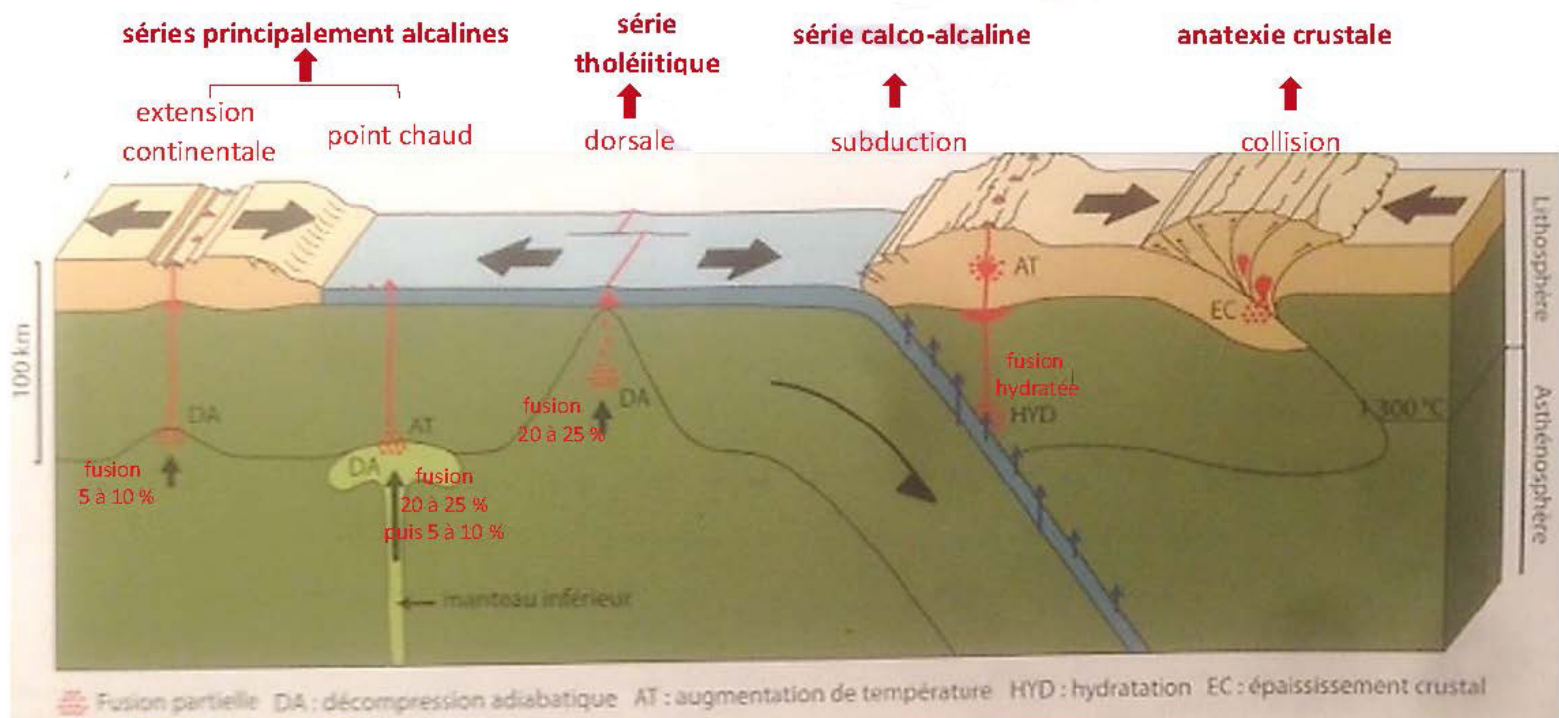
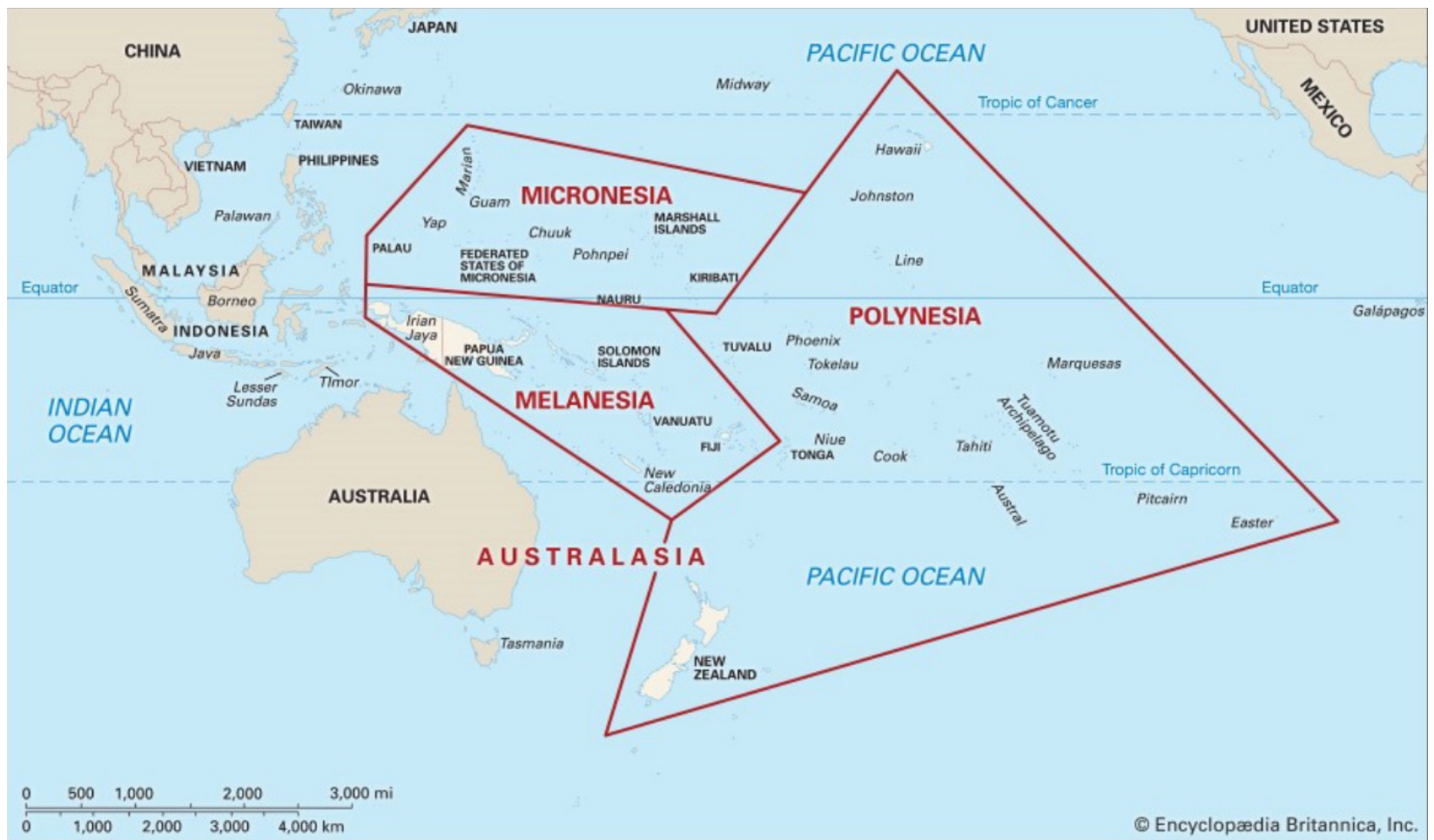


