

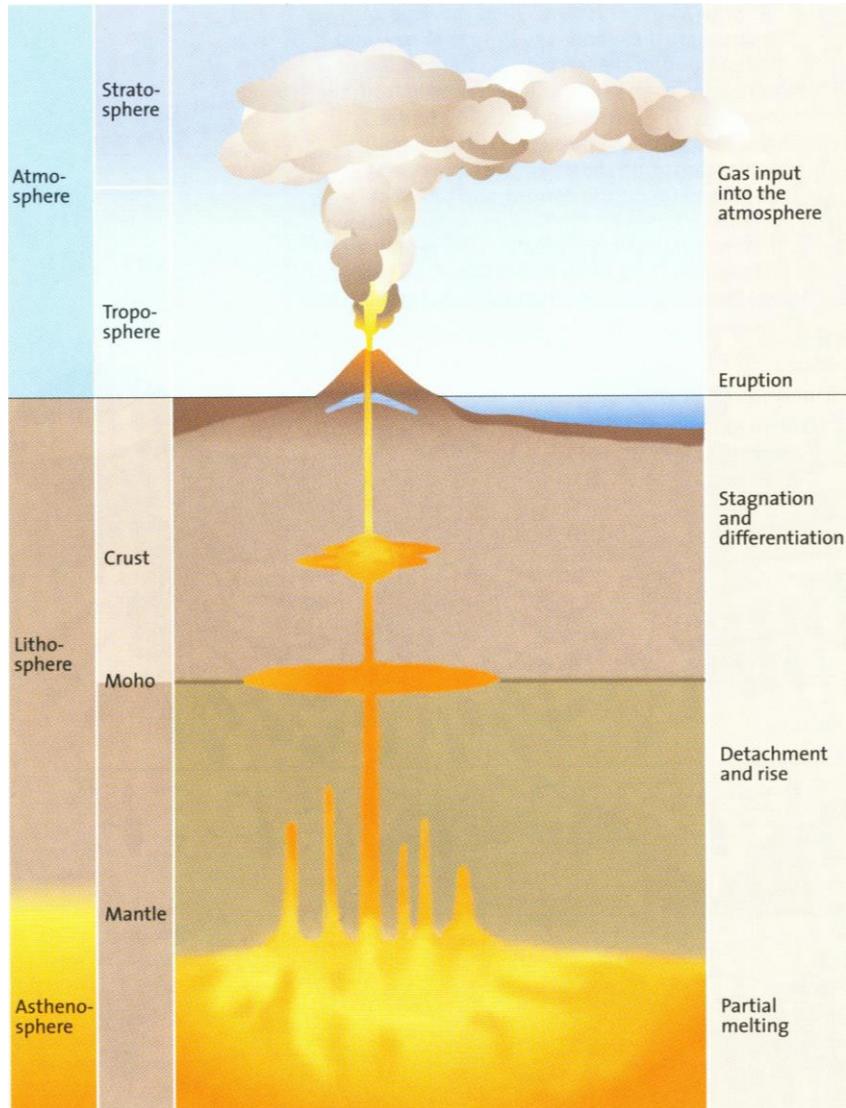
TP 2 – Les roches magmatiques



Objectifs du TP

- Comprendre l'origine des magmas et leur évolution durant la cristallisation fractionnée
- Savoir décrire et classer les roches plutoniques et volcaniques
- Comprendre les implications sur les types éruptions volcaniques

Les processus magmatiques



III. Mécanisme d'éruption

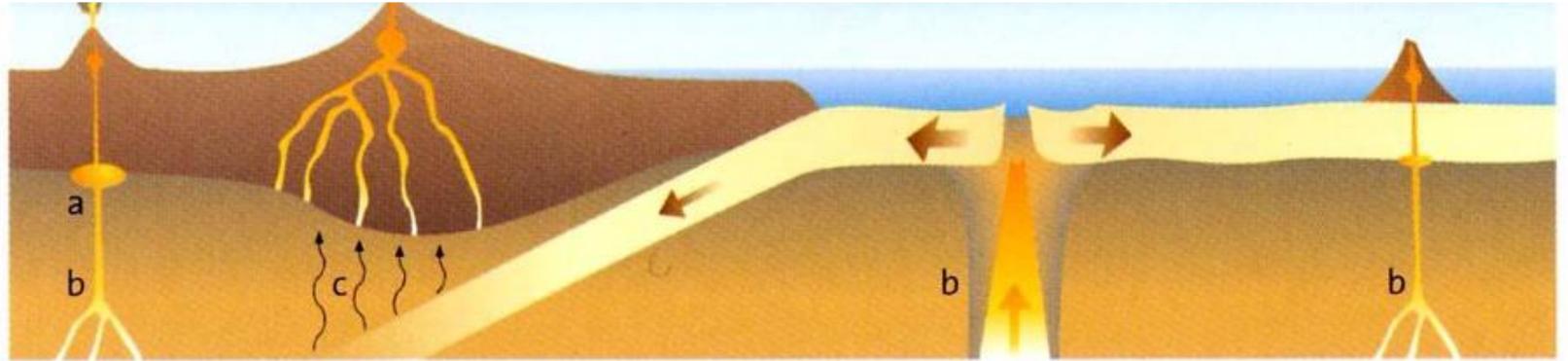
II. Processus de différenciation (cristallisation fractionnée) Chambre magmatique

I. Origines des magmas Fusion partielle du manteau

(Figure tirée du livre: Schmincke (2004) Volcanism)

1. Origines des magmas

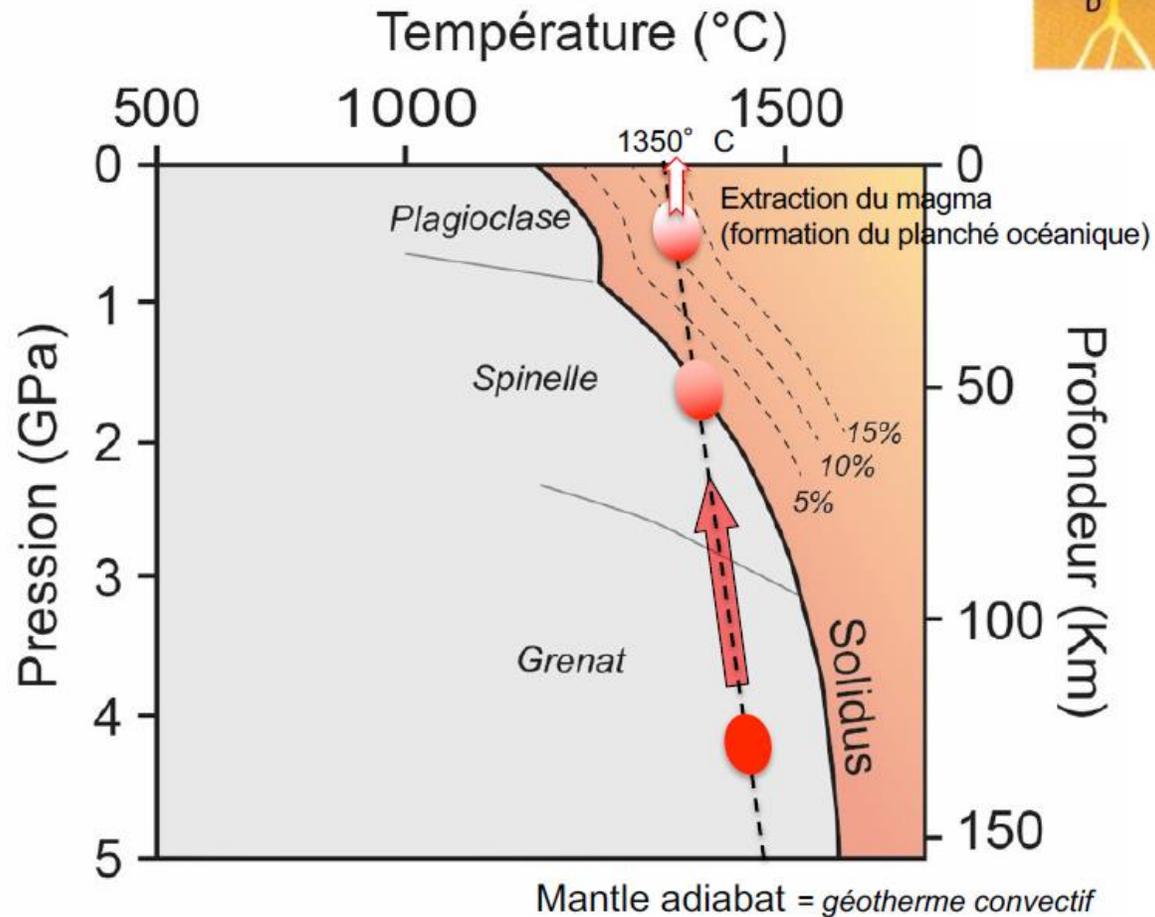
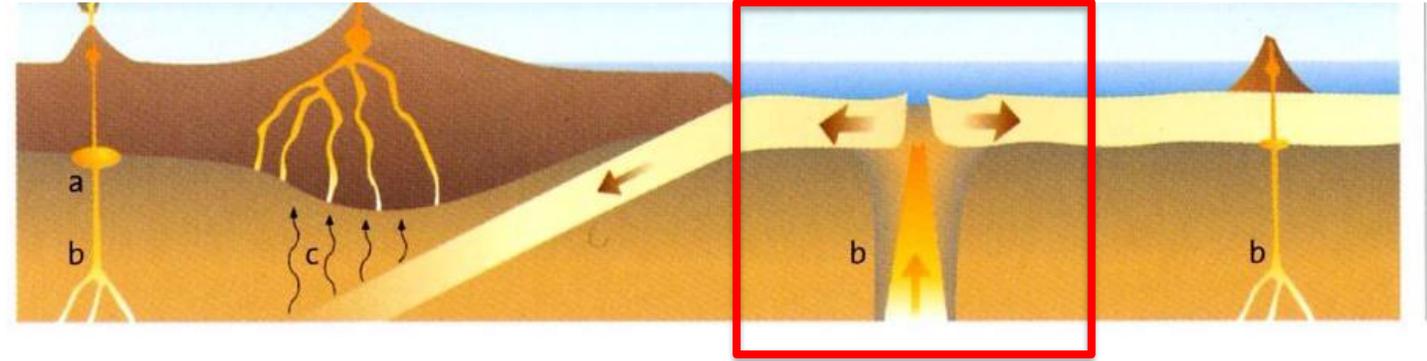
La grande majorité des magmas sont issus de la fusion partielle du manteau.



