

SESSION DE 2006

**concours externe
de recrutement de professeurs certifiés
et concours d'accès à des listes d'aptitude (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.

Remarques importantes :

- 1- Le sujet est organisé en huit parties indépendantes et comprend dix documents dont trois (documents 5, 7 et 9) sont à rendre avec la copie.
- 2- Seront prises en compte dans la notation : la clarté de la présentation, la précision et la rigueur de l'analyse des documents, les illustrations personnelles, la rigueur des raisonnements et la concision des réponses aux questions.
- 3- Certains des documents pourront être joints à la copie si le candidat considère que des annotations en surcharge constituent des éléments appréciables de réponse aux questions. Il devra alors les coller sur la copie.
- 4- Si au cours de l'épreuve le candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les initiatives qu'il est amené à prendre de ce fait.
- 5- Une introduction et une conclusion sont attendues.

N.B. : 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 devez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

LES ROCHES GRANITIKUES

ET L'ÉVOLUTION DE LA CROÛTE CONTINENTALE

Les granites affleurent en grande abondance à la surface des continents. Ils représentent avec les gneiss les principaux constituants de la croûte continentale.

Le sujet proposé permet d'aborder l'étude des granites de la formation des plutons jusqu'à leur érosion. L'unité et la diversité des granites sont également soulignées. L'importance et le rôle des granites dans l'évolution de la croûte continentale sont discutés.

I. Texture et composition minéralogique d'une roche granitique. Enclaves.

Sur le document 1a, une photographie de macroéchantillon et deux microphotographies de lame mince en lumière polarisée non analysée et en lumière polarisée analysée du granite de Flamanville sont fournies.

I.1. Déterminer la texture de cette roche. Réaliser un schéma légendé d'une microphotographie où seront identifiés les principaux minéraux. Indiquer pour chaque phase minérale, quels sont les critères qui ont permis de la reconnaître à l'œil nu et au microscope.

Le document 1b contient également les photographies de deux enclaves présentes dans le granite de Flamanville.

I.2. Décrire et identifier ces deux types d'enclaves. Proposer une origine pour chacune d'elles.

II. Intrusion d'un pluton granitique.

Un extrait de la carte géologique au 1/50 000 de Cherbourg est fourni sur le document 2.

II.1. Rappeler l'origine et les conditions de transformation des roches qui constituent une couronne irrégulière autour du pluton de Flamanville.

Une carte de la profondeur du contact entre le granite de Flamanville et son encaissant est fournie sur le document 3a, et des coupes interprétatives du pluton de Flamanville sont aussi proposées sur le document 3b.

II.2. Ces données ont été obtenues par l'étude gravimétrique du pluton et de son encaissant. Rappeler brièvement (en une page maximum) les principes de l'étude gravimétrique.

II.3. Deux hypothèses sont actuellement proposées pour expliquer le transfert du magma granitique et la formation d'un pluton. Après avoir rappelé ces deux hypothèses, préciser quelle est celle qui est favorisée par les données obtenues dans le cas du pluton de Flamanville.

III. Typologie des roches granitiques, séries magmatiques.

Les compositions modales et chimiques de roches granitiques provenant de différents contextes géodynamiques sont fournies sur le document 4.

III.1. A l'aide du diagramme QAP du document 5, positionner ces trois échantillons et en déduire le nom complet de chacune des roches étudiées.

III.2. A l'aide du diagramme QAP modifié par Jean Lameyre (1980) du document 6, préciser à quelle série magmatique de référence peut s'apparenter (ou être liée) chacune des roches étudiées.

III.3. Indiquer les caractéristiques minéralogiques et chimiques de chacune des roches granitiques étudiées.

IV. Age et origine des roches granitiques.

Les résultats de l'étude des teneurs en Rb et Sr de 9 échantillons d'une granodiorite calco-alcaline de la Sierra Nevada, Californie, sont fournis sur le document 7a.

IV.1. Rappeler brièvement comment chaque rapport isotopique a été obtenu et montrer que pour un minéral donné ou une roche donnée, la relation suivante peut-être établie :

$$({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}) = ({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_{\text{initial}} + ({}^{87}\text{Rb}/{}^{86}\text{Sr})(e^{\lambda t} - 1)$$

avec λ = constante de désintégration radioactive et t = temps.

IV.2. A l'aide du papier millimétré fourni (doc. 7b), tracer l'isochrone correspondante dans un diagramme ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr} = f({}^{87}\text{Rb}/{}^{86}\text{Sr})$. Calculer l'âge de la granodiorite. Vous utiliserez l'approximation $e^{\lambda t} - 1 \approx \lambda t$ et $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ a}^{-1}$.

IV.3. Le diagramme isochrone permet également de définir graphiquement le rapport isotopique initial de la granodiorite. Après avoir expliqué pourquoi ce rapport isotopique initial est qualifié de signature isotopique lors d'un événement magmatique, montrez comment ce rapport isotopique peut renseigner sur l'origine de la granodiorite.

