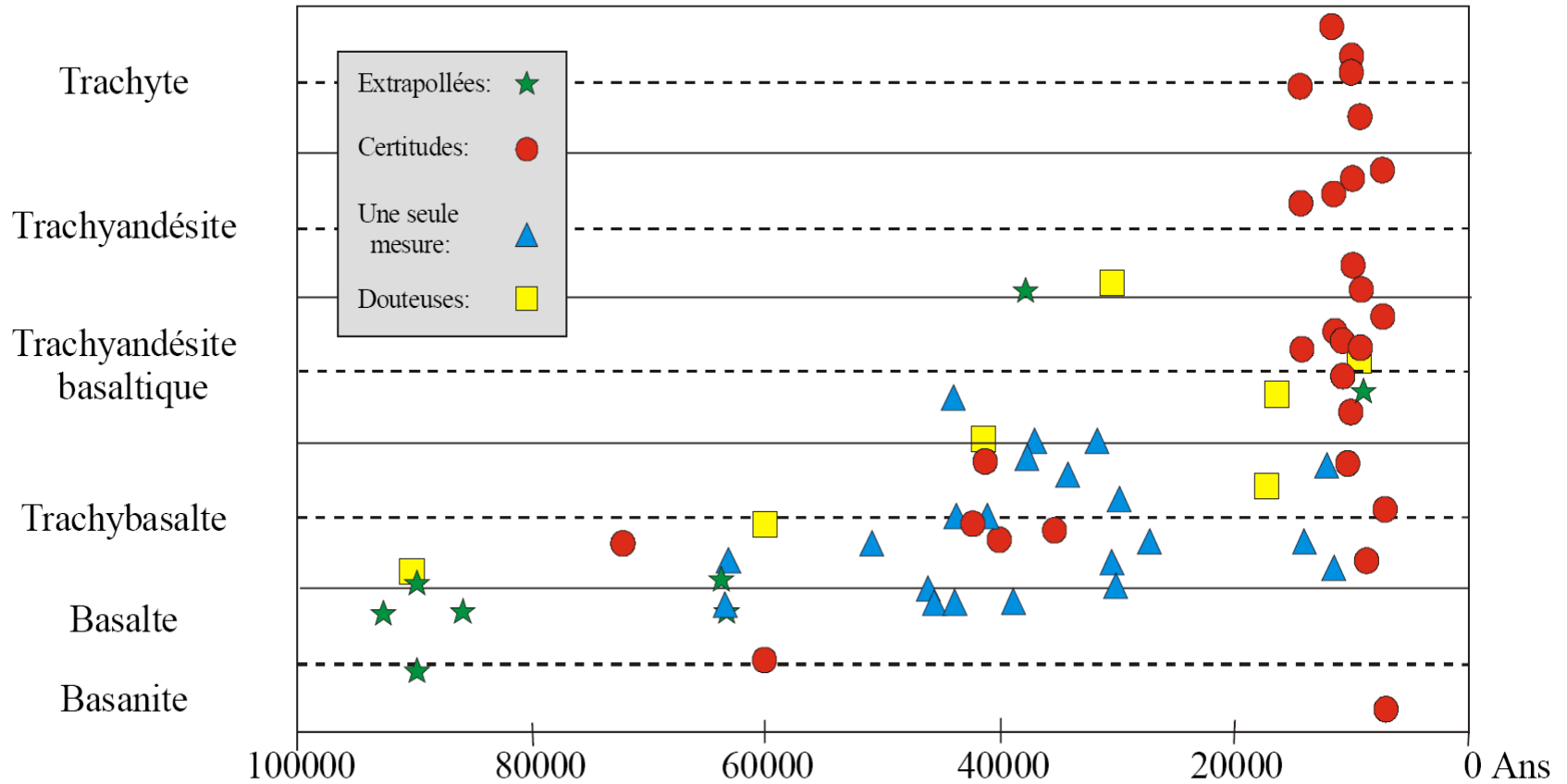
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
ID	36,31	40,61	51,74	56,78	67,01	75,45	90,86
SiO ₂	47,25	48,50	52,20	53,21	57,10	60,20	69,35
TiO ₂	2,25	2,16	1,81	1,49	1,12	0,83	0,39
Al ₂ O ₃	15,85	16,56	16,9	17,6	17,89	17,90	15,55
Fe ₂ O ₃ ^T	12,08	11,86	9,84	11,75	6,83	4,69	2,38
MnO	0,17	0,18	0,20	0,20	0,19	0,22	0,18
MgO	6,62	5,28	3,89	2,48	1,94	1,07	0,36
CaO	9,86	9,21	7,55	5,89	4,53	3,10	1,25
Na ₂ O	3,70	3,92	4,45	5,00	5,42	5,58	5,60
K ₂ O	1,68	1,80	2,47	2,71	3,40	3,82	4,88
P ₂ O ₅	0,61	0,72	0,73	0,31	0,55	0,31	0,09

Cp1 : coulée de la cheire d'Aydat (basalte alcalin)
Cp2 : coulée de la vallée de la Tiretaine (hawaïte = « labradorite »)
Cp3 : coulée du Puy de Louchadière (mugéarite)
Cp4 : coulée du Pariou (mugéarite)
Cp5 : coulée du puy de la Nugère (benmoréite = « pierre de Volvic »)
Cp6 : dôme du Clierzou (benmoréite = « dômite à amphibole »)
Cp7 : dôme du puy de Dôme (trachyte = « dômite à biotite »)
Fe₂O₃^T = fer total sous forme de Fe₂O₃.
(ID : Indice de différenciation).

