

Ch. G1. La mise en place des magmas

Partie du programme traitée : ST-F. La mise en place des magmas

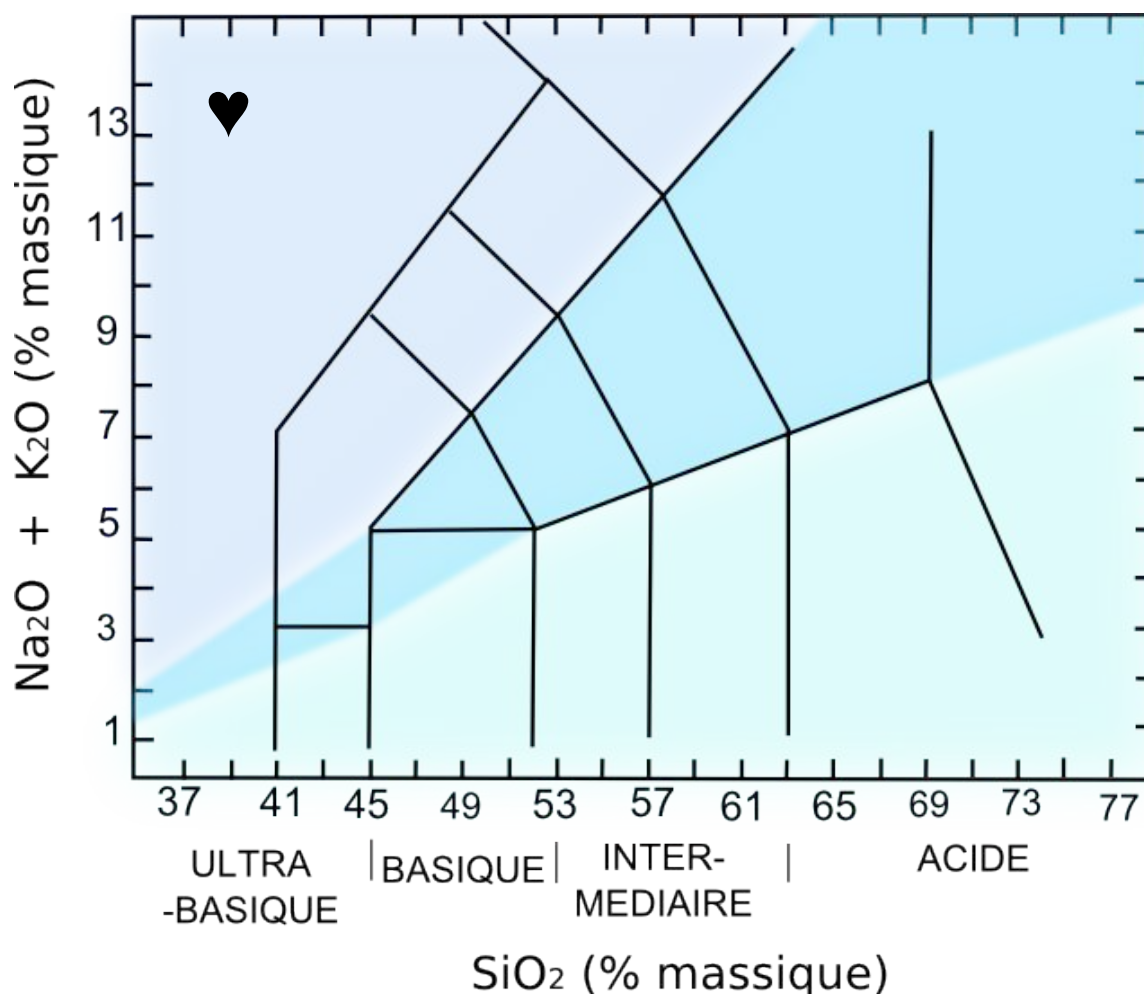
I. Reconnaître une activité magmatique

1. Les roches magmatiques
2. Les traces de l'activité magmatique

II. La mise en place des magmas

1. Les modes de gisement
2. Le dynamisme éruptif
 - a) Typologie et influence de la composition chimique du magma
 - b) Influence de l'environnement éruptif

Dans tous les polycopiés, le symbole ♥ indique qu'un document est de première importance et doit être mémorisé pour les colles et devoirs.

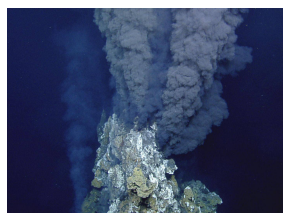
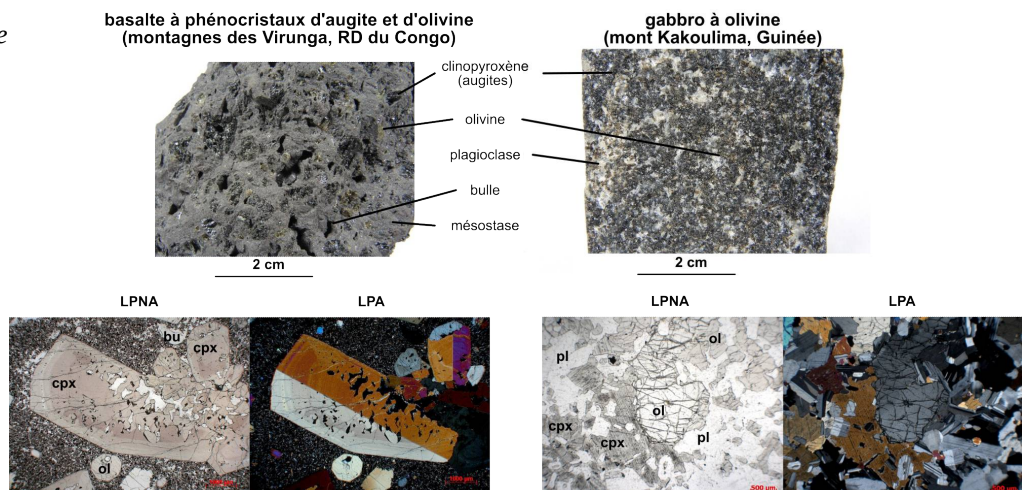


