

PARTIE ST -F – LE MAGMATISME

La mise en place des magmas

ST-F Le magmatisme

Cette partie permet de comprendre le rôle joué par le magmatisme comme mécanisme d'évacuation de la chaleur interne de la Terre. Les magmas sont produits par fusion partielle du manteau, produisant essentiellement des liquides de composition basaltique, et, par fusion partielle de la croûte continentale, produisant essentiellement des liquides de composition granitique. Postérieurement à la formation des magmas, leur composition chimique évolue par soustraction des cristaux formés dans le magma, et par mélange avec d'autres magmas ou assimilation d'éléments solides. Les magmas se déplacent vers la surface en fonction de leurs propriétés physiques (densité, température, viscosité). Les magmas cristallisant dans la croûte forment des roches plutoniques grenues alors que ceux qui parviennent à la surface forment des édifices volcaniques, dont les caractéristiques sont liées à leur viscosité et à leur teneur en gaz dissous. La nature et la quantité de magmas formés dépendent étroitement du contexte géodynamique. Les connaissances relatives au processus magmatique sont remobilisées dans l'étude des risques et des ressources géologiques (partie ST-I).

ST-F-1 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.

- 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 physicochimiques 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.).

Précisions et limites :

Le calcul de la composition normative d'une roche magmatique est hors programme. Les observations sont conduites à l'échelle macroscopique et à l'échelle microscopique des lames minces sous forme de photographies (LPNA, LPA). A l'échelle microscopique, les noms des minéraux sont fournis. L'objectif de l'étude pétrologique est la compréhension du système que constitue la roche, quant à sa formation, son origine et son histoire.

Liens :

Climat et variabilité climatique (BG-C-3)

La carte géologique (ST-A)

La structure de la planète Terre (ST-B)

La dynamique des enveloppes internes (ST-C)

Les risques volcaniques (ST-I-1)

La mesure du temps (ST-H)

Les grands ensembles géologiques : Les îles océaniques françaises (ST-J-2-2)

Activités de terrain



I. LES ROCHES MAGMATIQUES SE METTENT EN PLACE PAR REFROIDISSEMENT D'UN LIQUIDE MAGMATIQUE...

- A. LES TRACES D'UNE ACTIVITE MAGMATIQUE ACTUELLE OU PASSEE
 - 1. *Des indices d'une activité actuelle et récente*
 - 2. *Des indices d'une activité passée*
- B. REFROIDISSEMENT ET CRISTALLISATION D'UN MAGMA : LES MODES DE GISEMENT DES ROCHES MAGMATIQUES
 - 1. *Nucléation et croissance cristalline*
 - 2. *La texture des roches magmatiques renseigne sur les processus de cristallisation*
- C. IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION DES ROCHES MAGMATIQUES
 - 1. *Composition chimique d'un magma et composition minéralogique de la roche correspondante*
 - 2. *Classification de Streckeisen*
 - 3. *Diagramme TAS*
- D. LES PRINCIPES DE DATATION APPLIQUES AUX ROCHES MAGMATIQUES

II. ... DANS DES ENVIRONNEMENTS GEODYNAMIQUES PARTICULIERS

- A. LE MAGMATISME EST PRINCIPALEMENT CIRCONSCRIT AUX FRONTIERES DE PLAQUE
- B. CHAQUE CONTEXTE GEODYNAMIQUE SE CARACTERISE PAR UNE ASSOCIATION PARTICULIERE DE ROCHES VOLCANIQUES
 - 1. *La notion de série magmatique*
 - 2. *Les grandes séries magmatiques*
- C. DES DYNAMISMES ERUPTIFS VARIES
 - 1. *Les produits volcaniques émis*
 - a) Des gaz
 - b) Des produits liquides
 - c) Des produits solides, les projections pyroclastiques
 - 2. *Classification des dynamismes éruptifs*
 - 3. *Paramètres influençant les dynamismes éruptifs*
 - a) Les caractéristiques physico-chimiques des magmas
 - b) Les caractéristiques de la zone d'émission
 - 4. *L'homme face aux risques volcaniques*



Introduction :

MAGMATISME : Ensemble des phénomènes liés à la formation, à la cristallisation et au déplacement de magmas. Le magma est un mélange de cristaux et d'une phase fluide de température élevée ($>600^{\circ}$) qui donne des roches par solidification.

La production de magma est une des caractéristiques de notre planète, visible le long de la ceinture de feu du Pacifique par exemple mais aussi au niveau des points chauds.

Le Kilauea à Hawaï est le volcan le plus actif du monde. Depuis la mise en place d'un observatoire en 1918 on a dénombré jusqu'en 2003 10 138 jours d'éruption (une éruption tous les 3 jours en moyenne) et 70% de la surface du Kilauea a moins de 500 ans.

Comment se mettent en place les roches magmatiques ?

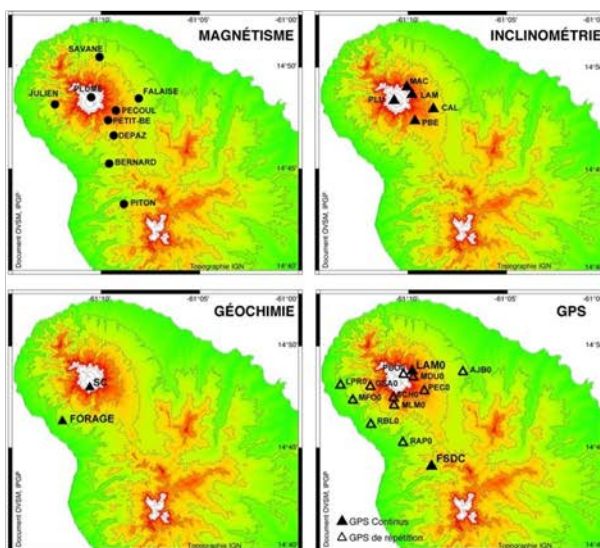
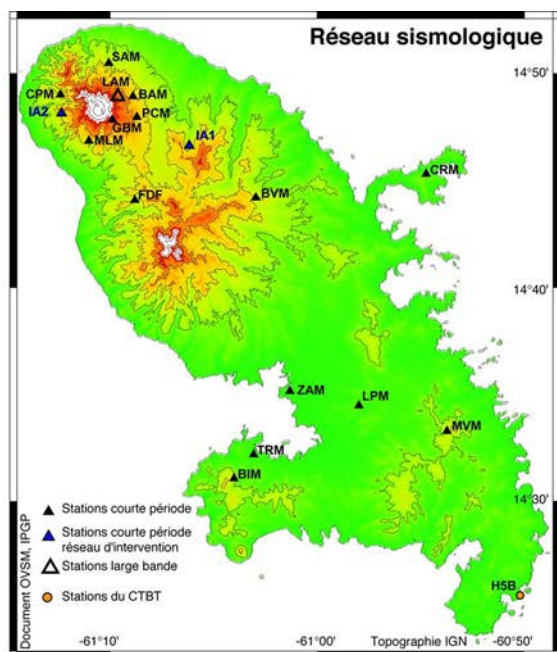
I. Les roches magmatiques se mettent en place par refroidissement d'un liquide magmatique...

A. Les traces d'une activité magmatique actuelle ou passée

1. Des indices d'une activité actuelle et récente

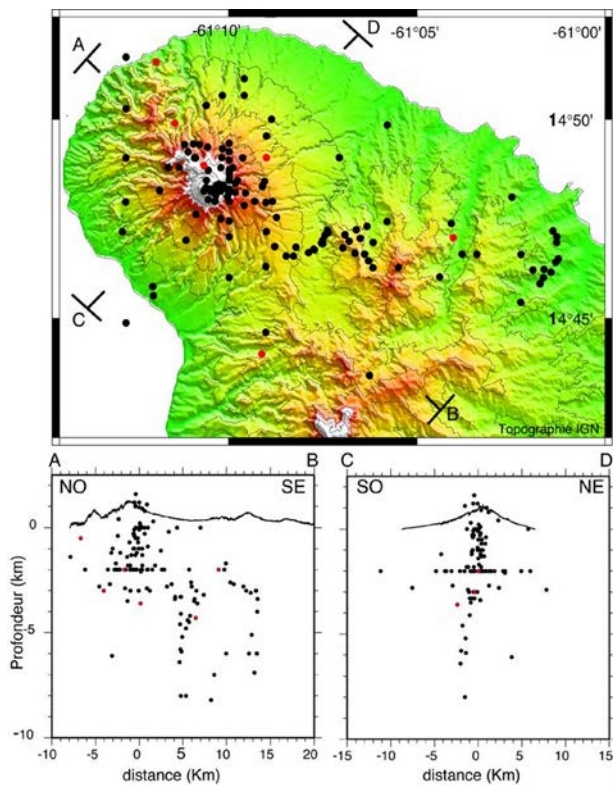
Les traces les plus évidentes d'une activité magmatique actuelle ou récente sont la présence d'édifices volcaniques formant généralement des cônes (Piton de la fournaise, Puy de Côme cf. TP, Kilauea, etc...) ou des dômes (Montagne Pelée, Puy de Dôme cf. TP, etc...). Ces édifices sont constitués de roches volcaniques (basaltes pour le piton de la fournaise, andésites pour la montagne Pelée) qui sont aussi des traces pétrographiques d'une activité magmatique.

