



# ST-F – Le Magmatisme

## Les termes extraits du programme :

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> <li>- Associer certains dynamismes éruptifs et la (les) série(s) observée(s).</li> <li>- Exploiter des données afin de déterminer la diversité des sources et la variation du taux de fusion partielle.</li> <li>- Exploiter des données afin de déterminer les deux moteurs de la différenciation magmatique (la cristallisation fractionnée et l'existence de mélanges).</li> <li>- Exploiter des documents afin de proposer une (des) hypothèse(s) sur l'histoire régionale d'une série magmatique.</li> <li>- Expliquer les processus magmatiques dans le cadre de la formation de la lithosphère océanique.</li> </ul>
--	--

## Les objectifs du TP en complément du cours :

Rq : certaines méthodes et techniques ont été traitées en cours (utilisation des diagrammes de streckeisen, calcul d'un taux de fusion, exploitation diagramme ternaire... elles sont à connaître !)

Travail à réaliser	objectifs	capacité	matériel
<b>Analyser</b> des documents relatifs à un ensemble de structures magmatiques	Identifier cet ensemble comme étant une série magmatique en utilisant différents critères	<b>Mises en relations</b> d'arguments définissant une série magmatique	Cartes géologiques, Analyses chimiques, Diagramme TAS
<b>Exploiter</b> des données géochimiques pour retracer l'histoire d'une série magmatique	Identifier les moteurs de différenciations impliqués dans l'évolution du magma, l'importance du taux de fusion ....	<b>Mettre en relation</b> des informations <b>Formuler</b> une hypothèse	Diagramme isotopiques
<b>Analyser</b> des documents relatifs à la différenciation d'un magma primaire par cristallisation fractionnée	Mette en évidence la cristallisation fractionnée produit un magma de chimie différente	<b>Mettre en relation</b> des informations	Classification de Cox- diagramme TAS Diagramme AFM(Alcalins, fer total et magnésium)
<b>Exploiter</b> des données relatives à la différenciation d'un magma primaire par contamination	Identifier les différents types de contamination impliqués dans l'évolution du magma	<b>Mettre en relation</b> des informations	Macro et microéchantillon Diagramme isotopiques
<b>Analyser et exploiter</b> des documents relatifs au fonctionnement d'une chambre magmatique	Expliquer les processus magmatiques mis en jeu lors de la formation de la lithosphère océanique	<b>Exploiter</b> un diagramme de phase binaire en lien avec des données cartographiques <b>Mise en relation</b> des informations	Carte géologique Diagramme de phase binaire Microphotographie

## I. A PROPOS DES SERIES

### A. IDENTIFIER ET RETRACER L'HISTOIRE D'UNE SERIE MAGMATIQUE

*Exercice 1 : L'île de Nuku Hiva – Marquises*

### B. RELATION ENTRE CRISTALLISATION FRACTIONNEE ET SERIE MAGMATIQUE

*Exercice 2 : Cristallisation fractionnée depuis un magma primaire*

## II. ET SI ON PARLAIT DE CAS PARTICULIERS DE DIFFERENCIATIONS MAGMATIQUES

*Exercice 3 : Les basaltes à quartz du Morne Champagne – Martinique*

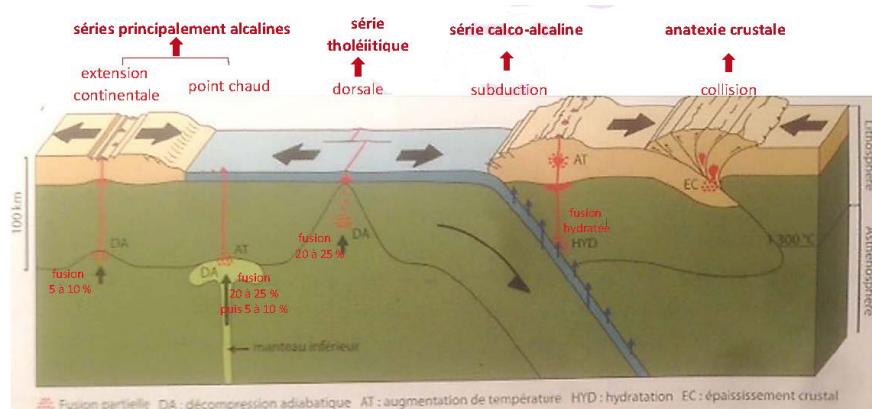
*Exercice 4 : Activité volcanique La subduction andine*

## III. LES PROCESSUS MAGMATIQUES A L'ORIGINE DE LA FORMATION DA LITHOSPHERE OCEANIQUE

*Exercice 5 : Skaergaard, une chambre magmatique*

## I. A propos des séries

Chaque série magmatique correspond à un ou plusieurs contextes géodynamiques. Ici les trois principales séries sont évoqués.

