



SESSION 2011

CAPES  
CONCOURS EXTERNE  
ET CAFEP

Section : SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

COMPOSITION SUR UN SUJET DE GÉOLOGIE

*Durée : 5 heures*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*L'utilisation d'une calculatrice électronique est interdite conformément aux dispositions de la circulaire n 99-186 du 16/11/1999 publiée au BO n° 42 du 25/11/1999*

*Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou des hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement*

*NB : hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

### Remarques importantes

- Le sujet comporte 14 documents. Ces documents peuvent être joints à la copie.  
Dans tout les cas **le document 2A doit être rendu avec la copie (qu'il soit complété ou non)**.
- La notation valorise la présentation, la qualité de la rédaction et de l'illustration, la clarté de l'argumentation ainsi que la précision et la rigueur de l'analyse des documents.
- Une introduction et une conclusion sont attendues.

## L'Auvergne et ses volcans

Un important volcanisme s'est développé durant le Cénozoïque (ères tertiaire et quaternaire) dans le quart sud-est de la France, en Auvergne essentiellement (**document A**). Ce sujet se propose de réfléchir sur les origines, le contexte géologique, les modalités, les conséquences de ce volcanisme.

### 1. Le socle ancien

Les massifs volcaniques reposent sur un socle hercynien (varisque). Celui-ci contient de nombreux granites (**document 1A**).

- 1.1 - Définir un granite, présenter les différents types de granites et les roches voisines.
- 1.2 - Des filons de microgranites sont également décrits : comment définissez-vous cette roche ? Pouvez-vous interpréter son origine ?
- 1.3 - Analyser le **document 1B**.

### 2. Le contexte géophysique

Des données géophysiques (sismique réflexion) ont permis d'établir un profil passant sous les volcans d'Auvergne (**document 2A**).

- 2.1 - Expliquer comment s'obtient un tel profil ?
- 2.2 - Légénder et interpréter le **document 2A (rendu avec la copie d'examen)**. Vous donnerez les valeurs chiffrées de quelques paramètres physiques.
- 2.3 - Donner quelques caractéristiques de la croûte terrestre continentale.
- 2.4 - Commenter et expliquer les **documents 2B et 2C**.

### 3. Le Cantal

*Le Cantal (**documents 3A et B**) est le plus grand volcan d'Europe (70 km est-ouest x 60 km nord-sud), à égalité avec l'Etna. Il culmine à 1855 m (plomb du Cantal). Son activité a débuté il y a 13 millions d'années et s'est terminée il y a 2 millions d'années ; Il s'agit d'un strato-volcan.*

3.1 - Qu'est-ce qu'un strato-volcan ?

3.2 - D'importants niveaux de ponce (volume total de plusieurs km<sup>3</sup>) ont été repérés. Décrire ce type de roche et expliquer son origine.

3.3 - Interpréter et comparer les **documents 3A et 3B**.

#### **4. La chaîne des Puys (pétrographie, minéralogie et géochimie)**

*La chaîne des Puys est un alignement d'une quarantaine de kilomètres de long, orienté nord-sud, contenant plus d'une centaine d'édifices volcaniques.*

*Le **document 4A** présente des analyses chimiques de certaines roches volcaniques de la chaîne des Puys.*

*Le **document 4B** présente une lame mince de roche vue au microscope polarisant.*

4.1 - Décrire cette roche. De quelle roche analysée dans le **document 4A** peut-on la rapprocher ?

*Une enclave a été retrouvée dans une bombe volcanique d'un des puys de la chaîne des Puys. Son analyse chimique est présentée dans le **document 4C** (analyse 1).*

4.2 - De quelle roche s'agit-il ? Argumenter.

*On émet l'hypothèse que la roche CP1 provient de la fusion partielle d'une roche identique à cette enclave.*

4.3 - Expliquer le phénomène de fusion partielle.

*On suppose que, lors de la fusion partielle, l'intégralité du potassium (K) de l'enclave se retrouve dans la lave CP1.*

4.4 - Argumenter cette hypothèse, calculer alors le taux de fusion partielle et discuter.

4.5 - Construire schématiquement un diagramme alcalins / silice ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = f \text{SiO}_2$ ), placer les points représentatifs des roches CP1 à CP2 et interpréter.

*Un minéral (M) de la roche CP1 a été analysé (**document 4C**, analyse 2).*

4.6 - De quel minéral s'agit-il ?

*On suppose que 10% d'un magma de composition CP1 cristallise sous forme du minéral M et s'en sépare.*

4.7 - Argumenter cette hypothèse.

4.8 - Calculer la teneur en silice du magma résultant. Comparer à la composition chimique CP2 et interpréter.

4.9 - A l'aide du **document 4D**, discutez de la notion de l'homogénéité et/ou de l'hétérogénéité du manteau terrestre.

4.10 - Déduire du **document 4E** l'origine possible des laves de la chaîne des Puys.

### **5. La chaîne des Puys (volcanologie)**

*Le document 5 présente les photos (5A et 5B) de deux édifices de la chaîne des Puys.*

5.1 - Comparer les morphologies. Quels types de roches (voir **document 4A**) ces volcans ont-ils pu émettre ? Selon quel dynamisme éruptif ?

5.2 - Citer des volcans actuels équivalents et quantifier les risques naturels associés.

