

Rappel du programme :

La trace de l'activité magmatique peut être directe (roches magmatiques...) ou indirecte... Les modes de gisement des roches magmatiques sont variés...
 La chronologie de mise en place des roches magmatiques peut être établie par datation relative et par datation absolue...
 Les produits émis au niveau des volcans attestent de l'existence de différents types de dynamismes éruptifs...
 Des facteurs abiotiques tels que les variations météorologiques au cours d'une année et entre les années influencent le développement végétatif (exemple de la production saisonnière du bois) ...

Compétences :

- description de l'affleurement, mise en relation des différentes composantes identifiées et de leur relation à différentes échelles
- Appliquer des principes de datation relative à différentes échelles ;
- Identifier une roche magmatique à partir d'un échantillon macroscopique ou d'une lame mince (les noms des minéraux étant fournis pour les préparations microscopiques) : basaltes, gabbros, andésites, diorites, rhyolites, granites, trachytes
- Identifier à l'œil nu des minéraux : olivine, pyroxènes, amphiboles, feldspaths (plagioclases et orthose), quartz, micas (biotite et muscovite)
- Présenter de manière pertinente un objet géologique à toutes les échelles (dessin, schéma, description, identification, présentation comparative, ellipsoïde des déformations, échelle...).
- Exploiter des données géochimiques pour identifier une roche : diagramme TAS, diagramme de Streckeisen

Objectifs :

- 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.
- Établir une chronologie relative entre des formations magmatiques et leur environnement et/ou entre des formations magmatiques entre elles.
- Différencier un dynamisme effusif d'un dynamisme explosif par l'étude des édifices volcaniques et des produits émis.
- Analyser des paysages, des affleurements et des cartes permettant de visualiser la diversité des modes d'expression du magmatisme.
- Identifier un ensemble correspondant à une série magmatique à partir de différents critères (cartes, gisements, analyses chimiques, datation etc.).
- Expliquer les processus magmatiques dans le cadre de la formation de la lithosphère océanique.

Le magmatisme est l'une des manifestations de l'activité interne du globe terrestre, lié à la dissipation de son énergie interne. Un **magma** est un mélange à haute température constitué d'une **phase liquide** (silicates fondus entre 700 et 1200°C), d'une **phase gazeuse** (vapeur d'eau et gaz) et d'une **phase solide** (cristaux) en proportions variables.

Le **refroidissement** du magma donne naissance à des roches magmatiques. Ces dernières constituent des traces directes de l'activité magmatique.

I- L'observation des roches magmatiques permet de les caractériser puis de les identifier.
A- Identifier les roches en fonction de leur texture.

Les roches magmatiques se divisent en trois catégories : les roches **plutoniques** issues de la cristallisation d'un magma en profondeur au cours d'un refroidissement lent (environ 1Ma), les roches **volcaniques** issues du refroidissement rapide (quelques minutes à plusieurs années) d'un magma en surface lors d'une éruption volcanique, et les roches intermédiaires **hypovolcaniques** (filoniennes) issues de la cristallisation de magma dans des fractures déjà ouvertes.

La **texture** de l'échantillon établie à partir de la disposition spatiale, de la forme et de la taille des minéraux qui le constituent, permet de savoir à quelle catégorie de roches magmatiques l'échantillon appartient.

Une roche est dite **grenue** (ou holocristalline, entièrement cristallisée) lorsqu'elle est constituée de cristaux imbriqués visibles à l'œil nu. Cette texture est caractéristique a priori d'un refroidissement lent, donc d'une roche plutonique. Selon la taille des cristaux, on parle de roche aplitique (cristaux~0.5mm), grenue (0.5mm à 1cm), pegmatitique (cristaux> 1cm).

Une roche est dite **microgrenue** lorsqu'elle est entièrement cristallisée mais que les cristaux ne sont visibles qu'au microscope (non discernables à l'œil nu) ; c'est le cas de nombreuses roches filoniennes.

Une roche est **microlitique** (ou hémicristalline) lorsqu'elle montre une mésostase constituée de microlites de plagioclases ou d'autres phases minérales sans orientation privilégiée et qui entoure des phénocristaux visibles à l'œil nu. Cette texture est caractéristique des roches volcaniques.

Une roche vitreuse se caractérise par l'absence de cristaux qui n'ont pas eu le temps de se former à cause d'un refroidissement brutal, par trempage au contact de l'eau par exemple (ex : bordure figée des pillow lava).

B- Identifier les roches en fonction de leurs minéraux.

1. identification macroscopique : **cristaux à connaître en étude macroscopique** : olivine, pyroxène, amphibole, feldspath (plagioclase et orthose), quartz, micas (biotite ou mica noir, muscovite ou mica blanc)

- **Repérer leur forme automorphe ou xénomorphe**

- cristaux **automorphes** (littéralement, "ayant leur propre forme") : cristaux formés en premier dans le magma encore liquide, ils ont leur forme cristalline

- cristaux **xénomorphes**: aux formes quelconques qui cristallisent en dernier : ils occupent les emplacements restés libres. C'est le plus souvent le cas du quartz qui cristallise généralement en dernier dans un granite.

- **Observer leur taille**

- **phénocristaux** : cristaux de grande taille par rapport aux autres cristaux plus petits (cm ou mm) généralement automorphes (granite porphyroïde à phénocristaux d'orthose)

- **macrocristaux** mesurent quelques mm, sont visibles aisément à l'oeil nu (texture grenue)

- **microcristaux** sont à peine discernable à l'oeil nu (texture microgrenue)

- **microlithes** sont visibles exclusivement au microscope. Ils sont souvent en baguette (plagioclase) (texture microlithique).

- **Observer leur couleur**

La couleur des minéraux dépend de leur composition chimique. Les **minéraux sombres** sont souvent **riches en fer et en magnésium** (pyroxène, amphibole, mica noir..) tandis que les minéraux clairs en contiennent peu (feldspaths, quartz).

- **Observer leur éclat**

Les **micas** réfléchissent très bien la lumière et ont un **éclat métallique**.

Les **quartz** ont un **éclat gras** (comme recouvert d'une fine pellicule d'huile ou aspect « gros sel »)

Les **feldspaths** sont **mats**

- **Observer leur dureté**

Pratiquement, on dit qu'un minéral est plus dur qu'un autre si le premier raye le second. Ainsi, 10 minéraux index ont été choisis pour repérer la dureté d'un minéral : il s'agit de **l'échelle relative de MOHS** qui indique un classement des duretés, chaque dureté étant associée à un minéral de référence.

1/ Talc 2/ **Gypse ~ ongle** donc rayé par l'ongle. 3/ Calcite 4/ Fluorite 5/ Apatite 6/ **Orthose** raye l'acier ordinaire (couteau) mais ne raye pas le verre 7/ **Quartz** raye le verre et l'acier 8/ Topaze. 9/ Corindon. 10/ Diamant

- **Des minéraux sont associés en macles**

Les **macles** se forment par accollement de 2 ou plusieurs cristaux de même nature dans des orientations différentes

- **macle de Carlsbad d'orthose** : accollement de deux orthose orientées différemment (donc l'une brille et l'autre pas)

- **macles polysynthétiques** des plagioclases (aspect « dos de zèbre » en lumière polarisée et analysée).