- Au niveau des dorsales océaniques
- Au niveau des zones de subduction et des arcs magmatiques associés
- Au niveau des points chauds

1. Origines des magmas

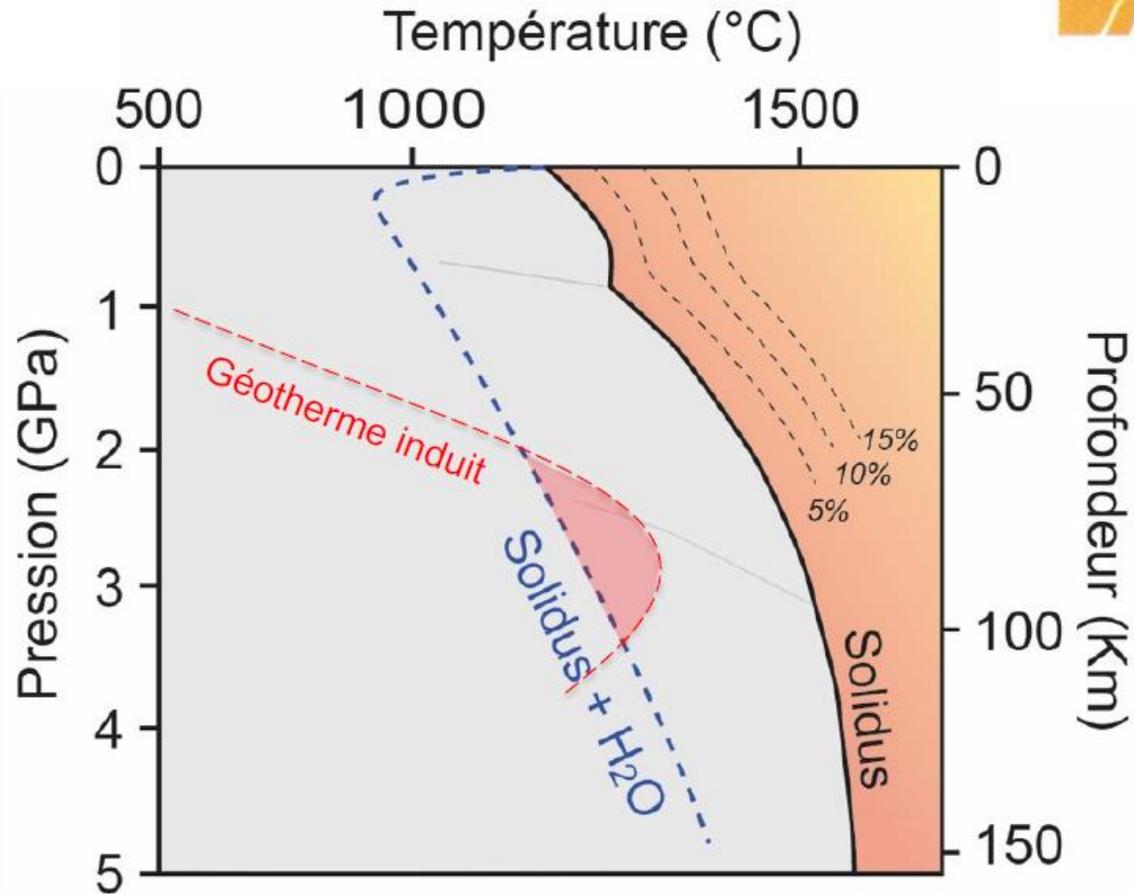
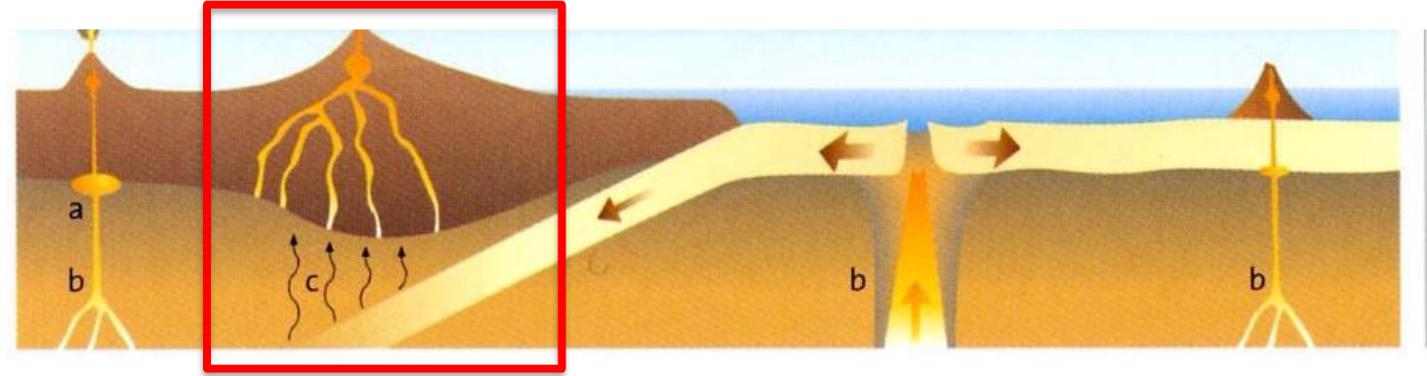
Au niveau des dorsales océaniques



Fusion partielle du manteau possible par la décompression adiabatique induite par l'écartement des plaques tectoniques en raison des cellules de convection.

