

Les mots clés

Volcans, éruption, lave, gaz, magma, chambre magmatique, dorsale océanique, arc insulaire, aléa volcanique, risque volcanique, prévision, point chaud, croûte océanique, croûte continentale, lithosphère, asthénosphère, manteau, basalte, gabbro, granite, rhyolite, trachyte, granodiorite, diorite, andésite, péridotite, accréation, subduction, divergence, rifting, convergence, fusion partielle, décompression, ophiolite, granitoïde, , pression, température, gradient géothermique, géotherme, anatexie, leucogranite, eutectique, solution solide, mode, norme, série tholéiitique, série alcaline, série calco-alcaline, dynamisme éruptif effusif, dynamisme éruptif explosif, diagramme TAS, diagramme de Streckeisen, auréole de métamorphisme, texture, plutonisme, volcanisme...

Les savoirs visés

La mise en place des magmas

La trace de l'activité magmatique peut être directe (roches magmatiques, volcans, fumerolles, activité sismique) ou indirectes (auréoles de contact, hydrothermalisme associé).

Les modes de gisement des roches magmatiques sont variés : intrusions plutoniques résultant de la cristallisation de magmas en profondeur et mises à l'affleurement, formations filoniennes ou formations volcaniques.

La chronologie de mise en place des roches magmatiques peut être établie par datation relative et par datation absolue.

Le type de volcanisme et les modes de mise en place des magmas dépendent du contexte tectonique.

Les produits émis au niveau des volcans attestent de l'existence de différents types de dynamismes éruptifs.

Les différents dynamismes éruptifs sont déterminés par les caractéristiques physico-chimiques des magmas émis (viscosité, teneur en gaz), ainsi que par les caractéristiques de la zone d'émission (topographie, présence d'eau phréatique, de glace...).

La prévention des risques volcaniques se fonde sur la connaissance des éruptions passées et sur la mise en place de réseaux de surveillance.

Les roches magmatiques s'organisent en associations temporelles et spatiales (séries magmatiques) que l'on peut identifier à partir des caractéristiques des gisements et de critères pétrographiques ; leur étude permet de reconstituer le fonctionnement des systèmes magmatiques.

Les processus fondamentaux du magmatisme

Production des magmas primaires

Les magmas sont des mélanges de fluides (silicates fondus, éventuellement sulfures, carbonates, gaz) et de solides (cristaux, enclaves). Ils sont formés par fusion partielle des roches crustales ou mantelliques. La composition du liquide primaire obtenu par fusion partielle dépend de la nature de la source et du taux de fusion.

La fusion partielle des péridotites mantelliques produit des liquides primaires de composition basaltique.

La fusion partielle de la croûte continentale (anatexie crustale) entraîne la production de liquides de composition granitique.

Des données isotopiques permettent la détermination des sources de magma.

Évolution des liquides

Une série magmatique est définie comme un ensemble de roches mises en place dans une même région, au cours d'un intervalle de temps relativement limité et présentant entre elles des liens génétiques.

Une série magmatique présente généralement un ensemble de roches, allant de termes basiques à des termes différenciés, de volumes respectifs souvent très différents et attestant d'une évolution de la composition des magmas (différenciation magmatique).

La différenciation des magmas résulte de l'extraction d'un mélange de cristaux de composition différente de celle du liquide.

Les autres mécanismes d'évolution des magmas sont les mélanges de magmas et l'assimilation d'éléments solides (contamination).

La composition des liquides basaltiques initiaux et des roches différenciées obtenues conduit à définir trois séries magmatiques principales : les séries tholéiitique, calco-alcaline et alcaline.

La série tholéiitique caractérise le magmatisme des dorsales ainsi que celui de grands épanchements en domaines intraplaques océaniques ou continentaux.

La série calco-alcaline caractérise les zones de subduction et sont souvent le siège d'éruptions explosives. La série alcaline s'observe principalement en domaine intraplaque.