Dans un édifice volcanique en activité, l'intrusion d'un liquide magmatique lors de sa remontée provoque des ébranlements et des ruptures dans les roches encaissantes à l'origine de séismes généralement de faible magnitude. Sur les principaux volcans français, un réseau de surveillance suit en permanence l'activité sismique (cf. infra).



Document 1 : carte des réseaux de surveillance de la Montagne Pelée (Martinique).





Doc 2: carte de la sismicité récente au sein de l'édifice volcanique de la Montagne pelée.

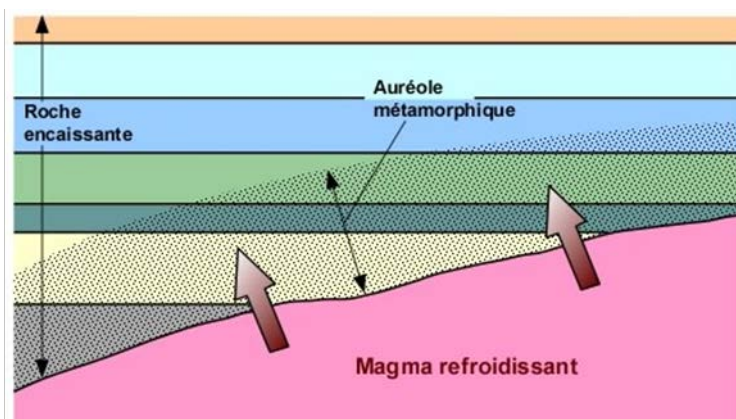
Cette activité peut aussi s'accompagner d'émanations gazeuses appelées fumerolles qui peuvent persister longtemps après une éruption (cf volcan de Lemptégy auvergne). En fonction de la température, elles peuvent être riches en chlore, en soufre, en eau et s'accompagner du dépôt de soufre (jaune) sur les roches environnantes. Les fumerolles les moins chaudes (< 500°C) sont riches en eau et traduisent l'existence d'une circulation hydrothermale au sein de l'édifice volcanique.

2. Des indices d'une activité passée

La fin de l'activité magmatique signe le début d'une érosion intense des reliefs mis en place. La présence en surface de grands ensembles plutoniques (granites du massif armoricain cf. TP, granodiorites de Yosemite, etc...) traduisent la mise à l'affleurement de systèmes magmatiques fossiles (revoir cours isostasie et équilibre isostatique: des roches plutoniques mises en place à -20km -10km se retrouvent actuellement en surface).

L'hydrothermalisme qui affecte les édifices volcaniques, surtout en fin d'activité (température plus faible) participe à l'altération des roches magmatiques. Les liquides circulants, riches en éléments minéraux peuvent conduire à la précipitation de minéraux néoformés (hydrothermaux) comme les zéolithes, la calcédoine, le jaspe, la calcite, etc... Ces traces d'hydrothermalisme se retrouvent lorsque l'édifice volcanique a été complètement arasé.

La mise en place d'un magma dans une roche encaissante, à l'origine d'un pluton, s'accompagne aussi d'un effet « fer à repasser » sur les roches encaissantes dont la température augmente fortement. Les roches résultantes, appelées cornéennes (cf. cours métamorphisme), forment une auréole au contact du pluton (auréole de contact) et sont mises à l'affleurement par l'érosion.

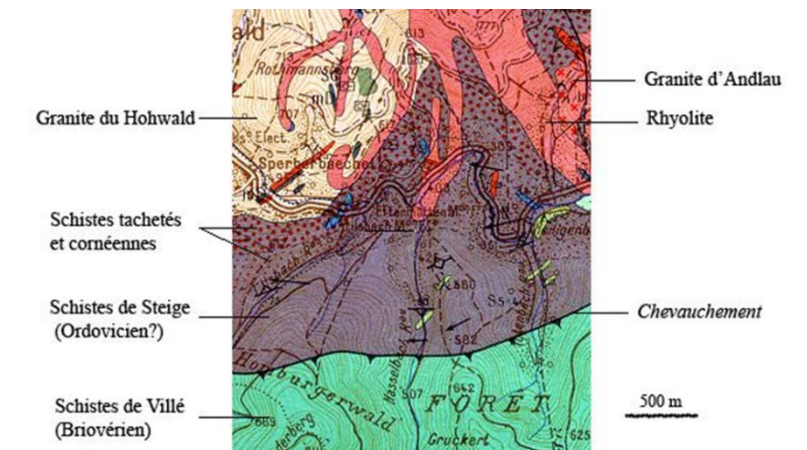


Doc 3 : formation d'une auréole de métamorphisme au contact d'un liquide magmatique très chaud au sein d'une roche encaissante plus froide.

Magma entre 800°C et 1300°C et roche encaissante au environ de 600°C avec un gradient géothermique normal de 30°C/km

Voir cours métamorphisme et la sortie de terrain





Doc 4 : exemple historique du métamorphisme de contact des schistes de Steige par le pluton granitique du Hohwald
Réfléchir sur la chronologie relative.

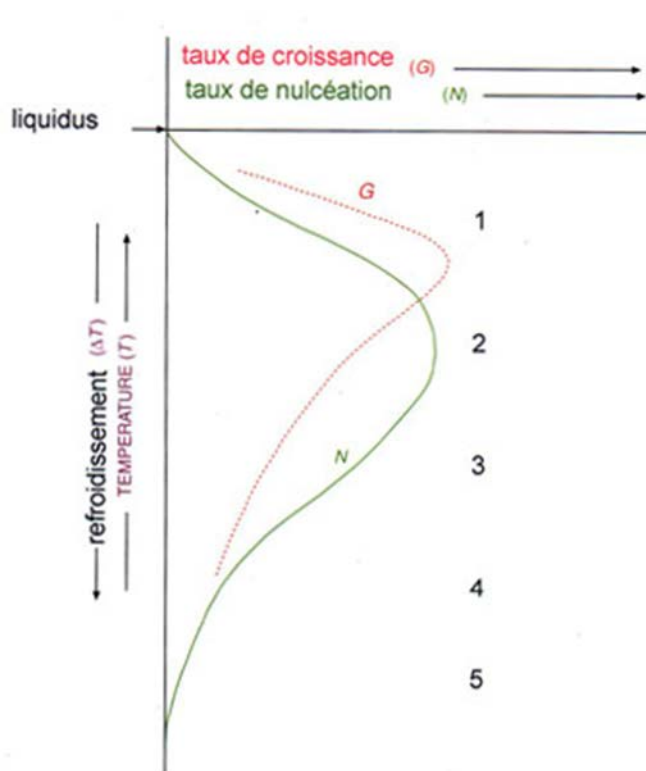
B. Refroidissement et cristallisation d'un magma : les modes de gisement des roches magmatiques

1. Nucléation et croissance cristalline

La nucléation correspond à la mise en place de réseaux cristallins de quelques nanomètres seulement à partir d'impuretés présentes dans le magma. Elle dépend du taux de refroidissement et de la durée pendant laquelle une température de surfusion est maintenue ($\Delta T = T_{\text{liquidus}} - T_{\text{magma}}$). Un ΔT non nul est essentiel car si la cristallisation s'effectue à T_{liquidus} , lorsque le premier cristal apparaît, comme la réaction de cristallisation est exothermique, il produit de la chaleur qui provoque sa dissolution immédiate par fusion.

