



ST-F Le Magmatisme

ST-F-1 La mise en place des magmas

RESUME

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.

Carole Vilbert

ST-F-1 La mise en place des magmas- 2 heures

Table des matières

| | |
|---|----------|
| I. LES ROCHES MAGMATIQUES SE METTENT EN PLACE PAR REFROIDISSEMENT D'UN LIQUIDE MAGMATIQUE... | 3 |
| A. LES TRACES D'UNE ACTIVITE MAGMATIQUE DIRECTE OU INDIRECTE | 3 |
| 1. Des indices d'une activité directe et récente | 3 |
| 2. Des indices d'une activité indirecte et passée | 3 |
| B. REFROIDISSEMENT ET CRISTALLISATION D'UN MAGMA : LES MODES DE GISEMENT DES ROCHES MAGMATIQUES | 4 |
| 1. Nucléation et croissance cristalline : une condition nécessaire à la cristallisation | 4 |
| 2. La texture des roches magmatiques renseigne sur les processus de cristallisation et le type de roches magmatiques en lien avec le mode de gisement | 5 |
| C. IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION DES ROCHES MAGMATIQUES | 6 |
| 1. Lien entre composition chimique d'un magma et composition minéralogique de la roche correspondante | 6 |
| 2. Identification des Roches plutoniques au moyen de sa composition modale et de la classification de Streckeisen | 6 |
| 3. Identification des Roches volcaniques au moyen de sa composition minéralogique et sa constitution chimique et du Diagramme TAS | 7 |
| D. LA CHRONOLOGIE DE MISE EN PLACE DES ROCHES MAGMATIQUES PEUT ETRE ETABLIE PAR DATATION RELATIVE ET ABSOLUE | 8 |
| II. LES ROCHES MAGMATIQUES SE METTENT EN PLACE DANS DES ENVIRONNEMENTS GEODYNAMIQUES PARTICULIERS... | 9 |
| A. LE MAGMATISME EST PRINCIPALEMENT CIRCONSCRIT AUX FRONTIERES DE PLAQUE | 9 |
| B. CHAQUE CONTEXTE GEODYNAMIQUE SE CARACTERISE PAR UNE ASSOCIATION PARTICULIERE DE ROCHES VOLCANIQUES | 10 |
| 1. La notion de série magmatique | 10 |
| 2. Les grandes séries magmatiques | 10 |
| C. DES DYNAMISMES ERUPTIFS VARIES | 11 |
| 1. Les produits volcaniques émis | 11 |
| 3. Classification des dynamismes éruptifs | 11 |
| 4. Paramètres influençant les dynamismes éruptifs | 11 |
| 5. L'homme face aux risques volcaniques | 12 |

| | |
|---|---|
| ST-F Le magmatisme (BCPST 2) | |
| <p>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).</p> | |
| Savoirs visés | Capacités exigibles |
| ST-F-1 La mise en place des magmas | |
| <p>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.</p> <p>La chronologie de mise en place des roches magmatiques peut être établie par datation relative et par datation absolue.</p> <p>Le type de volcanisme et les modes de mise en place des magmas dépendent du contexte tectonique.</p> <p>Les produits émis au niveau des volcans attestent de l'existence de différents types de dynamismes éruptifs.</p> <p>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...).</p> <p>La prévention des risques volcaniques se fonde sur la connaissance des éruptions passées et sur la mise en place de réseaux de surveillance.</p> <p>Les roches magmatiques s'organisent en association 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.</p> | <p>Analyser des paysages, des affleurements et des cartes. permettant de visualiser la diversité des modes d'expression du magmatisme.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>Identifier le mode de gisement d'une roche par analyse de sa texture.</p> <p>Identifier une roche magmatique plutonique par analyse de sa composition modale et la placer dans la classification de Streckeisen.</p> <p>Identifier une roche volcanique par sa composition minéralogique et sa constitution chimique et la placer dans un diagramme TAS.</p> <p>Expliquer le lien entre composition chimique et composition minéralogique d'une roche magmatique.</p> <p>Exploiter des données géophysiques, cartographiques, pétrologiques afin d'établir un modèle de fonctionnement de chambre magmatique (exemple d'une dorsale rapide).</p> <p>Établir une chronologie relative entre des formations magmatiques et leur environnement et/ou entre des formations magmatiques entre elles.</p> <p>Exploiter des données radiochronologiques et géochimiques pour déterminer un âge absolu.</p> <p>Différencier un dynamisme effusif d'un dynamisme explosif par l'étude des édifices volcaniques et des produits émis.</p> <p>Relier dynamismes éruptifs et caractéristiques physico-chimiques des magmas.</p> <p>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.).</p> |
| <p>Précisions et limites :</p> <p>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). À 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.</p> | |
| <p>Liens :</p> <p>Climat et variabilité climatique (BG-C-3) → BCPST2</p> <p>La carte géologique (ST-A) → BCPST1</p> <p>La structure de la planète Terre (ST-B) → BCPST1</p> <p>La dynamique des enveloppes internes (ST-C) → BCPST1</p> <p>Les risques volcaniques (ST-I-1) → BCPST2</p> <p>La mesure du temps (ST-H) → BCPST1</p> <p>Les grands ensembles géologiques : Les îles océaniques françaises (ST-J-2-2) → BCPST2</p> <p>Activités de terrain</p> | |

