

Ch. G1. La mise en place des magmas

Partie du programme traitée : ST-F. Le magmatisme

I. Production des liquides primaires

1. **Un magma est produit par fusion partielle**
 - a) La fusion des roches est incongruente
 - i. Fusion des solides non miscibles
 - ii. Fusion des solides miscibles
 - b) Modélisation des systèmes réels par les diagrammes ternaires
 - c) Conditions de fusion et composition des magmas
2. **Fusion partielle et contexte géodynamique**
 - a) Par décompression adiabatique : dorsales
 - b) Par échauffement isobare : points chauds
 - c) Par hydratation : subductions
 - d) Anatexie crustale continentale : chaînes de montagnes

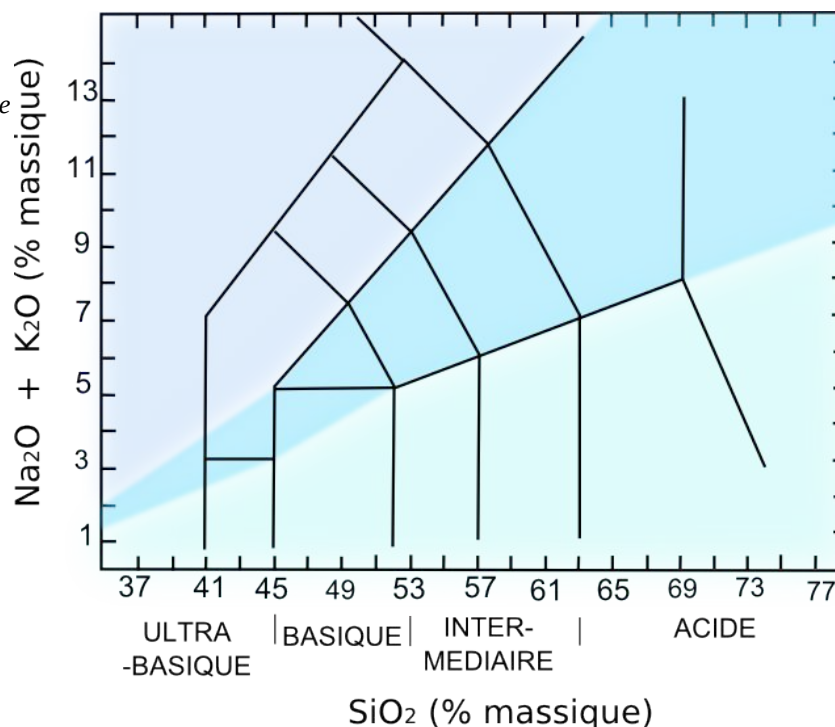
II. Evolution des liquides

1. **La différenciation magmatique**
2. **Séries magmatiques et contextes géodynamiques**
 - a) Série alcaline
 - b) Série tholéiitique
 - c) Série calco-alcaline
 - d) Roches issues de l'anatexie

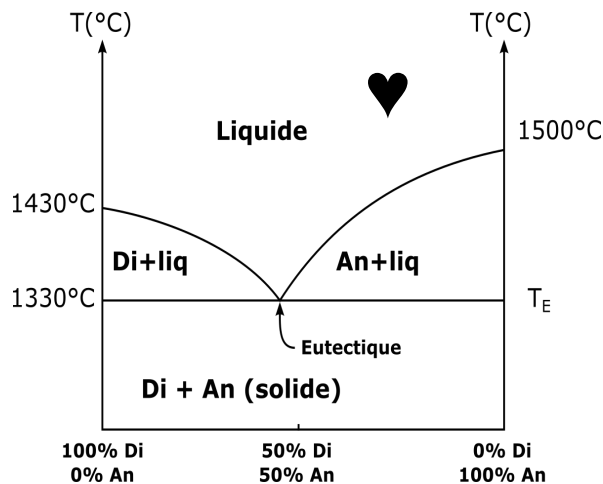
III. Mise en place des roches magmatiques

1. **De la zone de fusion partielle à la chambre magmatique**
2. **Refroidissement et mode de gisement**
3. **Les dynamismes éruptifs**
 - a) Typologie et influence de la composition chimique du magma
 - b) Influence de l'environnement éruptif
 - c) Risques

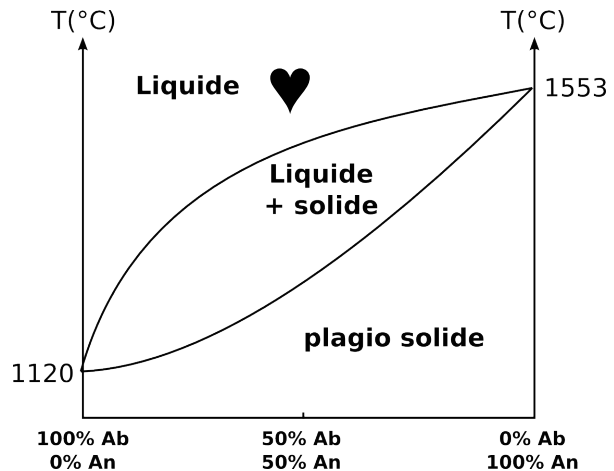
Document 1. Le diagramme TAS (total alkali silica), ou diagramme de Harker, utilisé dans la classification des roches magmatiques. A compléter.



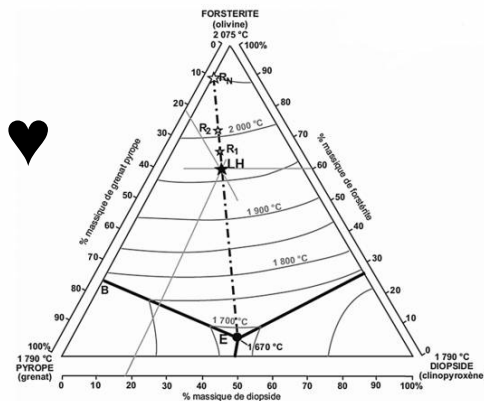
1 Joseph Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris, s. d., consulté le 29 septembre 2024, <http://josephnicolassvt.fr/>.