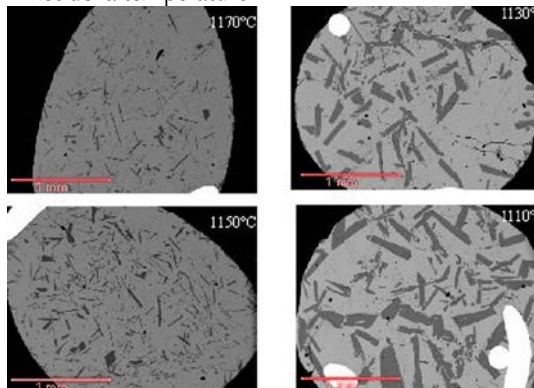
Un magma à refroidissement lent produira une faible nucléation, tandis qu'un refroidissement rapide sera à l'origine d'une nucléation élevée.

De même, la croissance cristalline, au cours de laquelle les germes apparus grandissent aux dépens du liquide qui diminue de volume, dépend de la température du magma. La température de croissance maximale est toujours supérieure à la température de nucléation maximale.

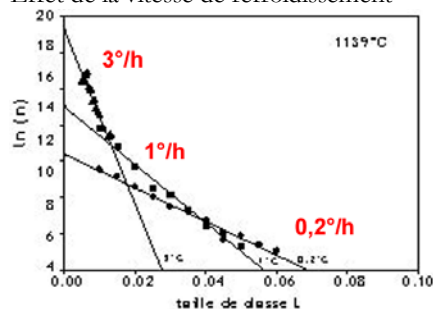


Doc 5 : paramètres influençant la nucléation et la croissance cristalline

Effet de la température



Effet de la vitesse de refroidissement



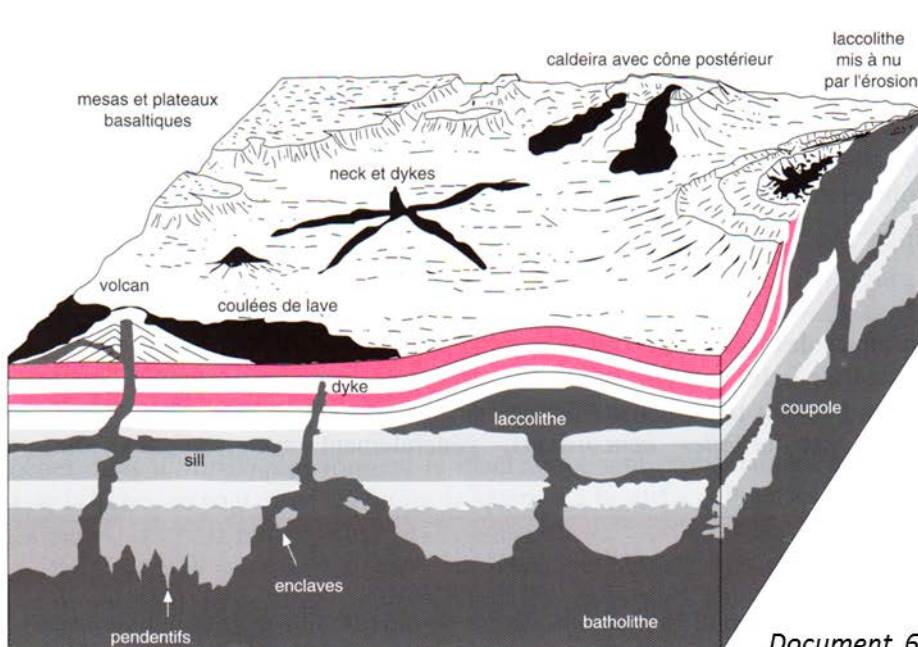
2. La texture des roches magmatiques renseigne sur les processus de cristallisation

TEXTURE : rapport de forme et de dimension qui existe entre les différents minéraux d'une roche mais aussi entre les minéraux et le verre qui peut être présent dans certaines laves.

La texture est un indicateur chronologique qui traduit les différentes étapes du refroidissement d'un magma et permet d'identifier le mode de gisement d'une roche magmatique :

- Si le refroidissement est lent, en profondeur, ΔT est faible (la température du magma est proche de celle du liquidus – cas 1). Le nombre de germes est limité (nucléation faible) mais le taux de croissance est élevé donc les cristaux sont largement formés et visibles à l'œil nu. La texture est alors grenue (ou phanéritique), c'est le cas des roches plutoniques intrusives ;
- Si le refroidissement est plus rapide, en surface ou proche, ΔT est élevé (cas 2 ou 3). Le nombre de germes est important (nucléation élevée) mais le taux de croissance est faible. Il apparaît donc de très nombreux cristaux mais ils sont visibles uniquement au microscope. La texture est microlitique (ou aphanitique), c'est le cas des roches volcaniques.
- Si le refroidissement est très rapide, en surface, ΔT est très élevé (cas 4 et 5). Le nombre de germes est limité, leur croissance est faible, lors de la solidification, la phase vitreuse sera alors prépondérante. La texture est vitreuse (roches volcaniques).

Les formations filoniennes (dyke par exemple) refroidissent à faible profondeur et donc à vitesse assez rapide, leur texture est souvent microlitique.



Document 6 : les principaux modes de gisement des roches magmatiques.

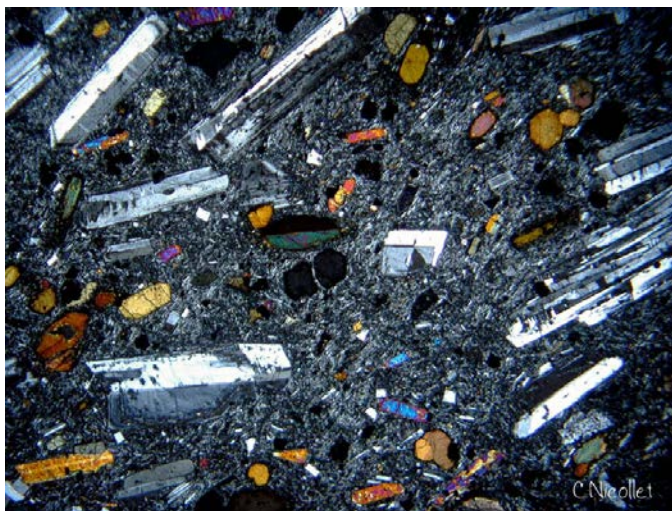
Remarque :

Attention certains magmas ne refroidissent pas à température constante. Des minéraux peuvent se former dans une chambre magmatique profonde puis d'autres dans une chambre intermédiaire et enfin en surface.

Remarque :

Les minéraux ne cristallisent pas tous à la même vitesse, on ne peut donc normalement pas déterminer la chronologie de mise en place de minéraux inclus dans d'autres même si cet exercice peut être donné au concours...





Mame mince observé en LPA roche du Monts Doreen auvergne (théphrite)



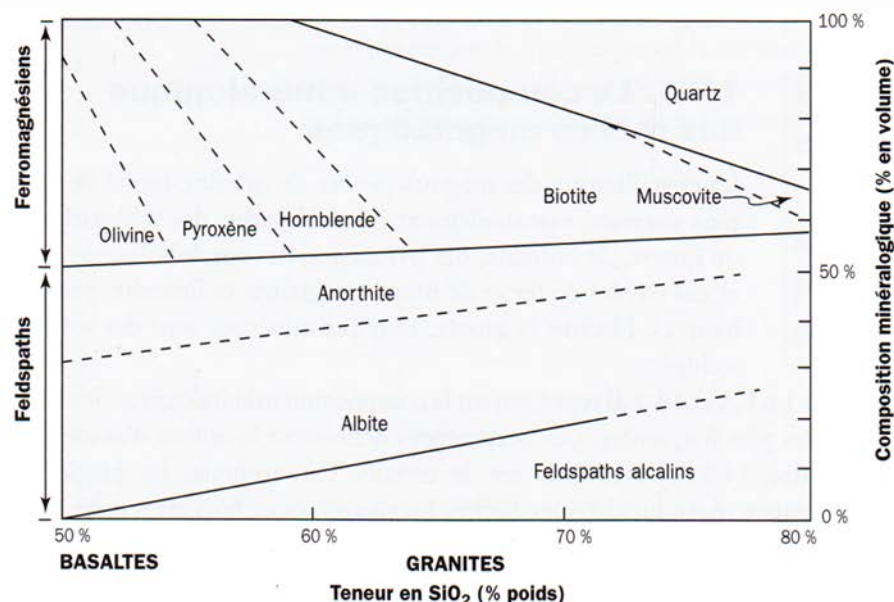
C. Identification et classification des roches magmatiques

1. Composition chimique d'un magma et composition minéralogique de la roche correspondante

La cristallisation d'un magma va être à l'origine d'un nombre limité de minéraux qui n'apparaissent pas tous au même moment (cf. série de Bowen). Au sein d'un liquide magmatique, la formation et la croissance d'un cristal va consommer une certaine quantité d'éléments chimiques, prélevés par diffusion depuis le liquide qui va donc s'appauvrir en ces éléments. En fonction de la composition chimique du liquide magmatique, certains minéraux pourront se former tandis que d'autres ne le pourront pas.

