

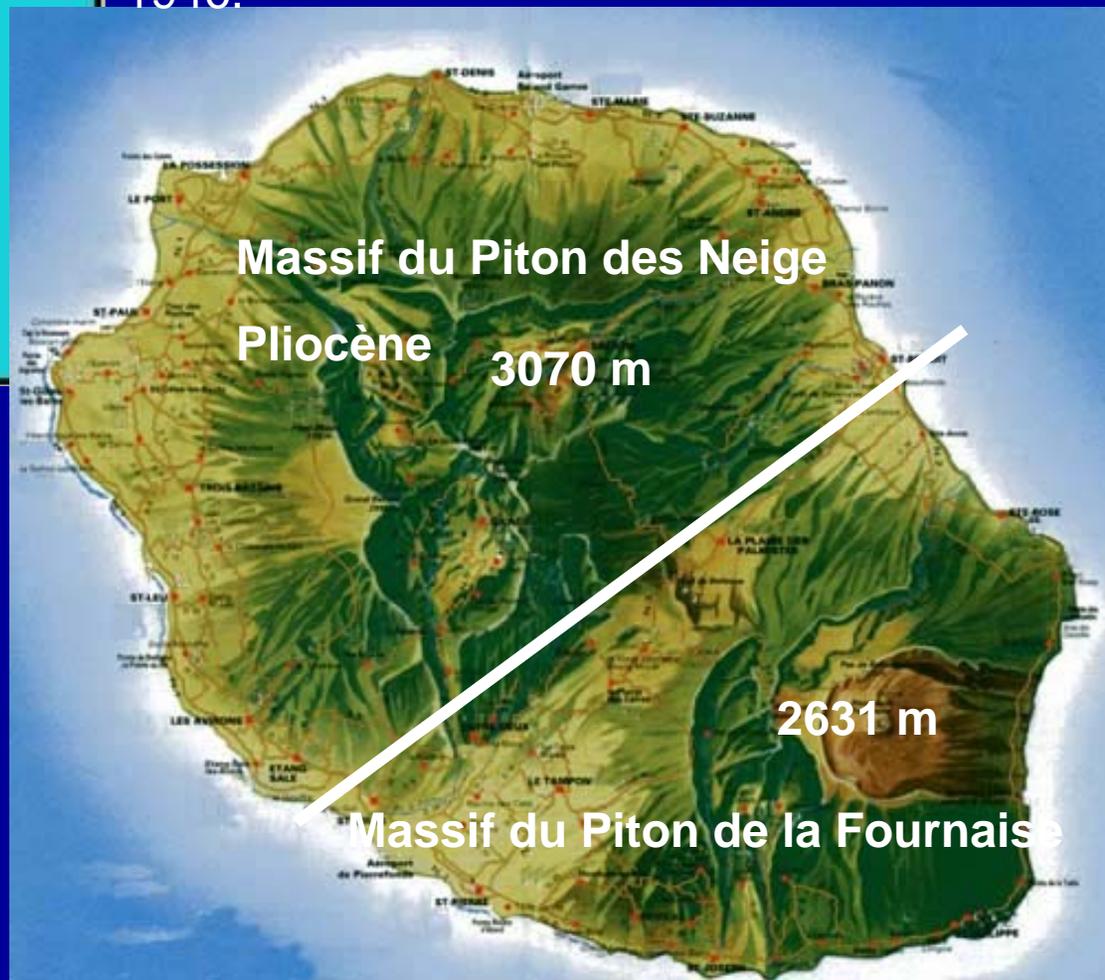
A tropical beach scene with turquoise water, white sand, and a tree shadow cast on the sand. The sky is blue with some clouds. The text is overlaid in the center.

**GEOLOGIE DE LA FRANCE**

**LE POINT CHAUD DE L'ILE DE LA REUNION**



La Réunion a été reconnue dès 1507 par des navigateurs portugais. Vierge de toute population, elle est devenue possession française en 1642 (sauf pendant la période de 1810 à 1814 où elle fut occupée par les Anglais). L'île obtient le statut de département français par la loi du 19 mars 1946.



Partie émergée d'un édifice gigantesque d'environ 7 000 mètres de hauteur, essentiellement sous-marin et dont seuls 3 % du volume émergent. Sa base, d'un diamètre de 240 kilomètres, repose sur le plancher de l'océan Indien vieux de 80Ma.

Massif du Piton des Neiges  
Pliocène 3070 m

Massif du Piton de la Fournaise 2631 m

# I) Aspect général de l'île de la Réunion :

L'île n'est que le sommet d'un très vaste volcan-bouclier. Le Piton des Neiges est profondément entaillé en « cirques » par l'érosion guidée par des effondrements et des directions morpho-tectoniques.

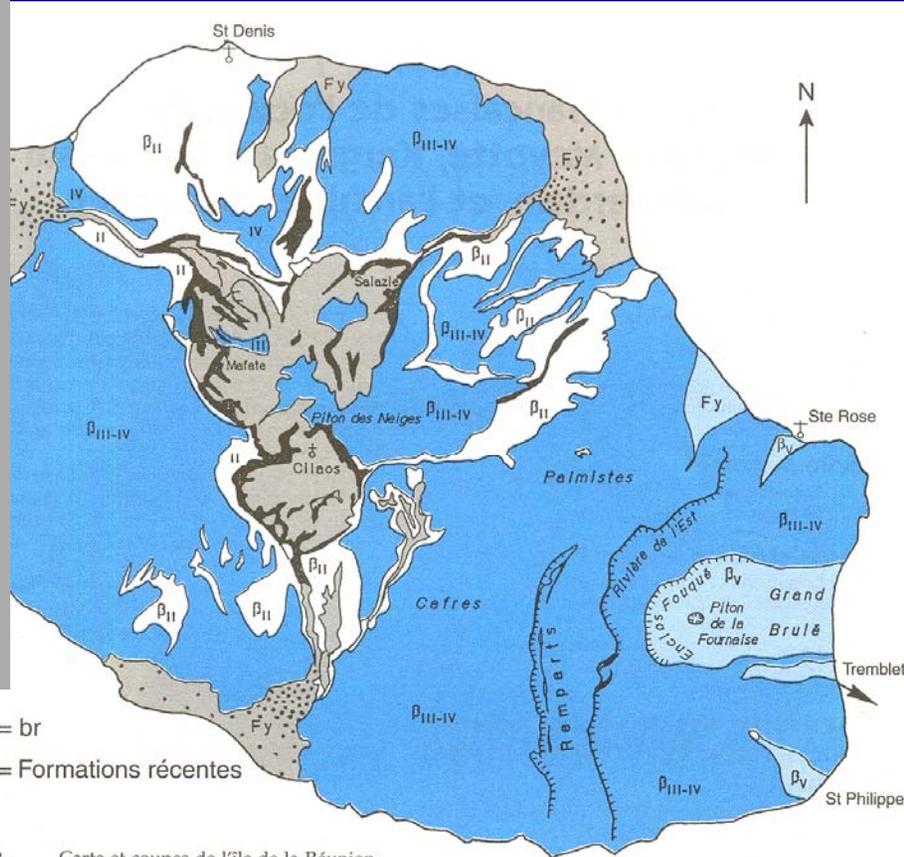
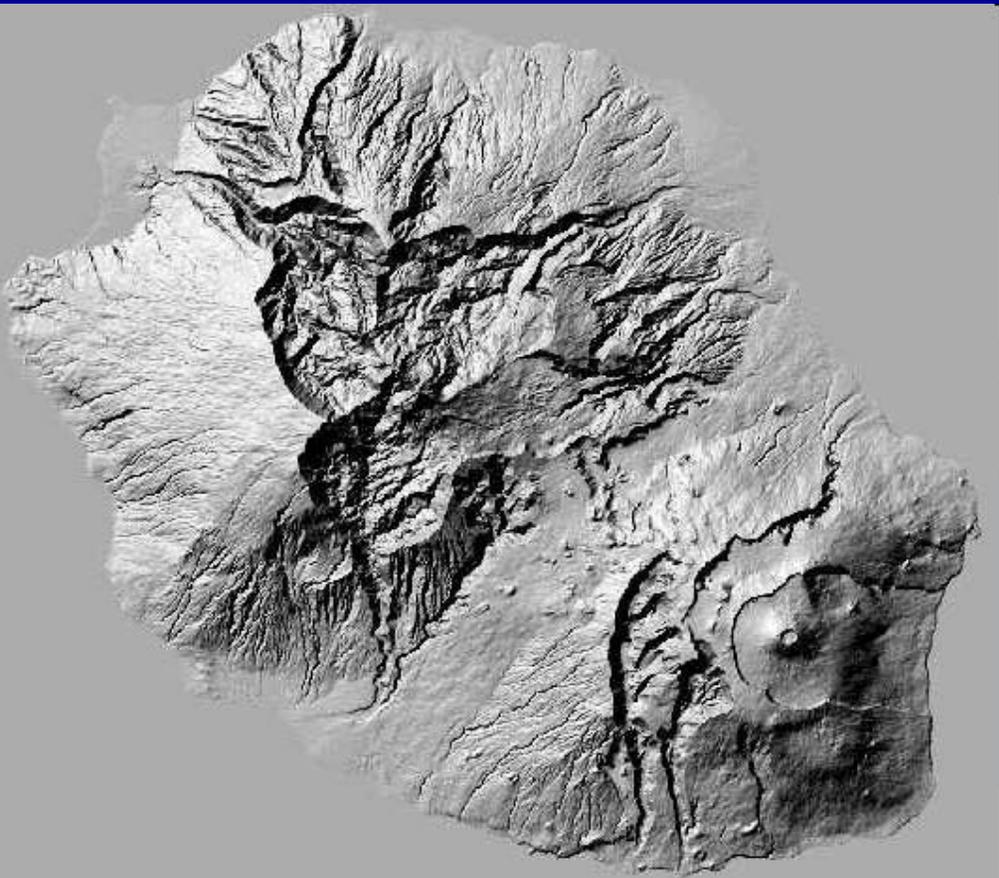
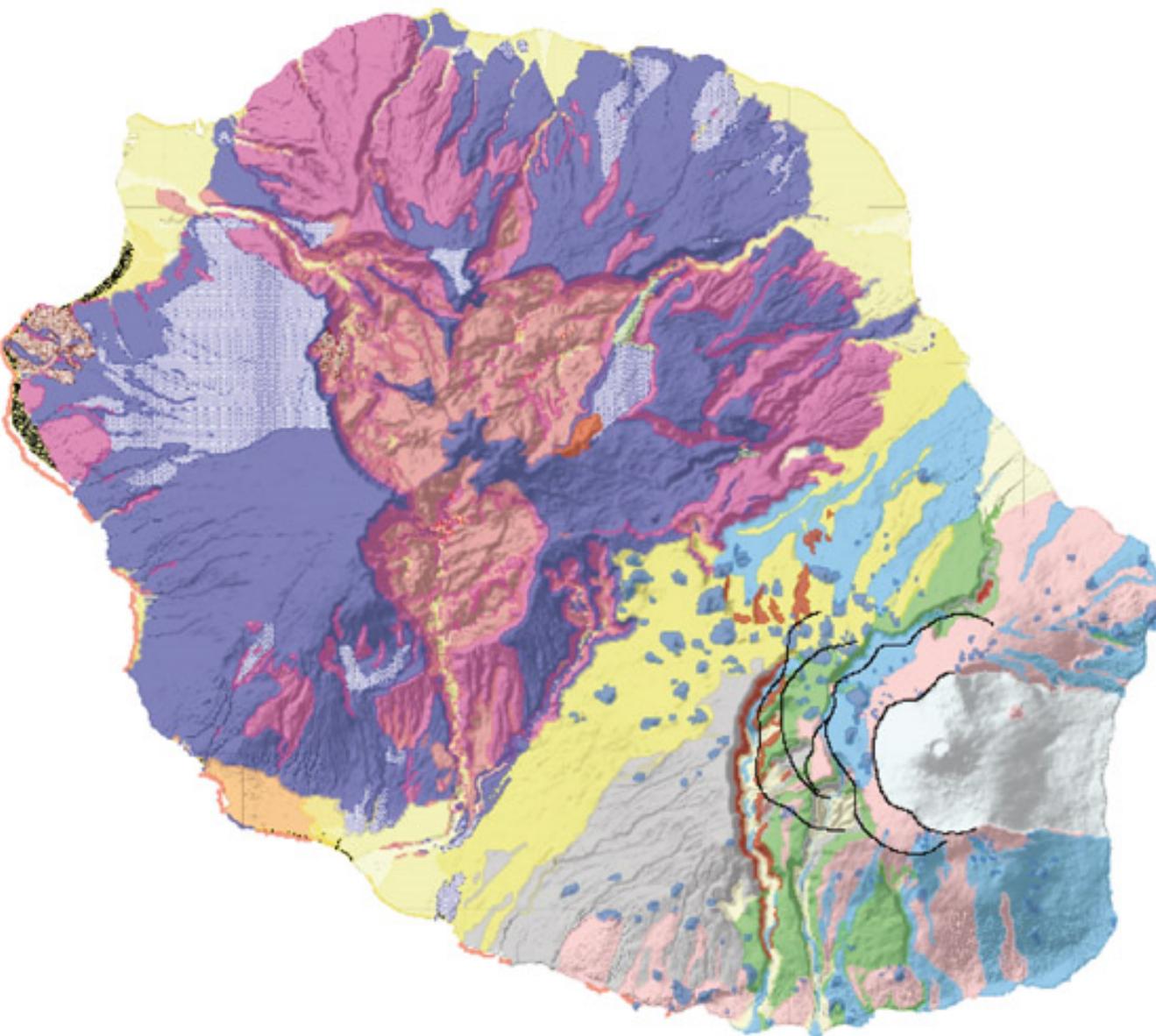


Fig. 1.2. Carte et coupes de l'île de la Réunion. D'après Billiard, 1975 ; Chevallier, 1979.

# Le cirque de Mafate



# Carte géologique de La Réunion



## Formations superficielles

### Dépôts alluviaux

- Alluvions récentes
- Alluvions anciennes

### Dépôts littoraux et marins

- Sables et galets de plage
- Alluvions fluvio-marines
- Sables dunaires basaltiques
- Récifs coralliens

### Dépôts gravitaires

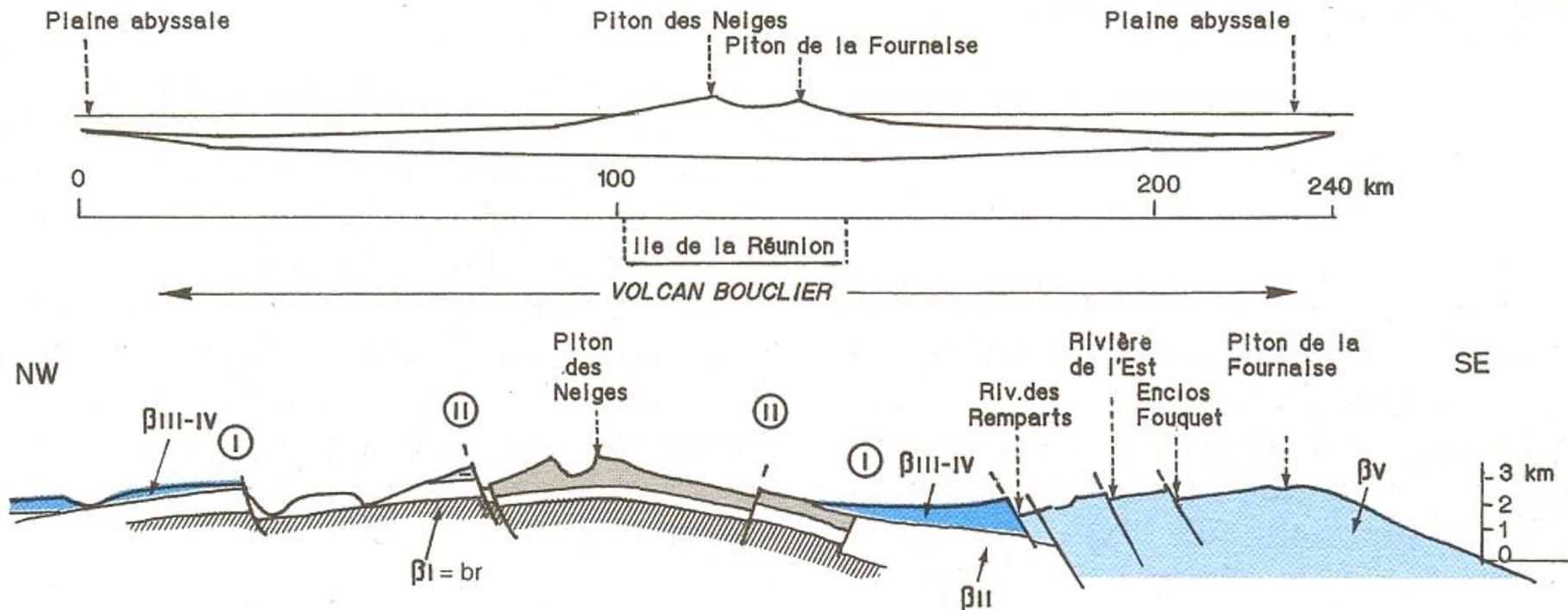
- Dépôts de glissements en masse, de coulées de débris, éboules