Les séries magmatiques engendrées dans les différents contextes géodynamiques sont différentes, en termes de nature des magmas, de composition chimique, et de composition isotopique.

Les capacités exigibles

La mise en place des magmas

- Analyser des paysages, des affleurements et des cartes permettant de visualiser la diversité des modes d'expression du magmatisme.

- Identifier à l'échelle macroscopique et microscopique de manière raisonnée des roches magmatiques : basaltes, gabbros, andésites, diorites, rhyolites, granites, trachytes, par l'étude de leur texture, de la minéralogie observable et de la mésostase.

- Identifier le mode de gisement d'une roche par analyse de sa texture.

- Identifier une roche magmatique plutonique par analyse de sa composition modale et la placer dans la classification de Streckeisen.

- Identifier une roche volcanique par sa composition minéralogique et sa constitution chimique et la placer dans un diagramme TAS.

- Expliquer le lien entre composition chimique et composition minéralogique d'une roche magmatique.

- Exploiter des données géophysiques, cartographiques, pétrologiques afin d'établir un modèle de fonctionnement de chambre magmatique (exemple d'une dorsale rapide).

- Établir une chronologie relative entre des formations magmatiques et leur environnement et/ou entre des formations magmatiques entre elles.

- Exploiter des données radiochronologiques et géochimiques pour déterminer un âge absolu.

- Différencier un dynamisme effusif d'un dynamisme explosif par l'étude des édifices volcaniques et des produits émis.

- Relier dynamismes éruptifs et caractéristiques physico- chimiques des magmas.

- Identifier des risques volcaniques à partir d'études cartographiques, pétrologiques ou géophysiques. Identifier un ensemble correspondant à une série magmatique à partir de différents critères (cartes, gisements, analyses chimiques, datation etc.).

Les processus fondamentaux du magmatisme

Production des magmas primaires

- Relier la convergence de composition des premiers liquides produits lors de la fusion d'une source (manteau ou croûte) avec les propriétés thermodynamiques (eutectiques).

- Identifier les conditions de fusion partielle de phases solides et d'apparition d'un liquide dans deux diagrammes binaires pour la chimie basaltique (albite- anorthite et diopside- anorthite) et dans deux diagrammes ternaires : un granitique (quartz-albite- orthose) et un basaltique (olivine-grenat-pyroxène).

- Montrer que la fusion partielle produit, à partir de roches de sources différentes, des liquides identiques, de composition granitique dans la croûte continentale, et basaltique dans le manteau.

- Estimer un taux de fusion partielle dans les systèmes manteau-basaltes à partir de données géochimiques (les calculs sont réalisés à partir des concentrations en potassium).

- Exploiter des données isotopiques ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) pour caractériser l'origine des magmas.

Évolution des liquides

- Identifier une série magmatique à partir de différentes sources de documents (cartes, étude de gisements, analyse chimiques, datation) et proposer des hypothèses sur l'histoire régionale de cette série.

- Distinguer l'évolution des phases solides et liquides dans une cristallisation fractionnée en mettant en relation les observations pétrologiques (ordre de cristallisation, cristaux zonés), les données géochimiques et les diagrammes : diagrammes binaires à solution solide (albite-anorthite) ou diagramme ternaire.

- Exploiter des observations pétrologiques et des données géochimiques pour formuler et argumenter des hypothèses sur les processus pouvant guider une différenciation magmatique.

- Identifier la nature d'une série magmatique en utilisant un diagramme TAS et AFM.
- Formuler des hypothèses sur le contexte géodynamique de mise en place d'ensembles magmatiques à partir de données pétrologiques et géochimiques.
- Associer certains dynamismes éruptifs et la (les) série(s) observée(s).
- Exploiter des données afin de déterminer la diversité des sources et la variation du taux de fusion partielle.
- Exploiter des données afin de déterminer les deux moteurs de la différenciation magmatique (la cristallisation fractionnée et l'existence de mélanges).
- Exploiter des documents afin de proposer une (des) hypothèse(s) sur l'histoire régionale d'une série magmatique.
- Expliquer les processus magmatiques dans le cadre de la formation de la lithosphère océanique.