Document 1. Le diagramme TAS (total alkali silica), ou diagramme de Harker, utilisé dans la classification des roches magmatiques. A compléter.

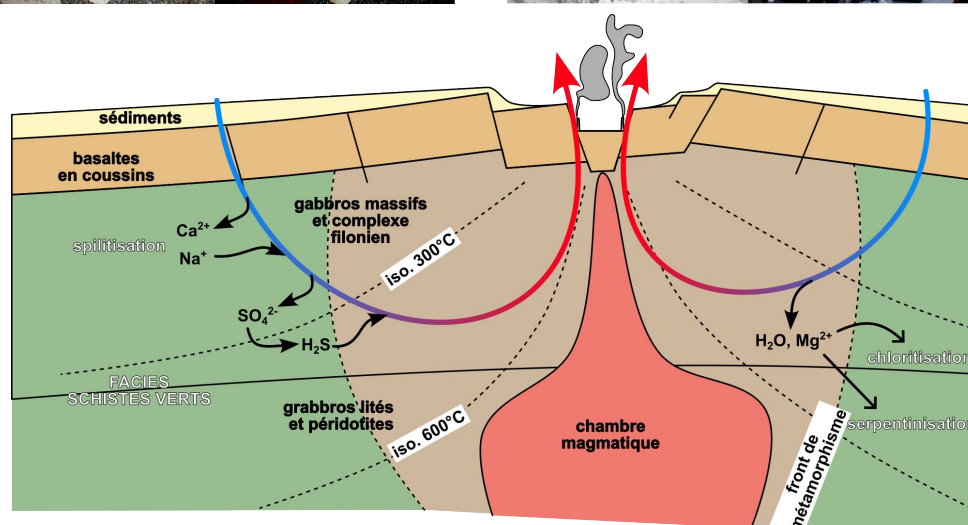
1

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

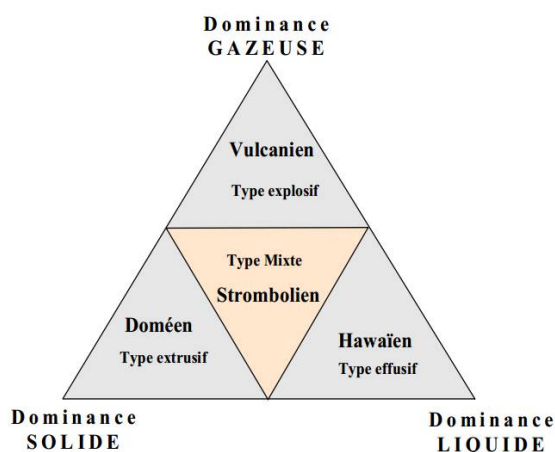
Document 2. Le basalte et le gabbro, deux roches de même composition chimique et minéralogique mais de texture très différente (en lien avec un mode de gisement différent). Pour les abréviations des minéraux : bu : bulle ; cpx : clinopyroxène (augite) ; ol : olivine ; pl : plagioclase.



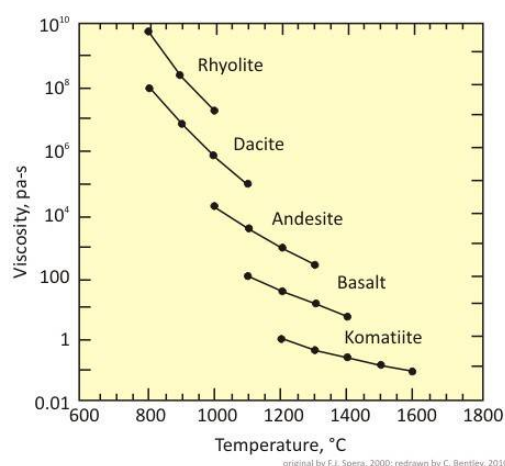
Document 3. Un fumeur noir, à proximité d'une dorsale.



Document 4. L'hydrothermalisme à proximité de la chambre magmatique d'une dorsale.