IV.4. A l'aide du diagramme de géochimie isotopique fourni sur le document 8, discuter des différentes origines possibles des magmas granitiques. Associer chacune de ces origines aux trois types de roches granitiques du document 4. Réaliser un tableau synthétique où sont résumés les caractéristiques pétrographiques, minéralogiques et chimiques, le contexte géodynamique et l'origine de chacune des roches granitiques étudiées.

Tournez la page S.V.P.

V. Anatexie crustale et genèse des roches granitiques.

L'anatexie crustale participe à la genèse des roches granitiques et au recyclage de la croûte continentale. Dans les zones de convergence, l'anatexie crustale se produit selon trois principales circonstances.

En vous basant sur des exemples réels, replacés dans des contextes géodynamiques précis, présenter, pour chacune de ces trois circonstances, les modalités de l'anatexie crustale et les caractéristiques chimiques des roches granitiques produites. Votre réponse devra s'appuyer sur des diagrammes P-T et des coupes schématiques.

VI. Place des roches granitiques dans la croûte continentale.

Un profil ECORS est fourni sur le document 9.

VI.1. Rappeler brièvement (une page maximum) ce qu'est un profil ECORS et les principes des outils géophysiques qui sont mis en œuvre pour l'obtenir.

VI.2. Interpréter et annoter le profil ECORS qui devra être rendu avec votre copie.

Outre les principaux accidents tectoniques, préciser les trois différentes parties de la croûte continentale, les limites entre ces parties et la limite inférieure de la croûte continentale.

VI.3. Préciser les principales roches qui constituent chacune de ces trois parties.

Donner les arguments qui vous ont conduit à associer les roches granitiques à un niveau structural particulier.

VII. Altération des roches granitiques..

Sur le document 10, une photographie de roche granitique altérée en boules (doc. 10a) et une microphotographie de lame mince de roche granitique altérée en lumière polarisée analysée (doc. 10b) sont fournies.

VII.1. Montrer à l'aide d'un schéma légendé quels sont les minéraux qui sont altérés. Expliquer l'altération différentielle des minéraux du granite en faisant référence aux éléments chimiques présents dans chaque phase minérale.

VII.2. Préciser la nature de l'agent d'altération et les modalités de son action sur les minéraux d'une roche granitique sous un climat tempéré.

VII.3. Rappeler les caractéristiques des principaux produits d'altération obtenus à partir de l'altération d'une roche granitique et préciser la manière dont ils vont être transportés.

VII.4. Expliquer la formation des boules granitiques.

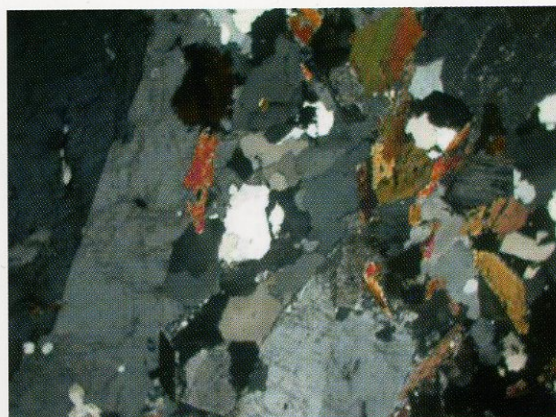
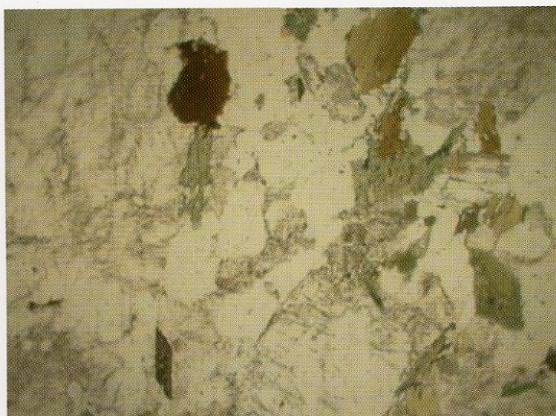
VIII. Conclusions : le rôle des granites dans l'évolution de la croûte continentale.

Expliquer (une page maximum) pourquoi et comment l'étude des roches granitiques permet de comprendre la fabrication et le recyclage de la croûte continentale depuis 1 milliard d'années.