Termes les plus différenciés

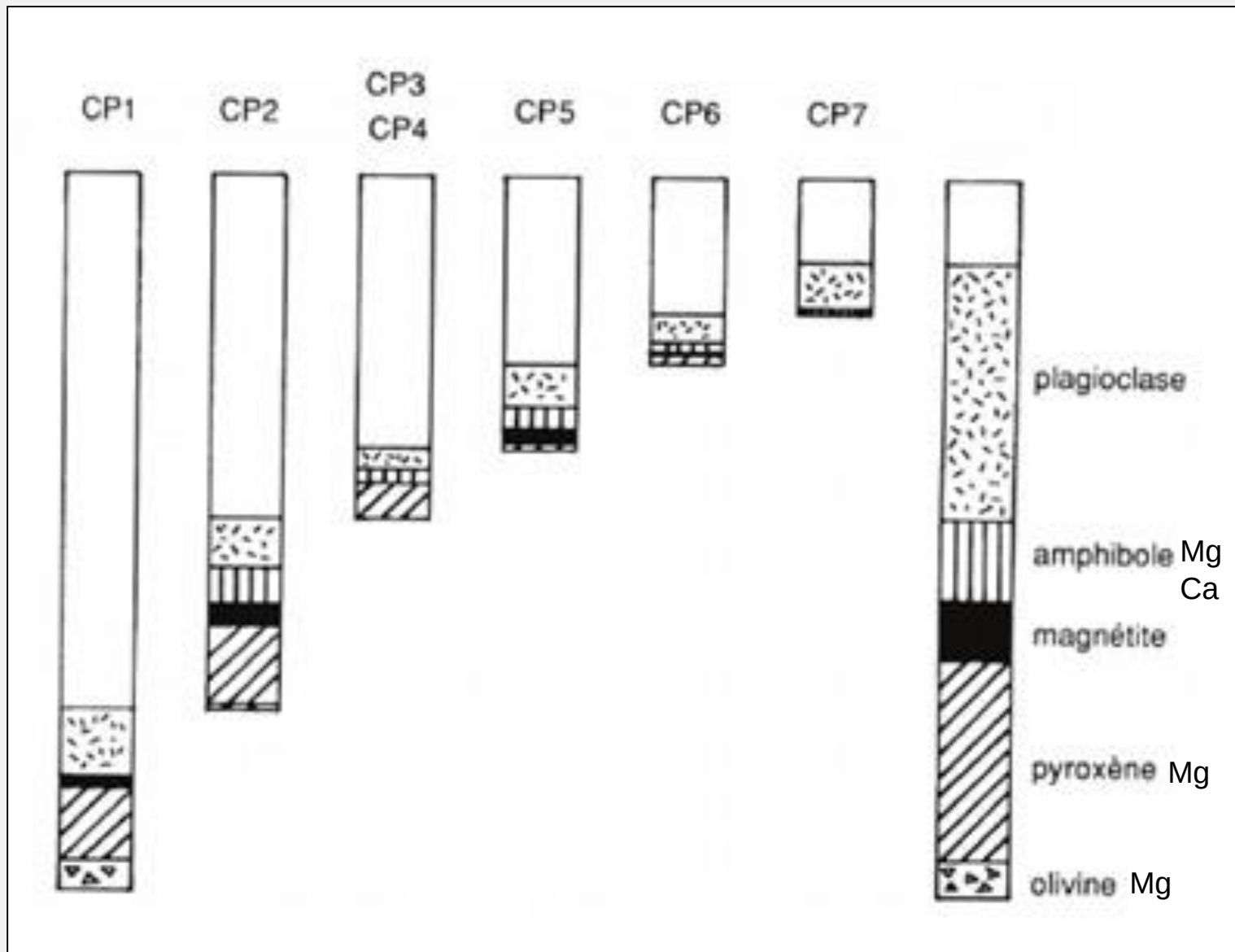


Document 6. Les différentes séries magmatiques et leur position dans un diagramme alcalins – silice (diagramme de Harker).

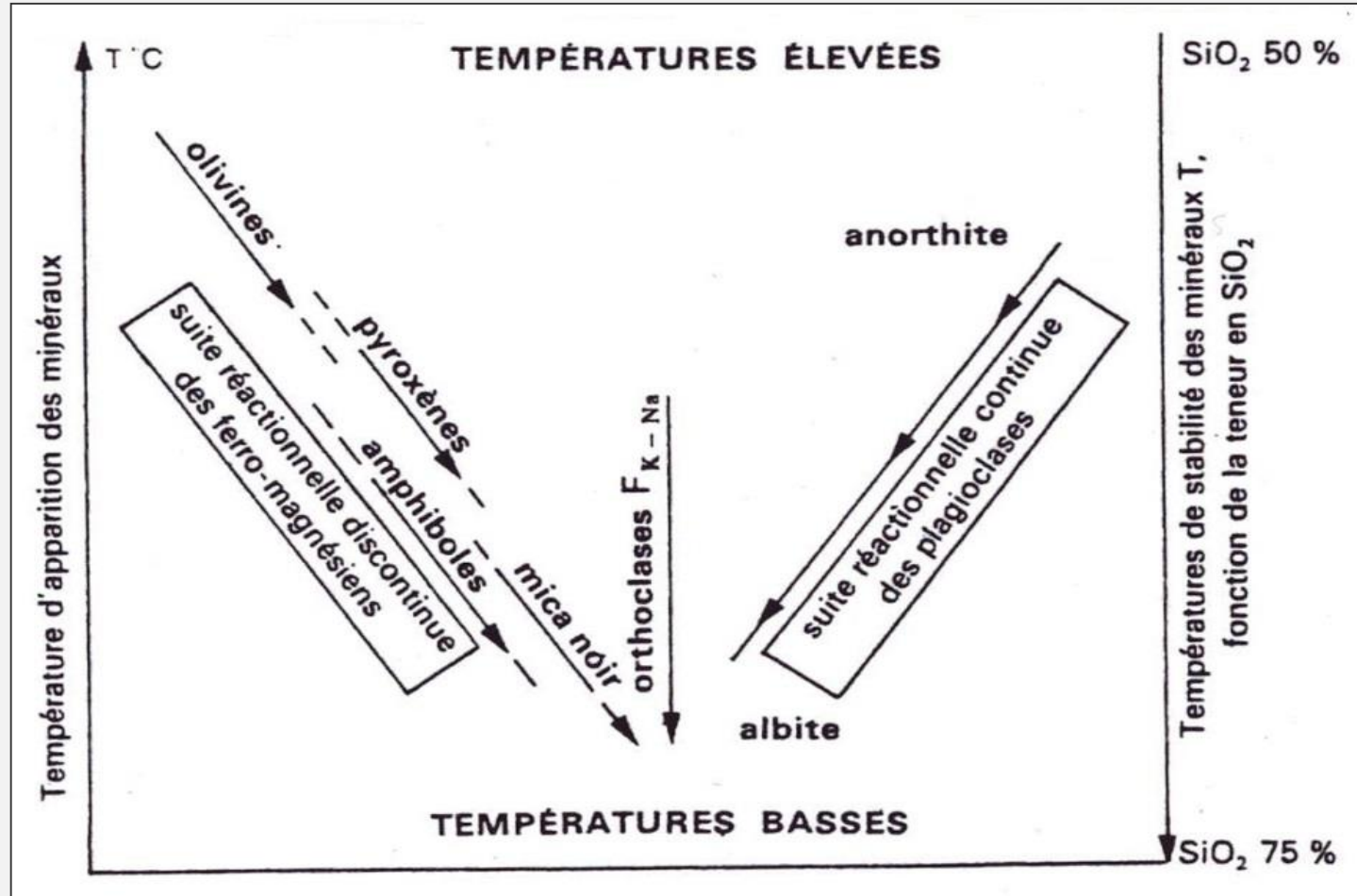


D'après ROSSEEL (1995)

Document 9. Ages des différentes roches volcaniques de la chaîne des Puys.



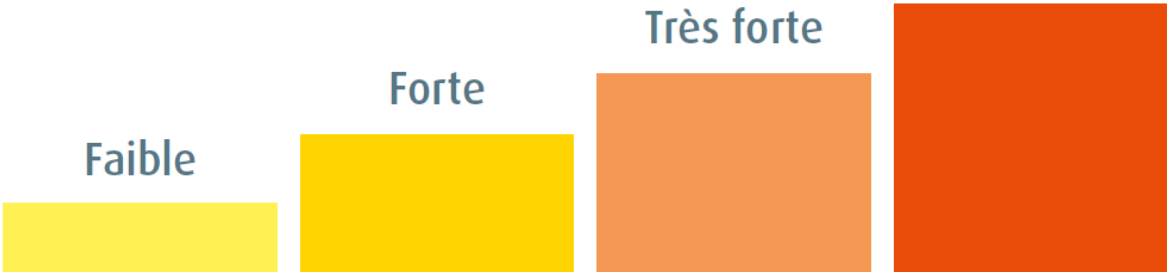
Document 7. Composition minéralogique des roches de la chaîne des Puys (CP1 à CP7 : voir document 5).



Document 8. Les suites réactionnelles de Bowen.