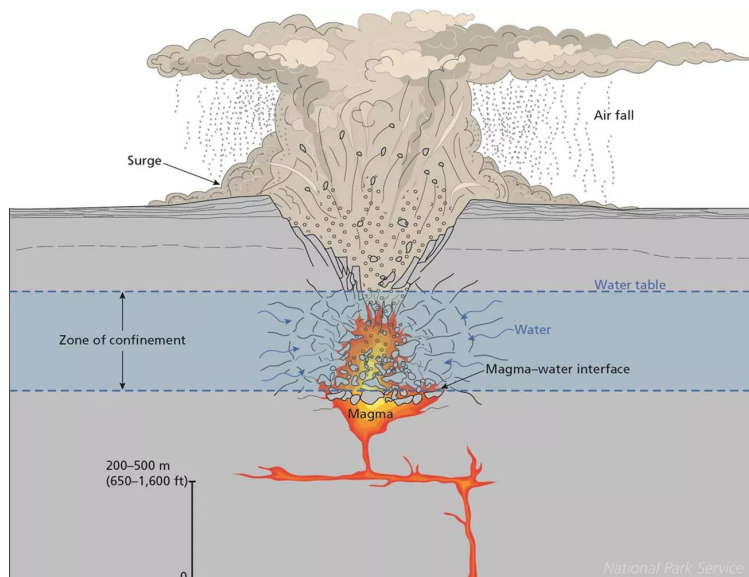


Document 5. Les quatre grandes familles de dynamismes éruptifs, présentés sous forme d'un triangle.

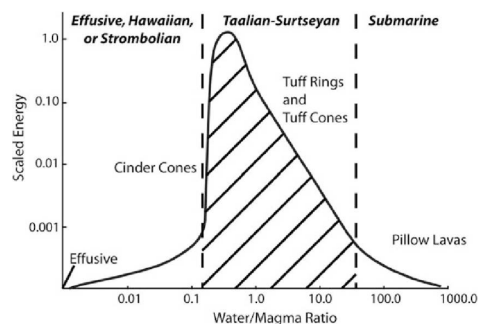


Document 6. Viscosité en fonction de la température pour cinq laves de compositions différentes, et la plus acide (rhyolite) la plus basique (komatiite).

- 2 « lithotheque ENS Lyon », consulté le 4 novembre 2024, <https://lithotheque.ens-lyon.fr/>.
- 3 « 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>.
- 4 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.
- 5 Health Mag, « Health Mag - Reliable Health Information and Tips », Sciences Mag, 24 janvier 2017, <https://science7.blogspot.com/2017/01/www.sience7.blogspot.com>.
- 6 « La viscosité d'un magma », L'univers de la géologie, 18 février 2019, <https://actugeologique.fr/2019/02/la-viscosite-dun-magma/>.



Document 7. Formation d'un maar, par rencontre d'un magma avec une nappe phréatique superficielle.



Document 8. Energie d'une éruption en fonction du rapport eau/magma.

8



Photographie : J.D. Griggs (USGS)

Document 9: Fontaine de lave du Kilauea (Hawaï). Hauteur : 30 m. Indice d'explosivité volcanique : 0.

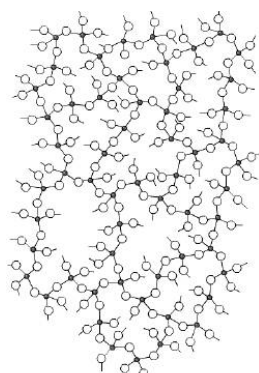


Document 10: Eruption surtseyenne dans les îles Tonga (océan Pacifique). Hauteur du panache : 100 m. Indice d'explosivité volcanique : 2

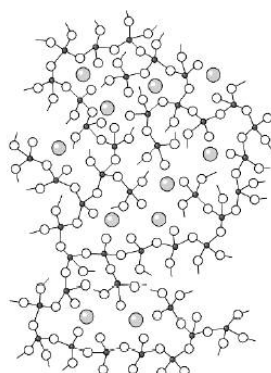


Document 11: Eruption du Pinatubo en 1991. La photographie est prise à 20 km du volcan. Indice d'explosivité volcanique : 6.

Document 12: 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)

7 « 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>.

8 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.

Document 13: 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

Chapitre G2. Processus fondamentaux du magmatisme

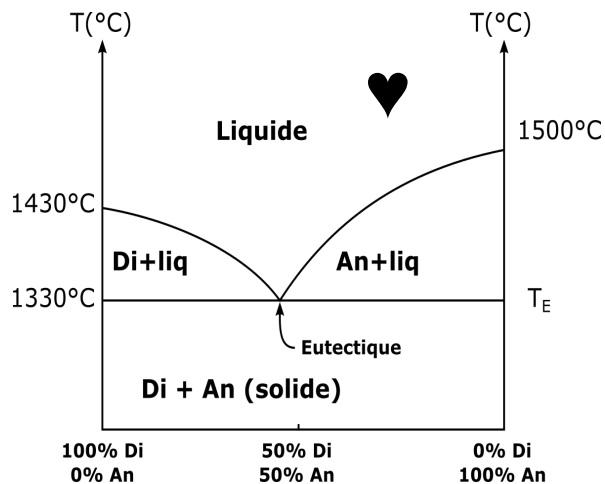
Partie du programme traitée : ST-F-2-1 Production des magmas primaires et ST-F-2-2 Évolution des liquides