1. Origines des magmas

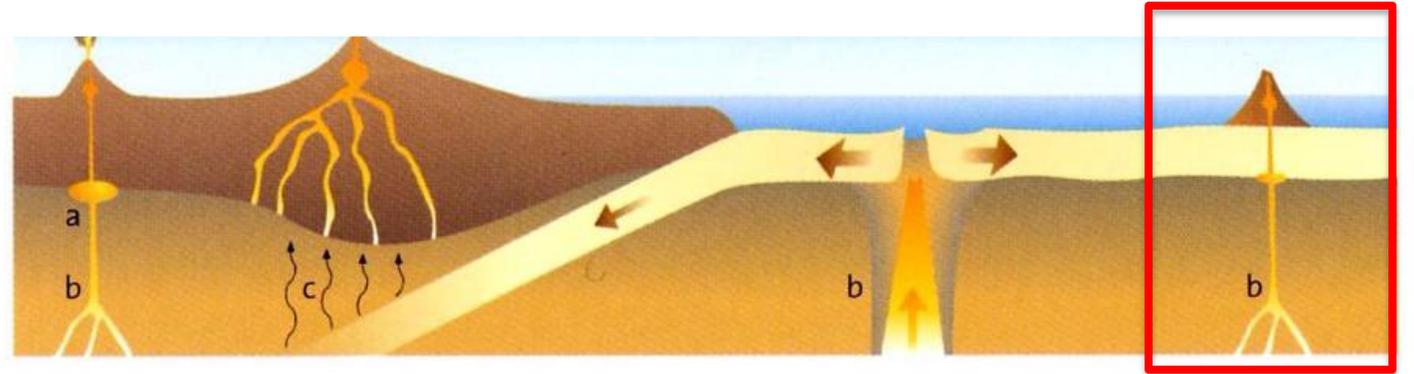
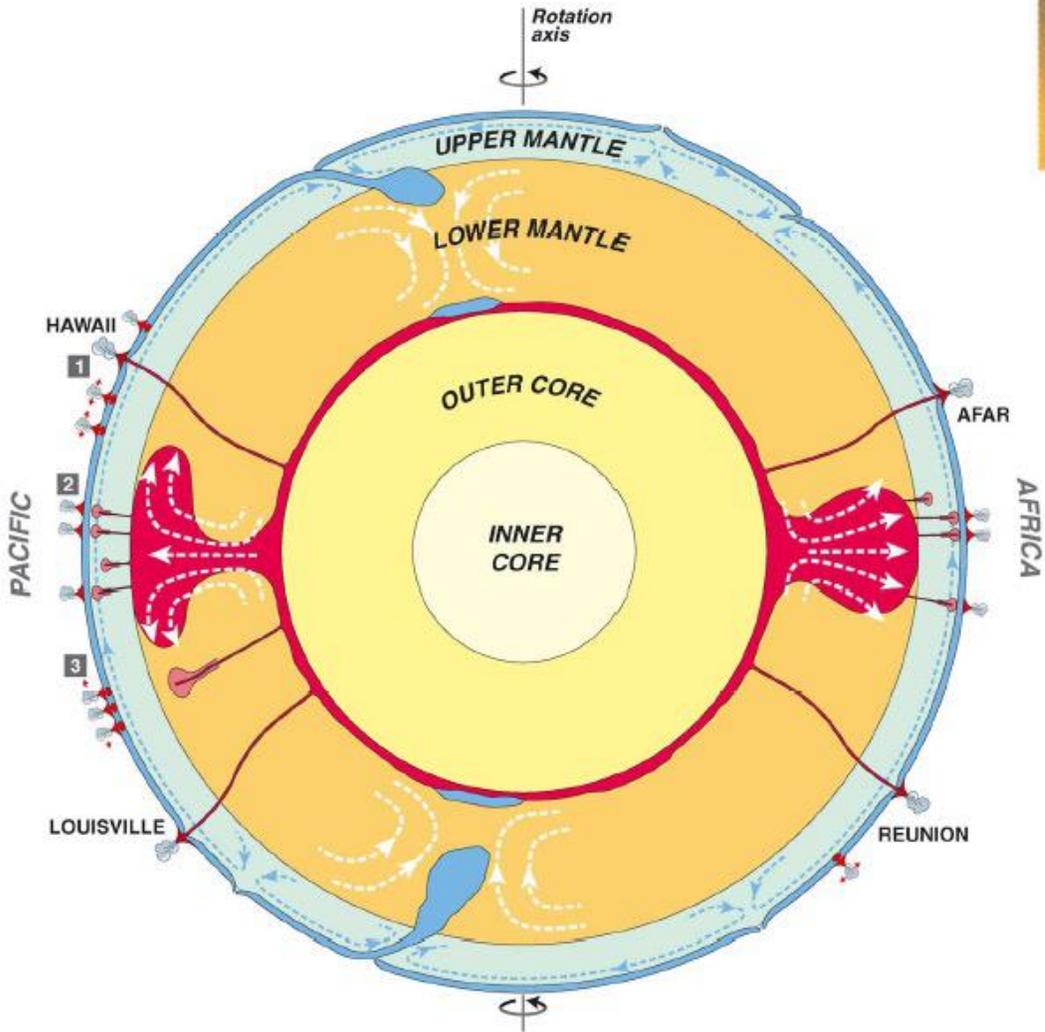
Au niveau des zones de subduction et des arcs magmatiques associés



Fusion partielle du manteau possible par l'apport d'eau par la plaque subductée.

1. Origines des magmas

Au niveau des points chauds



Fusion partielle du manteau inférieur (décompression adiabatique) induisant un point chaud ou « plume ».

2. Processus de différenciation

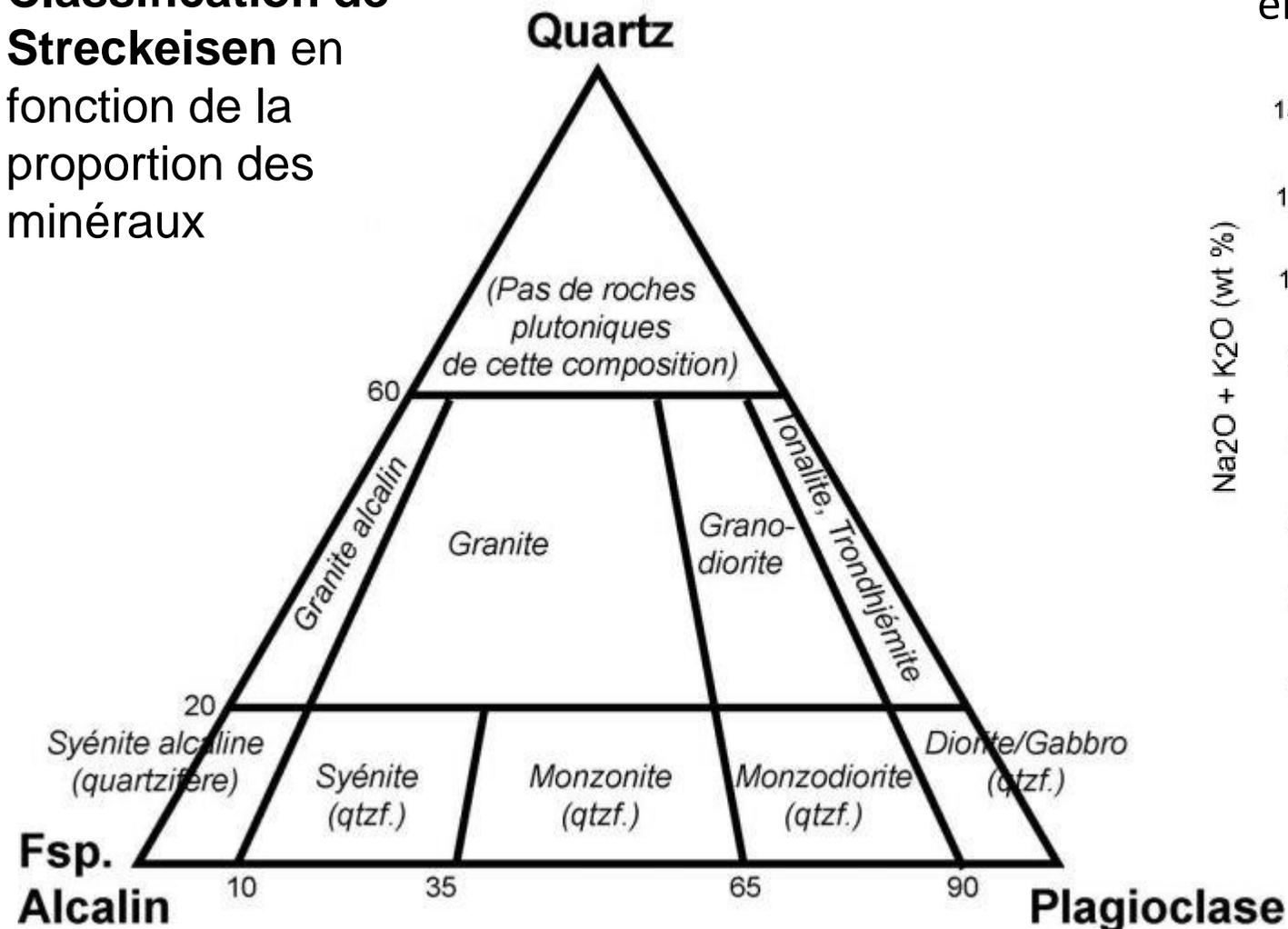
Dans la majorité des cas, les magmas sont issus du manteau

→ Pourquoi autant de roches magmatiques différentes ?