# ST-F – Le Magmatisme



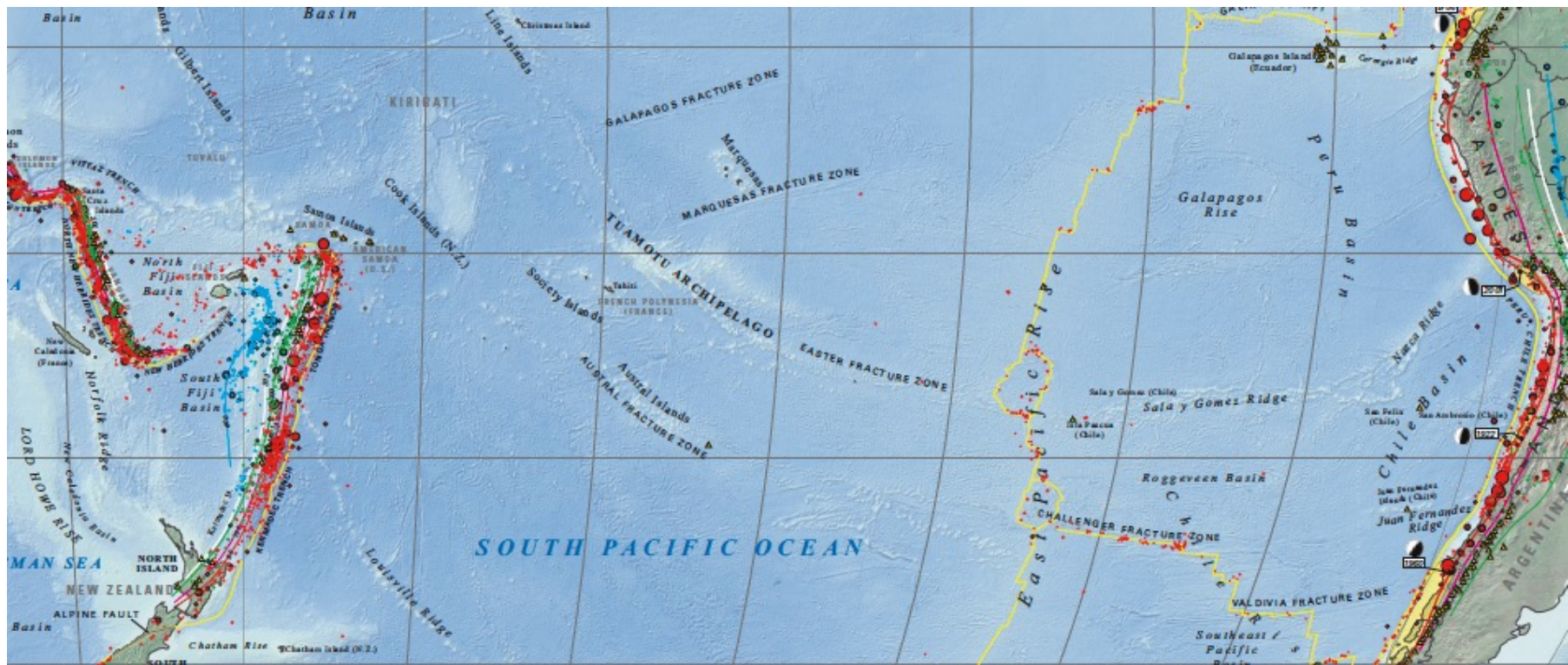
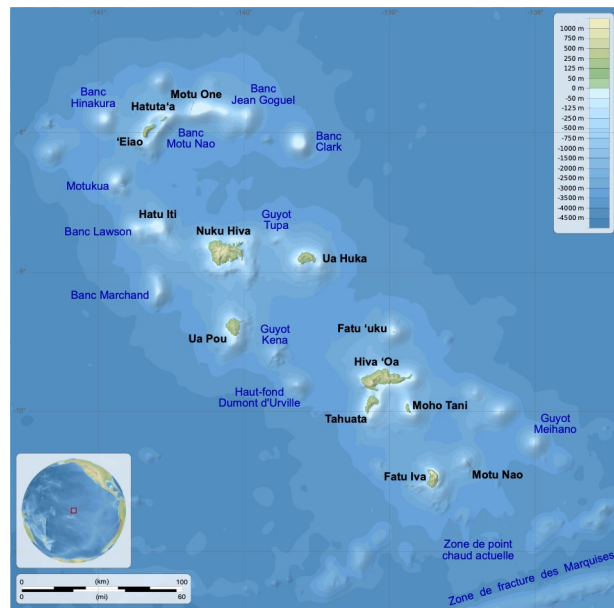


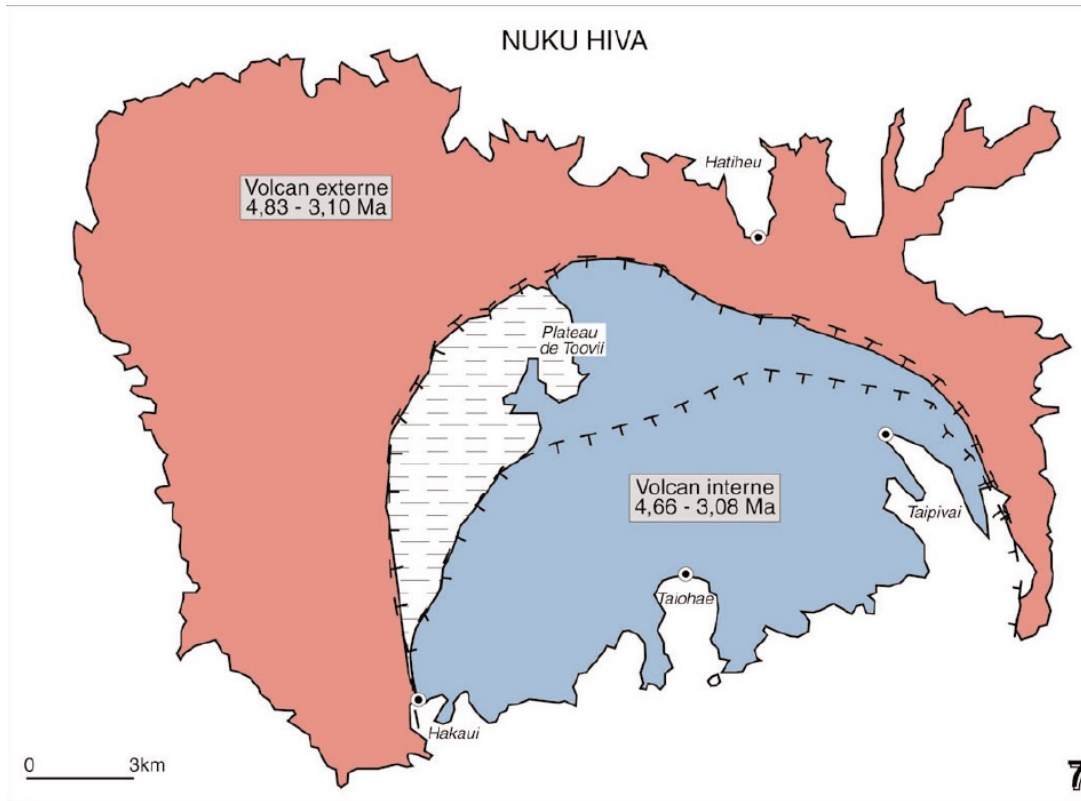


## Océan Pacifique sud

- 4,8 millions km<sup>2</sup>
- Environ 120 îles réparties sur une surface aussi grande que l'Europe
- 5 archipels (Australes, Marquises, Société, Tuamotu, Gambier)