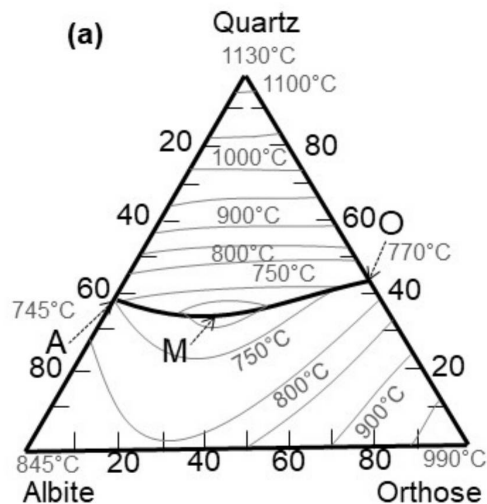
Document 2: Diagramme de phase pour deux minéraux non miscibles : le diopside (clinopyroxène) et le quartz. Production personnelle.



Document 3: Diagramme de phase pour deux minéraux miscibles (= formant une solution solide) : les plagioclases, avec pôle albite (sodique) et pôle anorthite (calcique). Production personnelle.

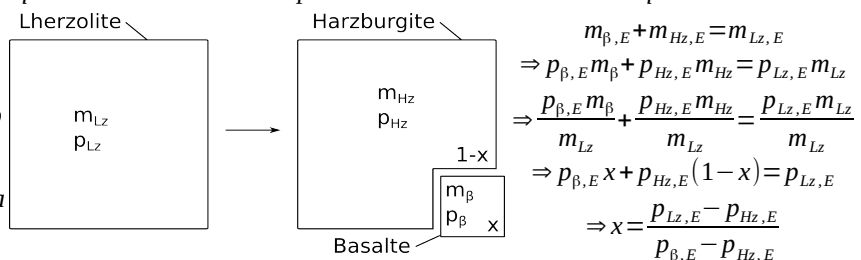


Document 4: Diagramme de changement d'état du système à trois pôles forstérite (olivine magnésienne)/pyrope (grenat aluminé)/diopside (clinopyroxène ferromagnésien et calcique), applicable à une péridotite à grenat (manteau supérieur de profondeur supérieure à 70 km). LH donne la composition moyenne d'une péridotite à grenat (> 70 km de profondeur). R_1 , R_2 et R_N indiquent diverses compositions du solide résiduel au fur et à mesure de l'avancement de la fusion. E : eutectique.



Document 5. Diagramme ternaire du système quartz-albite-orthose, qui représente bien le granite. Notez que l'albite et l'orthose sont miscibles pour les pressions faibles, mais pas pour les pressions fortes, d'où une lecture complexe du graphe. M : minimum de température. A et O sont des eutectiques binaires.

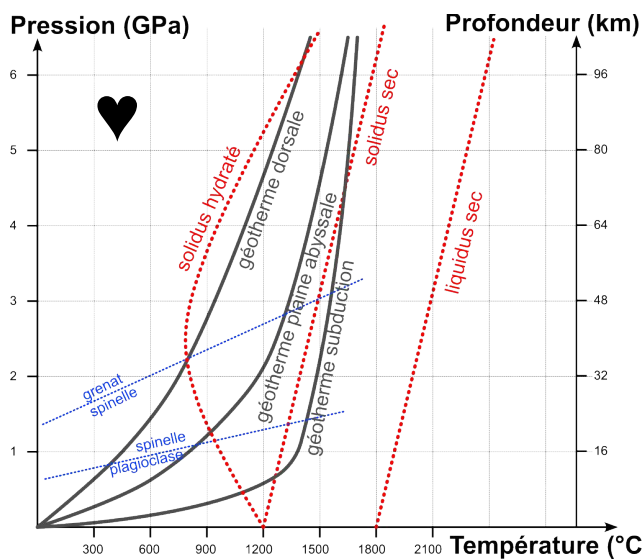
Document 6: Principe du calcul d'un taux de fusion. m_{Lz} , m_{Hz} , m_{β} : masses totale de lherzolite, harzburgite et basalte respectivement ; $m_{Lz,E}$, $p_{Hz,E}$, $m_{\beta,E}$: masses totale de l'élément E dans la lherzolite, la harzburgite et le basalte respectivement ; $p_{Lz,E}$, $p_{Hz,E}$, $p_{\beta,E}$: proportion d'un élément donné dans la lherzolite, harzburgite et basalte respectivement.



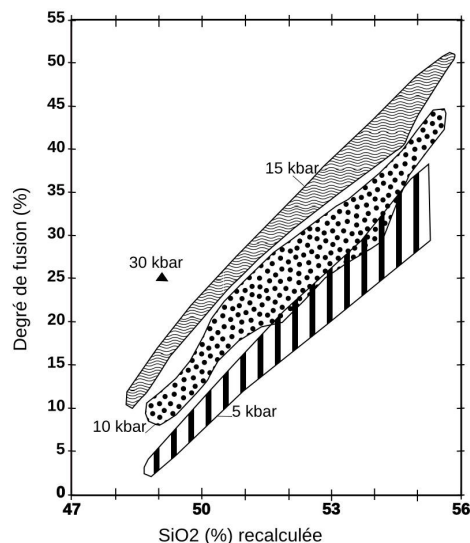
2 Patricia Schneeberger et al., « Enseigner la genèse des magmas sous une dorsale : exemple de la fusion partielle en classe de première scientifique », *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, n° 14 (décembre 2016): 95-124, <https://doi.org/10.4000/rdst.1427>.