**Un schéma est demandé.**

5.3 - La question du « Réveil des volcans d'Auvergne ? » revient souvent. Pouvez-vous proposer des éléments de réponse ?

### **6. Paléogéographie et climat**

*Dans le Cantal on observe des vallées typiques avec un profil en « U » (vallées du Mars, de la Cère, de la Jordanne), des moraines, des terrasses parfois étagées.*

Expliquer ces types de morphologies et leurs origines. **Un schéma est demandé.**

### **7. Conclusion**

Dans la conclusion qui vous est demandée, vous ferez ressortir l'intérêt du sujet envisagerez les ouvertures scientifiques possibles.

## Légende des documents

**Document A.** Le volcanisme tertiaire et quaternaire du Massif central français (en noir). CP = chaîne des Puys, MD = Mont-Dore, Cz = Cézallier, Ca = Cantal, Au = Aubrac, Es = Escandorgue, De = Devès, Vi = Vivarais, Ve = Velay, Co = Coiron, CF = Clermont-Ferrand (in Bardintzeff, 2006).

**Document 1A.** Le socle du Massif central.

- Blanc et en pointillés : terrains sédimentaires et terrains volcaniques
- Hachures : terrains métamorphiques
- Croix et « V » : granites

(in Peterlongo, 1978, d'après Didier et Lameyre, 1969).

**Document 1B.** Les terrains sédimentaires primaires du Massif central (in Peterlongo, 1978).

**Document 2A.** Profil sismique sous le Massif central (in Brousse et Lefèvre, 1990, d'après Perrier et Ruegg, 1973).

**Document 2B.** Le volcanisme péri-alpin (in Nehlig et al., 2001, d'après Brousse et Bellon, 1983).

**Document 2C.** Coupes schématiques ouest-est du Massif central aux Alpes.

A. Eocène-Oligocène.

B. Miocène supérieur-Présent.

FP = Front pennique, Li = Limagne, R M = Roanne-Montbrison, Br = Bresse (in Merle et Michon, 2001).

**Document 3A.** Esquisse géologique du Cantal (in Brousse et Lefèvre, 1990).

1. Socle granito-métamorphique, 2. Séries volcaniques du Miocène supérieur, 3. Séries volcaniques du Miocène terminal, 4. Séries volcaniques du Pliocène, 5. Limite de la caldeira.

**Document 3B.** La formation du Cantal. Altitudes en mètres (in Nehlig, 2007).

**Document 4A.** Analyse chimique (en % en poids d'oxydes, total recalculé à 100 %) de sept laves représentatives de la chaîne des Puys (d'après Maury et al., 1980).

**Document 4B.** lame mince de roche vue au microscope en lumière polarisée et analysée (le champ photographié mesure 6 x 4,5 mm) (photographie J.M. Bardintzeff).

**Document 4C.** Analyses chimiques (en % en poids d'oxydes, total recalculé à 100 %). (1) enclave (in Ringwood, 1966), (2) minéral (in Maury et al., 1980).

**Document 4D.** Modèle géochimique (néodyme / plomb) d'un manteau à plusieurs pôles.

DMMA et DMMB (DMM pour *depleted mantle*) = pôles appauvris ; EM1 et EM2 (EM pour *enriched mantle*) = pôles enrichis ; MORB = Mid Ocean Ridge Basalt (en pointillés) ; PREMA (pour *prevalent mantle*) = manteau le plus répandu ; PUM = manteau primitif ; HIMU = pôle avec un rapport  $\mu$  (=  $^{238}\text{U} / ^{204}\text{Pb}$ ) anormalement élevé. En noir : analyses isotopiques de basaltes d'îles océaniques (in Bardintzeff, 2006, d'après Zindler et Hart, 1986).

**Document 4E.** Concentration (en ppm) et composition isotopique (Sr, Nd, Pb, Li) des laves de la chaîne des Puys. BH = basalte et hawaiiite, Mu = mugéarite, Ben = benmoréite, Tr = trachyte (in Hamelin et al., 2009).

**Document 5.** Deux volcans de la chaîne des Puys.

A. Le puy des Goules

B. Le puy de Dôme (photographies J.M. Bardintzeff).

### Bibliographie

Bardintzeff J.M. (2006) - Volcanologie, Dunod.

Brousse R. et Bellon H. (1983) - Réflexions chronologiques et pétrologiques sur le volcanisme associé au développement des rifts de France, Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, 7, 1, 409-424.

Brousse R. et Lefèvre C. (1990) - Le volcanisme en France et en Europe limitrophe, Guides géologiques régionaux, Masson.

Didier J. et Lameyre J. (1969) - Les granites du Massif Central Français : étude comparée des leucogranites et granodiorites, Contrib. Mineral. Petrol., 24-3, 219-238.

Hamelin C., Seitz H.M., Barrat J.A., Dosso L., Maury R.C. et Chaussidon M. (2009) - A low  $\delta^7\text{Li}$  lower crustal component : Evidence from an alkalic intraplate volcanic series (Chaîne des Puys, French Massif Central), Chemical Geology, 266, 205-217.

Maury R.C., Brousse R., Villemant B., Joron J.L., Jaffrezic H. et Treuil M. (1980) - Cristallisation fractionnée d'un magma basaltique alcalin : la série de la chaîne des Puys (Massif central, France). I. Pétrologie, Bull. Minéral., 103, 250-266.

