Ch. G3 et G4. Le magmatisme

Ch. G3. Les modes d'expression du magmatisme

Partie du programme traitée : V-A. Les modes d'expression des magmas (totalité)

I. Les traces de l'activité magmatique

1. **Traces directes**
   a) Les roches magmatiques et leur mode de gisements
   b) Les séismes
   c) Les fumerolles et circulations hydrothermales
1. **Traces indirectes**

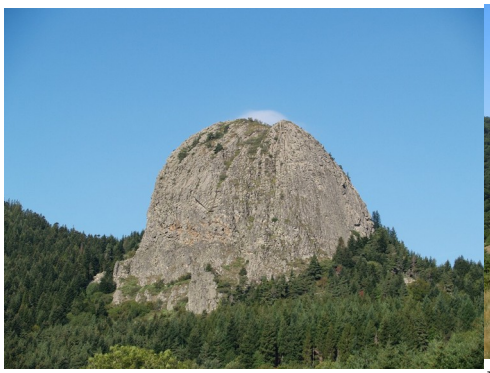
II. Diversité des magmas, des contextes et dynamismes éruptifs

1. **Notion de dynamisme éruptif**
2. **Le dynamisme éruptif dépend de la composition chimique du magma**
   a) Laves visqueuses et riches en gaz : dynamismes explosifs
   b) Laves liquides et pauvres en gaz : dynamismes effusifs
3. **Le dynamisme éruptif dépend de l'environnement éruptif**

Document 1: Une coulée pahoehoe (Hawaii).

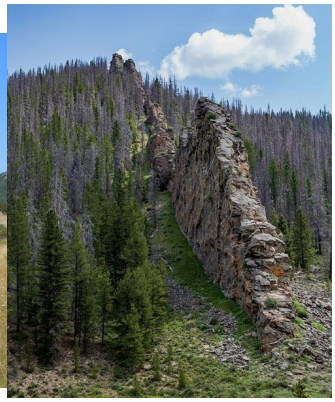
Document 2: Une coulée aa (Réunion)

Document 3: Un stratovolcan : le mont Fuji (Japon)



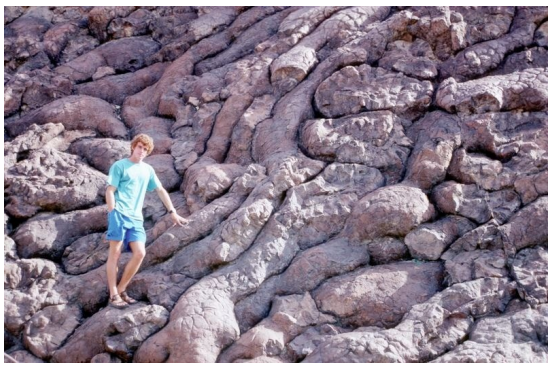
Document 4: Un dôme de phonolite : le gouleyou (Ardèche)

Document 5: Le neck basaltique de Sceautres (Ardèche)



Document 6: Un dyke (états-unis)

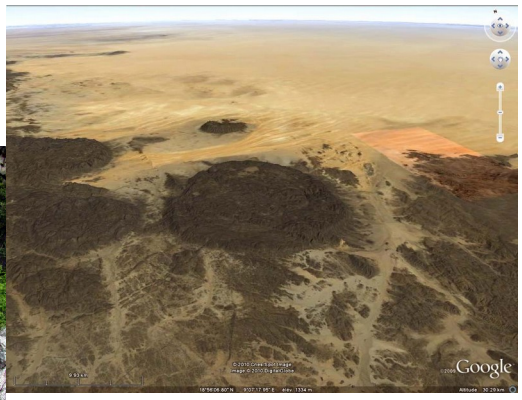
Document 7: Le laccolite de Torres del Paine (cordillère des Andes, Argentine). Le laccolite est la partie claire, l'encaissant est une roche sédimentaire sombre.



Document 8: Des basaltes en coussins, ou pillow lava (Oman).

Document 9: Un plateau basaltique (Coiron, Ardèche)

Document 10: Des orgues basaltiques (Jaujac, Ardèche).



Document 11: Des plutons granitiques vus du ciel, dans le désert de Namibie (Sud-Ouest de l'Afrique). Le pluton central mesure 24 km de diamètre.

Document 12: Fontaine de lave du Kilauea (Hawaï). Hauteur : 30 m. Indice d'explosivité volcanique :……

Document 13: Eruption surtseyenne dans les îles Tonga (océan Pacifique). Hauteur du panache : 100 m. Indice d'explosivité volcanique :……

Document 14: Eruption du Pinatubo en 1991. La photographie est prise à 20 km du volcan. Indice d'explosivité volcanique : ……

Document 15: Eruption du Mont St-Helens, au Nord-Ouest des Etats-Unis, en 1980. Les photos sont prises à une distance de 15 km. Indice d'explosivité volcanique : ……

