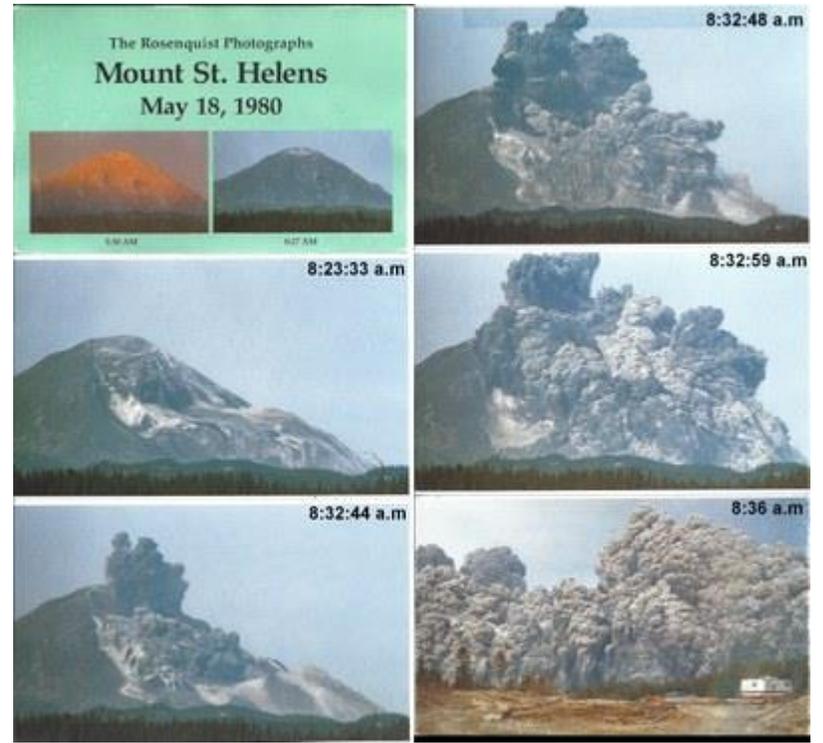


Montagne Pelée (Martinique), 8 mai 1902

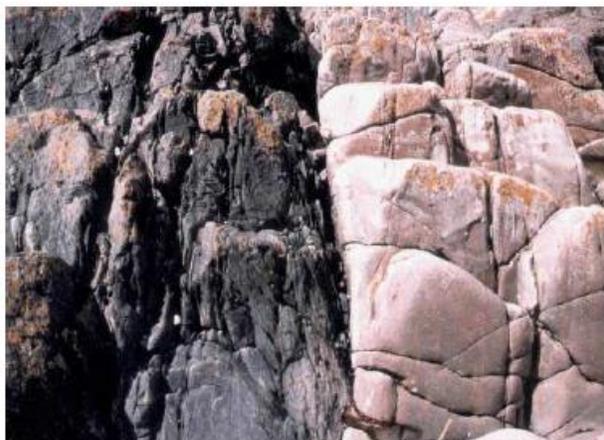
Mont St Helens 18 mai 1980



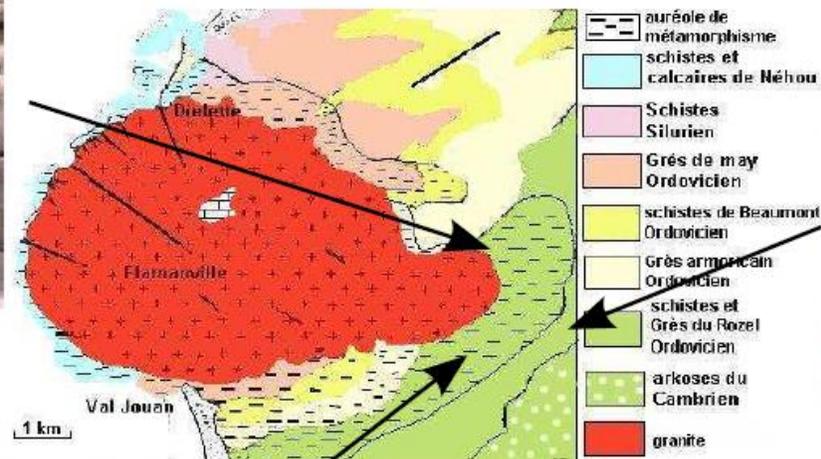
Lahars (coulées de boue) 1982



► Le granite de Flamanville



Contact
Granite-Schistes



Grès argileux du Rozel



Pyrococcus abyssi

C1

Pyrococcus furiosus

C2

Riftia pachyptila

D

B

Fumeur noir

A

Communauté microbienne thermophil

Oxydation des sulfures Chimiosynthèse

Communauté microbienne symbiotique mésophile

Communauté animale

Sortie du fumeur 350°C

Infiltration eau de mer

Fluide hydrothermale

Croûte Océanique

Pôle chaud 20°C

Pôle tiède

Pôle froid

1000°C

4000°C

BASALTE

E

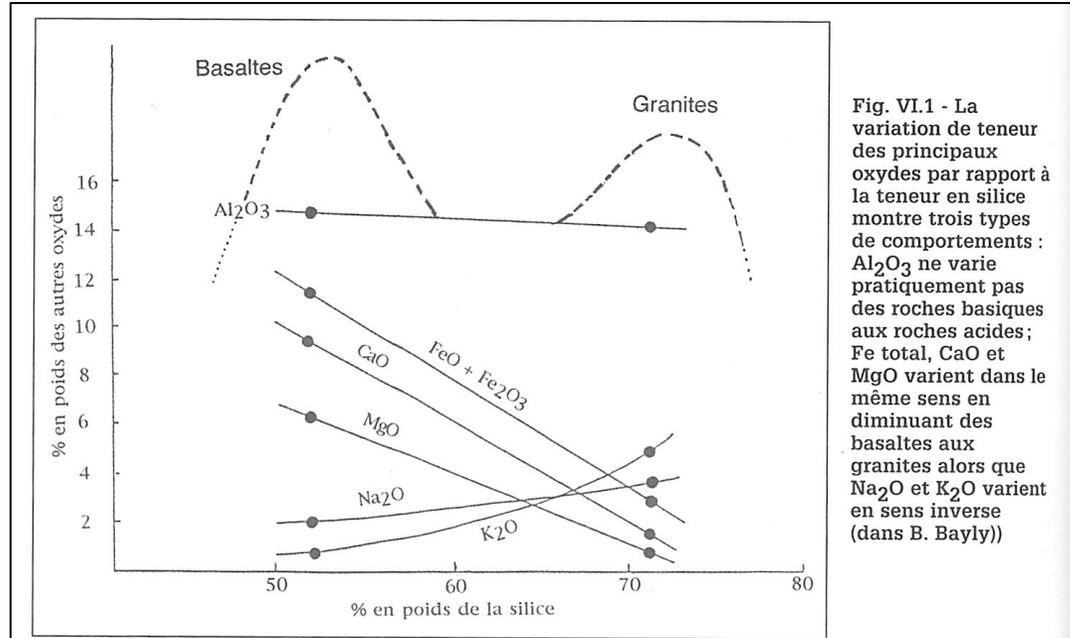
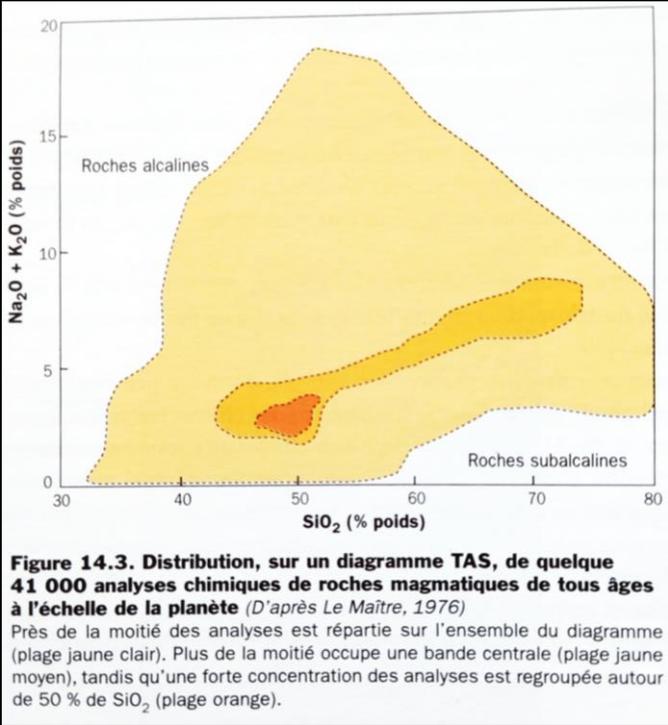
Rimicaris exoculata