DOCUMENTS

- Document 1a** : Photographie d'un macroéchantillon et microphotographies d'une lame mince en lumière polarisée non analysée et en lumière polarisée analysée du granite de Flamanville (hauteur des microphotographies : 13 mm).
- Document 1b** : Photographies de deux enclaves présentes dans le granite de Flamanville (la pièce de 1 euro donne l'échelle).
- Document 2** : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de Cherbourg (B.R.G.M. éd.).
- Document 3a** : Carte de la profondeur du contact (km) entre le granite de Flamanville et son encaissant obtenue par gravimétrie (Brun et al., 1990).
- Document 3b** : Coupes interprétatives du pluton de Flamanville (Brun et al., 1990). L'épais banc sédimentaire plissé et recoupé par le pluton granitique représente le grès armoricain.
- Document 4** : Compositions modales et chimiques de roches granitiques provenant de différents contextes géodynamiques (Barbarin, 1983 ; Barbarin et al., 1989; Bonin, 1972).
- Document 5** : Diagramme QAP de nomenclature des roches plutoniques (Streckeisen, 1974).
- Document 6** : Diagramme QAP sur lequel sont reportées les principales séries magmatiques (Lameyre, 1980).
- Document 7a** : Rapports isotopiques rubidium-strontium obtenus pour la granodiorite calco-alcaline de Dinkey Creek, Sierra Nevada, Californie (Barbarin et al., 1989)
- Document 7b** : Diagramme isochrone à construire.
- Document 8** : Diagramme géochimique $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} - ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sur lequel sont reportées les roches magmatiques des zones de subduction (Caron et al., éd. Ophrys, 2003).
- Document 9** : Profil ECORS Est Massif Central – Alpes (Brahic et al., éd. Vuibert, 1999). L'échelle verticale est en secondes temps double.
- Document 10a** : Photographie de roche granitique altérée en boules métriques.
- Document 10b** : Microphotographie d'une lame mince de roche granitique altérée en lumière polarisée analysée (hauteur de la microphotographie : 12 mm) (cliché P. Chèvremont, B.R.G.M. Orléans).

DOCUMENT 1

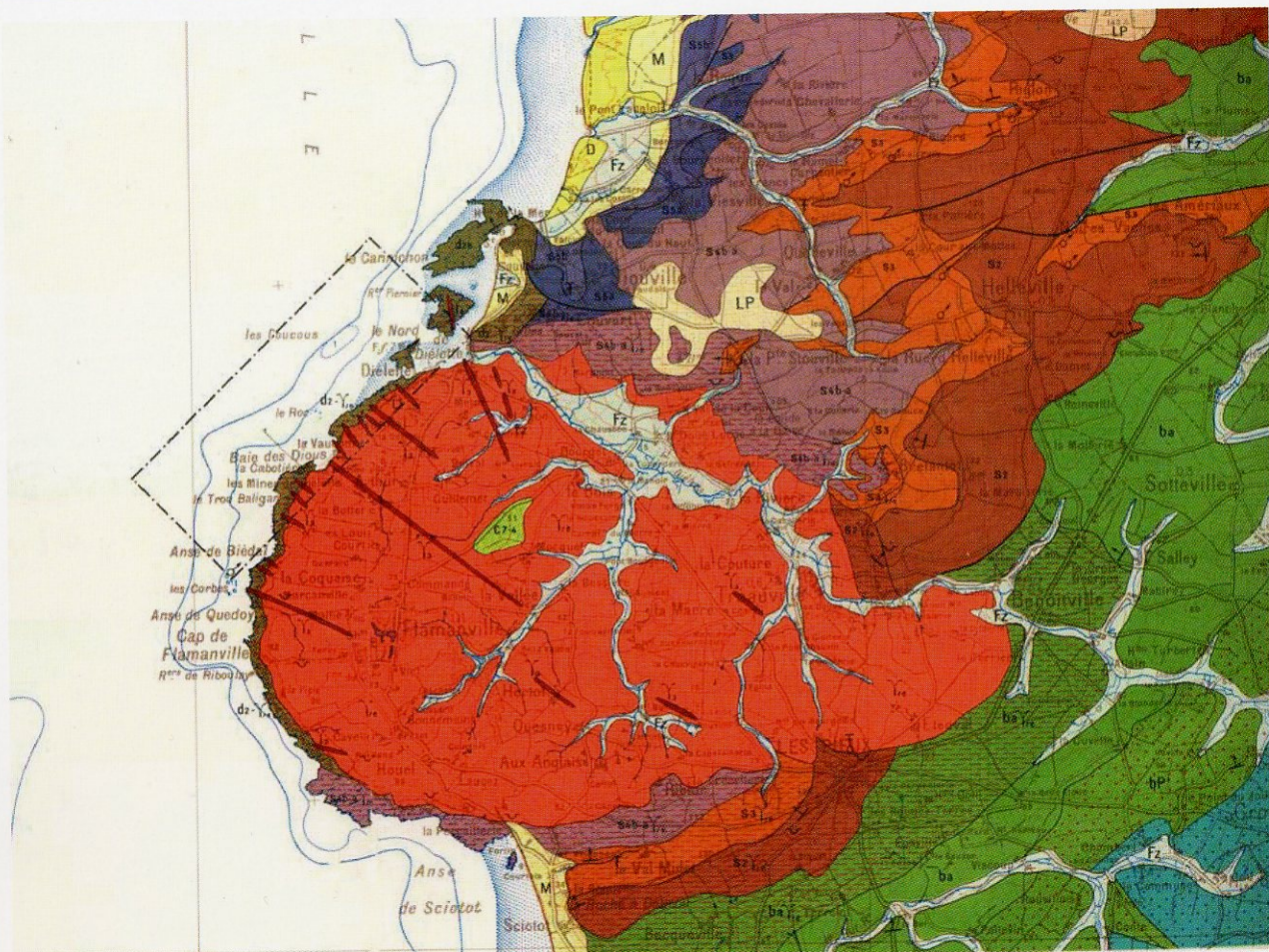


1a. Photographie d'un macroéchantillon et microphotographies d'une lame mince en lumière polarisée non analysée et en lumière polarisée analysée du granite de Flamanville (hauteur des microphotographies : 13 mm)