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

A. Les traces d'une activité magmatique directe ou indirecte

1. Des indices d'une activité directe et récente

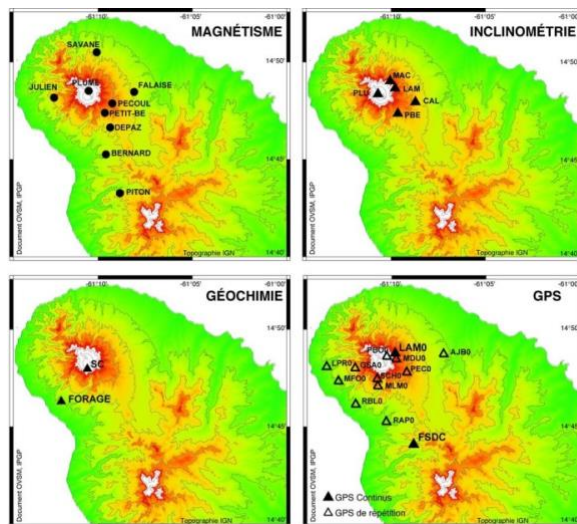
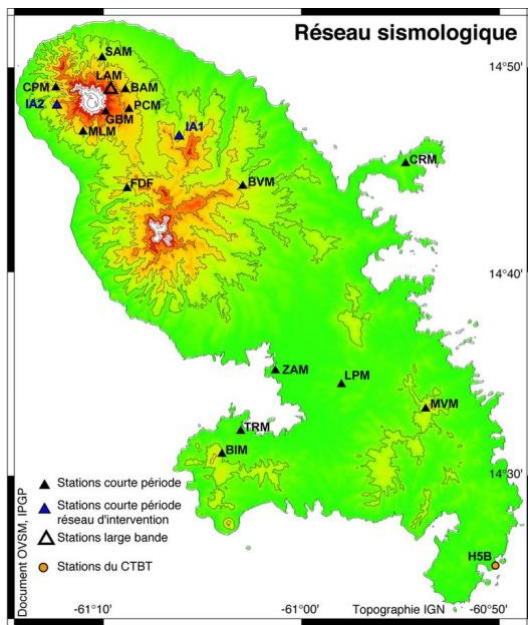
Diapos 1-8 et docs 1-2

Rechercher dans le paysage, sur des cartes les traces d'une activité volcanique....

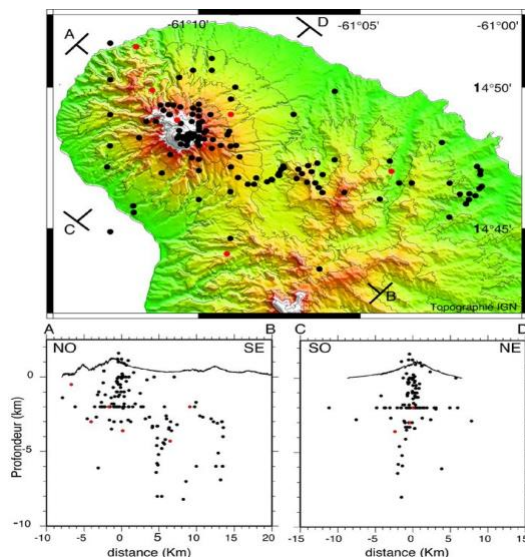
Dire de quoi sont constitués ces édifices

Rechercher ce qui peut se passer au niveau d'un édifice comme activité

Se demander à quoi cela peut servir de connaître les signes de cette activité



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



Document 2 : sismicité récente au sein de l'édifice volcanique de la Montagne Pelée

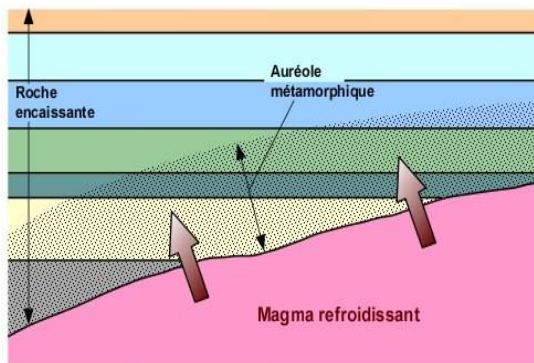
Diapos 11-13

De quoi peut s'accompagner cette activité ?

