

UE Lithosphère océanique et points chauds

Régime thermique des dorsales : approche géochimique et pétrologique

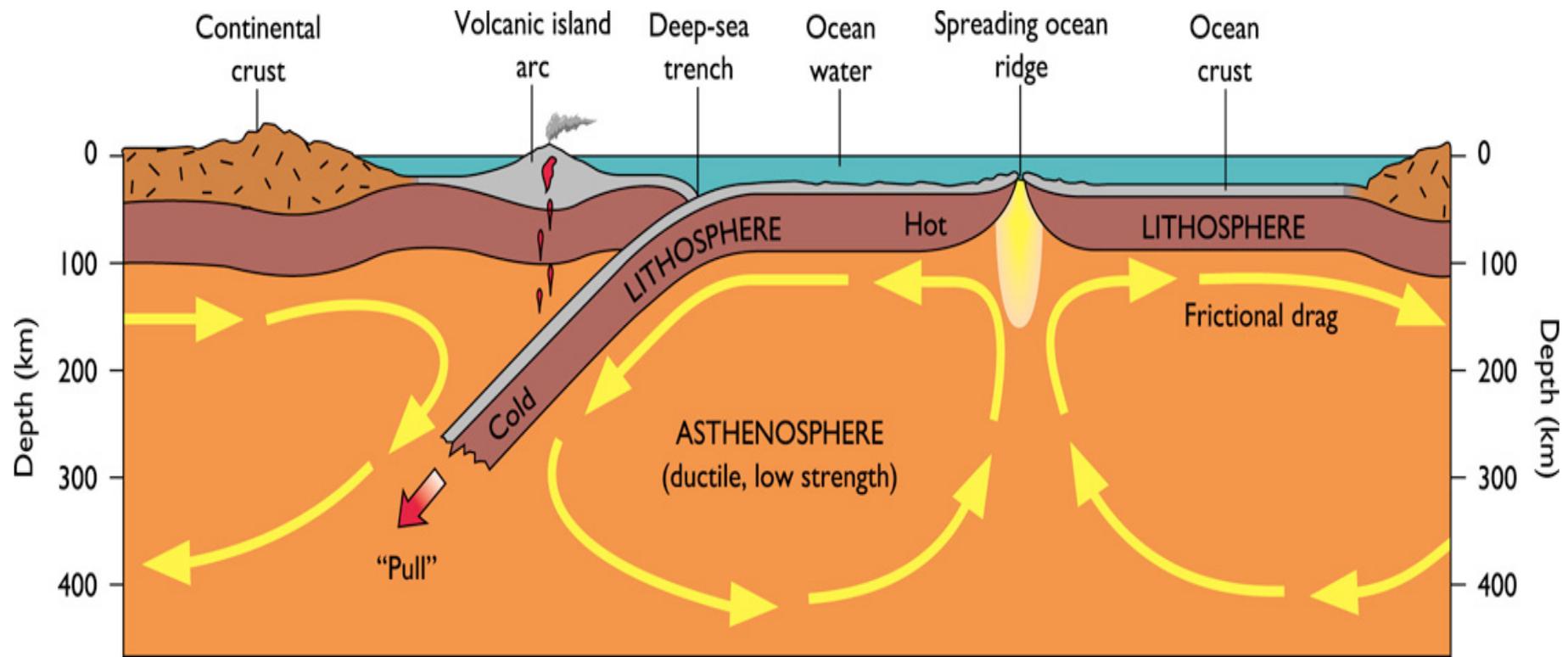
**Catherine Mével
Géosciences Marines
Novembre 2007**