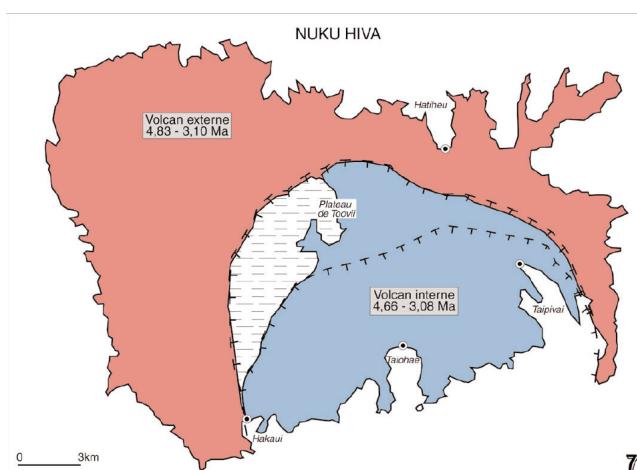


### A. Identifier et retracer l'histoire d'une série magmatique

**Exercice 1 : L'île de Nuku Hiva – Marquises**

L'île de Nuku Hiva est localisée dans la zone centrale des Marquises, d'une surface de 30 x 20 km, elle culmine à 1227m au-dessus de la mer et 7000 m au-dessus du plancher océanique.

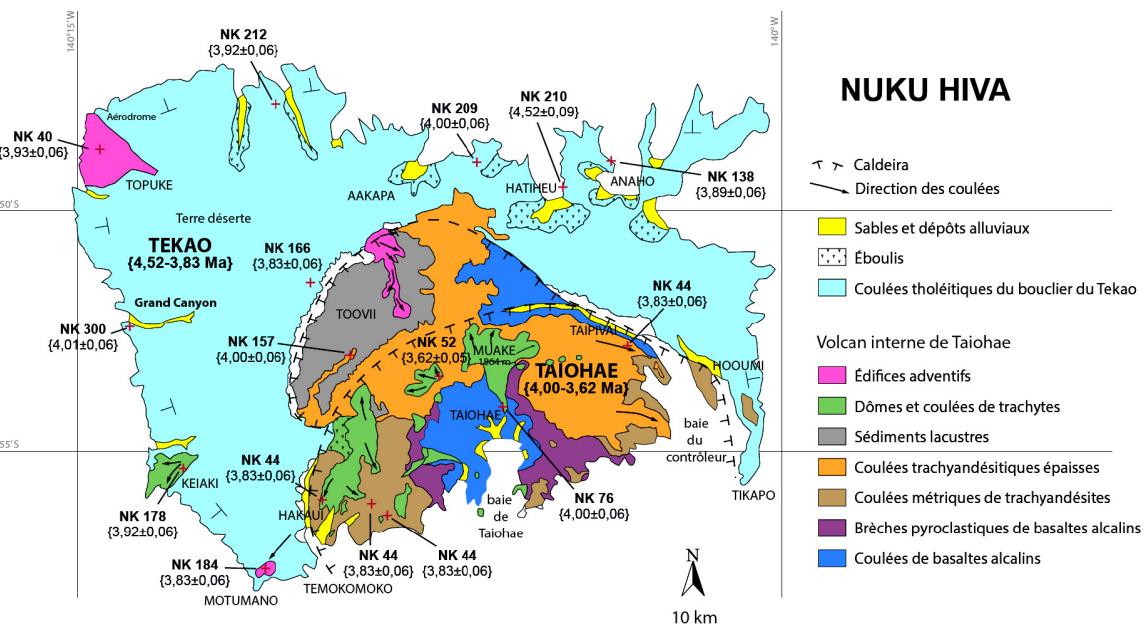
Comme la très grande majorité des îles marquises Nuku Hiva est constituée de volcans boucliers, cependant, on n'observe aucun volcan bouclier intact et de grande taille en effet, le type d'édifice le plus courant consiste en un demi-bouclier (volcan externe -Tekao) affecté par un effondrement caldeirique et un volcan interne plus petit qui s'est ensuite formé dans cette caldeira, correspondant au stade post-bouclier (volcan de Taiohae)