Schiste à
Andalousite

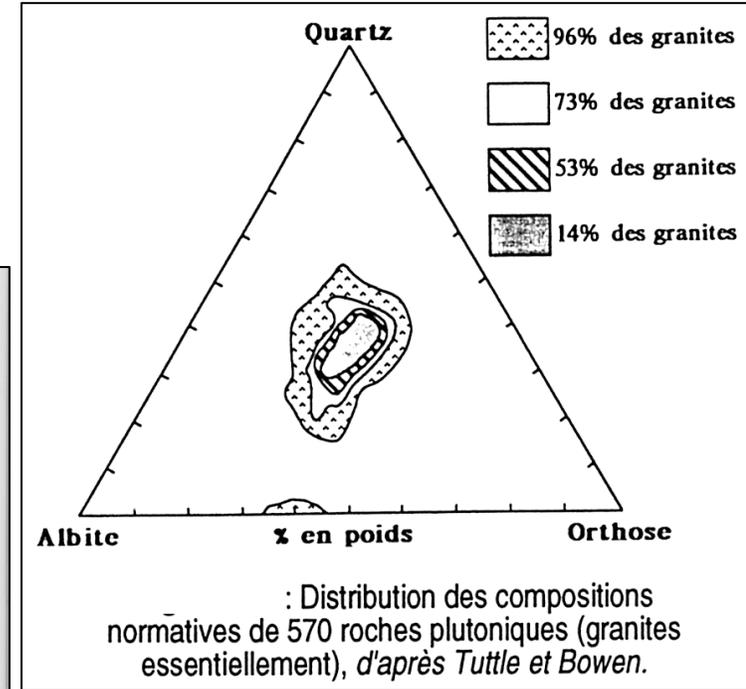
Des traces indirectes de
magmatisme

Deux magmas primaires sur Terre



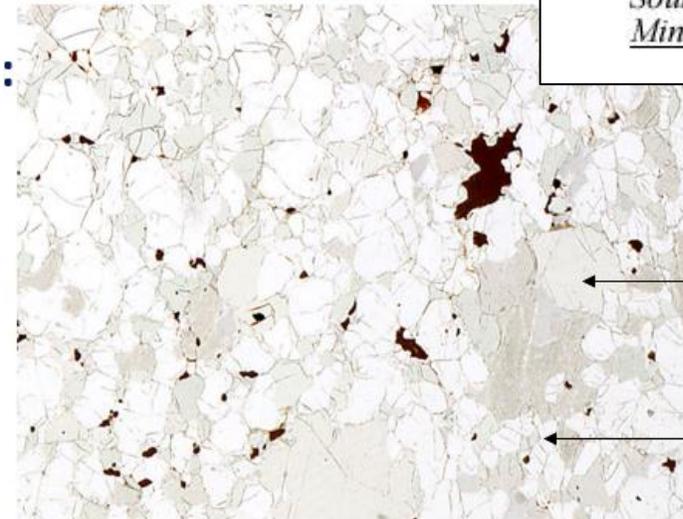
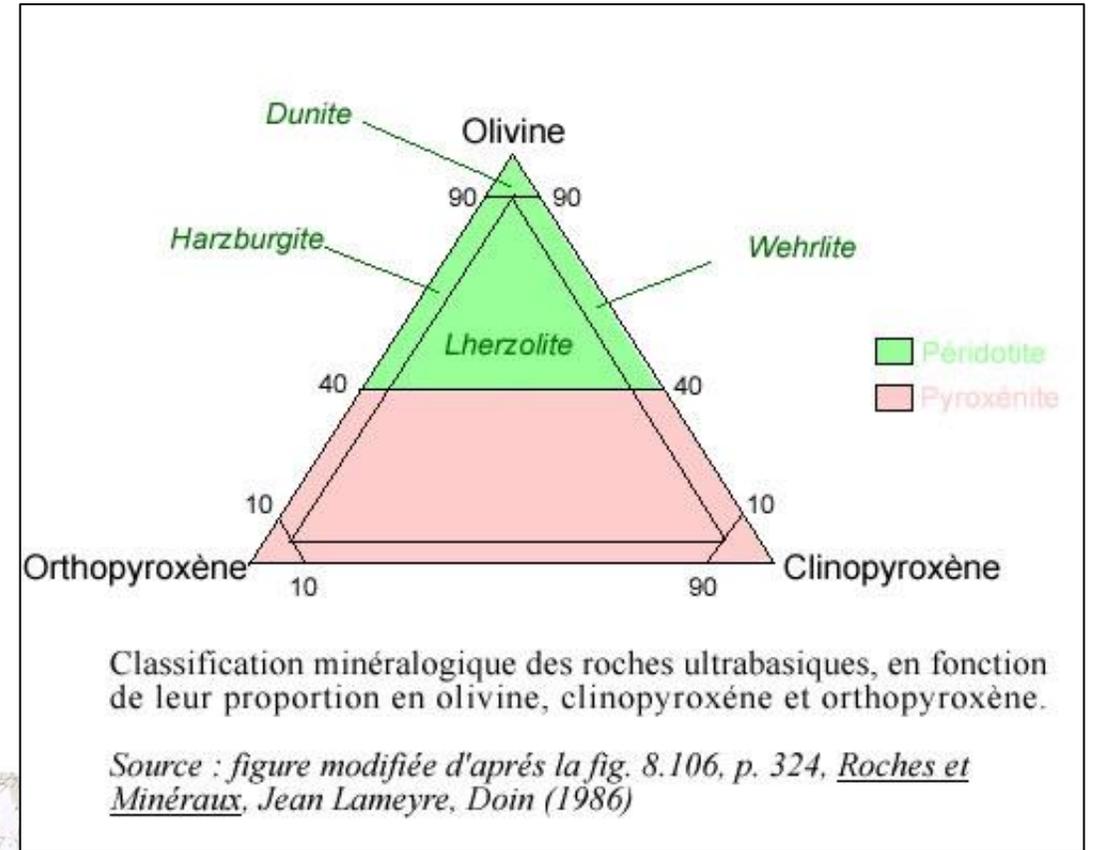
Composition moyenne en oxydes

Oxydes %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	TiO ₂ %
Granite	73,7	13,4	1,2	0,7	0,1	0,3	1,1	3,0	5,3	0,2
Basalte	45,8	14,6	3,2	8,7	0,2	9,4	10,7	2,6	0,9	2,6



Une roche-mère pour les magmas basaltiques : la péridotite mantellique

Péridotite :



Expériences de fusion de péridotites

Compositions chimiques des liquides produits à l'équilibre par la fusion partielle du manteau à sec (d'après Jaques et Green, 1980 ; Falloon *et al.*, 1988).

	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	54,99	52,57	52,77	49,80	46,67	49,30	49,60
TiO ₂	0,68	3,29	0,31	2,70	5,00	2,50	1,40
Al ₂ O ₃	15,18	15,07	10,63	12,50	14,66	11,70	7,00
FeO*	5,78	8,47	9,82	8,90	9,50	9,50	9,50
MnO	n.d.	n.d.	n.d.	0,10	n.d.	0,20	0,10
MgO	8,94	6,99	15,78	12,00	10,60	13,20	24,90
CaO	12,67	9,89	9,99	10,90	7,84	10,70	6,10
Na ₂ O	1,04	2,94	0,63	2,40	4,10	2,30	1,10
K ₂ O	tr.	0,63	tr.	0,60	1,63	0,50	0,30
Total	99,28	99,85	99,93	99,90	100,00	99,90	100,00
Mg/(Mg + Fe)	0,73	0,60	0,74	0,73	0,66	0,71	0,82
P (GPa)	0,2	0,5	0,2	1,0	2,0	1,5	1,5
T (°C)	1 200	1 180	1 300	1 300	1 400	1 400	1 550
source	TQ	HW	TQ	HW	HW	HW	HW
% liquide	17	20	29	23	10	25	51

FeO* : tout le fer est analysé sous forme de FeO

n.d. : non déterminé ; tr. : traces

TQ : lherzolite de Tinaquillo (Venezuela), correspondant à un manteau appauvri

HW : pyrolite d'Hawaï, correspondant à un manteau enrichi

Les liquides obtenus ont des compositions proches de magmas naturels :

1, 2. tholéiites à quartz

3, 4, 6. tholéiites à olivine

5. basaltes alcalins

7. picrite tholéiitique et komatiite

Une roche-mère pour les magmas granitique : la croûte continentale

Croûte Continentale

Les 5 oxydes dominants:

SiO₂: 61,9%
Al₂O₃: 15,6%
CaO: 5,7%
FeO: 3,9%
K₂O: 2,9%



Analyses chimiques par fluorescence X de 10 grauwackes provenant de niveaux gréseux de divers types de flysch du synclinal de Thônes : Analyste : M^{me} Filisetti.

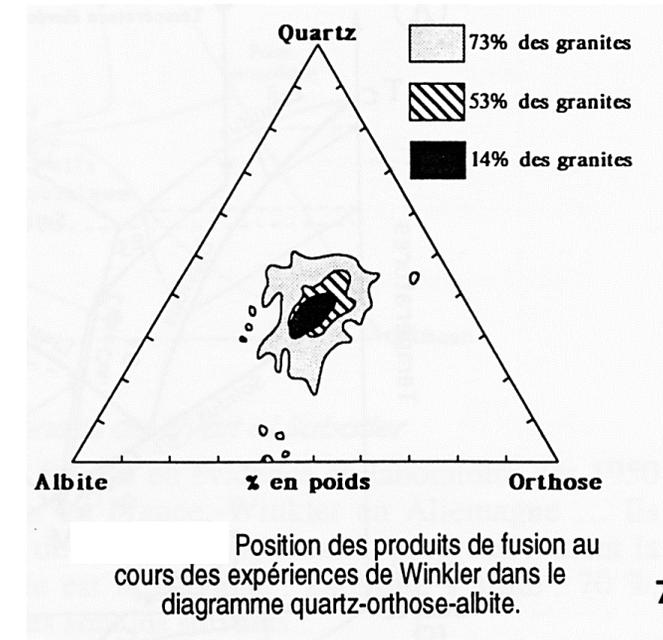
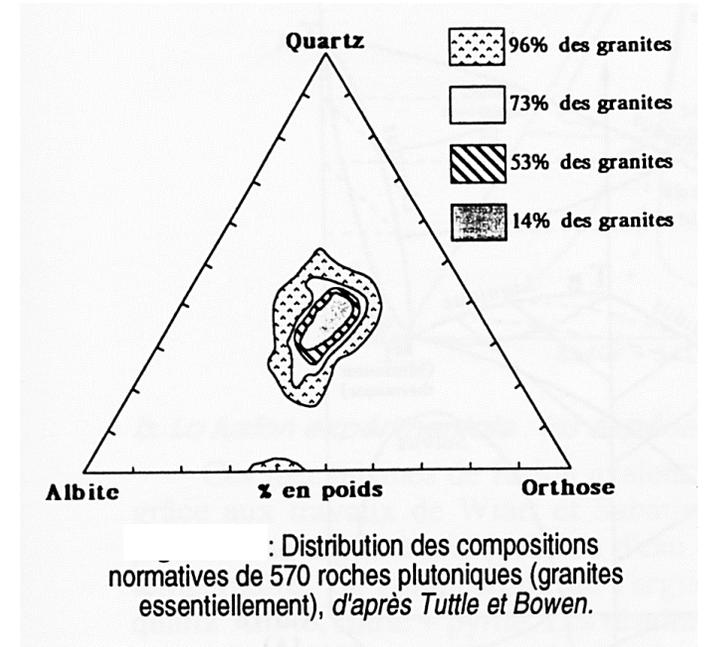
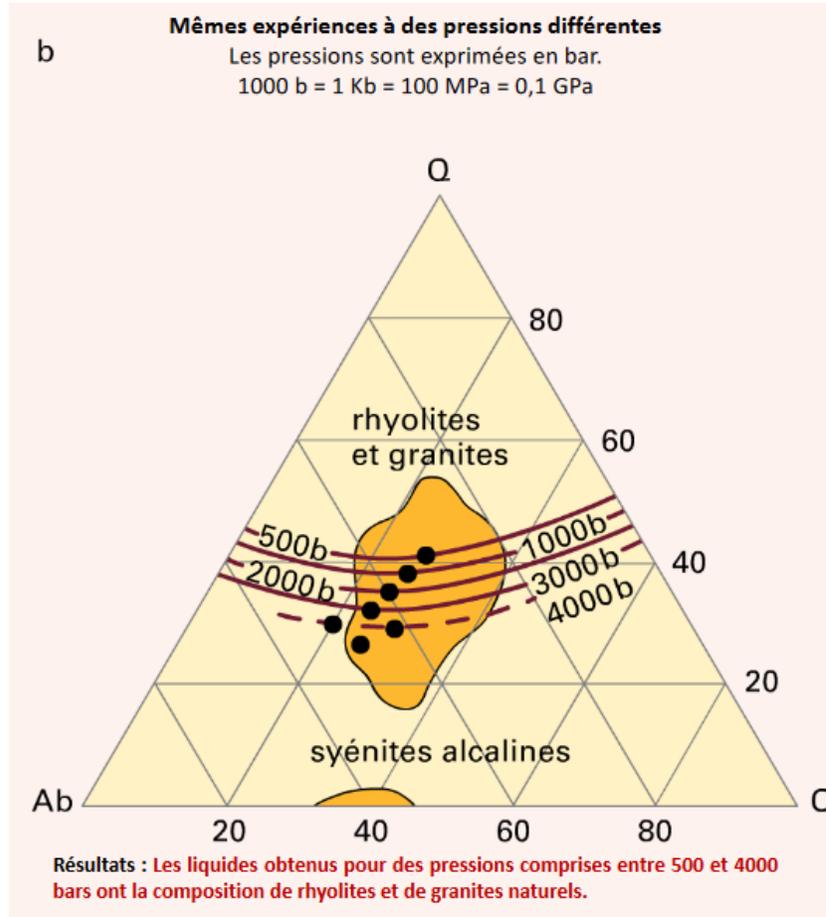
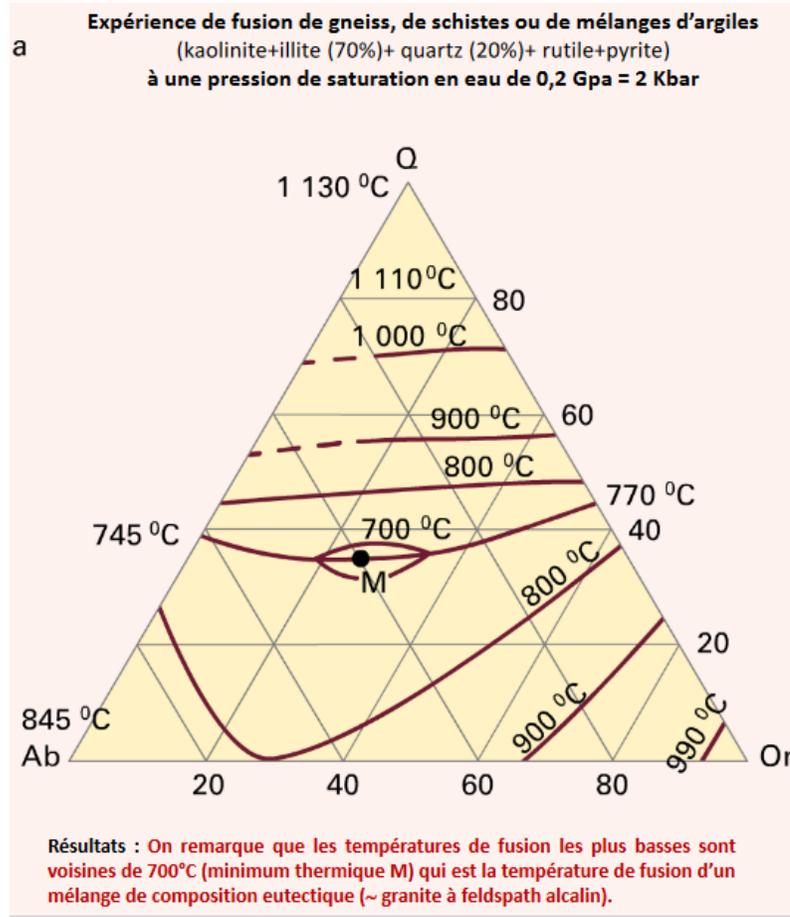
(GUH : grès ultrahelvétiques ; GI : grès intermédiaires ; GTI : grès de Taveyenne intermédiaires ; GTT : grès de Taveyenne typiques ; GTP : grès de Taveyenne pauvres ; GVI : grès du val d'Illiez)