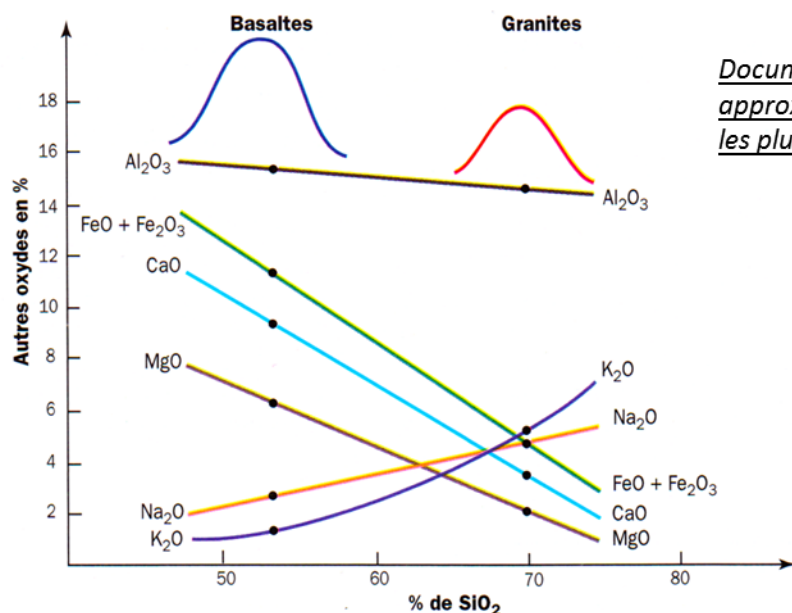
Par exemple, les magmas basaltiques pauvres en silice (SiO_2) ne pourront jamais former de quartz au cours de leur refroidissement car le silicium Si aura été entièrement consommé par d'autres minéraux avant que la silice n'ait pu se former.

Document 7



Les variations approximatives de la composition minéralogique des roches magmatiques en fonction de leur teneur en silice

Les basaltes possèdent en général environ 50 % de silice et autant de feldspaths que de minéraux ferromagnésiens. Dans les granites, qui comportent plus de 65 % de silice, la quantité de ferromagnésiens est généralement inférieure à 10 % et la hornblende y est très rare ; en revanche, la quantité de feldspaths dépasse 60 %.



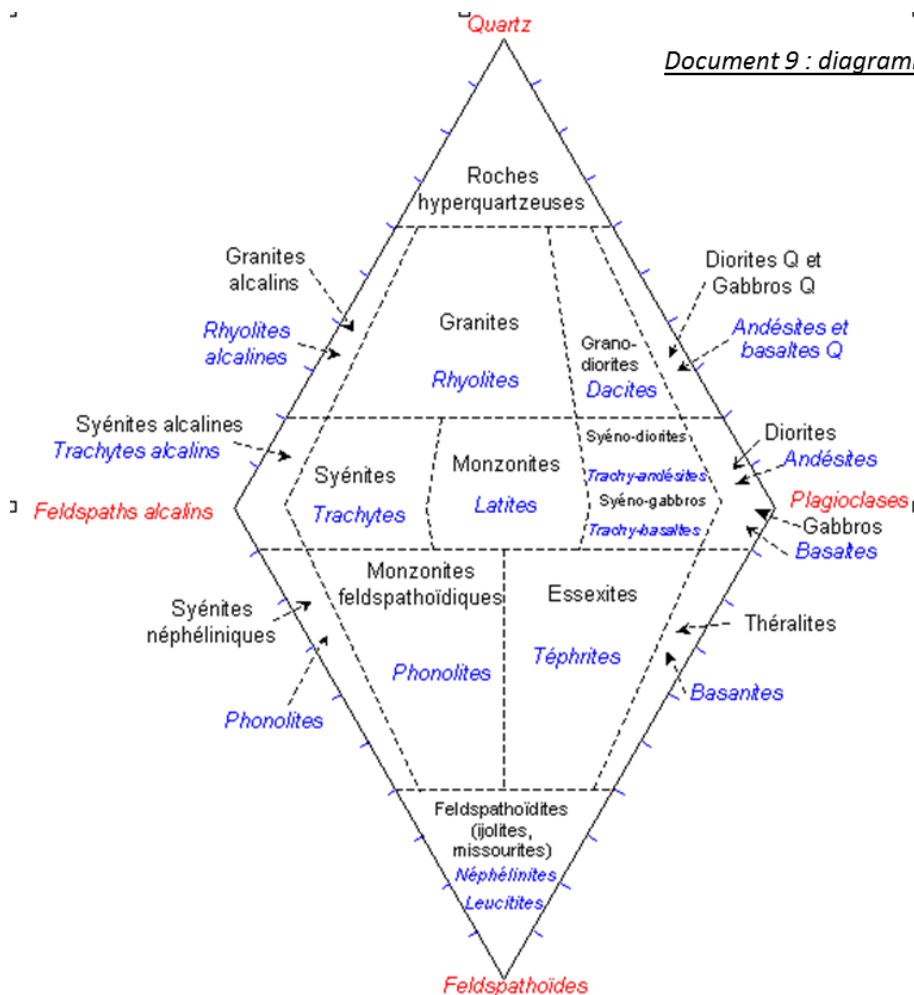
Document 8 : compositions approximatives des roches magmatiques les plus communes.

2. Classification de Streckeisen

La classification des roches magmatiques repose sur leur composition minéralogique, aussi appelée composition modale (ou simplement mode).

La classification d'Albert Streckeisen est fondée sur les pourcentages relatifs (en volume) des principaux minéraux que sont le quartz, les feldspaths alcalins, les feldspaths plagioclases et les feldspathoïdes rassemblés dans un diagramme QAPF (seul QAP est à connaître). De par son principe, cette classification est principalement utilisée pour les roches plutoniques, une texture trop fine rendant son utilisation difficile (cf. infra).





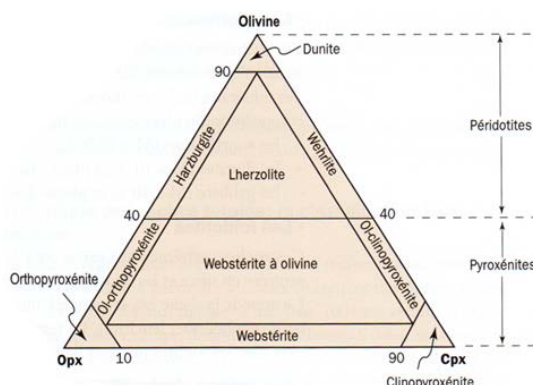
Le positionnement d'une roche dans le diagramme de Streckeisen à partir de sa composition modale ne prend en compte que les groupes Q, A et P. Il faut donc calculer les pourcentages relatifs de ces 3 groupes (dont la somme doit faire 100%) avant de placer l'échantillon sur le diagramme.

Minéraux	Quartz	Orthose	Plagioclase	Biotite	Amphibole	Opakes
Pourcentage	25	40	26	5	1	3

Déterminez, en utilisant la classification de Streckeisen, la roche dont la composition modale est fournie dans le tableau sachant que sa texture est grenue.