a

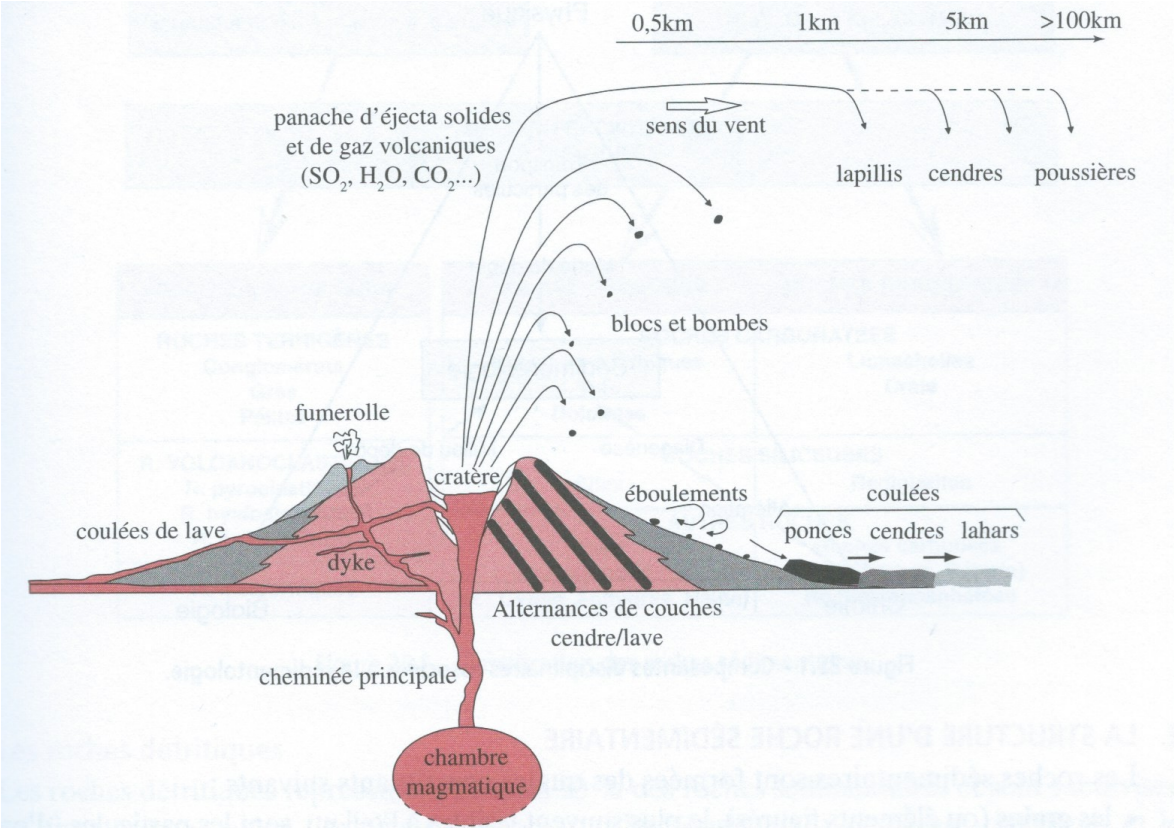
c

b

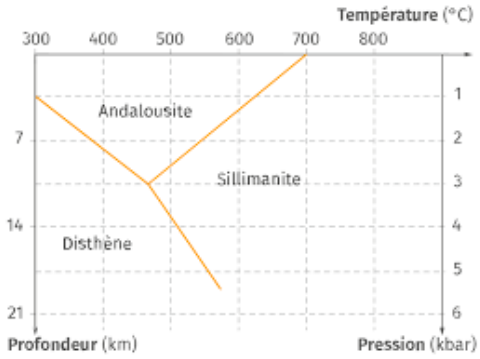
d

Document 16: Indice d'explosivité volcanique

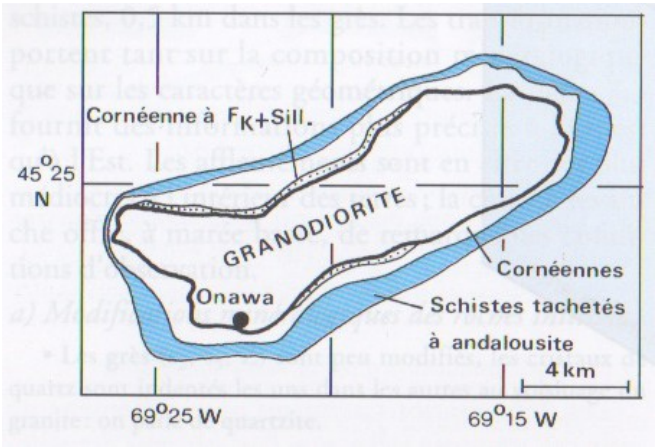
Échelle	Qualificatif	Cratère	Débris éjectes	Périodicité	Exemple	Localisation
0	Inexistant	< 100 m.	1.000 m³	Quotidienne	Kilauea	Archipel d'Hawaï
1	Faible	100 à 1000 m.	10.000 m³	Quotidienne	Stromboli	Archipel des îles Éoliennes
2	Important	1 à 5 km	1.000.000 m³	Hebdomadaire	Galeras	Colombie
3	Très important	3 à 15 km	10.000.000 m³	Annuelle	Nevado del Ruiz	Cordillère des Andes
4	Cataclysmique	10 à 25 km	100.000.000 m³	Tous les 10 ans	Galunggung	Indonésie
5	Paroxystique	> 25 km	1 km³	Tous les 100 ans	Mont Saint Helens	États-Unis
6	Colossal	> 25 km	10 km³	Tous les 100 ans	Krakatau	Indonésie
7	Super-colossal	> 25 km	100 km³	Tous les 1 000 ans	Tambora	Indonésie
8	Mega-colossal	> 25 km	> 1.000 km³	Plus de 10 000 ans	Yellowstone	États-Unis