Analyse Nr Types de grès Echantillons N°	ZONE INTERNE (S à SE)					ZONE EXTERNE (N à NW)				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	GUH	GI	GTI	GTT	GTT	GTT	GTT	GTT	GTP	GVI
	E13b	Eo3/2	K22/2	R14a	C3	C37	Co15/1	Lo5	Ho33	Bo3
SiO ₂	74,81	61,93	60,87	57,61	54,48	56,25	56,67	57,59	63,13	66,70
Al ₂ O ₃	9,86	12,40	14,66	15,37	16,12	14,80	14,93	13,49	12,55	9,78
FeO	0,28	0,14	0,54	0,37	1,40	0,57	0,28	0,28	1,29	0,23
Fe ₂ O ₃	0,42	3,63	5,30	6,76	6,06	6,83	6,68	6,24	3,78	2,34
MgO	0,53	1,80	2,42	2,56	2,59	3,05	3,16	3,66	2,96	2,72
CaO	4,54	7,24	5,69	5,50	6,77	6,76	5,85	6,66	5,17	6,49
Na ₂ O	2,53	2,67	3,03	3,13	3,29	3,85	3,16	2,55	3,24	2,35
K ₂ O	2,86	2,35	1,80	2,04	2,16	1,69	1,53	1,62	1,55	1,93
TiO ₂	0,19	0,46	0,62	0,81	0,66	0,66	0,60	0,65	0,52	0,27
MnO	0,04	0,09	0,10	0,09	0,12	0,13	0,07	0,08	0,08	0,05
P ₂ O ₅	0,05	0,09	0,16	0,22	0,21	0,22	0,19	0,15	0,17	0,08
H ₂ O	1,21	2,94	3,45	3,39	3,82	3,98	3,83	4,55	2,42	2,68
CO ₂	3,24	4,83	1,74	1,86	2,31	2,02	3,33	2,86	3,57	5,20
Somme	100,56	100,57	100,38	99,71	99,99	100,81	100,28	100,38	100,43	100,82

Les grauwackes : une composition proche de celle de la croûte continentale moyenne

grauwacke n. f. [mot allemand, vieux terme de mineur] - Roche sédimentaire détritique (classe des arénites, à grain de 1/16 mm à 2 mm), en général de teinte sombre, à ciment assez abondant (20 % env.), riche en chlorite et minéraux argileux, contenant des grains de quartz et feldspath, quelques micas et des débris abondants (30% ou plus) de roches à grain fin (roches magmatiques basiques, et schistes).

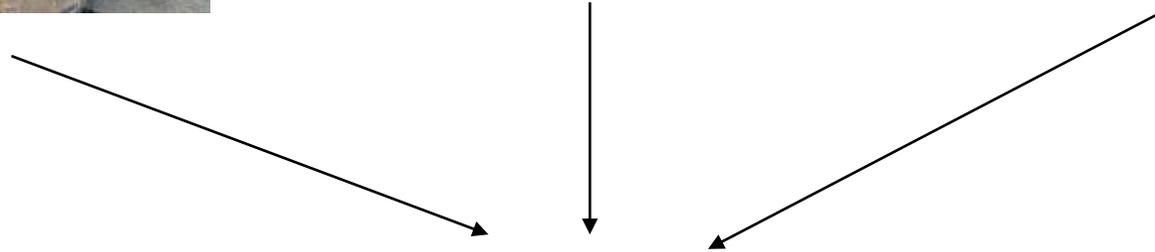
Expériences de fusion de croûte continentale







Robert Brousse (1929-2010)

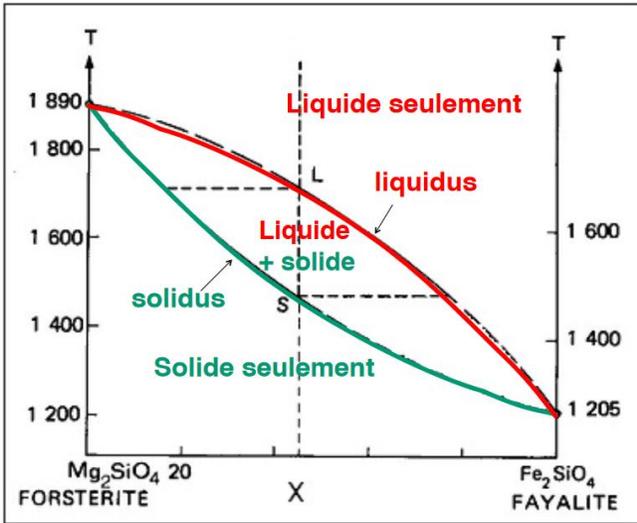


FUSION PARTIELLE

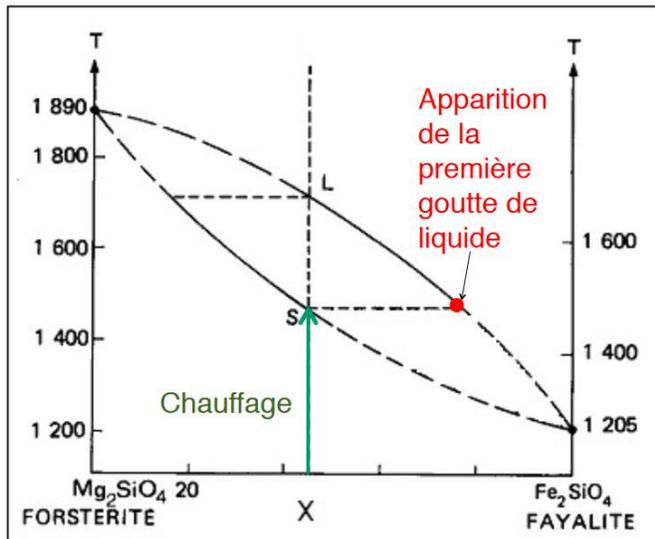


Un premier jus :
l'eutectique

Diagramme binaire de l'olivine

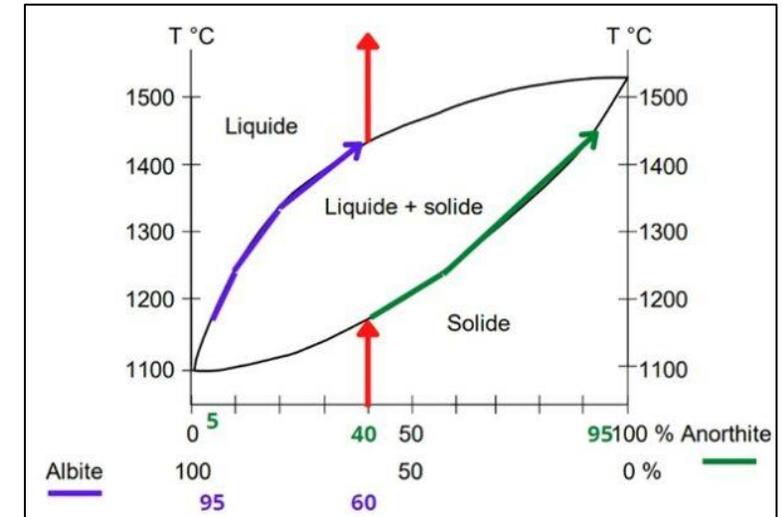
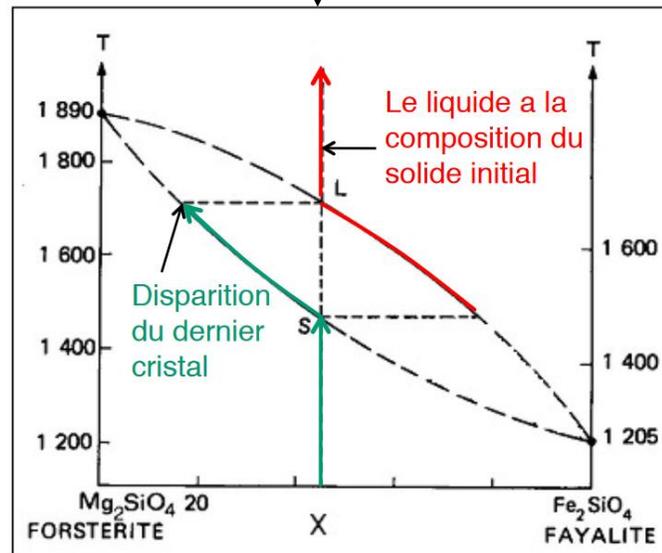
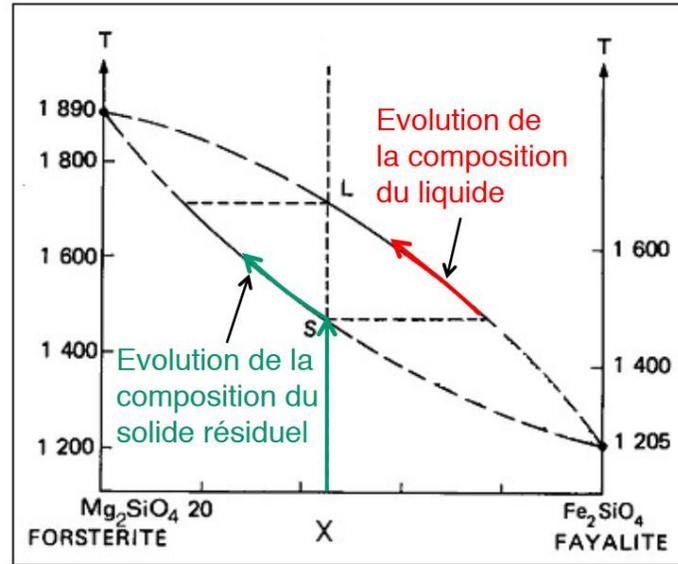


21 (Dercourt J., Paquet J., "Géologie : objets et méthodes", Dunod Ed.)



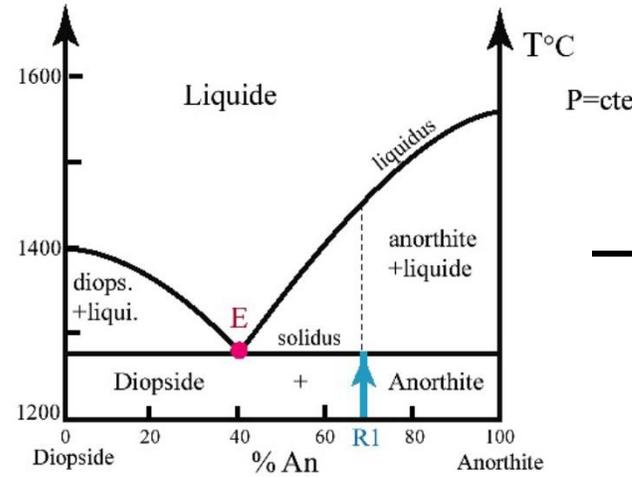
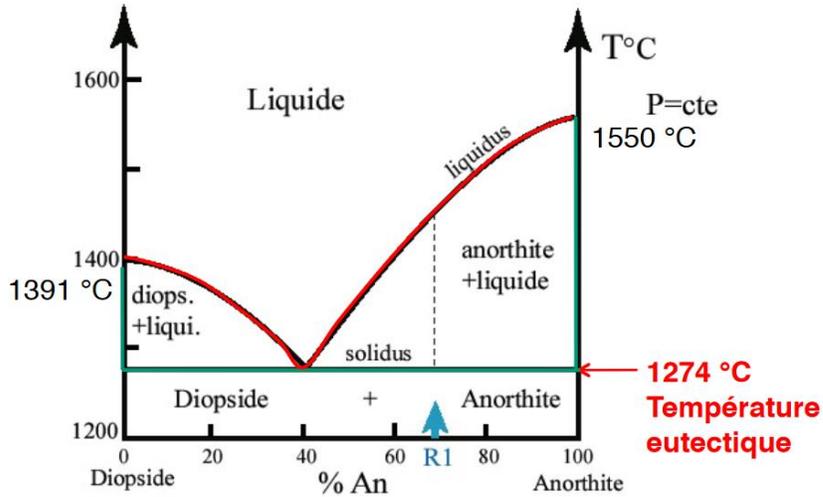
Mélange de composition X