I. Production des liquides primaires

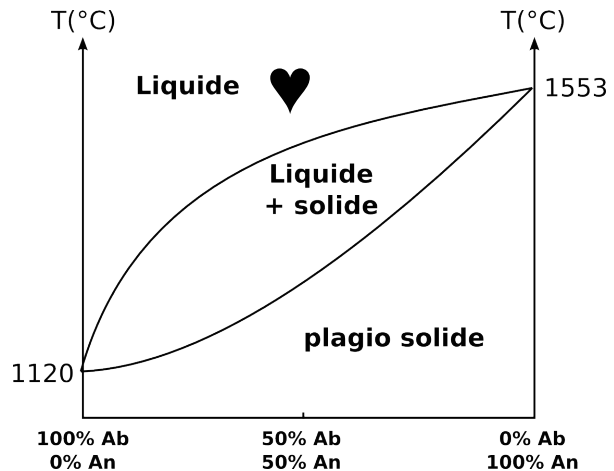
1. **Un magma est produit par fusion partielle**
 - a) La fusion des roches est incongruente
 - b) Fusion des solides non miscibles
 - c) Fusion des solides miscibles
 - d) Modélisation des systèmes réels par les diagrammes ternaires
 - e) Conditions de fusion et composition des magmas
2. **Différents contextes permettent la production de magmas**
 - a) Fusion mantellique par décompression adiabatique
 - b) Fusion mantellique par échauffement isobare
 - c) Fusion mantellique par hydratation
 - d) Anatexie crustale en contexte tardiorogénique
 - e) Les magma portent la signature de leur source

II. Evolution des liquides

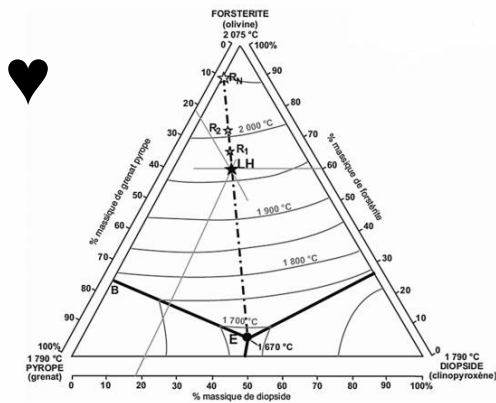
1. **Les magmas sont liés par des relations génétiques**
 - a) Diversité des roches d'une même région
 - b) Notion de série magmatique
2. **La différenciation magmatique**
3. **Séries magmatiques et contextes géodynamiques**
 - a) La série alcaline
 - b) La série calco-alcaline
 - c) La série tholéiitique
 - d) Roches issues de l'anatexie



Document 14: Diagramme de phase pour deux minéraux non miscibles : le diopside (clinopyroxène) et le quartz. Production personnelle.

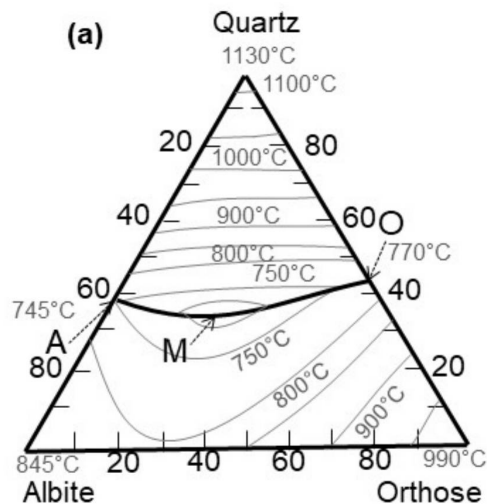
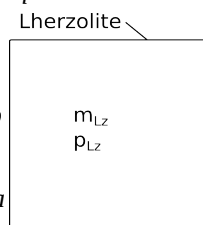


Document 15: Diagramme de phase pour deux minéraux miscibles (= formant une solution solide) : les plagioclases, avec pôle albite (sodique) et pôle anorthite (calcique). Production personnelle.



Document 16: 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 18: 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.



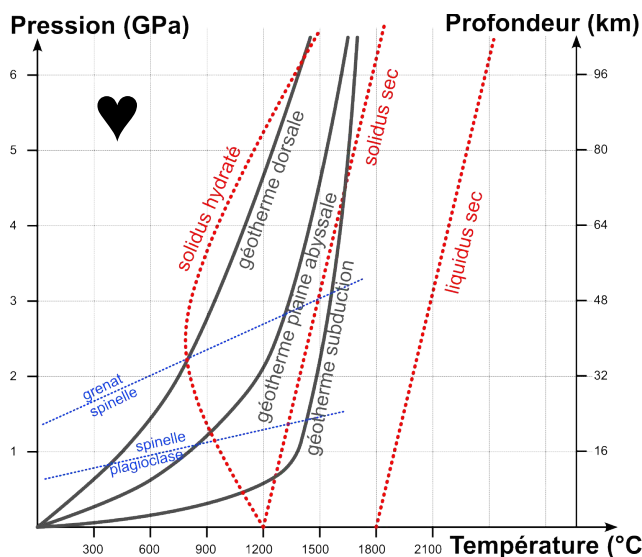
Document 17. Diagramme ternaire du système quartz-albite-orthose, qui représente bien le granite. Notez que l'albite et l'orthose sont miscibles pour les pressions faibles, mais pas pour les pressions fortes, d'où une lecture complexe du graphe. M : minimum de température. A et O sont des eutectiques binaires.