Cette île est donc subdivisée en trois domaines structuraux :

- Le volcan de Tekao, au Nord-Ouest ;
- Le volcan de Taiohae, au Sud-Est, actif ;
- Le plateau de Toohii entre ces deux édifices, correspondant au comblement d'une large caldeira d'effondrement du Tekao par des coulées épaisse.

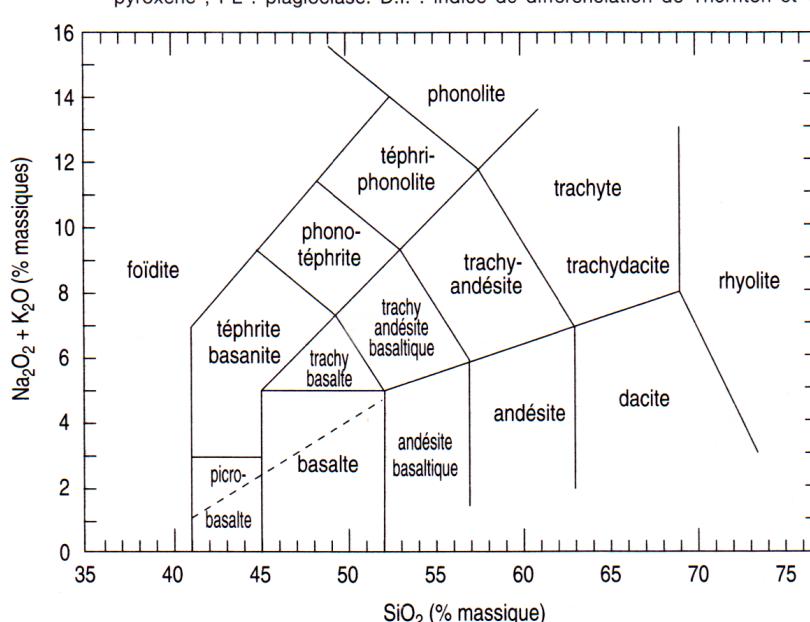
*Document 1 : carte générale de l'île de Nuku Hiva – Marquises.*



Document 2 :  
Carte géologique  
simplifiée de  
Nuku Hiva,  
d'après Savanier  
et al. (2006)

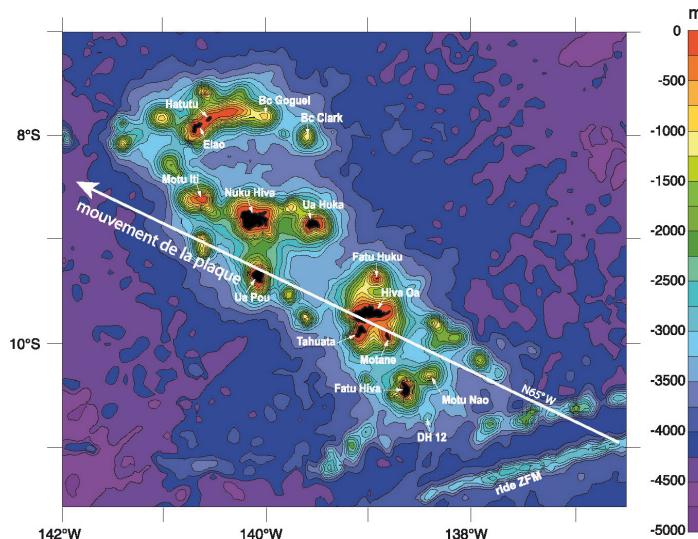
Type	1	2	3	4	5
Phénoc.	OL + CPX	CPX + PL+ MT + AP	PL + CPX + AM + MT + AP	PL + AM+ CPX + MT+ MI + FA+ AP	FA + AM+ BT + MT+ AP
SiO <sub>2</sub>	45,60	47,85	53,10	58,20	63,80
TiO <sub>2</sub>	3,16	3,51	1,88	1,15	0,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,30	15,25	17,57	18,33	18,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,20	12,22	8,12	5,42	3,08
MnO	0,17	0,16	0,20	0,16	0,06
MgO	7,13	5,64	2,77	1,26	0,47
CaO	9,03	8,08	5,20	2,95	1,53
Na <sub>2</sub> O	2,83	3,24	5,39	5,18	6,15
K <sub>2</sub> O	1,70	1,91	2,90	5,27	5,44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,56	0,61	0,86	0,34	0,20
P.Feu	2,16	1,27	1,92	0,98	1,11
Total	99,84	99,74	99,91	99,24	100,50