- **Des minéraux présentent des plans de clivage**

Clivages : certains minéraux se fracturent suivant des plans privilégiés.

Ce sont les plans de clivages, toujours en accord avec la symétrie du cristal et avec la disposition des atomes (plans de liaison plus faible du réseau cristallin).

2. identification microscopique : *leur nom est indiqué sur les clichés en microscopie*

Pour discriminer les minéraux par étude de lames minces (30 µm d'épaisseur), on peut les étudier :

- en **lumière polarisée non analysée (LPNA)** : les couleurs naturelles du minéral sont visibles, mais atténuées car la lame est mince

- en **lumière polarisée analysée (LPA)** : des teintes de polarisation sont visibles et elles sont typiques de chaque minéral = pratique pour les reconnaître.

En plus des teintes de polarisation en LPA, des caractéristiques sont observables en LPNA et en LPA : minéraux automorphes ou xénomorphes, plans de section variés selon l'orientation du minéral par rapport au plan de coupe, relief et clivages, macles, zonations...

- **Zonation et inclusion**

La **zonation** traduit une cristallisation continue avec changement progressif du chimisme.

Une **inclusion** traduit une cristallisation discontinue, c'est à dire un ordre d'apparition des minéraux au cours du refroidissement du magma et de son changement de chimisme (biotite incluse dans de l'orthose)

*A partir des échantillons proposés, des lames minces et des photographies légendées **planches 1 et 2**, à l'échelle macroscopique et microscopique, identifier de manière raisonnée les roches présentées. (Relier la texture de la roche au mode de refroidissement du magma. Retrouver l'ordre de cristallisation des minéraux. Déduire la nature chimique du magma d'origine.)*

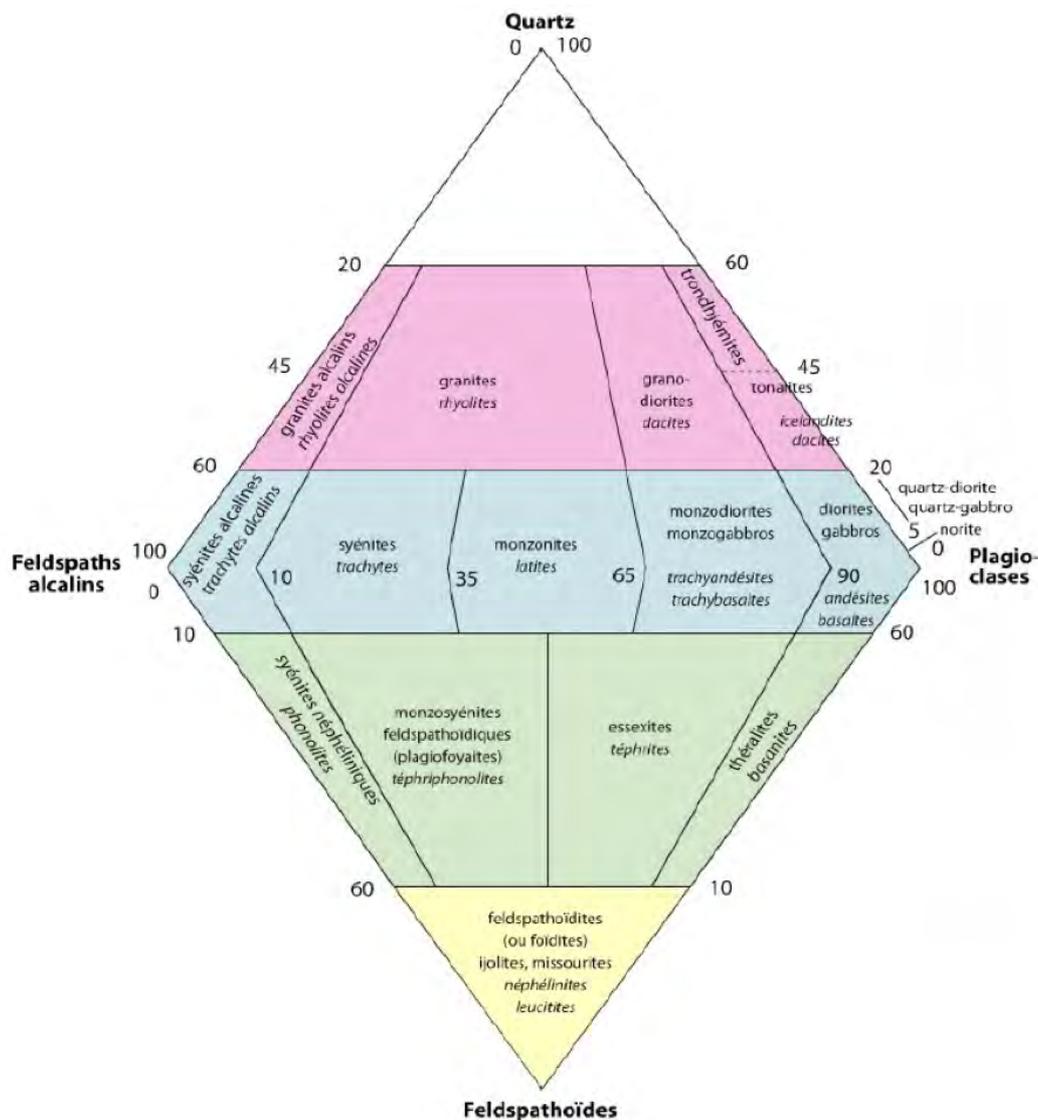
3. Utilisation du diagramme de Streckeisen

La classification de Streckeisen concerne les roches plutoniques et se base sur l'étude d'une partie des minéraux constituant les roches : **Quartz, Feldspaths alcalins, Feldspaths plagioclases** (et aussi feldspathoïdes mais pas au programme).

Le diagramme de Streckeisen comprend deux parties triangulaires (à 3 pôles).

Chaque roche est placée dans un des deux triangles, en fonction de sa composition en 3 des 4 minéraux. Nous n'utiliserons que le triangle du haut (et parfois, on ne propose même pas le triangle du bas).

La position de chaque roche, dans une partie triangulaire, dépend du % **des minéraux** qui entrent dans sa constitution, en ne prenant en compte que 3 minéraux.



Attention ! on vous donnera toujours la composition minéralogique totale en minéraux de la roche.

Par une règle de trois, ramenez les trois pourcentages Q, Fa et Fp sur un total de 100% (comme s'il n'y avait que ces trois minéraux uniquement dans la roche) : on ramène la composition à 100% sur ces seuls minéraux !