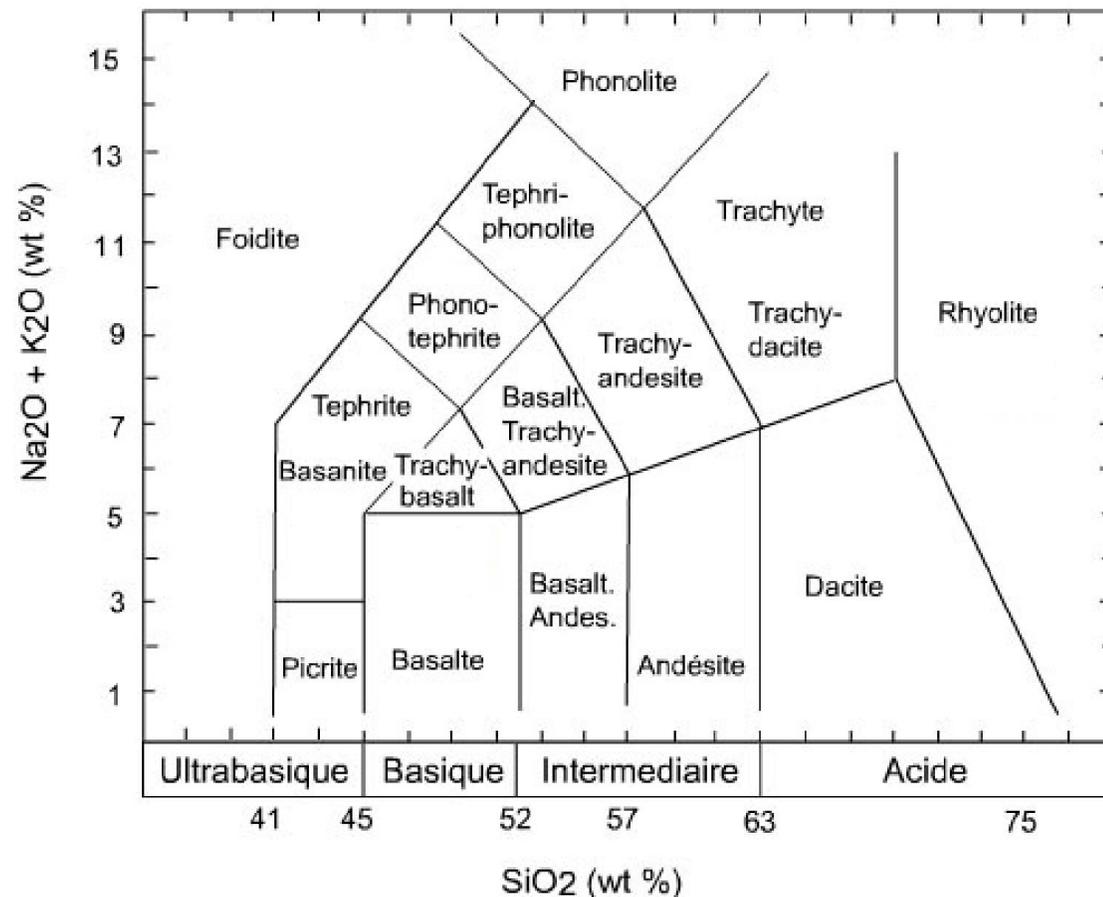


2. Processus de différenciation

Classification de Streckeisen en fonction de la proportion des minéraux



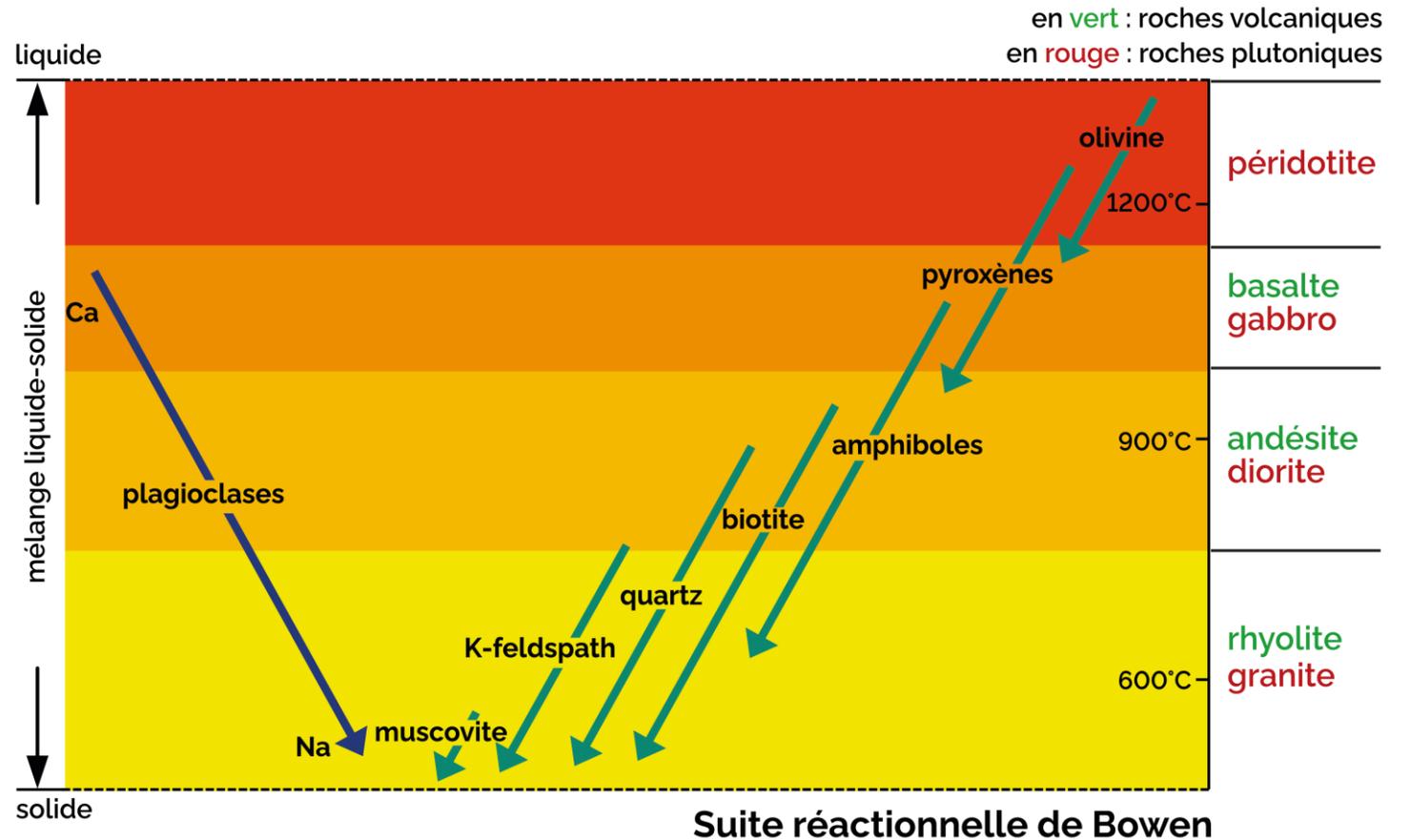
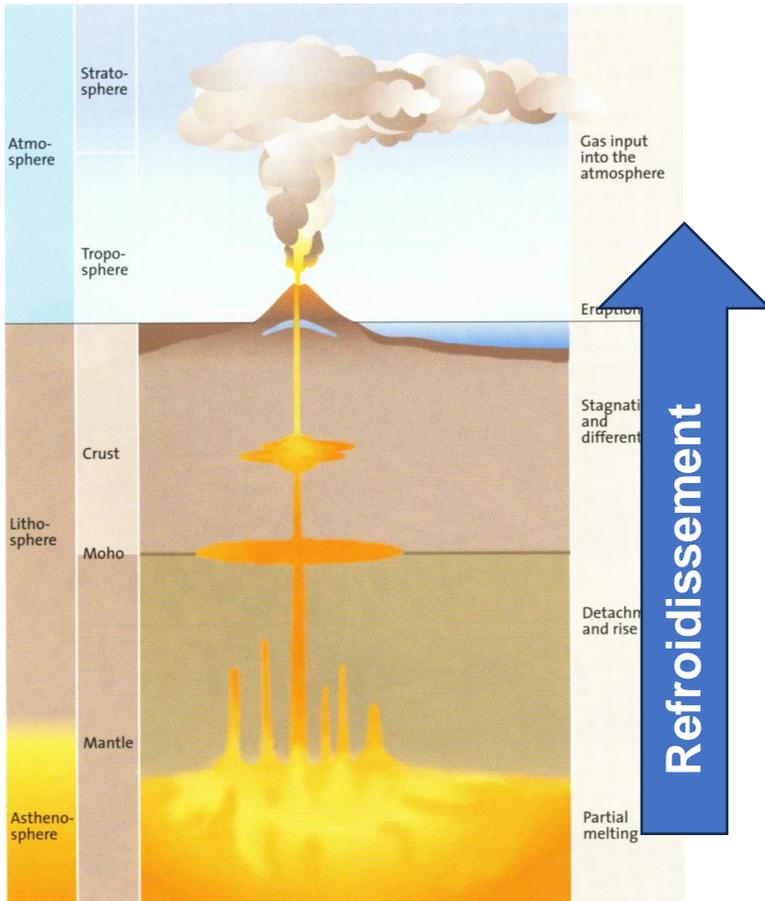
Classification de Le Maître utilisant la teneur en Silice par rapport à la somme des alcalins