Document 3 : analyses de laves du volcan de Taiohæ, île de Nuku Hiva, Marquises.



Document 4 : diagramme TAS et classification des roches volcaniques.

- 1- Exploitez de façon judicieuse les documents fournis pour argumenter l'appartenance de l'édifice du Taiohæ à une série magmatique et pour identifier à quel type de série il appartient.

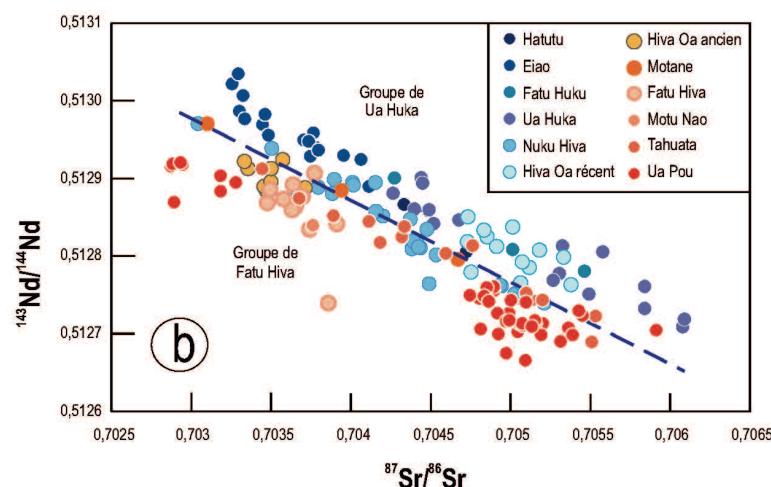
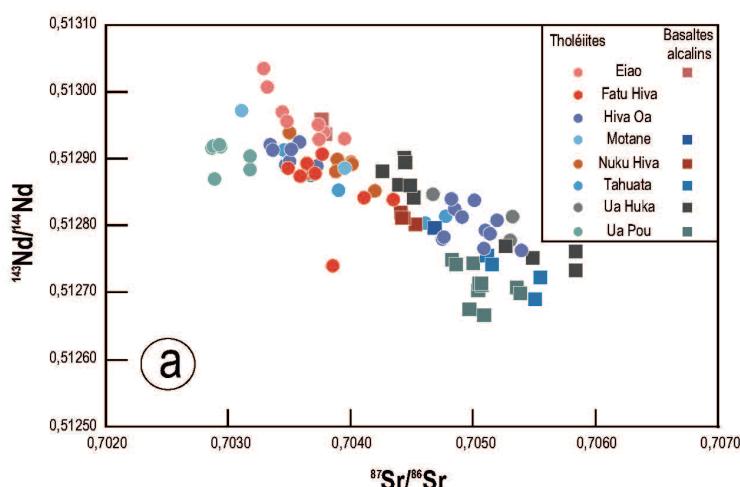
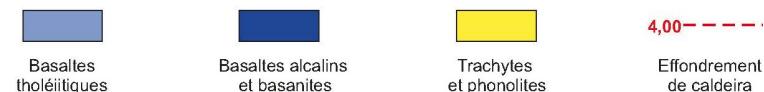
*Document 5 :*

Carte bathymétrique des Marquises, établie d'après les données altimétriques de Smith et Sandwell (1997). L'orientation globale de l'archipel est N40°W. La ligne N65°W, qui correspond à la migration de la plaque Pacifique à la vitesse de 10,5 cm/an, sépare les deux groupes isotropiques d'îles identifiés sur le document 7 (groupe de Ua Huka au NE, groupe de Fatu Hiva au SE). ZFM : Zone de Fracture des Marquises.