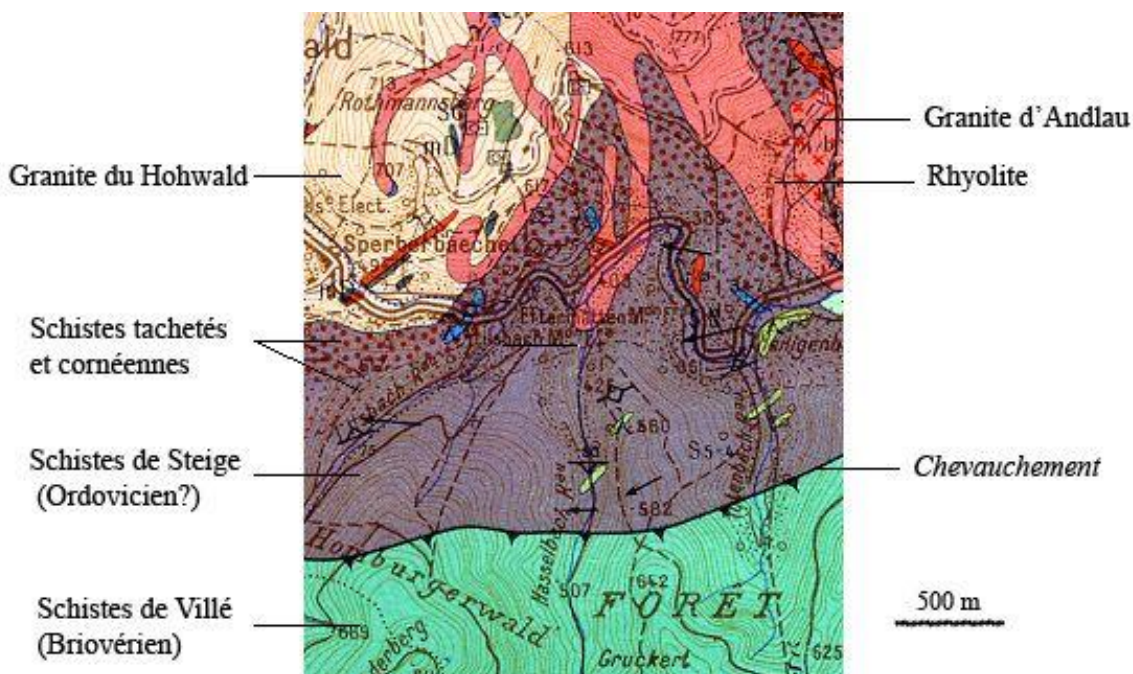
2. Des indices d'une activité indirecte et passée

Diapo 15 et - Docs 3-4

Rechercher des traces d'une activité passée, sachant que la fin de l'activité magmatique signe le début d'une érosion intense des reliefs mis en place.

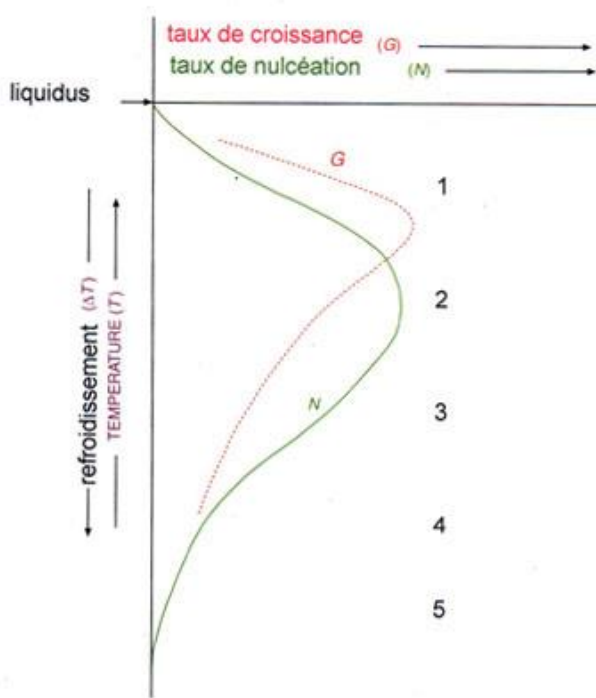


Document 3 : formation d'une auréole de contact par mise en place d'un liquide magmatique très chaud au sein d'une roche encaissante plus



Document 4 : métamorphisme des schistes de Steige au contact du pluton granitique du Hohwald

- B. Refroidissement et cristallisation d'un magma : les modes de gisement des roches magmatiques
 - 1. Nucléation et croissance cristalline : une condition nécessaire à la cristallisation



Rechercher les conditions d'une nucléation

Que peut on dire de la température de croissance maximale par rapport à la température de nucléation ?