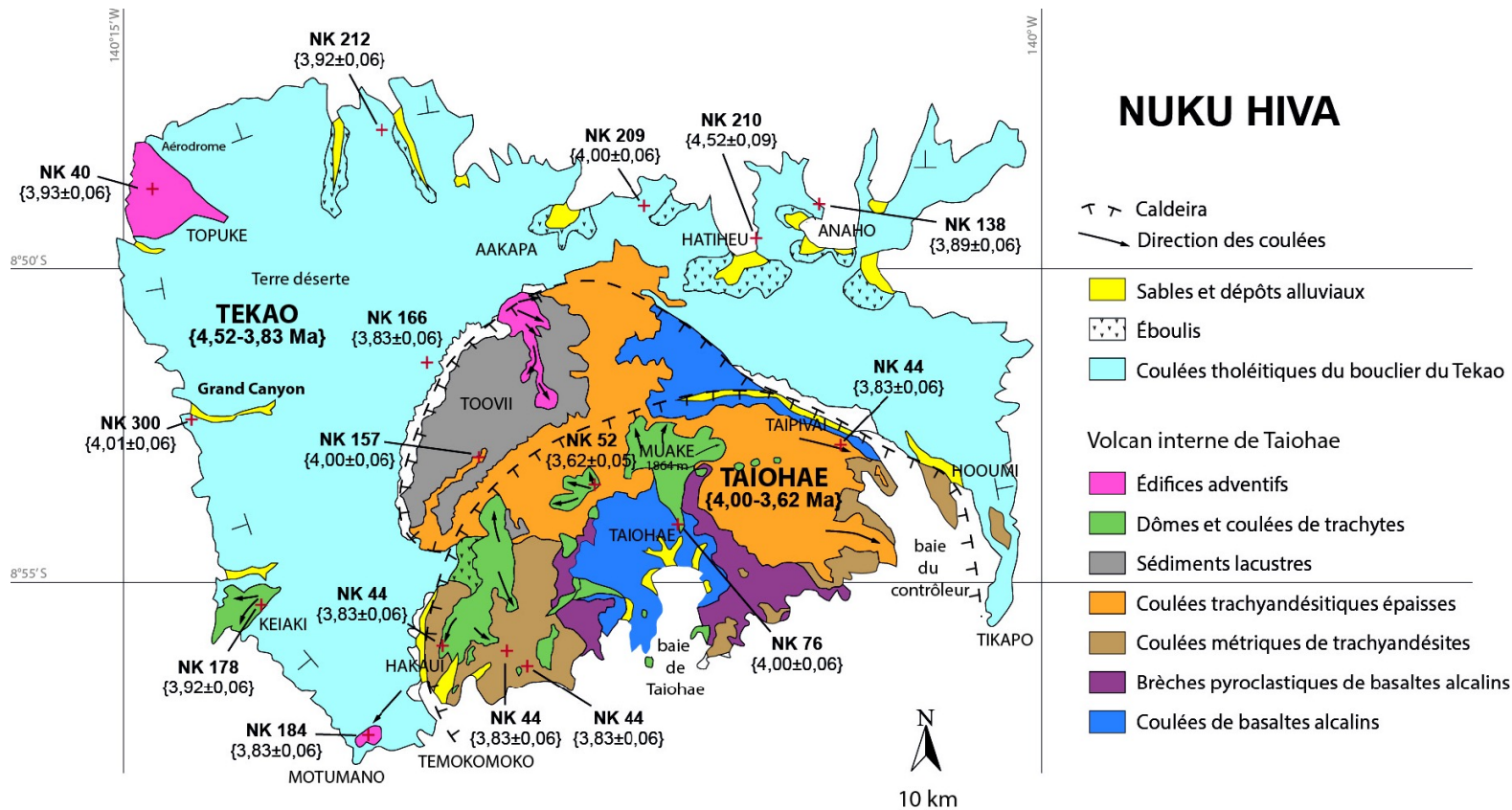




Cette île est donc subdivisée en trois domaines structuraux :

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

*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)*





Coulées trachyandésitiques épaisses à l'Ouest du Mont Muake, volcan interne de Taiohae, Nuku Hiva. Photo S. Blais.

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

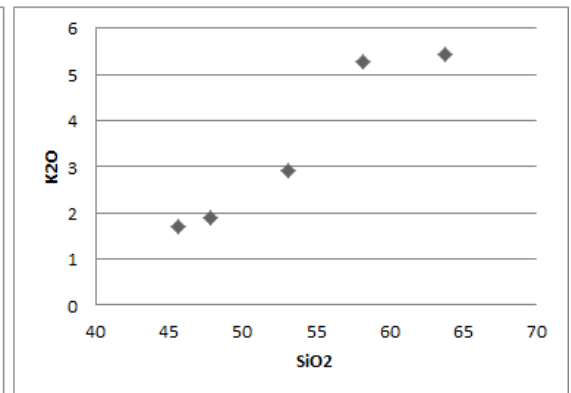
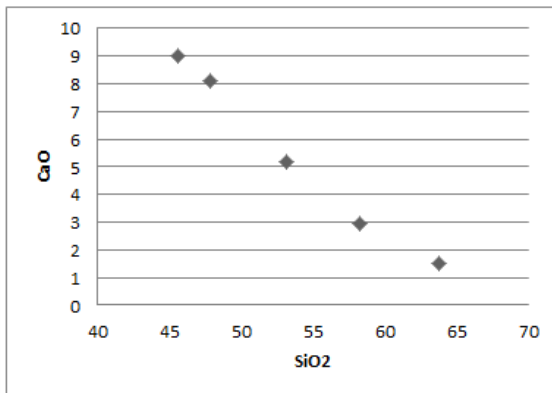
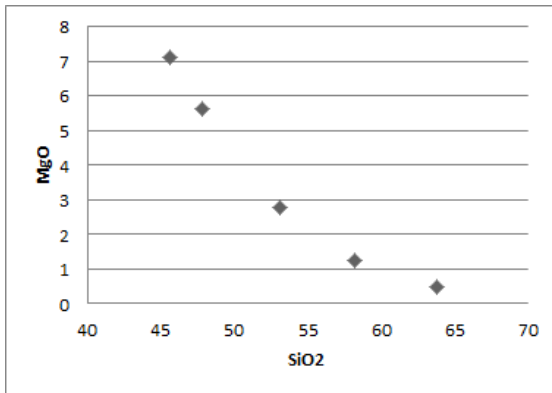
Abréviations utilisées pour les phénocristaux : AM : amphibole ; AP : apatite ; CPX : clinopyroxène calcique ; FA : feldspath alcalin (sanidine-anorthose) ; MI : mica (phlogopite-biotite) ; MT : titanomagnétite ; OL : olivine ; OPX : orthopyroxène ; PL : plagioclase. D.I. : indice de différenciation de Thornton et Tuttle (1960).

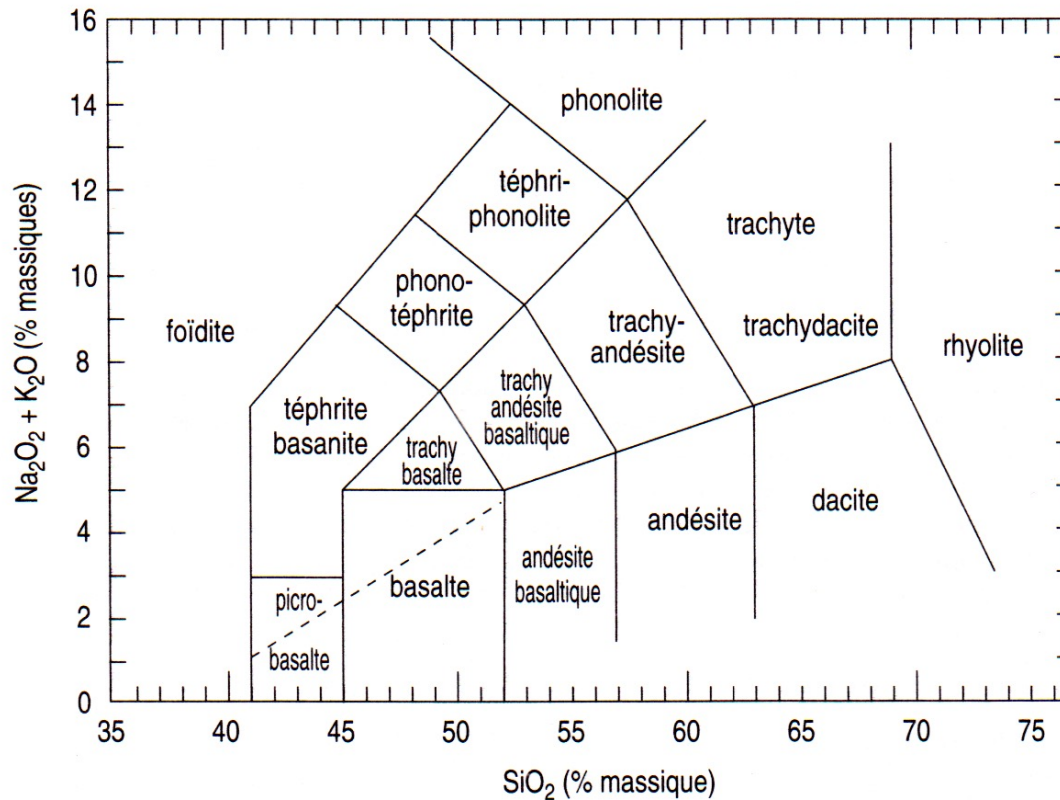
*Document 3 :  
analyses de laves du  
volcan de Taiohae, île  
de Nuku Hiva,  
Marquises.*