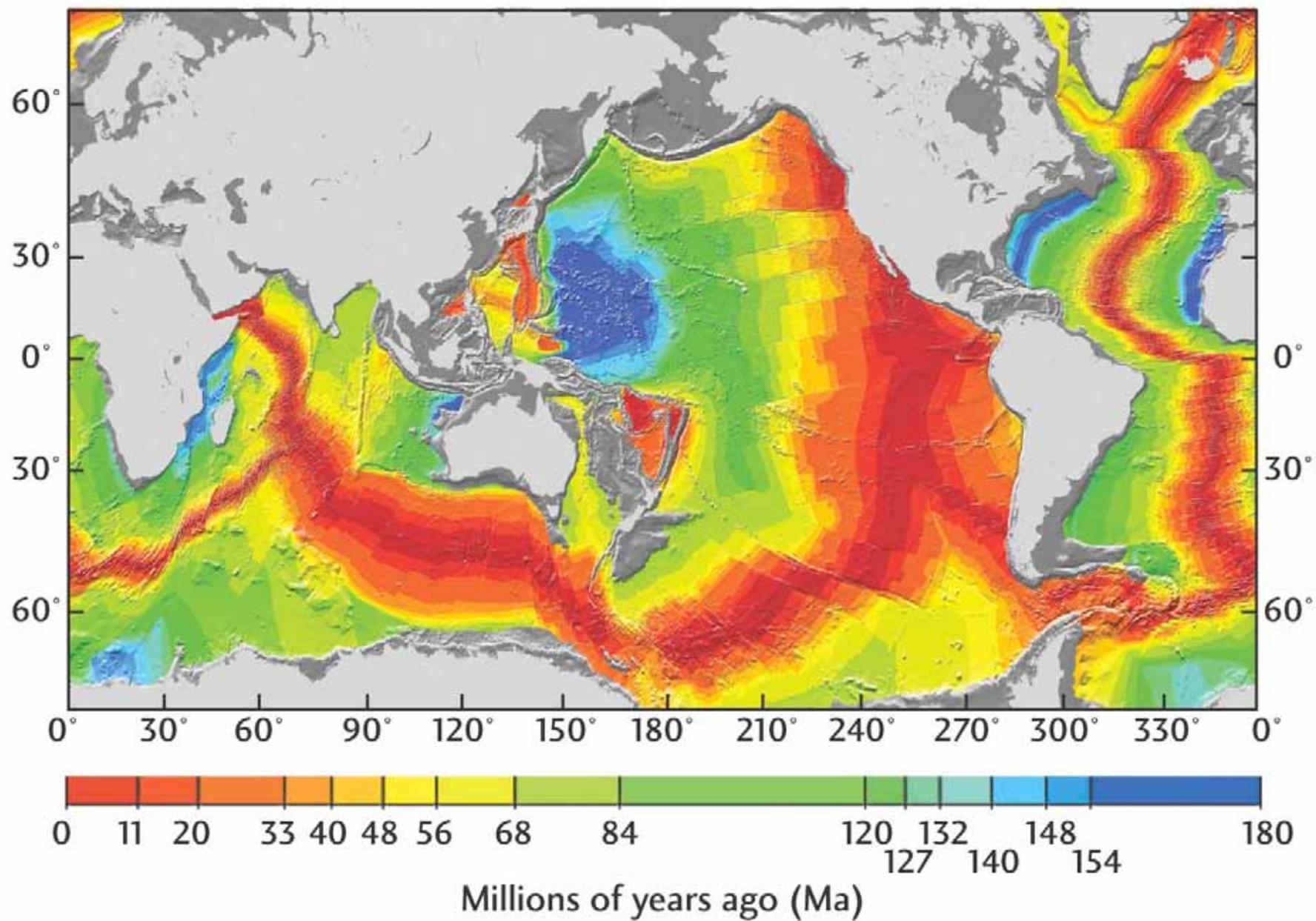
- Fusion partielle**
- Informations apportées par les péridotites résiduelles**
- Informations apportées par les basaltes**