## Massif du Piton de La Fournaise

- Pitons et projections
- Série volcanique subactuelle (<5000 ans)
  - Coulées basaltiques
  - Coulées basaltiques dans l'Enclos
- Série de la Plaine des Cafres (65 000 à 5000 ans)
  - Coulées basaltiques
- Série Plaine des Sables (65 000 à 5000 ans)
  - Coulées basaltiques
- Série des Remparts (150 000 à 65 000 ans)
  - Coulées basaltiques
- Série du bouclier ancien (450 000 à 150 000 ans)
  - Coulées basaltiques
- Série alcaline anté-Fournaise (530 000 à 450 000 ans)
  - Coulées différenciées
- Accidente Fournaise

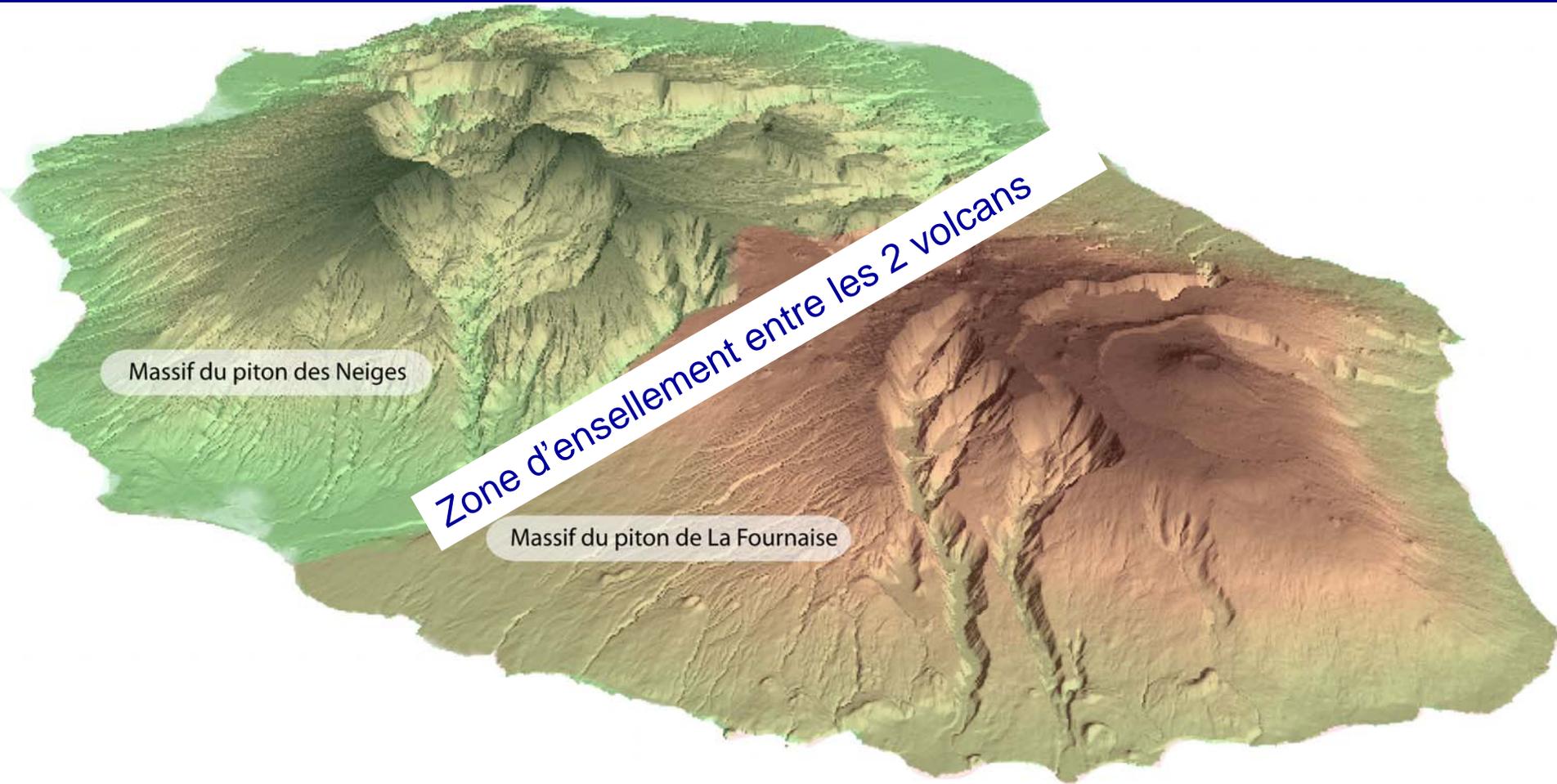
## Massif du Piton des Neiges

- Série différenciée (<340 000 ans)
  - Coulées trachytiques du plateau de Belouve
  - Tufs soudés du Maïdo et de la Roche Écrite
  - Tufs en épandages
  - Coulées ignimbritiques
  - Brèches d'avalanches de débris de Saint Gilles
  - Coulées (basalte, hawaïtes, mugéarites)
- Série des océanites (>340 000 ans)
  - Coulées basaltiques à olivine
- Intrusions
  - Gabbros et syénites



Dans chaque appareil volcanique, formation de caldeiras emboîtées qui guident l'accumulation des laves.

Le volcan bouclier de La Réunion a été le siège d'une grande variété de dynamismes volcaniques (intrusifs, effusifs, explosifs) mettant en place des produits d'aspects très divers et qui ont été parfois remobilisés par les processus gravitaires associés ou non à ceux de l'eau (lahars, avalanches de débris...).



Massif du piton des Neiges

Zone d'ensellement entre les 2 volcans

Massif du piton de La Fournaise

© BRGM - 2005, modifié d'après IGN 1997

Les deux massifs volcaniques très accidentés de La Réunion séparés par les hautes plaines des Cafres et des Palmistes





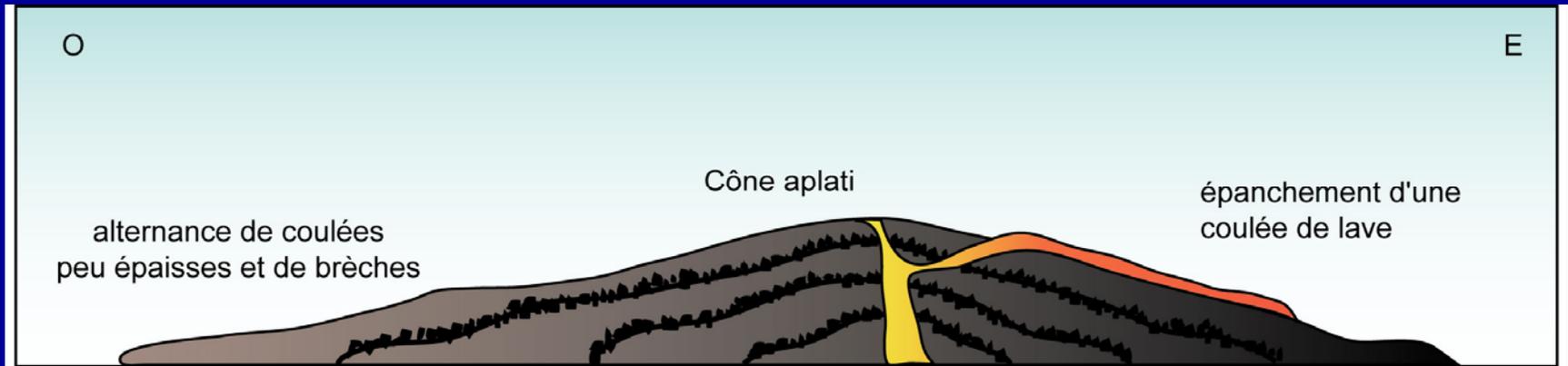
## L'enclos de la Fournaise, bordé de ses remparts



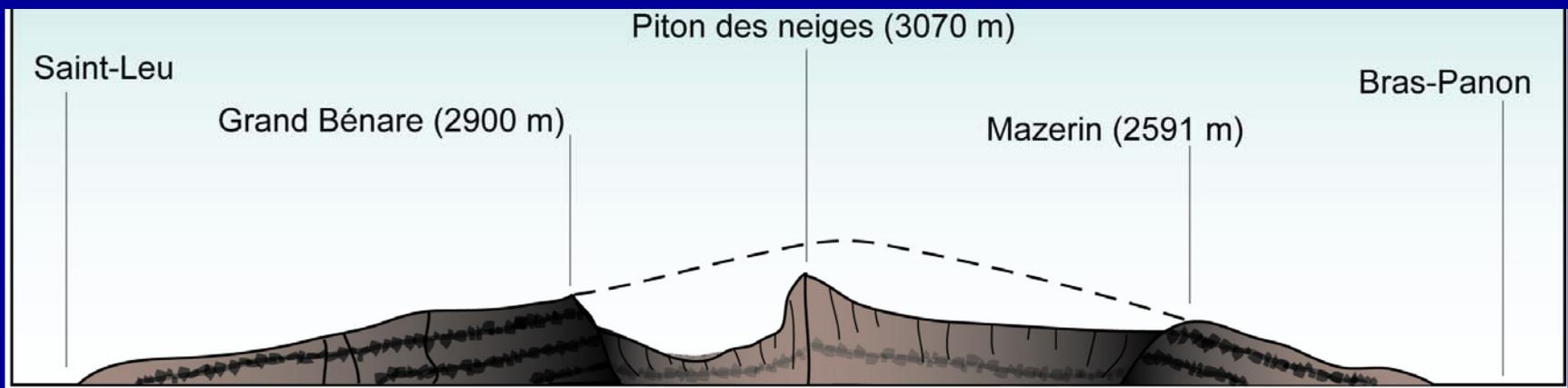
## Le Piton des Neiges, son grand frère



**Un volcan bouclier** est presque exclusivement constitué de coulées de laves basaltiques très fluides, produites par des éruptions volcaniques effusives et responsables d'une morphologie caractéristique en bouclier.



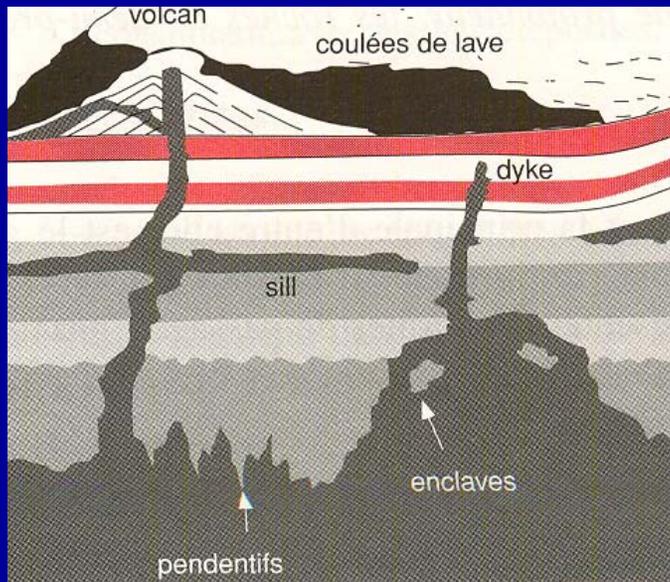
*La morphologie du massif du Piton des Neiges montre bien l'ancienne forme en bouclier du volcan primitif qui a été érodé.*



## II) Une dynamique de mise en place variée :

### a) Produits intrusifs :

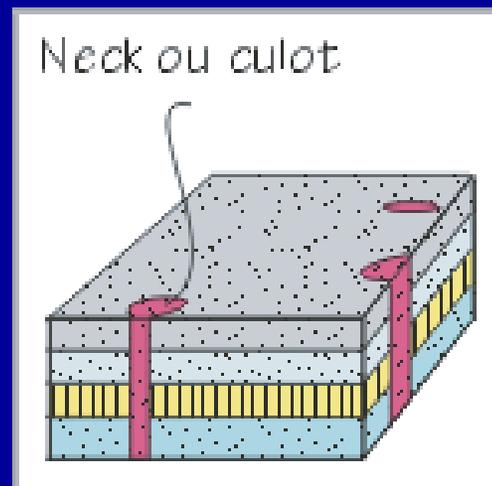
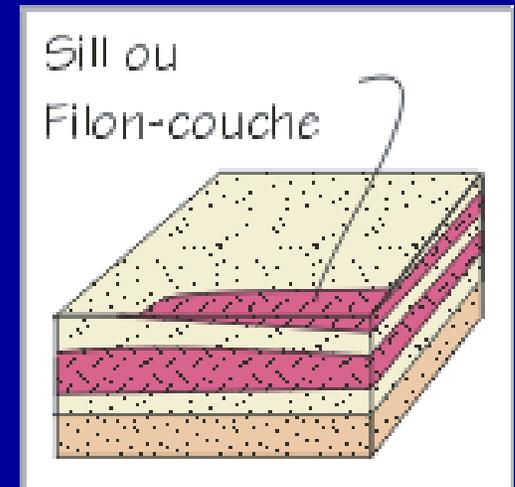
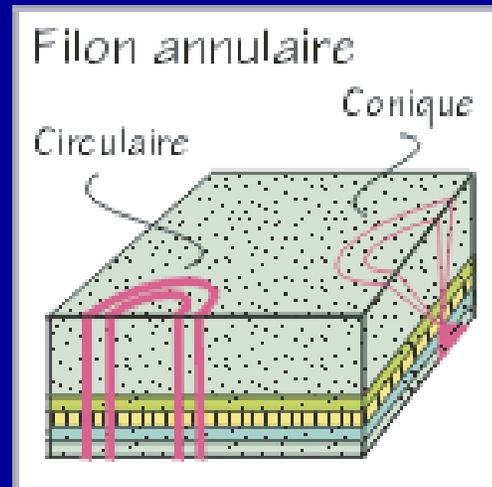
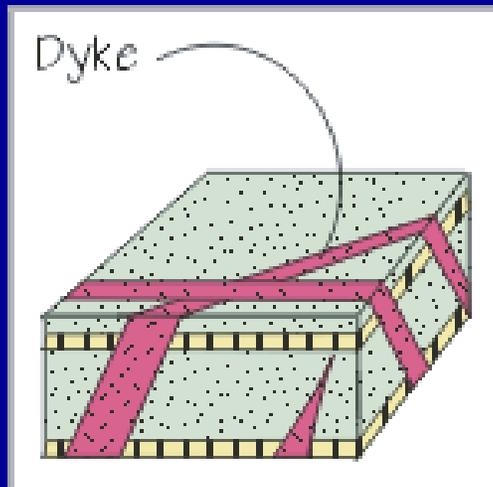
Le cœur du Piton des Neiges est recoupé par un important réseau de dykes basaltiques, mugéaritiques, benmoréitiques et trachytiques.



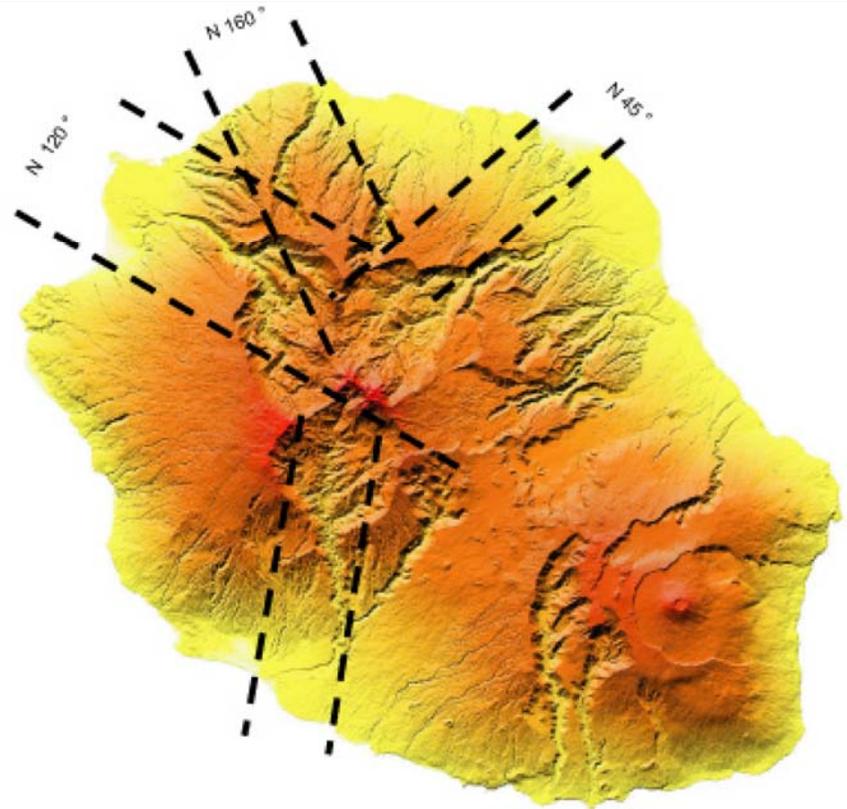


*Sill de trachyte dans la rivière des Fleurs Jaunes, cirque de Salazie.*

Ces filons découpent l'édifice et sont à l'origine, soit lors de leur mise en place soit après leur consolidation, d'un ensemble de zones de faiblesse qui vont favoriser la découpe des remparts et des cirques, les surfaces de décollement des glissements de terrain, la morphologie, le drainage des eaux...