Diagrammes binaires avec solution solide

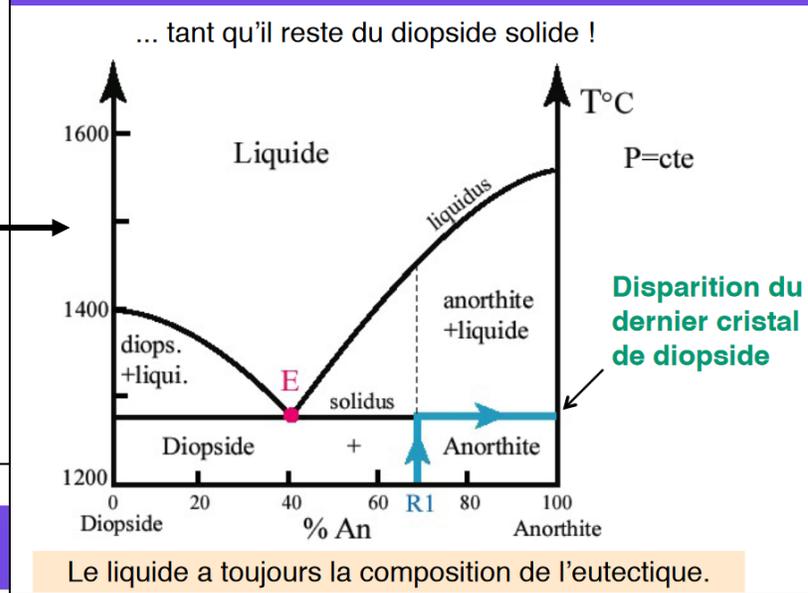


Lecture d'un diagramme binaire avec eutectique

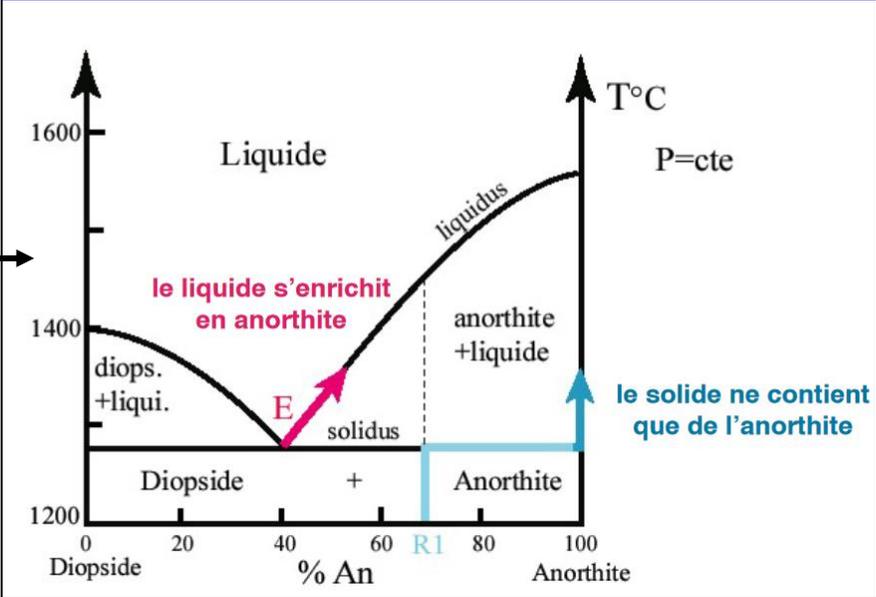
Lors de l'apparition de la première goutte de liquide



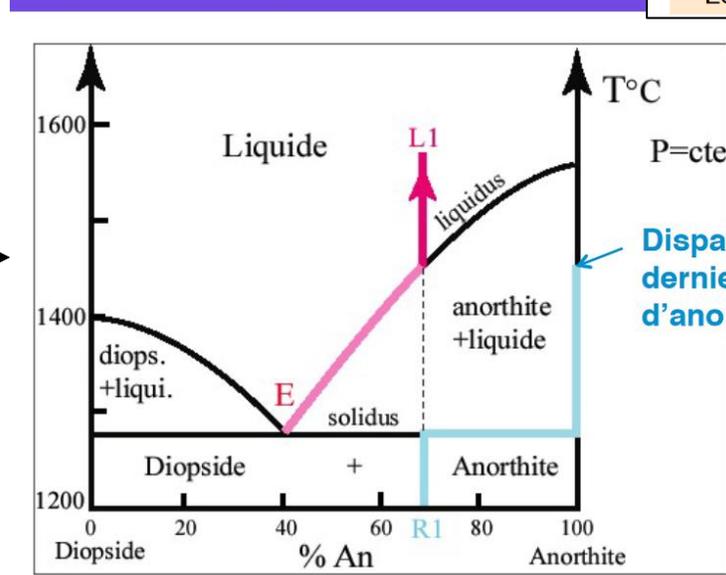
Fusion à température constante...



La fusion continue

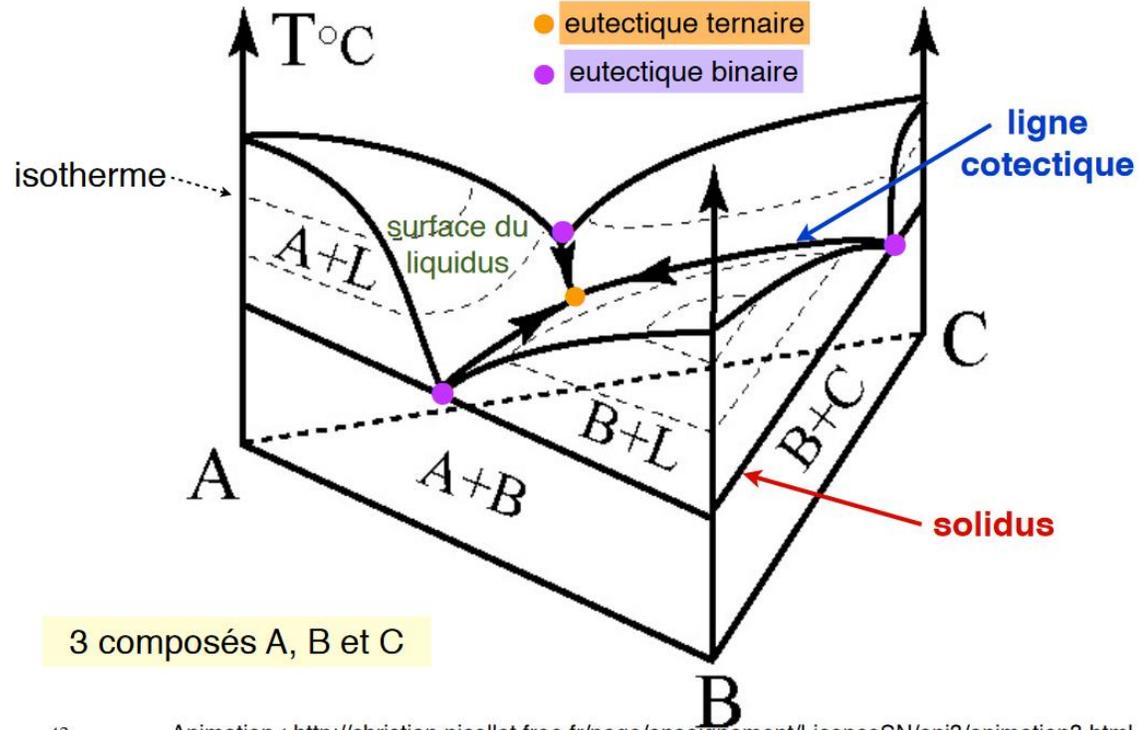


Fin de la fusion



Diagrammes binaires avec eutectique

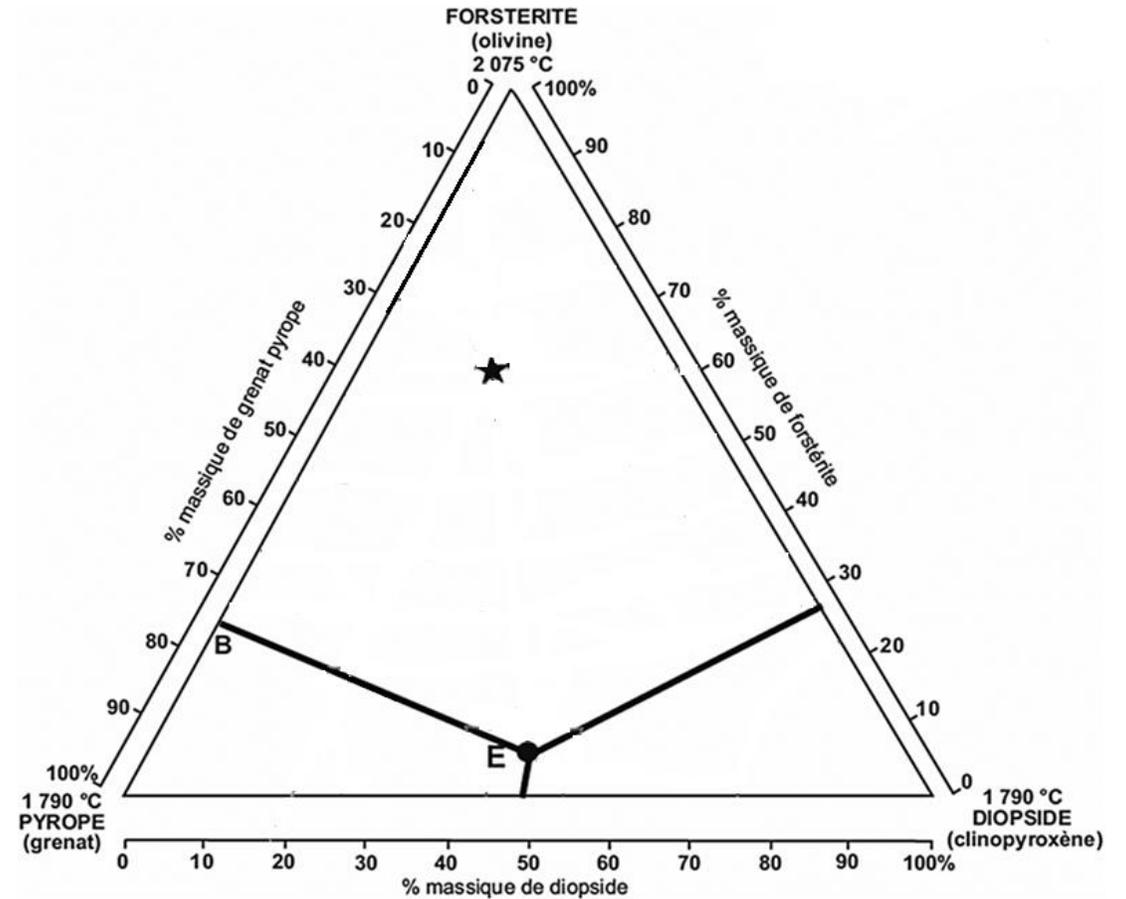
Diagramme ternaire



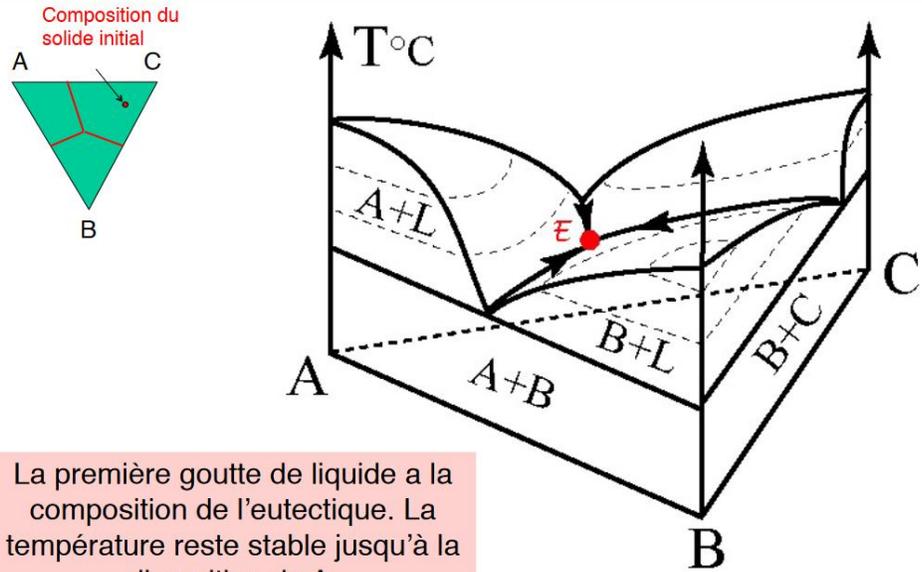
3 composés A, B et C

43

Animation : <http://christian.nicollet.free.fr/page/enseignement/LicenceSN/ani3/animation3.html>