Échelle régionale

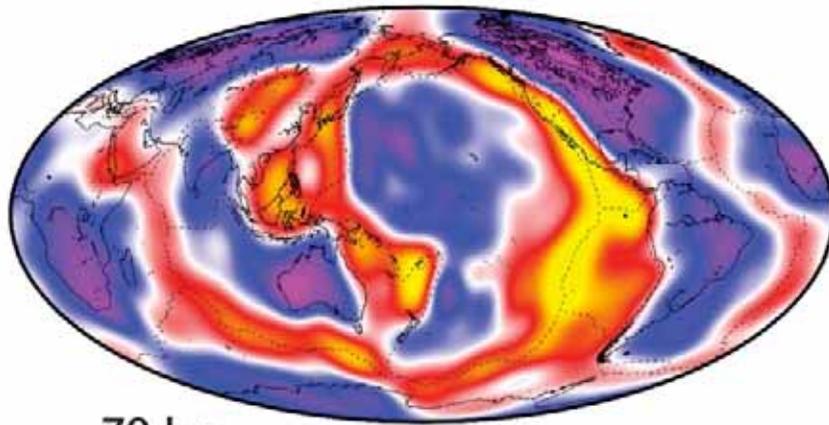
Échelle locale

L'influence des points chauds

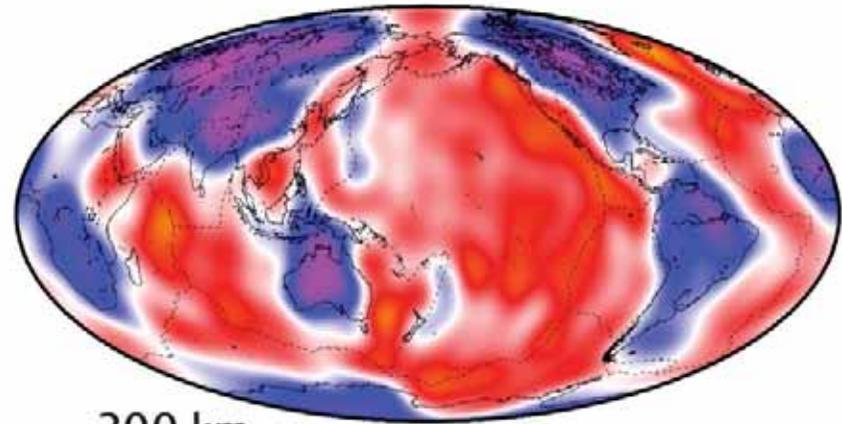




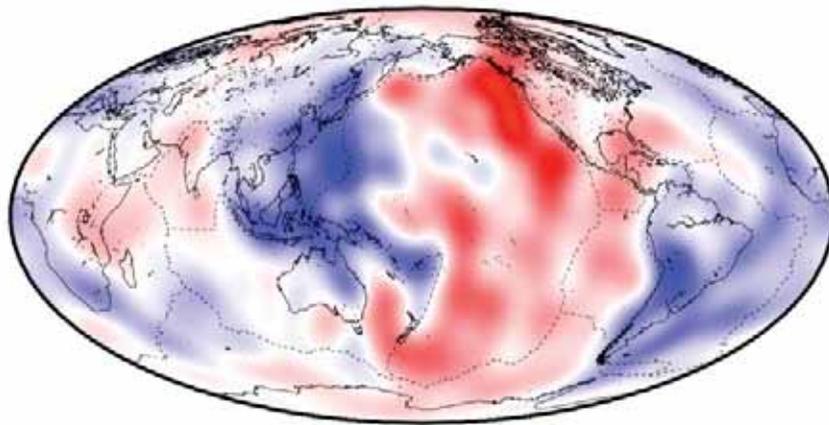