Lorsque les dykes sont très abondants, ils marquent des zones en extension qui prennent le nom de rifts-zones. L'analyse spatiale de l'orientation des dykes montre qu'ils n'ont pas une direction unique qui relierait le Piton des Neiges et la Fournaise mais qu'ils ont plusieurs orientations préférentielles qui marquent l'existence de plusieurs zones d'injections, c'est-à-dire plusieurs rifts-zones radiales (zones d'alimentation du volcanisme).



© BRGM - 2005, d'après IGN 1997

Orientations principales des dykes déterminant les zones de rift

Un réservoir magmatique en profondeur :

Dans le cirque de Salazie affleure au fond de la rivière du Mât un bel ensemble de roches plutoniques.

Certaines d'entre elles montrent un litage magmatique bien développé lié à la cristallisation fractionnée.

Le toit d'un massif gabbroïque affleure, recoupé de nombreux dykes et sills.

*Affleurement de gabbros lités dans la rivière du Mât.*



## Gabbro : Pyroxène et Plagioclases.





*Litage des gabbros avec une alternance de lits clairs (leucocrates) et de lits sombres (mélanocrates).*

*b) Produits volcanoclastiques.*

Selon la granulométrie		Selon la cohésion
<b>Dépôts non consolidés</b>	<b>Dépôts consolidés</b>	Tephra : accumulations non consolidées
Blocs >64 mm	Brèches	Dépôts pyroclastiques indurés
Lapillis et pouzzolanes 64 à 2 mm	Tuffs	Ignimbrites : tufs soudés
Cendres <2 mm	Cinérites	Hyaloclastites : brèches vitrifiées

Des produits volcanoclastiques : localement majoritaires, au cap de La Houssaye par exemple.

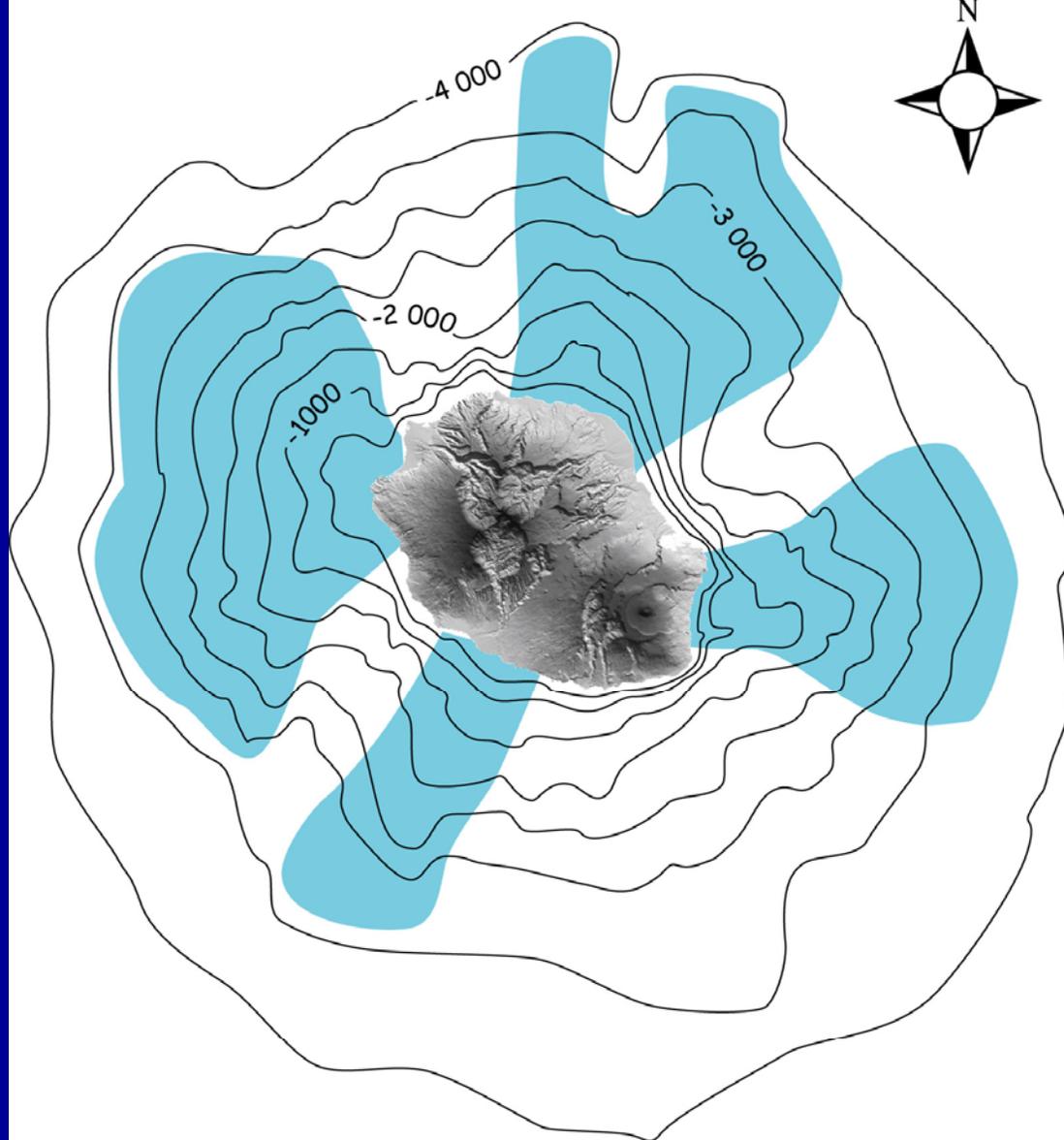


*Panorama des dépôts d'avalanches de débris au Cap La Houssaye.*

Les avalanches de débris résultent de glissements de terrains de plusieurs km<sup>3</sup> qui affectent la structure de l'édifice volcanique : en résultent des caldeiras d'avalanche.

Les avalanches de débris volcaniques ont une très grande mobilité par rapport aux mouvements de terrains non volcaniques, ce qui indique un coefficient de friction très faible.

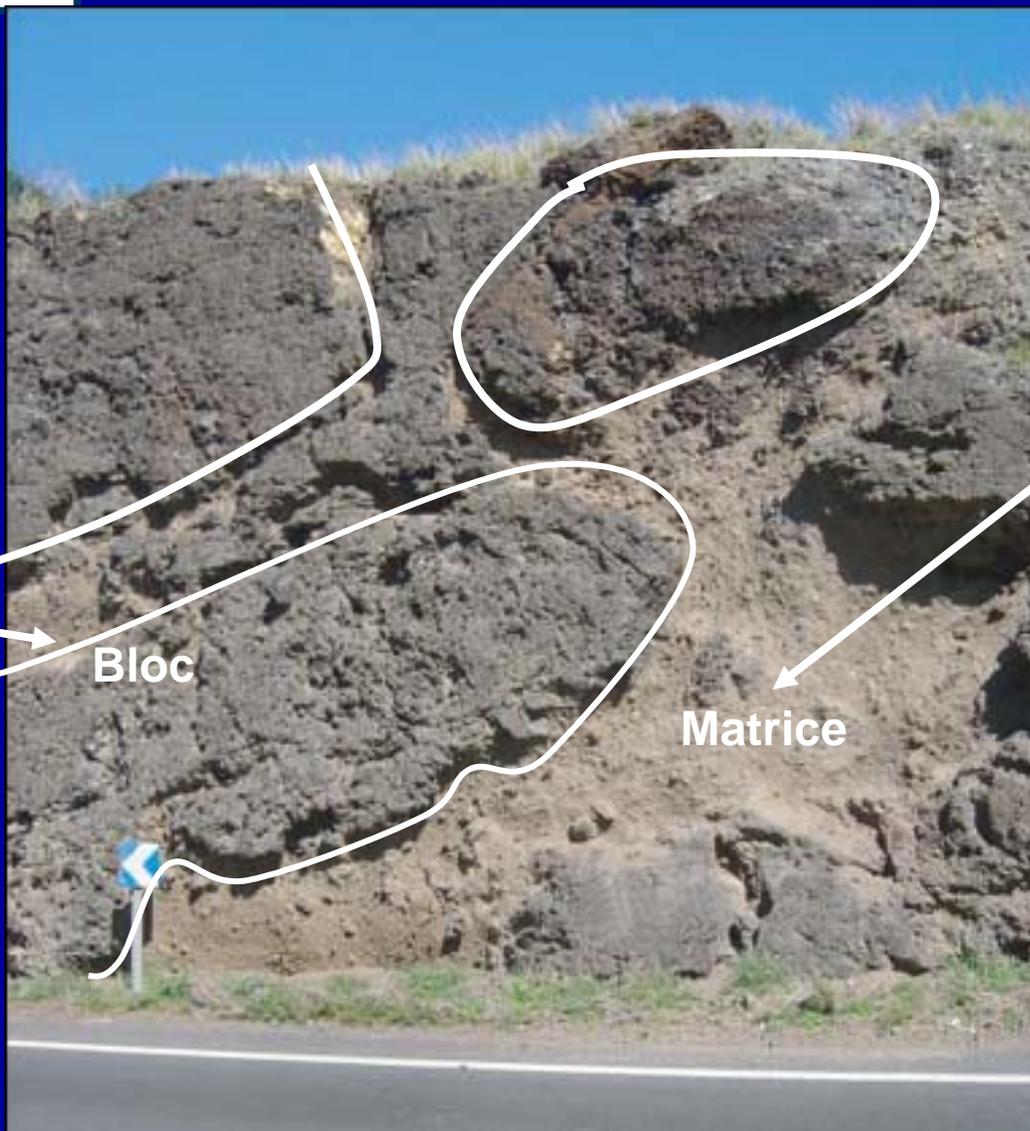
(Vitesse >100km/h)



© BRGM - 2005, d'après Mairine et Labazuy

Cartographie des avalanches de débris  
autour de La Réunion (en bleu)

Blocs  
massifs et  
cohérents :  
morceaux de  
coulées,  
scories,  
pyroclastites.



Mélange non classé  
très hétérogène avec  
prédominance  
d'éléments fins :  
résulte de la  
pulvérisation et de la  
dispersion d'éléments  
rocheux préexistants  
lors de l'avalanche de  
débris.

*Distinction des faciès « blocs » et « matrice » au sein des dépôts d'avalanches de débris du Cap La Houssaye*



**Surface striée d'une coulée de basalte sous une unité bréchique au Cap La Houssaye**  
Ces **stries** définissent en général un mouvement nord 320° globalement conforme à la pente générale du volcan.



***Niveau fin marquant un contact entre deux unités  
bréchiques, formé de matériaux très finement broyés  
(niveau de friction).***



*Affleurement d'ignimbrites prismées à Plateau Wickers, cirque de Salazie.*

La nature et la forme des dépôts indiquent qu'il s'agit du résultat de l'effondrement gravitaire d'une colonne pyroclastique dense de type nuée ardente.



© BRGM - 2005

Echantillon d'ignimbrite prélevé à Plateau Wickers, cirque de Salazie

La sédimentation des matériaux volcanoclastiques se fait selon trois types fondamentaux de dépôts :

-**des déferlantes basales** qui sont des écoulements très peu denses qui conduisent à la formation de litages obliques dans des dépôts très fins ;

-**des écoulements pyroclastiques** générés par l'effondrement gravitaire de la colonne éruptive: les coulées de ponces se forment principalement par effondrement de la colonne éruptive devenue plus dense que l'atmosphère, et les nuées ardentes se forment par effondrement de dôme, d'aiguille ou de coulées de laves. Cela conduit à des séquences mal classées dans lesquelles les matériaux grossiers flottent dans une matrice cendreuse plus fine. Au contraire des dépôts de retombées, les dépôts issus des écoulements pyroclastiques sont canalisés dans les vallées ;

- **des retombées pyroclastiques** proviennent de la décantation en pluie des particules volcanoclastiques depuis la colonne éruptive sous l'effet de la gravité. Les dépôts ont souvent une large répartition dont la surface dépend de l'intensité de l'éruption, du volume de matériaux émis et des conditions atmosphériques. Ils drapent toute la topographie et sont bien stratifiés et classés.

# Lahars : coulées de débris et coulées de boue



## Altérations hydrothermales :

Dans les rivières et ravines des trois cirques du massif du Piton des Neiges, les vacuoles et les fractures de ces laves sont tapissées de cristaux ou d'associations de cristaux translucides ou opalescents; ce sont essentiellement des zéolites (aluminosilicates hydratés). Celles-ci sont largement représentées à La Réunion. Dix-huit espèces minérales différentes ont été inventoriées.



*Vue macroscopique des vacuoles tapissées de zéolites.*

### c) Le volcanisme actuel du Piton de la Fournaise :

<http://www.fournaise.info/>



Des fontaines et des rideaux de lave sont ainsi actifs pendant plusieurs heures voire plusieurs jours. Les projections de magma à partir de la fissure éruptive édifient progressivement un ou plusieurs cônes par accumulation des éjectas (cendres, lapilli, bombes) produits par les explosions.



Piton de la Fournaise, Réunion



Volcan bouclier

Avant Avril 2007

Eruption avril 2007



ABERT



CLICANOO.COM



Serge GELABERT



Serge GELABERT



Serge GELABERT

Après l'éruption d'avril 2007 = le cratère Dolomieu s'est effondré en laissant place à une gigantesque Caldeira de plus de 300m de profondeur.



FOURNAISE.INFO

La coulée de 2007 =  
aujourd'hui la route  
nationale est  
reconstruite. De la  
vapeur d'eau  
s'échappe de la  
coulée : les eaux de  
pluies percolent  
jusqu'à la base de la  
coulée qui est encore  
chaude et s'évapore.



Coulée de 2002 = la végétation reprend petit à petit le dessus.



*Dernière éruption : Le volcan est entré en éruption le samedi 2 janvier 2010, celle-ci s'est terminée le mardi 12 janvier 2010.*



Bouche éruptive et coulée de lave dans le cratère Dolomieu.



## Des produits effusifs :

Coulées de laves fluides qui empruntent les creux topographiques. ces derniers peuvent être d'anciens cours d'eau et c'est pourquoi il n'est pas rare de trouver des dépôts alluviaux à leur base.

Les coulées épaisses qui se refroidissent plus lentement développent parfois des structures en prismes appelées orgues basaltiques.