2. Processus de différenciation

Les associations de minéraux observées dans les roches magmatiques sont contrôlées par :

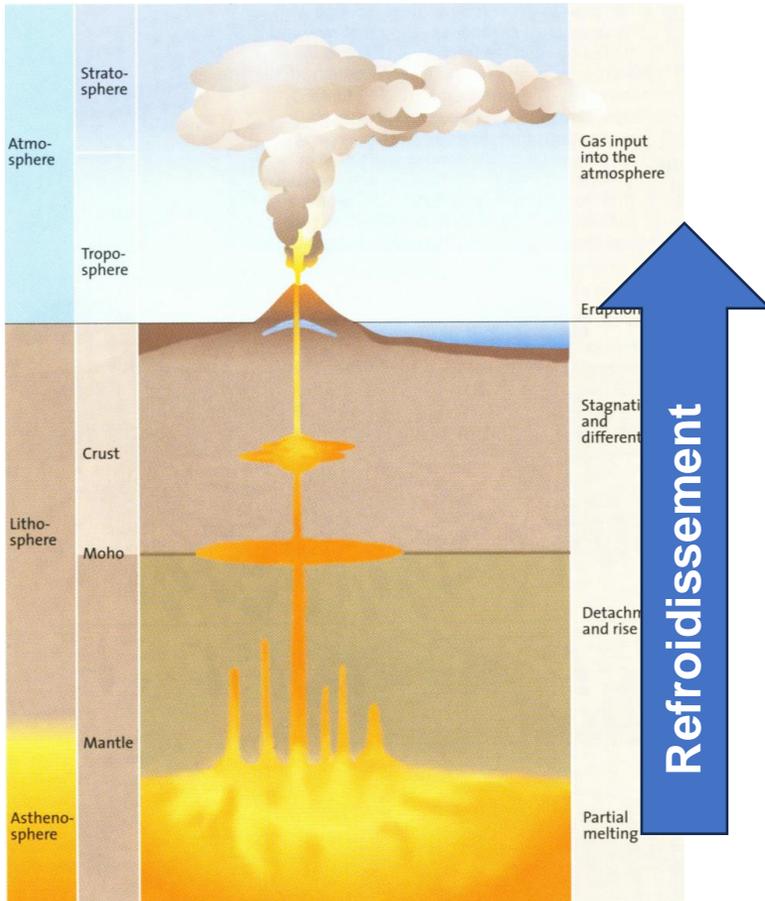
- la température de cristallisation des différents minéraux
- le mécanisme de cristallisation fractionnée qui modifie la composition des liquides magmatiques



2. Processus de différenciation

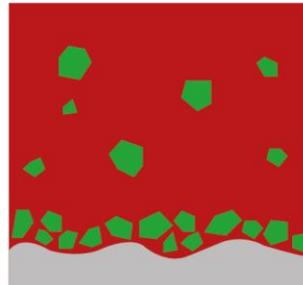
Les associations de minéraux observées dans les roches magmatiques sont contrôlées par :

- la température de cristallisation des différents minéraux
- le mécanisme de cristallisation fractionnée qui modifie la composition des liquides magmatiques



Diagrammes schématiques montrant les principes de la cristallisation fractionnée d'un magma

magma de composition A



1

1200°C

600°C

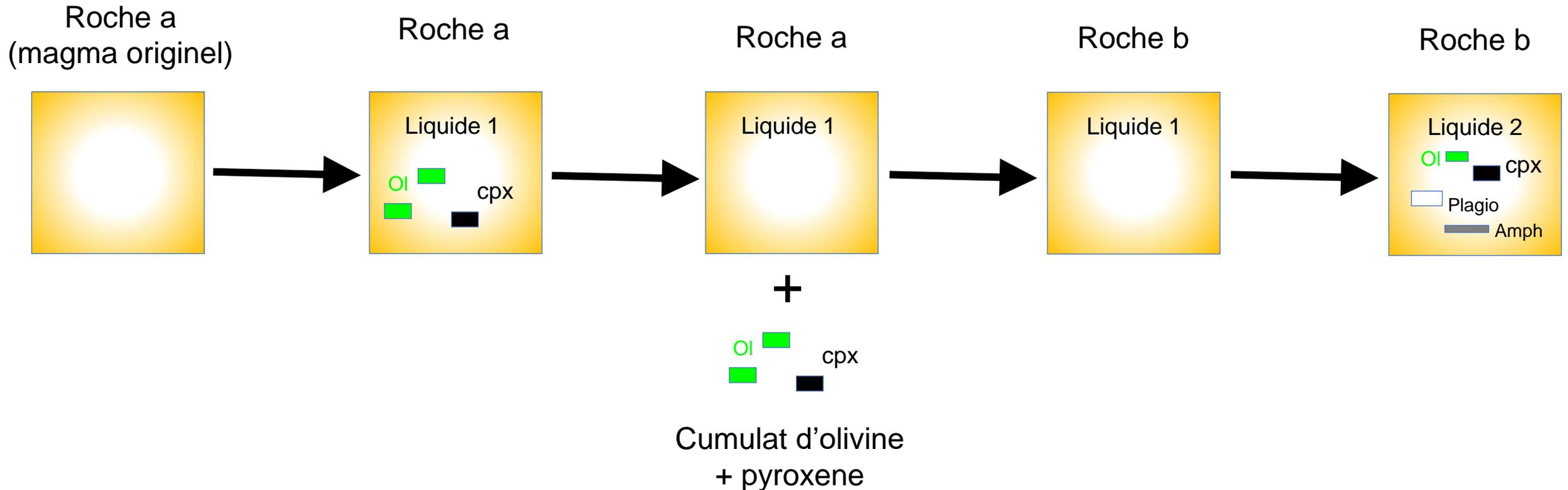
REFROIDISSEMENT



2. Processus de différenciation

Les associations de minéraux observées dans les roches magmatiques sont contrôlées par :

- la température de cristallisation des différents minéraux
- le mécanisme de cristallisation fractionnée qui modifie la composition des liquides magmatiques

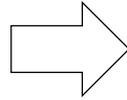


2. Processus de différenciation

Un calcul du bilan de masse permet de calculer la composition de la roche b à partir de la composition de la roche a, des compositions des minéraux et de la proportion des minéraux qui fractionnent

Composition de la roche A (C_a) =
 $\%_{\text{liq1}} * C_{\text{Liq1}} + \%_{\text{ol}} * C_{\text{ol}} + \%_{\text{cpx}} * C_{\text{cpx}}$

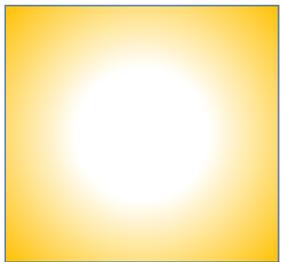
Avec $\%_{\text{liq1}} + \%_{\text{ol}} + \%_{\text{cpx}} = 1$
 % indiquant pas le pourcentage mais la proportion
 des différentes phases variant de 0 à 1



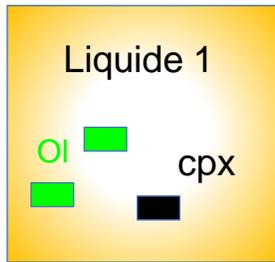
(Composition de la roche b =)

$$C_{\text{liq1}} = \frac{C_a - \%_{\text{ol}} * C_{\text{ol}} - \%_{\text{cpx}} * C_{\text{cpx}}}{1 - \%_{\text{ol}} - \%_{\text{cpx}}}$$

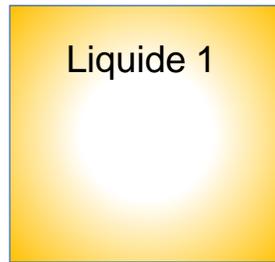
Roche a
(magma originel)



Roche a



Roche a



+

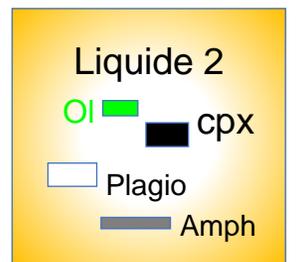


Cumulat d'olivine
+ pyroxene

Roche b



Roche b



2. Processus de différenciation

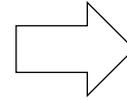
Un calcul du bilan de masse permet de calculer la composition de la roche b à partir de la composition de la roche a, des compositions des minéraux et de la proportion des minéraux qui fractionnent

Composition de la roche A (C_a)=

$$\%_{\text{liq1}} * C_{\text{Liq1}} + \%_{\text{ol}} * C_{\text{ol}} + \%_{\text{cpx}} * C_{\text{cpx}}$$

Avec $\%_{\text{liq1}} + \%_{\text{ol}} + \%_{\text{cpx}} = 1$

% indiquant pas le pourcentage mais la proportion des différentes phases variant de 0 à 1



(Composition de la roche b =)

$$C_{\text{liq1}} = \frac{C_a - \%_{\text{ol}} * C_{\text{ol}} - \%_{\text{cpx}} * C_{\text{cpx}}}{1 - \%_{\text{ol}} - \%_{\text{cpx}}}$$

Exercice :

Un magma originel (roche a) refroidit et commence la cristallisation fractionnée.