**Nuku Hiva***Document 6 :*

Colonne stratigraphique simplifiée (âges en Ma, échelles verticales arbitraires). Les lignes en tirets rouges indiquent les épisodes d'effondrement de caldeiras. Les laves intermédiaires (mugéarites, benmoréites, téphrites, téphriphonolites) ne sont pas représentées.

Abréviations des noms des volcans : Th: Taiohae ; Tk : Tekao

*Document 7 : Diagrammes isotopiques ( $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ )/( $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ ) pour les laves des Marquises*

a : différences entre les tholéïites et les basaltes alcalins et basanites de chaque île, d'après Guillou et al. (2014). L'échantillon de Fatu Hiva à l'écart de la tendance principale ( $143\text{Nd}/144\text{Nd}$  faible) provient de Woodhead (1992) ;

b : données sur tous les types de laves montrant les différences entre les deux groupes géographiques, d'après Chauvel et al. (2012) et Maury et al. (2012a).

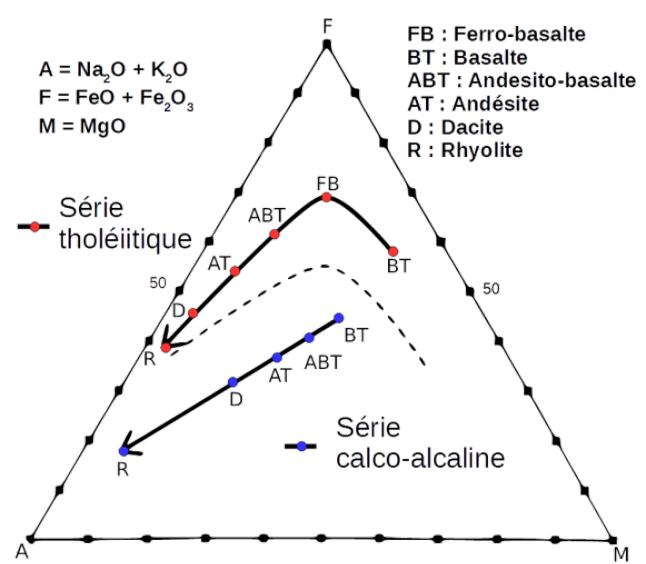
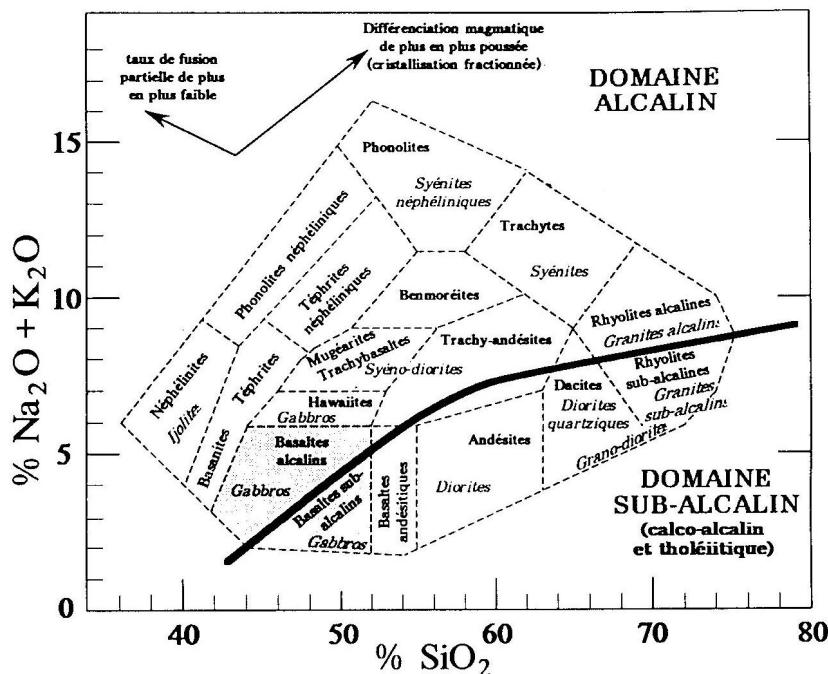
- 2- Exploitez de façon judicieuse les documents fournis pour proposer une ou des hypothèse(s) sur :
  - L'importance du taux de fusion partielle
  - Le ou les moteurs de la différenciation magmatique
- 3- Proposez un bilan sur l'histoire régionale de cette série