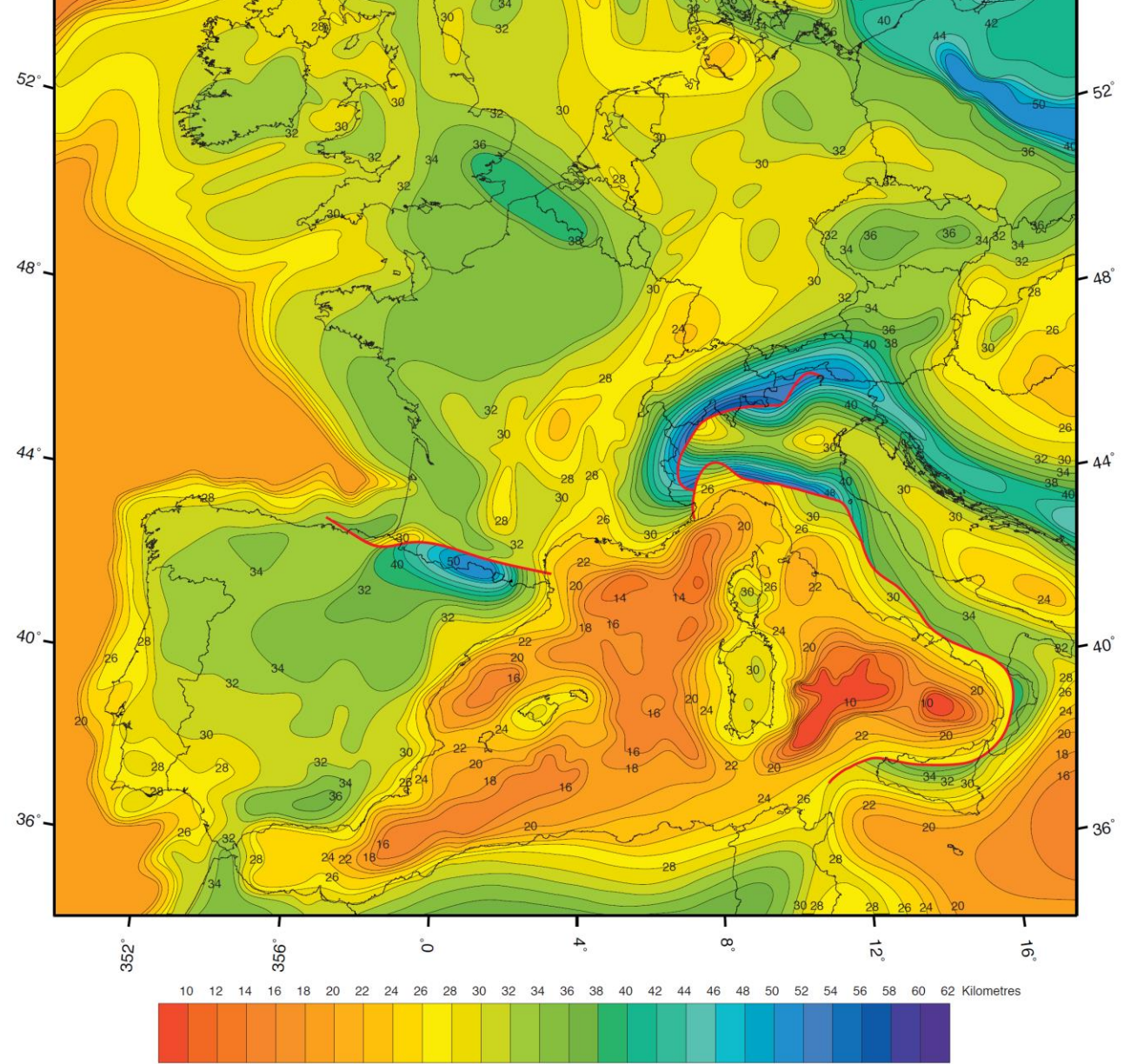
Dès 1922, Bowen et ses collaborateurs ont mis en évidence expérimentalement un ordre de cristallisation des minéraux à partir d'un magma primaire, en fonction de la température et de la teneur en silice du magma initial.

(Dercourt J., Paquet J., « Géologie : objets et méthodes », Dunod Ed.).

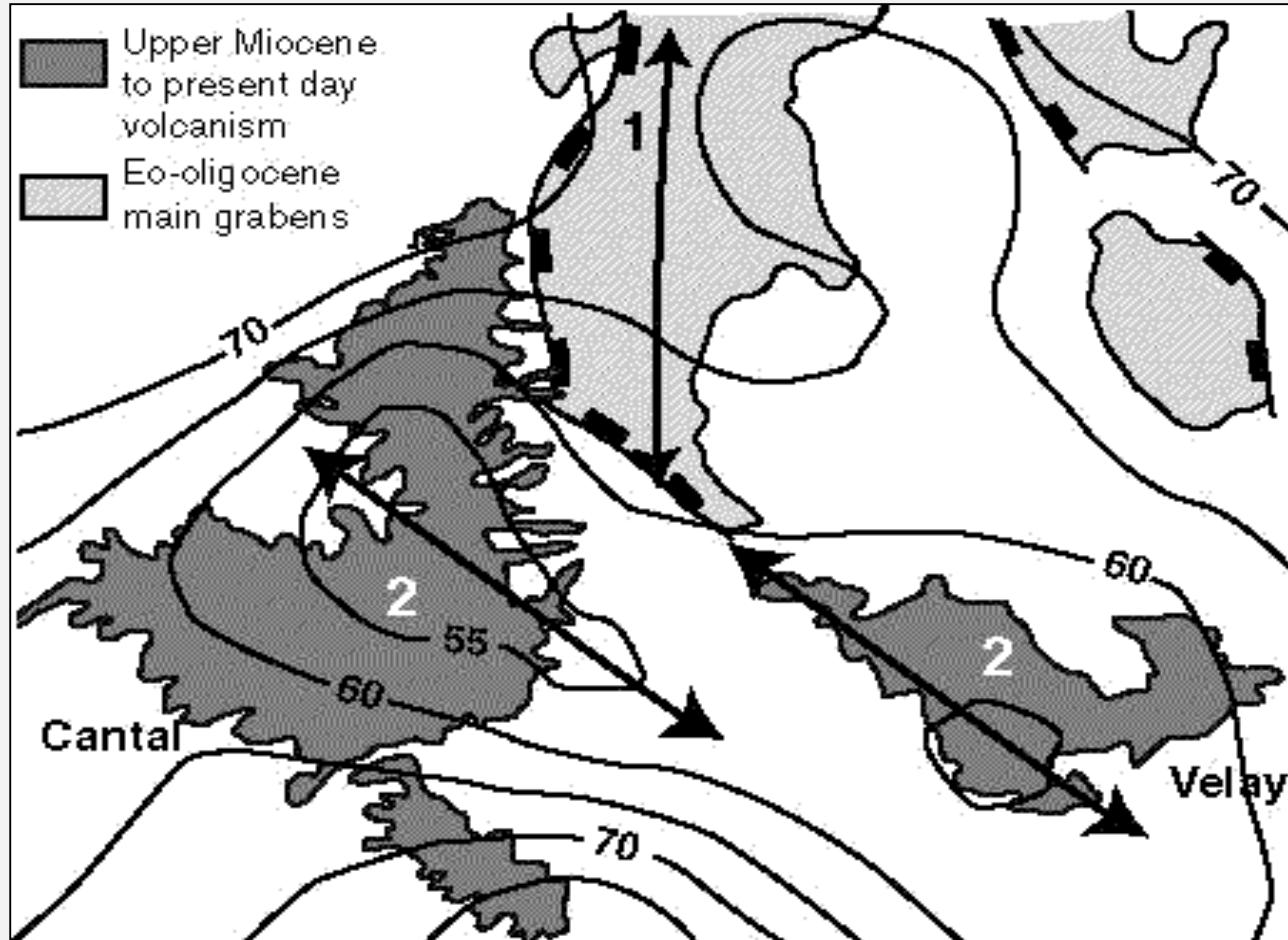
Magma	Température d'émission	 1160 °C 900 °C			
	Teneur en silice	 48-52 % 52-63 % 63-68 % 68-77 %			
	Viscosité	 Faible Forte Très forte Extrême			

Document 10. Quelques caractéristiques des magmas.