1b. Photographies de deux enclaves présentes dans le granite de Flamanville (la pièce de 1 euro donne l'échelle)

DOCUMENT 2

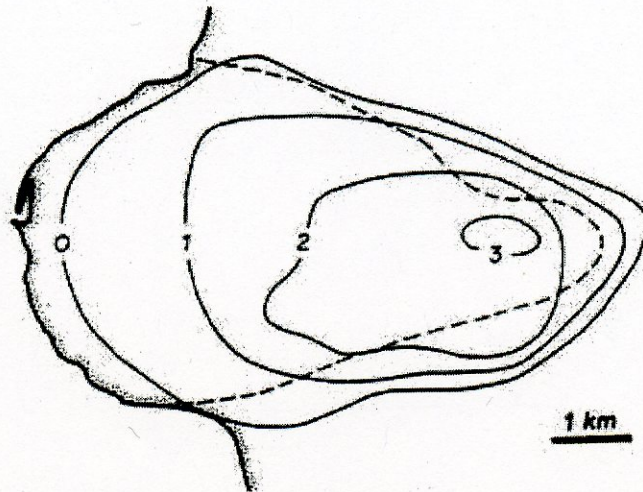


LÉGENDES

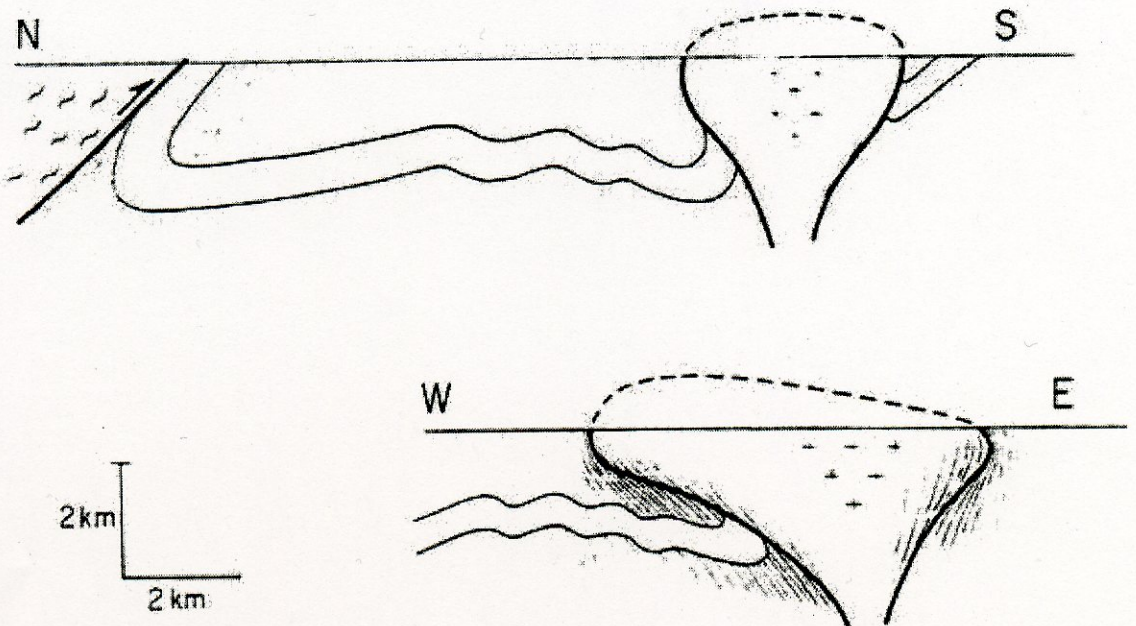
- Fz, D, LP, M : formations superficielles
 C7-4 : argile à silex / Sénonien
 d2 : grès, schistes et calcaires / Dévonien
 S5 : grès et schistes / Silurien
 S4 : grès et schistes / Ordovicien supérieur
 S3 : schistes / Ordovicien moyen
 S2 : grès armoricain / Ordovicien inférieur
 b : conglomérats, grès et schistes / Cambrien
 γ_{1c} : granodiorite
 γ_3 : microgranite

Extrait de la carte géologique au 1/50000^{ème} de Cherbourg (B.R.G.M. éd.)

DOCUMENT 3



3a. Carte de la profondeur du contact (km) entre le granite de Flamanville et son encaissant obtenue par gravimétrie (Brun et al., 1990)



3b. Coupes interprétatives du pluton de Flamanville (Brun et al., 1990).

L'épais banc sédimentaire plissé et recoupé par le pluton granitique représente le grès armoricain (formation S2 sur la carte du document 2).