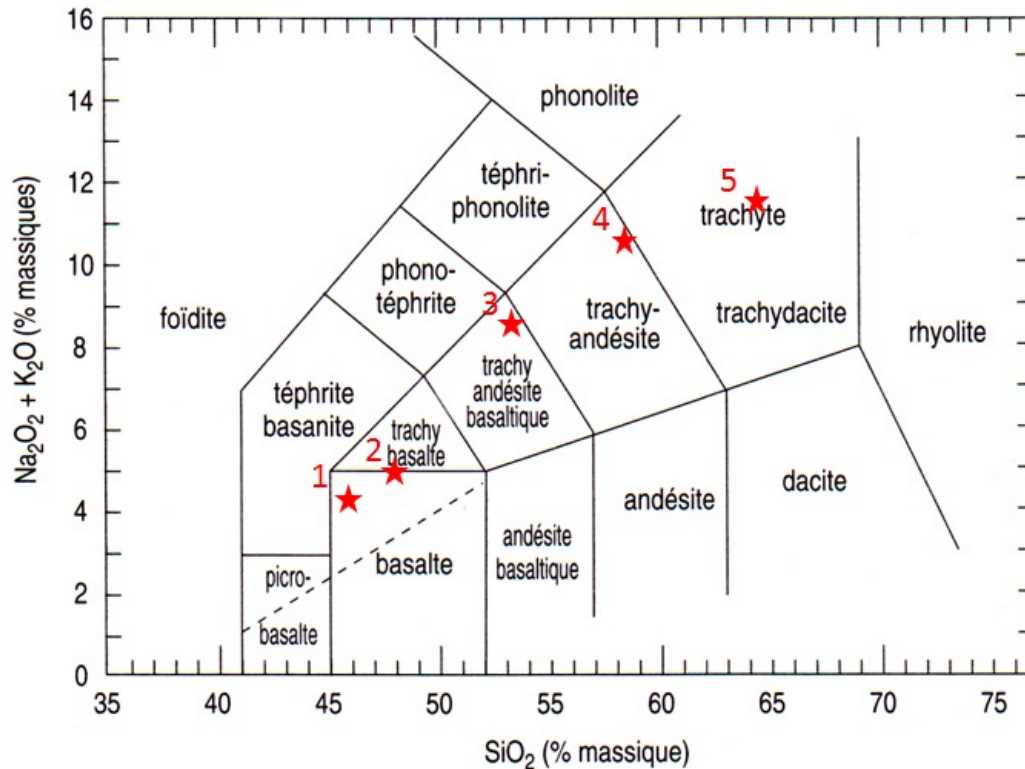
On retrouve les trois unités typiques d'une série magmatique :

- Unité de lieu : toutes les laves appartiennent à l'édifice du Taiohae ; (docs 1 et 2)
- Unité temporelle : les laves ont été mises en place sur 1,5Ma environ ; (docs 1 et 2)
- Unité magmatique : les diagrammes de Harker montrent un alignement de ces roches avec diminution progressive de la quantité de magnésium et de calcium et enrichissement en potassium (élément incompatible).(Doc3)





*Document 4 : diagramme TAS et classification des roches volcaniques.*

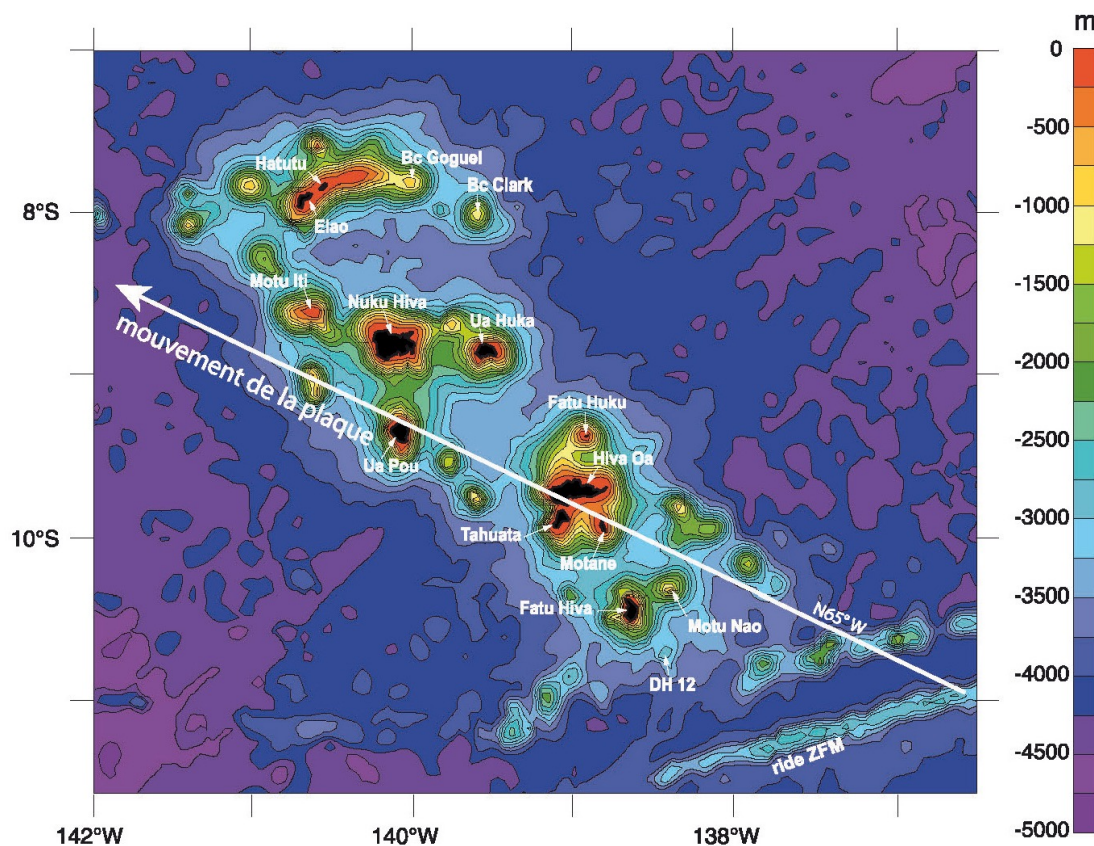


(Doc4)

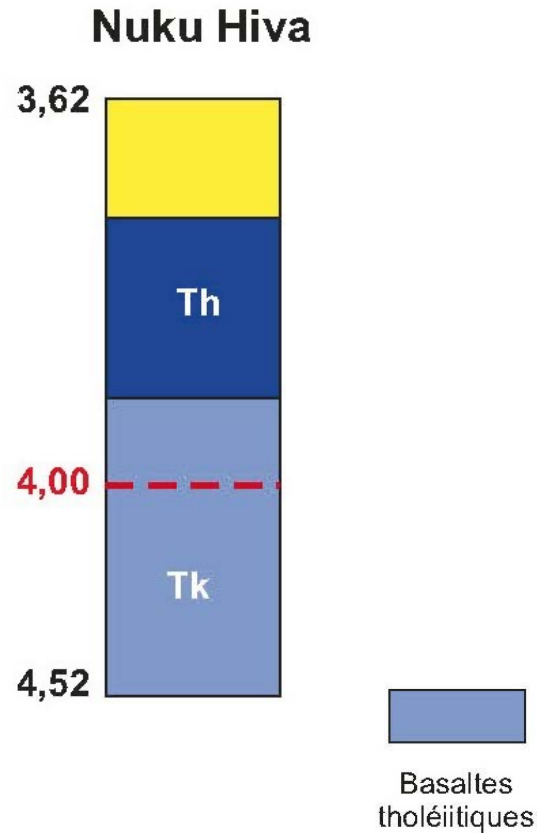
Les 5 roches proposées s'enrichissent fortement en alcalins et correspondent à la série alcaline.

(En adéquation avec légende carte géologique)



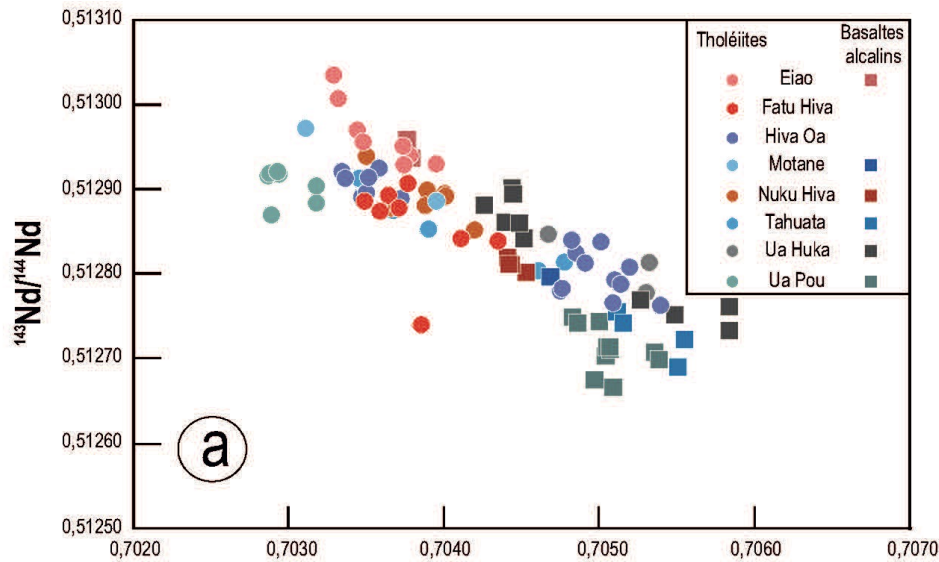


Carte bathymétrique des Marquises, établie d'après les données altimétriques de Smith et Sandwell (1997). L'orientation globale de l'archipel est  $N40^{\circ}W$ . La ligne  $N65^{\circ}W$ , qui correspond à la migration de la plaque Pacifique à la vitesse de  $10,5 \text{ cm/an}$ , sépare les deux groupes isotopiques 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.