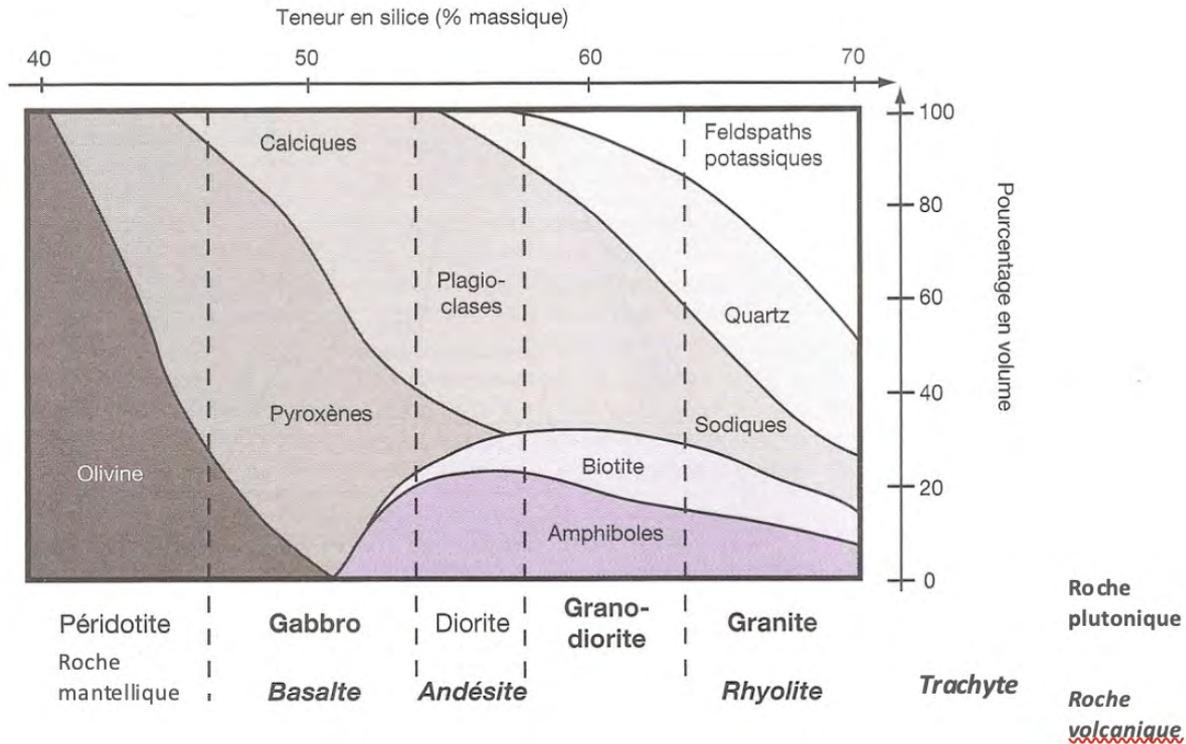
Exercice Placez les roches A et B dont les compositions minéralogiques sont données ci-dessous dans le diagramme de Streckeisen et nommez les.

Roche A : 83% de minéraux clairs dont 50% de plagioclases, 20% de feldspaths alcalins et 30% de quartz.

Roche B :

| Composition minéralogique | % volume de la roche |
|---------------------------|----------------------|
| Quartz | 21,2 |
| F potassique | 41,8 |
| F plagioclase | 27,3 |
| Biotite | 7 |
| Autres | 2,7 |
| total | 100 |

Pour les roches **holocristallines**, la composition chimique est connue grâce à l'identification des minéraux au microscope : cette **composition minéralogique réelle** de la roche est appelée le **mode**.



Pour les roches **hémicristallines**, la composition chimique de la roche doit tenir compte de l'analyse chimique de la mésostase : on détermine la teneur des divers oxydes : SiO_2 , Al_2O_3 , FeO_3 , Na_2O , MgO et on peut alors en déduire ce que serait la composition minéralogique de la roche si elle avait pu entièrement cristalliser. On obtient la **composition minéralogique virtuelle** de la roche, appelée la **norme**.

C- Identifier les roches en fonction de leur composition chimique globale (la norme).

Les magmas à l'origine des roches magmatiques sont des magmas silicatés.

- L'**indice de richesse en silice** est à relier aux notions d'**acidité d'un minéral** et de **saturation** d'une roche

L'**indice d'acidité d'un minéral** est donné par le rapport : **pourcentage de Si / ensemble des cations**.

Les minéraux sont dits :

- **acides** si indices > 60% comme le **quartz** (SiO_2) ou l'**orthose** (KAlSi_3O_8)
- neutres si indices de 55 à 60%
- **basiques**, 45 à 55%, voire **ultrabasiques** si de 40 à 45% comme les olivines (FeMgSiO_4)

L'**indice de saturation en silice d'une roche** prend en compte l'expression minéralogique de la teneur en silice (ce critère est utilisé dans la classification des roches magmatiques).

Les roches sont dites :

- **sursaturées** pour les roches à quartz (« acide » s'applique aux r. magm. contenant au moins 63 % en masse de SiO_2 , d'où en général présence de cristaux de quartz, et pauvres en autres éléments majeurs, Mg, Fe, Ca, etc. (15 % ou moins).)
- **saturées** pour les roches sans quartz mais avec feldspaths
- **sous-saturées** pour les roches riches en minéraux ferromagnésiens (sans quartz, ni feldspaths) (« basique » s'applique à une r. magm. pauvre en SiO_2 (45 à 52 % en poids) d'où absence de cristaux de quartz, et riche en Mg, Fe et Ca (de 20 à 35 %).

- L'**indice de richesse en alcalins (Na^+ , K^+)** est indiqué pour les roches qui possèdent des feldspaths alcalins, à K^+ (ex : orthose) et Na^+ (plagioclase sodique = albite).

Les **roches alcalines** possèdent des feldspaths potassiques (ex : orthose) ou sodiques (plagioclase sodique = albite)

Les **roches calco-alcalines** ont à la fois des feldspaths alcalins et des plagioclases calco-sodiques.

- L'**indice de richesse en ferro-magnésiens** est à relier à la couleur plus ou moins sombre des minéraux.