## B. Relation entre cristallisation fractionnée et série magmatique

### Exercice 2 : Cristallisation fractionnée depuis un magma primaire

	Pourcentage en masse	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	Total
Magma primaire	100	49,4	2,5	13,9	11,56	0,16	9,44	10,53	2,13	0,38	
Olivine	9	38,87	0,04	0,02	18,16	0,2	42,37	0,32	0,02	0	
Pyroxène	13	52,58	0,71	1,1	18	0,33	25,1	2,15	0,03	0	
Plagioclase	15	44,94	0	34,95	0,64	0	0	18,63	0,79	0,05	
Magnétite	3	0,07	4,12	2,7	92,1	0,28	0,7	0,03	0	0	
Magma différencié											

Données extraites de la composition chimique des laves Hawaïennes.

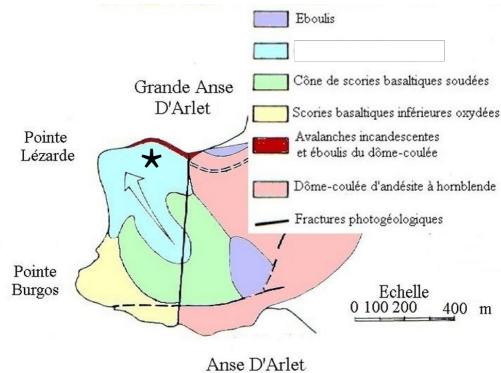


On considère un magma primaire cristallisant au sein d'une chambre magmatique et aboutissant à la formation de 9% d'olivine, 13% de pyroxène, 15% de plagioclase et 3% de magnétite (en masse). On suppose qu'il se produit une cristallisation fractionnée (avec séparation complète de la phase minérale du magma).

- Déterminer l'équation permettant d'obtenir la concentration en éléments du magma différencié à partir de la composition chimique du magma primaire et de chaque phase minérale ;
- Déterminer la composition chimique du magma différencié.
- Reporter le magma primaire et le magma différencié sur la classification de Cox positionnée sur le diagramme TAS et proposer une hypothèse sur la voie de différenciation suivie par ce magma (série magmatique).
- Que pensez-vous de l'évolution du volume des liquides différenciés par rapport au volume initial de magma primaire formé.
- Complétez votre analyse en reportant les deux magmas au niveau diagramme AFM

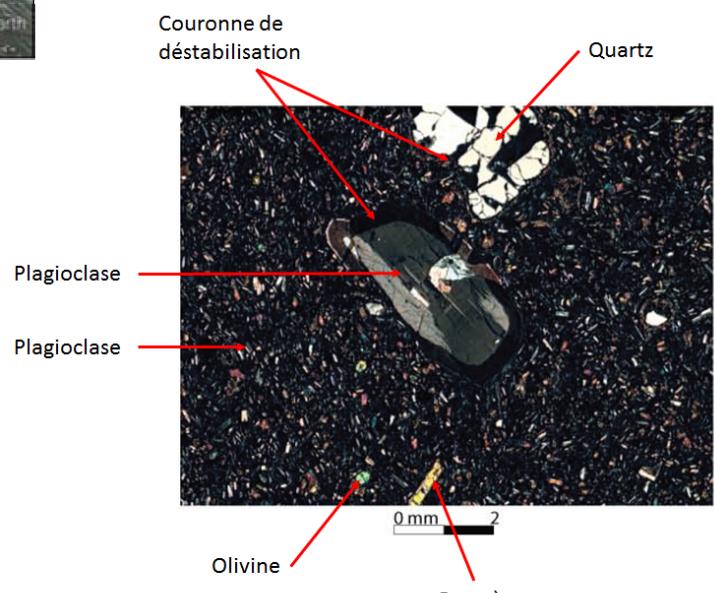
## II. Et si on parlait de cas particuliers de différenciations magmatiques