Carte du Moho Européen



Depth to the Mohorovicic discontinuity, compiled with data from: Aljinovic et al. 1987; Ansgore et al. 1992; Argnani and Savelli 2001; Argnani and Torelli 2001; Arlitt et al. 1999; Blundell et al. 1992; Bois et al. 1994; Carrara 2001; Chadwick & Pharaoh, 1998; Chamot-Rooke et al. 1999; Chantraine et al. 1996; Cloetingh & Lankreijer 2001; Deichmann et al. 2000; Frasier et al. 1996; Giese & Bunes 1992; Hansen et al. 2000; Lekey 1999; Monaghan 2001; Morelli, 1998; Prodehl et al. 1995; Pfiffner et al. 1996; Rocca 2001; Rousset et al. 1993; Scarascia et al. 1994; Slejko et al. 1987; Skoko et al. 1987; Thybo et al. 1998; Torné et al. 1996; Van Wees 2000; Waldhauser 1998; Zeyen et al. 1997; Ziegler 1990



Document 11. Carte de la limite lithosphère - asthénosphère sous le Massif Central.

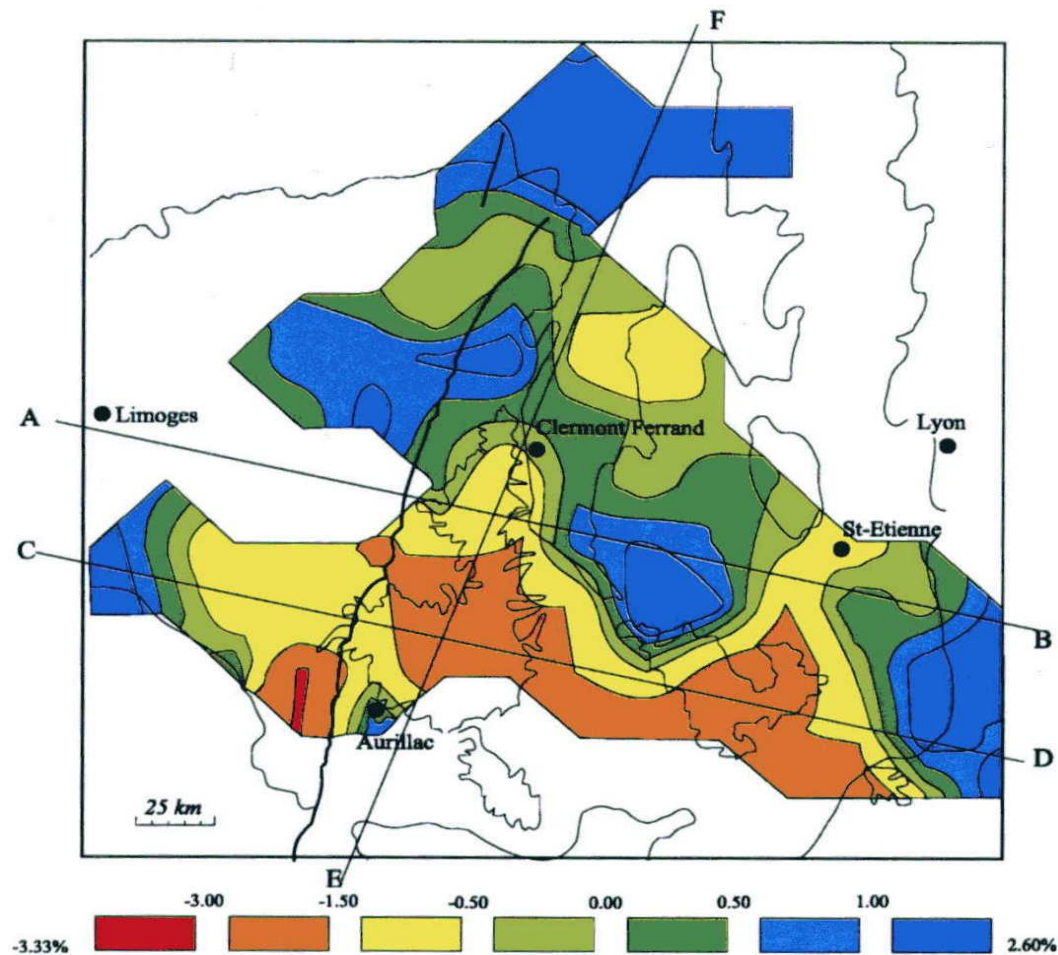
Le toit de l'athénosphère n'est qu'à 50-55 km sous le Cantal, 70 km sous le reste de la zone cartée, et 140 km en dehors du Massif Central.

1 : orientation de l'amincissement crustal eo-oligocène dans le Nord du Massif Central.

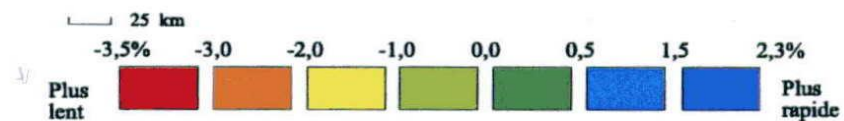
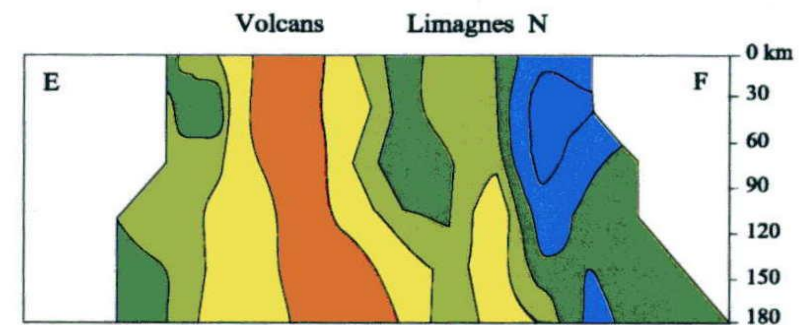
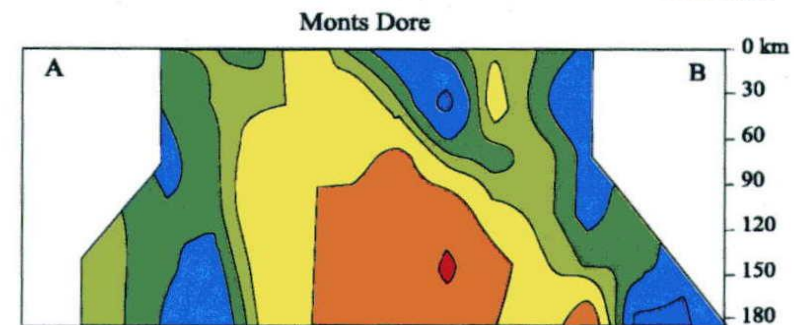
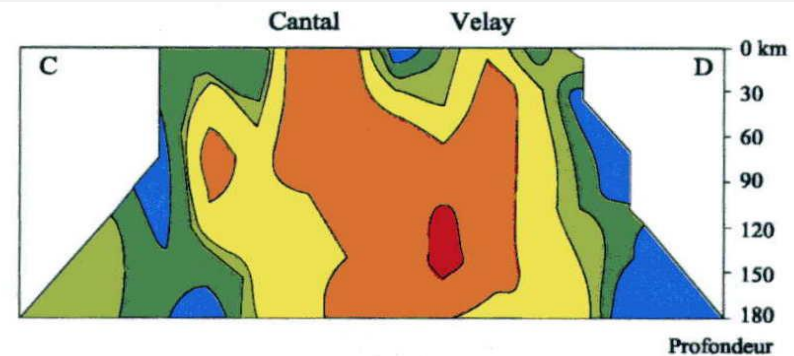
2 : orientation de l'anomalie thermique dans le Sud.