Tomographie sismique



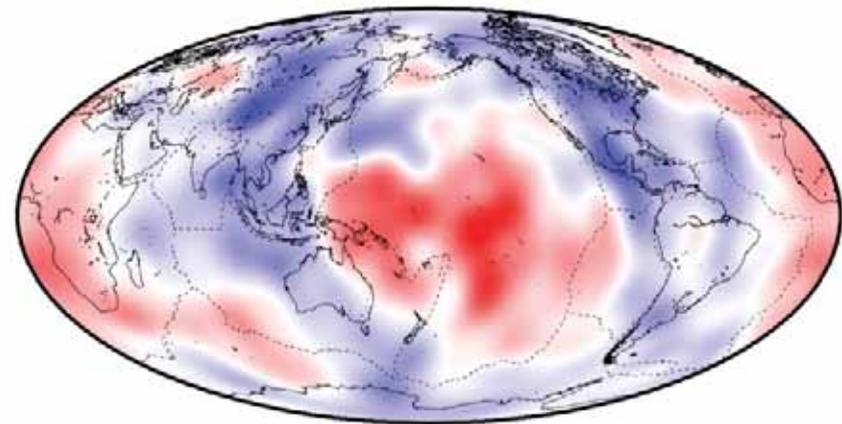
70 km



200 km

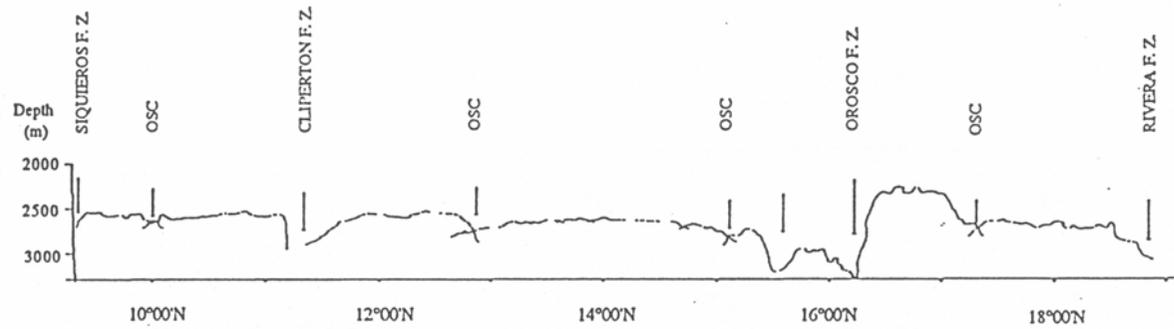
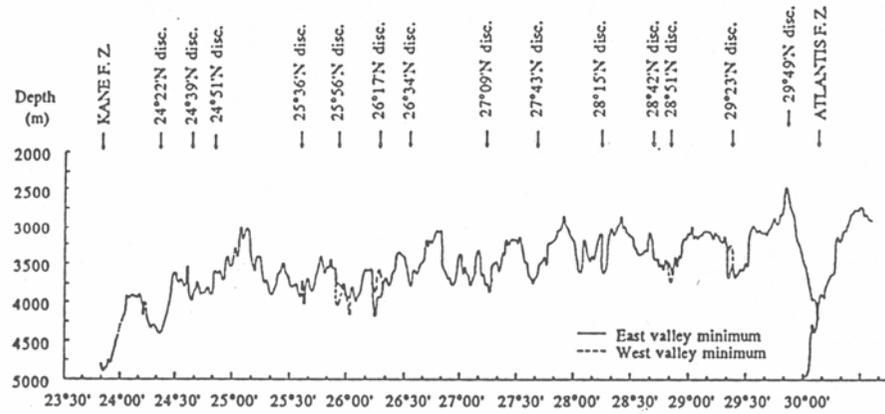
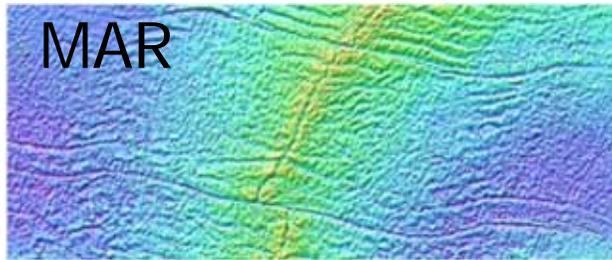