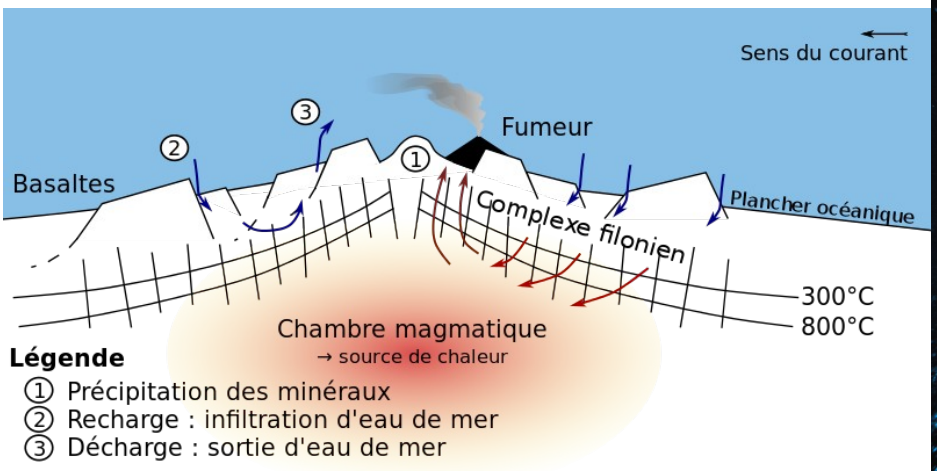
Document 17: Principales formations volcaniques d'un volcan mixte (de type strombolien, alternant des épisodes explosifs et effusifs). D'après Maxifiches – Géologie, Emmanuel et al, 2014.



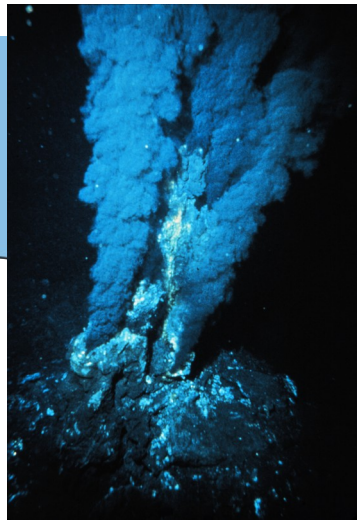
Document 18: Diagramme de stabilité des silicates d'alumine. L'andalousite est dans le domaine des basses pression et moyennes à hautes températures.



Document 19: Carte géologique simplifiée de la région d'Onawa, Maine, USA. La granodiorite est intrusive dans des terrains argileux, qui ont développé un métamorphisme de haute température et basse pression au contact du magma. D'après Géologie – Objets, méthodes et modèles. Dercourt et al, 2006.



Document 20: Modèle du fonction schématique de l'hydrothermalisme à proximité des dorsales. D'après Wikimedia Commons.



Document 21: Un fumeur noir à proximité de la dorsale médio-atlantique. D'après Wikimedia Commons.

Document 22: Une eau minérale gazeuse d'Ardèche, dans une région aujourd'hui tranquille : une marque d'une activité magmatique toujours d'actualité.

Chapitre G4. Processus fondamentaux du magmatisme

Partie du programme traitée : V-B. Processus fondamentaux du magmatisme (totalité)

I. Production des liquides primaires

1. Un magma est produit par fusion partielle

a) La composition du liquide est différente de celle du solide
b) Cas des solides non miscibles : l'eutectique
c) Cas des solides miscibles : le diagramme du solidus
d) Systèmes réels et systèmes ternaires
e) La composition du liquide dépend du taux de fusion

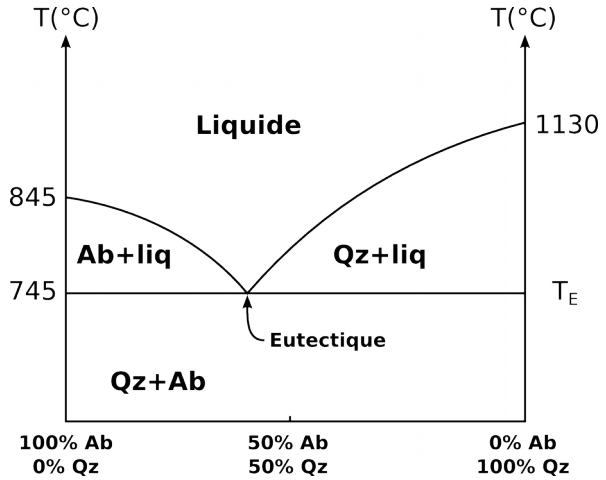
2. Différents contextes permettent la production de magmas

a) Fusion mantellique par décompression adiabatique
b) Fusion mantellique par réchauffement isobare
c) Fusion mantellique par hydratation
d) Anatexie crustale par chauffage

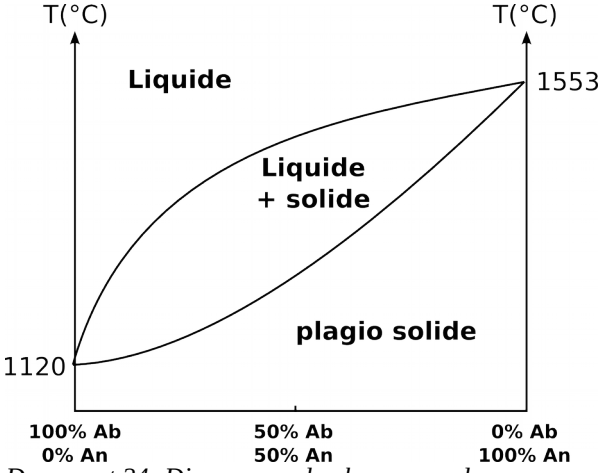
e) Les magma portent la signature de leur source
   i. Origine superficielle ou profonde du manteau
   ii. Contamination du magma

II. Evolution des liquides

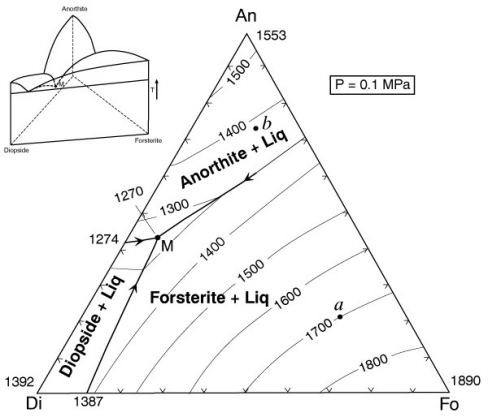
1. **Les magmas sont liés par des relations génétiques**
   a) Diversité des roches d'une même région
   b) Notion de série magmatique
2. **Le processus de différenciation magmatique**
   a) La cristallisation fractionnée
   b) Caractères généraux de la différenciation magmatique
3. **Les trois séries magmatiques**
   a) La série alcaline
   b) La série calco-alcaline
   c) La série tholéiitique
   d) Roches issues de l'anatexie