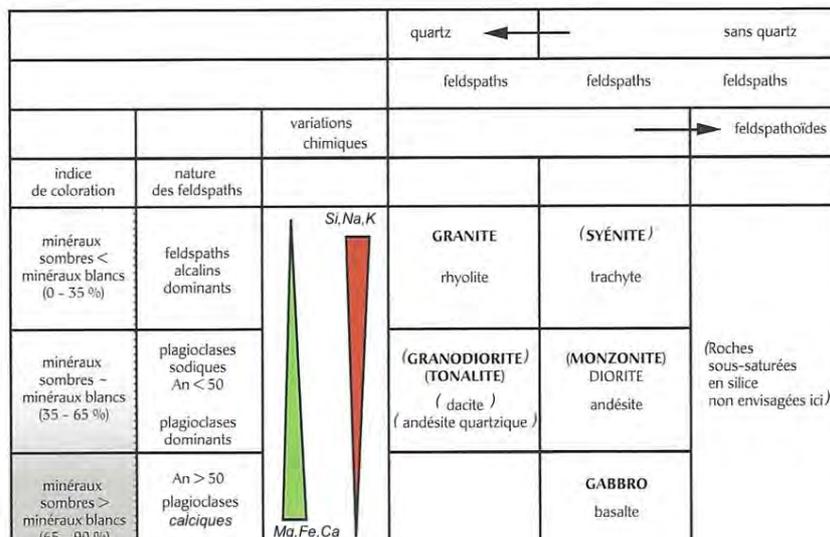
Les minéraux ferro-magnésiens sont sombres: pyroxènes, amphiboles, olivines, mica noir (biotite).

Les roches sont dites :

- **leucocrates**, claires si elles possèdent 37,5% max de minéraux Fe Mg
- **mésocrates** si elles possèdent de 37,5% à 62,5% de Fe Mg
- **mélanocrates**, sombres si elles possèdent plus de 62,5% de Fe Mg

On indiquera enfin,

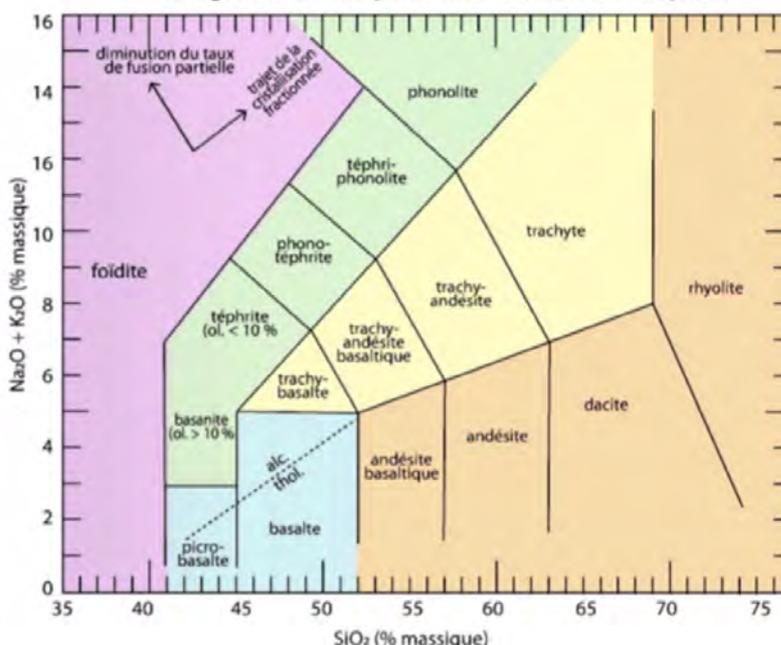
- la **richesse en aluminium** (cas de la muscovite = mica blanc) dans les granites peralumineux ;
- la **richesse en eau** (il existe des minéraux hydratés comme les amphiboles riches en groupements -OH)



Le **diagramme silice vs alcalins (Na, K)** (diagramme TAS ou de Harker, permet une classification précise (mais n'est pas utilisable sur le terrain). Il sera surtout utile pour étudier l'évolution des séries magmatiques (cf TP2).

Une roche magmatique est dite alcaline lorsque la masse en Na_2O et K_2O est soit supérieure à la masse en Al_2O_3 pour les roches saturées et sursaturées, soit supérieure à la masse en SiO_2 pour les roches sous-saturées.

Diagramme TAS pour les roches volcaniques.



Exercice :
placez ces 6 roches dans le **diagramme TAS** et donnez un nom à chacune (Roches échantillonnées dans la chaîne des Puys)

| N° Analyse | 1 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 45,28 | 48,11 | 49,49 | 52,57 | 58,35 | 69,18 |
| Al ₂ O ₃ | 16,09 | 16,08 | 17,42 | 17,76 | 18,52 | 15,92 |
| Fe ₂ O ₃ | 12,80 | 11,88 | 11,34 | 9,46 | 6,51 | 1,82 |
| MgO | 6,69 | 6,05 | 4,40 | 3,28 | 2,10 | 0,24 |
| CaO | 10,30 | 9,38 | 8,17 | 7,19 | 4,60 | 0,91 |
| Na ₂ O | 3,60 | 3,53 | 4,02 | 4,42 | 5,10 | 6,14 |
| K ₂ O | 1,84 | 1,82 | 2,12 | 2,47 | 3,15 | 5,38 |
| TiO ₂ | 2,57 | 2,37 | 2,25 | 1,70 | 1,45 | 0,23 |
| P ₂ O ₅ | 0,63 | 0,60 | 0,60 | 0,93 | - | - |
| MnO | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,21 | 0,21 | 0,17 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Na ₂ O+K ₂ O | 5,44 | 5,35 | 6,14 | 6,89 | 8,26 | 11,52 |

II- La diversité des édifices volcaniques reflète la diversité des dynamismes éruptifs.

Etude des cartes géologiques de Clermont-Ferrand au 1/5000 et de la chaîne des Puys au 1/25000

Diapositives des édifices volcaniques de la chaîne des Puys

À partir de la carte géologique de la chaîne des Puys, établissez, la **chronologie relative** des événements responsables de l'élaboration des édifices du Puy Chopine et du Puy des Gouttes (intégrez les coulées situées à l'ouest de ces puys et négligez les coulées de solifluxion).

Le volcanisme modifie profondément les paysages. Les **types éruptifs** sont classés en **4 catégories** en fonction de la proportion de matériaux (gaz, solide, liquide) émis lors de l'éruption. Annexe 3

On distingue les types **hawaïen** (effusif), **strombolien** (mixte), **explosif**, **extrusif**, auxquels s'ajoute le type **phréatomagmatique**, résultant de l'interaction entre le magma et de l'eau (sol très hydraté, rivière, poche d'eau liquide ou glace) et qui génère de gigantesques cratères d'explosion pouvant être comblés de sédiments ou occupés par un lac (on parle alors de **maar**).

Un volcan peut connaître plusieurs dynamismes éruptifs au cours de son histoire.