*Orgues basaltiques à la Pointe de la Table à Saint-Philippe ; ces prismes correspondent à des figures de refroidissement de la coulée de 1776.*



## Les coulées basaltiques présentent deux aspects :

*Les laves aa (en « gratons »), plus visqueuses, à la surface meuble constituée d'éléments mats, épineux et de taille variable.*

*Morphologie de type aa ou « gratons » à la surface de la coulée 2002 dans le Grand Brûlé.*

*Les laves pahoehoe (cordées, en boudins, en plaques), moins visqueuses, dont la surface forme une croûte brillante plus ou moins déformée et parfois morcelée. Sous cette surface, la lave peut s'écouler dans des tunnels.*



Photographie : Fabrice Robin



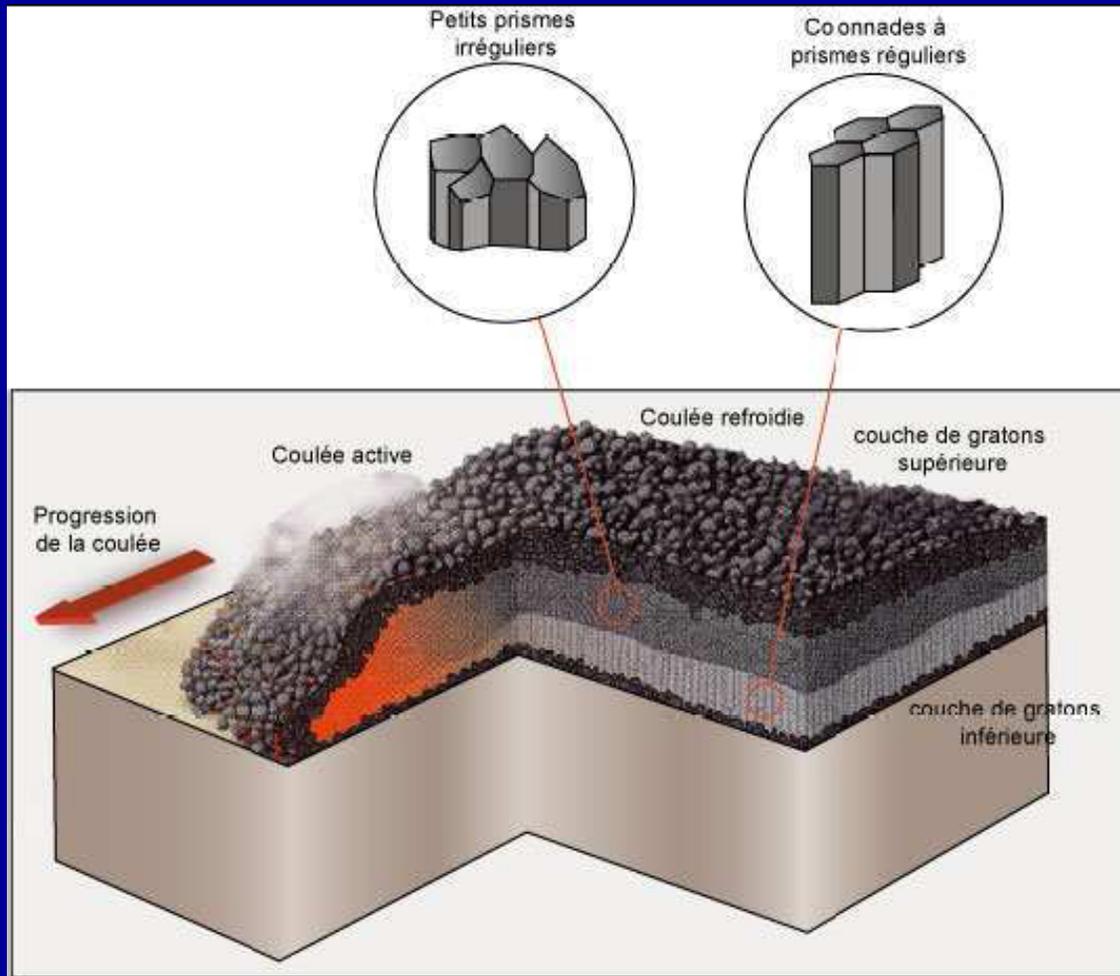


Photographie : Bernard M. Gunn



Photographie : Pierre Thomas

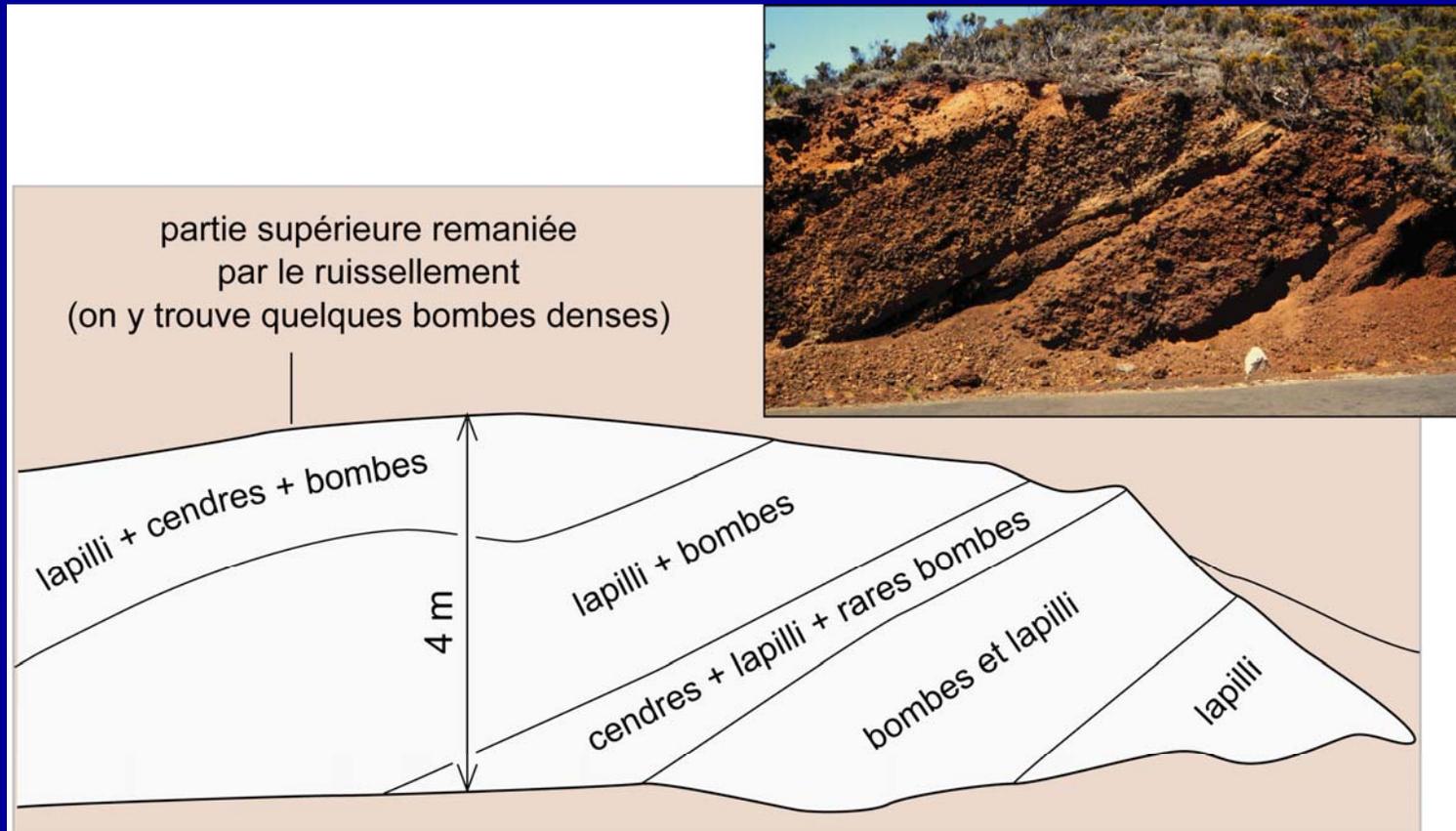
La base et le toit des coulées en gratons sont généralement constitués de fragments scoriacés de même nature que la lave créée pendant le déplacement de la coulée en cours de refroidissement.



*Coupe d'une coulée  
en gratons.*

Les niveaux d'accumulation sont bien marqués au niveau des cônes :

- Cendres : explosion forte
- Lapillis : arrivée rapide du magma en surface avec fontaines de lave
- Bombes scoriacées : éruption classique effusive



© BRGM - 2005, d'après P. Mairine

Coupe dans le talus de la RF5 montrant les projections meubles

## Quand les coulées arrivent jusqu'à la mer : les souffleurs



## Un tunnel de lave

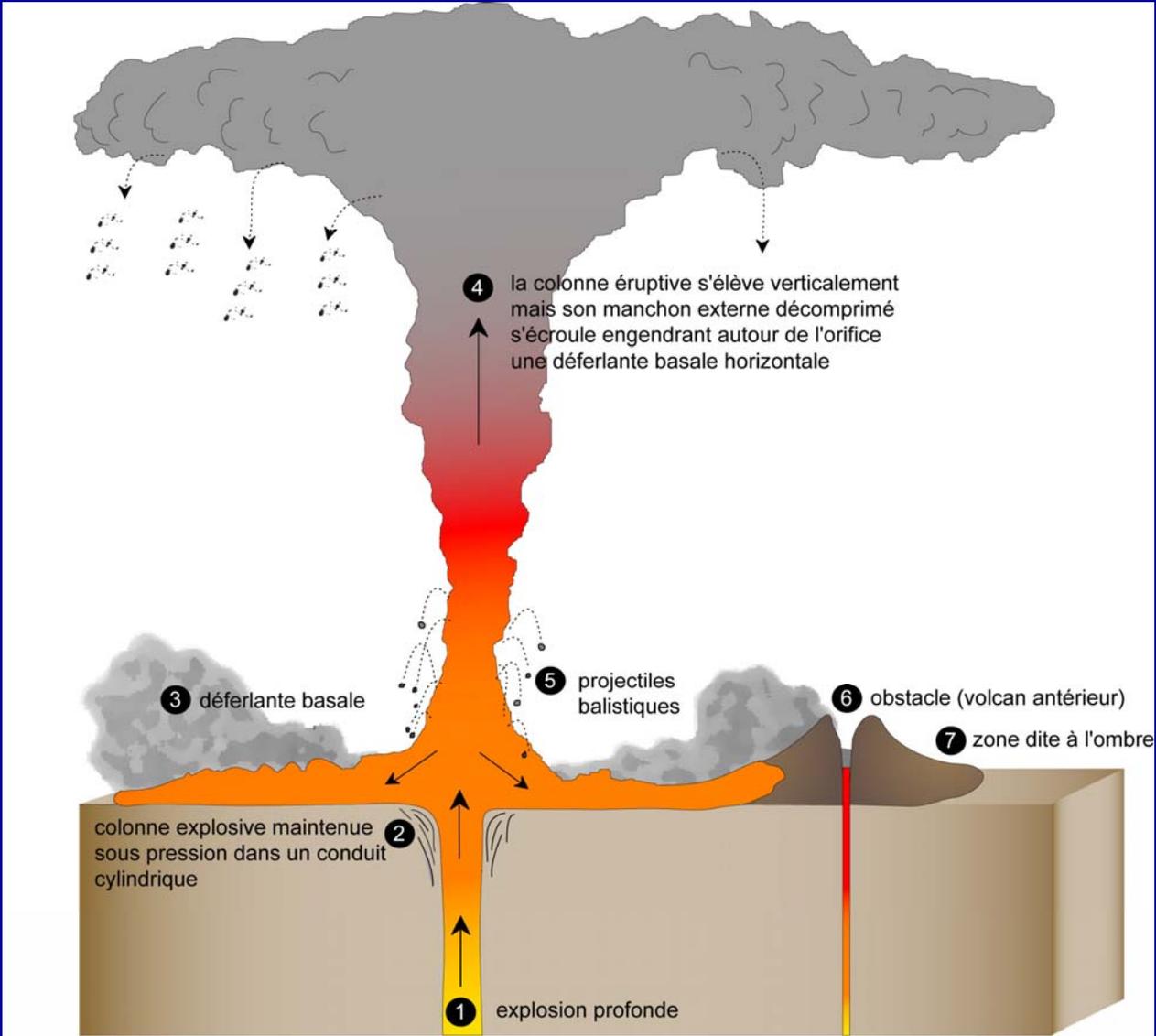


Eruptions explosives dues à l'interaction magma-eau souterraine contenue dans l'édifice volcanique. La vaporisation de l'eau provoque des éruptions phréatiques (éjections de roches anciennes sans magma frais), ou hydromagmatiques (présence de magma frais dans les produits d'éjection).



© P. Mairine

La petite carrière de cendres de Bellecombe



© BRGM - 2003

Schéma d'une éruption phréatomagmatique

## Dépôts et dynamismes phréatomagmatiques

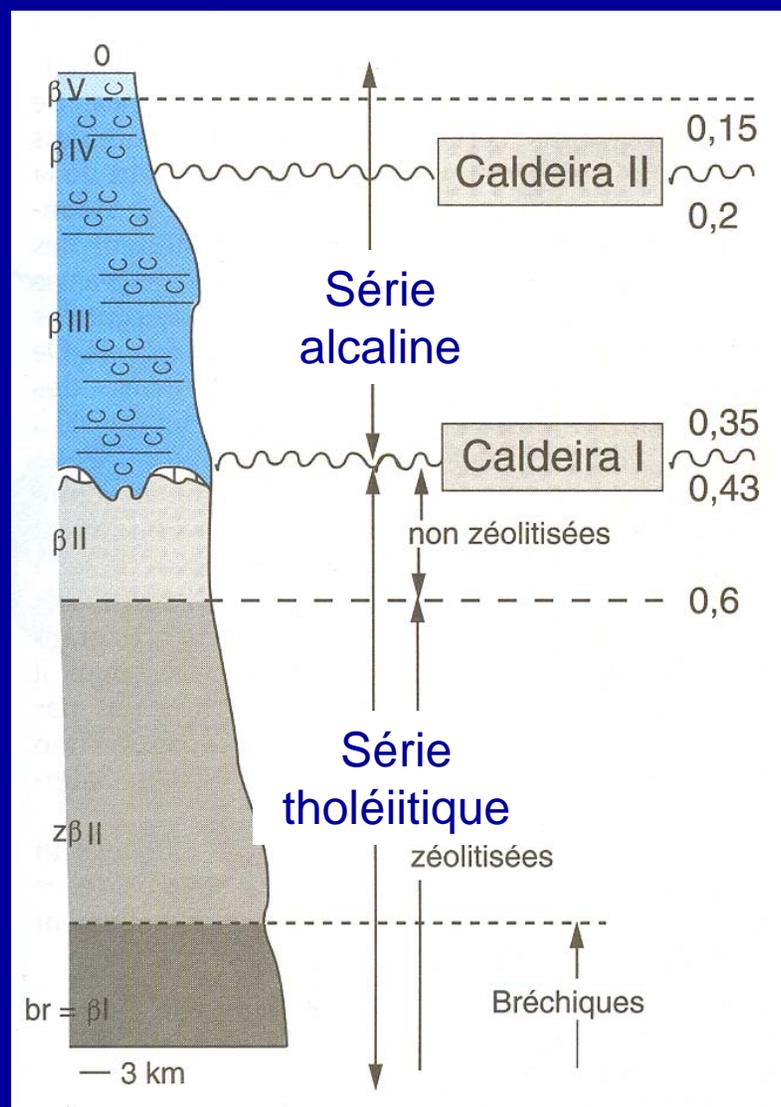
Ces hyaloclastites sont constituées de débris de magma vitrifié et de blocs de lave ancienne, arrachés aux terrains pré-existants lors d'une éruption explosive phréatomagmatique .

*Falaise de hyaloclastite du Cap  
Jaune  
au lieu-dit Le Plateau, entre  
Vincendo et Saint-Joseph.*



### III) Pétrologie et géochimie des roches :

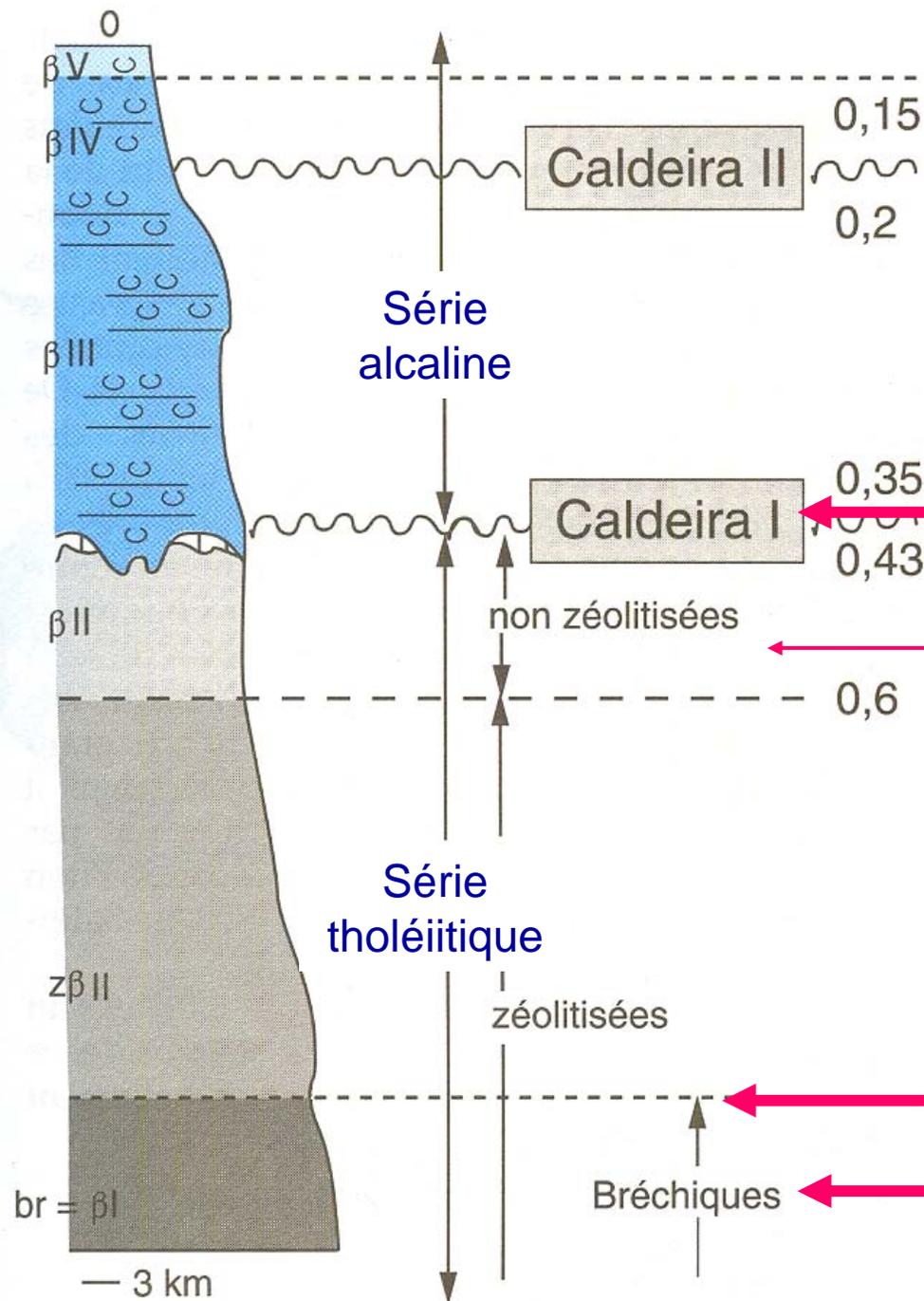
### Colonne synthétique des laves de la Réunion.