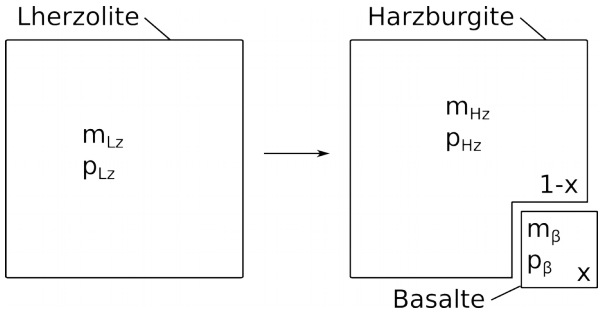
Document 23: Diagramme de phase pour deux minéraux non miscibles (albite et quartz). Production personnelle.



Document 24: Diagramme de phase pour deux minéraux miscibles (albite et anorthite). Production personnelle.

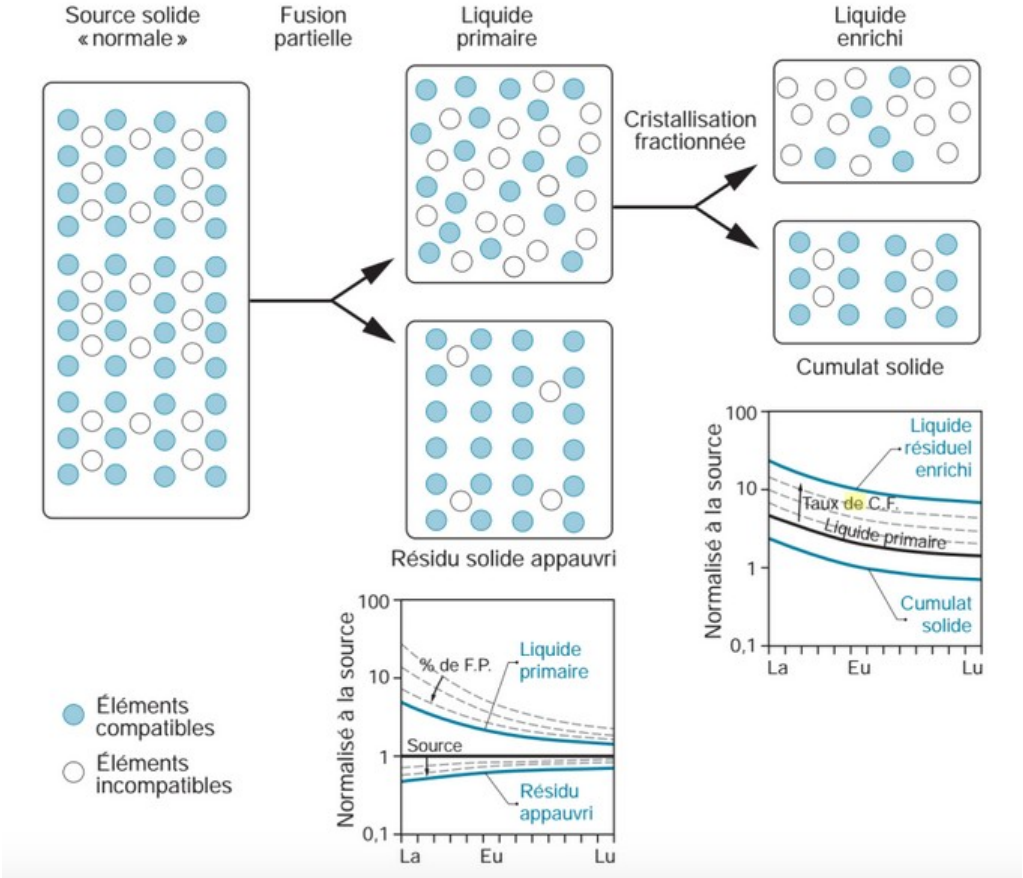


Document 25: Représentation tridimensionnelle (en haut à gauche) et bidimensionnelle (diagramme triangulaire) de l'équilibre ternaire diopside (pyroxène ferro-magnésien calcique) forstérite (olivine magnésienne) et anorthite (plagioclase calcique). D'après An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology, Winter, 2001.