Source : Olivier Merle, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/volcanisme-massif-central.xml>



D'après Granet, Stroll, Dorel, Poupinet et Achauer, 1992.



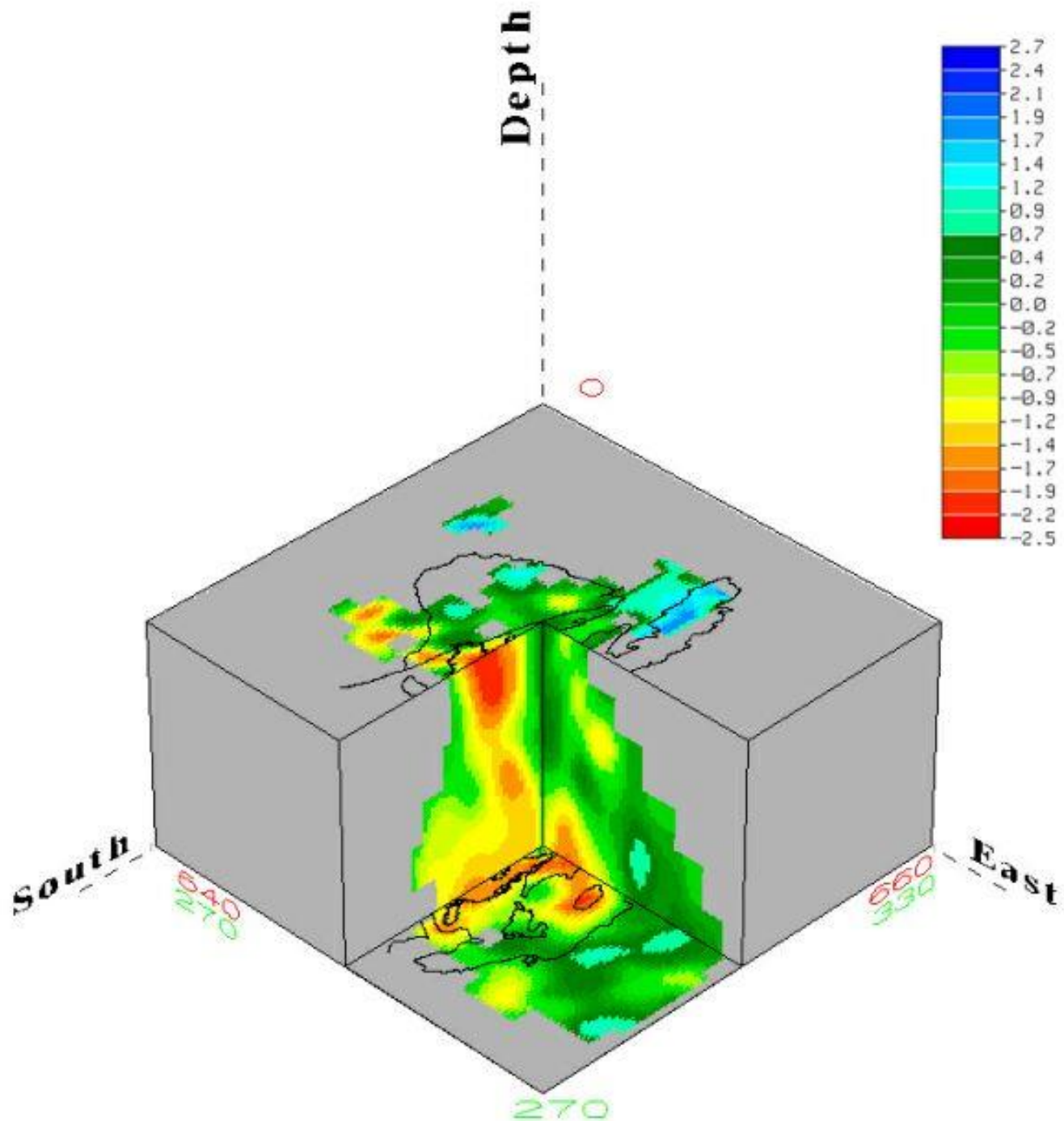
Carte et coupes tomographiques sous le Massif Central

(modifié d'après Granet et al. 1995).

Tomographie sismique sous le Massif Central (jusqu'à 270 km de profondeur).

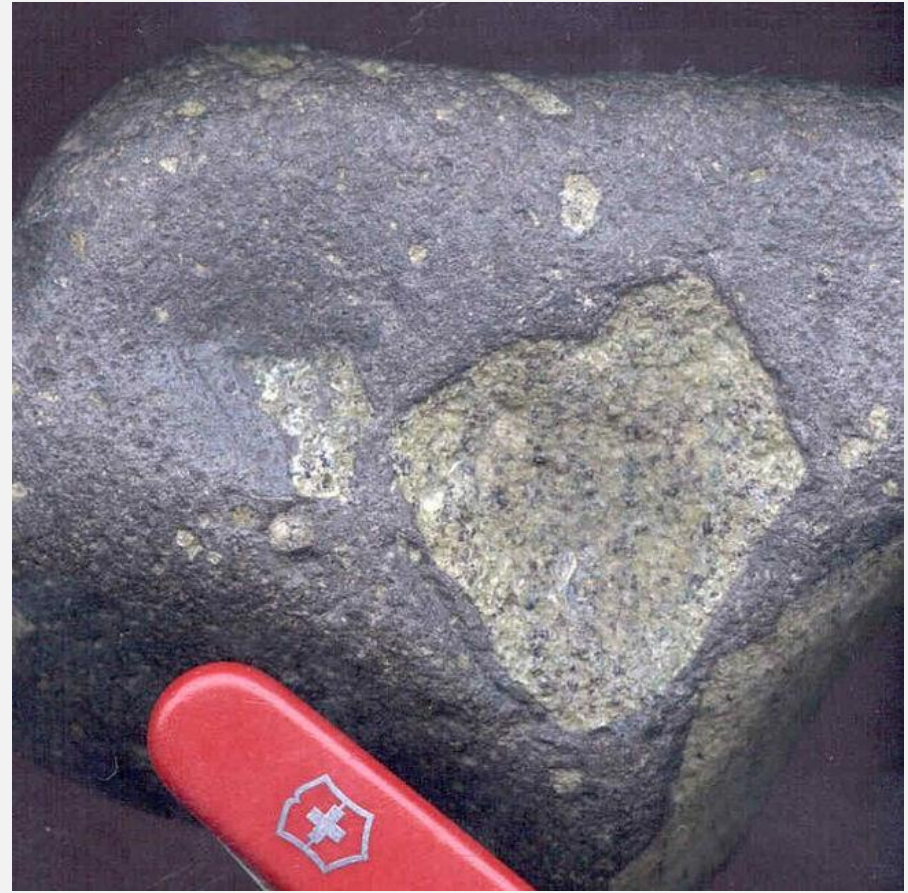
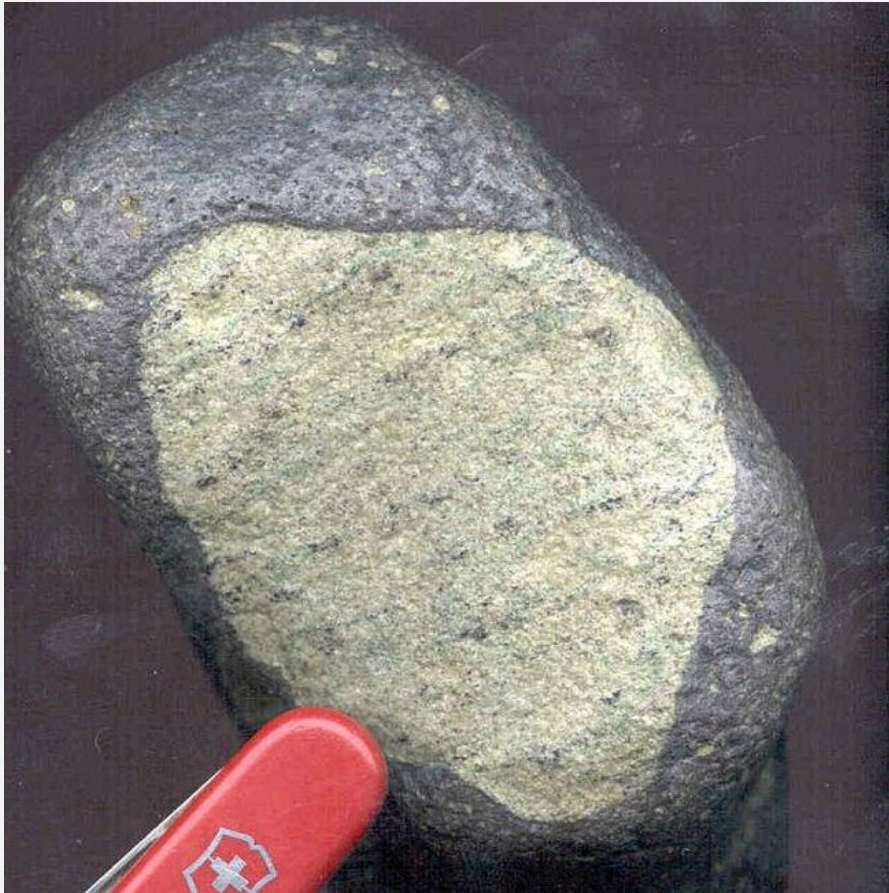
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/massif-central.xml>