### Exercice 3 : Les basaltes à quartz du Morne Champagne – Martinique



*Vue d'une partie d'un échantillon prélevé au niveau de la coulée du Morne Champagne (\*)*

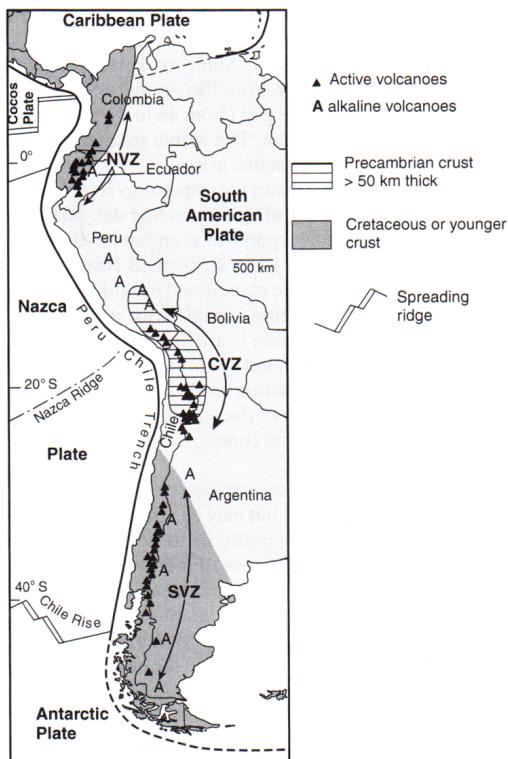
Le **morne Champagne**, à l'extrême occidentale de la presqu'île des Trois îlets est un édifice volcanique constitué de **deux volcans imbriqués**. Le volcan initial est formé d'un dôme de coulées et de brèches andésitiques ou dacitiques, recoupé par un cône strombolien lui-même égueulé par une coulée de lave dont un échantillon vous est proposé (lieu de prélèvement \* sur le schéma structural simplifié)



*Lame mince (LPA) d'un échantillon de la coulée du Morne Champagne (\*).*

1. Analyser l'échantillon proposé en vous aidant de la lame mince fournie.
2. Proposer une hypothèse pouvant expliquer la présence de quartz de taille centimétrique dans une telle roche.

### Exercice 4 : Activité volcanique La subduction andine

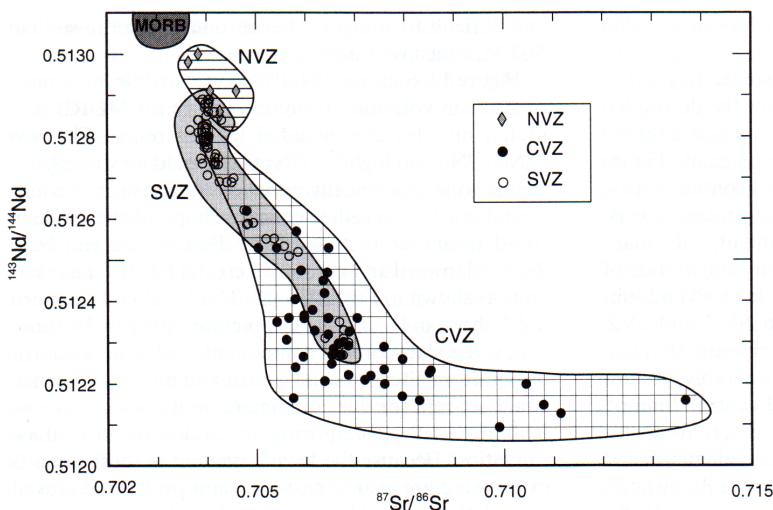


La marge active andine présente une activité volcanique restreinte à trois grandes zones (North/Central and South Volcanic Zone notées NVZ, CVZ et SVZ) délimitées par des régions volcaniquement inactives.

L'épaisseur crustale de ces trois zones varie de 30-40 km pour les zones Nord et Sud et 75 km pour la zone centrale.