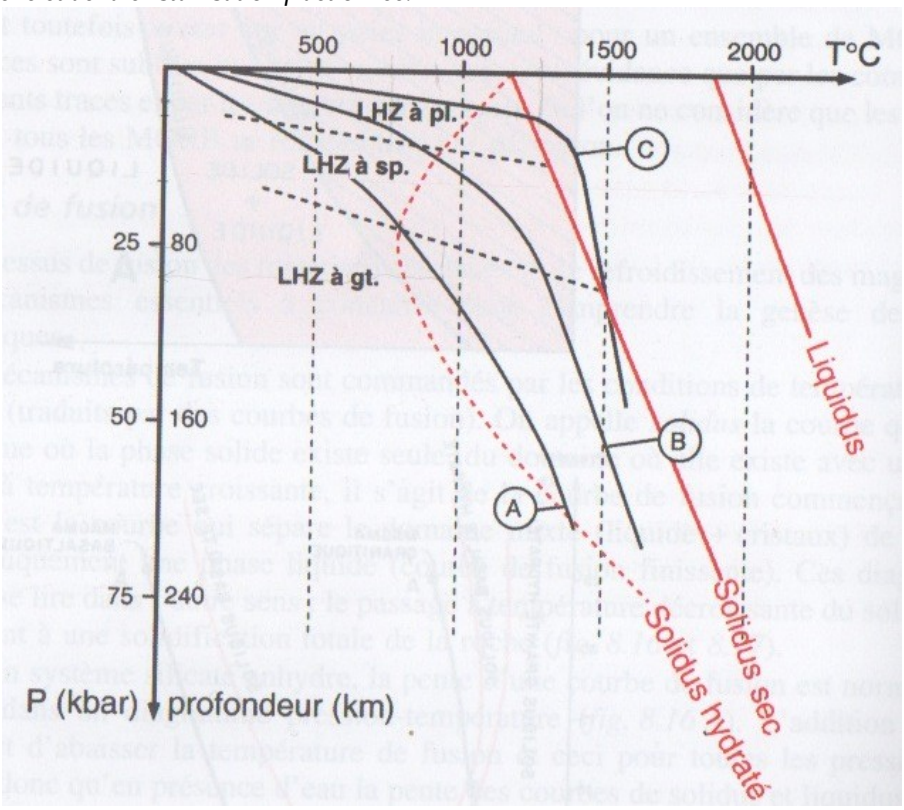
$$m_\beta + m_{Hz} = m_{Lz} \Rightarrow p_\beta x + p_{Hz}(1-x) = p_{Lz}$$
$$\Rightarrow x = \frac{p_{Lz} - p_{Hz}}{p_\beta - p_{Hz}}$$

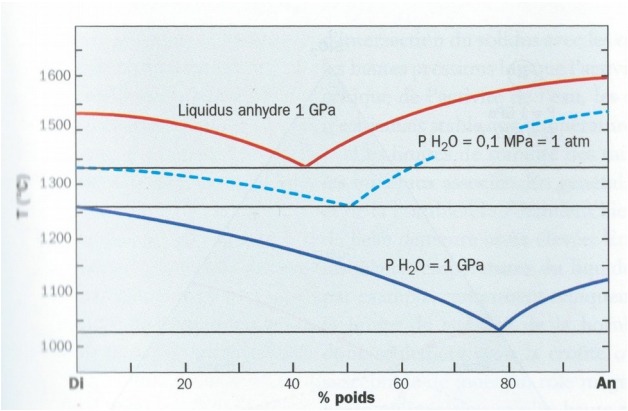
Document 26: Principe du calcul d'un taux de fusion. m_{Lz}, p_{Lz}, m_{Hz}, p_{Hz}, m_β, p_β : masses totale et proportion d'un élément donné dans la lherzolite, harzburgite et basalte respectivement. Production personnelle.



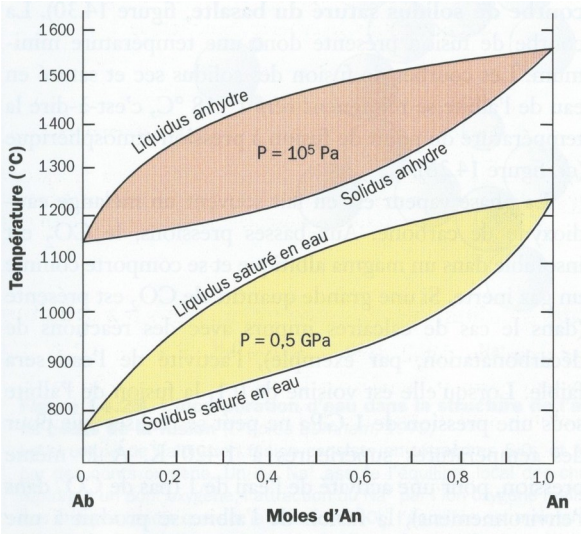
Document 27: Schématisation du fractionnement des éléments compatibles et incompatibles lors de la fusion partielle et de la cristallisation fractionnée.

Document 28: Diagramme de phase de la péridotite et géotherme de trois contextes géodynamiques différents : zone de subduction, plaine abyssale, dorsale. Deux solidus sont donnés : péridotite sèche et péridotite humide.



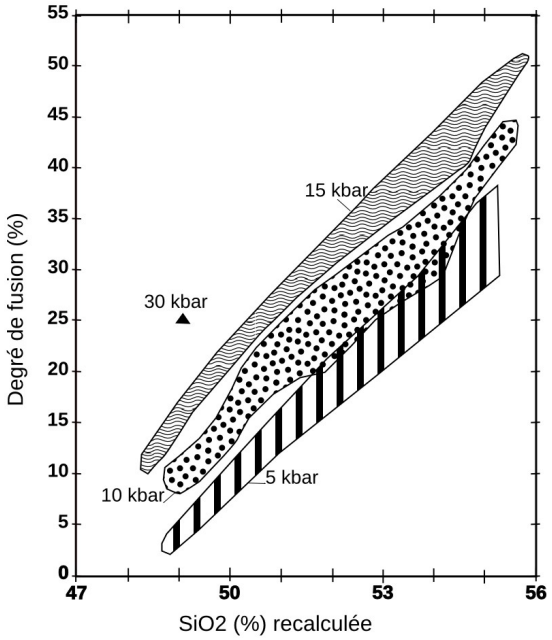


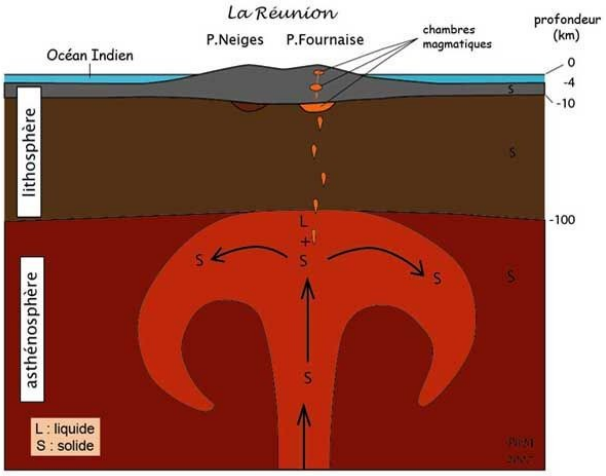
Document 29: Diagramme de phase diopside-anorthite anhydre (pression partielle d'eau de 105 Pa) ou hydratés (pression partielle d'eau de 0,1 MPa ou 1 Gpa). Noter, en plus de la diminution de la température de fusion, le changement important de composition de l'eutectique. D'après Géosciences, Robert et Bousquet, 2013.