Il cristallise 15% d'olivine et 5% de clinopyroxène.

Calculer la composition du liquide résiduel (roche b ou liquide 1).

		SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Somme
roche a	(wt%)	46.2	2.5	13.1	10.2	16.3	9.7	1.5	0.5	100
olivine	(wt%)	40			16	44				100
clinopyroxène	(wt%)	46	2	8	5	15	24			100

2. Processus de différenciation

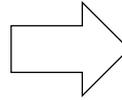
Un calcul du bilan de masse permet de calculer la composition de la roche b à partir de la composition de la roche a, des compositions des minéraux et de la proportion des minéraux qui fractionnent

Composition de la roche A (C_a)=

$$\%_{\text{liq1}} * C_{\text{Liq1}} + \%_{\text{ol}} * C_{\text{ol}} + \%_{\text{cpx}} * C_{\text{cpx}}$$

Avec $\%_{\text{liq1}} + \%_{\text{ol}} + \%_{\text{cpx}} = 1$

% indiquant pas le pourcentage mais la proportion des différentes phases variant de 0 à 1



(Composition de la roche b =)

$$C_{\text{liq1}} = \frac{C_a - \%_{\text{ol}} * C_{\text{ol}} - \%_{\text{cpx}} * C_{\text{cpx}}}{1 - \%_{\text{ol}} - \%_{\text{cpx}}}$$

Exercice :

Un magma originel (roche a) refroidit et commence la cristallisation fractionnée.

Il cristallise 15% d'olivine et 5% de clinopyroxène.

Calculer la composition du liquide résiduel (roche b ou liquide 1).

		SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Somme
roche a	(wt%)	46.2	2.5	13.1	10.2	16.3	9.7	1.5	0.5	100
olivine	(wt%)	40			16	44				100
clinopyroxène	(wt%)	46	2	8	5	15	24			100
roche b	(wt%)	47.4	3.0	15.9	9.4	11.2	10.6	1.9	0.6	100.0

2. Processus de différenciation

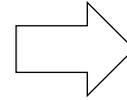
Un calcul du bilan de masse permet de calculer la composition de la roche b à partir de la composition de la roche a, des compositions des minéraux et de la proportion des minéraux qui fractionnent

Composition de la roche A (C_a)=

$$\%_{\text{liq1}} * C_{\text{Liq1}} + \%_{\text{ol}} * C_{\text{ol}} + \%_{\text{cpx}} * C_{\text{cpx}}$$

Avec $\%_{\text{liq1}} + \%_{\text{ol}} + \%_{\text{cpx}} = 1$

% indiquant pas le pourcentage mais la proportion des différentes phases variant de 0 à 1



(Composition de la roche b =)

$$C_{\text{liq1}} = \frac{C_a - \%_{\text{ol}} * C_{\text{ol}} - \%_{\text{cpx}} * C_{\text{cpx}}}{1 - \%_{\text{ol}} - \%_{\text{cpx}}}$$

Exercice :

Un magma originel (roche a) refroidit et commence la cristallisation fractionnée.

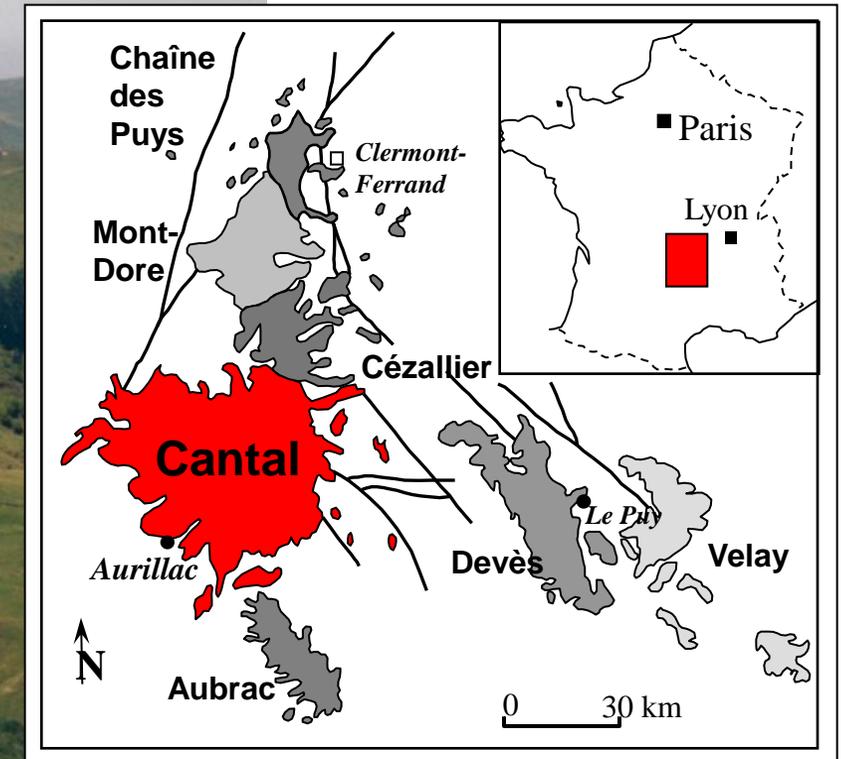
Il cristallise 15% d'olivine et 5% de clinopyroxène.

Calculer la composition du liquide résiduel (roche b ou liquide 1).

		SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MgO	CaO	Na2O	K2O	Somme
roche a	(wt%)	46.2	2.5	13.1	10.2	16.3	9.7	1.5	0.5	100
olivine	(wt%)	40			16	44				100
clinopyroxène	(wt%)	46	2	8	5	15	24			100
roche b	(wt%)	47.4	3.0	15.9	9.4	11.2	10.6	1.9	0.6	100.0

2. Processus de différenciation

Exercice relatif à l'évolution par cristallisation fractionnée des roches du Massif du Cantal



2. Processus de différenciation

Partie 1: observer les différences de minéralogie et de couleur pour quatre roches provenant du massif du Cantal (France) reliées entre elles par un mécanisme de cristallisation fractionnée.



Proportions des minéraux observés dans ces roches						
Roche	olivine	clinopyroxène	Plagioclase	Amphibole	Biotite	Matrice
B						
D						
C						
A						

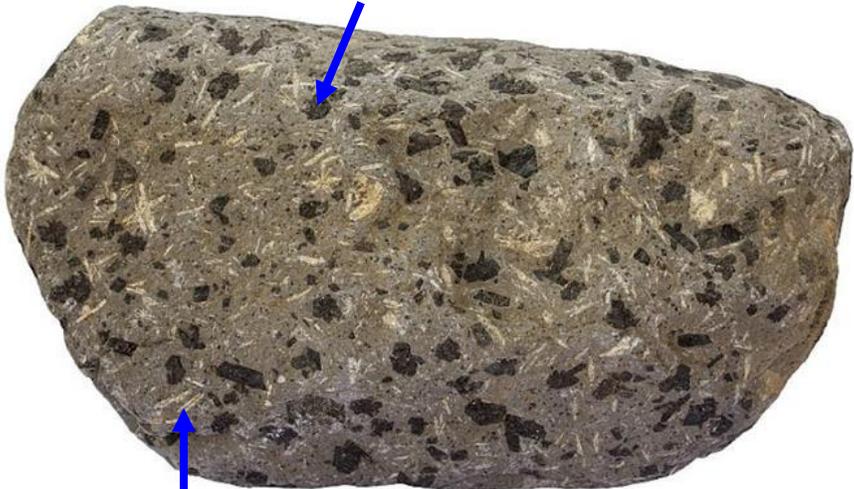
Essayer d'estimer les proportions de minéraux et de la matrice