(<http://www.cnrs.fr>)



Des témoignages d'une déformation du manteau

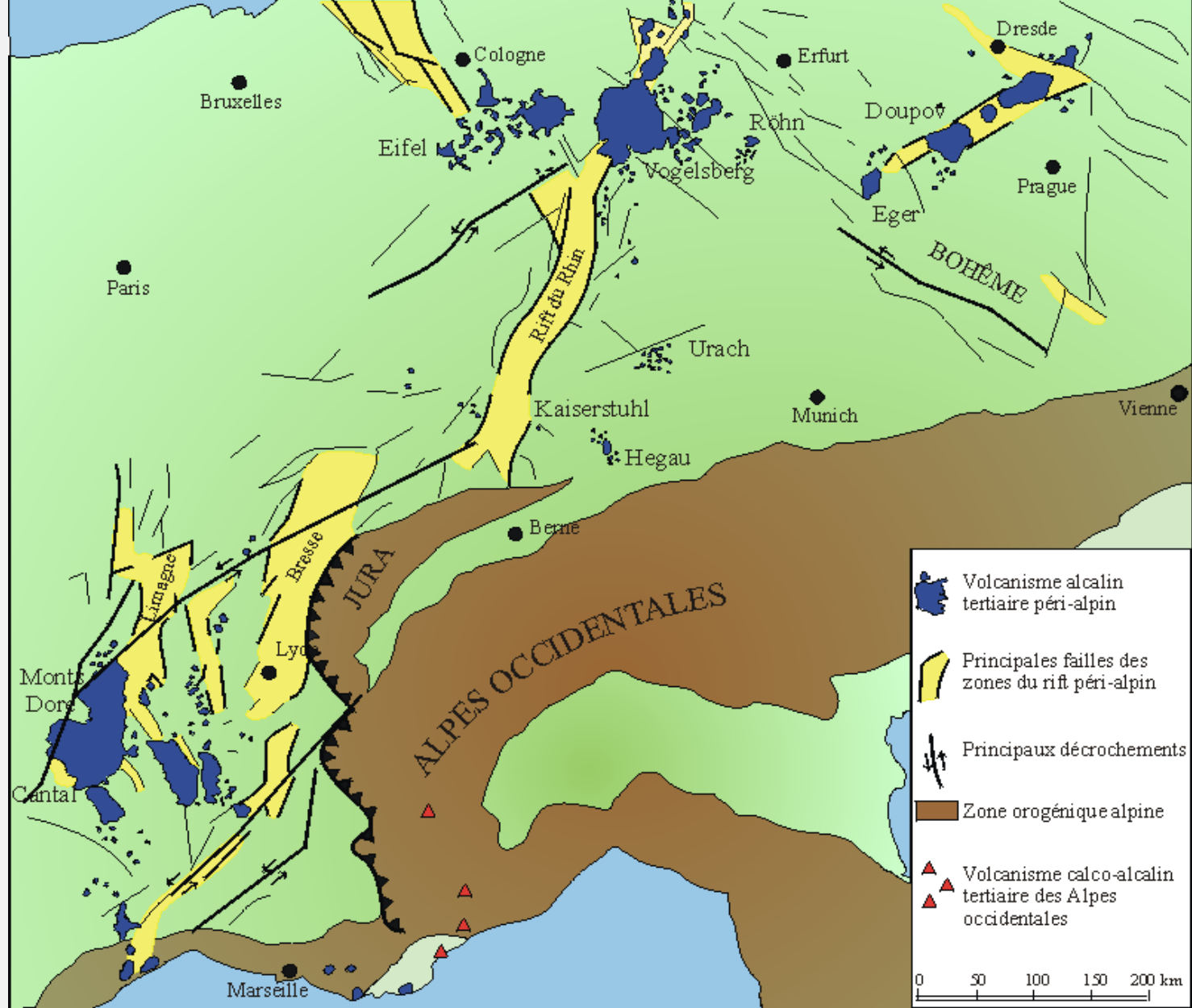
<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/auvergne-point-chaud.xml>