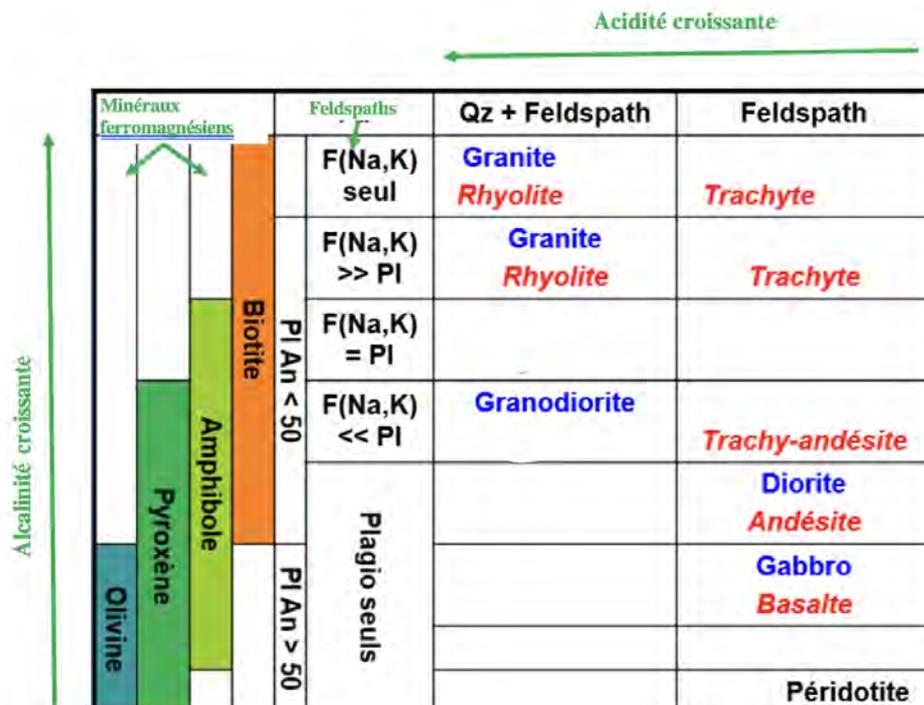
On regroupe souvent les types hawaïen et mixte sous le terme effusif (volcans « rouges ») et les types explosif, extrusif et phréatomagmatique sous le terme explosif (volcans « gris »).

Le type d'éruption dépend essentiellement de la viscosité des magmas et de leur teneur en gaz. La viscosité est fonction de leur **composition chimique** et de la **température** : plus la teneur en silice est élevée et /ou plus la température est faible, plus le magma est visqueux. La composition chimique du magma dépend de la **source** de ce magma (roche mère ayant subi la fusion partielle) et du **degré de différenciation** du magma.

Les **projections** (=pyroclastites= téphras= éjectats) associées aux édifices volcaniques diffèrent par leur taille : **cen-dres** (<2mm), **lapilli** (2mm<Ø<64mm), **blocs et bombes** volcaniques (>64mm). On appelle **scories** les lapillis vacuolaires (bulleux) à surface très craquelée.

Selon leur granulométrie, ces éjectats sont projetés en l'air sous forme d'un **panache volcanique** (dont la hauteur reflète l'intensité de la production magmatique et sert aussi de critère de classification) ou bien ils dévalent les pentes du volcan à grande vitesse (60 à 300km/h) sous forme de **coulées pyroclastiques**, les **nuées ardentes** (mélange à 300-800°C de gaz, fragments rocheux et gouttelettes de magma).

Après dépôt et consolidation, ces projections donnent des **cinérites**, des **tuffs** ou des **brèches** qui peuvent parfois être **exploités** par l'homme (ex : cinérites trachytiques peu consolidées (**pouzzolanes**) servant à la fabrication de mortier ou de ciments).