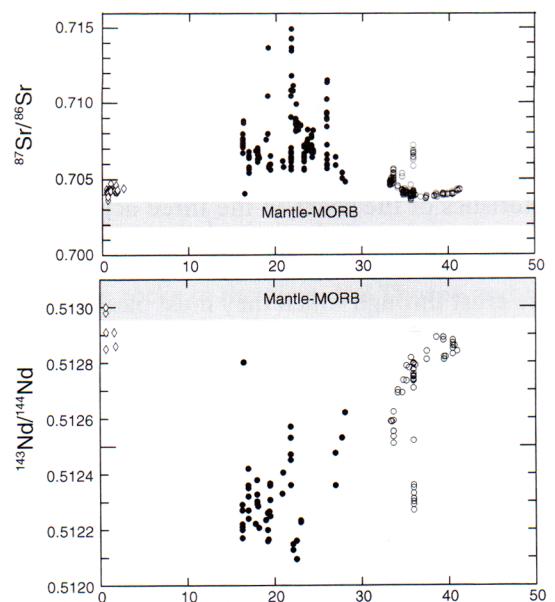
*Document 1 : répartition spatiale du magmatisme andin.*

Quelles informations apporte l'analyse des documents 1 à 3 ?



*Document 2 (à gauche) : Rapports isotopiques Sr et Nd dans les différentes zones volcaniques andines.*

*Document 3 (à droite) : rapports isotopiques Sr et Nd dans la zone andine en fonction de la latitude.*



### III. Les processus magmatiques à l'origine de la formation de la lithosphère océanique

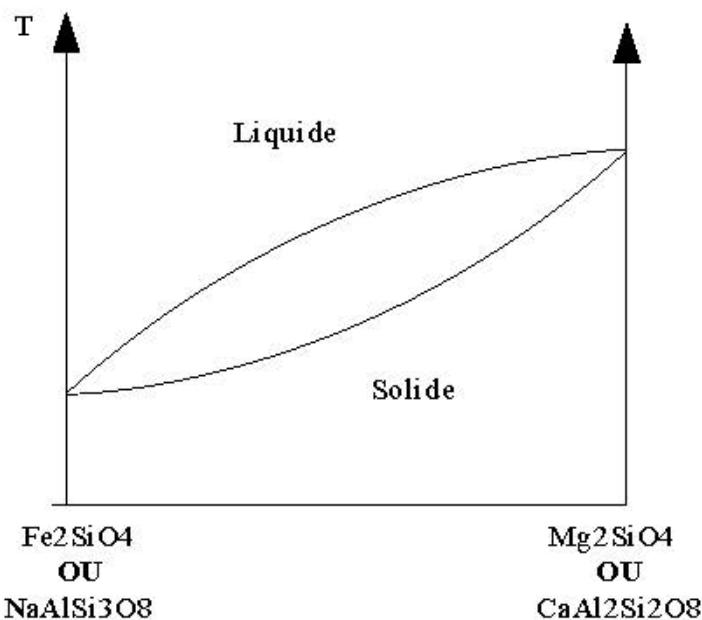
#### Exercice 5 : Skaergaard, une chambre magmatique

A partir des documents suivants, vous discuterez le fait que le Skaergaard puisse être une chambre magmatique à l'affleurement.



Document 1 : Carte géologique simplifiée du Skaergaard

Rouge :	Olivine $Mg_2SiO_4$ + Plagioclase $CaAl_2Si_2O_8$
Orange :	Olivine $(Mg_{0,8}Fe_{0,2})_2SiO_4$ + Plagioclase $(Ca_{0,7},Na_{0,3})Al_{1,7}Si_{2,3}O_8$ + Pyroxène $MgSiO_3$
Jaune :	Olivine $(Mg_{0,5}Fe_{0,5})_2SiO_4$ + Plagioclase $(Ca_{0,3},Na_{0,7})Al_{1,3}Si_{2,7}O_8$ + Pyroxène $(Mg_{0,6}Fe_{0,4})SiO_3$ + Muscovite
Vert :	Olivine $Fe_2SiO_4$ + Plagioclase $NaAlSi_3O_8$ + Pyroxène $FeSiO_3$ + Muscovite



Document 2 : Diagramme de phase qualitatif de l'olivine ou des plagioclases



Document 3 : Photo d'un affleurement sur la bordure du Skaergaard prise dans la zone cartographiée en rouge