DOCUMENT 4

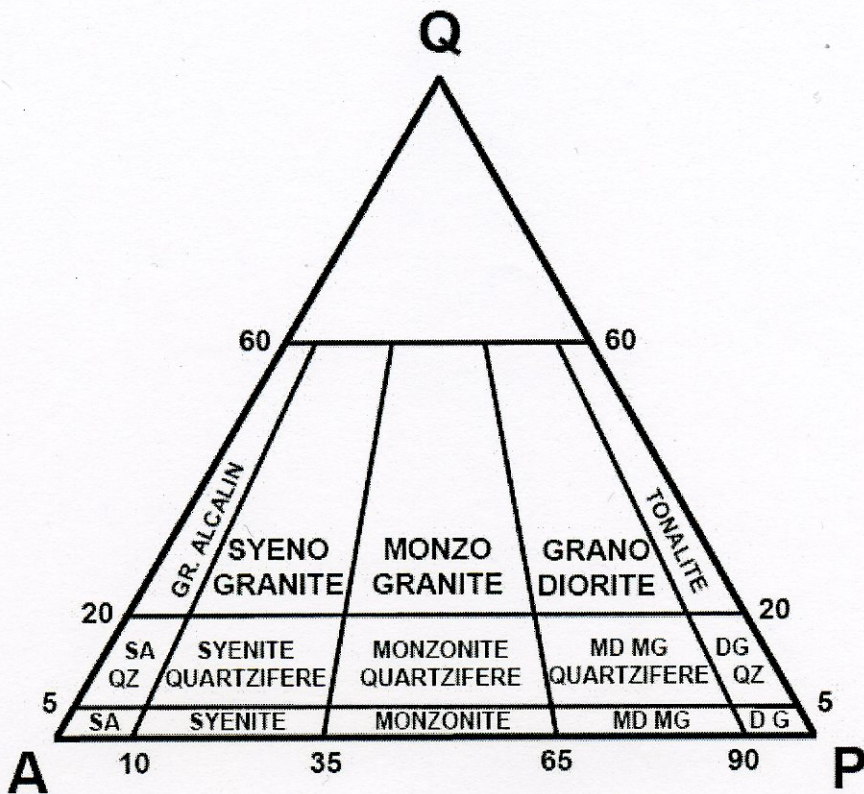
PROVENANCES			
MASSIF CENTRAL (Hermitage)	SIERRA NEVADA (Dinkey Creek)	CORSE CENTRALE (Tolla)	
CONTEXTES GÉODYNAMIQUES			
Collision	Subduction	Divergence	
AGES			
Carbonifère	Crétacé	Permien	
COMPOSITIONS MODALES			
quartz	33,6	27,1	42,0
feldspath alcalin	26,9	13,9	55,0 (*)
plagioclase	27,8	40,2	
biotite	1,5	12,1	0,6
muscovite	10,3		
amphibole		4,4	2,0 (**)
autres		2,3	0,4
Total	100,1	100	100
COMPOSITIONS CHIMIQUES			
SiO ₂	74,20	66,60	75,70
Al ₂ O ₃	14,30	15,10	12,10
Fe ₂ O ₃	0,92	1,16	1,39
FeO	0,43	2,82	0,82
MgO	0,33	1,58	0,04
CaO	0,60	3,87	0,83
Na ₂ O	3,65	2,70	4,26
K ₂ O	4,25	4,03	4,76
TiO ₂	0,10	0,55	
P ₂ O ₅		0,12	0,05
MnO	0,05	0,06	0,04
perte au feu	0,80	0,66	0,57
Total	99,63	99,25	100,56

NB: Dans la roche granitique de Corse, le feldspath alcalin () comprend de la mésoperthite (49 %) et de l'albite (6 %), l'amphibole (**) n'est pas calcique (cas de la hornblende) mais calco-sodique (hastingsite).*

Compositions modales et chimiques de roches granitiques provenant de différents contextes géodynamiques

(Barbarin, 1983 ; Barbarin et al., 1989; Bonin, 1972).