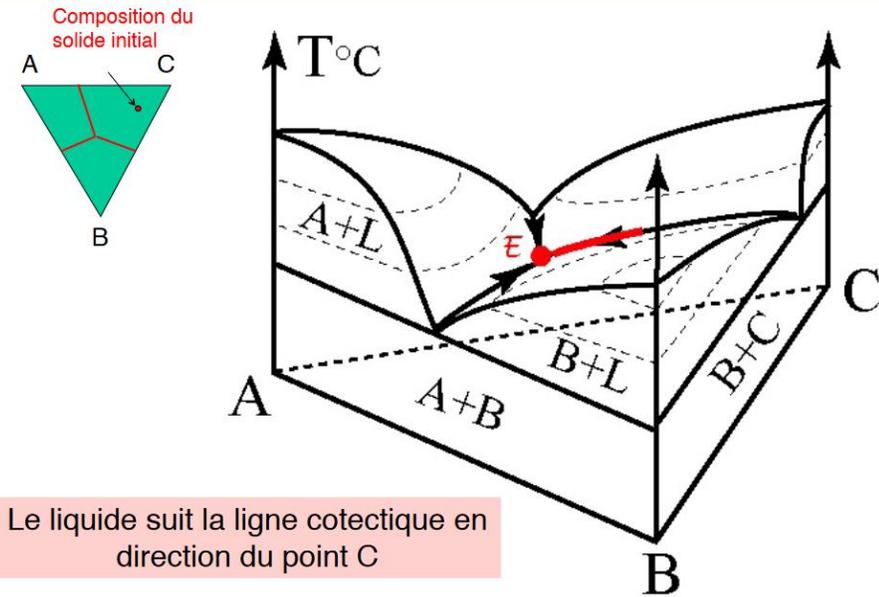


Evolution du liquide lors de la fusion (1)



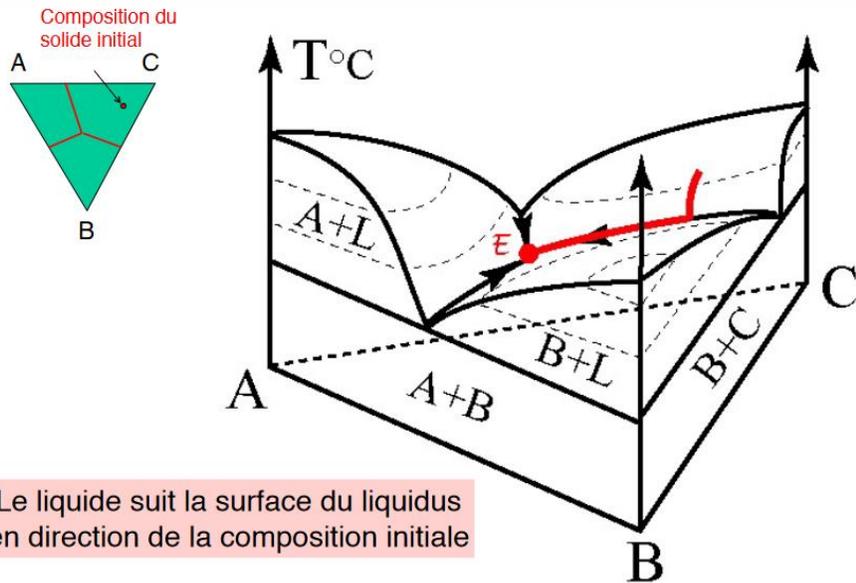
La première goutte de liquide a la composition de l'eutectique. La température reste stable jusqu'à la disparition de A.

Evolution du liquide lors de la fusion (2)



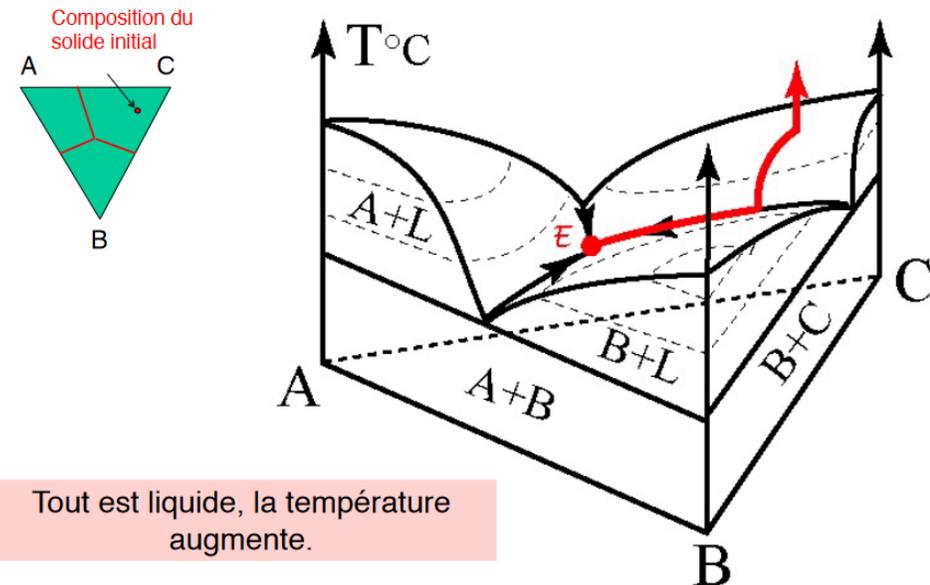
Le liquide suit la ligne cotectique en direction du point C

Evolution du liquide lors de la fusion (3)



Le liquide suit la surface du liquidus en direction de la composition initiale

Evolution du liquide lors de la fusion (4)

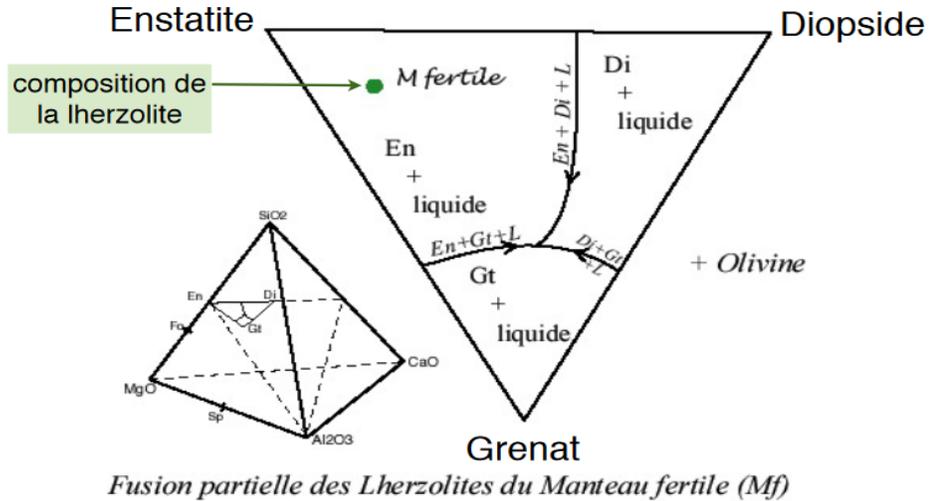


Tout est liquide, la température augmente.

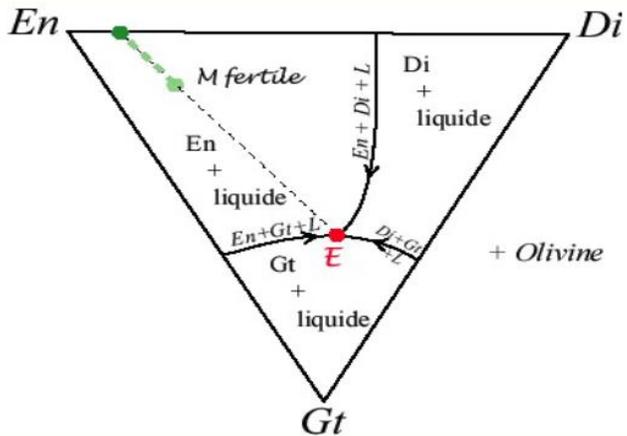
Evolution sur une projection plane

On projette sur un plan les 3 surfaces des liquidus.

Exemple d'une lherzolite : on néglige l'olivine qui fond en dernier et on obtient un diagramme ternaire avec 3 minéraux (cpx, opx, grenat).



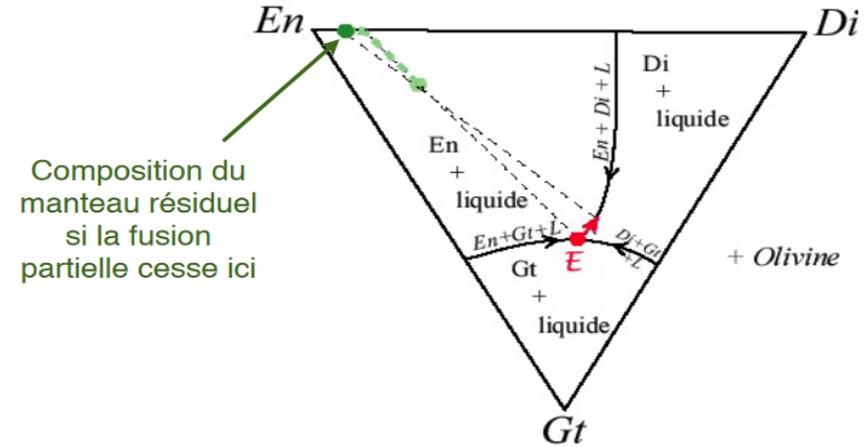
Evolution de la fusion (1)



Le premier liquide a la composition de l'eutectique ternaire

Le solide se déplace vers le pôle enstatite, jusqu'à disparition du grenat, sur la ligne EM.

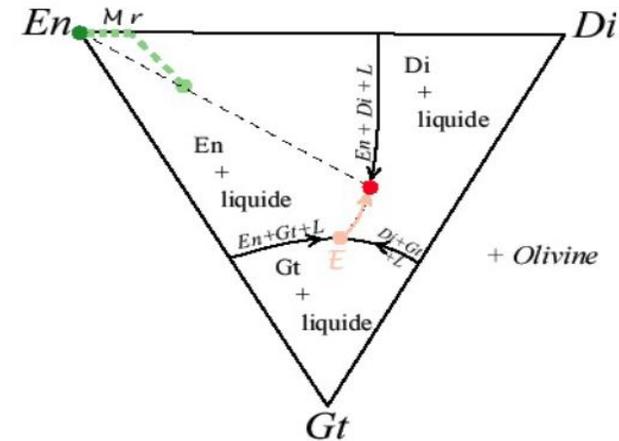
Evolution de la fusion (2)



Le liquide évolue sur la ligne cotectique opposée au grenat (entièrement fondu)

Le solide se déplace vers le pôle enstatite, car le diopside fond progressivement.

Evolution de la fusion (3)



Fusion jusqu'au pôle enstatite, conduisant à un manteau appauvri sans diopside : la harzburgite.