Merle O. et Michon L. (2001) - The formation of the West European rift : A new model as exemplified by the Massif Central area, Bull. Soc. Géol. France, 172, 2, 213-221.

Nehlig P. (2007) - Le volcanisme du Cantal : le plus grand volcan d'Europe, Chamina, BRGM.

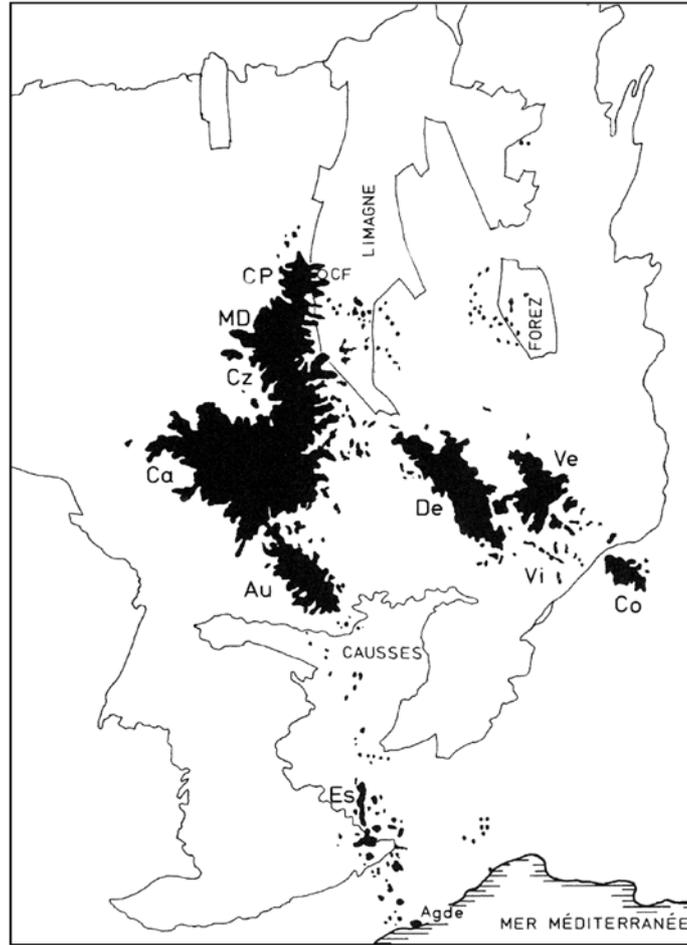
Nehlig P., Boivin P., Goër de Herve A. de, Mergoïl J., Prouteau G., Sustrac G. et Thiéblemont D. (2001) - Les volcans du Massif Central, Géologues, 130-131, 66-91.

Perrier G. et Ruegg J.C. (1973) - Structure profonde du Massif central français, Annales de géophysique, 29, 4, 435-502.

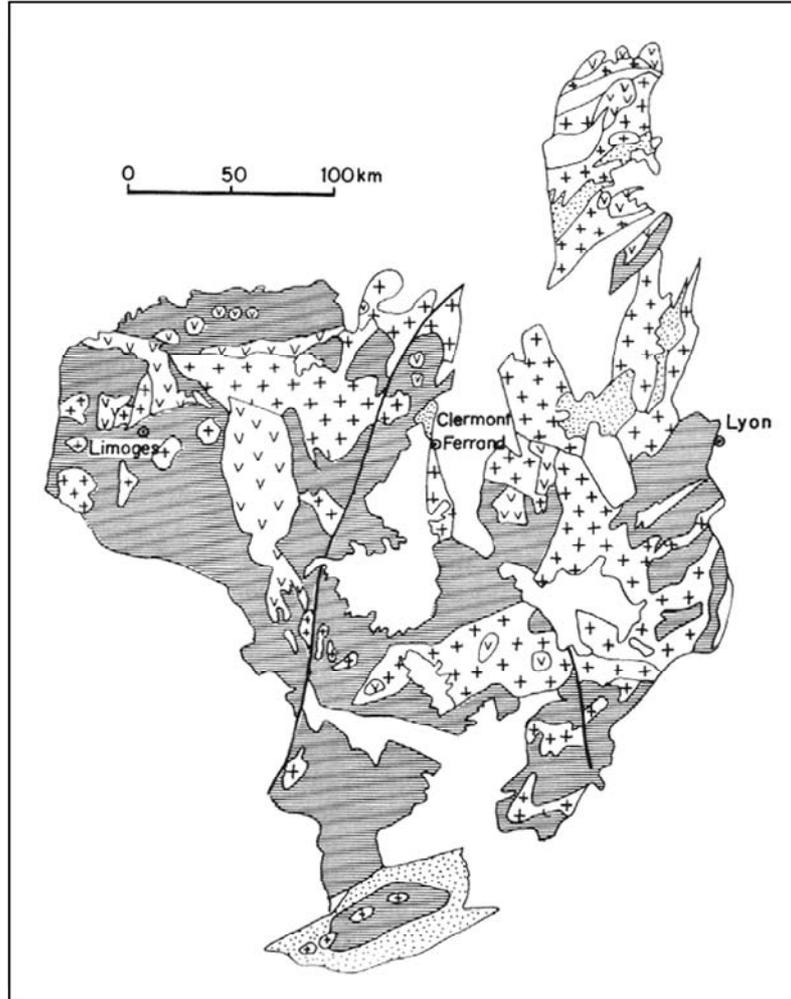
Peterlongo J.M. (1978) - Massif Central, Guides géologiques régionaux, Masson.