2. Processus de différenciation

Olivine : light green



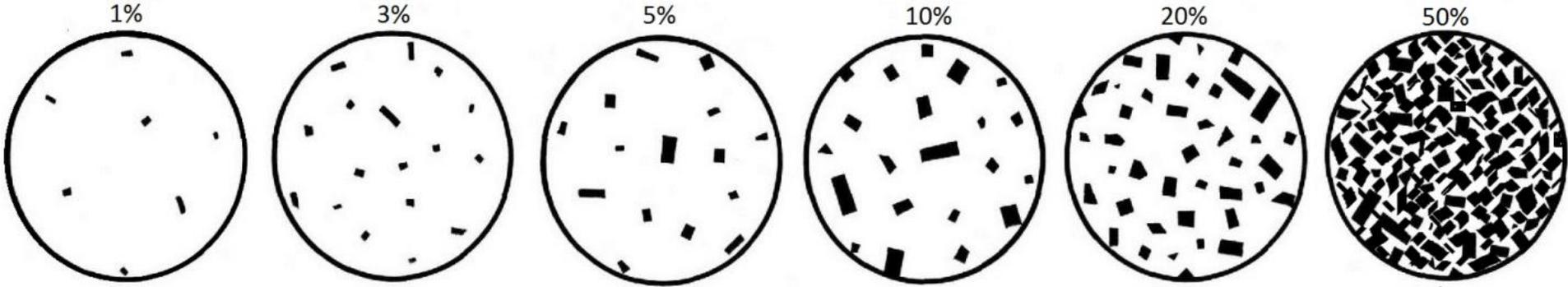
Cpx : dark green/black



Amphibole : elongated and black



Plagioclase : white



Essayer d'estimer les proportions de minéraux et de la matrice



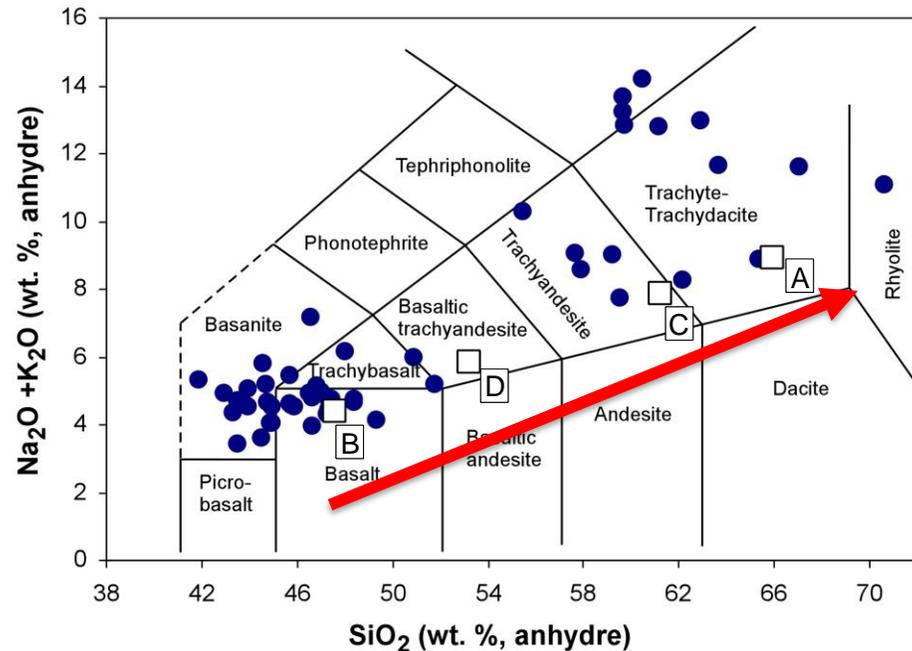
Biotite : Tabular and black

2. Processus de différenciation

		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Somme
Initial	(en %)	45.1	2.7	12	11.5	14.1	10.5	2.6	1.5	100
Liquide résiduel 1	(en %)	46.1	3.3	14.9	11.2	7.7	11.3	3.4	2.0	100
Liquide résiduel 2	(en %)	56.2	2.0	17.5	6.0	3.0	6.3	5.2	3.9	100
Liquide résiduel 3	(en %)	63.2	0.8	19.9	2.1	0.1	1.8	6.7	5.4	100

2. Processus de différenciation

		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Somme
Initial	(en %)	45.1	2.7	12	11.5	14.1	10.5	2.6	1.5	100
Liquide résiduel 1	(en %)	46.1	3.3	14.9	11.2	7.7	11.3	3.4	2.0	100
Liquide résiduel 2	(en %)	56.2	2.0	17.5	6.0	3.0	6.3	5.2	3.9	100
Liquide résiduel 3	(en %)	63.2	0.8	19.9	2.1	0.1	1.8	6.7	5.4	100

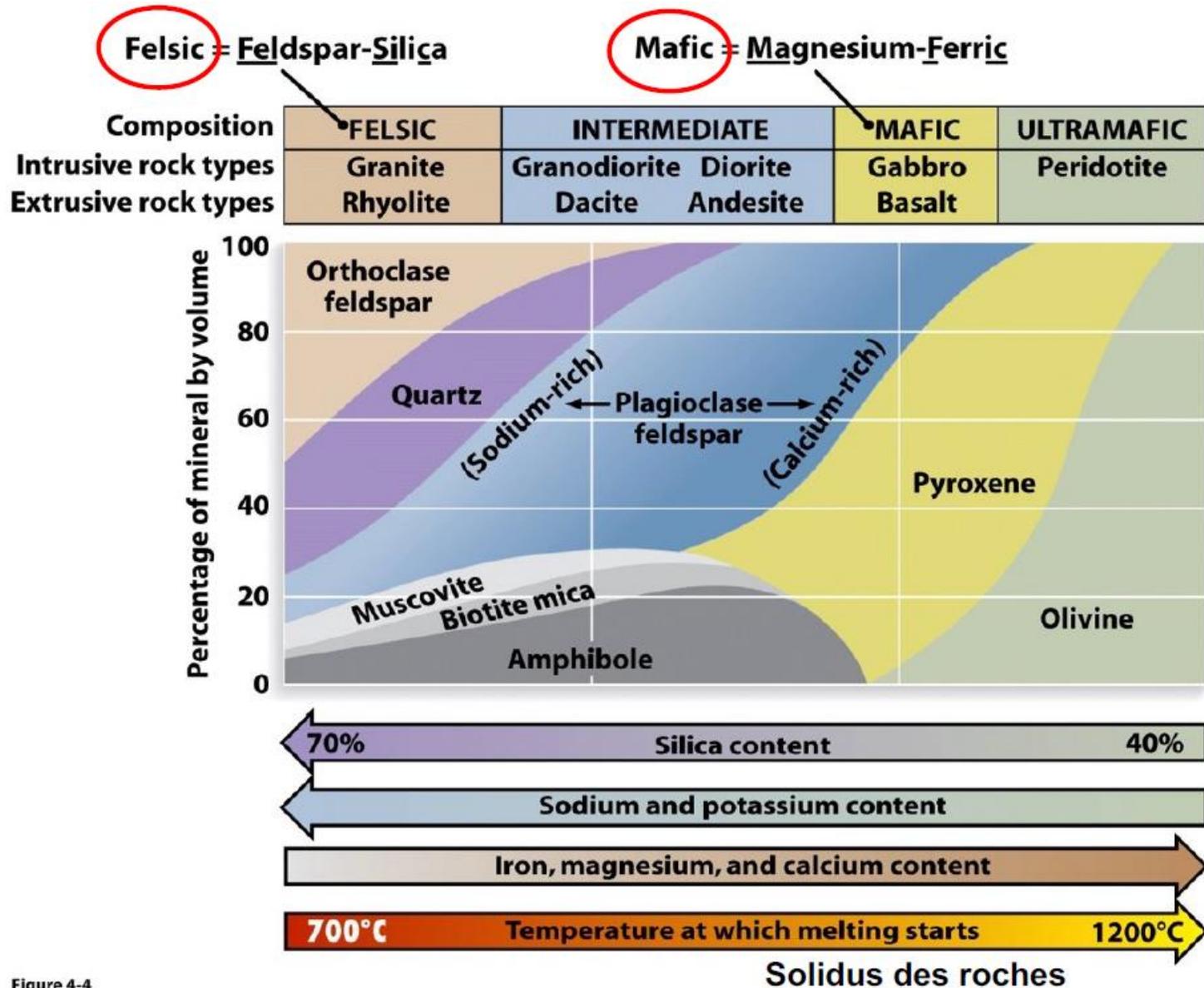


Evolution du magma au cours de la cristallisation fractionnée :