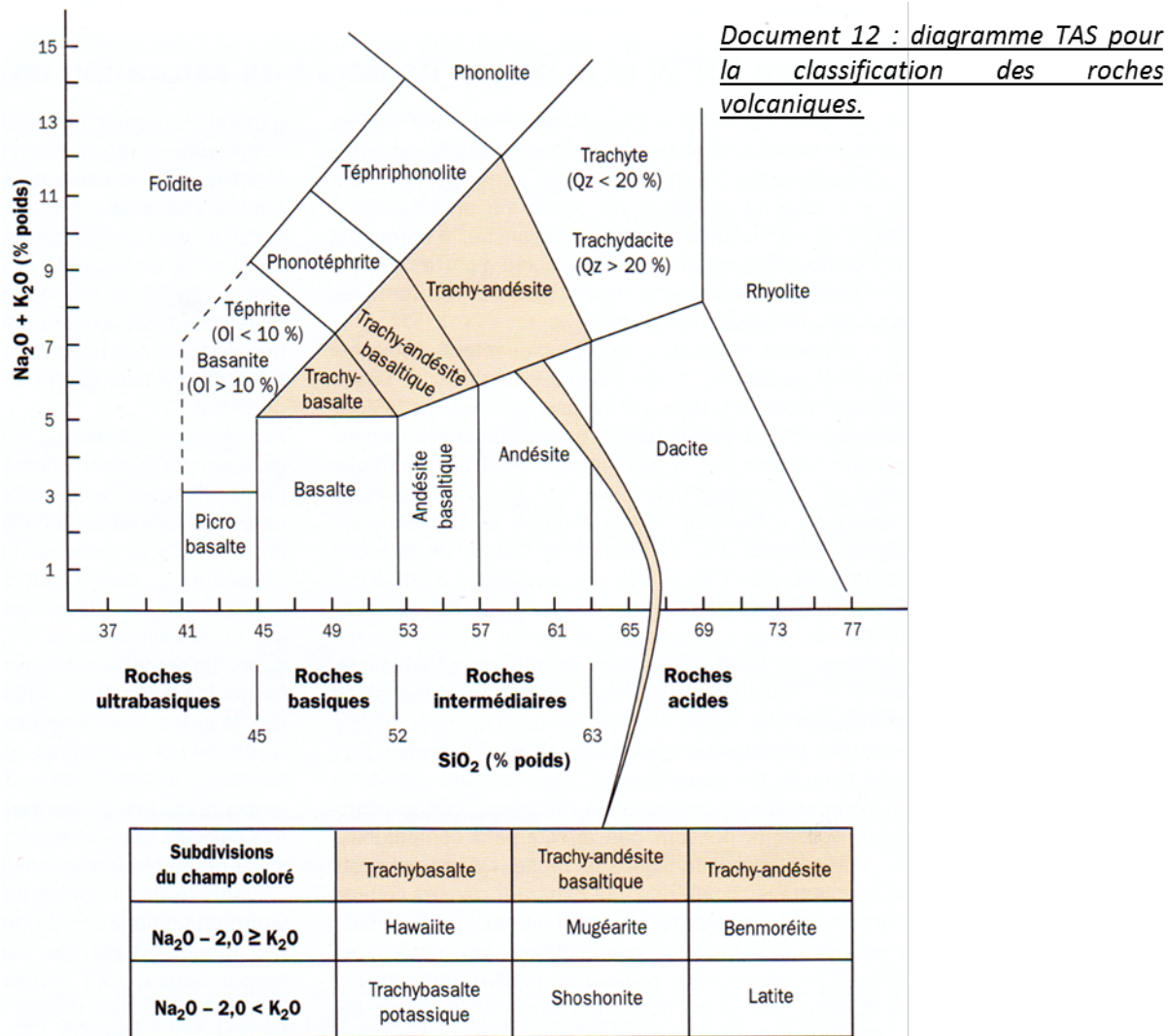
Remarque :

Pour les roches contenant plus de 90% de ferromagnésiens, on utilise un triangle dont les 3 composantes sont : Ol (olivine) – Opx (orthopyroxènes) – Cpx (clinopyroxènes).



3. Diagramme TAS

Si la composition modale est impossible à déterminer en raison d'une texture trop fine ou de la présence de verre (roches volcaniques), on utilise préférentiellement le diagramme TAS (Total Alkali Silica).



	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
Roche 1	59,2	17,1	4,2	3,7	7,1	3,2	1,3	0,70	0,16	0,2
Roche 2	65,5	19,65	3,25	0,75	1,25	5,05	3,90	0,50	0,15	0,10

Document 13 : composition chimique de quelques roches volcaniques.

Replacez ces deux roches dans le diagramme TAS sachant qu'aucune d'entre elles ne présente de quartz identifiable en lame mince.

D. Les principes de datation appliqués aux roches magmatiques

La chronologie de mise en place des roches magmatiques peut être établie :

- Par datation relative ;
- Par datation absolue.



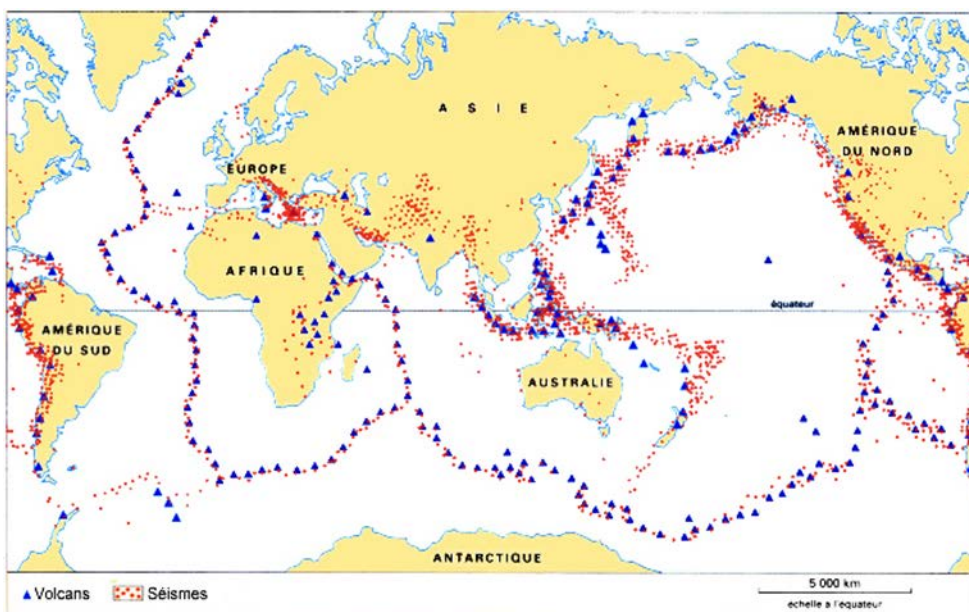


Document 14 : datation relative appliquée aux roches magmatiques

Représentez un schéma interprétatif de l’affleurement traduisant la chronologie de sa mise en place.

Un liquide magmatique provenant de la fusion partielle d’une roche préexistante, le rapport isotopique initial des roches magmatiques obtenues permettra de déterminer la source d’un magma.

II. ... dans des environnements géodynamiques particuliers



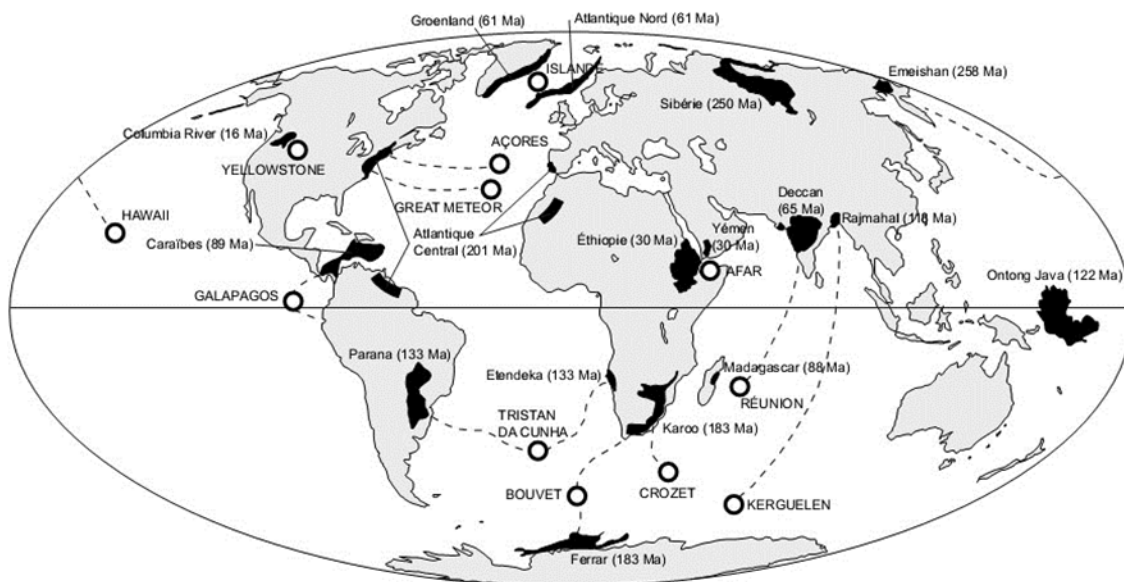
Document 15 : répartition du volcanisme et de la sismicité mondiale.