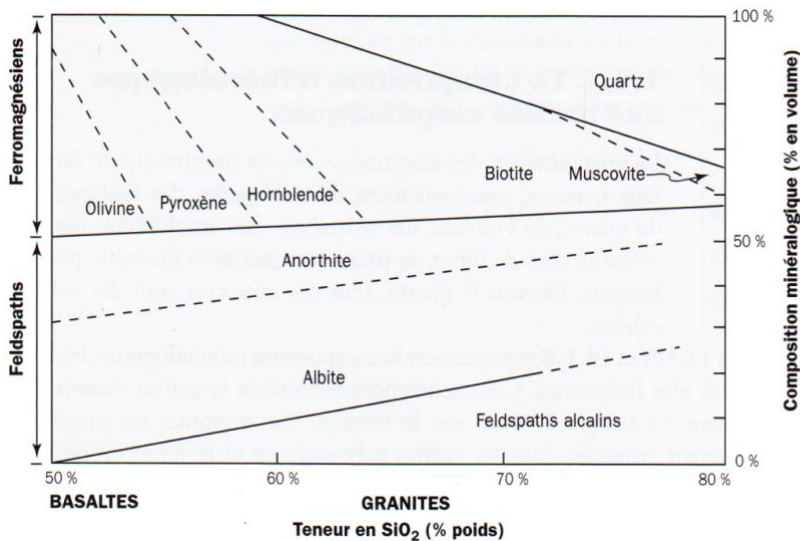
Document 5 : paramètres influençant la nucléation et la croissance cristalline.

2. La texture des roches magmatiques renseigne sur les processus de cristallisation et le type de roches magmatiques en lien avec le mode de gisement
 Explicitez les 5 cas en comparant le taux de nucléation et de croissance. Prenez exemple sur le cas 1 ci dessous :

| | Qualité du refroidissement (lent, rapide, très rapide) | ΔT (faible, élevé, très élevé) | Nucléation (faible, élevée) donc nombre de germes (limité, important) | Croissance (faible, élevée) Donc taille des cristaux (grande, petite) | Texture Type de roche magmatique (plutonique, volcanique) |
|------------|---|---|--|--|---|
| Cas 1 | Lent (en profondeur) | Faible (température du magma est proche du liquidus) | Faible, nombre limité | Élevé, de grande taille (seront visibles à l'œil nu) | T grenue (ou aphanitique) Roche plutonique Intrusive (ex : granite) |
| Cas 2 ou 3 | Plus rapide (en surface ou proche) | | | | |
| Cas 4 et 5 | très rapide, en surface | | | | |

c. Identification et classification des roches magmatiques

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

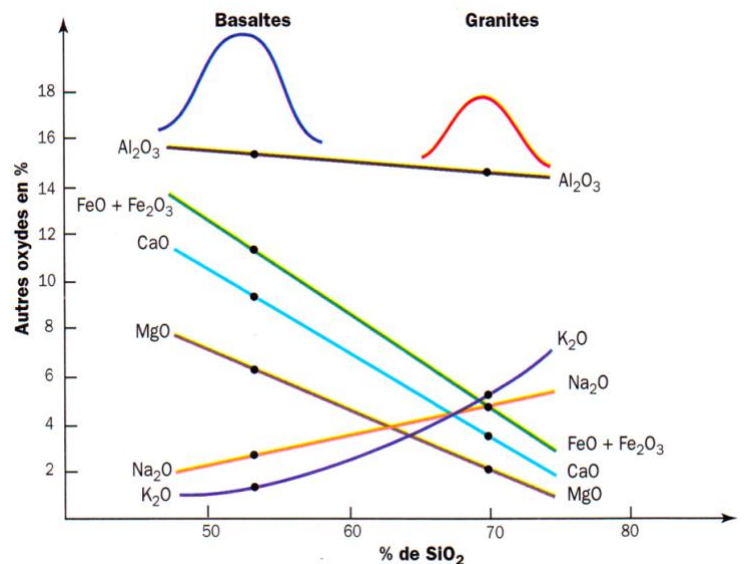


Les variations approximatives de la composition minéralogique des roches magmatiques en fonction de leur teneur en silice

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 %.

Documents 6

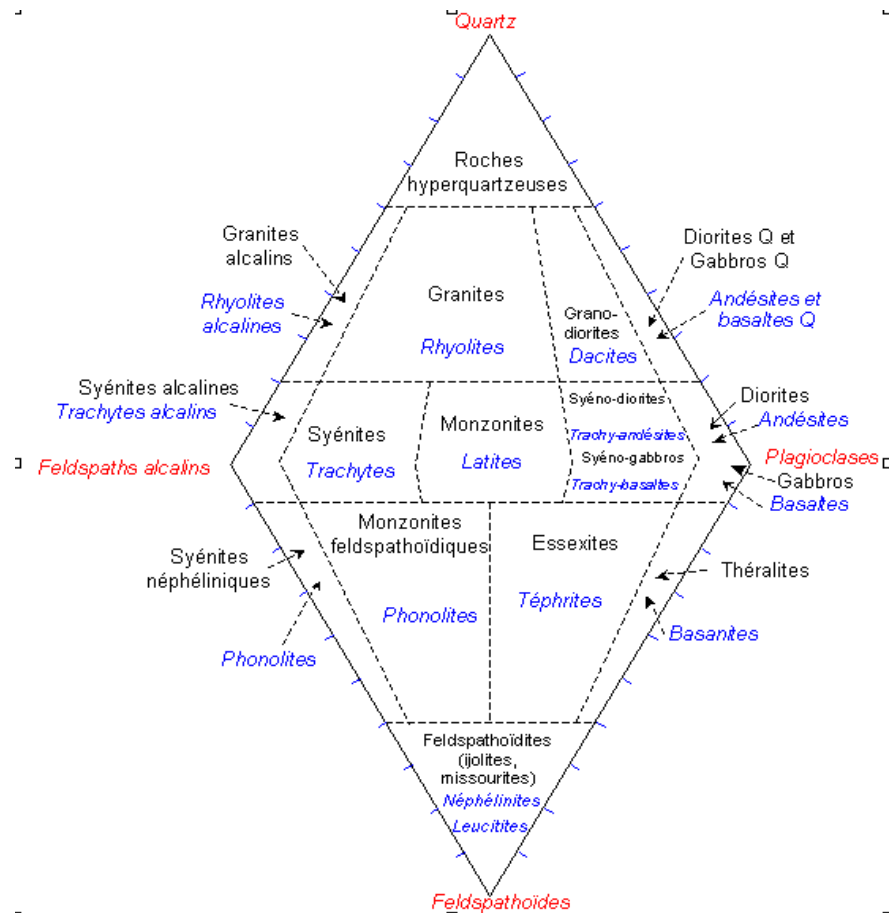
Document 7 : compositions approximatives des roches magmatiques les plus communes.