Ringwood A.E. (1966) - The chemical composition and origin of the earth, in : Hurley P.M., Éd., Advances in earth science, M.I.T. press, Boston, 287-356.

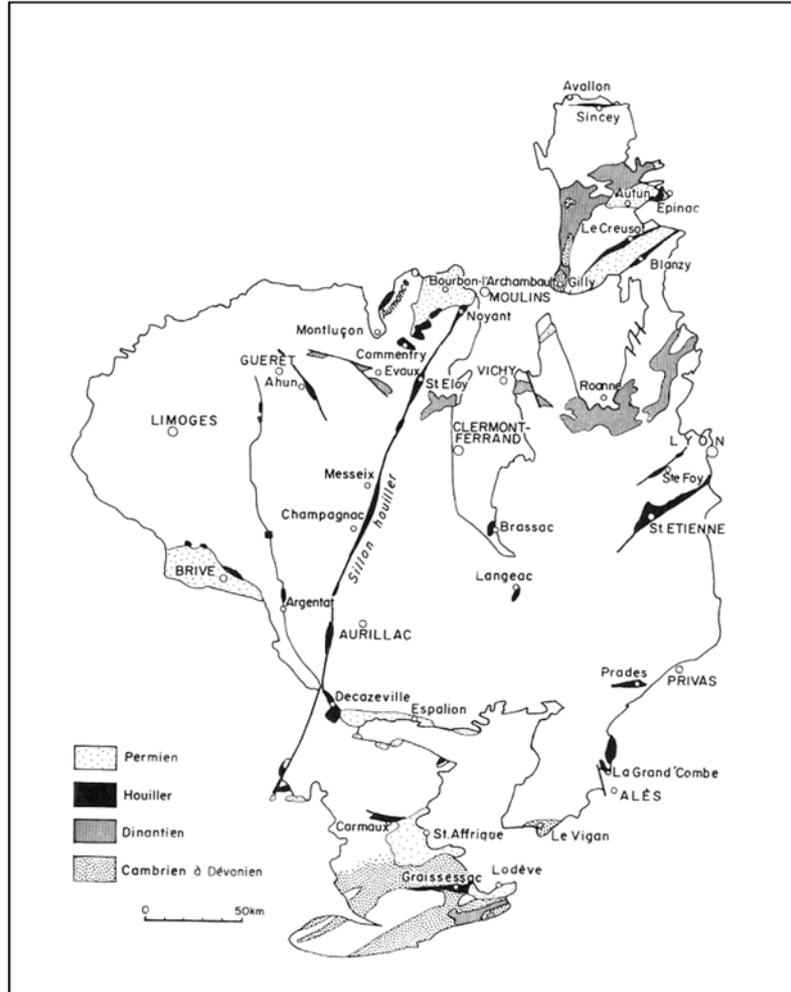
Zindler A. et Hart S.R. (1986) - Chemical geodynamics, Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 14, 493-571, 1986.