3 « Rapports du concours et sujets », *Concours G2E - Géologie, eau et environnement*, s. d., consulté le 13 septembre 2025, <https://concoursg2e.univ-lorraine.fr/concours-precedents/>.

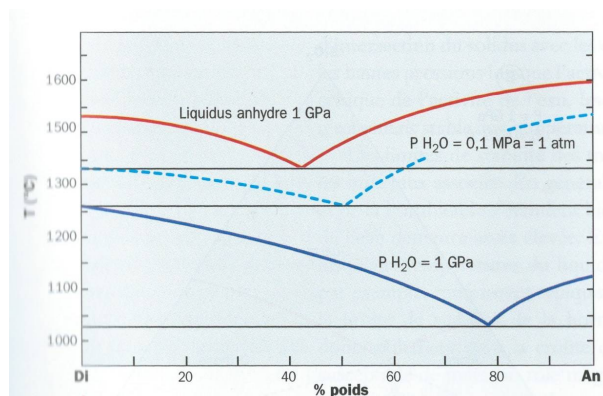
4 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.



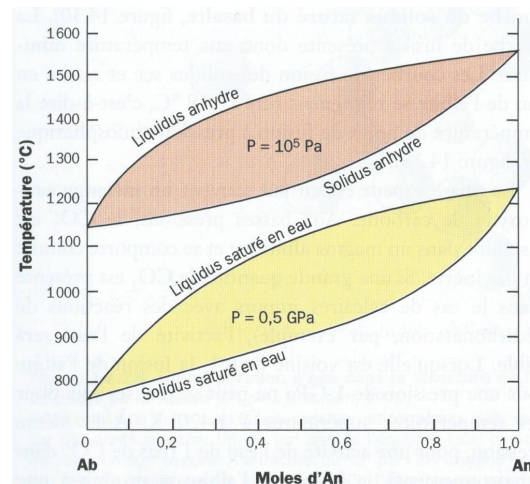
Document 7. Diagramme de phase de la péridotite et géotherme de trois contextes géodynamiques différents : subduction (A), plaine abyssale (B), dorsale (C). Deux solidus sont donnés : péridotite sèche et péridotite humide.



Document 8: Corrélation entre taux de fusion d'une péridotite et taux de silice du magma, pour des pressions différentes. Les fortes pressions favorisent, à taux de fusion constant, la formation de magmas basiques.

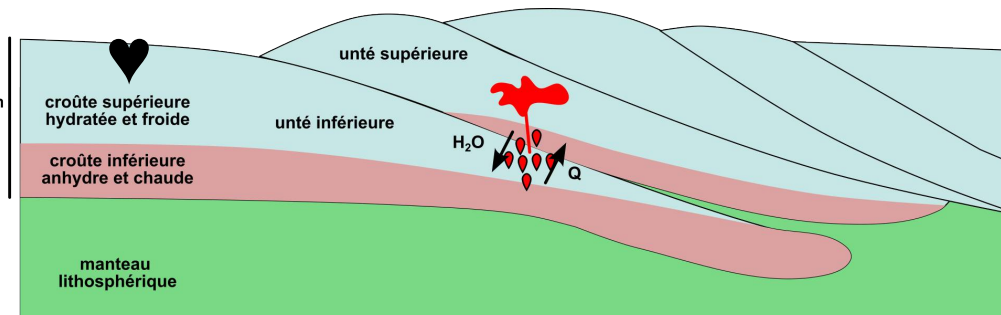


Document 9: Diagramme de phase diopside-anorthite anhydre (pression partielle d'eau de 10⁵ Pa) ou hydratés (pression partielle d'eau de 0,1 MPa ou 1 GPa). Noter, en plus de la diminution de la température de fusion, le changement important de composition de l'eutectique.



Document 10: Diagramme de phase des plagioclases anhydres (pression partielle d'eau de 10⁵ Pa) ou hydratés (pression partielle d'eau de 0,5 GPa = 5.10⁸ Pa).

Document 11. Fusion partielle par anatexie crustale dans un contexte tardi-orogénique. Q : chaleur.



5 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.