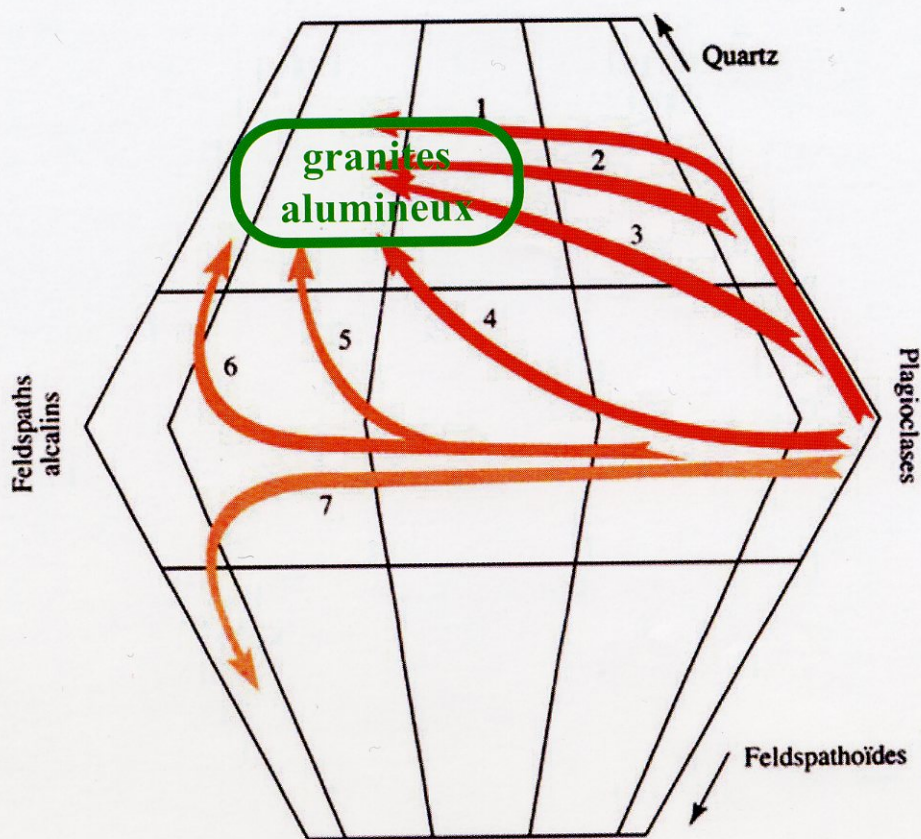
DOCUMENT 5



D : diorite ; G : gabbro ; GR : granite ; MD : monzodiorite ; MG : monzogabbro
 SA : syénite alcaline ; QZ : quartzifère

Diagramme QAP de nomenclature des roches plutoniques
 (simplifié d'après Streckeisen, 1974)

DOCUMENT 6



Séries magmatiques :

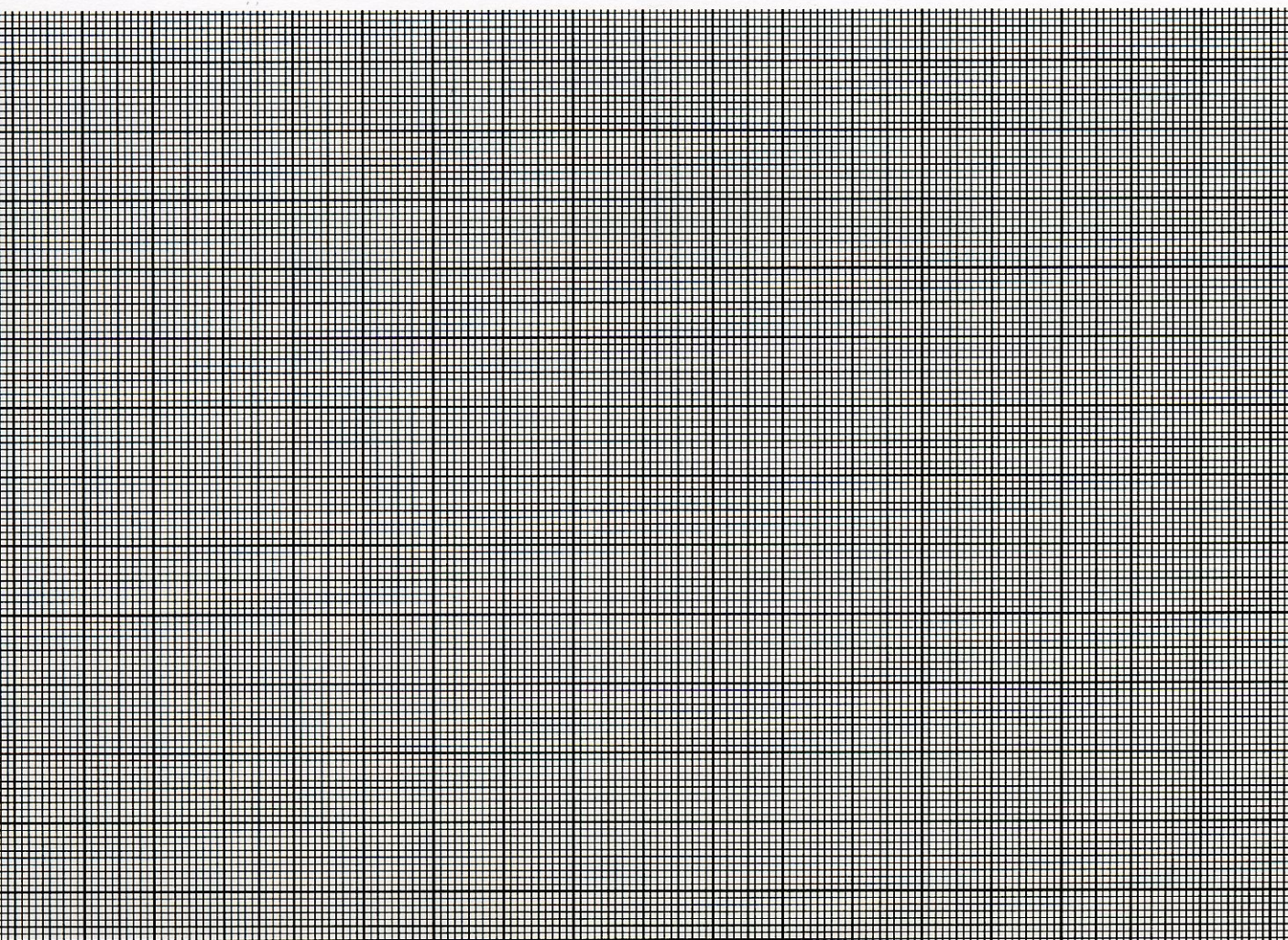
- | | |
|---|---|
| <p>1 : tholéitiques
 4 : monzonitiques
 7 : alcalines sous-saturées en silice</p> | <p>2, 3 : calcoalcalines
 5, 6 : alcalines saturées en silice</p> |
|---|---|