2. Identification des Roches plutoniques au moyen de sa composition modale et de la classification de Streckeisen

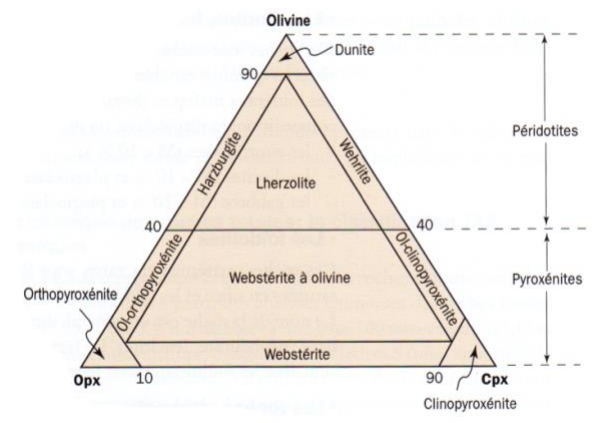
| Minéraux | Quartz | Orthose | Plagioclase | Biotite | Amphibole | Opaques |
|-------------|--------|---------|-------------|---------|-----------|---------|
| Pourcentage | 25 | 40 | 26 | 5 | 1 | 3 |

Document 9 - **Exercice** : Déterminez, en utilisant la classification de Streckeisen, la roche dont la composition modale est fournie dans le tableau sachant que sa texture est grenue.



Comme 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. Comment peut-on placer la roche dont la composition est la suivante ? :

Document 8 : diagramme de Streckeisen



Document 10 : classification des roches ultramafiques.

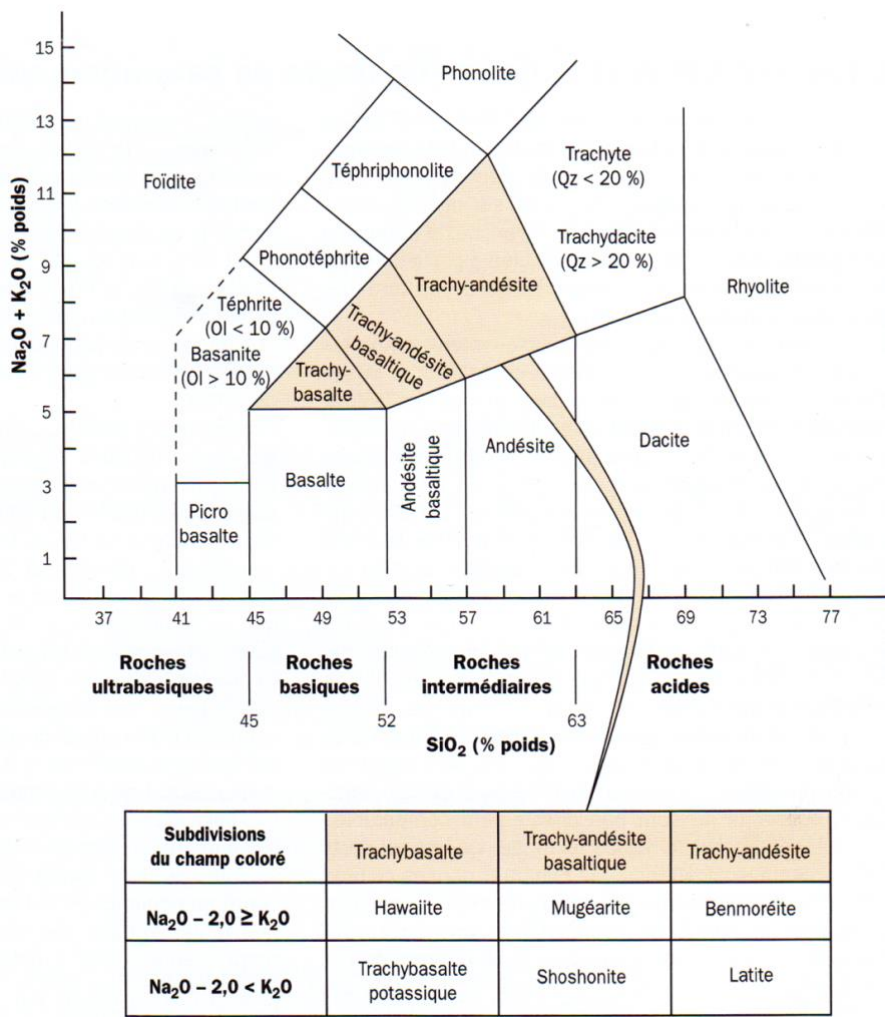
3. Identification des Roches volcaniques au moyen de sa composition minéralogique et sa constitution chimique et du Diagramme TAS