Aucune situation de fusion plus poussée du manteau (sinon, le liquide se déplacerait sur la ligne EnM)

D'autres diagrammes ternaires

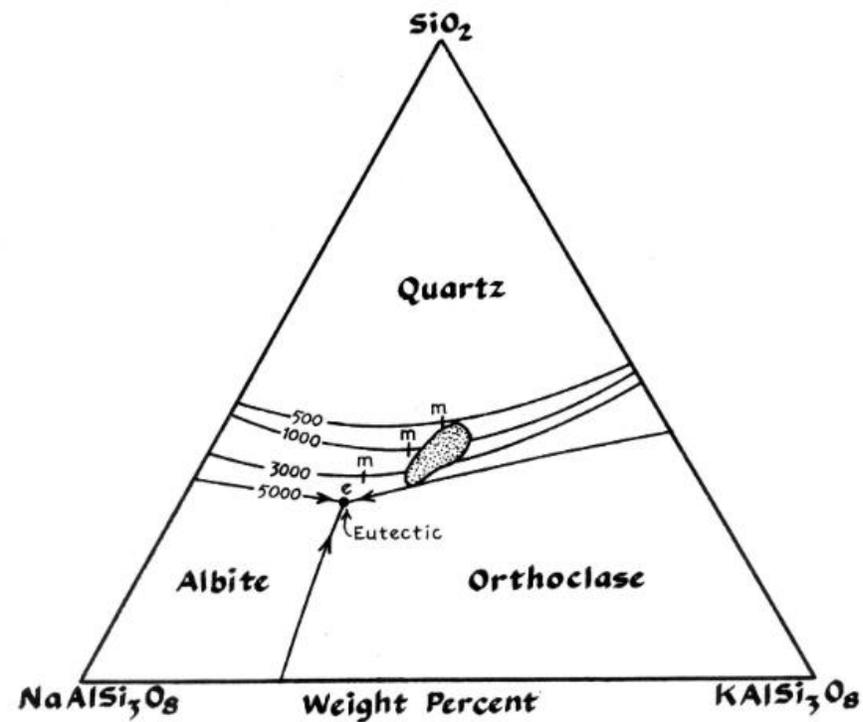
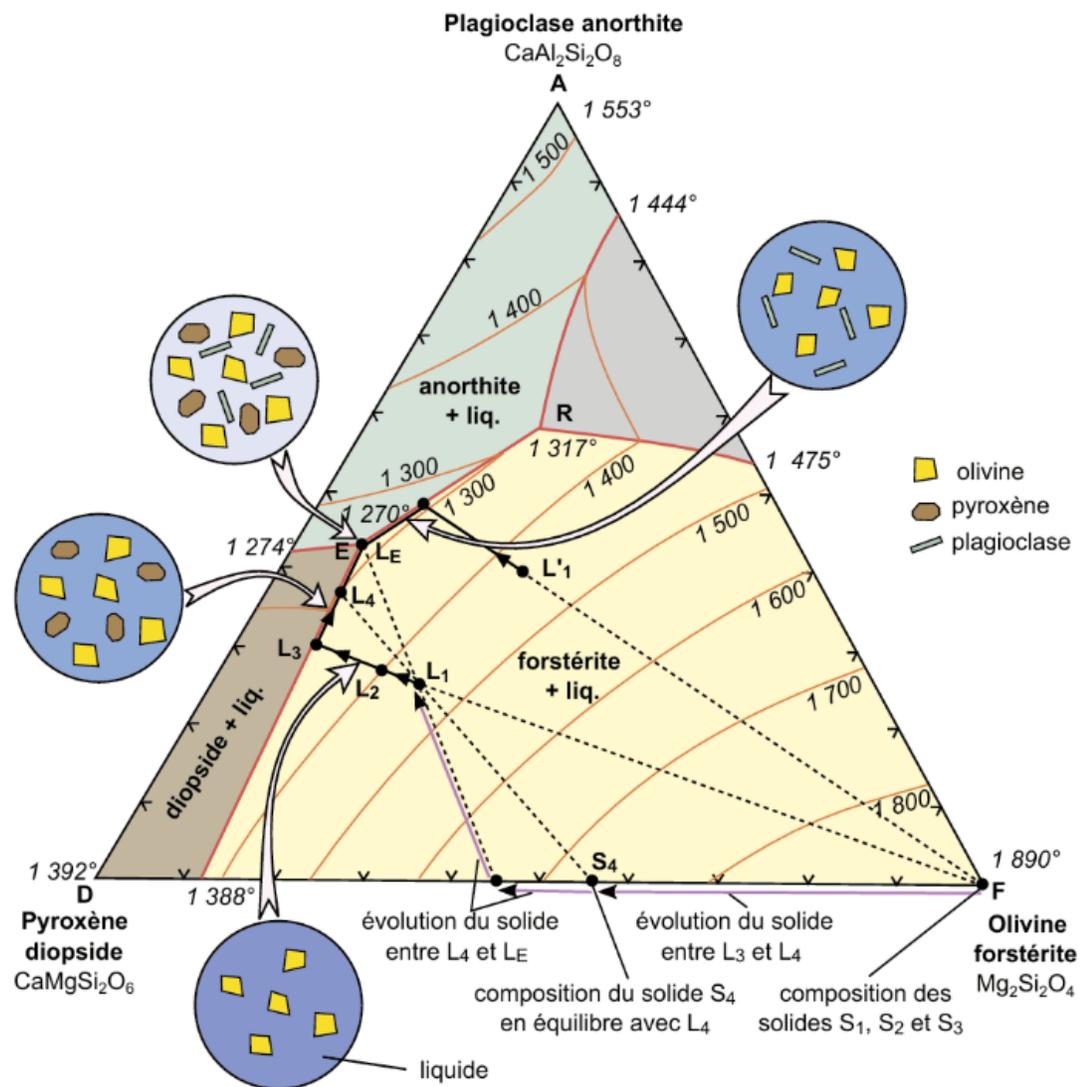
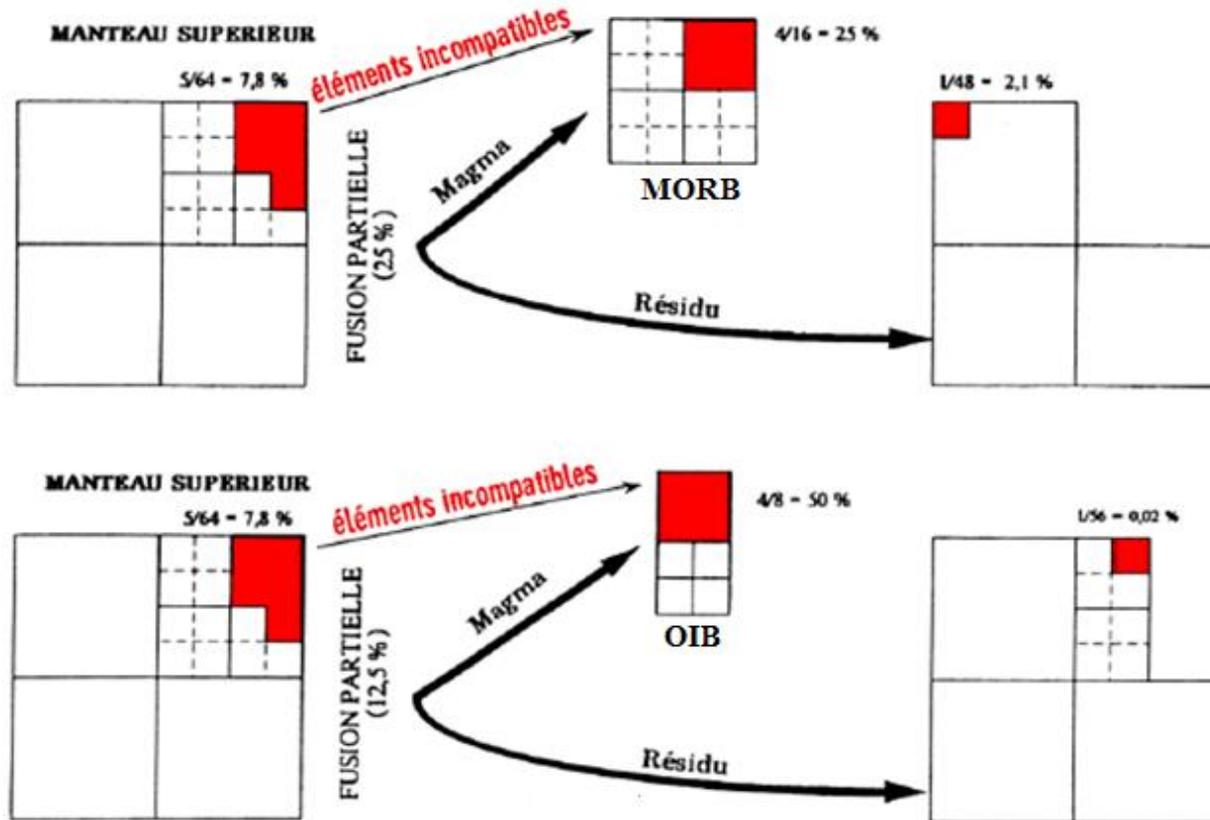


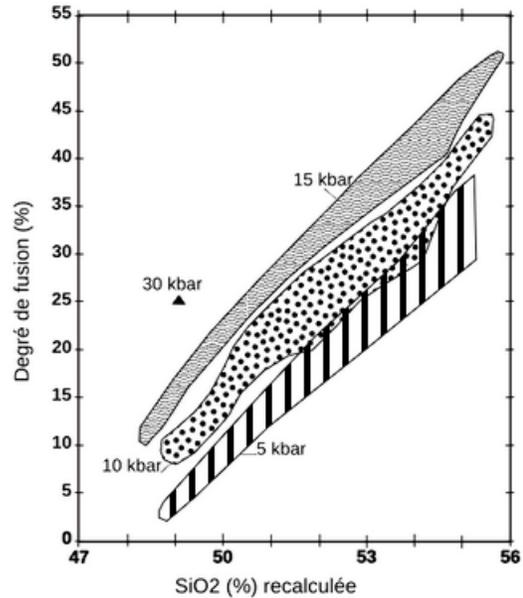
Fig. 1.1 The granite system quartz-albite-orthoclase. Phase boundaries are for $P_{\text{H}_2\text{O}} = 500$ to 5000 bars (0.05 to 0.5MPa). The temperature minimum (m) on the quartz-feldspar cotectic separates the two feldspars at this pressure. The stippled field represents the compositions of granites with >80% normative quartz + albite + orthoclase. After Tuttle and Bowen (1958).

Compatibilité / incompatibilité

	SiO ₂	MgO	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	CaO
Roche-mère (péridotite lherzolite)	45,3	41,3	7,3	0,2	0,1	3,6	1,9
Magma (basalte)	47,1	12,7	11,0	2,2	0,4	14,2	9,9
Résidu (péridotite harzburgite)	42,3	46,6	7,1	0,1	0	0,5	0,1



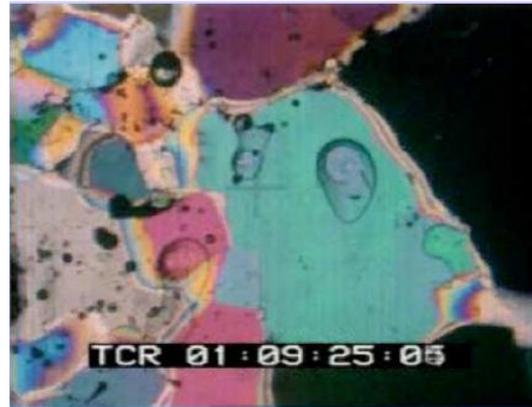
Fusion et comportement de la silice



Source - © 1987 Redessiné d'après Klein et Langmuir

Figure 3. Degré de fusion, pression de fusion et teneur en silice des magmas primaires

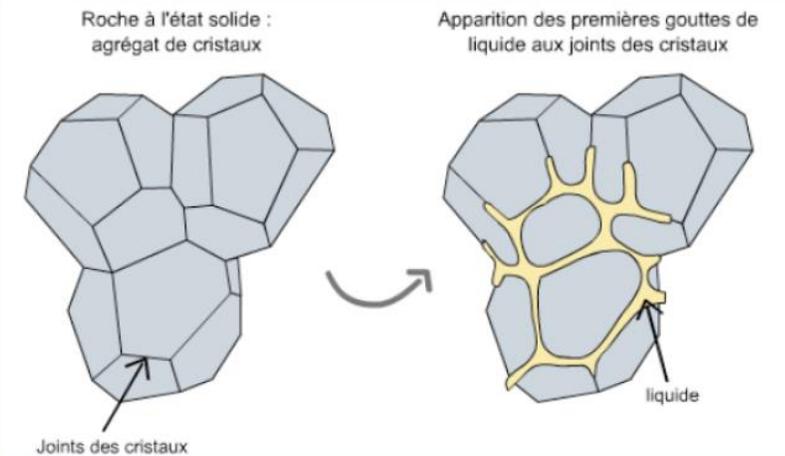
Données expérimentales : noter que dans le manteau terrestre actuel, le degré de fusion ne dépasse pas 25%.



Fusion partielle d'une péridotite en lame mince (LPA).