A. Le magmatisme est principalement circonscrit aux frontières de plaque

L’activité volcanique actuelle ou récente se situe sur de grands alignements et l’on distingue classiquement quatre grands types d’environnements générateurs de magmas :

- Les zones d’accrétion au niveau des dorsales océaniques ;
- Les zones de convergence (arcs insulaires et cordillères) ;
- Les domaines intracontinentaux au niveau des rifts, des plateaux basaltiques ;
- Les domaines intra-océaniques au niveau des points chauds.





Document 16

Les grandes provinces magmatiques (trapps et plateaux océaniques ; âges en millions d'années).

Les cercles représentent les emplacements des points chauds actuels associés (modifié d'après RICHARDS *et al.*, 1989 ; COFFIN et ELDHOLM, 1993 ; COURTILLOT, 1995 ; COURTILLOT et RENNE, 2003).

Les volumes magmatiques émis annuellement sont de l'ordre de $4 \text{ km}^3/\text{an}$ pour le volcanisme et $30 \text{ km}^3/\text{an}$ pour le plutonisme, les dorsales représentant à elles seules 20 km^3 .

B. Chaque contexte géodynamique se caractérise par une association particulière de roches volcaniques

1. La notion de série magmatique

On peut associer un type de lave caractéristique pour chaque contexte géodynamique :

- Andésite pour les arcs insulaires et les cordillères ;
- Basalte pour les autres contextes géodynamiques.

Toutefois, cette apparente simplicité cache une grande diversité des produits volcaniques émis au sein de chaque contexte géodynamique. En Martinique par exemple, zone de subduction, on trouve aussi bien des basaltes (Vauclin) et des andésites (majorité de l'île) que des dacites (Pitons du Carbet). Cette association de roches est classique au niveau des marges actives et on suppose qu'elles proviennent d'un même magma (roches comagmatiques ou cogénétiques) qui se serait différencié (cf. thème IV-B). Cette unité d'origine magmatique, d'âge et de lieu constitue ce qu'on appelle une **série magmatique**.

Locality	B	B-A	A	D	R
Talasea, Papua	9	23	55	9	4
Little Sitkin, Aleutians	0	78	4	18	0
Mt. Misery, Antilles (lavas)	17	22	49	12	0
Ave. Antilles	17		42	39	2
Ave. Japan (lava, ash falls)	14		85	2	0

After Gill (1981, Table 4.4)
B = basalt B-A = basaltic andesite
A = andesite, D = dacite, R = rhyolite

Document 17 : proportion relative des différentes roches d'arcs volcaniques quaternaires.

De même dans la chaîne des Puys on note :

- Une unité de lieu, la trentaine d'édifices volcaniques se répartit sur une aire de $30 \times 4 \text{ km}$;
- Une unité d'âge, tous les produits volcaniques sont datés entre -90 000 et -9 000 ans ;
- Une unité d'origine magmatique, les roches rencontrées sont des basaltes, hawaïtes, mugéarites, benmoréites et trachytes avec des dynamismes éruptifs variant de la coulée de lave aux nuées ardentes.



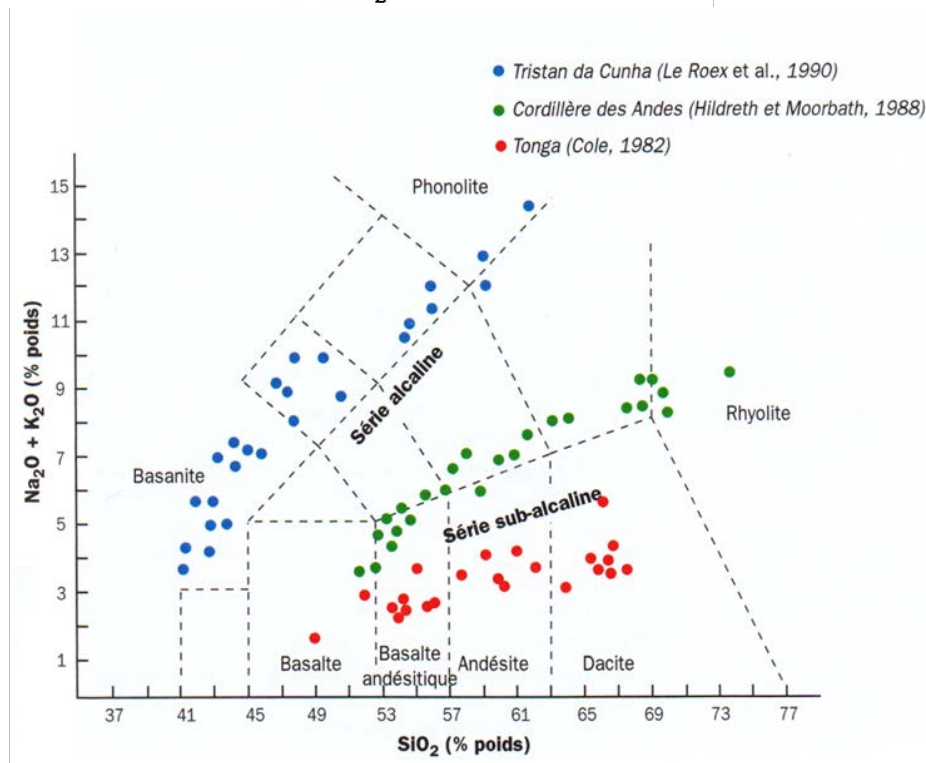
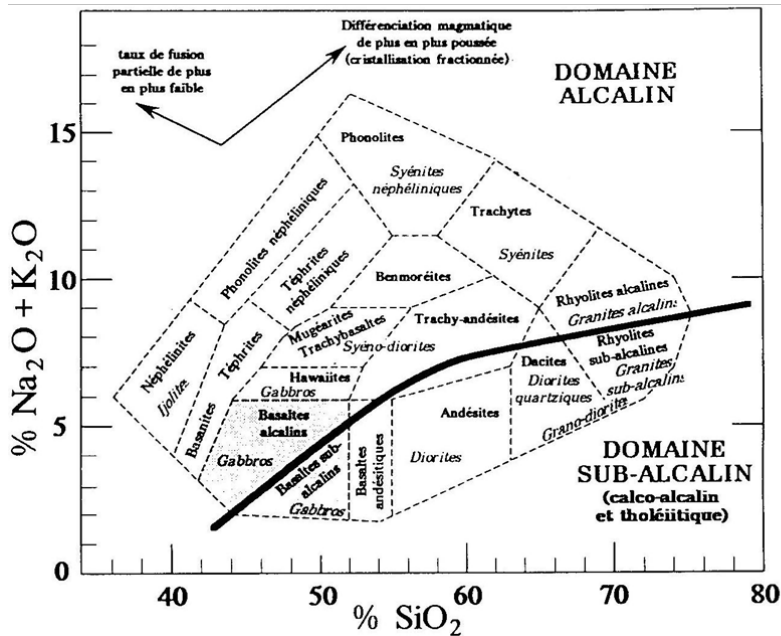
2. Les grandes séries magmatiques

Il existe 4 grandes séries magmatiques qu'on peut mettre en évidence par les diagrammes d'évolution d'éléments chimiques tels que $\text{NaO}/\text{K}_2\text{O}$ en fonction de SiO_2 :

- La série tholéiitique ;
- La série calco-alcaline ;
- La série transitionnelle ;
- La série alcaline.

Chacune de ces séries est caractéristique d'un environnement géodynamique particulier (cf. thème V-B chapitre 2).

Document 18 : classification de Cox positionné sur un diagramme de Harker alcalins/silice permettant de visualiser les grands domaines magmatiques.



Document 20 : diagramme TAS des champs de composition chimique des roches volcaniques des séries sub-alcalines et alcalines.

Tristan da Cunha : point chaud ;
Andes du Chili et Tonga : marges actives.