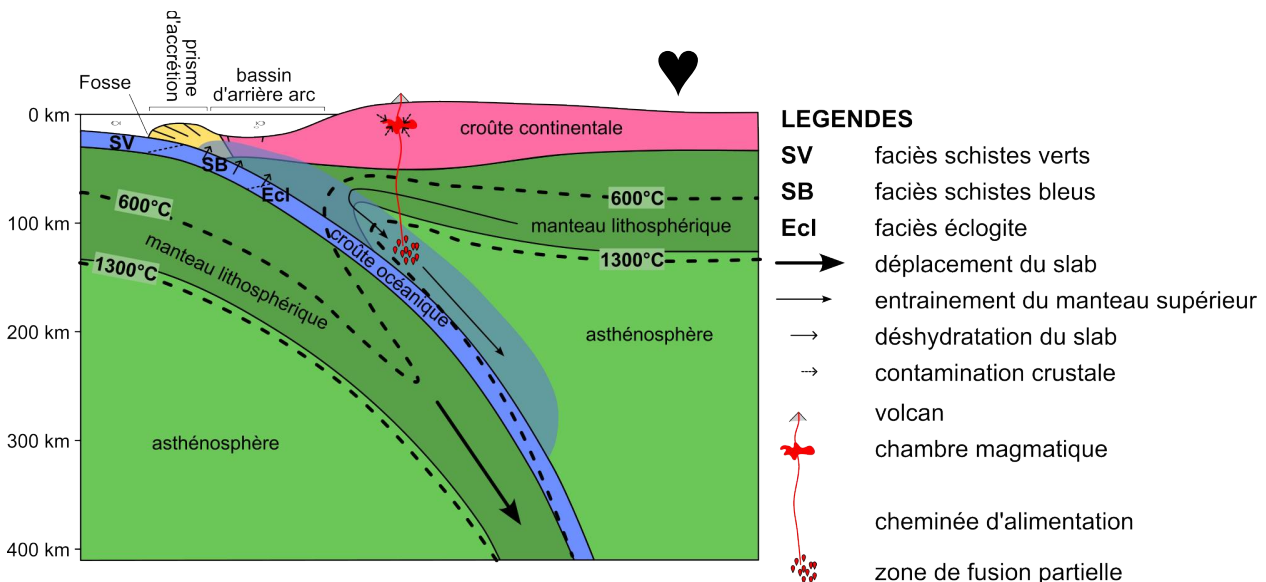
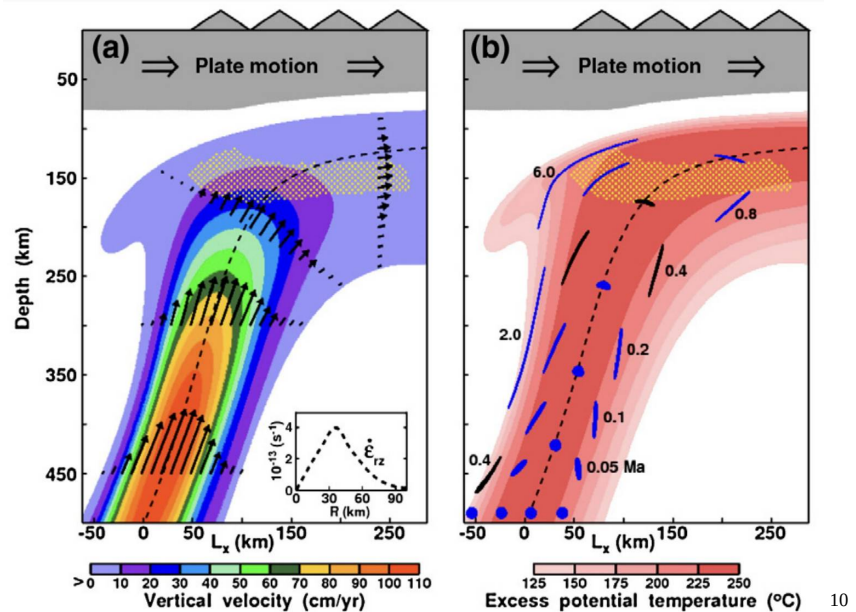
6 « Ressources scientifiques pour l'enseignement des sciences de la Terre — Planet-Terre », consulté le 10 septembre 2024, <https://planet-terre.ens-lyon.fr/>.

7 Bousquet, Robert, GÉOSCIENCES | Belin Education (Belin, 2013), <https://www.belin-education.com/geosciences>.

8 Bousquet, Robert, GÉOSCIENCES | Belin Education.

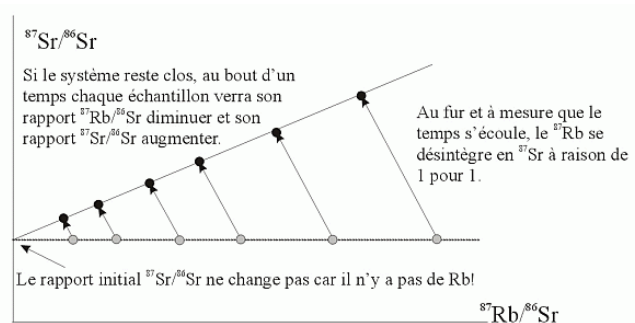
9 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.

Document 12. Modélisation du panache mantellique de Hawaii (point chaud). Gauche : vitesse de progression du panache. Les flèches sont des vecteurs vitesse. La zone ponctuée correspond à la zone de fusion partielle. Droite : différences de température avec la manteau ambiant.



Document 13. Modèle de la formation d'un magma dans une zone de subduction océan-continent (type Indonésie, Japon). A compléter éventuellement.

Document 13: Rappels de terminale : la méthode Rb/Sr. On rappelle l'équation de désintégration : $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$ (constante λ). Construction de la droite isochrone :
$$\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)(t) = \left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_0 + \left(\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}\right)(t)(e^{\lambda t} - 1)$$
 s'identifie à $y = b + x \times a$ avec $\lambda = 1,397 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$. L'ordonnée à l'origine est le rapport initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Il est caractéristique de la roche à l'origine de la fusion. La pente de la droite donne $e^{\lambda t} - 1$.

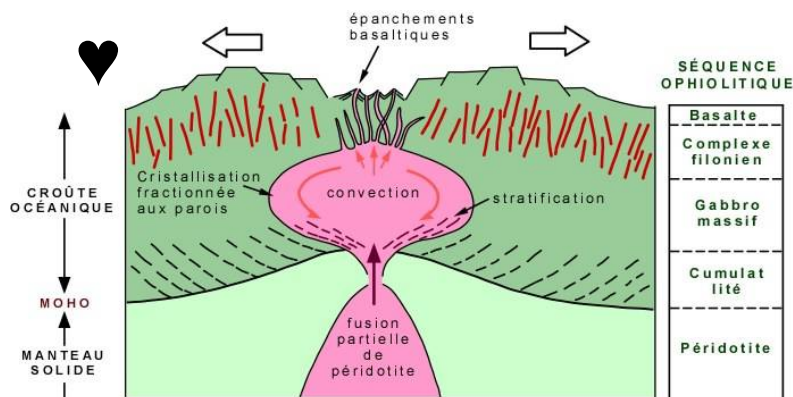


10 Cinzia G. Farnetani et Albrecht W. Hofmann, « Dynamics and Internal Structure of the Hawaiian Plume », *Earth and Planetary Science Letters* 295, n°s 1-2 (2010): 231-40, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.04.005>.