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

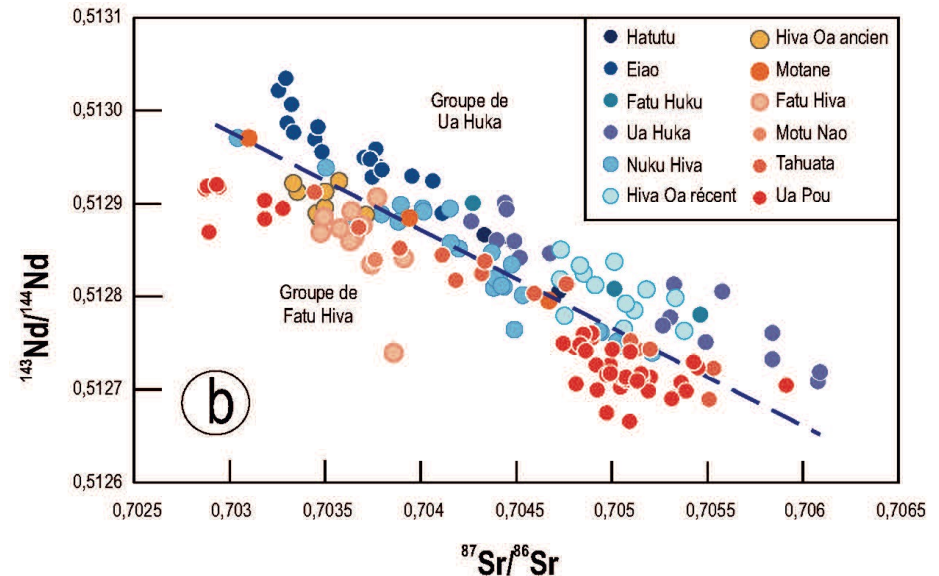
*Abréviations des noms des volcans : Th: Taiohae ; Tk : Tekao*



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 tholéiites 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).





Rappel doc 2 → deux séries de volcans avec deux types de basaltes tholéitiques et alcalins (post bouclier)

Doc 5 → archipel 8 îles volcaniques, alignement SE-NW → Point chaud ? tx de fusion des points chaud ? mais pourquoi deux types de laves ?

Doc 6 → laves basaltiques dominantes (les autres - intermédiaires- non représentées mais d'après la carte -doc 2) on a tt de même stade avancée → **trachyandésite** et des formes intermédiaires

Doc 7a → les tholéites sont moins enrichies (càd moins radiogéniques en Sr et plus radiogéniques en Nd) que les basaltes alcalins

→ les basaltes alcalins ⇔ péridotite enrichie / tholéites ⇔ péridotites plus appauvries

Doc 7b → différences entre les îles situées au NE et les îles au SW de la ligne matérialisée sur doc 5

Le gpe du SW présente des rapports de ND inf que le gpe du NE pour un même rapport de Sr → Cette différence traduit une prépondérance des composants de type manteau appauvri plus radiogéniques en ND dans les sources des laves du gpe NE

Faible production du point chaud avec arrivée épisodique en surface

Les panaches formés sont à l'origine de deux filaments accolés sous la ride de ZFM en position SW et NE

Activité du panache, les deux filaments produisent des laves migrant vers le NW avec la plaque pacifique (vitesse 10,5cm/an)

1 filament NE → composant appauvris et enrichis → hétérogènes → taux de fusion faible à modéré

1 filament SW → composant enrichis

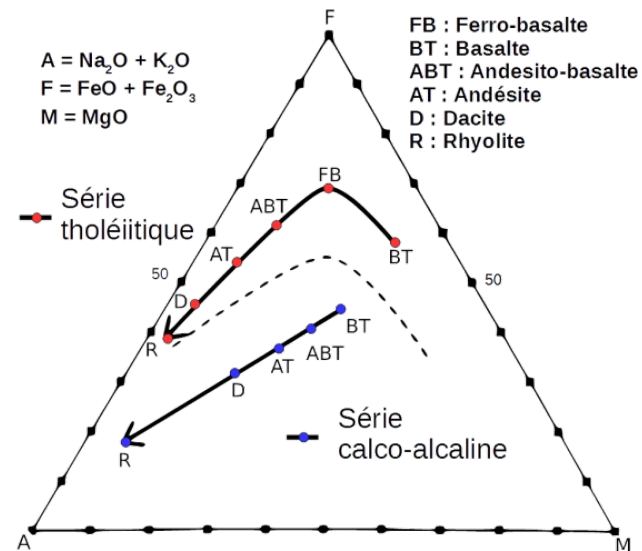
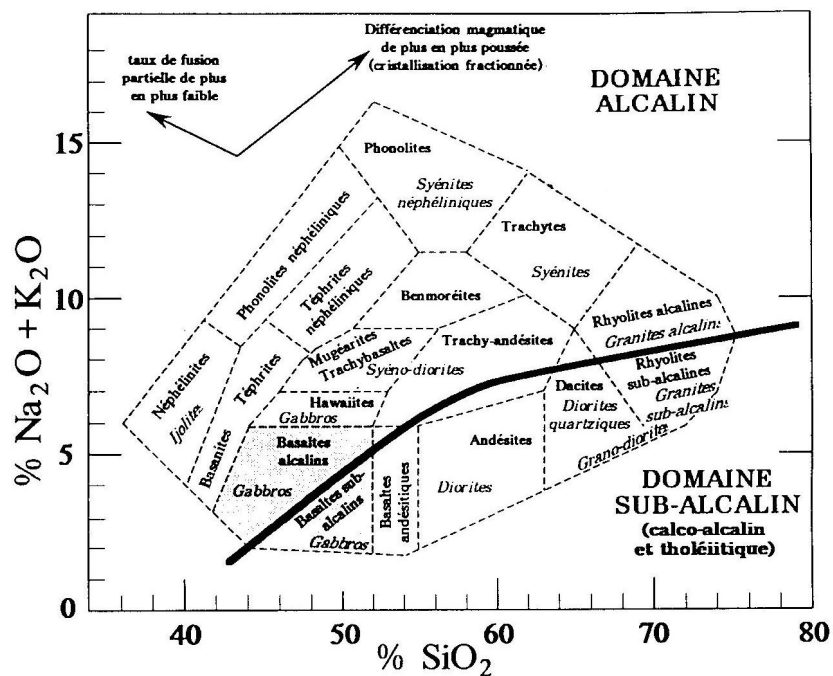
A Nuku Iva on est en présence de l'hétérogénéité du filament NE

La présence de cette hétérogénéité d'une part mais également de la diversité (Cf carte → trachyandésite) → cristallisation fractionnée (sous forte pression d'eau de magma basaltique)

Nuku iva fait partie de l'archipel des Marquises qui s'est édifié sur un segment de croûte océanique large d'environ 800 km, d'âge Paléocène à Eocène (59-49 Ma), formé à l'axe de la dorsale Pacifique-Farallon. Il est limité par deux grandes zones de fracture orientées N100°W, la Zone de Fracture des Galapagos (ZFG) au Nord et la Zone de Fracture des Marquises (ZFM) au Sud, qui sont des failles transformantes inactives (depuis l'anomalie 7 à 26 Ma).

L'archipel des Marquises résulte de la migration de la plaque Pacifique, à la vitesse de 10,5 cm/an selon la direction N65°W (N115°E). L'île de Nuku Hiva possède toutes les caractéristiques d'un édifice volcanique mis en place par fonctionnement d'un point chaud.