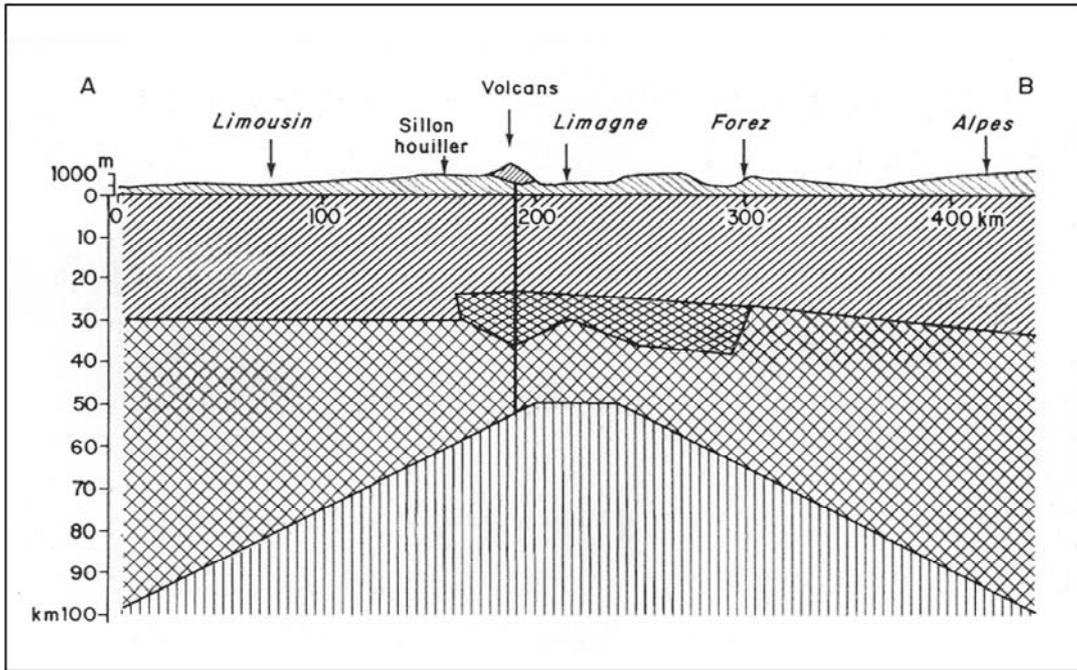
## Document A



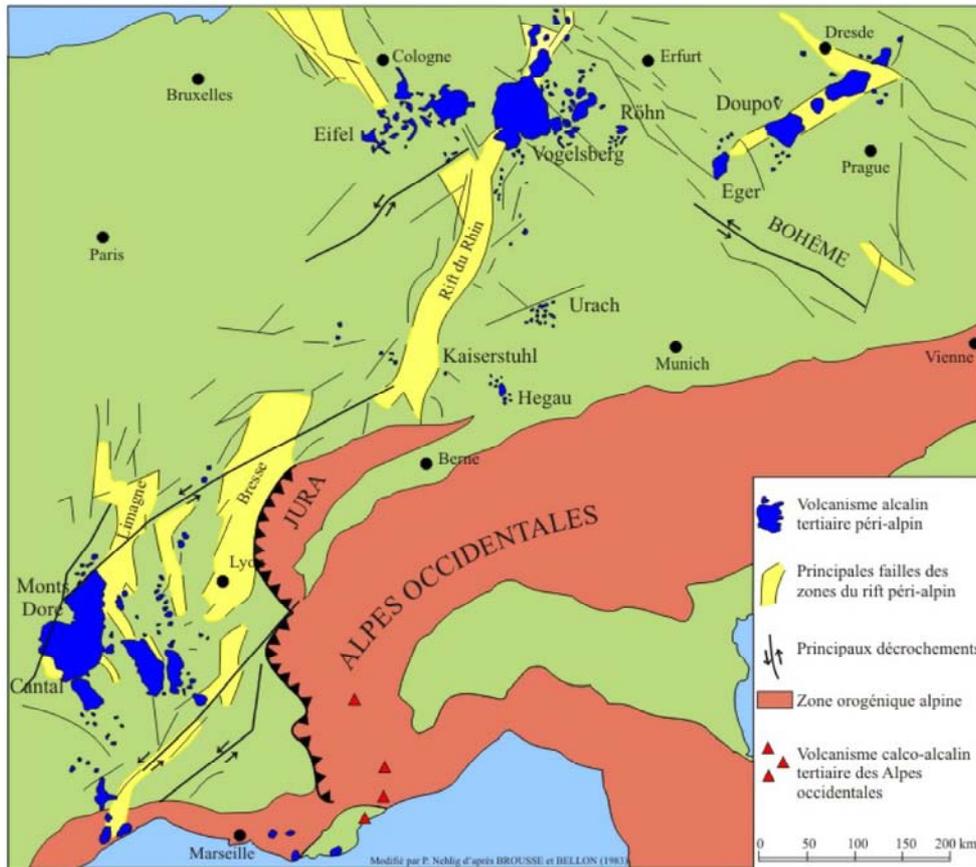
**Document 1A**



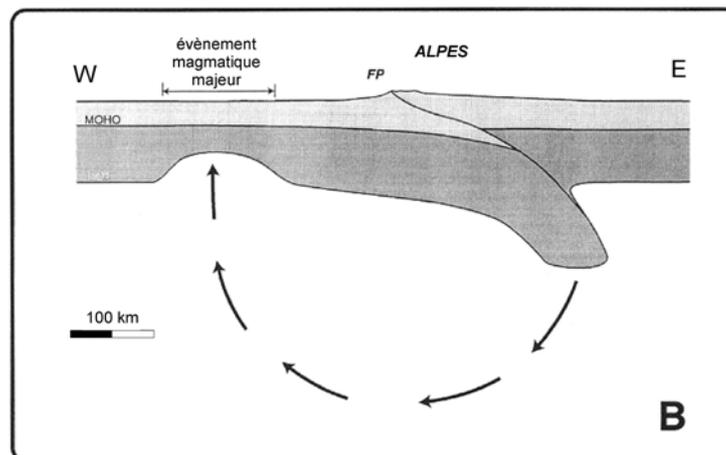
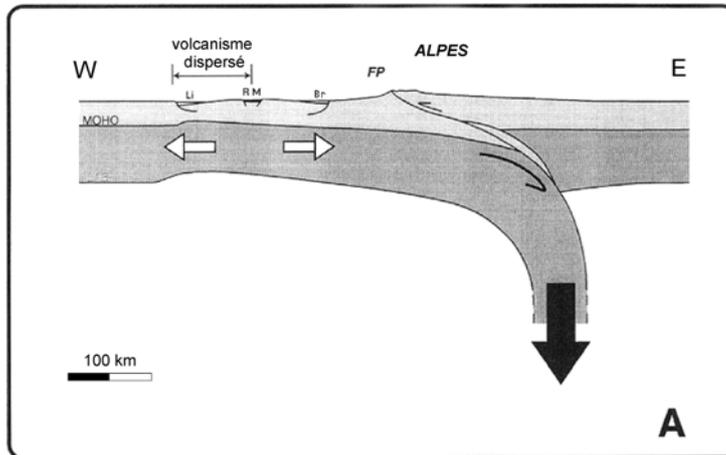
**Document 1B**