C. Des dynamismes éruptifs variés

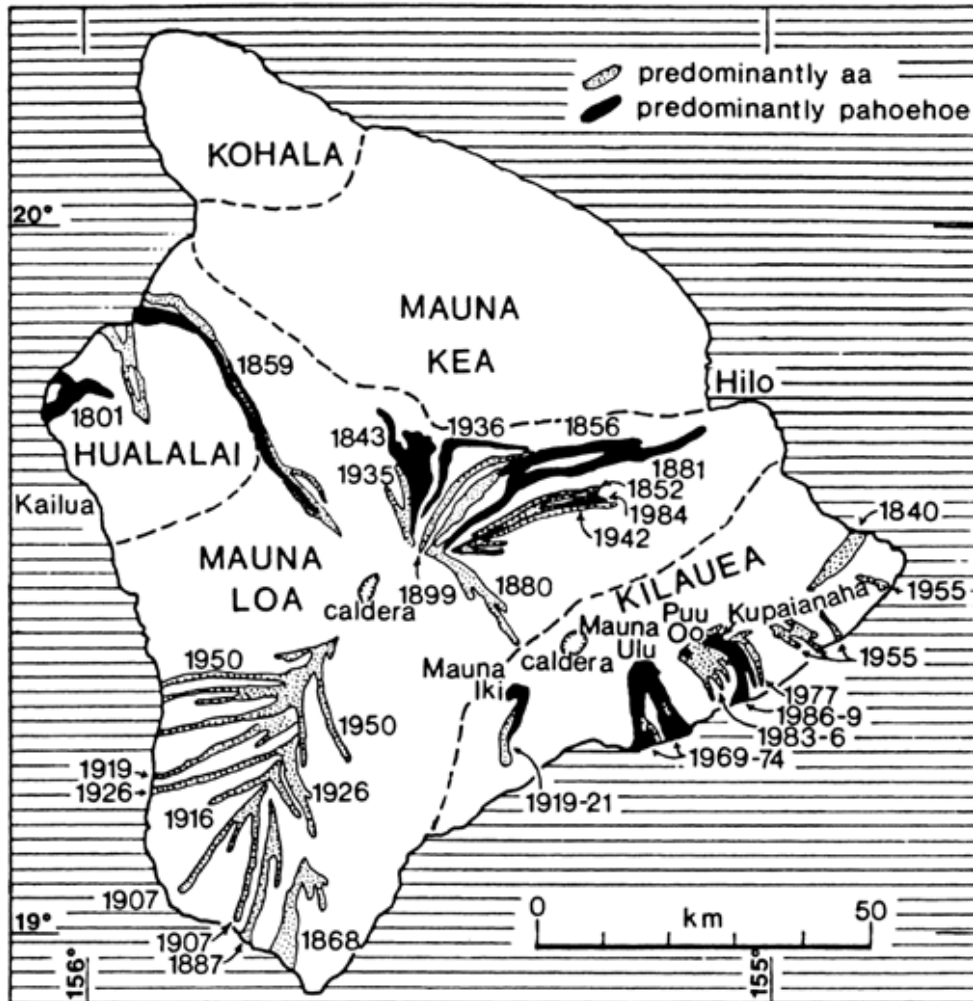
1. Les produits volcaniques émis

a) Des gaz

Ils sont émis par le cratère et/ou par des orifices disséminés sur l'édifice, ce sont des fumerolles.

b) Des produits liquides

Dans le cas d'un magma plutôt fluide ($< 10^8$ poises), les laves émises se dégazent facilement et forment des coulées progressant généralement à une vitesse de quelques km/h sur les pentes du volcan. Elles peuvent couvrir de grandes distances comme sur le Mauna Loa (Hawaï) où elles parcourent souvent plus de 20km. En milieu aquatique, ces laves sont à l'origine de pillow-lavas.



Carte d'Hawaï et limites (en tiretés)
des différents massifs volcaniques.

Les coulées à dominante pahoehoe sont cartées en noir et celles à dominante aa en pointillés (ROWLAND et WALKER, 1990).

Par contre, dans le cas d'un magma visqueux ($> 10^8$ poises), les laves émises ne peuvent pas s'écouler et s'accumulent sous forme de dômes (Montagne Pelée, Santiaguito, etc...). Les difficultés d'un tel édifice à dégazer peuvent s'exprimer sous forme d'explosions qui pulvérisent une partie de cet édifice en libérant un nuage de gaz, de cendres et de blocs qui dévalent les pentes du dôme sous forme de nuées ardentes.

c) Des produits solides, les projections pyroclastiques

La richesse en gaz d'un magma est à l'origine d'éjecta volcaniques formant des retombées ou téphra. Ces projections pyroclastiques sont classées en fonction de leur taille.



Taille des clastes		Pyroclaste	Dépôt pyroclastique	
mm	Ø		non consolidé : téphra	consolidé : roche pyroclastique
> 64	< - 6	bombe, bloc	agglomérat lit de blocs ou de bombes téphra de blocs	agglomérat brèche pyroclastique
64 à 2	- 6 à - 1	lapilli	lit de lapilli téphra de lapilli	tuf de lapilli
2 à 1/16	- 1 à + 4	cendre grossière (sableuse)	cendre grossière	tuf de cendre grossière
< 1/16	> + 4	cendre fine (grain de poussière)	cendre fine (poussière)	tuf de cendre fine (tuf de poussière)

La granulométrie en Ø est donnée par la relation : $\Phi = - (\log \text{taille mm} / \log 2)$

Les cendres sont classées en trois fractions :

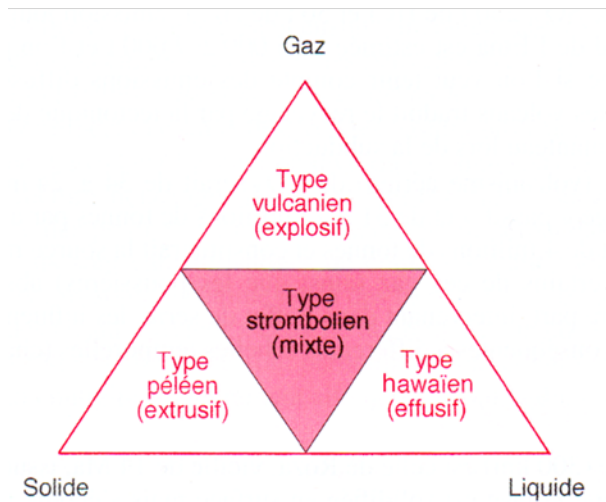
sableuse 1/16 mm-2 mm - 1 < Ø < + 4
silteuse 1/16 mm-1/256 mm + 4 < Ø < + 8
argileuse < 1/256 mm Ø > + 8

large créant un réceptacle à un lac (Lac Pavin, cf. TP16).

2. Classification des dynamismes éruptifs

En fonction des produits émis on peut déterminer plusieurs dynamismes éruptifs différentes dont les représentants majeurs sont les éruptions effusives, dominées par les laves, et les éruptions explosives dominées par les téphras.

Document 23 : les grands types de dynamismes éruptifs en fonction des produits émis.



Type hawaïen : cône de laves où les produits solides n'interviennent que très peu. Le cratère est souvent large.

Type strombolien : cône mixte avec émission de laves fluides auxquelles s'ajoutent des projections grossières. Il ne comporte pas de phases explosives violentes.

Type vulcanien : cône presque entièrement constitué de cendres et d'éléments plus grossiers. Les explosions sont fréquentes en raison d'une lave visqueuse, elles s'accompagnent de la projection d'épais nuages de cendres brûlantes et dangereuses.

Type péleén : la lave particulièrement visqueuse forme un dôme accompagné d'aiguilles d'extrusion et d'épisodes explosifs très violents à l'origine de nuées ardentes.

La morphologie des édifices volcaniques dépend directement de la nature des produits émis.

3. Paramètres influençant les dynamismes éruptifs

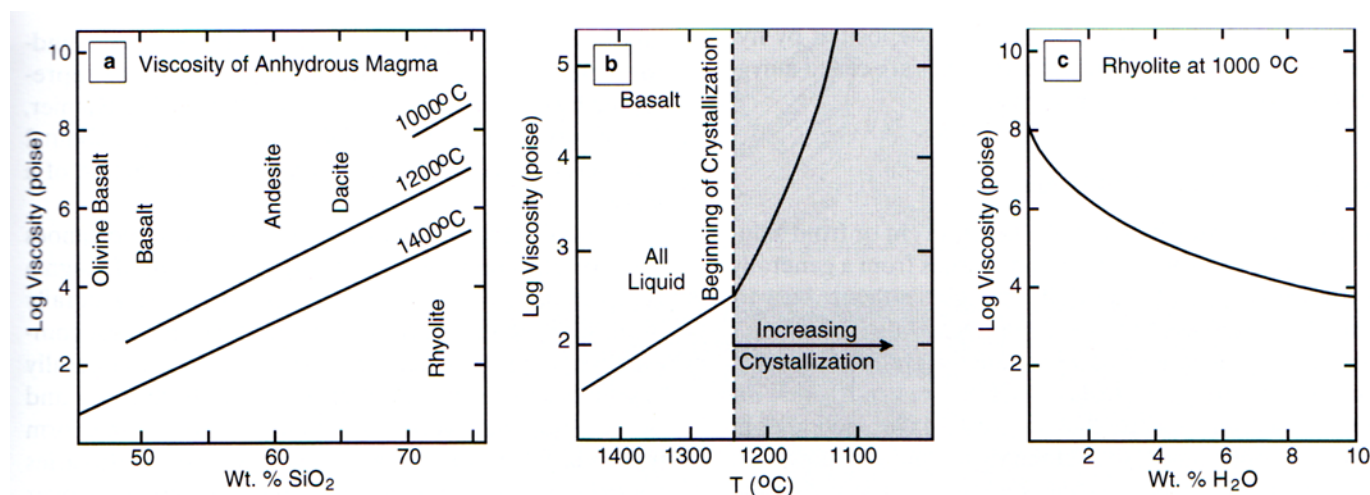
a) Les caractéristiques physico-chimiques des magmas

Deux caractéristiques des magmas influencent directement le dynamisme éruptif :

- La teneur en gaz (fluides H₂O et CO₂ principalement), plus elle est élevée et plus le dégazage devra être important lors de la décompression accompagnant la remontée du magma dans la cheminée magmatique ;
- La viscosité du liquide magmatique, qui s'oppose au dégazage.