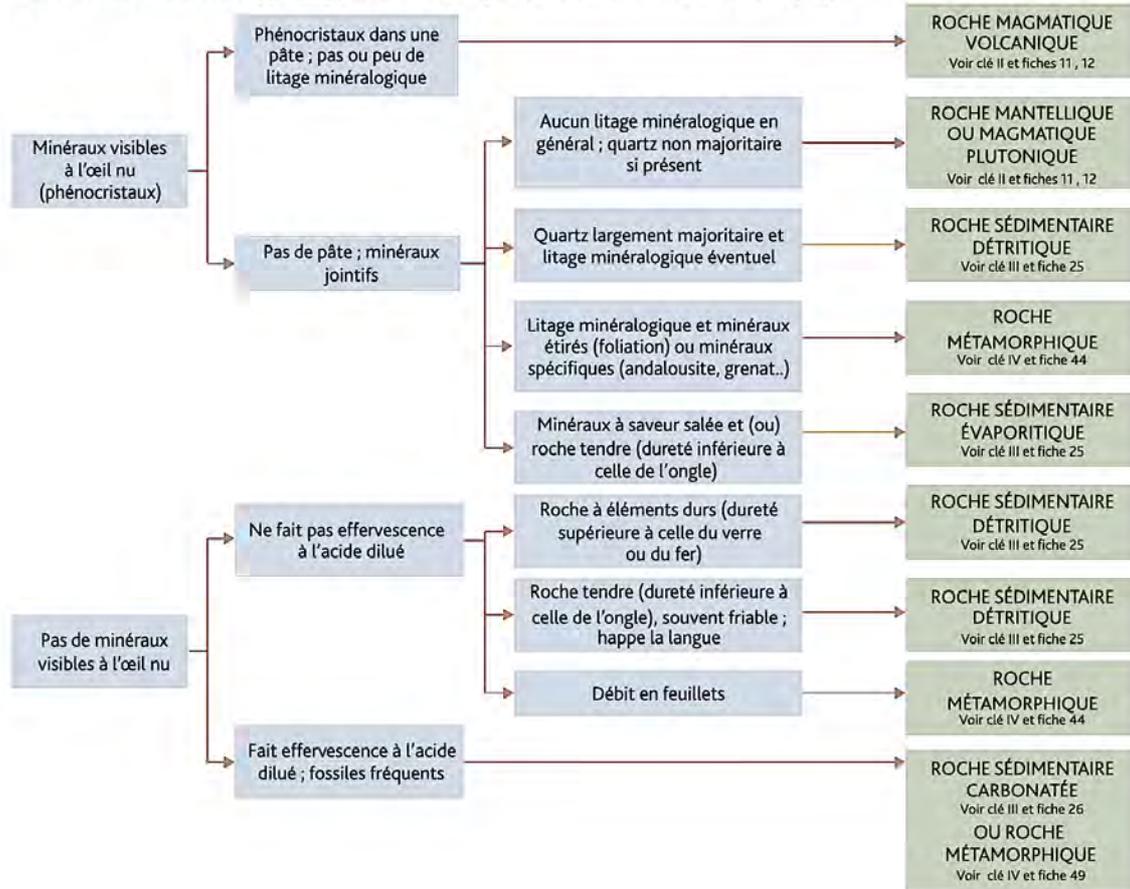


Seules les roches au programme sont indiquées

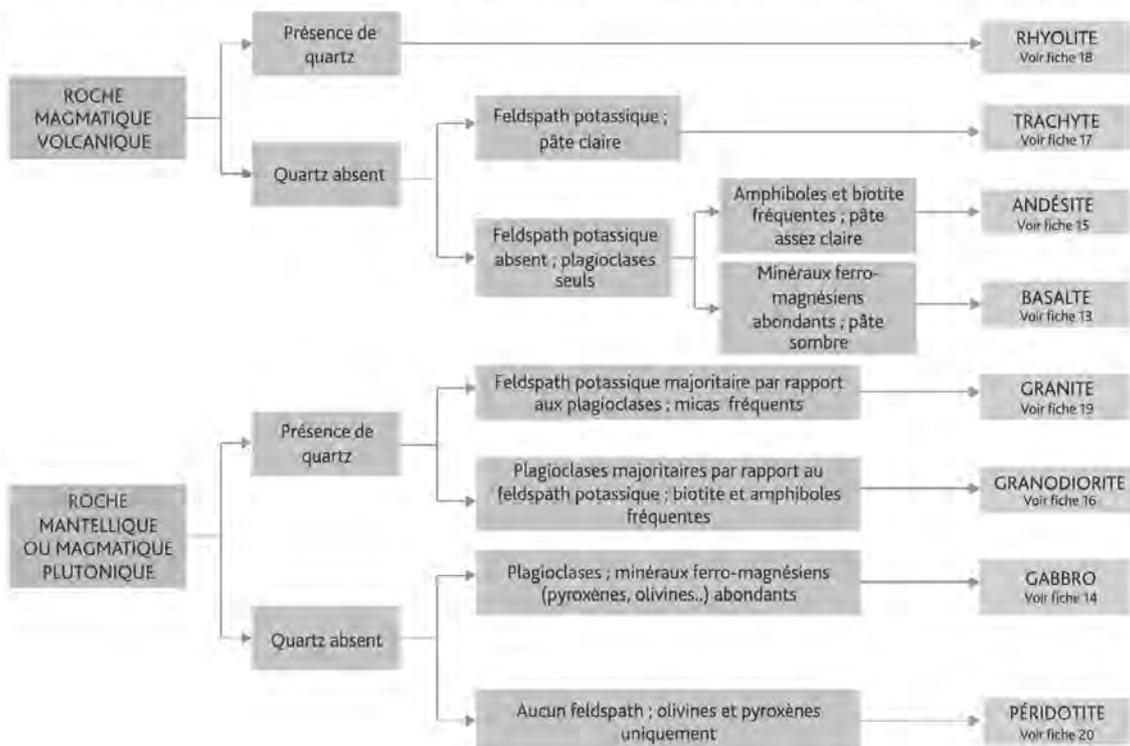
- En bleu les roches plutoniques
- En rouge les roches volcaniques

La péri-dotite est à part dans les roches magmatiques car elle n'a été formée qu'en une fois lors de la formation de la Terre

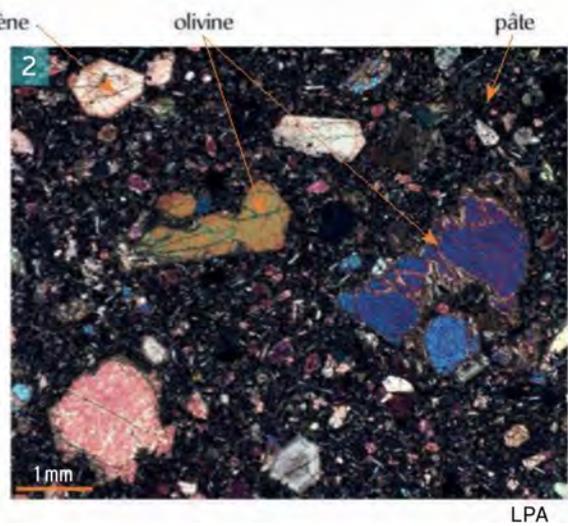
Clé de détermination (I) du type de roche à partir d'un examen macroscopique



Clé de détermination (II) des roches mantelliques et magmatiques à partir d'un examen macroscopique



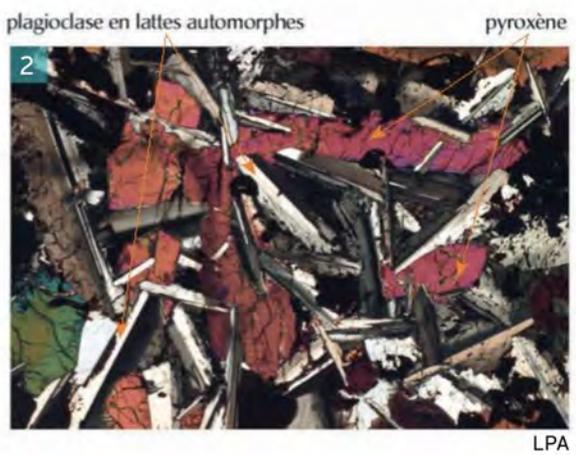
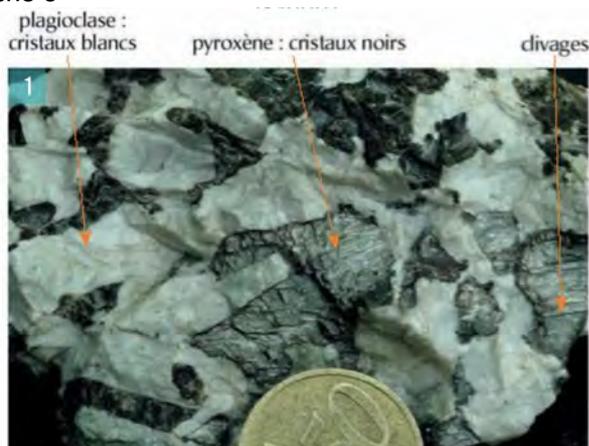
ANNEXE2
Roche 1