Document 12 : composition chimique de quelques roches volcaniques.

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

| | 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 11 : diagramme TAS pour la classification des roches volcaniques.



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

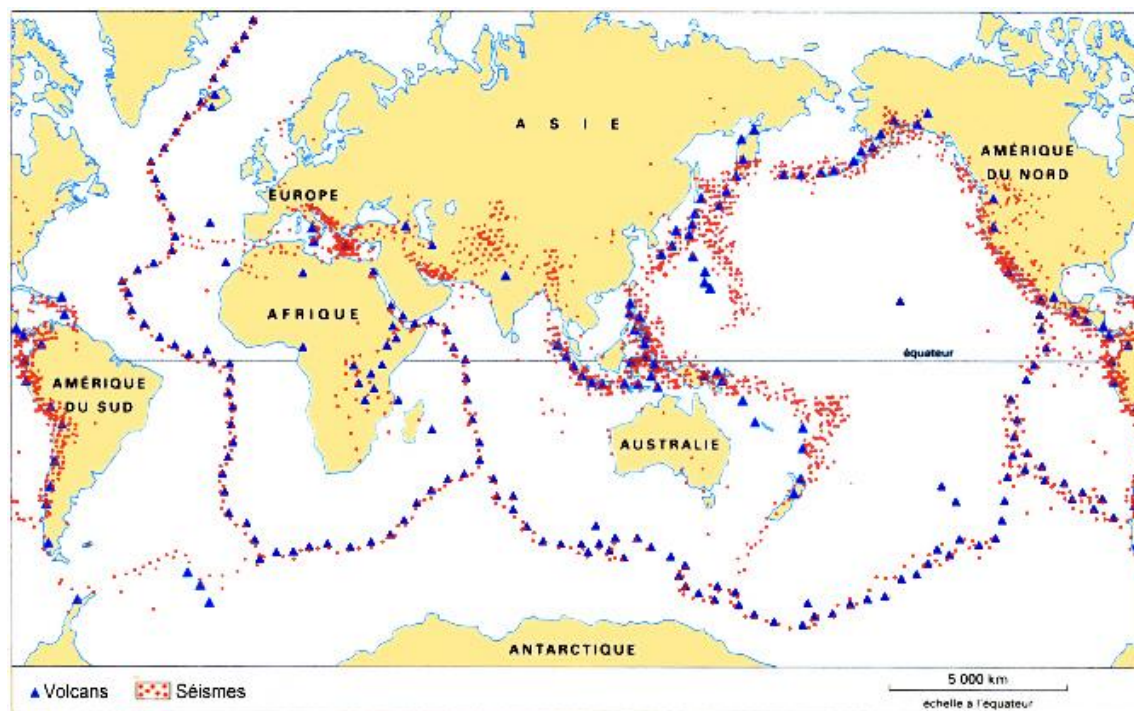


Représentez un schéma interprétatif de l’affleurement traduisant la chronologie de sa mise en place.

II. Les roches magmatiques se mettent en place dans des environnements géodynamiques particuliers

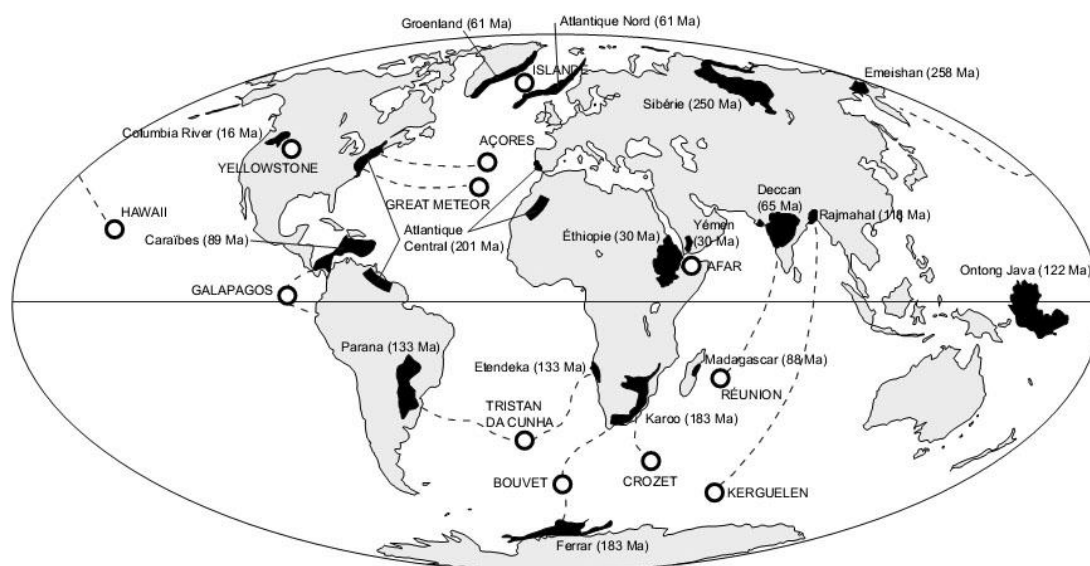
A. Le magmatisme est principalement circonscrit aux frontières de plaque