Piton de la Fournaise

Massif du Piton des Neiges

Association de deux séries magmatiques :  
 Tholéiitique  
 Alcaline



Phase terminale explosive à ignimbrite.

Hawaïtes et Mugéarites

Laves plus acides, activité plus explosive.

Calme éruptif : effondrement de la chambre magmatique initiale.

Daté au K/Ar entre 0,6 et 0,43 Ma.

Océanites

2/3 du volcan émergé.

Calme éruptif avec injections de sills et dykes. Basaltes à Feldspaths/Px

Série tholéiitique transitionnelle ancienne : brèches et coulées aériennes.

## a) Pétrologie :

### Les roches de la série tholéiitique transitionnelle ancienne ( Piton des Neiges)

Brèches de basaltes tholéiitiques à phénocristaux de plagioclases et clinopyroxènes : éruption hydromagmatique.

Zéolitisation dûe à l'imprégnation de fluides hydrothermaux post-volcanique.

### Les roches de la série tholéiitique transitionnelle récente (Piton des Neiges et de la Fournaise)

Océanites (basaltes à Olivine), éruption hawaïenne effusive.

### Les roches de la série alcaline différenciée ( Piton de la Fournaise)

Basaltes alcalins à Olivine : hawaïte. (Néphéline normative).

Epanchement jusqu'à 500 m d'épaisseur.

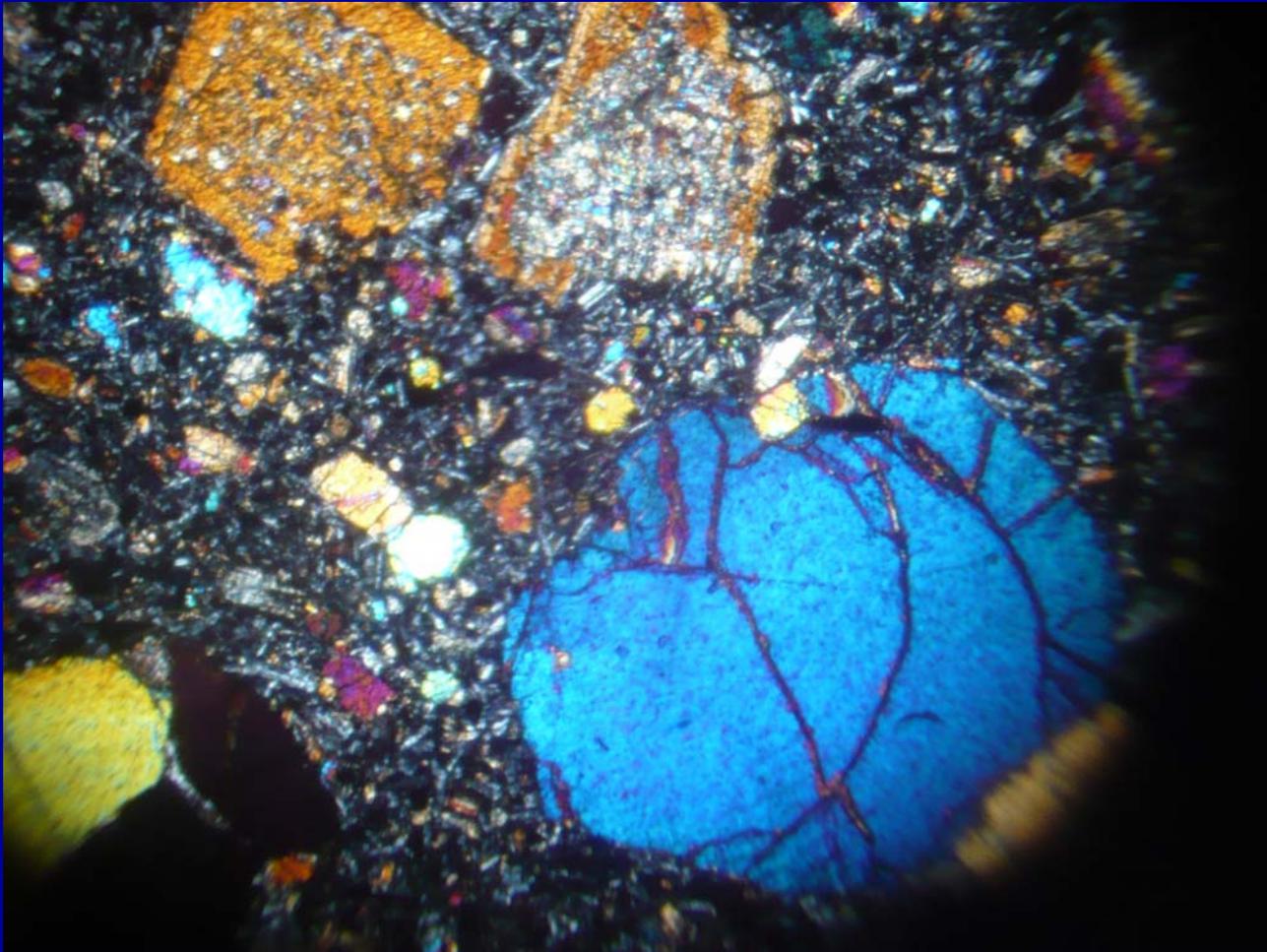
Puis Mugéarites sur les pentes externes du Piton des Neiges.

Trachytes : produits les plus différenciés.



## Océanite

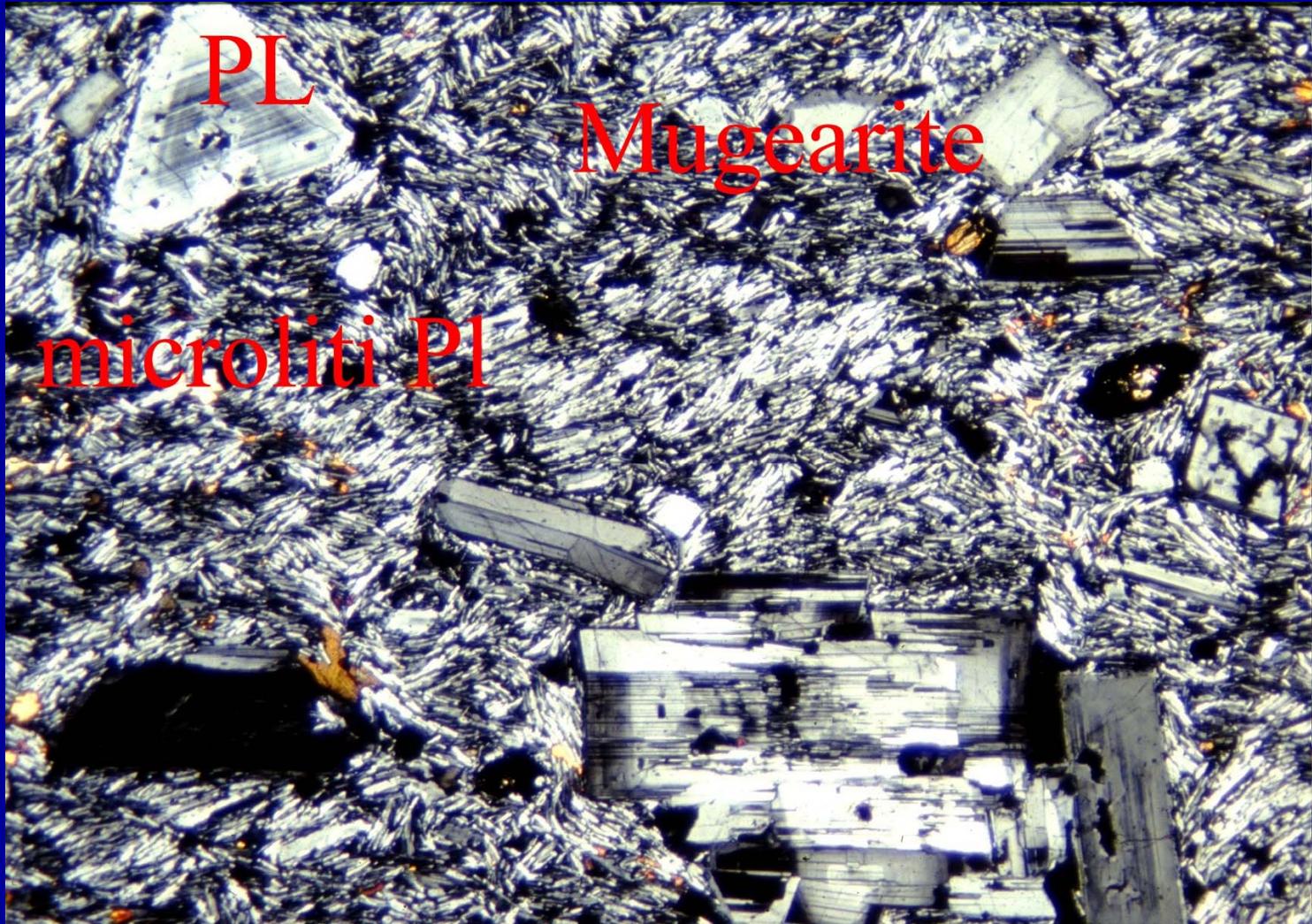
Les **Océanites** sont des basaltes très riches en olivine (jusqu'à 50 % en volume). Elles sont interprétées comme des éléments dispersés d'un cumulat à olivine dans un basalte ; ceci implique donc l'existence d'une première phase de différenciation et de formation de cumulat, puis d'une seconde phase où un nouveau basalte disperse les éléments du cumulat à olivine. Dans certains cas, ces laves refroidissent assez lentement pour que des cristaux interstitiels (ici de plagioclase) se développent entre les olivines. Lors des altérations hydrothermales, les olivines de l'océanite s'altèrent en iddingsite (rougeâtre), et des zéolites (minéraux blancs) se forment.



Basalte alcalin de l'île de la Réunion

Hawaïte : Basalte alcalin à néphéline normative et gros  
phénocristaux de Feldspaths (basaltes pintades)





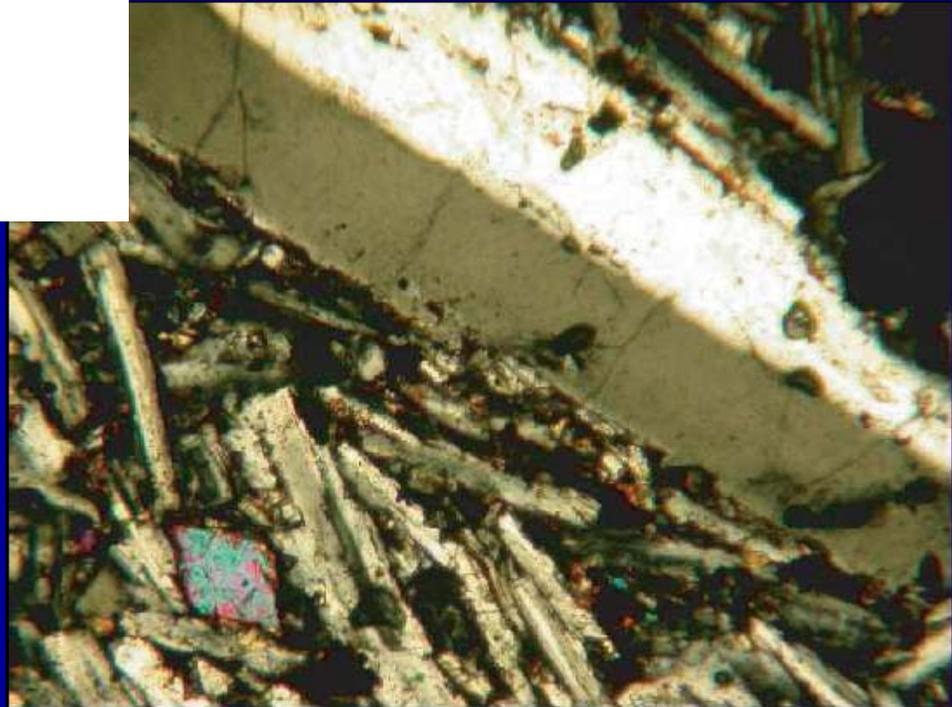
Mugéarite



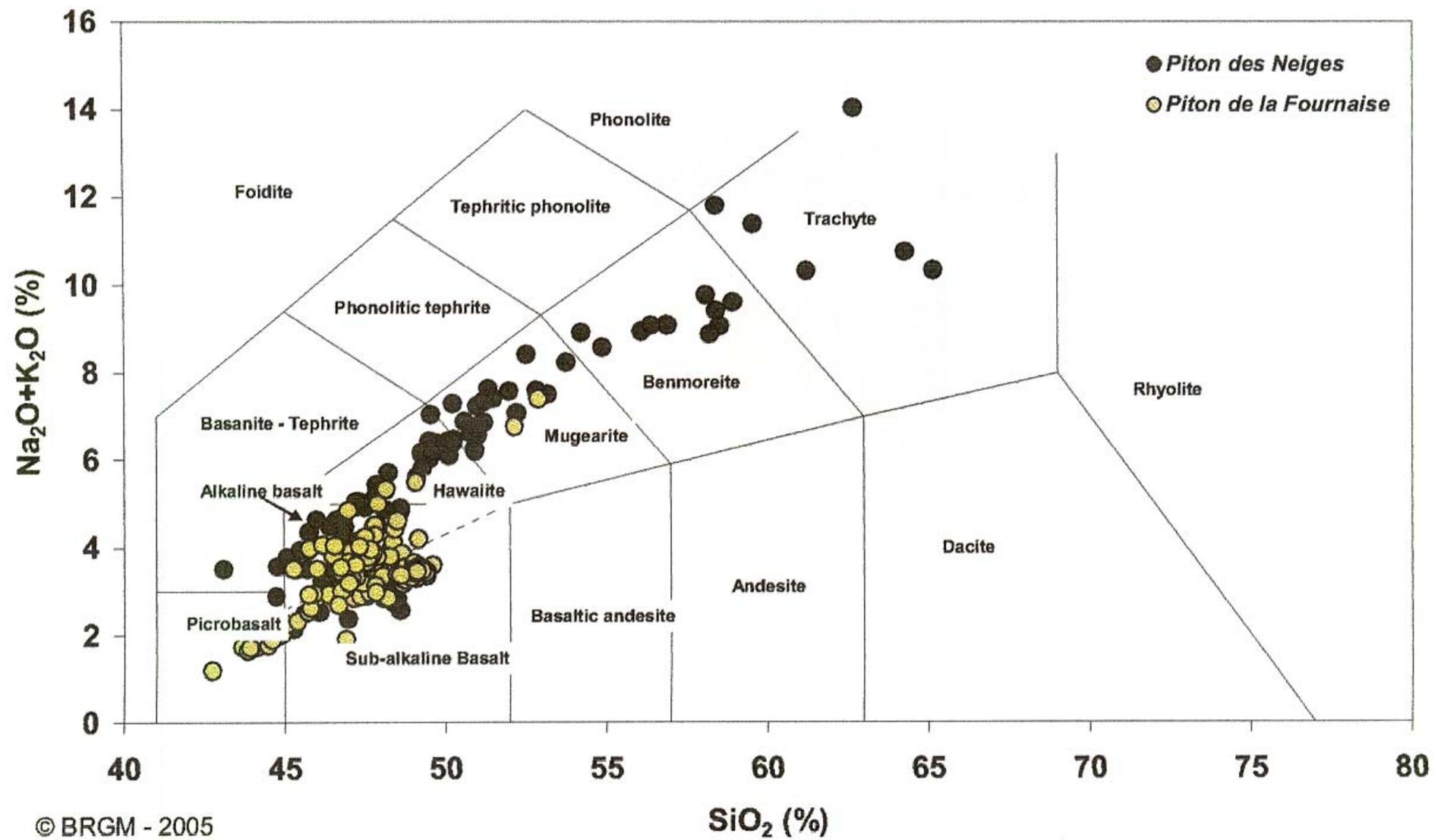
© BRGM - 2005

Echantillon de trachyte prélevé dans le lit de la rivière des Fleurs Jaunes, cirque de Salazie