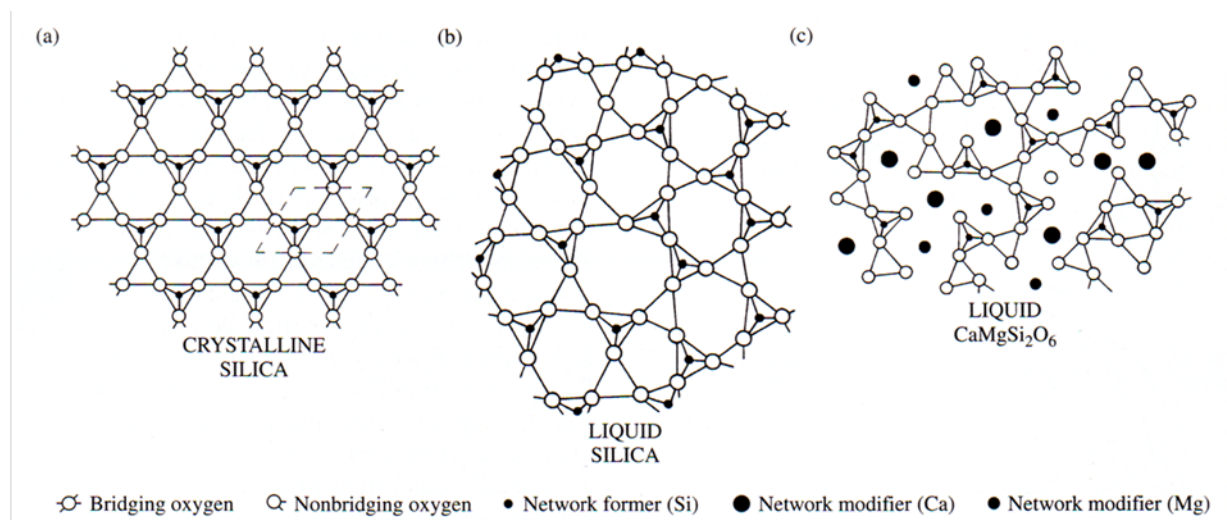
La viscosité d'un liquide magmatique dépend de sa composition, plus il est riche en silice et plus la viscosité augmente, mais aussi de sa température. De même, la cristallisation augmente considérablement la viscosité d'un magma et s'ajoute au phénomène précédent. A l'inverse, la présence de fluide comme H₂O diminue la viscosité d'un magma.



Document 24 : Viscosité de quelques liquides magmatiques.

- a – viscosité d'un magma anhydre à pression atmosphérique et à différentes températures ;
- b – variation de viscosité lors de la cristallisation d'un liquide basaltique ;
- c – effet de la présence d'eau dans un liquide magmatique rhyolitique sur la viscosité.

Le rôle de la silice dans la viscosité est lié à sa capacité à se lier avec O sous forme d'un réseau tétraédrique dense (comparer tectosilicates et nésosilicates par exemple).



Document 25 : structures comparées de quelques liquides silicatés par rapport à la structure cristalline d'un tectosilicate.

b) Les caractéristiques de la zone d'émission

La présence d'eau phréatique ou de glace conduit à du phréato-magmatisme, dynamisme explosif même si le liquide magmatique d'origine était fluide (cf. supra).

4. L'homme face aux risques volcaniques

On rappelle que risque = aléa x enjeu x vulnérabilité.

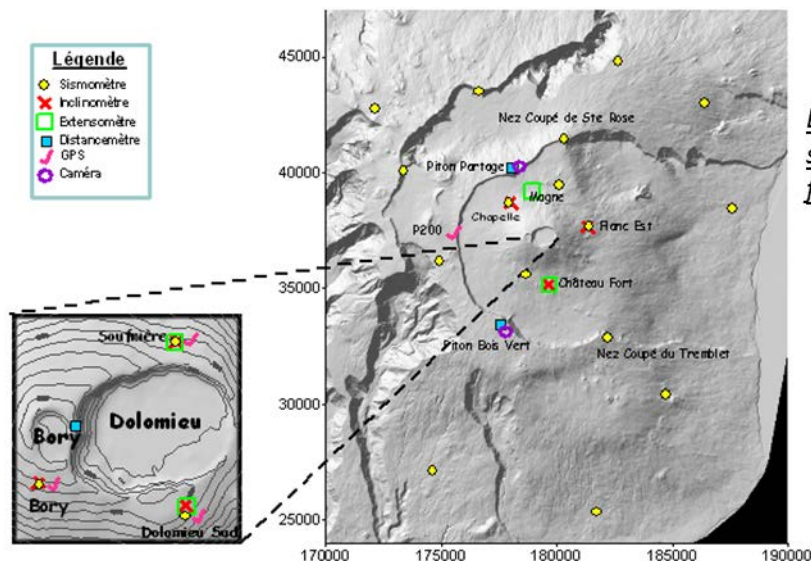
Sept phénomènes liés à l'activité volcanique font peser un risque sur les populations :

- Les coulées de lave ;
- Les retombées de téphras ;



- Les écoulements pyroclastiques ;
- Les gaz (le SO_2 donne de l'acide sulfurique, le CO_2 est asphyxiant) ;
- Les lahars, coulées boueuses se mettant en place par remobilisation par de fortes pluies de matériel volcanique peu consolidé ;
- Les glissements de terrain et les avalanches de débris ;
- Les tsunamis.

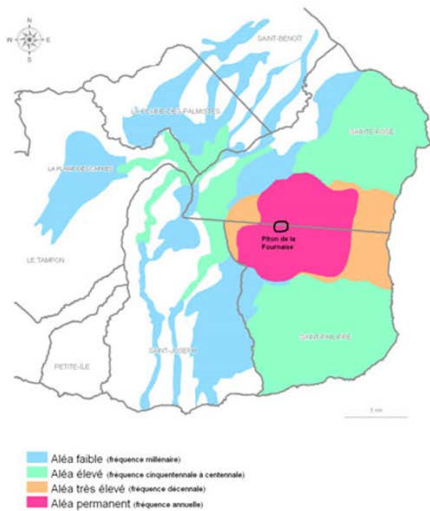
A la Réunion, le piton de la fournaise est l'un des volcans les plus actifs du monde et est en permanence surveillé (sismomètres, inclinomètre, etc...).



Document 26 : réseau de surveillance du Piton de la fournaise

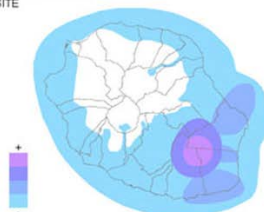
La connaissance des éruptions passées, de leur nature (effusive dans ce cas), de la topographie permettent l'établissement d'une cartographie des risques. Pour la Réunion, l'ensemble de ces connaissances permet des prévisions assez exactes indispensables à la mise de plans de prévention permettant la mise à l'abri de la population.

Les coulées de lave

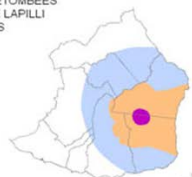


Les produits de projection

RISQUES DE RETOMBÉES
DES CHEVEUX DE PÈLE
ET DENSITÉ



RISQUES DE RETOMBÉES
DES BLOCS, DE LAPILLI
ET DE CENDRES



Document 27 : carte des aléas volcaniques à la Réunion

Dans le cas d'un volcanisme explosif au contraire, la prévention des risques est plus difficile.



Bilan :

Définitions à maîtriser