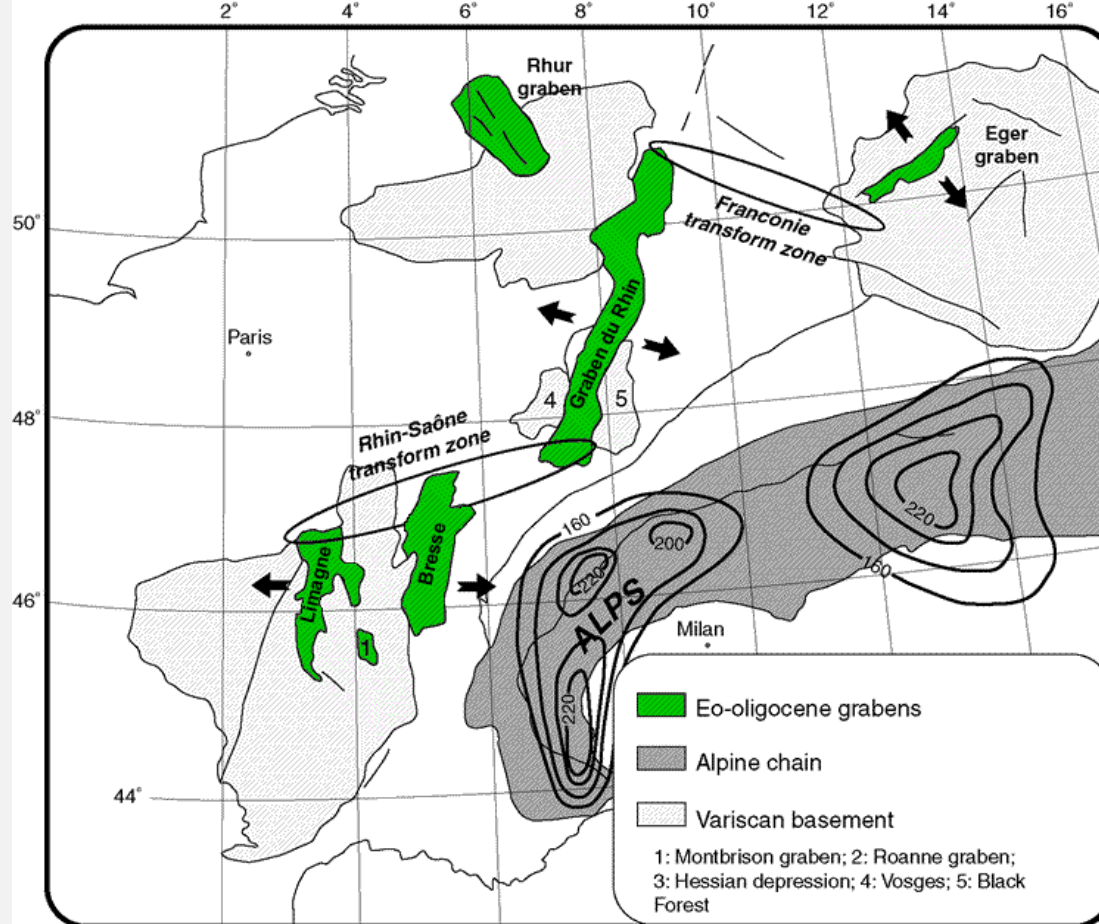
Nodule de péridotite « déformée »

Nodule « classique » de péridotite

On voit très bien (à gauche) les petits cristaux de pyroxènes noirs alignés et soulignant une foliation. L'étude des enclaves de péridotites montre que le manteau était peu déformé avant 10 millions d'années, très déformé après.



Carte des principales provinces volcaniques Cénozoïques d'Europe de l'Ouest et relation avec les bassins sédimentaires périalpins.



Document 12. Positionnement spatial de la chaîne alpine par rapport aux rifts ouest-européens.

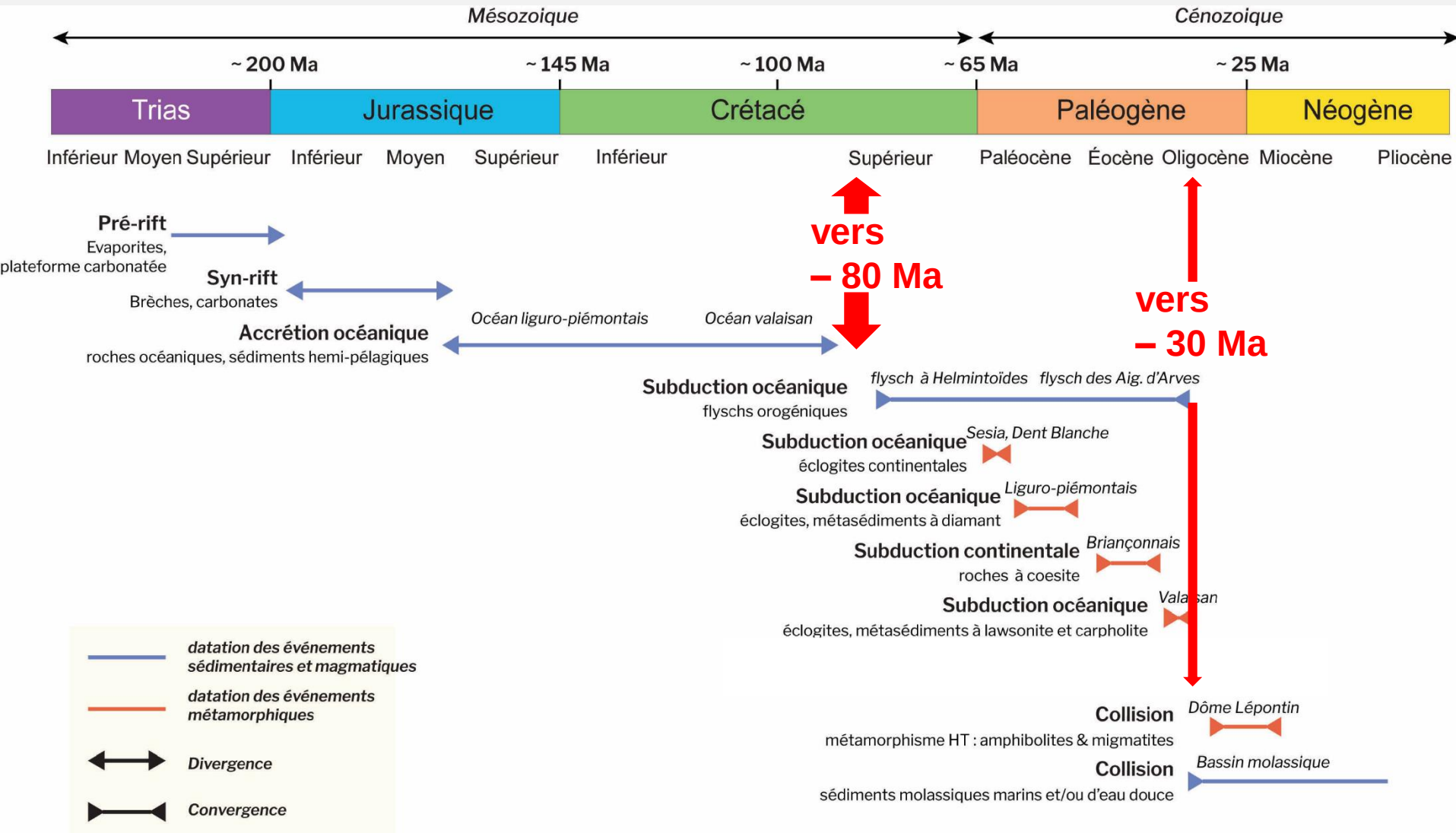
La formation de la racine crustale alpine est datée de la fin de l'Oligocène.

Le chevauchement du Briançonnais sur la zone dauphinoise date du début de l'Oligocène.