Rechercher les 4 grands types d'environnements générateurs de magmas



Document 14 :
répartition du
volcanisme et
de la sismicité
mondiale.

Document 1

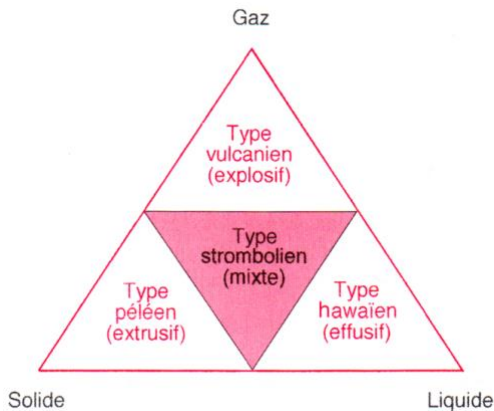


Les grandes provinces magmatiques (trapps et plateaux océaniques ; âges en millions d'années).

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

c. Des dynamismes éruptifs variés

1. Les produits volcaniques émis



3. Classification des dynamismes éruptifs

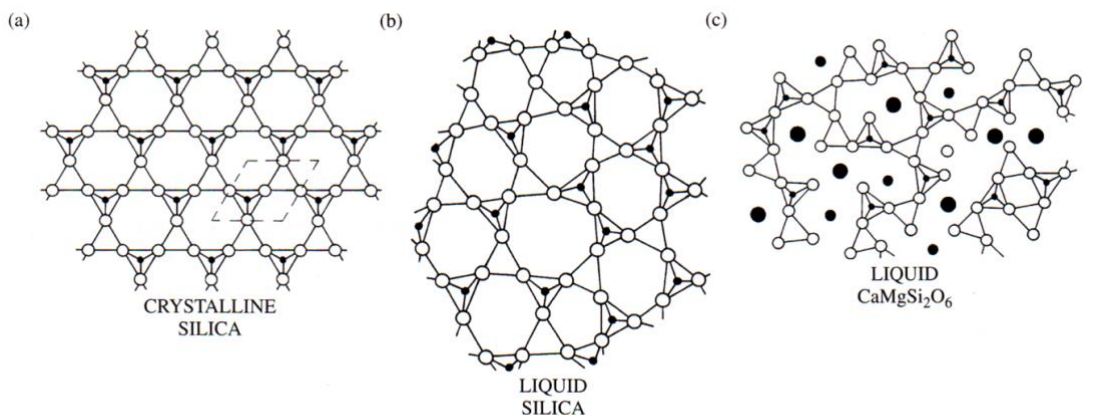
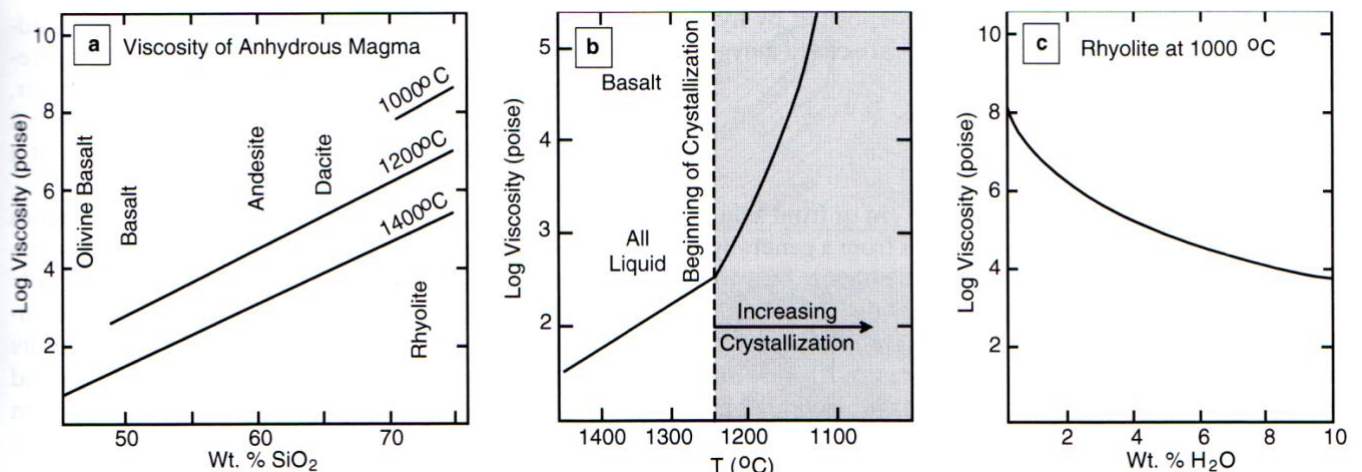
Document 19 : les grands types de dynamismes éruptifs en fonction des produits émis.