De plus en plus enrichi en Si, Al, Na et K

De plus en plus appauvri en Fe, Mg, Ca et Ti

2. Processus de différenciation

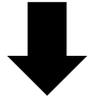


Roche mafique (ou basique) :
riche en Mg, Fe et Ca
pauvre en Si, K et Na

Roche felsique (ou acide) :
riche en Si, K et Na
pauvre en Mg, Fe et Ca

3. Mécanisme d'éruption

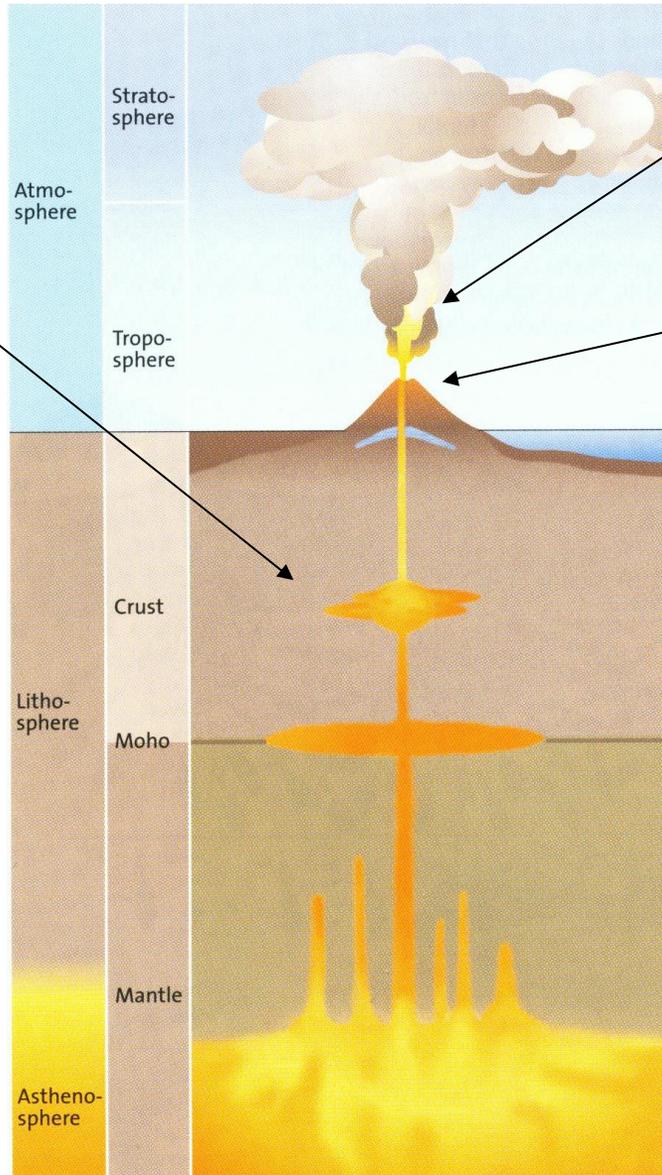
Magma cristallise
lentement en profondeur



**Roches
plutoniques**

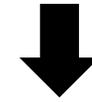


*Tous les minéraux ont
pu atteindre une forme
visible à l'oeil nu.*



Roches pyroclastiques

Magma cristallise
rapidement en surface



**Roches
volcaniques**



*Présence de phénocristaux dans
une matrice finement cristallisée*

3. Mécanisme d'éruption

Un même magma peut donc générer des roches plutoniques ou volcaniques

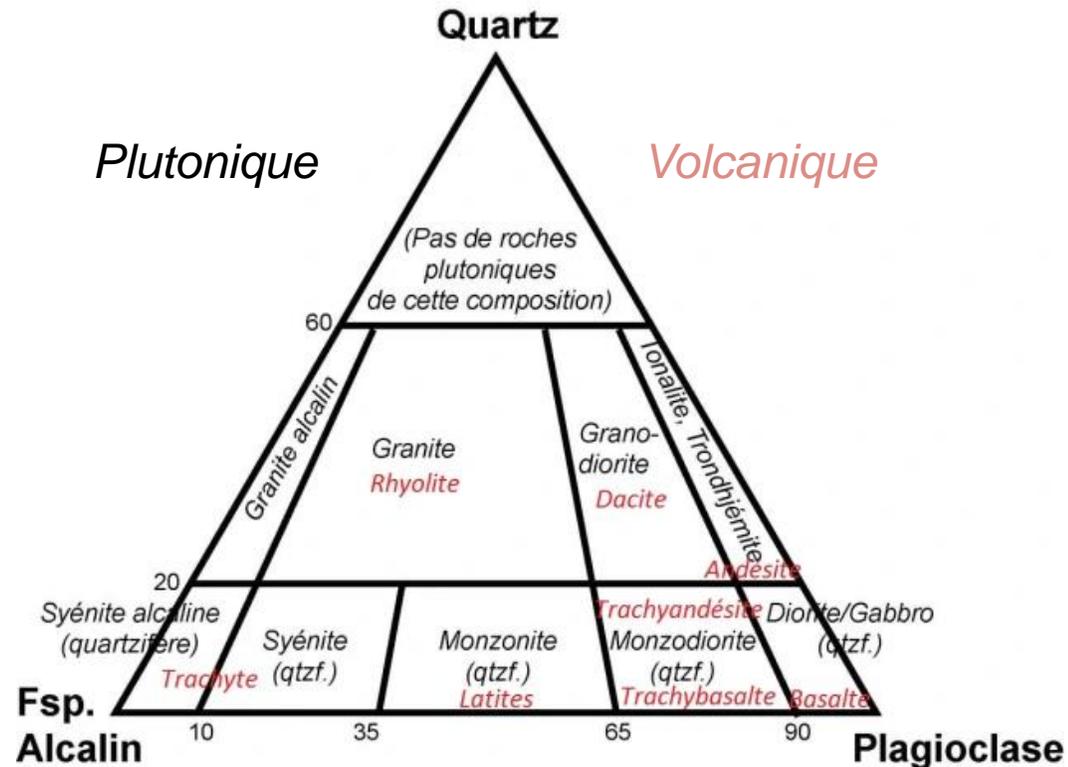
La différenciation entre roche plutonique et volcanique ne dépend pas de la composition du magma mais du lieu de cristallisation du magma.



Gabbro/Basalte



Granite/Rhyolite



3. Mécanisme d'éruption



Magma très visqueux = éruption explosive

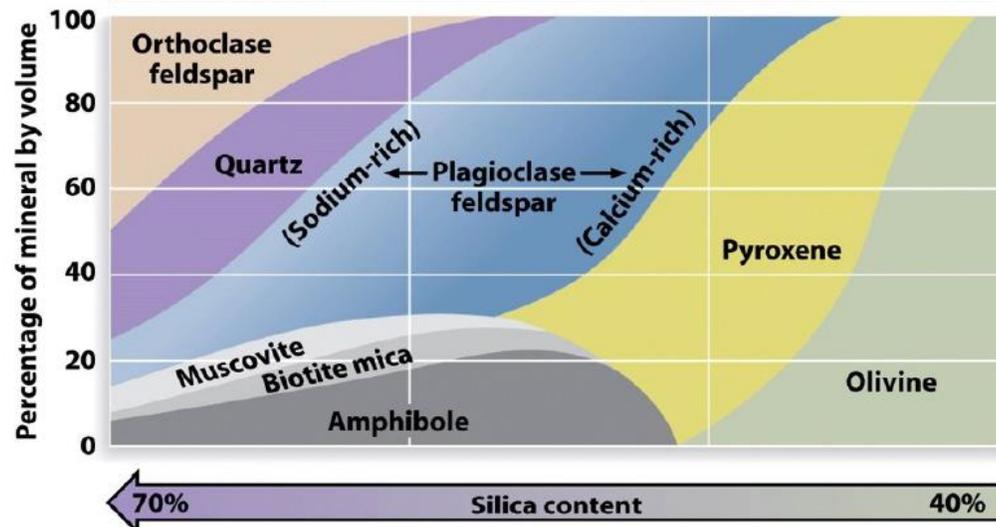
Magma peu visqueux = éruption effusive



Felsic = Feldspar-Silica

Mafic = Magnesium-Ferric

Composition	FELSIC	INTERMEDIATE	MAFIC	ULTRAMAFIC
Intrusive rock types	Granite	Granodiorite Diorite	Gabbro Basalt	Peridotite
Extrusive rock types	Rhyolite	Dacite Andesite	Basalt	



3. Mécanisme d'éruption

Eruption explosive =

- 'Nuées ardentes' ou 'coulées pyroclastiques' (entre 200 et 600 km/h, 200 à 500 degrés)
- Cendre dans l'atmosphère = Hiver volcanique



3. Mécanisme d'éruption

Eruption explosive =

- 'Nuées ardentes' ou 'coulées pyroclastiques' (entre 200 et 600 km/h, 200 à 500 degrés)
- Cendre dans l'atmosphère = Hiver volcanique



Roches pyroclastiques =
constituées de fragments de roches
magmatiques et de cendres.
Très riches en vacuoles et très faible
densité.



3. Mécanisme d'éruption

Exercice :

Plusieurs roches magmatiques devant vous.

Classez les en roches volcaniques – plutoniques – pyroclastiques.

Rappel :

- **roche plutonique** : minéraux macroscopiques, pas de fine matrice entre eux
- **roche volcanique** : quelques minéraux macroscopiques, fine matrice entre eux
- **roche pyroclastique** : riche en vacuole et très faible densité, cendres et fragments de roches