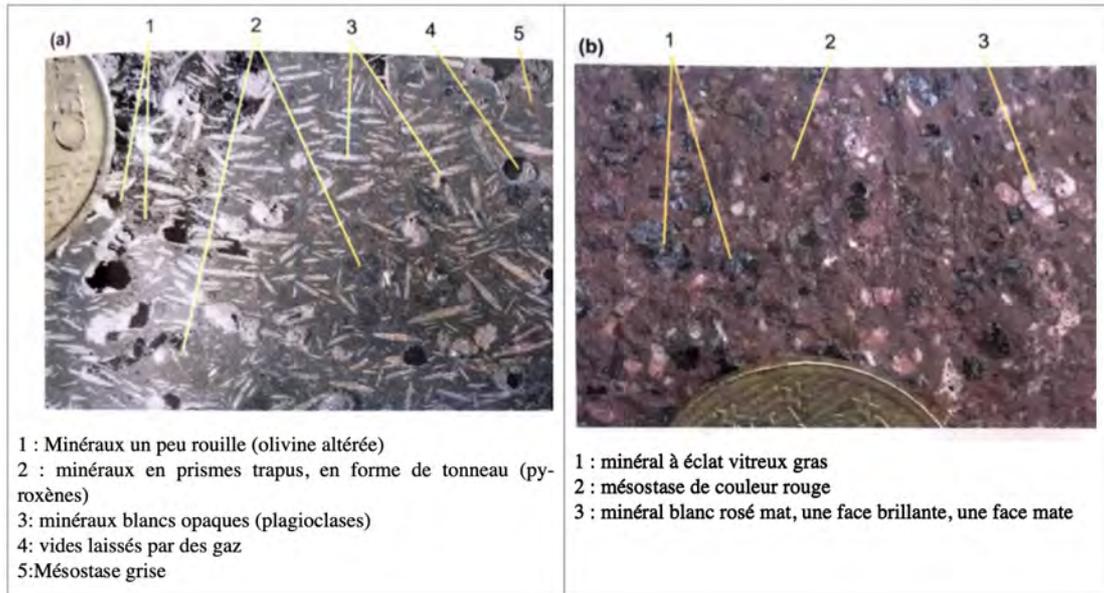
Roche 2



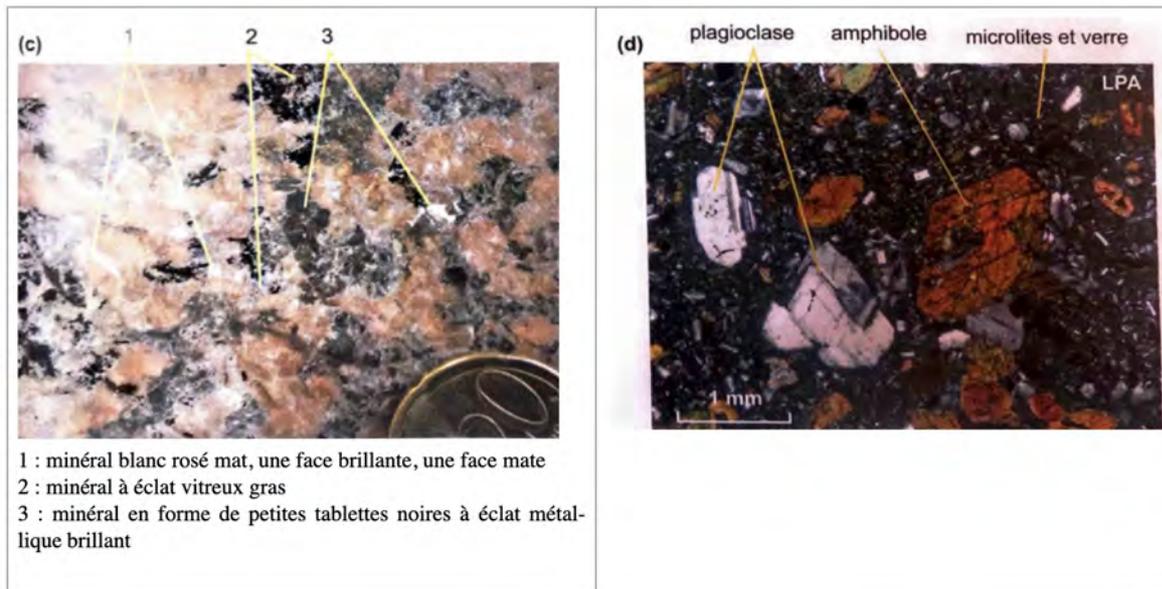
Roche 3



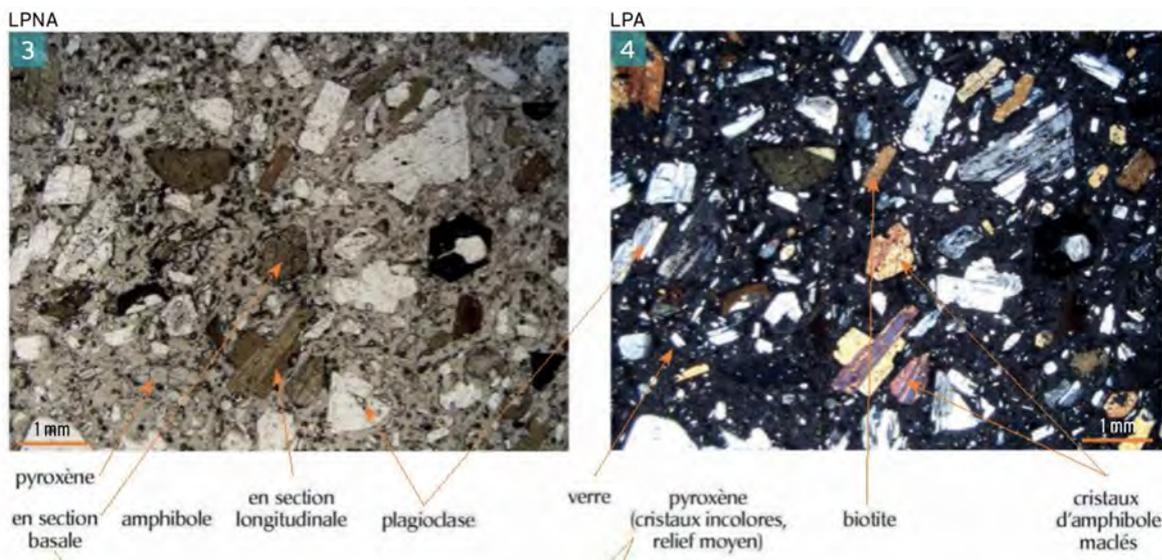
Roches 4 et 5



Roches 6 et 7

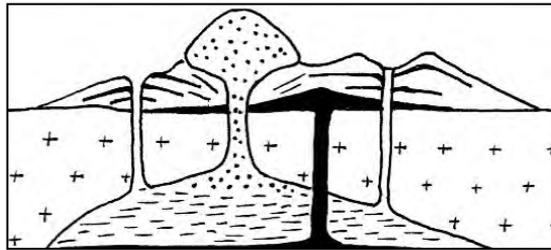


Roche 8

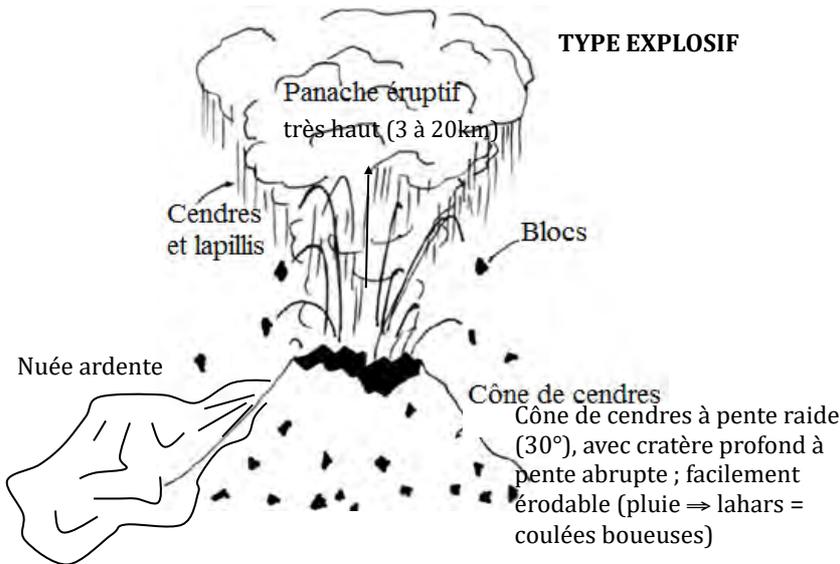
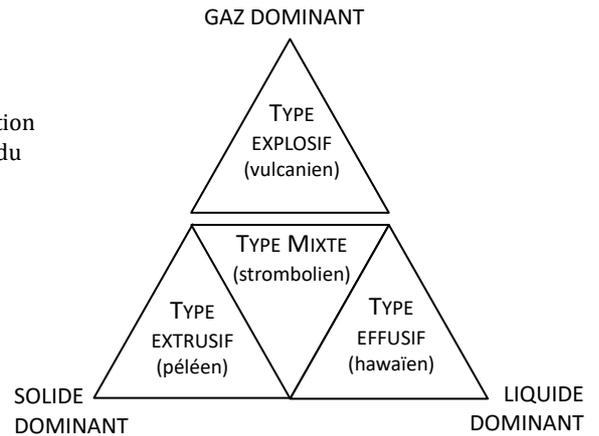