$$\begin{aligned}
 m_{\beta,E} + m_{Hz,E} &= m_{Lz,E} \\
 \Rightarrow p_{\beta,E} m_{\beta} + p_{Hz,E} m_{Hz} &= p_{Lz,E} m_{Lz} \\
 \Rightarrow \frac{p_{\beta,E} m_{\beta}}{m_{Lz}} + \frac{p_{Hz,E} m_{Hz}}{m_{Lz}} &= \frac{p_{Lz,E} m_{Lz}}{m_{Lz}} \\
 \Rightarrow p_{\beta,E} x + p_{Hz,E} (1-x) &= p_{Lz,E} \\
 \Rightarrow x &= \frac{p_{Lz,E} - p_{Hz,E}}{p_{\beta,E} - p_{Hz,E}}
 \end{aligned}$$

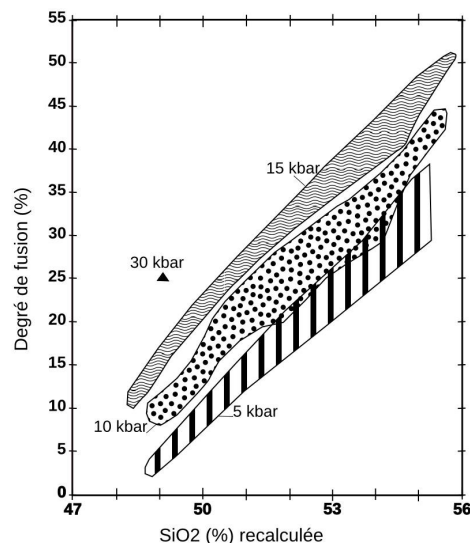
9 Patricia Schneeberger et al., « Enseigner la genèse des magmas sous une dorsale : exemple de la fusion partielle en classe de première scientifique », *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, n° 14 (décembre 2016): 95-124, <https://doi.org/10.4000/rdst.1427>.

10 « 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/>.

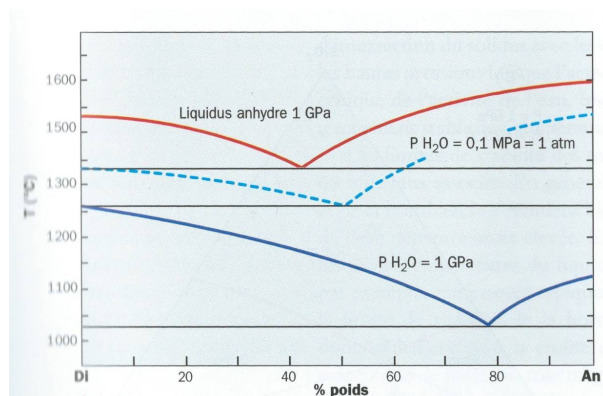
11 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.



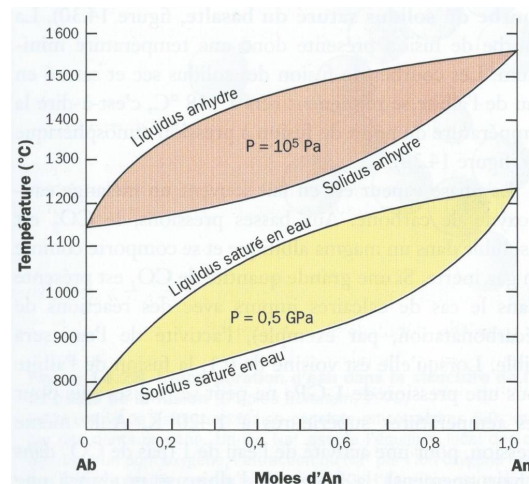
Document 19. Diagramme de phase de la péridotite et géotherme de trois contextes géodynamiques différents : subduction (A), plaine abyssale (B), dorsale (C). Deux solidus sont donnés : péridotite sèche et péridotite humide.



Document 20: 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 21: 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 22: 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).

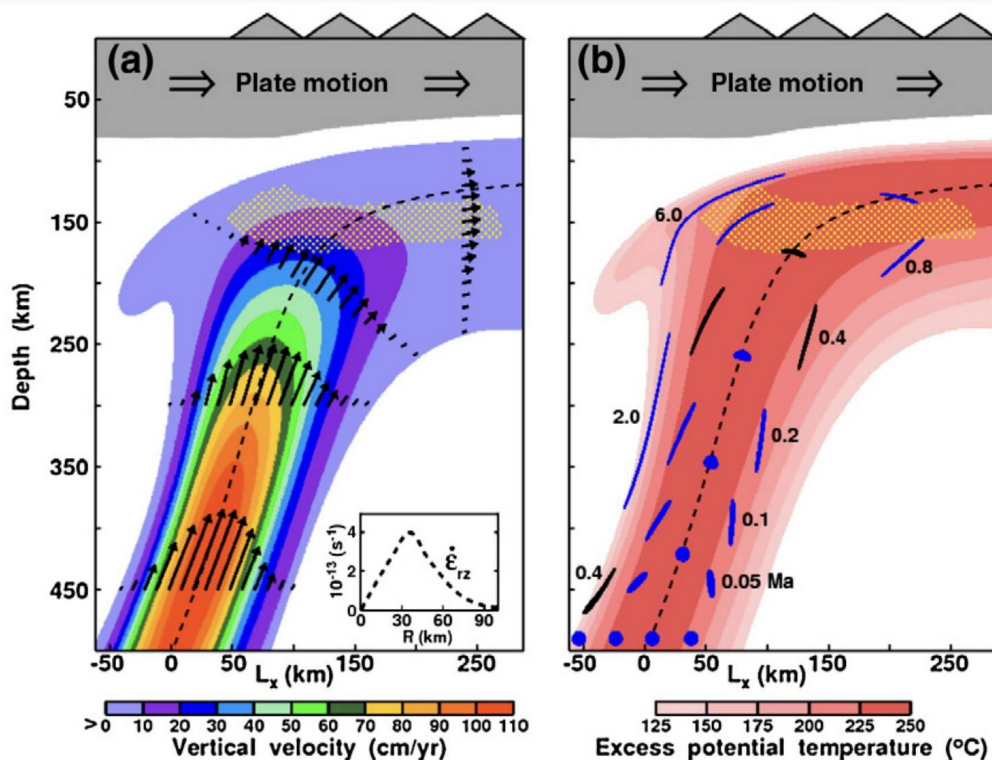
12 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.