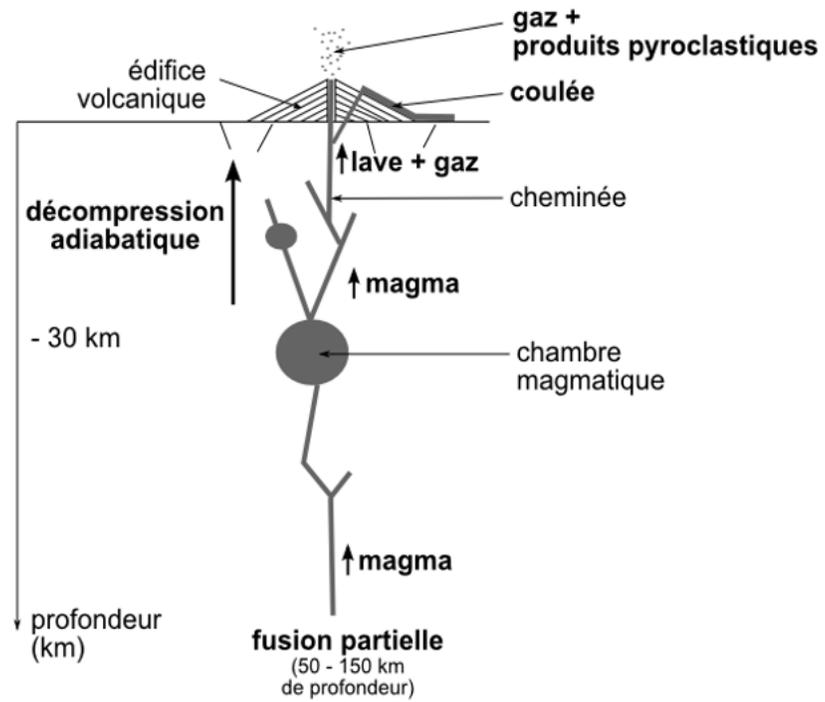
http://www.ipgp.fr/~mevel/UELith_ocean2013Mevel1.pdf#page=23&zoom=auto,0,22

La fusion débute aux joints des grains.



<http://objectif-terre.unil.ch>

Eruption volcanique :



Et le plutonisme ?

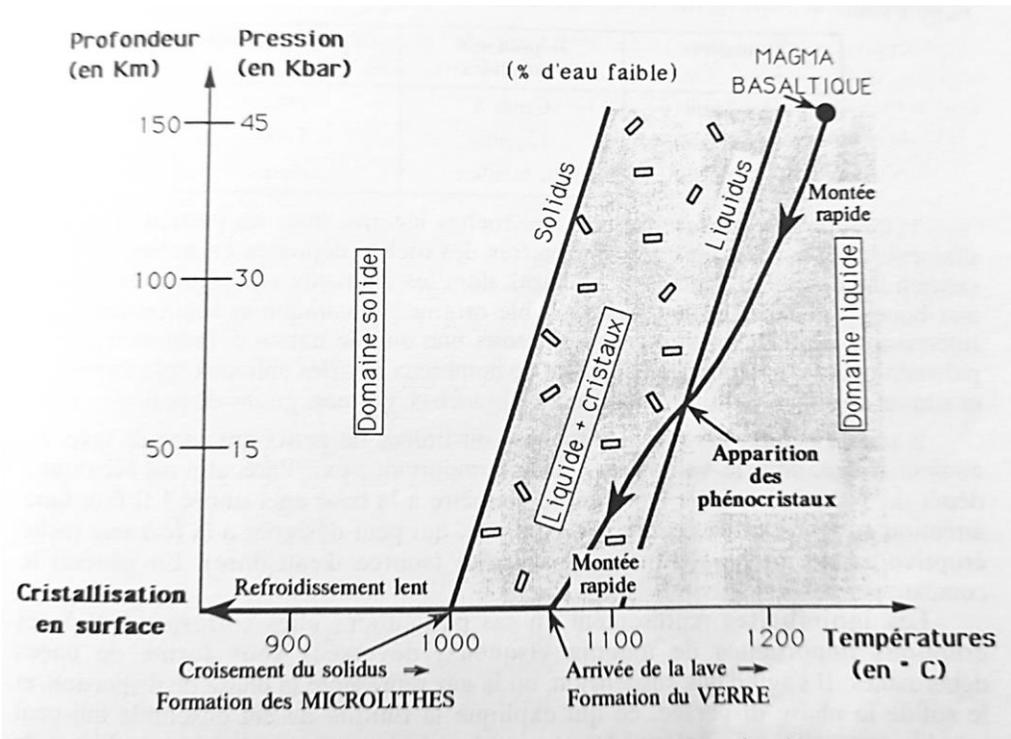


Fig. I-12 : Les différentes étapes de la cristallisation d'un magma basaltique.

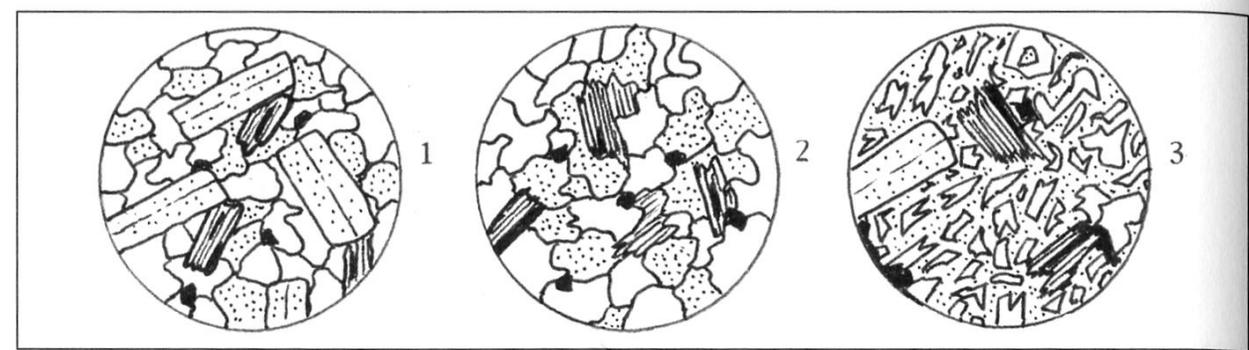
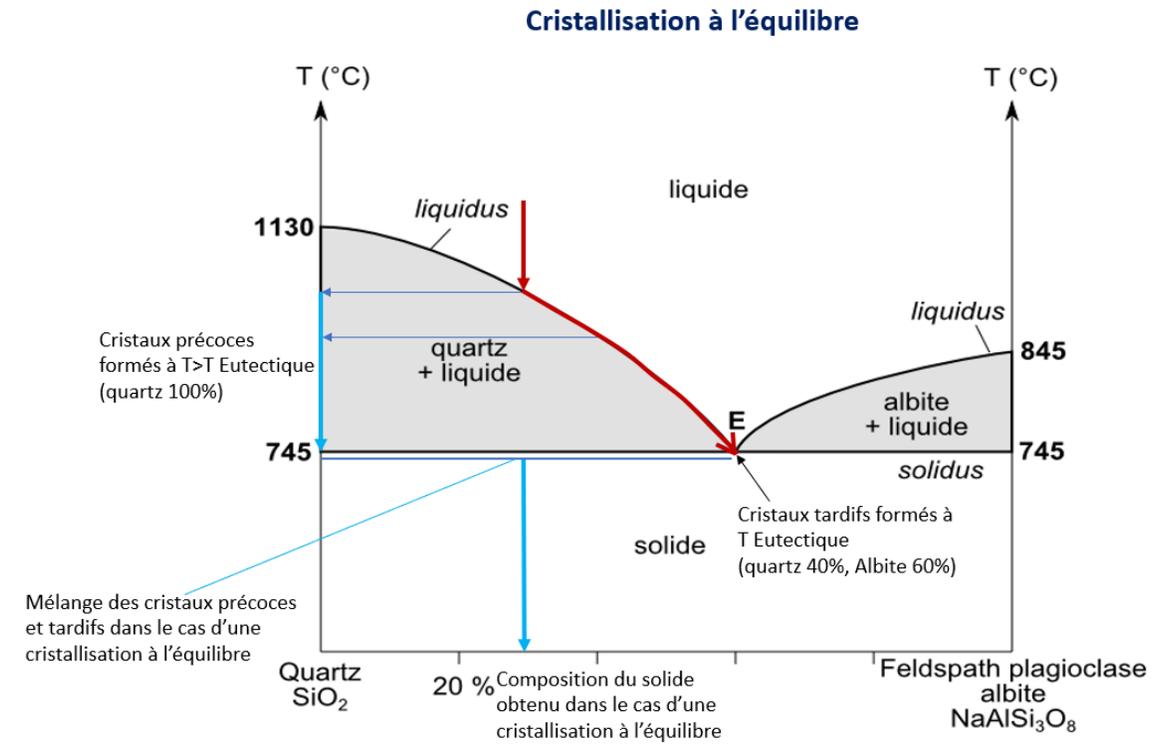
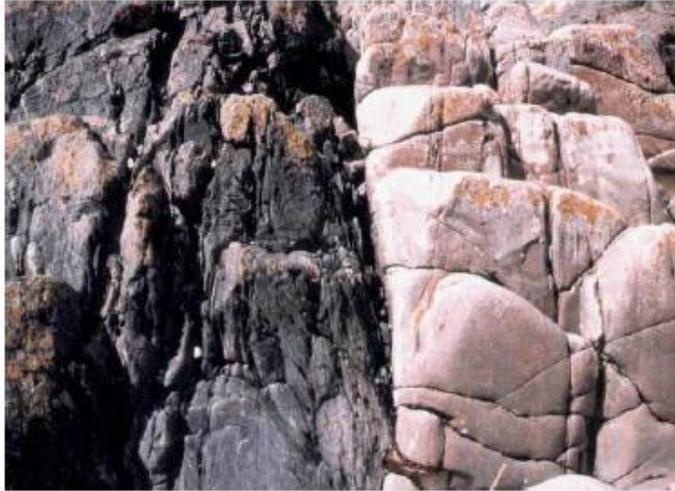
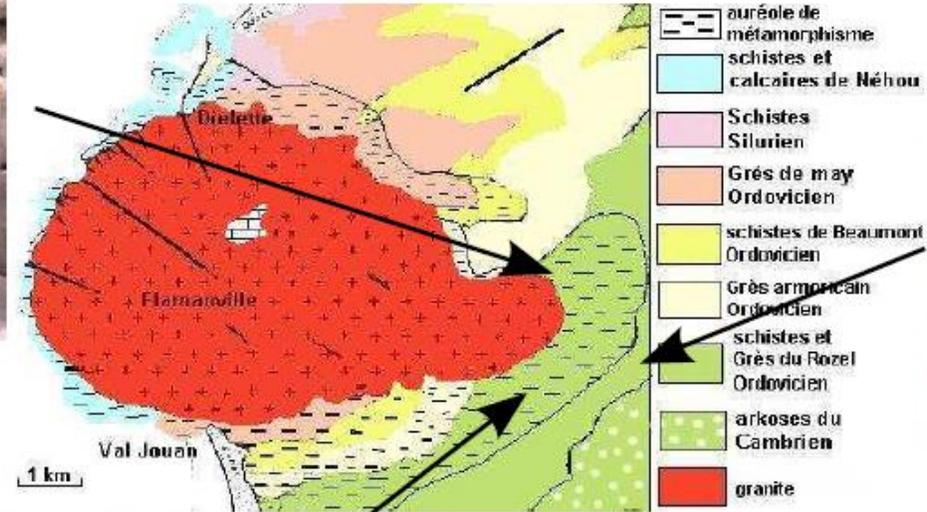


Fig. VI.10 - Ces schémas illustrent le résultat d'une cristallisation non eutectique avec des phénocristaux et des cristaux normaux (1), une cristallisation eutectique dans laquelle les cristaux ont une taille voisine (2) et une cristallisation anté-eutectique puis eutectectique rapide avec formation de micropegmatites (3)