11 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.

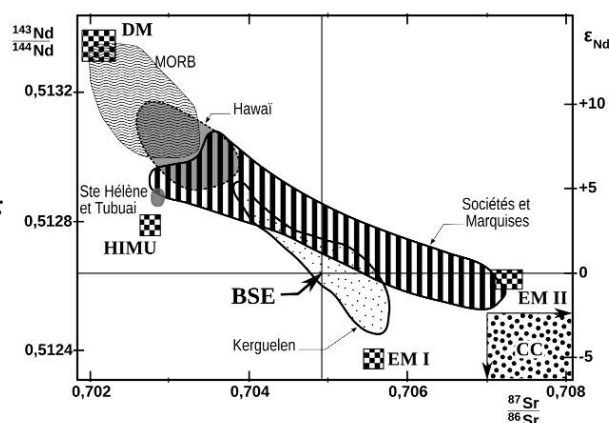
12 « Ressources scientifiques pour l'enseignement des sciences de la Terre — Planet-Terre ».

Document 14: Modèle d'une chambre magmatique (crustale) dans un contexte de dorsale océanique rapide (type Sud-Est pacifique). 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 microgabbros) ou en surface (basalte en coussins).

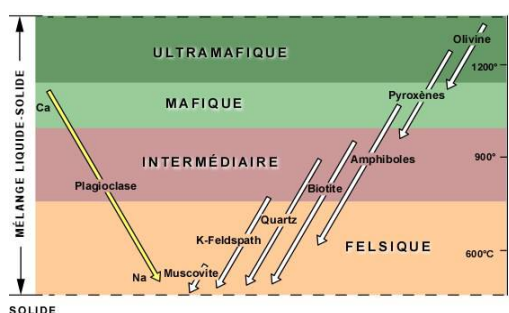


13

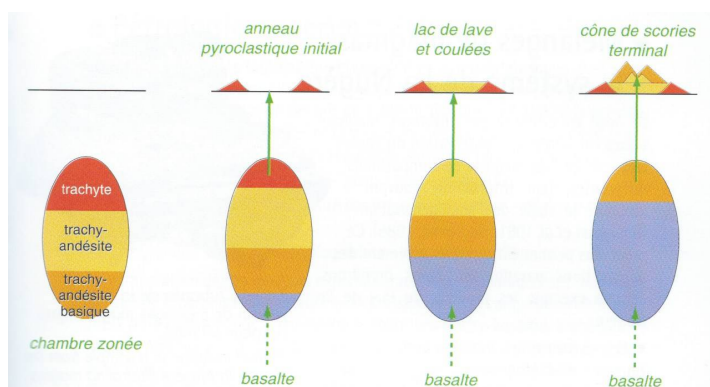
Document 15. Place de plusieurs types de magmas dans un diagramme de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. MORB : basalte de dorsale ; Ste-Hélène, Société et Marquises, Kerguelen : points chauds. DM : depleted mantle (manteau appauvri, source des MORB) ; EM1, EM2 : enriched mantle (manteau enrichi par divers processus) ; HIMU : « high μ » (manteau enrichi). BSE : bulk silicate earth = composition de la Terre moyenne ; CC : croûte continentale, et magmatisme de subduction océan/continent.



14



Document 16: 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.



Document 17: Modèle permettant d'expliquer la succession de 15 phases éruptives plus ou moins explosives en fonction du temps.

16

13 « Les roches ignées », consulté le 10 septembre 2024, <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s2/r.ign.html>.

14 « Ressources scientifiques pour l'enseignement des sciences de la Terre — Planet-Terre ».

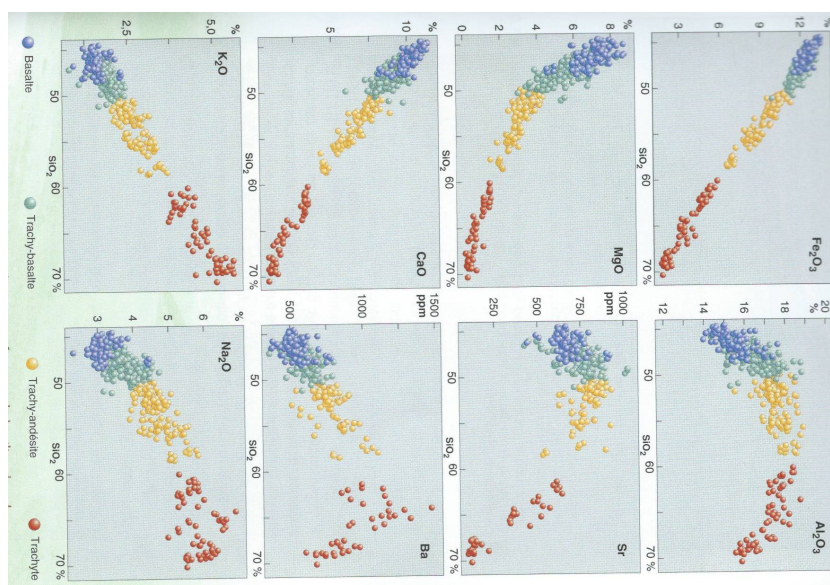
15 « Les roches ignées ».

16 « Volcanologie de la Chaîne des Puys Coffret avec carte et notice - broché - Collectif - Achat Livre | fnac », consulté le 10 septembre 2024, <https://www.fnac.com/a11071910/Collectif-Volcanologie-de-la-Chaine-des-Puys>.