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

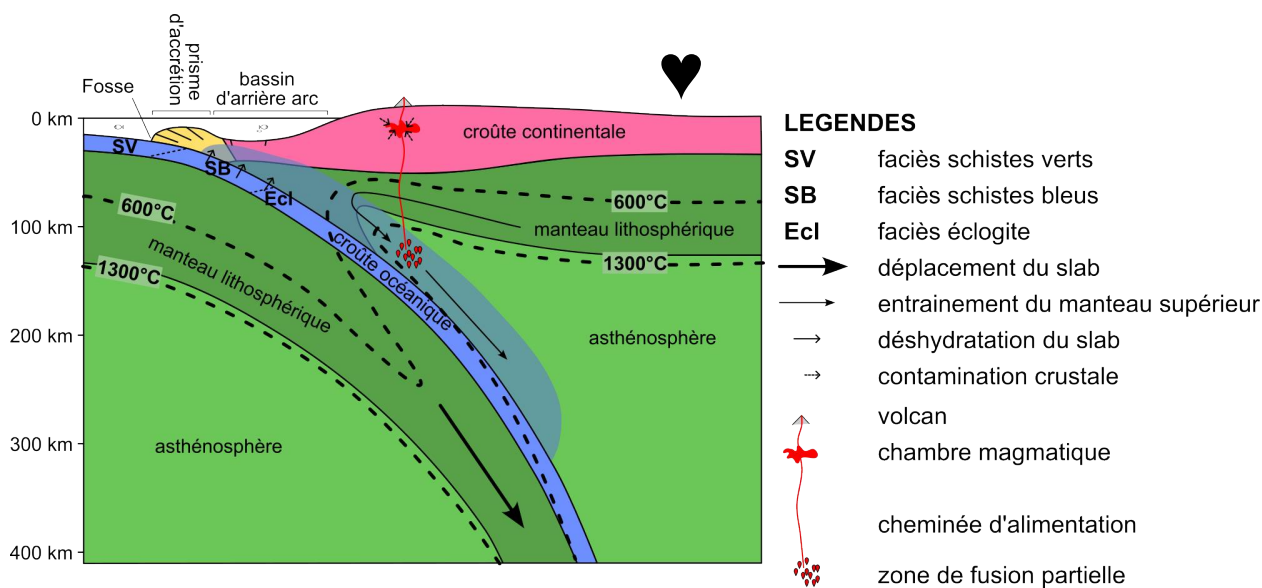
14 Bousquet, Robert, GÉOSCIENCES | Belin Education (Belin, 2013), <https://www.belin-education.com/geosciences>.

15 Bousquet, Robert, GÉOSCIENCES | Belin Education.

Document 23.
Modélisation du
panache mantellique
de Hawaii (point
chaud). Gauche :
vitesse de prgression
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.



16

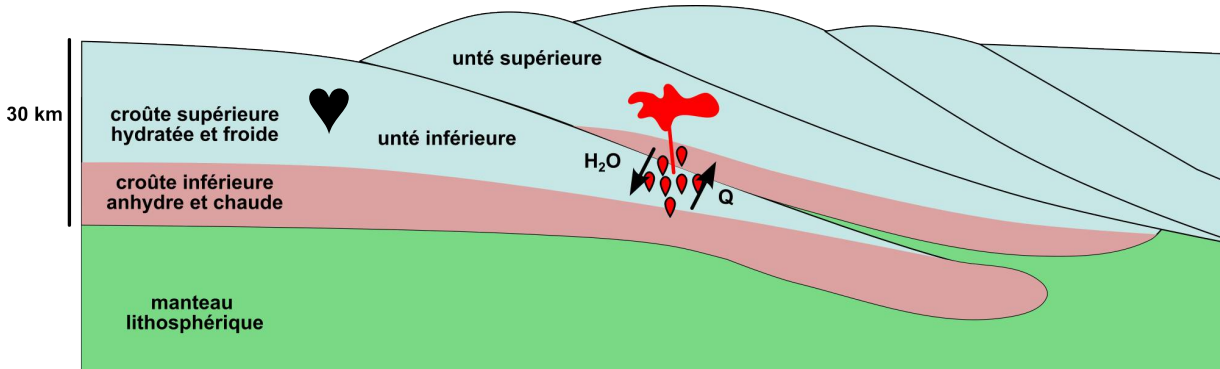


Document . Modèle de la formation d'un magma dans une zone de subduction océan-continent (type Indonésie, Japon). A compléter éventuellement.