Les supports :

- Les différentes roches : études macroscopiques et microscopique ;
- Les analyses géochimiques ;
- Les paysages magmatiques et leur interprétation ;
- Les études cartographiques (auréoles de météomorphisme...) et les analyses chronologiques ;
- Les diagrammes de phase : diagrammes binaires, ternaires ; diagramme solidus - liquidus de la péridotite ;
- L'exploitation des rapports isotopiques.
- ...

Les principaux points développés

La mise en place des magmas

I - Les gisements des roches magmatiques et leur mise en place

- A - Diversité des gisements
- B - Modes de gisement et textures associées
- C - Les marques de l'activité magmatique
- D - La chronologie de mise en place

II- La mise en place des roches volcaniques

- A - Produits volcaniques et édifices volcaniques
- B - Les dynamismes éruptifs et leur déterminisme
- C - Risques volcaniques et prévention

III - Minéralogie et chimie des roches mises en place

- A - Composition minéralogique des roches magmatiques
- B - Composition chimique des roches magmatiques
- C - Relations entre compositions minéralogique et chimique d'une roche magmatique

IV - Le fonctionnement des systèmes magmatiques

Le fonctionnement d'une chambre magmatique

Les processus fondamentaux du magmatisme

La production des magmas primaires

I - Les diagrammes de phase et leurs significations

- A - Les diagrammes binaires
- B - Les diagrammes ternaires
- C - Diagrammes de phase et fusion partielle