ANNEXE 3 : Diversité des dynamismes éruptifs et des édifices volcaniques associés

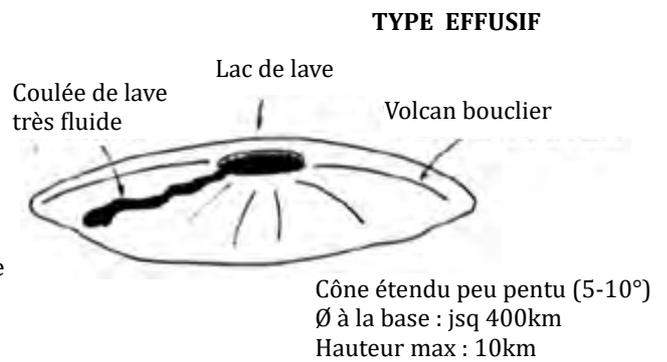
Coulées, cônes, dômes peuvent se succéder au cours du temps en un même lieu...



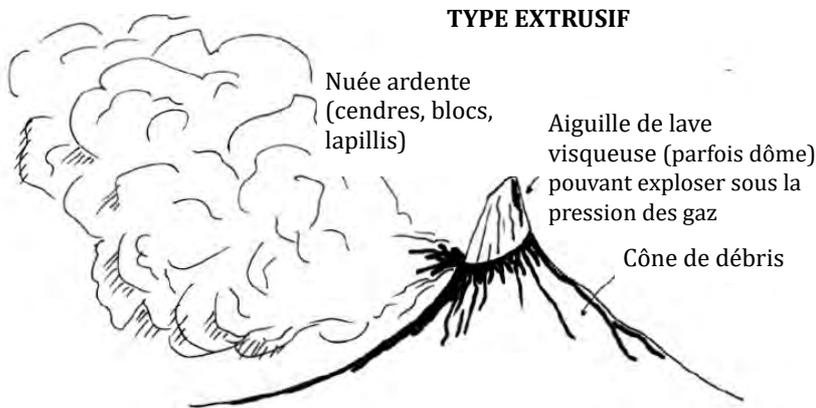
... et reflètent des dynamismes éruptifs différents classés selon le type de matériaux majoritaires émis



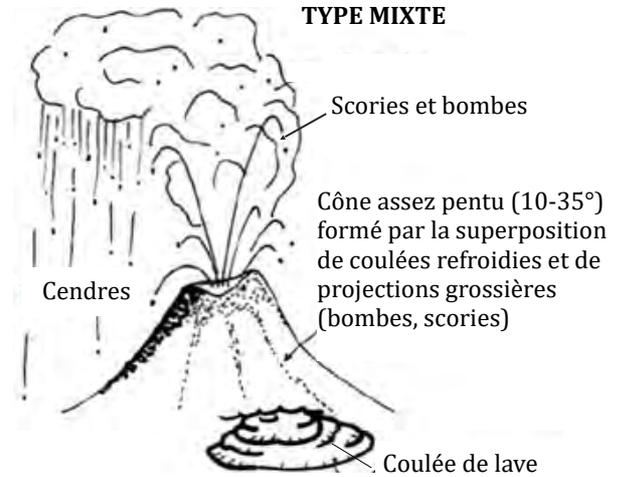
TYPE EXPLOSIF



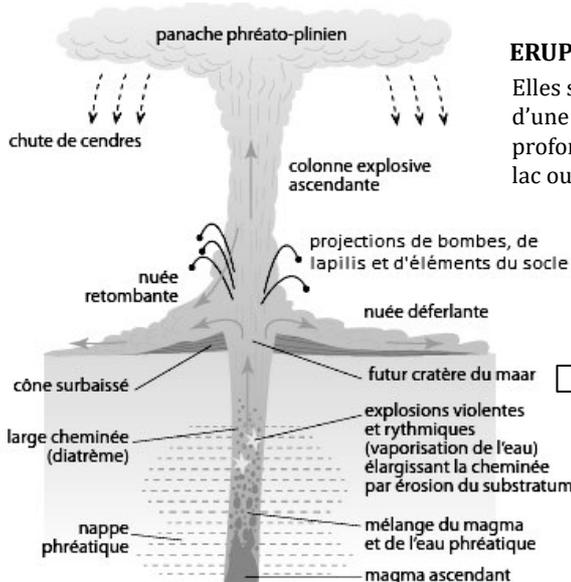
TYPE EFFUSIF



TYPE EXTRUSIF

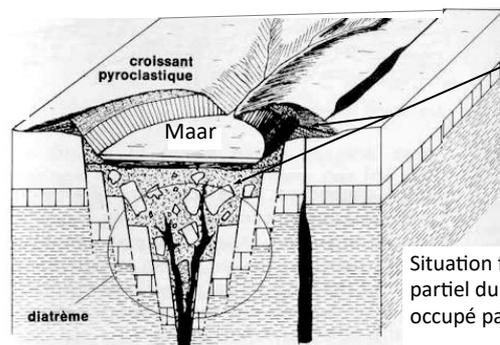


TYPE MIXTE



ERUPTIONS HYDROMAGMATIQUES

Elles sont dues à l'interaction explosive entre le magma ascendant et de l'eau provenant : d'une nappe phréatique (phréatomagmatisme produisant des maars) ; d'une mer peu profonde <1000m (éruptions surtseyennes comme à Surtsey en Islande en 1963) ; d'un lac ou d'un lac sous-glaciaire (éruption de 2010 de l'Eyjafjallajökull en Islande).



Présence de pépérites : roches pyroclastiques résultant du mélange de billes de lave vitrifiées et de fragments de socle sédimentaire pulvérisé par l'explosion

Situation finale après comblement partiel du cratère, généralement occupé par un lac.