17

16 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>.

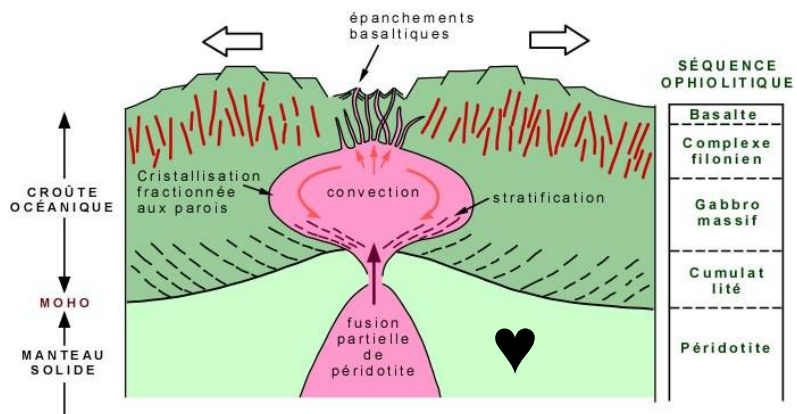
17 Démaret-Nicolas, Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris.



Document 24. Fusion partielle par anatexie crustale dans un contexte tardi-orogénique.

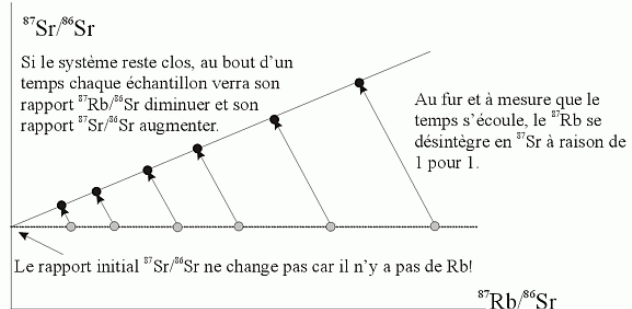
18

Document 25: 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).



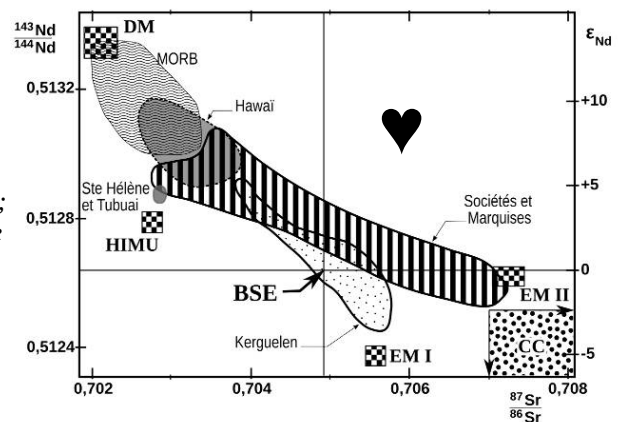
19

Document 26: 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 $e^{\lambda t} - 1$.



20

Document 27. 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.



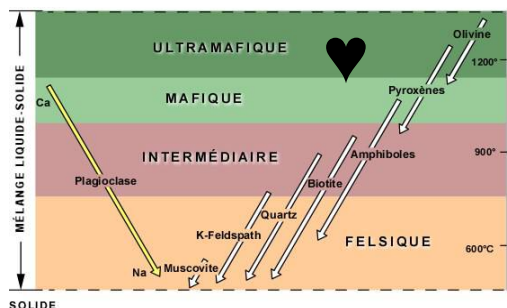
21

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

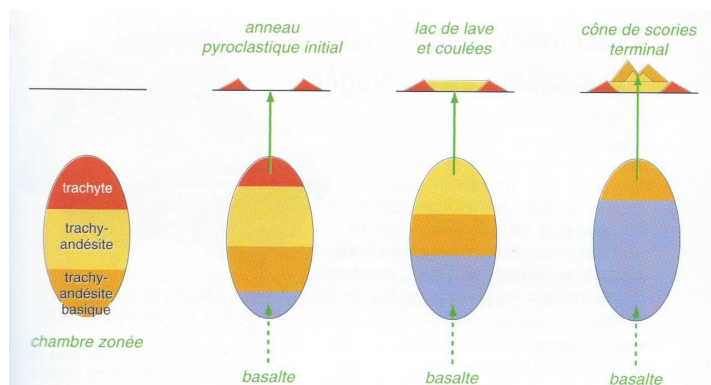
19 « Les roches ignées », consulté le 10 septembre 2024, <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s2/r.ign.html>.

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

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



Document 28: 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.