II - Fusion partielle des péridotites et production de liquides basaltiques

- A - Fusion partielle dans le diagramme olivine - grenat - clinopyroxène

B - Taux de fusion et composition des liquides basaltiques

III - Anatexie crustale et production de liquides granitiques

A - Migmatites et leucogranites

B - Fusion partielle dans le diagramme ternaire quartz - albite - orthose

IV - Les signatures isotopiques de l'origine des magmas

A - La signification des rapports isotopiques

B - La discrimination des sources magmatiques

L'évolution des magmas

I - La différenciation des magmas

A - La notion de série magmatique

B - Les marques pétrologiques de l'évolution de la cristallisation

C - Suivi de la cristallisation dans les diagrammes de phases

D - L'évolution par cristallisation fractionnée

E - L'évolution par contamination et mélanges magmatiques

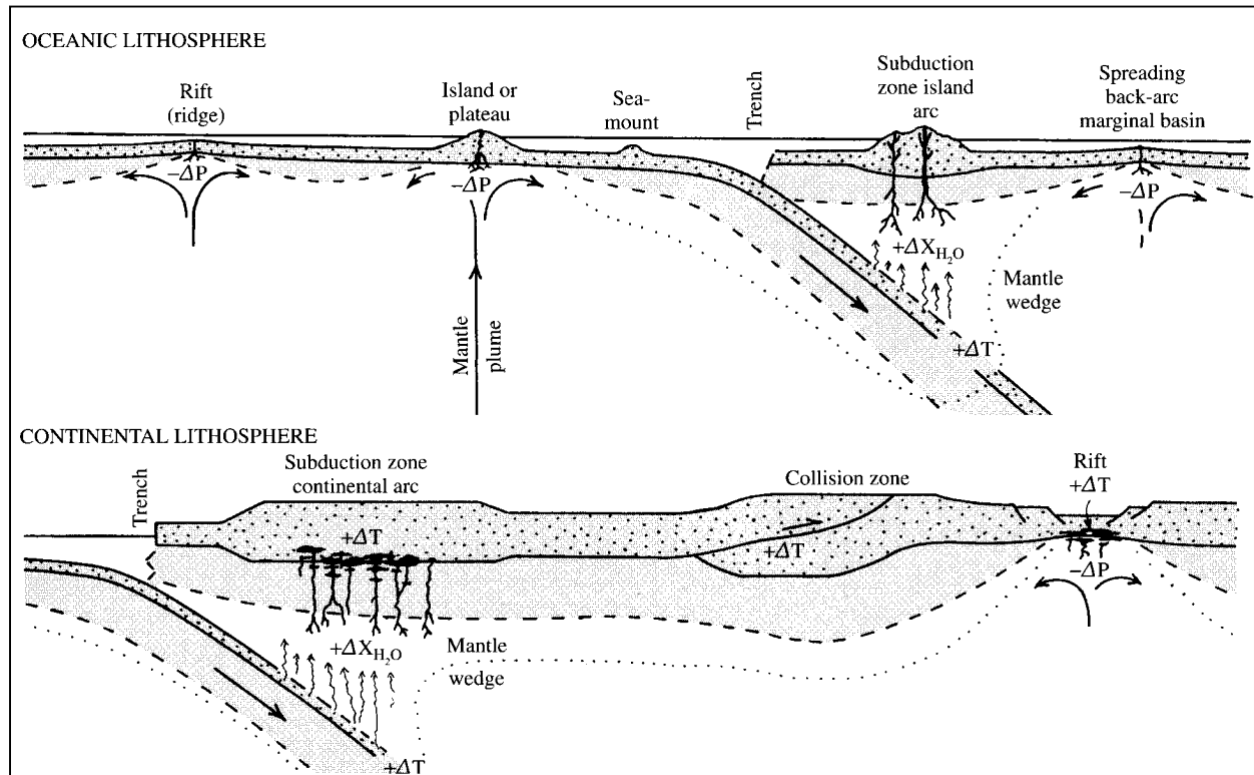
II - Les séries magmatiques dans leur contexte géodynamique

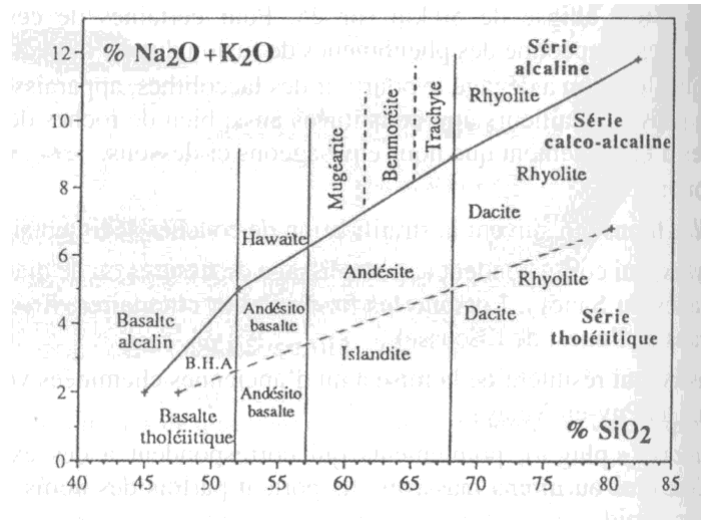
A - Les différentes séries magmatiques

B - Liquides primaires et séries magmatiques

C - Les contextes géodynamiques des séries

D - Les modalités de la fusion mantellique dans les différents contextes géodynamiques





Localisation et contexte géodynamique		Séries volcaniques	
Domaines intraplaques	Océanique	Iles « Seamounts »	Basaltes tholéiitiques et alcalins
	Continental	Plateaux	Basaltes alcalins et tholéiitiques
		Cratons	Séries alcalines Néphélinites
		Rifts	Série alcaline Néphélinites
Frontières de plaques	Convergentes	Bassins arrière-arcs	Tholéiites + basaltes alcalins
		Arcs insulaires	Série calco-alcaline Série alcaline Série tholéiitique
		Cordillères	Série calco-alcaline Série alcaline Ignimbrites
	Transformantes		Basaltes alcalins
Divergentes	Rifts continentaux avec expansion	Basaltes tholéiitiques (+ alcalins)	
	Dorsales océaniques	Tholéiites	