Diagramme QAP sur lequel sont reportées les principales séries magmatiques
 (Lameyre, 1980)

DOCUMENT 7

Échantillons	$^{87}\text{Rb} / ^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$
1	0,81	0,70874
2	0,89	0,70881
3	0,89	0,70886
4	0,99	0,70893
5	1,10	0,70914
6	1,13	0,70916
7	1,23	0,70930
8	1,48	0,70969
9	3,15	0,71215

7a. Rapports isotopiques $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ et $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtenus pour la granodiorite calco-alcaline de Dinkey Creek, Sierra Nevada, Californie.
(Barbarin et al., 1989)



7b. Diagramme isochrone à construire

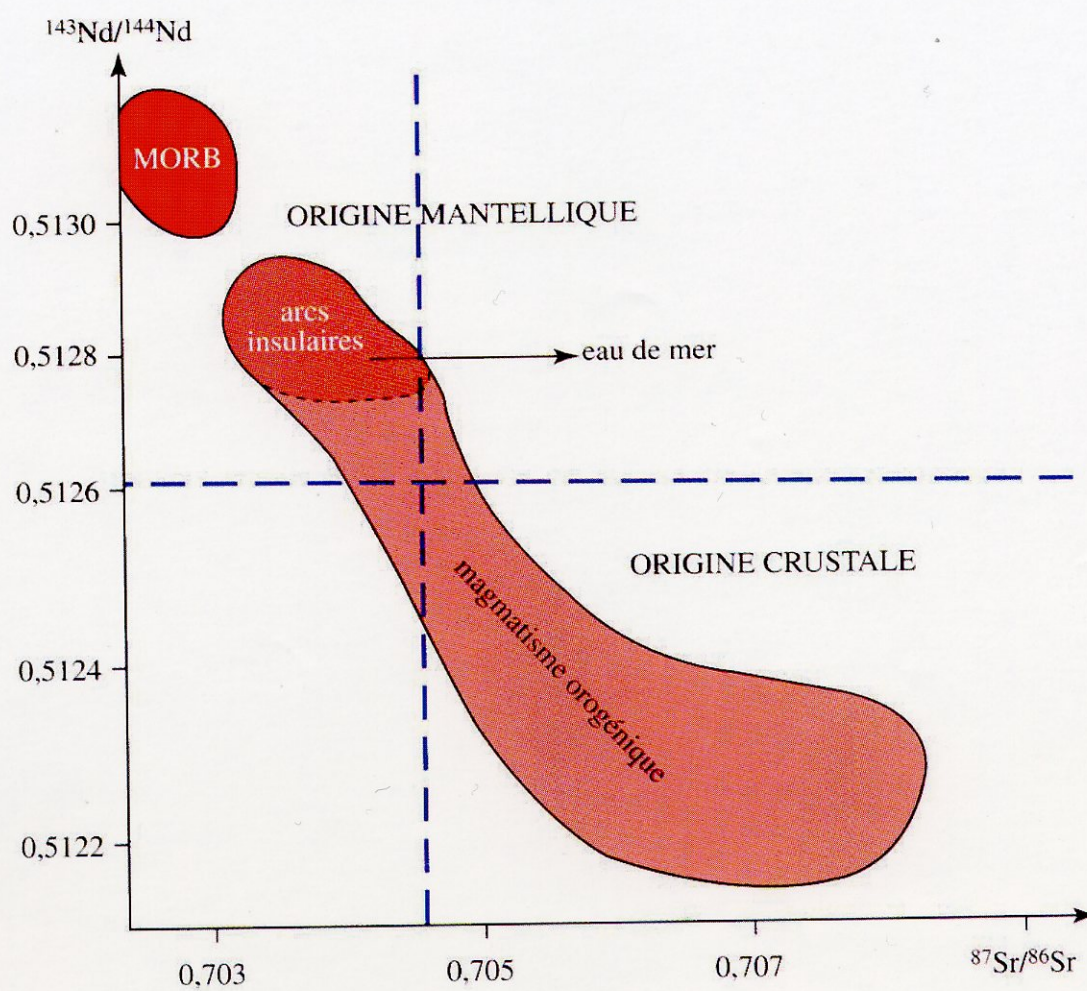
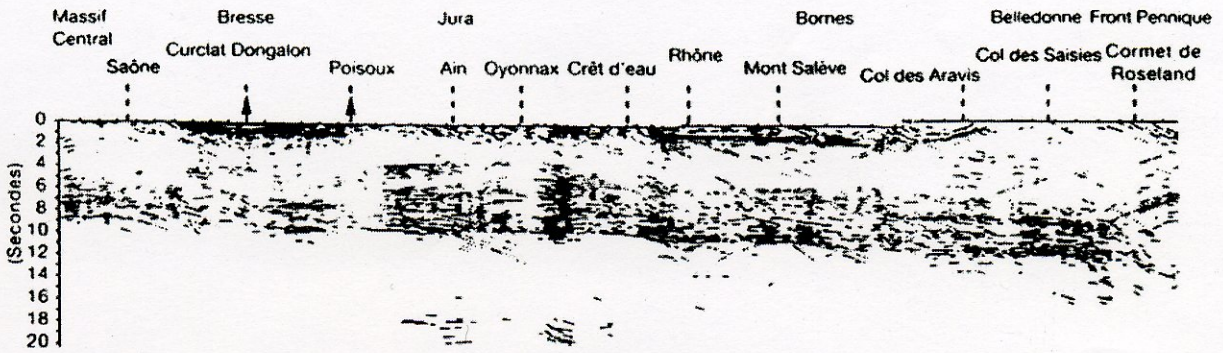
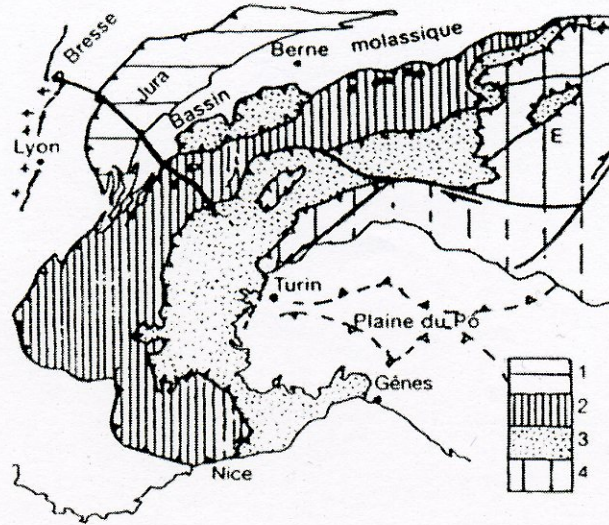
DOCUMENT 8