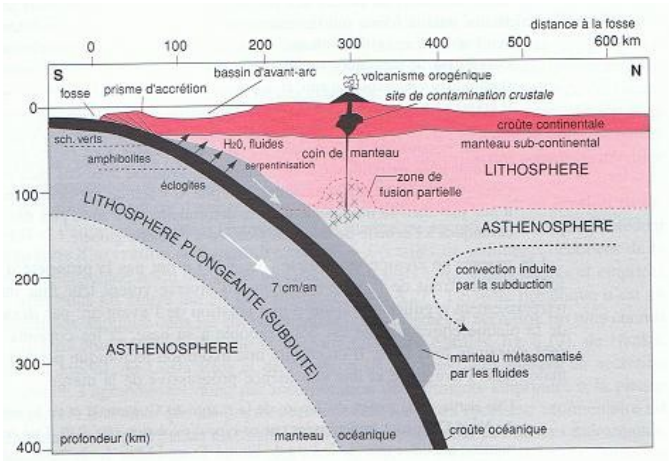
Document 30: Diagramme de phase des plagioclases anhydres (pression partielle d'eau de 10^5 Pa) ou hydratés (pression partielle d'eau de 0,5 GPa = 5.10^8 Pa). D'après Géosciences, Robert et Bousquet, 2013.

Document 31: Corrélation entre taux de fusion d'une péridotite et taux de silice, pour des pressions différentes. Les fortes pressions favorisent, à taux de fusion constant, la formation de magmas basiques.



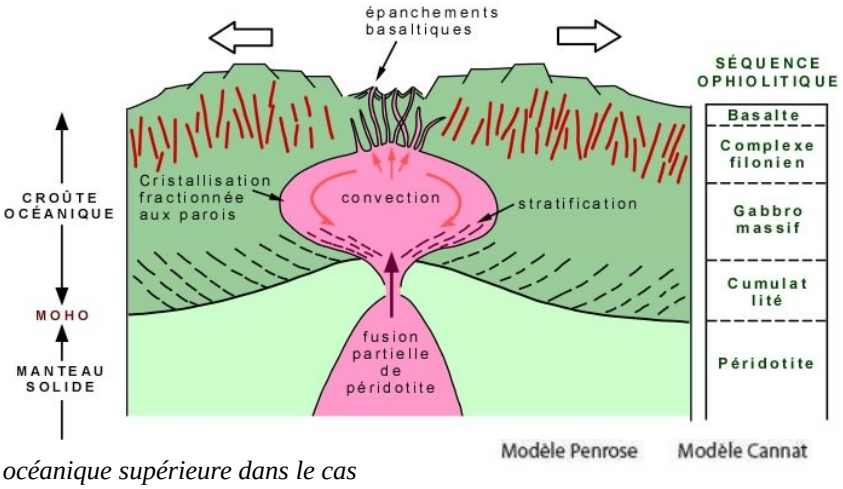


*Document 32: Modèle de la remontée de manteau chaud au niveau du point chaud de la Réunion. S : solide. L + S : liquide et solide. Attention : la fusion partielle n'a lieu que dans la **partie supérieure du panache** (100 à 200 km de profondeur). D'après futura-sciences.com*



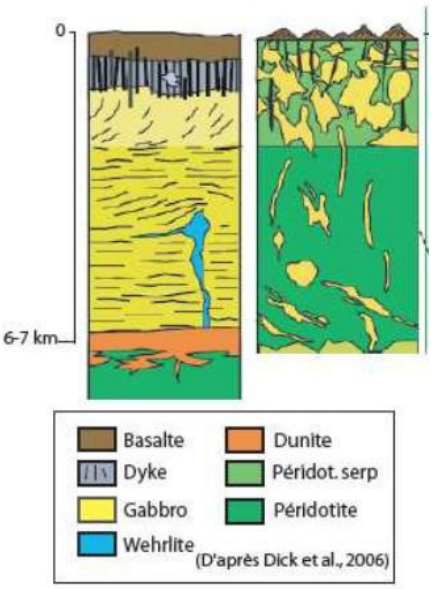
Document 33: Modèle de la formation d'un magma dans une zone de subduction océan-continent (de type andin). D'après Eléments de géologie, Pommerol et al., 2000.

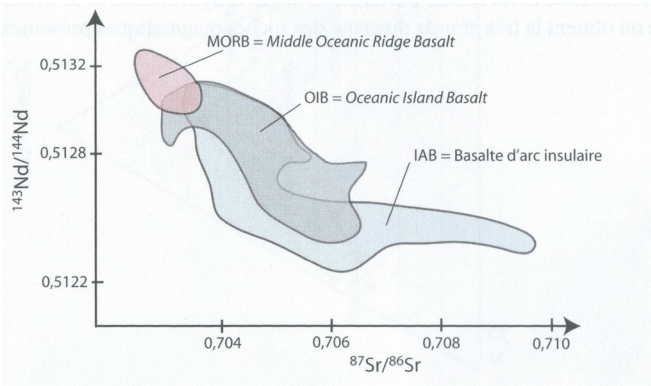
Document 34: Modèle d'une chambre magmatique (crustale) dans un contexte de dorsale océanique rapide. La cristallisation fractionnée a lieu au sein de la chambre et se traduit par la formation d'un cumulat gabbroïque dont le litage est sédimentaire. L'épanchement de magma produit un basalte légèrement enrichi en incompatibles, qui cristallise sur les parois (gabbros massifs), dans les filons (basaltes ou micrograbbros) ou en surface (basalte en coussins). D'après l'université de Laval, Canada.