## Trachyte



## b) Éléments majeurs



© BRGM - 2005

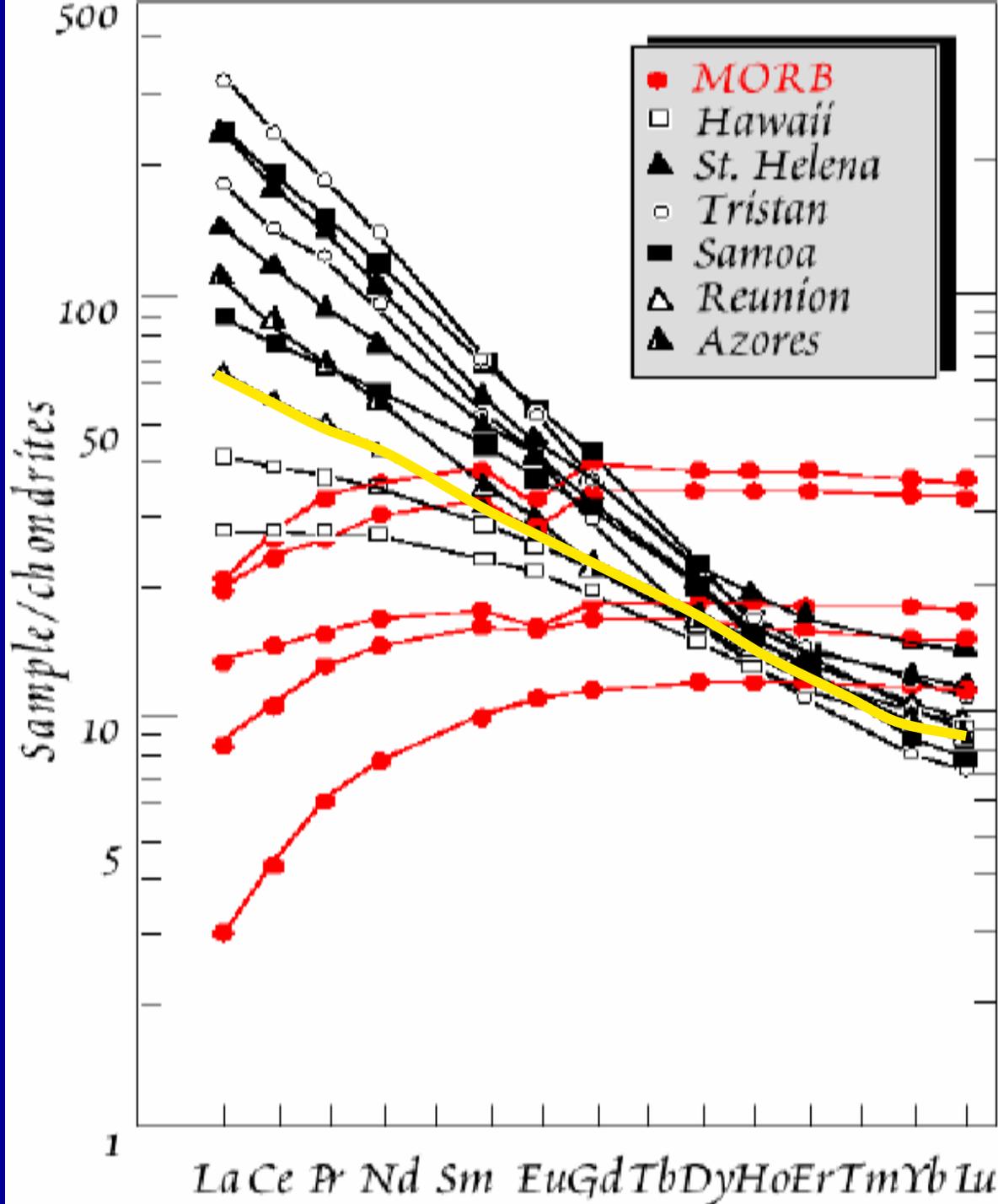
Figure 16 – Diagramme  $\text{SiO}_2$  ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ )

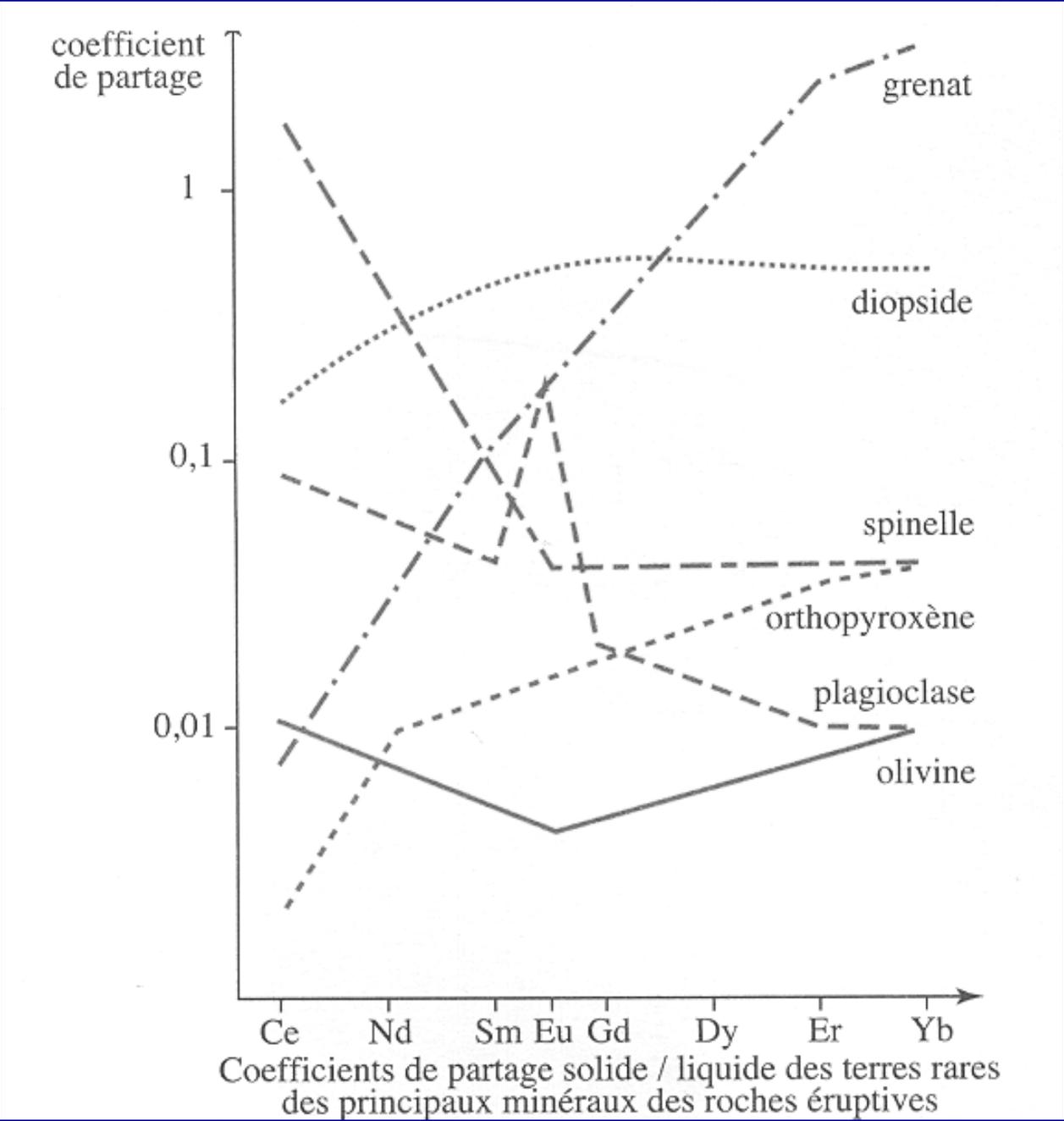
Association des séries **tholéiitique** (à quartz) et **alcaline** (faiblement alcaline, saturé en silice)

MORB

SiO <sub>2</sub>	49,61	49,36	46,53
TiO <sub>2</sub>	1,43	2,50	2,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,01	13,94	14,31
FeO*	11,49	11,22	12,32
MnO	–	0,16	0,18
MgO	7,84	8,44	9,54
CaO	11,32	10,30	10,32
Na <sub>2</sub> O	2,76	2,13	2,85
K <sub>2</sub> O	0,22	0,38	0,84
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,26	0,28
D.I.	25,90	22,61	27,52
Minéraux normatifs	Hy + Ol	Hy + Qz	Ol + Né Né < 5 %
Minéraux mafiques	Olivine + Cpx	Olivine + Cpx Opx ou pigeonite	Olivine + Cpx
Minéraux felsiques		Polymorphes de la silice	F alc

c) Eléments en trace :





Exemple de l'effet du grenat pour différents taux de fusion partielle d'une lherzolite (à grenat).

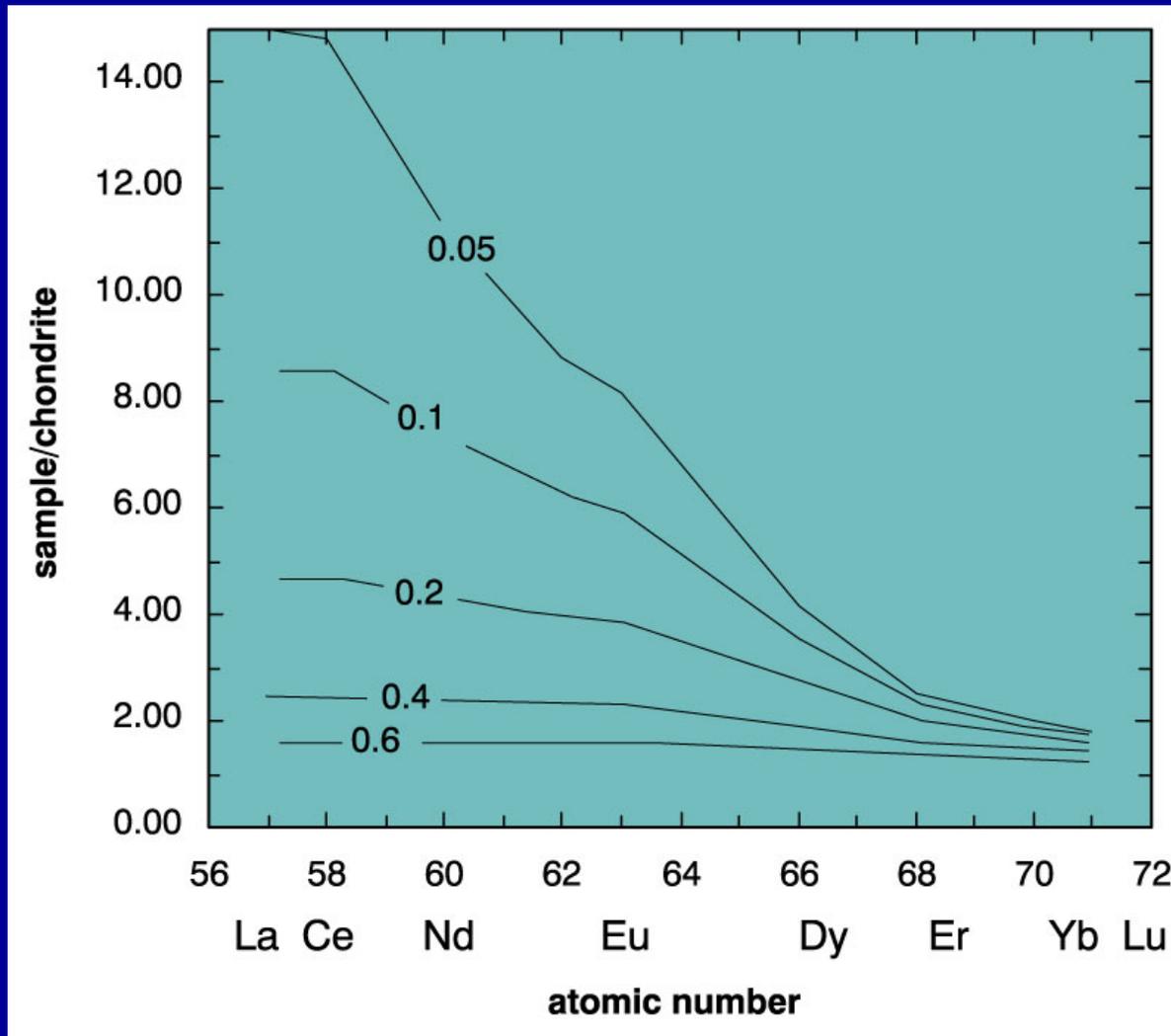
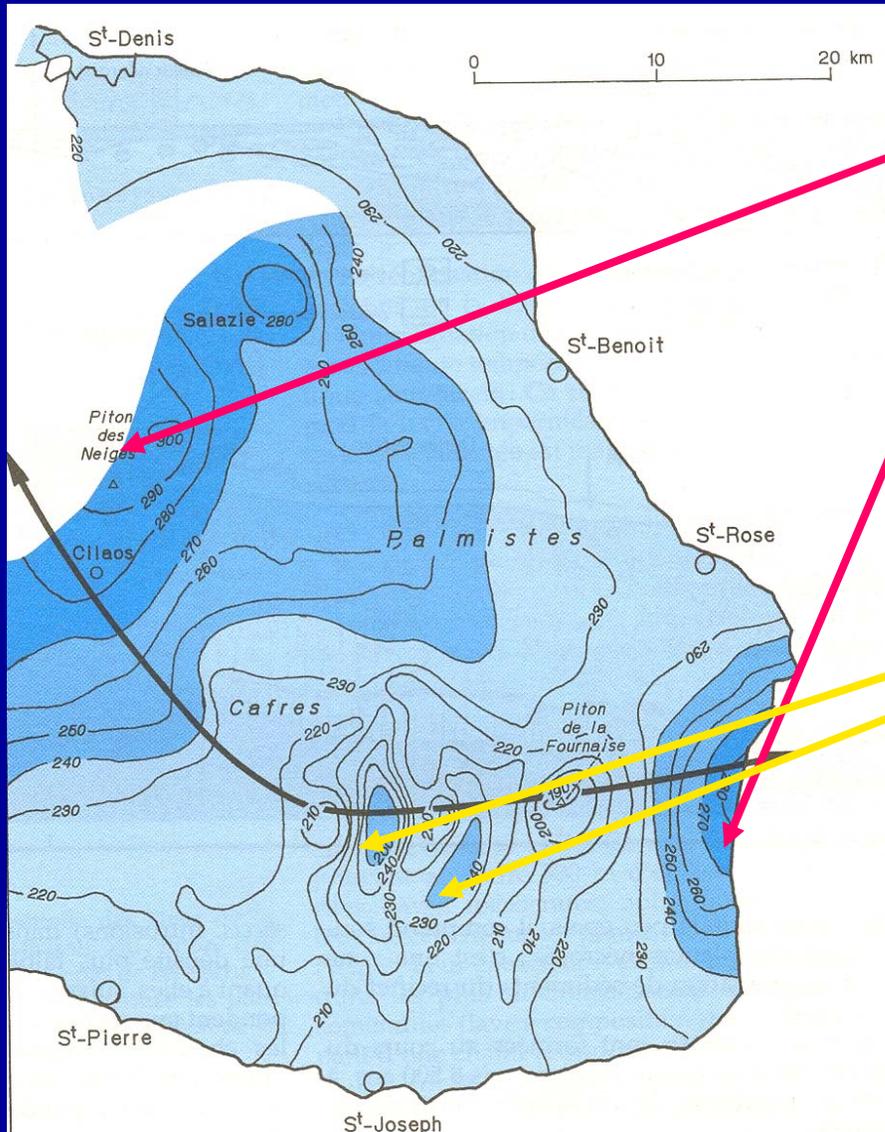