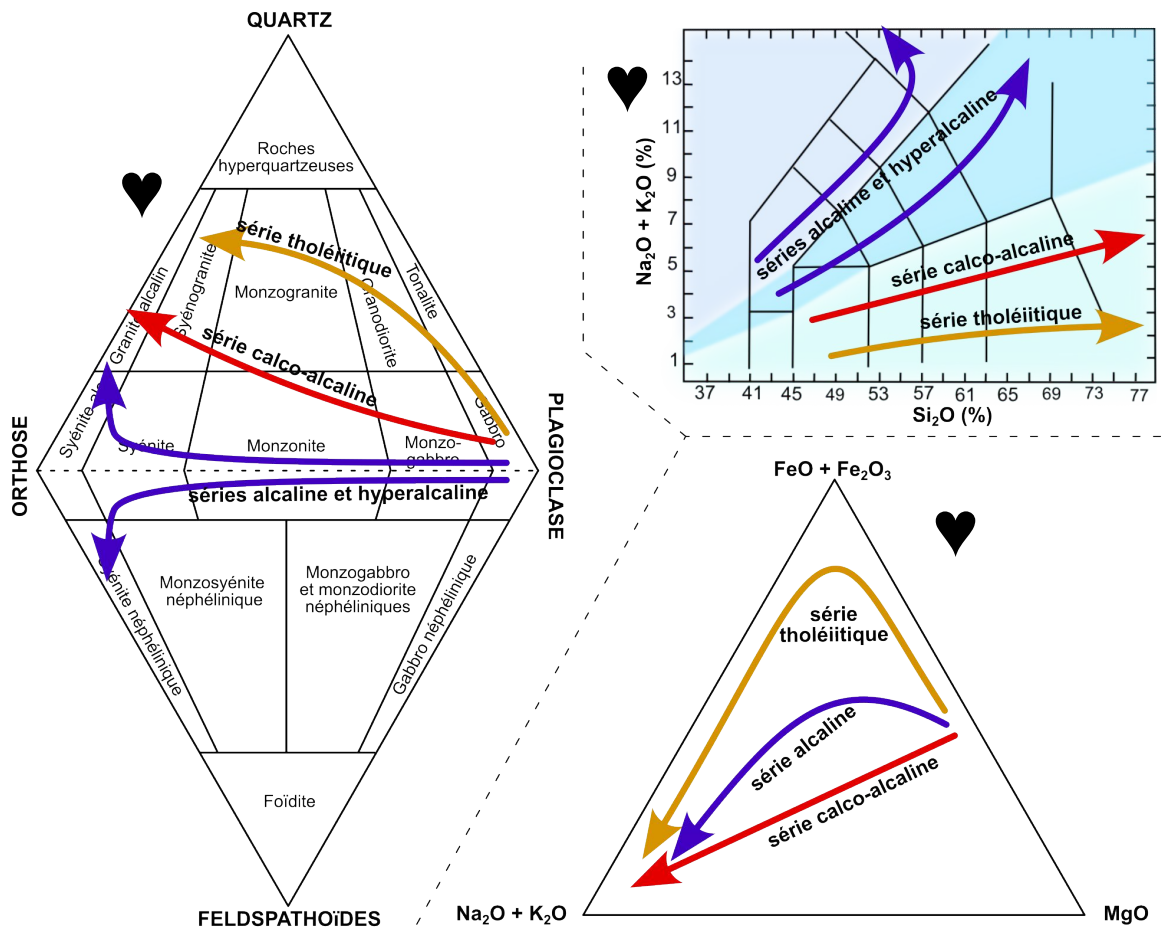
Série ♥	mécanisme de fusion	liquide primaire	contexte géodynamique de premier ordre (hors programme : second ordre)	évolution classique
tholéiitique	remontée adiabatique de manteau	basalte tholéiitique	dorsales (subduction océan-océan)	basalte → granitoïdes (série saturée en silice)
alcaline	chauffage isobare de manteau	basalte alcalin	points chauds (rifts continentaux)	basaltes → trachytes (série sous-saturée en silice)
calco-alcaline	hydratation de manteau	basalte calco-alcalin	subductions océan-continent	basalte → granitoïdes (série moyennement saturée en silice)
anatectique	réchauffement de croûte continentale	granites (voire leucogranites)	racine de chaîne de montagnes	granitoïdes (très riche en silice et en alcalins)

Document 18: Bilan : les quatre principales séries magmatiques, le mécanisme de fusion, le liquide primaire, le contexte géodynamique et les roches issues de l'évolution correspondant à chacune des séries.

Document 19: 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.