	Pourcentage en masse	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> 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											





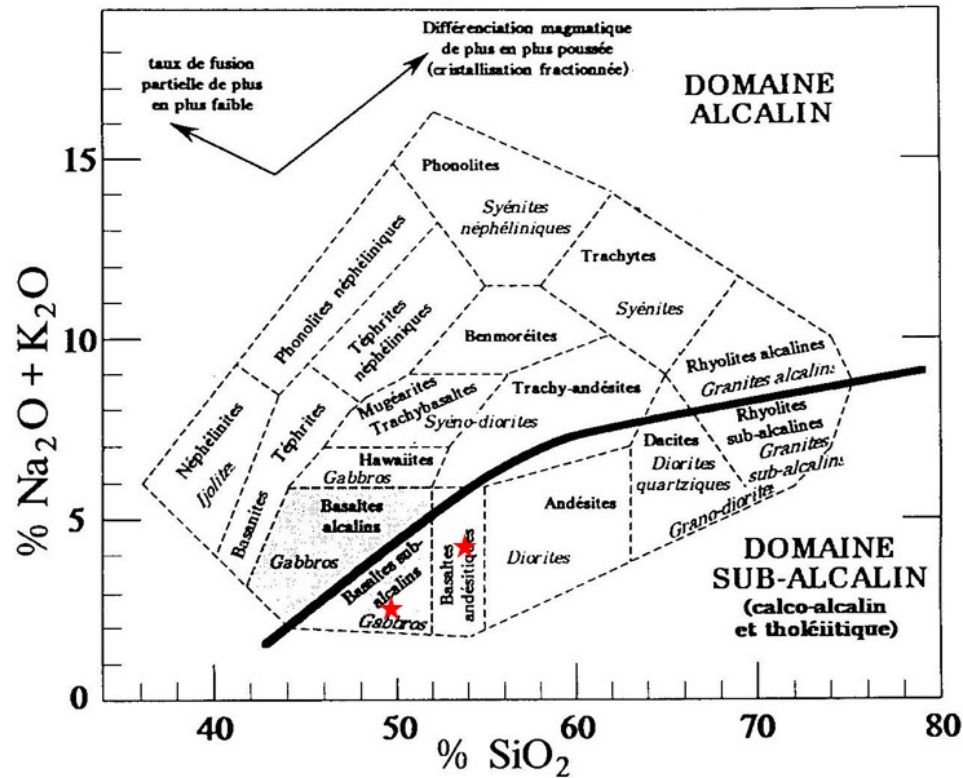
1. Il y a conservation de la masse pour chaque élément soit pour SiO<sub>2</sub> par exemple :

$$\begin{aligned}
 &[SiO_2]_{m.prim} \times \%magma\ primaire \\
 &= [SiO_2]_{ol} \times \%olivine + [SiO_2]_{py} \times \%pyroxène + [SiO_2]_{pl} \times \%plagioclase \\
 &+ [SiO_2]_{ma} \times \%magnétite + [SiO_2]_{m.diff} \times \%Magma\ différencié
 \end{aligned}$$

On en déduit que

$$\begin{aligned}
 &[SiO_2]_{m.diff} \\
 &= \frac{[SiO_2]_{m.prim} \times \%magma\ primaire - \sum_{minéraux} [SiO_2]_{minéral} \times \%minéral}{\%Magma\ différencié}
 \end{aligned}$$

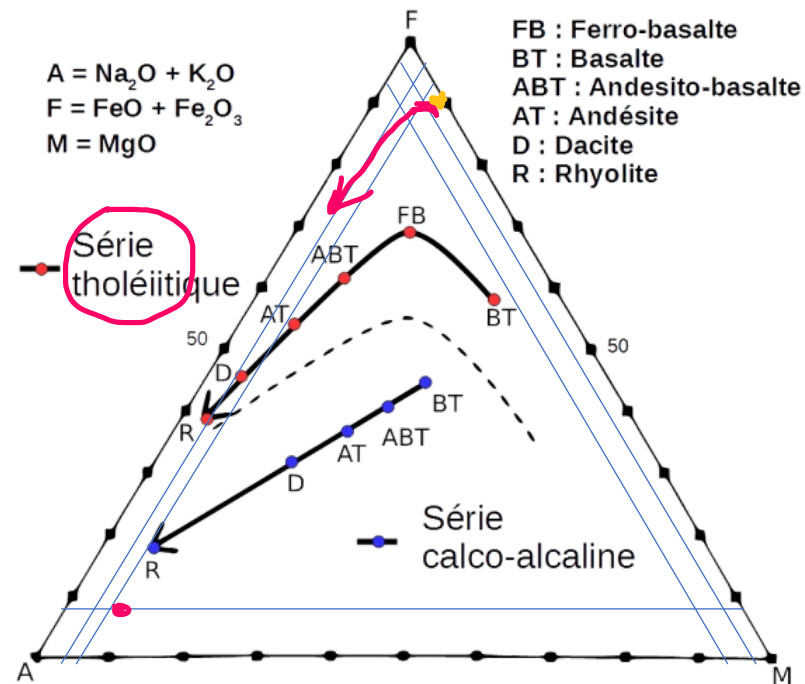
	Pourcentage en masse	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total
Magma primaire	100	49,4	2,5	13,9	11,56	0,16	9,44	10,53	2,13	0,38	100
Olivine	9	38,87	0,04	0,02	18,16	0,2	42,37	0,32	0,02	0	100
Pyroxène	13	52,58	0,71	1,1	18	0,33	25,1	2,15	0,03	0	100
Plagioclase	15	44,94	0	34,95	0,64	0	0	18,63	0,79	0,05	100
Magnétite	3	0,07	4,12	2,7	92,1	0,28	0,7	0,03	0	0	100
Magma différencié	60	53,87	3,80	14,05	7,88	0,15	3,90	12,38	3,34	0,62	100

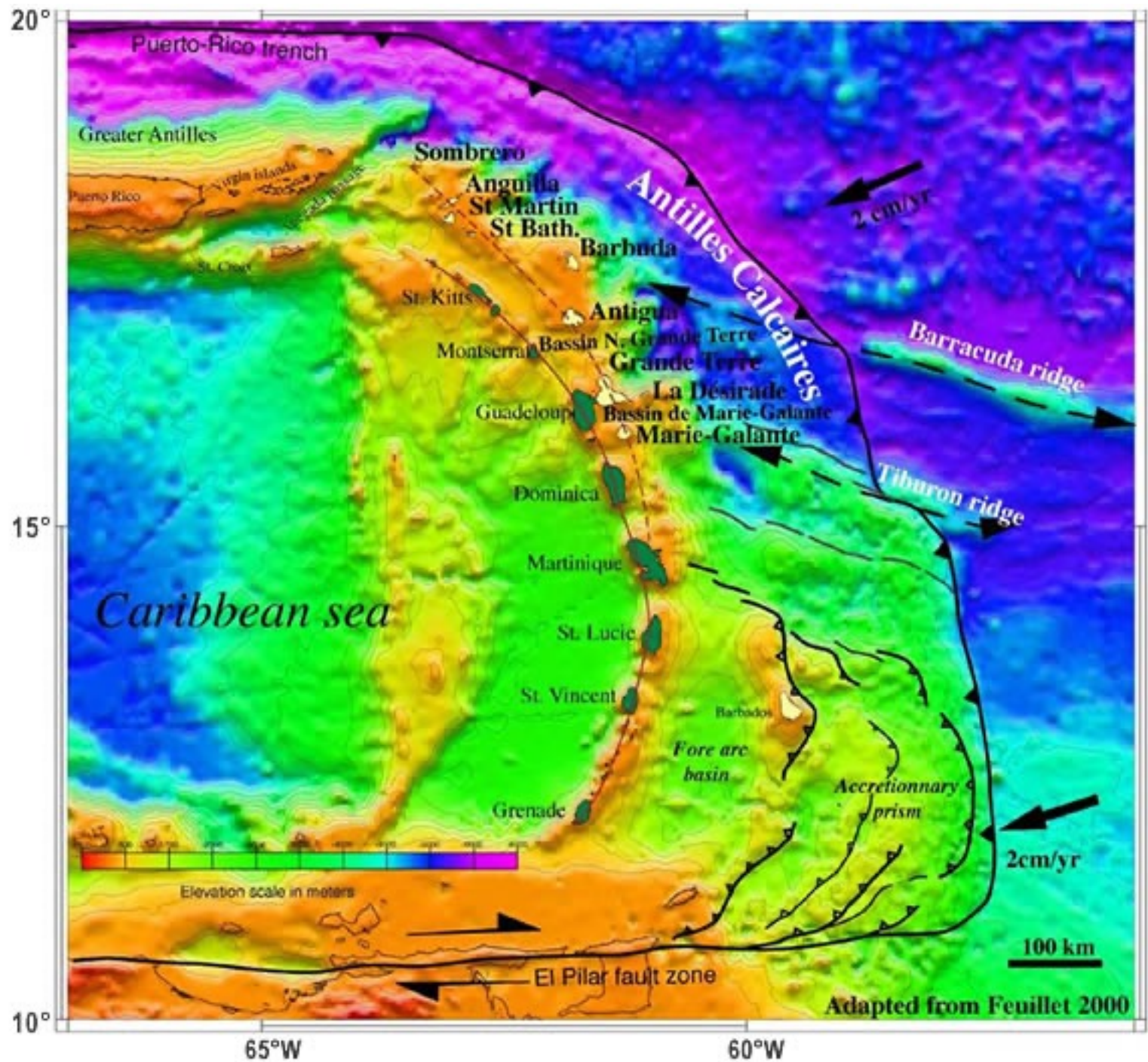


Le magma primaire se place dans le diagramme TAS dans le domaine des basaltes sub-alcalins, tandis que le magma différencié se place dans le domaine des basaltes andésitiques.