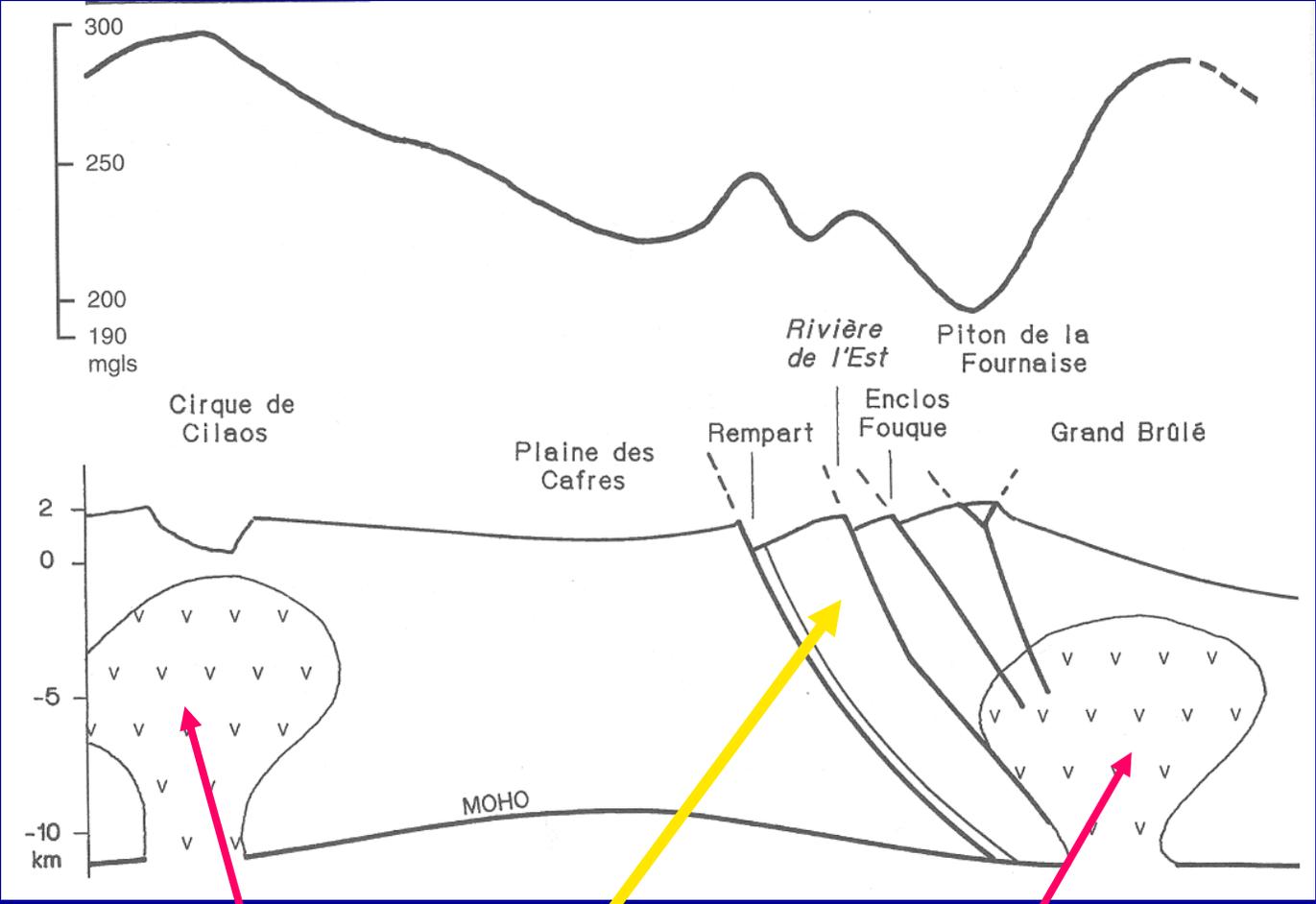
Figure 9-4. Rare Earth concentrations (normalized to chondrite) for melts produced at various values of  $F$  via melting of a hypothetical garnet lherzolite using the batch melting model (equation 9-5). From Winter (2001) *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall.

# IV) Les données gravimétriques :



2 anomalies positives très fortes

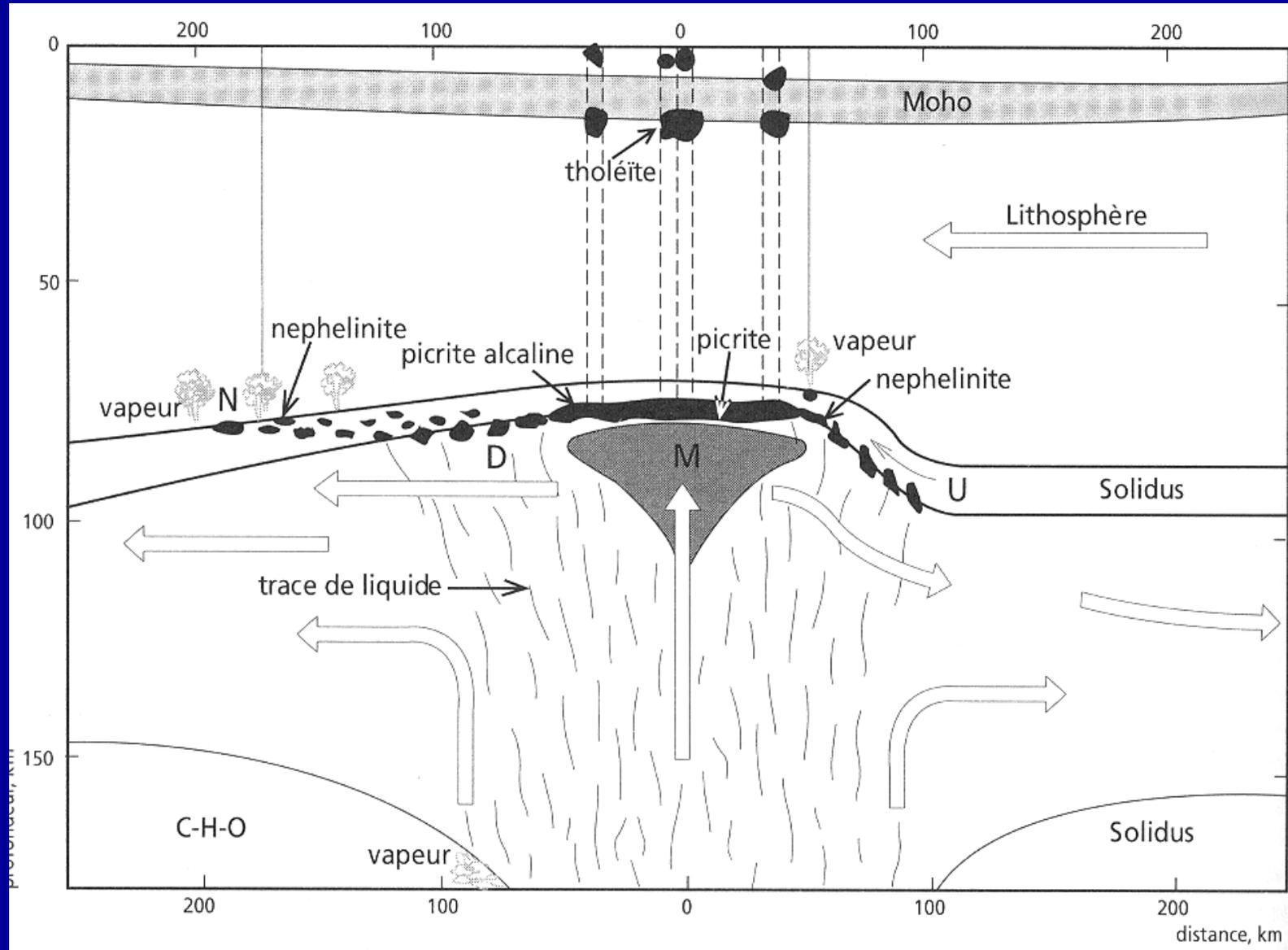
Une série d'anomalies positives faibles



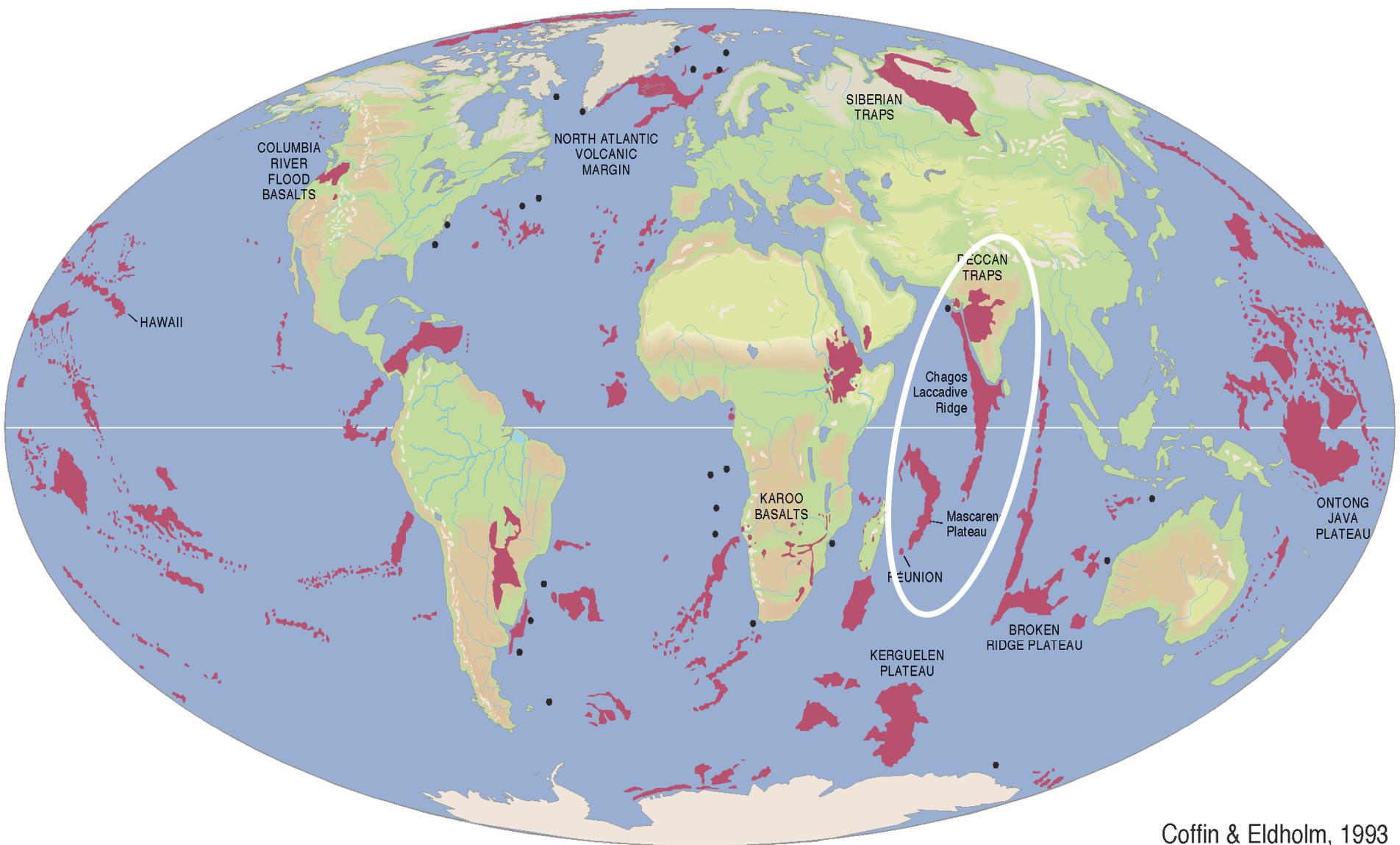
Une série d'anomalies positives faibles

2 anomalies positives très fortes

V) La Réunion, émergence actuelle d'un panache mantellique :



# Les grandes provinces magmatiques



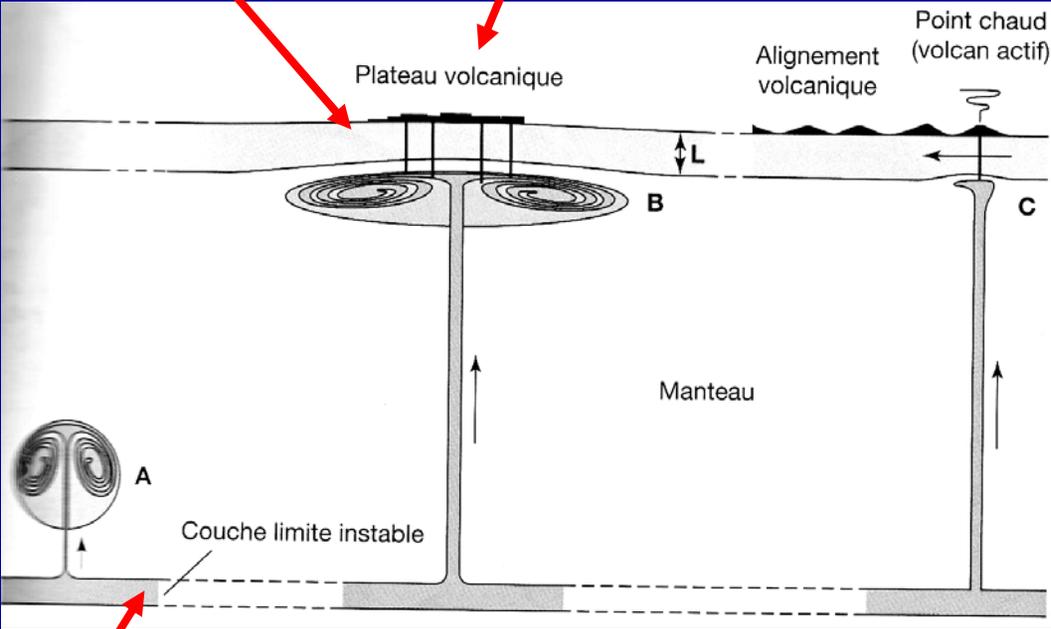
Coffin & Eldholm, 1993

Points chauds et panaches mantelliques : leur rôle majeur dans la dynamique interne.

La lithosphère s'amincit, se bombe et se fracture.

Trapps ou LIP : début du fonctionnement du point chaud.  
Episode « bref » (1 Ma).

Alimentation à plus faible débit, par la queue du panache. Episode plus long (10 Ma).



Couche D'' ou discontinuité 670 km

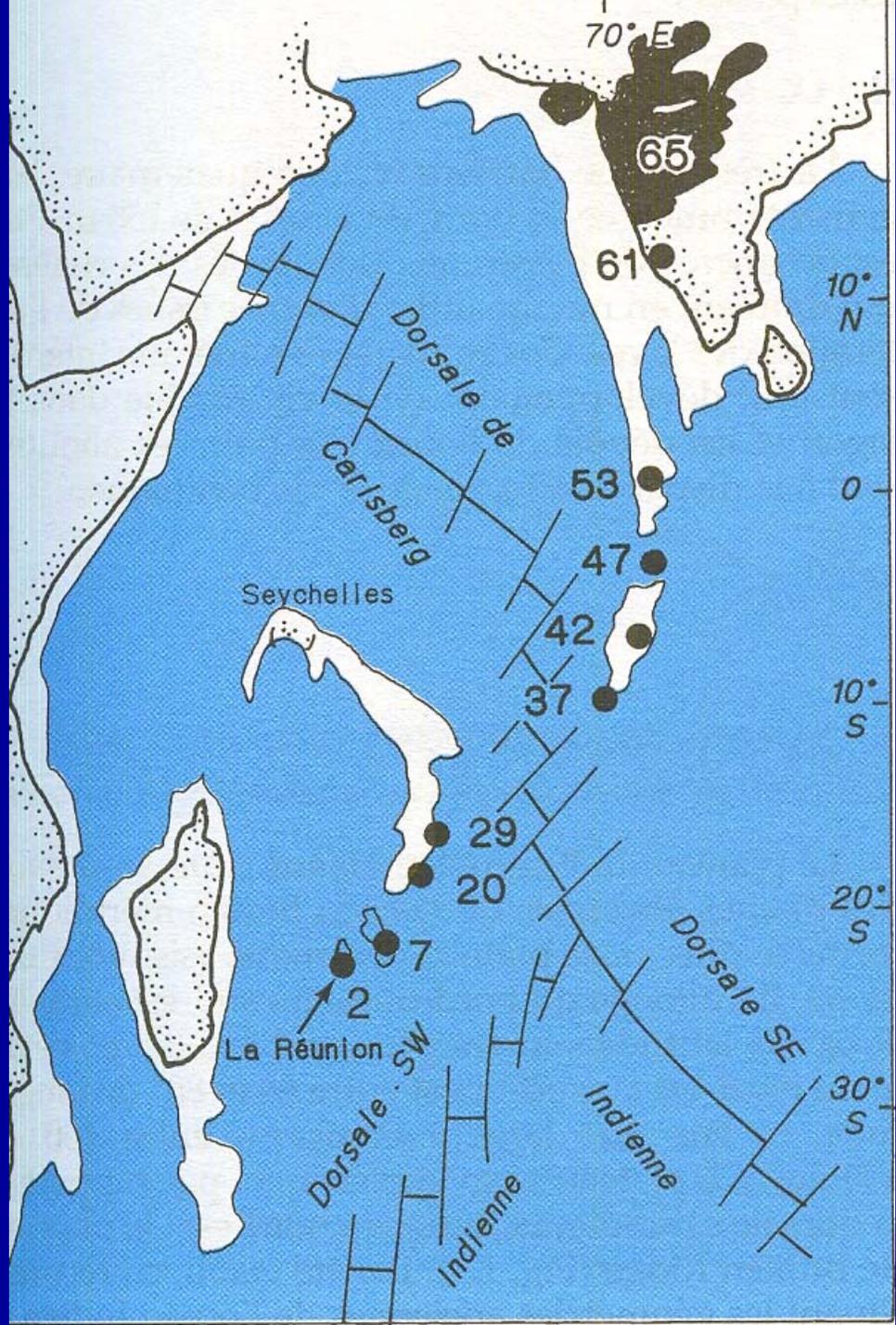
Evolution schématisée d'un panache mantellique.