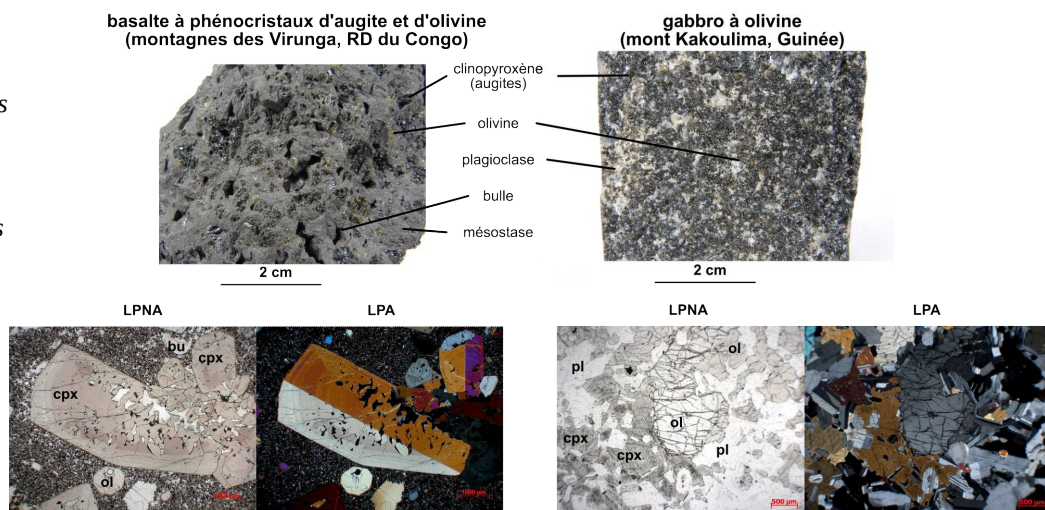
17



Document 20. Evolution par différenciation des trois séries magmatiques (y compris la série hyper-alcaline, considérée ici comme un cas particulier de la série alcaline) dans les diagramme de Streckeisen, de Harker et AFM. Streckeisen : noter le comportement divergent de la série hyperalcaline (sous-saturée) et alcaline (saturée). Harker : Noter que dans les faits, les séries calco-alcaline et tholéitique sont très difficiles à distinguer. AFM : le diagramme idéal pour distinguer les séries tholéitique et calco-alcaline ; tholéitique : appauvrissement en Mg (plus compatible) lors de la différenciation ; calco-alcaline : appauvrissement en Fe(III) par cristallisation de la magnétite en contexte oxydant, en plus de l'appauvrissement en Mg. Voir cours pour les détails.

18

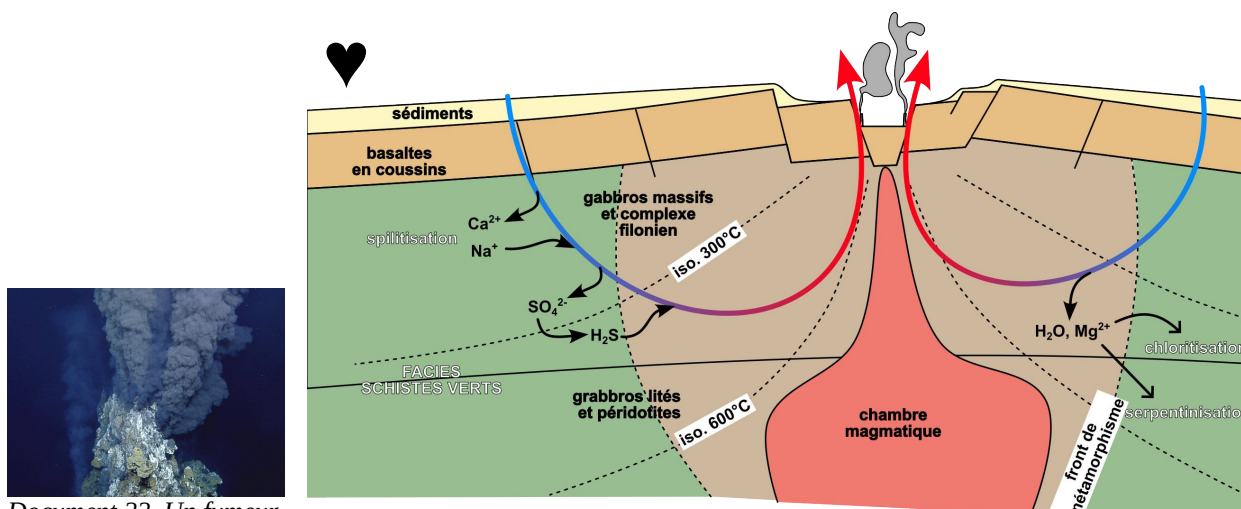
Document 21. Le basalte et le gabbro, deux roches de même composition chimique et minéralogique mais de texture très différente (en lien avec un mode de gisement différent). Pour les abréviations des minéraux : bu : bulle ; cpx : clinopyroxène (augite) ; ol : olivine ; pl : plagioclase.



19

18 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.

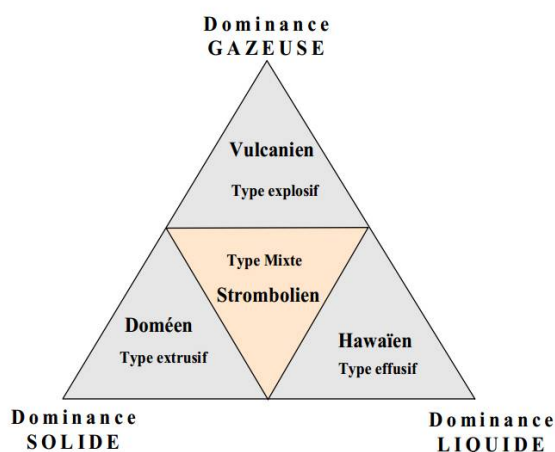
19 « lithotheque ENS Lyon », consulté le 4 novembre 2024, <https://lithotheque.ens-lyon.fr/>.



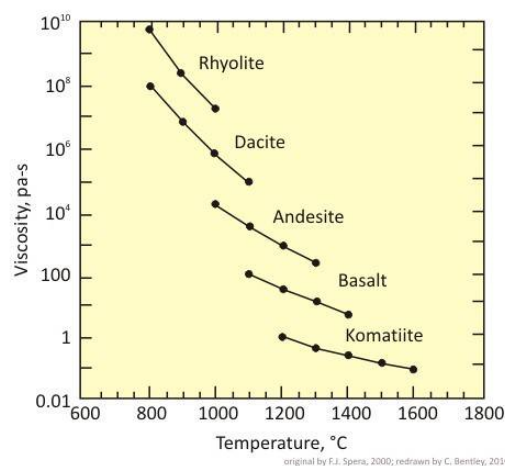
Document 22. Un fumeur noir, à proximité d'une dorsale.