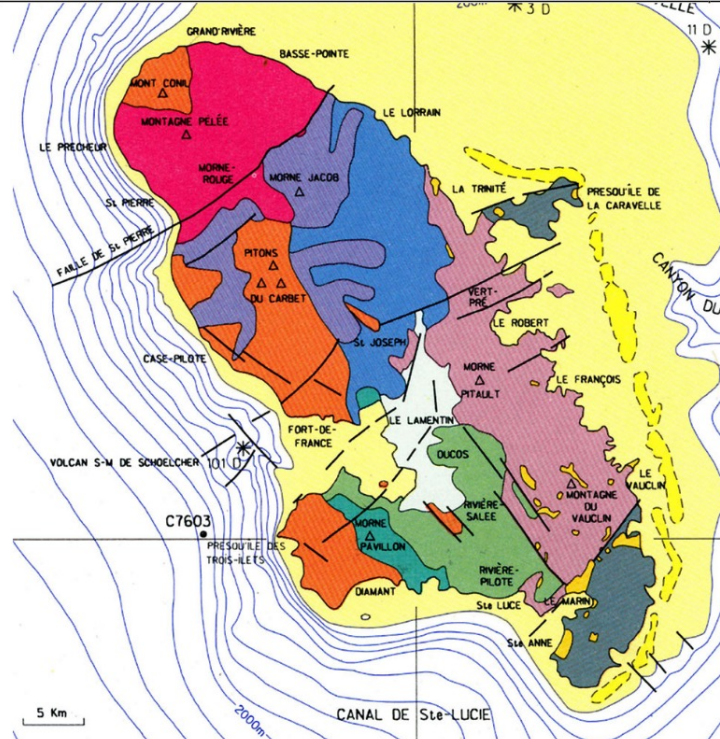
En l'absence de données complémentaires (diagramme AFM par exemple), on peut juste dire que cette différenciation progresse dans le domaine sub-alcalin, ce qui peut correspondre à une série tholéitique ou calco-alkaline.

Après cette première étape de différenciation, il ne reste plus que 60% du liquide initial. Les deux séries précédentes aboutissant généralement aux rhyolites comme liquides les plus différenciés, on peut supposer que l'obtention des liquides les plus évolués ne représente qu'une faible proportion du liquide primaire.









Eon	Ere	Periode	Epoque	Date (millions d'années)
Phanérozoïque	Cénozoïque	Quaternaire	Holocène	0,01
			Pleistocène	1,8
		Pliocène	Pliocène	5,3
			Miocène	23
			Oligocène	34
		Tertiaire	Eocène	56
			Paléocène	65
			Crétacé	145
	Mésozoïque	Jurassique		199
		Triassique		251
		Permien		299
	Paléozoïque	Carbonifère		359
		Dévonien		416
		Silurien		443
		Ordovicien		488
		Cambrien		542
Précambrien	Protérozoïque			2500
	Archéen			4600

Plaine quaternaire du Lamentin

Ecoulements pyroclastiques du volcan actif montagne Pelée

Strato-volcans récents du Sud-Ouest martiniquais, des Carbet et du mont Conil

Phase effusive aérienne du volcan-bouclier morne Jacob

Phase sous-marine du volcan-bouclier morne Jacob

Volcanisme du morne Pavillon

Coulées de lave du Sud et du Sud-Ouest martiniquais (axes volcano-structuraux Rivière-Salée - Ste-Luce Ducos - Rivière-Pilote; phase de Rivière-Pilote *stricto-sens*)

Chaîne volcanique sous-marine du Vauclin - Pitault

Coulées de lave altérées du complexe de base

Principaux gîtes de formation calcaire

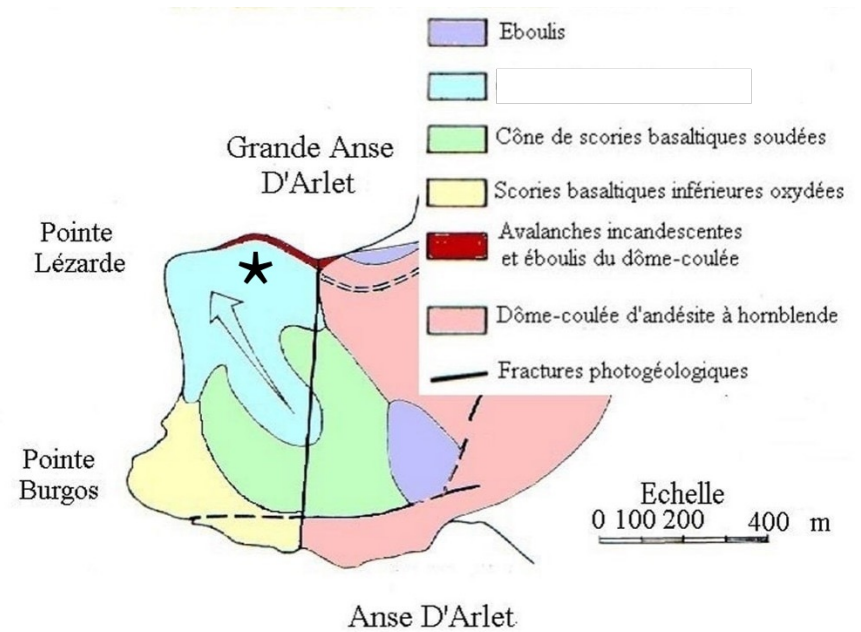
Principales failles

Bathymétrie d'après BOUYASSE (1984 et 1988)  
Isobathes tous les 200 mètres

Dragage de roches

Carottage sédimentologique

1 - Plateau insulaire  
2 - Barrière récifale actuelle d'après ADEY et BURKE (1976)

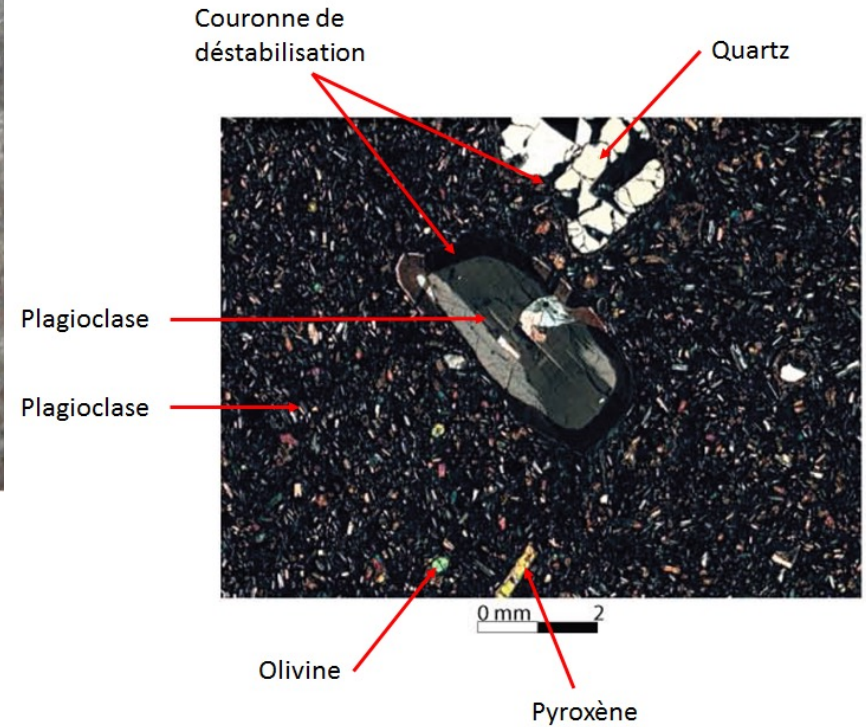








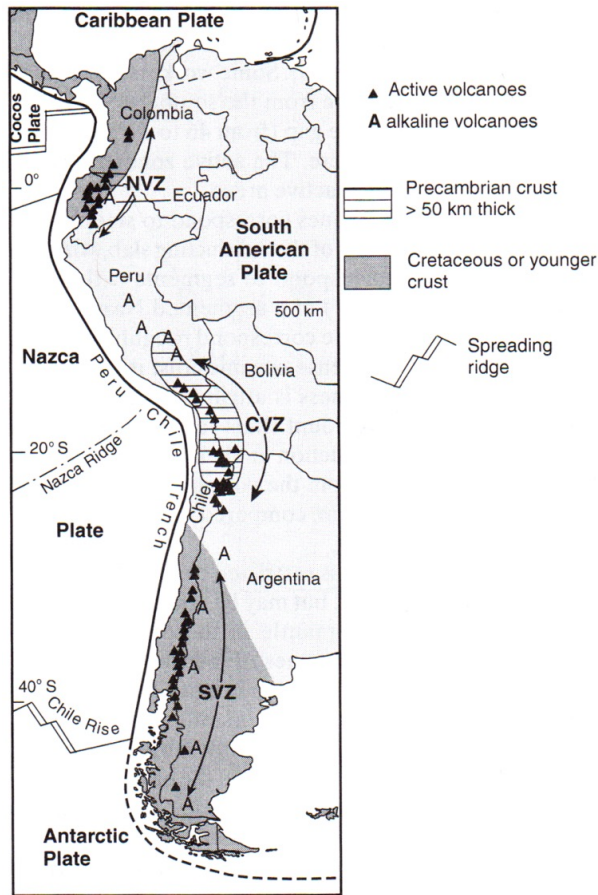
*Vue d'une partie d'un échantillon prélevé au niveau de la coulée du Morne Champagne (\*)*