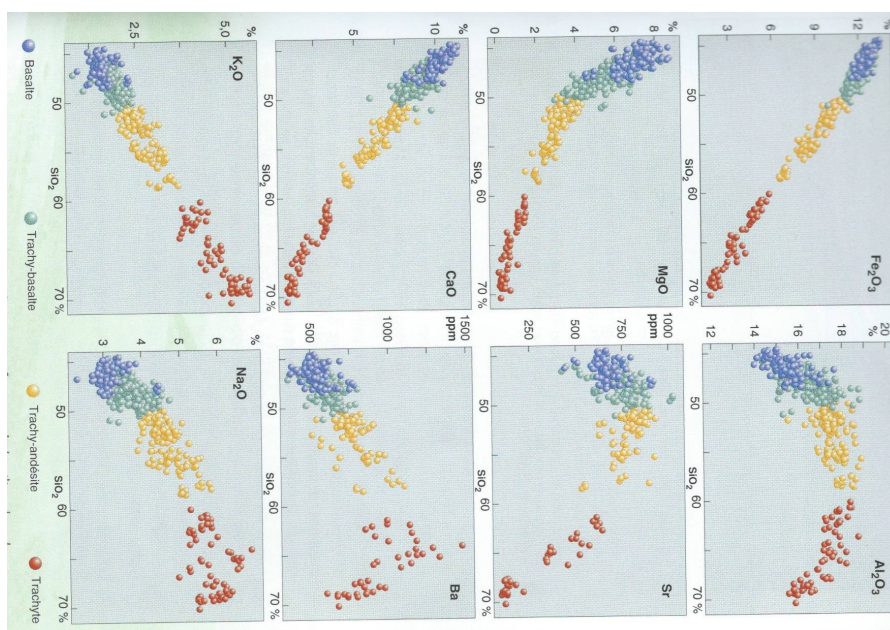
Document 29: Modèle permettant d'expliquer la succession de phases éruptives plus ou moins explosives en fonction du temps.

23

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 30: 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 31: 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.

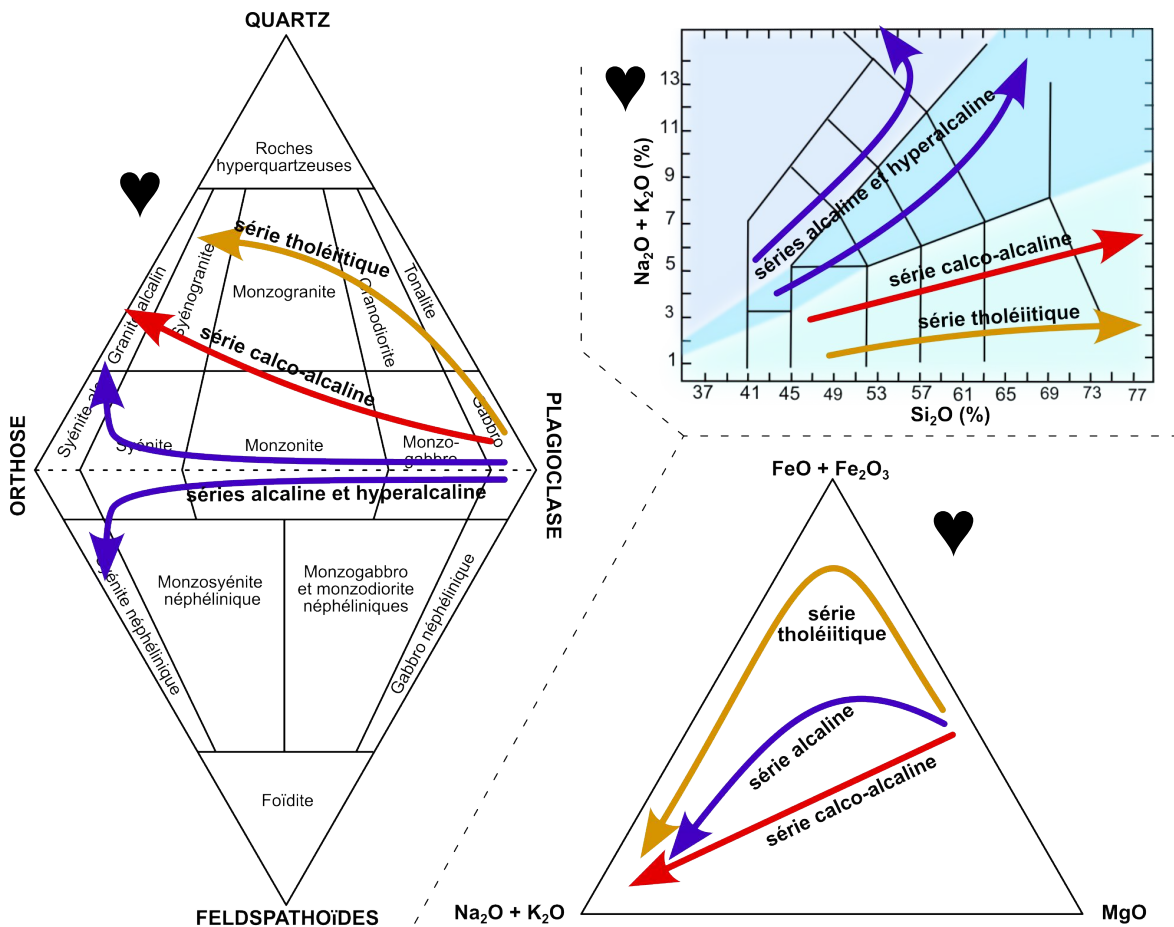


24

22 « Les roches ignées ».

23 « 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>.

24 « Volcanologie de la Chaîne des Puys Coffret avec carte et notice - broché - Collectif - Achat Livre | fnac ».



Document 32. 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.