Document 23. L'hydrothermalisme à proximité de la chambre magmatique d'une dorsale.

21

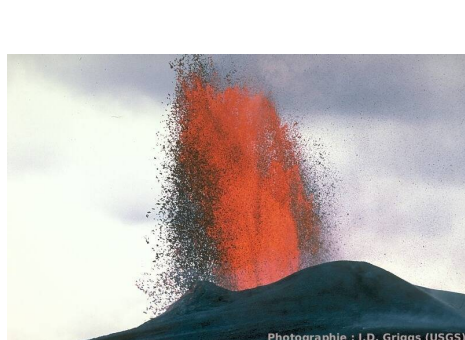


Document 24. Les quatre grandes familles de dynamismes éruptifs, présentés sous forme d'un triangle.



Document 25. Viscosité en fonction de la température pour cinq laves de compositions différentes, et la plus acide (rhyolite) la plus basique (komatiite).

23



Document 26: Fontaine de lave du Kilauea (Hawaï). Hauteur : 30 m. Indice d'explosivité volcanique : 0.



Document 27: Eruption surtseyenne dans les îles Tonga (océan Pacifique). Hauteur du panache : 100 m. Indice d'explosivité volcanique : 2



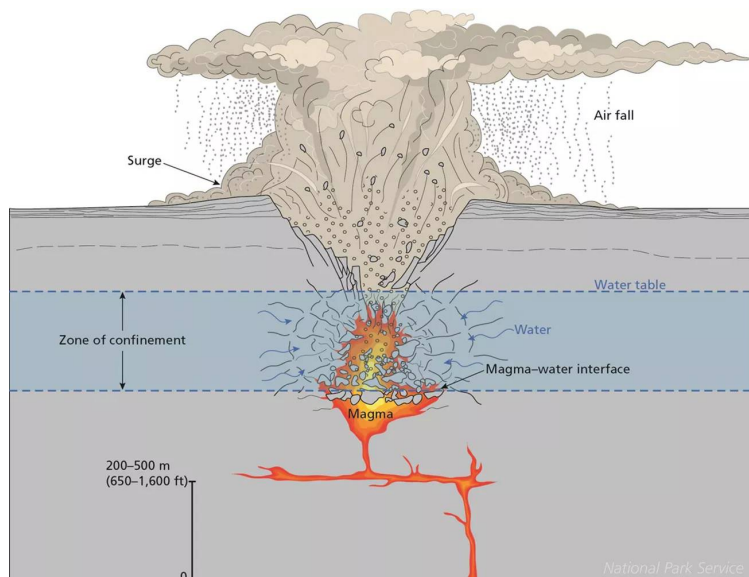
Document 28: Eruption du Pinatubo en 1991. La photographie est prise à 20 km du volcan. Indice d'explosivité volcanique : 6.

20 « Deep-sea fish use hydrothermal vents to incubate eggs | Penn State University », consulté le 13 septembre 2025, <https://www.psu.edu/news/research/story/deep-sea-fish-use-hydrothermal-vents-incubate-eggs>.

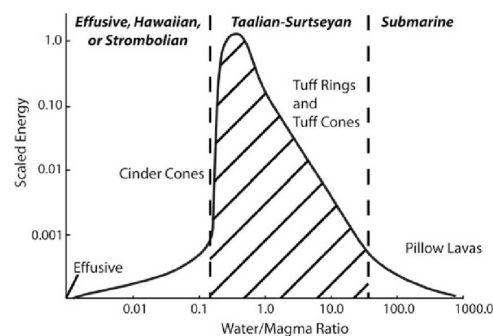
21 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.

22 Health Mag, « Health Mag - Reliable Health Information and Tips », Sciences Mag, 24 janvier 2017, <https://science7.blogspot.com/2017/01/www.sience7.blogspot.com>.

23 « La viscosité d'un magma », L'univers de la géologie, 18 février 2019, <https://actugeologique.fr/2019/02/la-viscosite-dun-magma/>.



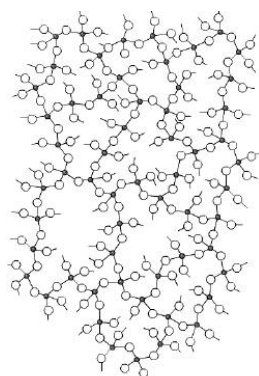
Document 29. Formation d'un maar, par rencontre d'un magma avec une nappe phréatique superficielle.



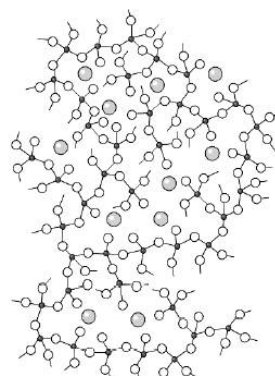
Document 30. Energie d'une éruption en fonction du rapport eau/magma.

25

Document 31: Réticulation d'un liquide riche en silice (gauche) ou moins riche en silice (droite) car enrichi en cations modificateurs de réseau (notamment, alcalins). Source inconnue.



● silicium, Si
○ oxygène, O



● silicium, Si
○ oxygène, O
● cation modificateur comme le sodium (Na), le potassium (K), ou encore le calcium (Ca)

Document 32: Indice d'explosivité volcanique

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

24 « Maars and Tuff Rings (U.S. National Park Service) », consulté le 13 septembre 2025, <https://www.nps.gov/articles/000/maars-and-tuff-rings.htm>.

25 Brand et al., « Hydrovolcanic Feature », in *Encyclopedia of Planetary Landforms* (Springer Science and Business Media, s. d.), https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9213-9_469-1.