4. Paramètres influençant les dynamismes éruptifs

- Doc 20 → Recherchez les paramètres qui peuvent influencer sur la viscosité d'un magma
- Doc 21 → Expliquez comment la silice peut jouer sur cette viscosité

Document 20 : 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.

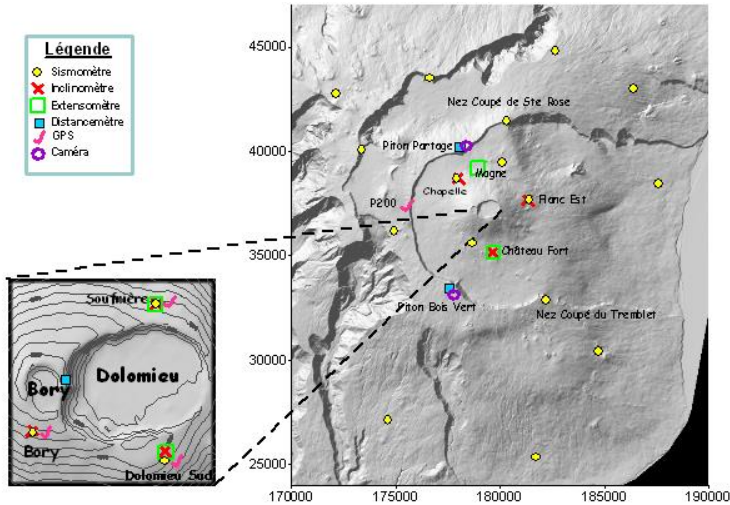


Bridging oxygen
 Nonbridging oxygen
 • Network former (Si)
 ● Network modifier (Ca)
 ● Network modifier (Mg)

Document 21 : structures comparées de quelques liquides silicatés par rapport à la structure cristalline d'un tectosilicate.

5. L'homme face aux risques volcaniques

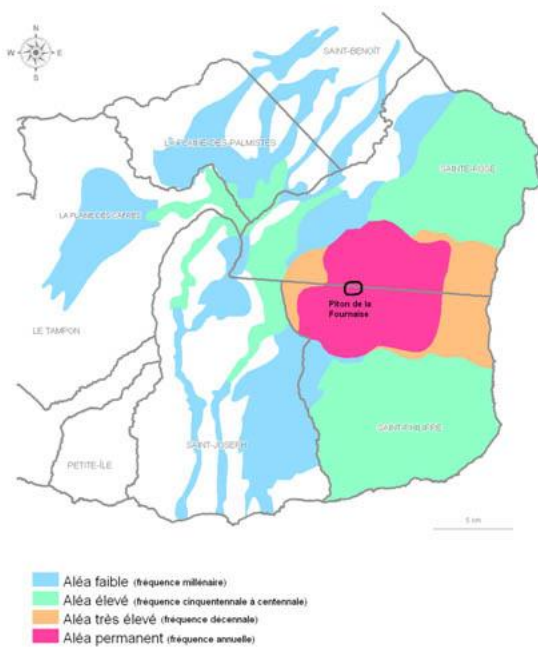
Document 22 : réseau de surveillance du Piton de la fournaise



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.

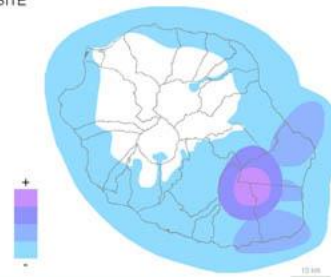
Document 23 : carte des aléas volcaniques à la Réunion

Les coulées de lave



Les produits de projection

RISQUES DE RETOMBÉES
DES CHEVEUX DE PÉLÉ
ET DENSITÉ



RISQUES DE RETOMBÉES
DES BLOCS, DE LAPILLI
ET DE CENDRES



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

C

classification d'Albert Streckeisen, 9
composition modale, 8
cônes, 4

D

diagramme TAS (Total Alkali Silica)., 9
dômes, 4

E

édifices volcaniques, 4
éruptions effusives, 14
éruptions explosives, 14

F

formations filoniennes, 7
fumerolles, 4

G

grenue, 6

L

La viscosité, 15

M

MAGMATISME, 3
microlitique, 6

N

nucléation, 5

P

pluton, 5

R

Risque, 15
roches plutoniques, 6, 9
roches volcaniques, 4, 6

S

série magmatique, 12

T

TEXTURE, 6

V

vitreuse, 6