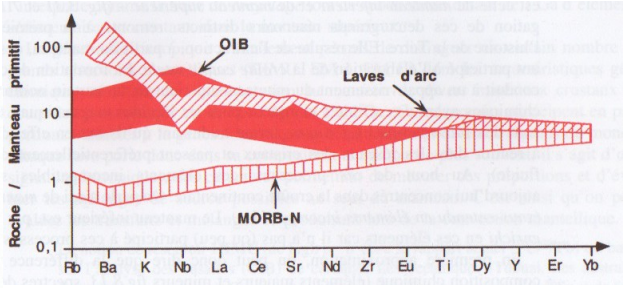
Document 35: Structure de la lithosphère océanique supérieure dans le cas d'une dorsale rapide (gauche) ou lente (droite). Notez que la croûte n'est épaisse (7 km) et continue que dans le cas de la dorsale rapide. Notez également la structuration régulière basalte → complexe filonien → gabbro massif → gabbro lité pour les dorsales rapides, à mettre en relation avec le fonctionnement de ces dorsales (doc 34). Notez l'absence parfois totale de croûte dans le cas des dorsales lentes.

La wherlite est une roche hors programme, et correspond à une péridotite appauvrie en orthopyroxène. La dunite est une roche composée essentiellement d'olivine. Elle correspond à un cumulat de base de chambre magmatique. La péridotite serpentinisée est une péridotite hydratée, dont l'hydratation est due à l'hydrothermalisme due à la présence de l'océan, proche dans le cas du manteau lithosphérique des dorsales lentes.

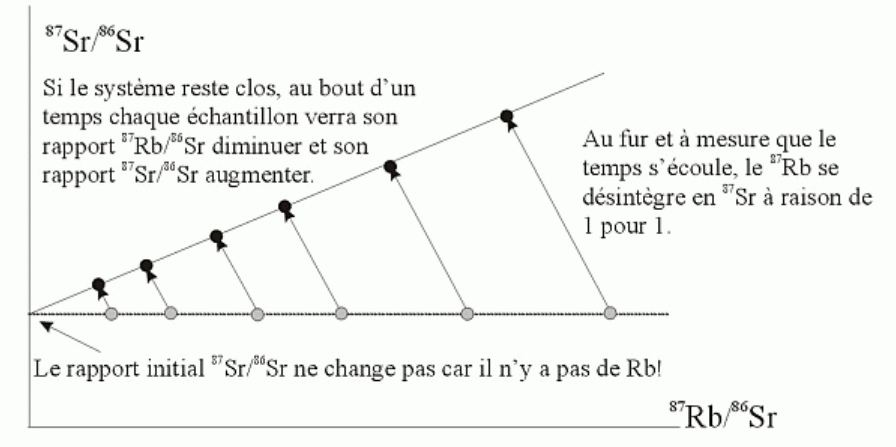




Document 36: Position des MORB, OIB et IAB dans le diagramme $^{143}Nd/^{144}Nd$ en fonction de $^{87}Sr/^{86}Sr$. D'après Maxifiches – Géologie, Emmanuel et al, 2014.