Diagramme géochimique $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ – $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sur lequel sont reportées les roches magmatiques des zones de subduction (Caron et al., éd. Ophrys, 2003)

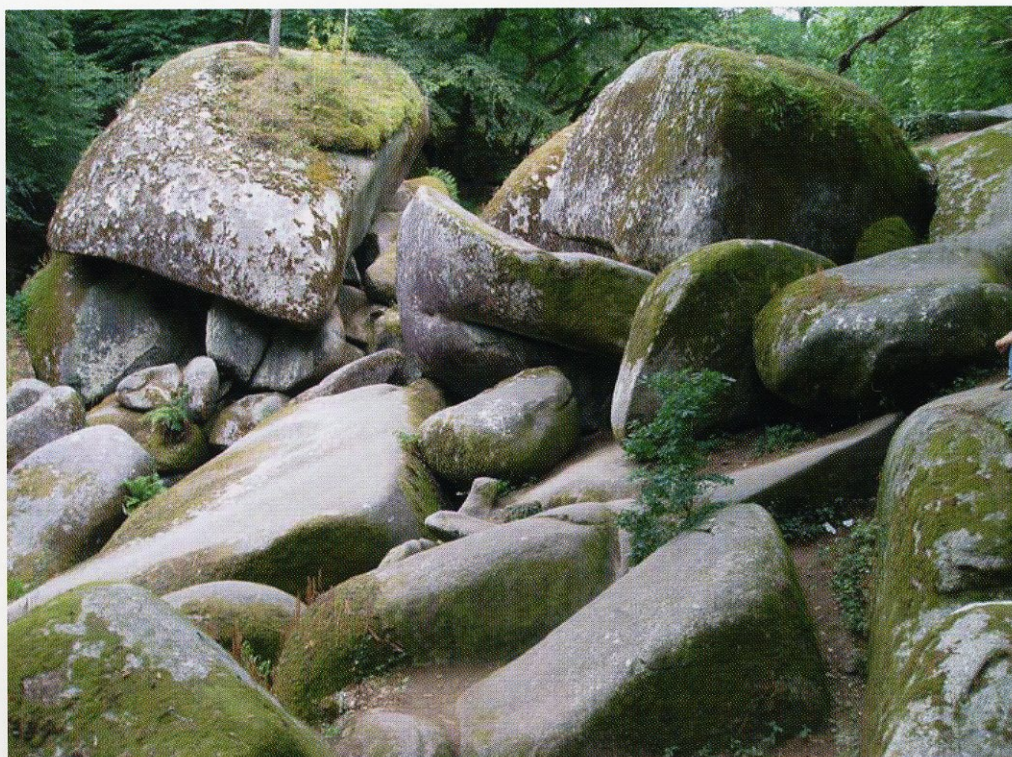
DOCUMENT 9



Profil ECORS Est Massif Central – Alpes (Brahic et al., éd. Vuibert, 1999)

L'échelle verticale est donnée en secondes temps double

DOCUMENT 10



10a. Photographie de roche granitique altérée en boules métriques



10b. Microphotographie d'une lame mince de roche granitique altérée en lumière polarisée analysée (hauteur de la microphotographie : 12 mm).

(cliché P. Chèvremont, B.R.G.M. Orléans)