► Le granite de Flamanville



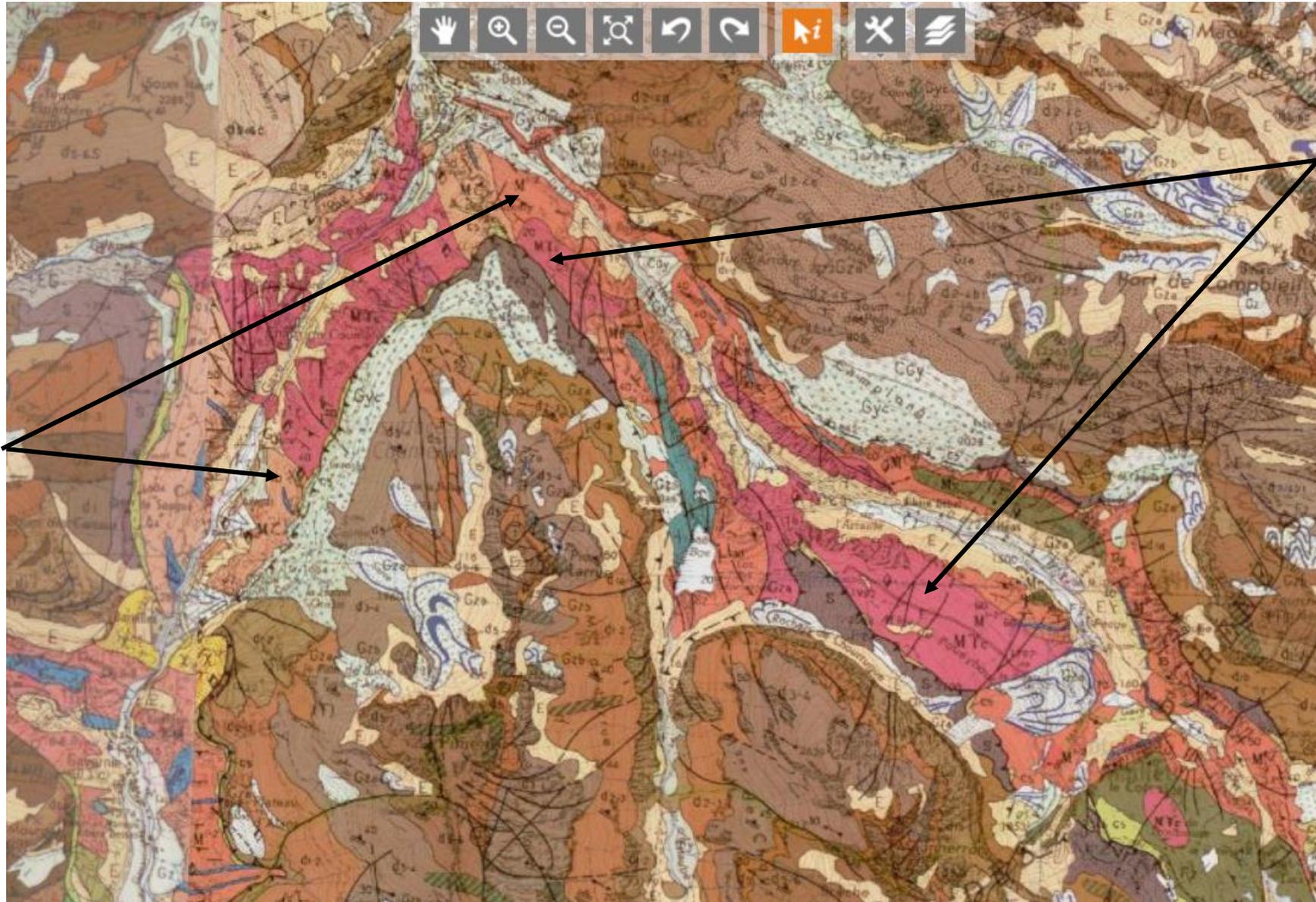
Contact
Granite-Schistes



Grès argileux du Rozel

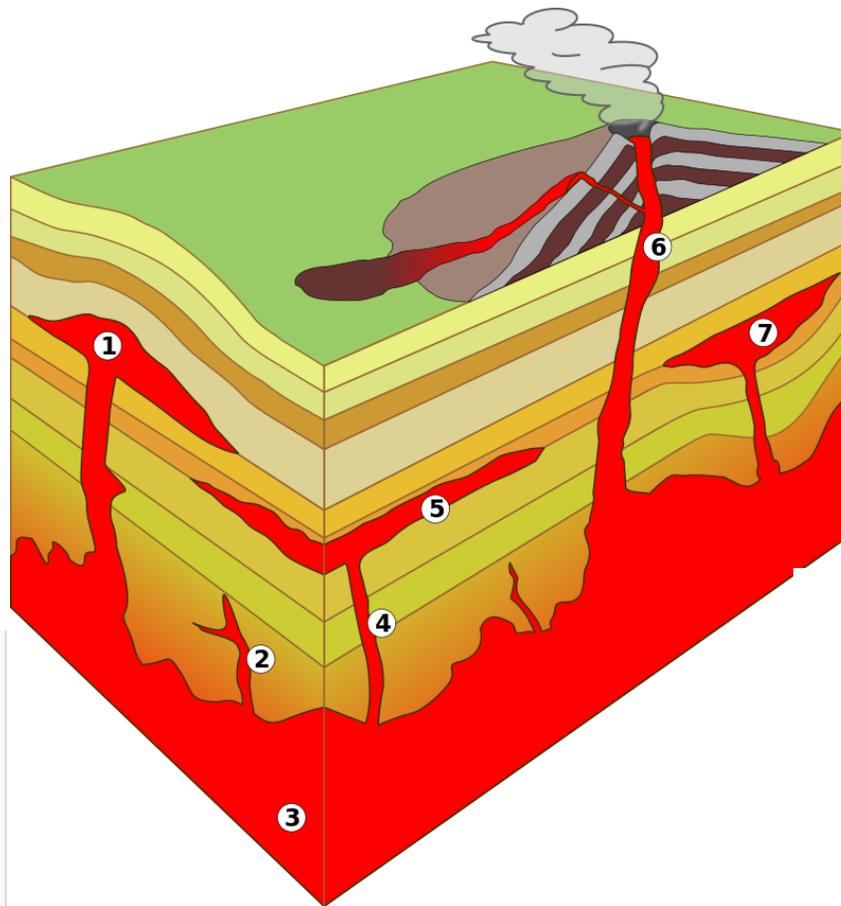


Schiste à Andalousite



Migmatites et gneiss associées

Granite d'anatexie à bords diffus (granite d'Héas, Pyrénées)



Bloc diagramme schématique, modélisant les différents types d'intrusions.

Plutons alloctones :

1. Intrusion respectant les lignes de forces de l'encaissant mais en déformant la couche supérieure : **laccolite**.

2. et 4. Intrusion traversant les couches géologiques : **dyke**.

5. Intrusion respectant les lignes de forces de l'encaissant sans déformation : **sill**.

7. Intrusion respectant les lignes de forces de l'encaissant mais en déformant la couche inférieure : **lopolite**.

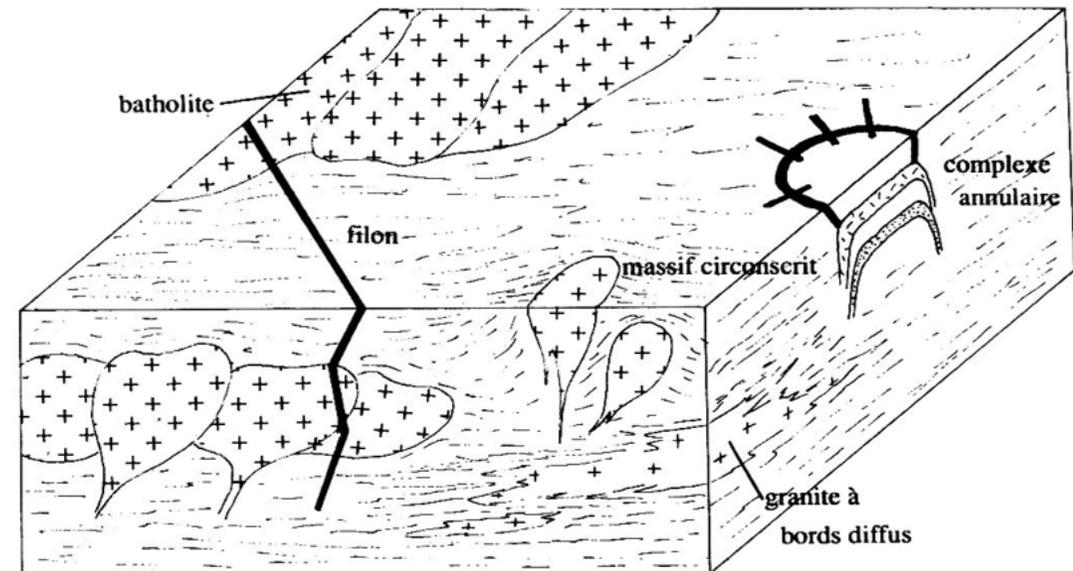
Plutons autochtones :

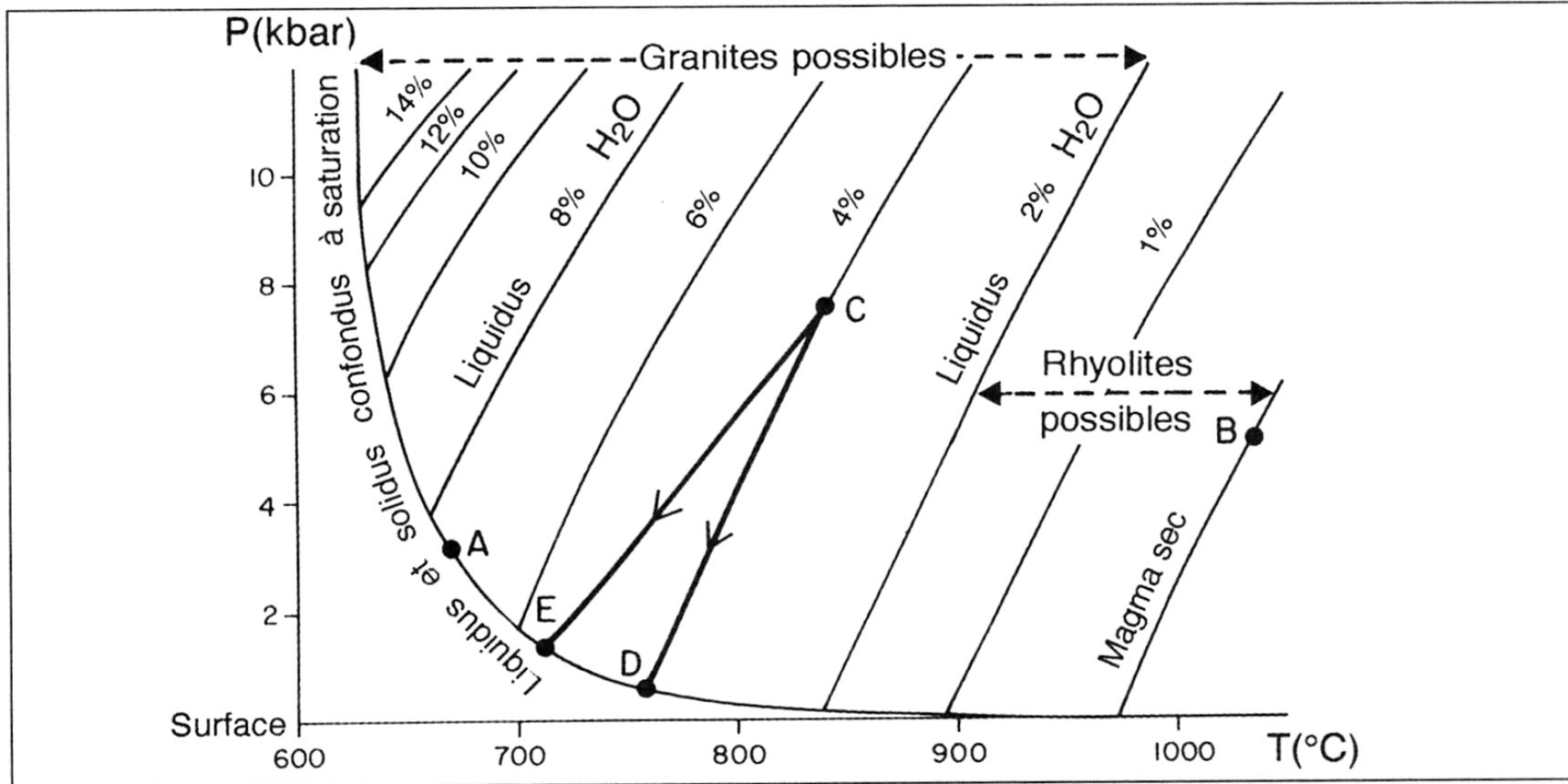
3. Domaine des **anatéxites**, **anatexie** crustale avec piégeage du liquide in situ, conduit à une morphologie de **batholite**

Volcanisme :

6. **Cheminée volcanique**.

Types de gisement de roches plutoniques





Le liquidus granitique varie fortement en fonction de la teneur en eau du magma et, à saturation, liquidus et solidus sont confondus. Un magma à basse température n'atteint jamais la surface et est totalement cristallisé en A alors qu'un magma B surchauffé et sec l'atteint théoriquement sans problème. En réalité il y a des pertes de chaleur et un magma C peut avoir deux destinées : ou bien il ne perd pas de chaleur et suit sa courbe du liquidus pour cristalliser en D ou bien il perd de la chaleur et cristallise en E (d'après D. Shelley)