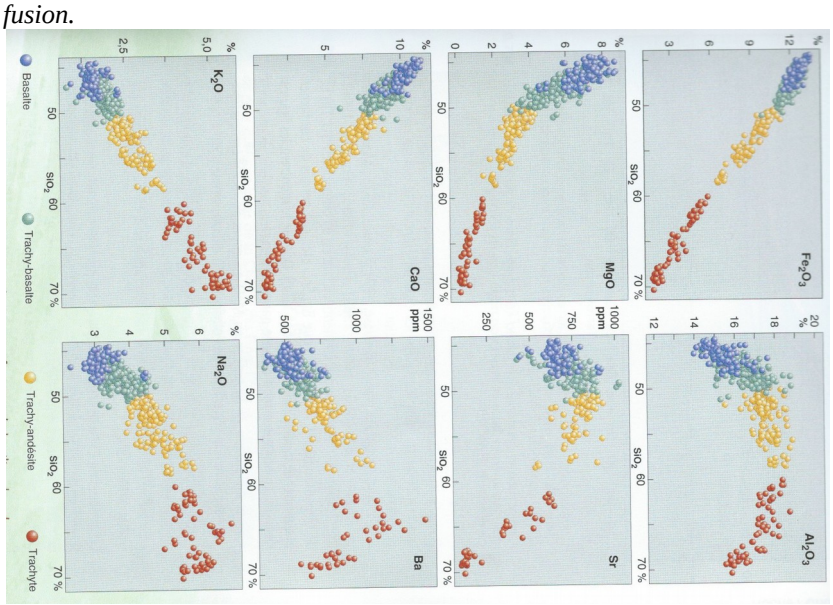


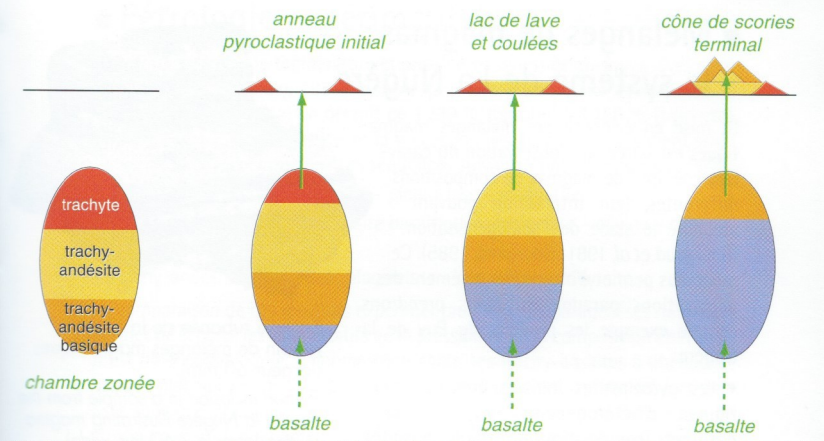
Document 37: Spectre d'éléments traces pour trois types de laves : les laves d'arc (magmatisme calco-alcalin), les MORB (mid ocean ridge basalt = basalte tholéiitique de dorsale) et les OIB (ocean island basalt = basalte alcalin de point chaud océanique). Les éléments traces sont classés du plus incompatible (à gauche) au moins incompatible (à droite). D'après Eléments de géologie, Pommerol et al, 2000.



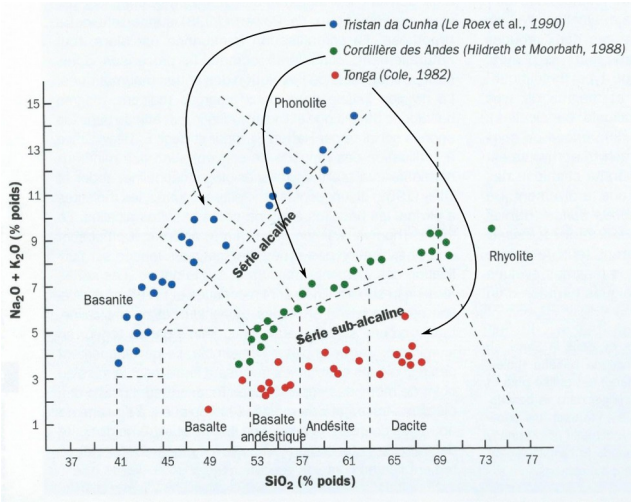
Document 38: Rappel : la droite isochrone dans le cas du système Rb/Sr. L'ordonnée à l'origine est le rapport initial $^{87}Sr/^{86}Sr$. Il est caractéristique de la roche à l'origine de la fusion.

Document 39: Pourcentage en différents éléments dans les laves des volcans de la chaîne des Puys. Noter la continuité frappante pour l'ensemble des éléments étudiés. D'après Volcanologie de la chaîne des Puys, collectif, 2009.

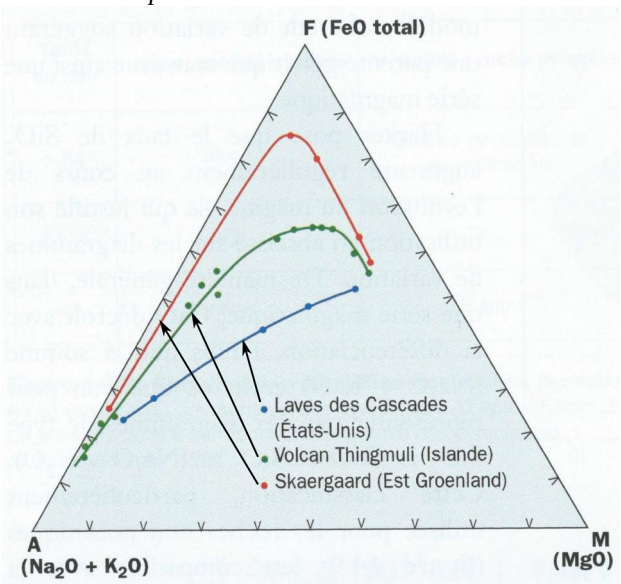


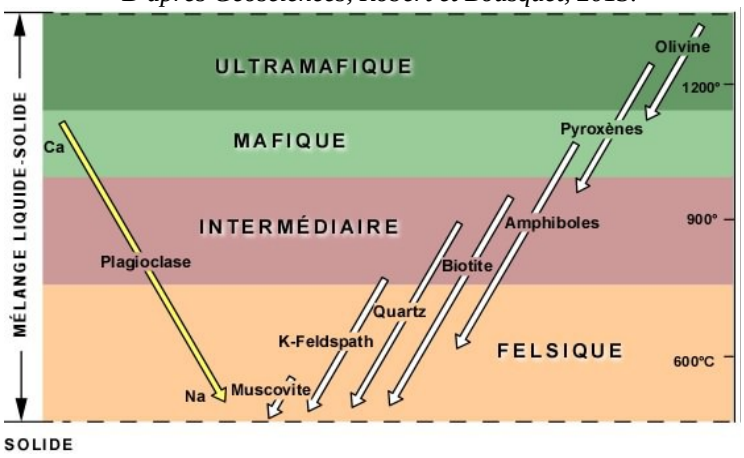


Document 40: Modèle permettant d'expliquer la succession de phases éruptives plus ou moins explosives en fonction du temps.



Document 41: Position dans le diagramme TAS (total alkali silica) de trois séries (archipel Tristan da Cunha, Cordillère des Andes, archipel des Tonga). D'après Géosciences, Robert et Bousquet, 2013.



Document 42: Diagramme AFM (alcalins, fer total, magnésium) de trois séries magmatiques : série calco-alcaline (lave des Cascades), série alcaline (Thingmuli) et tholéiitique (Skaergaard). Noter l'absence d'enrichissement en fer pour la série calco-alcaline. D'après Géosciences, Robert et Bousquet, 2013.

Document 43: Les suites réactionnelles de Bowen. Noter l'augmentation du taux de SiO_2 depuis les termes de haute température vers les termes de basse température. D'après l'université de Laval, Canada.