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

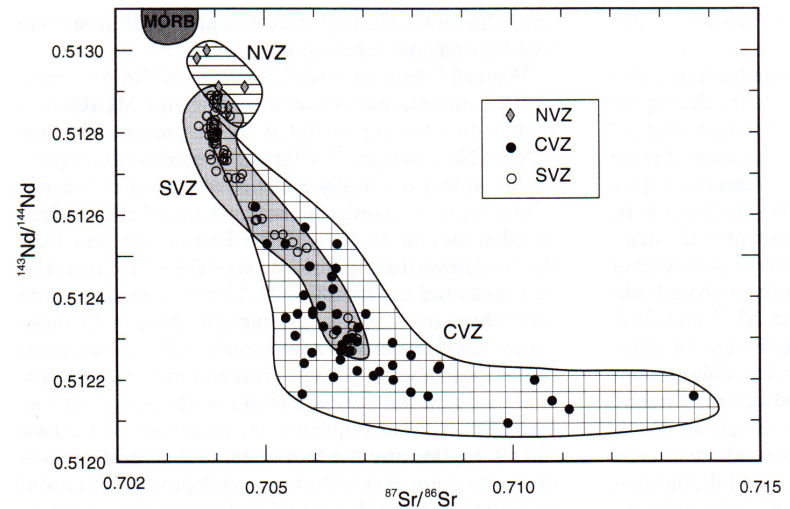
1. L'échantillon proposé est un basalte mais contenant des phénocristaux de quartz !
2. Les liquides basaltiques primaires ne possèdent pas suffisamment de silice pour former du quartz. La lame mince montre de plus que ces phénocristaux de quartz ont été fortement déstabilisés. On peut ainsi supposer qu'ils étaient présents dans une chambre magmatique au sein d'un liquide déjà différencié (liquide dacitique d'après les brèches du Morne Champagne tout proche). Cette chambre aurait subi une réinjection d'un fort volume de liquide basaltique qui se serait mélangé au liquide dacitique précédent avant de s'exprimer en surface sous forme de coulée. Les phénocristaux de quartz, désormais plus stables sous l'effet de l'augmentation de la température auraient commencé à réagir avec le liquide basaltique, expliquant la couronne de déstabilisation.



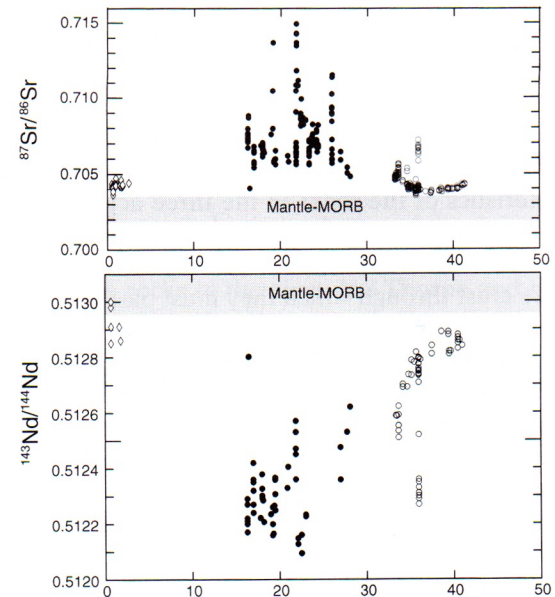


Document 1 :  
répartition spatiale du  
magmatisme andin.

Document 3 : rapports isotopiques Sr et  
Nd dans la zone andine en fonction de  
la latitude.



Document 2 : Rapports isotopiques  
Sr et Nd dans les différentes zones  
volcaniques andines.



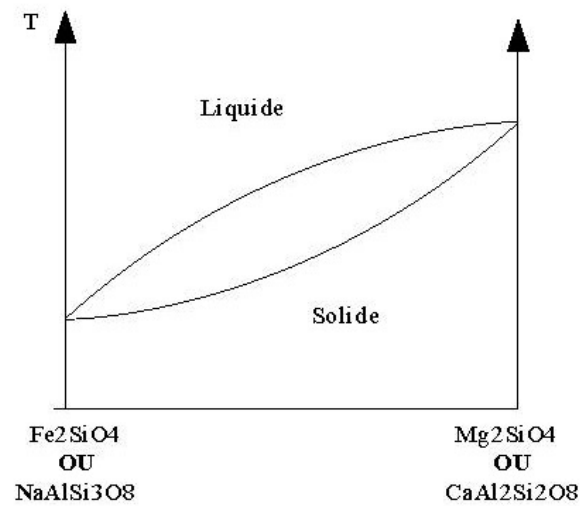
La zone centrale (CVZ) possède des rapports Sr plus élevés et Nd plus faibles que les zones nord et sud. On remarque une nette variation de ces rapports en fonction de la latitude : les zones nord et sud possèdent des rapports très proches des MORB tandis que la zone centrale possède des rapports éloignés des MORB. D'après le document 1 et nos connaissances, on peut supposer que dans la zone centrale le magma d'origine mantellique est contaminé par assimilation de la croûte fortement épaissie dans cette zone. Cet épaississement limiterait la remontée du magma et augmenterait le temps de contact entre magma et croûte (sous-placage du liquide magmatique) favorisant la contamination.



*Document 1 : Carte géologique simplifiée du Skaergaard*

- |   |  |
|---|--|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> Rouge :     | Olivine $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ + Plagioclase $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$   |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> Orange : | Olivine $(\text{Mg}_{0,8}\text{Fe}_{0,2})_2\text{SiO}_4$ + Plagioclase $(\text{Ca}_{0,7}\text{Na}_{0,3})\text{Al}_{1,7}\text{Si}_{2,3}\text{O}_8$ +<br>Pyroxène $\text{MgSiO}_3$   |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> Jaune :  | Olivine $(\text{Mg}_{0,5}\text{Fe}_{0,5})_2\text{SiO}_4$ + Plagioclase $(\text{Ca}_{0,3}\text{Na}_{0,7})\text{Al}_{1,3}\text{Si}_{2,7}\text{O}_8$ +<br>Pyroxène $(\text{Mg}_{0,6}\text{Fe}_{0,4})\text{SiO}_3$ + Muscovite |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> Vert :    | Olivine $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ + Plagioclase $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ + Pyroxène $\text{FeSiO}_3$ + 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**

- Ensemble représente sur la carte une structure plus ou moins concentrique de plus de 10km de diamètre !!!!
- Le bord extérieur de la structure serait celui au contact de l'encaissant plus froid, donc le magma aurait refroidi à partir de la périphérie et le centre aurait été le dernier à cristalliser donc aux températures les plus basses.
- Il faut vérifier avec le diagramme et la composition

Rouge → pole 100% Mg ou Ca donc T°C la plus élevée

Au centre on a le pole opposé càd du vert → 100% Fe ou Na donc T°C plus basse

→ Raisonnement cohérent

- De plus on sait que dans chambre magmatique on assiste à cristallisation fractionnée et on a ci photo correspondant à la zone rouge où on a à la fois olivine et plagio (compo) → photo → alternance des minéraux plus sombres (ferromagnésiens -olivine) (les plus clairs – les plagios)
- Rappel cours : Ceci illustre une cristallisation où les premiers minéraux formés lors du refroidissement du magma sont isolés du liquide restant et donc il n'y a plus d'équilibre entre les 2 fractions.  
On a donc une cristallisation fractionnée, en plusieurs étapes avec séparation physique des minéraux, ceci conduit à une différenciation magmatique. Donc la formation de roche très différente de la roche initiale