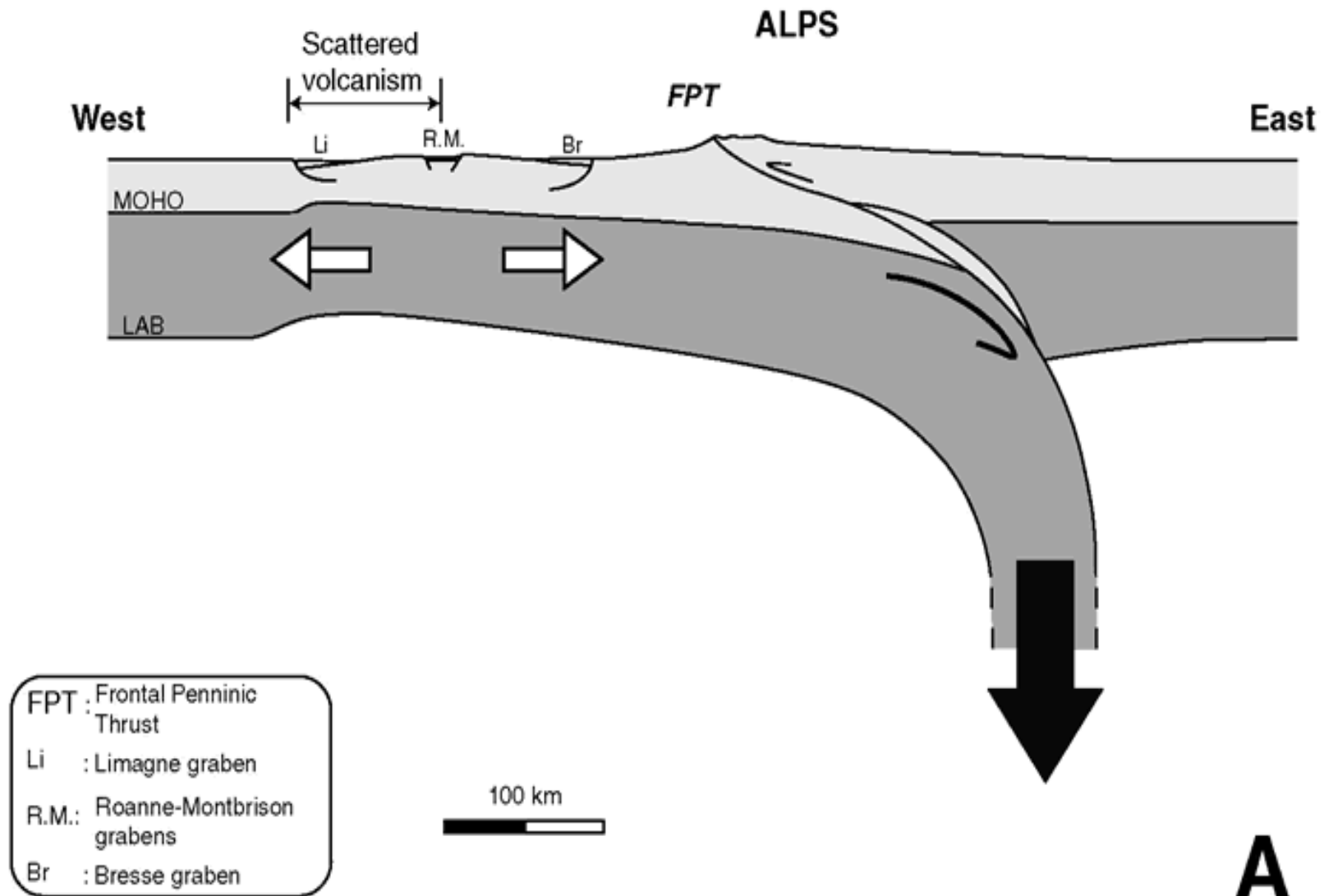
Ainsi, la formation de la chaîne alpine est contemporaine de la formation des grabens et de la sédimentation dans le Massif Central.

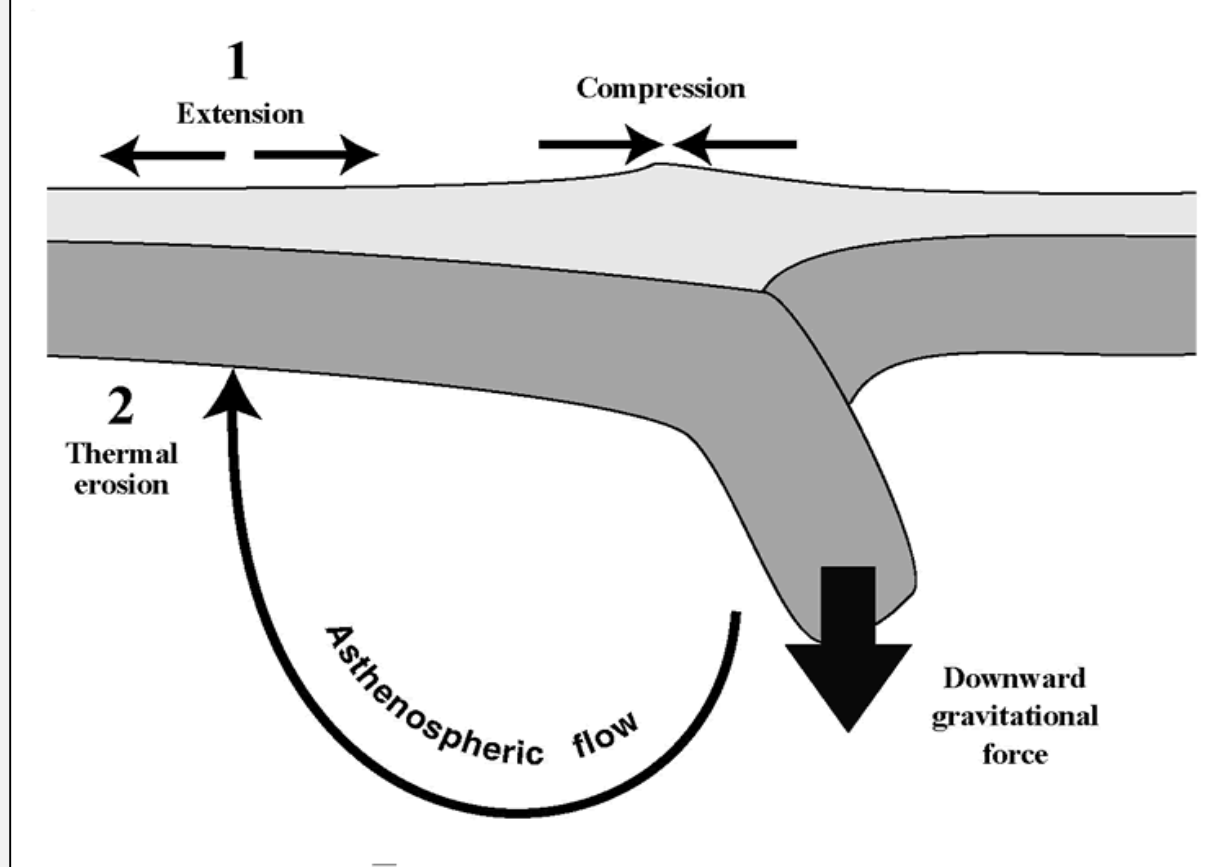
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/volcanisme-massif-central.xml>

Résumé de l'histoire de la chaîne alpine



**Effet de la racine lithosphérique des Alpes.
On « voit » la cause des flèches (poids de la lithosphère froide)**





Document 13. Un modèle présentant le rôle de la racine lithosphérique dans la création d'un épisode de rifting dans la lithosphère adjacente.

La force gravitaire de la racine lithosphérique dense induit de l'extension (1) dans la lithosphère adjacente et est responsable d'un épisode de déformation de type rifting passif. L'enfoncement de la racine lithosphérique crée un flux asthénosphérique ascendant au niveau de la lithosphère adjacente : du matériel mantellique chaud vient se plaquer sous cette lithosphère, produisant une érosion thermique (2), d'où un soulèvement isostatique et une phase de volcanisme, d'une manière comparable à ce qui se passe dans le cas d'un rifting actif.