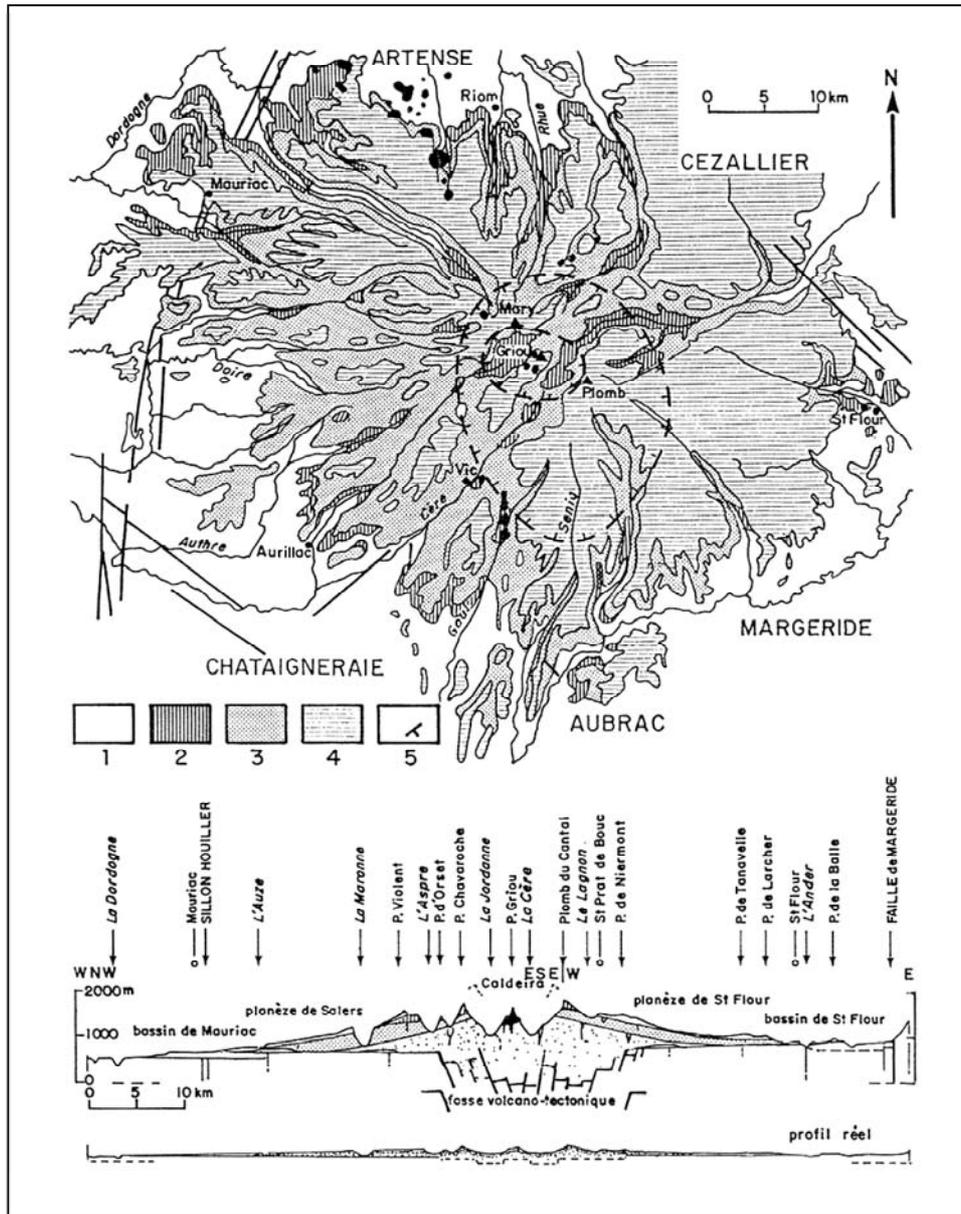
**Document 2A**



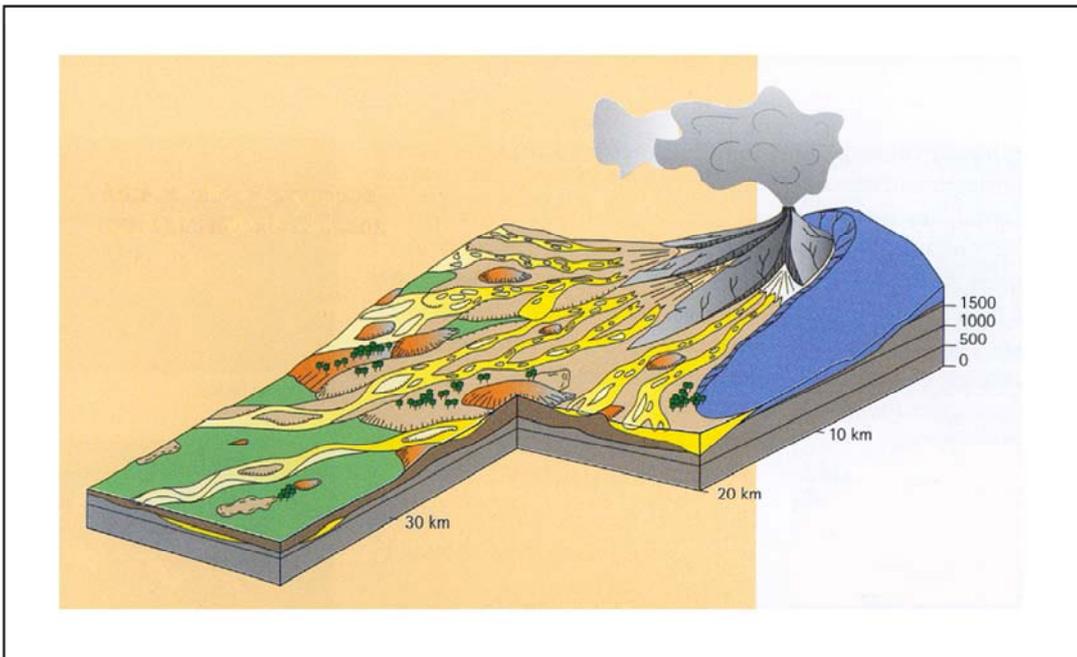
## Document 2B



**Document 2C**



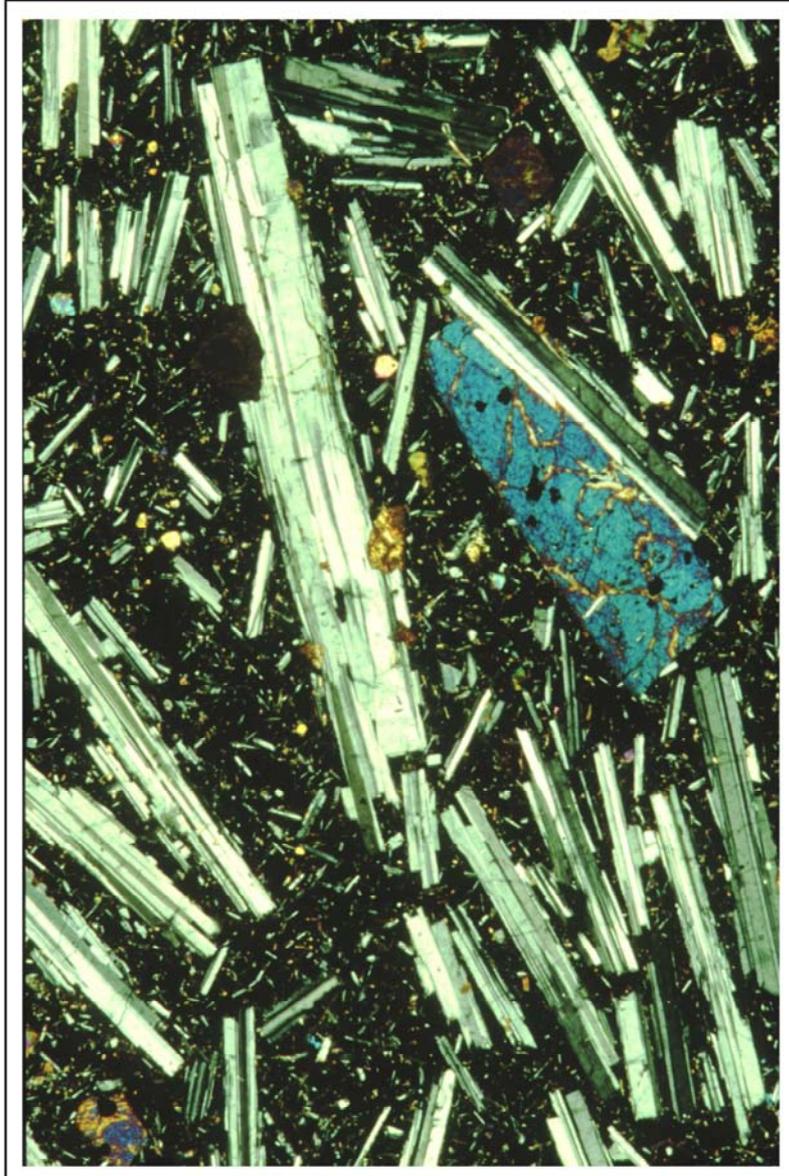
Document 3A



**Document 3B**

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7
SiO <sub>2</sub>	47,79	48,99	52,70	53,50	58,10	61,89	69,51
TiO <sub>2</sub>	2,28	2,18	1,83	1,50	1,14	0,85	0,39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,03	16,73	17,06	17,69	18,20	18,41	15,58
FeO	11,00	10,78	8,94	10,64	6,26	4,34	2,14
MnO	0,17	0,18	0,20	0,20	0,19	0,23	0,18
MgO	6,70	5,33	3,93	2,49	1,97	1,10	0,36
CaO	9,97	9,30	7,62	5,92	4,61	3,19	1,25
Na <sub>2</sub> O	3,74	3,96	4,49	5,03	5,51	5,74	5,61
K <sub>2</sub> O	1,70	1,82	2,49	2,72	3,46	3,93	4,89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,62	0,73	0,74	0,31	0,56	0,32	0,09
total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