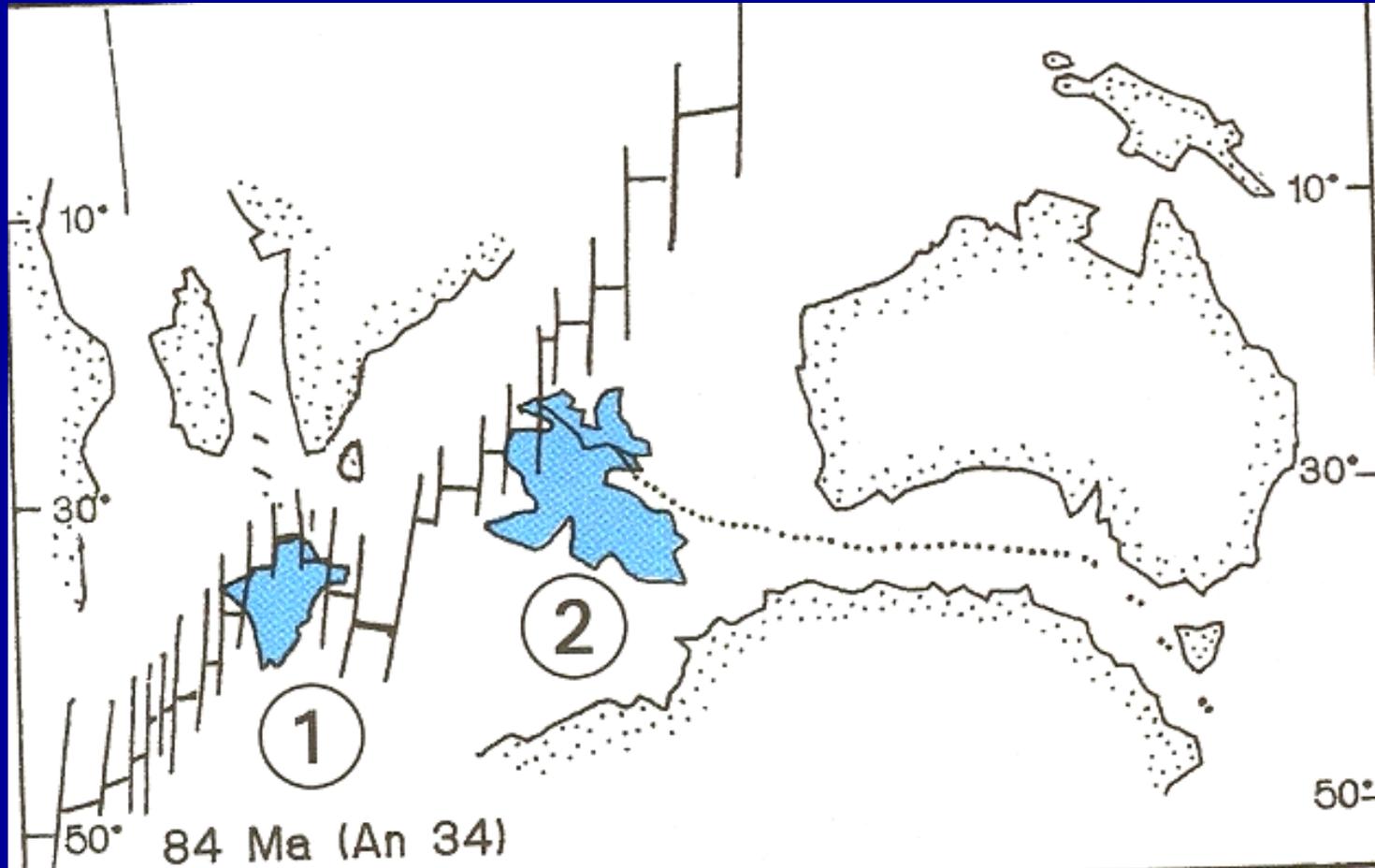


Le modèle admis est le suivant :

- (i) l'actuel volcanisme de l'île de la Réunion est alimenté par l'étroupe "queue" d'un panache mantellique venant de la limite manteau-noyau
- (ii) Les trapps du Deccan viennent de la "tête" de ce même panache mantellique, au cours de l'épisode très précoce de son histoire à la fin du Crétacé
- (iii) La ride Lakshadweep-Chagos, représentant un important alignement volcanique dans l'océan Indien, est le produit de ce panache.

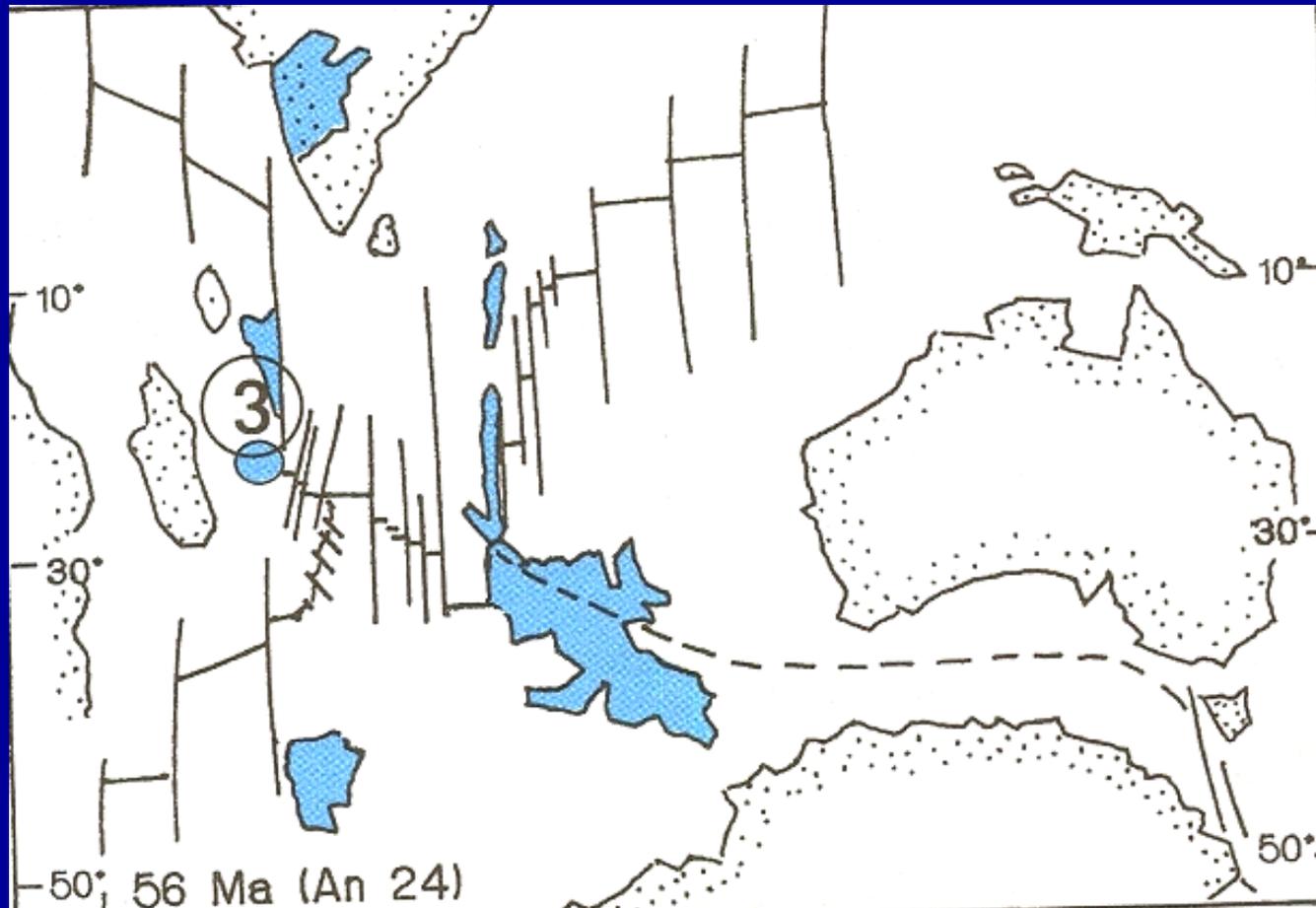
Alignement des volcans  
formés au-dessus du  
panache situé actuellement  
sous le Piton de la Fournaise.





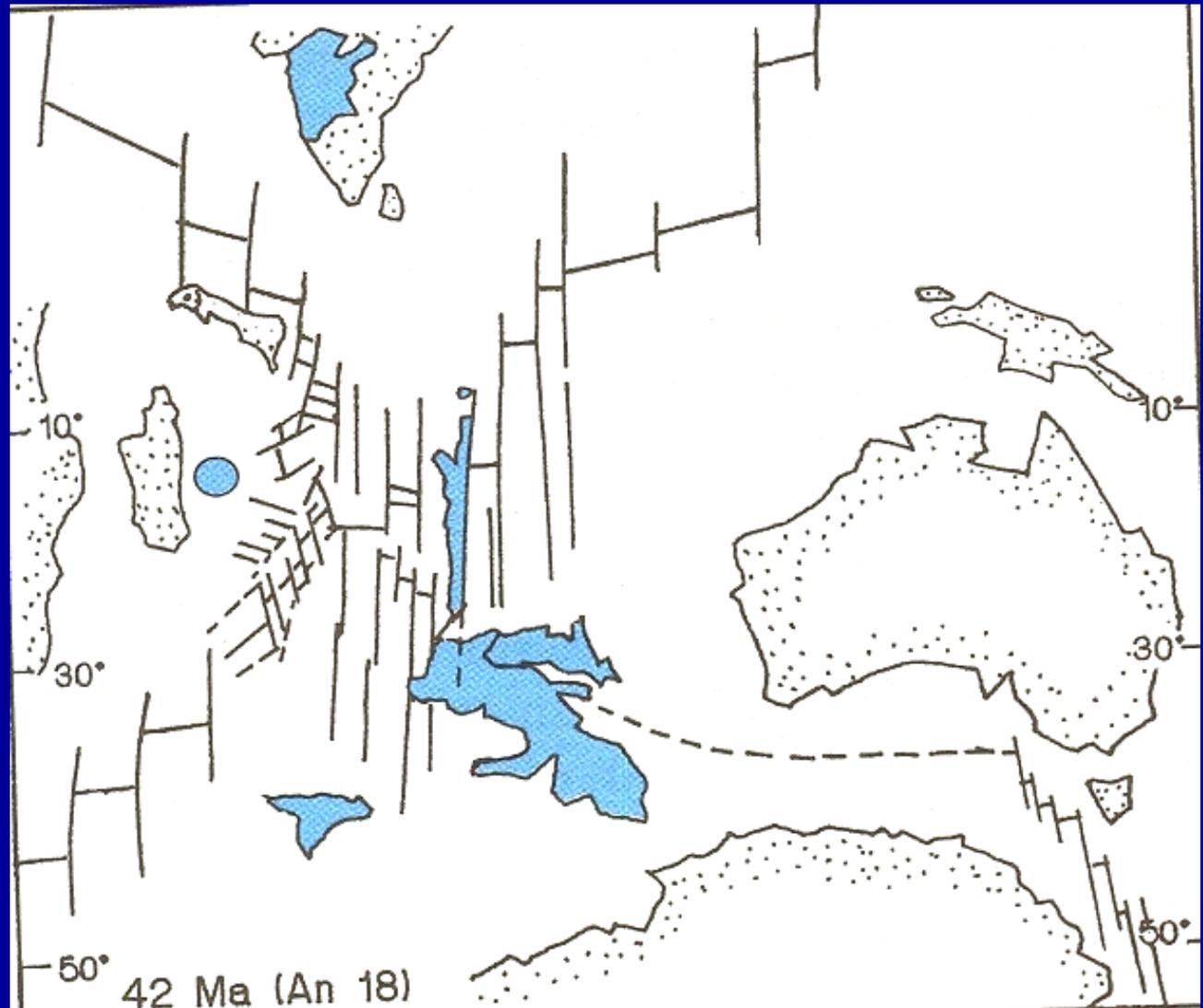
*Une ride d'accrétion sépare Afrique-Madagascar-Inde de la plaque Australie-Antarctique.*

*A 65Ma : Traps du Decan*

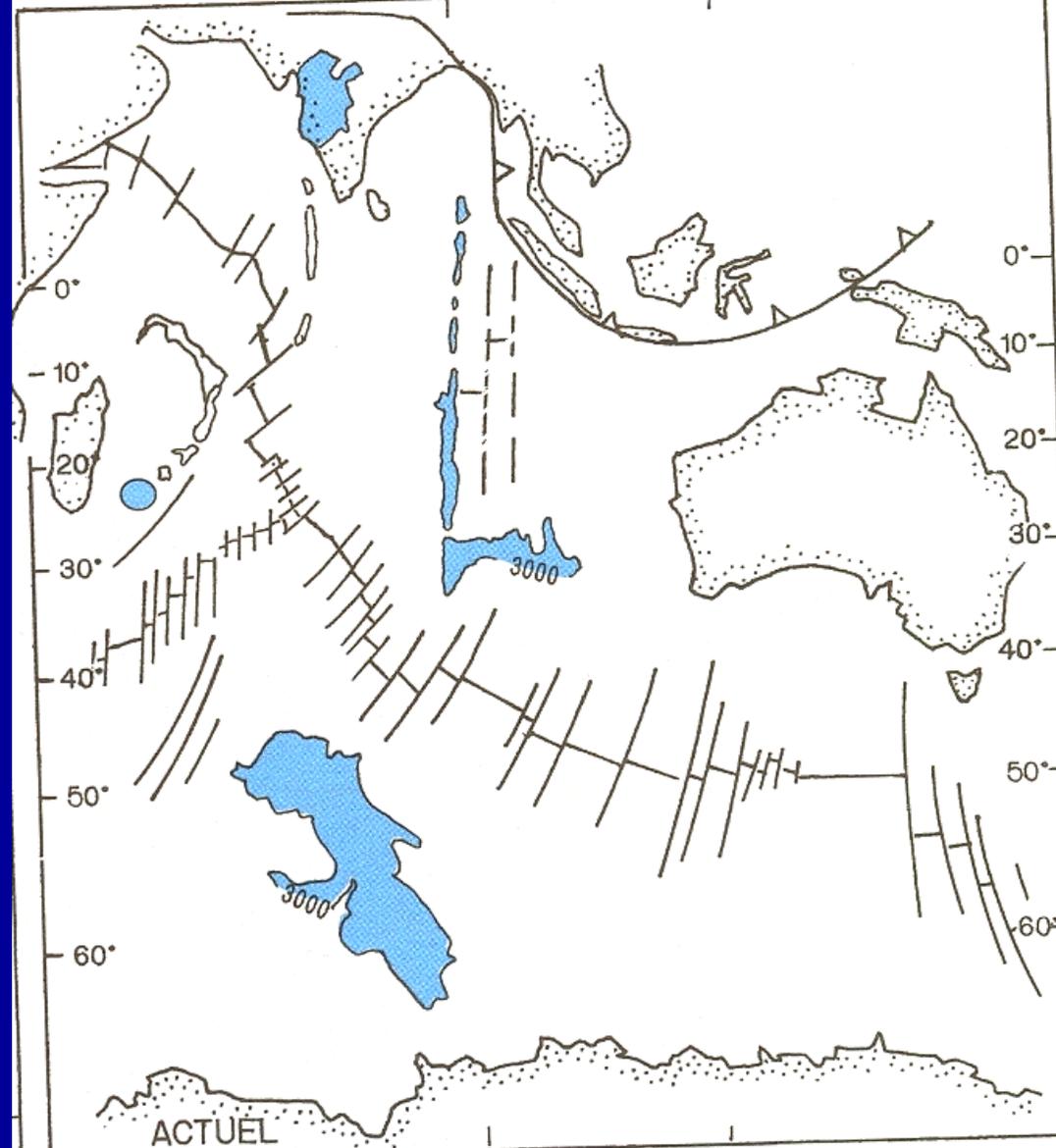


*Ce système d'accrétion se développe jusqu'à la collision du craton Indien avec l'Asie.*

*Le panache émerge au travers de la lithosphère océanique de la plaque portant l'Inde, formant l'archipel des Mascareignes.*



*Nouvelle dorsale qui scinde l'archipel en deux segments : l'un au Nord, l'autre au Sud de la ride. Le panache émerge alors au travers de la lithosphère océanique de la plaque Africaine.*



*Les plaques se déplacent vers le Nord.*

*Les volcans émis successivement « se déplacent vers le Nord » :*

*Ile Maurice 7Ma, La Réunion 2Ma.*