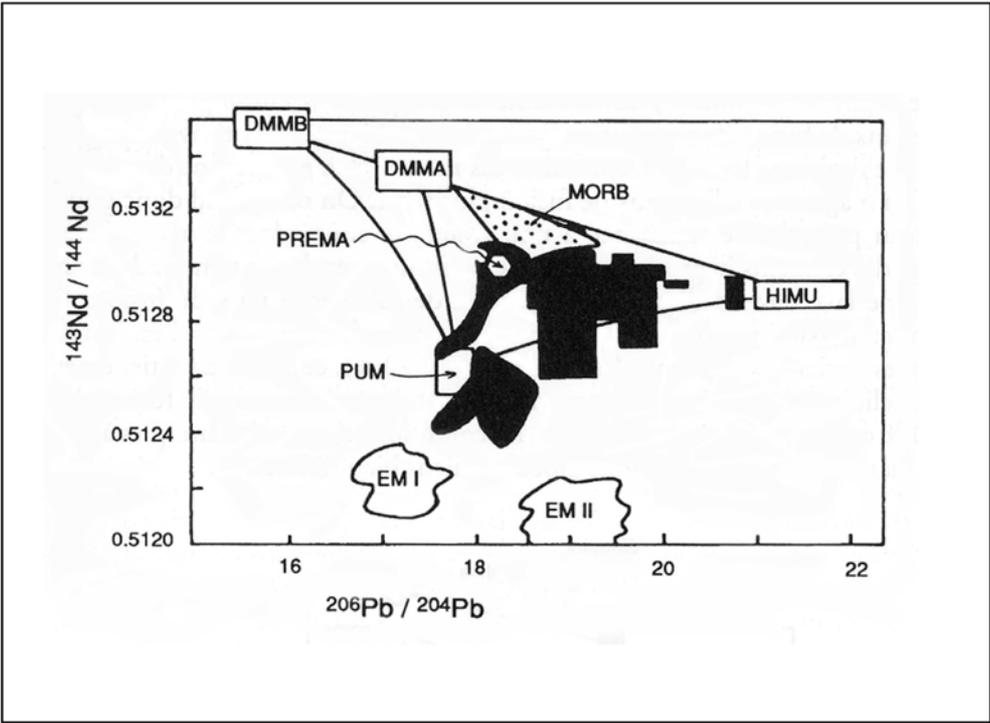
## Document 4A



**Document 4B**

	1	2
SiO <sub>2</sub>	45,19	38,05
TiO <sub>2</sub>	0,71	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,54	0,11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	0,00
FeO	8,46	20,54
MnO	0,14	0,56
MgO	37,49	40,52
CaO	3,08	0,22
Na <sub>2</sub> O	0,57	0,00
K <sub>2</sub> O	0,13	0,00
NiO	0,20	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,00
	—	—
total	100,00	100,00

## Document 4C



Document 4D

	Th	Sr	Pb	Nd	Li	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$\delta^7\text{Li}$
PUY21 (BH)	4.9	754	3.34	39.6	6.2	$0.703817 \pm 7$	$0.512835 \pm 8$	+ 3.85	19.592	15.651	39.563	+6.7 ± 0.2
PUY16 (BH)	5.7	691	3.82	37.7	6.4	$0.703750 \pm 7$	$0.512832 \pm 6$	+ 3.79	19.566	15.635	39.519	+ 7.2 ± 1.2
PUY13 (BH)	6.0	661	4.14	40.5	6.6	$0.703882 \pm 7$	$0.512814 \pm 5$	+ 3.44	19.507	15.641	39.493	+ 3.4 ± 1.2
PUY20 (BH)	6.1	694	4.15	36.4	7.3	$0.703967 \pm 7$	$0.512800 \pm 8$	+ 3.17	—	—	—	+6.3 ± 0.9
PUY7 (BH)	6.2	717	4.06	35.1	7.4	$0.703968 \pm 6$	$0.512798 \pm 8$	+ 3.13	19.395	15.645	39.405	—
PUY18 (BH)	6.6	734	3.70	42.2	7.6	$0.703903 \pm 7$	$0.512813 \pm 6$	+ 3.42	19.437	15.645	39.478	+7.4 ± 1.1
PUY1 (BH)	7.3	895	4.43	47.9	8.1	$0.703869 \pm 7$	$0.512802 \pm 9$	+ 3.21	19.494	15.643	39.501	+ 6.0 ± 1.1
PUY5 (BH)	8.0	845	5.19	52.2	10.5	$0.703943 \pm 7$	$0.512839 \pm 8$	+ 3.93	19.398	15.645	39.384	+5.3 ± 1.1
PUY4 (Mu)	8.9	803	5.58	51.5	10.0	$0.703937 \pm 8$	$0.512811 \pm 8$	+ 3.38	19.455	15.644	39.494	+ 4.1 ± 0.5
PUY8 (Mu)	11.5	825	6.18	61.4	12.1	$0.704083 \pm 6$	$0.512803 \pm 8$	+ 3.23	19.389	15.655	39.402	+ 4.1 ± 1.0
PUY9 (Ben)	12.8	819	5.78	64.6	15.3	$0.704139 \pm 7$	$0.512799 \pm 6$	+ 3.15	19.322	15.665	39.536	+ 1.8 ± 0.6
PUY17 (Ben)	13.3	715	7.86	59.3	16.1	$0.704171 \pm 7$	$0.512781 \pm 7$	+ 2.8	19.364	15.657	39.387	+ 2.7 ± 0.6
PUY14 (Ben)	13.5	742	7.68	59.9	16.2	$0.704181 \pm 7$	$0.512779 \pm 8$	+ 2.76	19.364	15.665	39.400	+5.3 ± 0.8
PUY11 (Tr)	15.9	458	7.26	68.9	20.0	$0.704180 \pm 8$	$0.512776 \pm 8$	+ 2.70	19.421	15.663	39.472	+ 2.2 ± 1.0
PUY10 (Tr)	18.3	317	9.16	51.0	20.3	$0.704297 \pm 7$	$0.512766 \pm 8$	+ 2.50	19.324	15.665	39.398	+ 0.4 ± 0.7

## Document 4E



(A)



(B)

Document 5