500 km

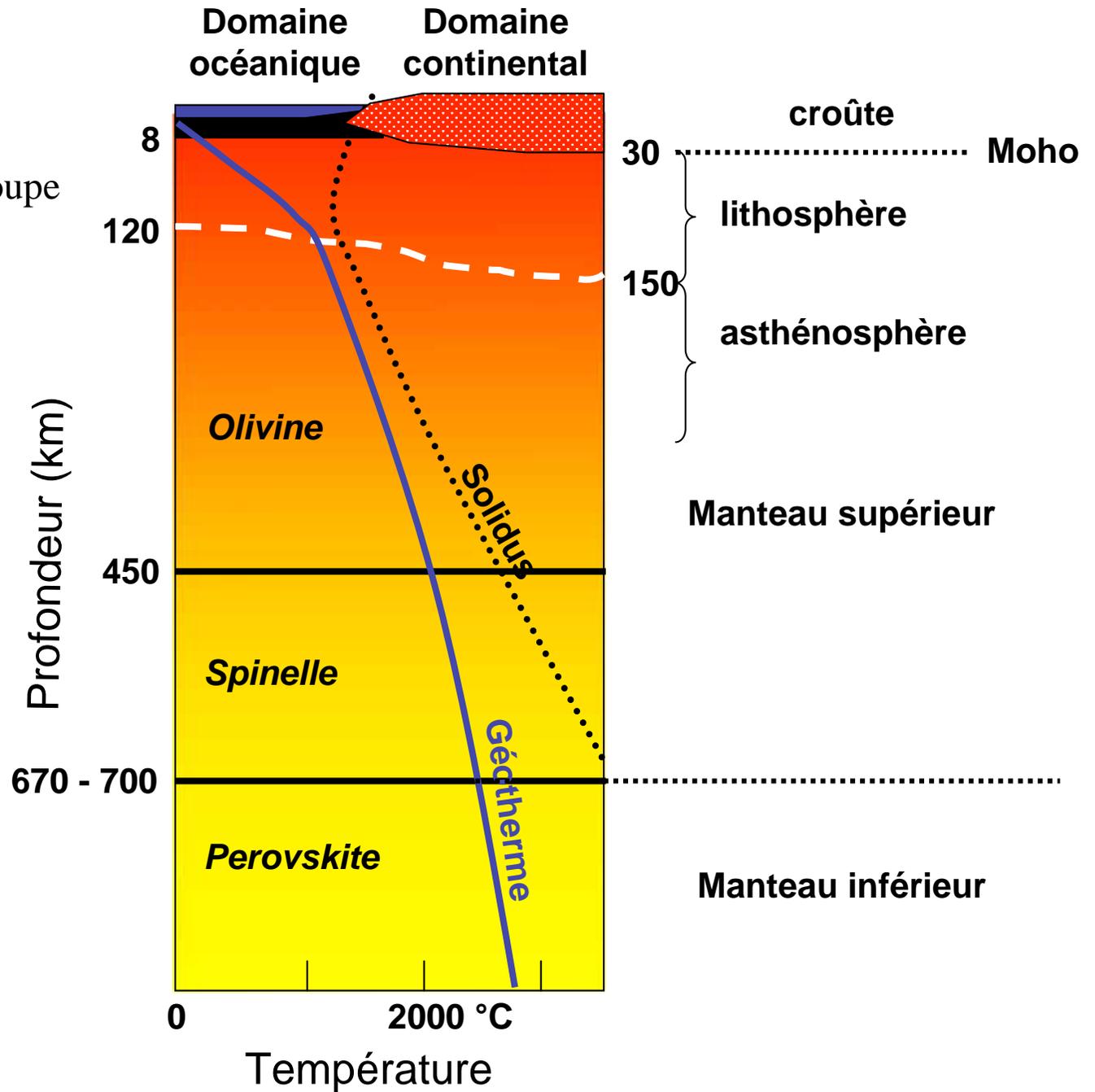


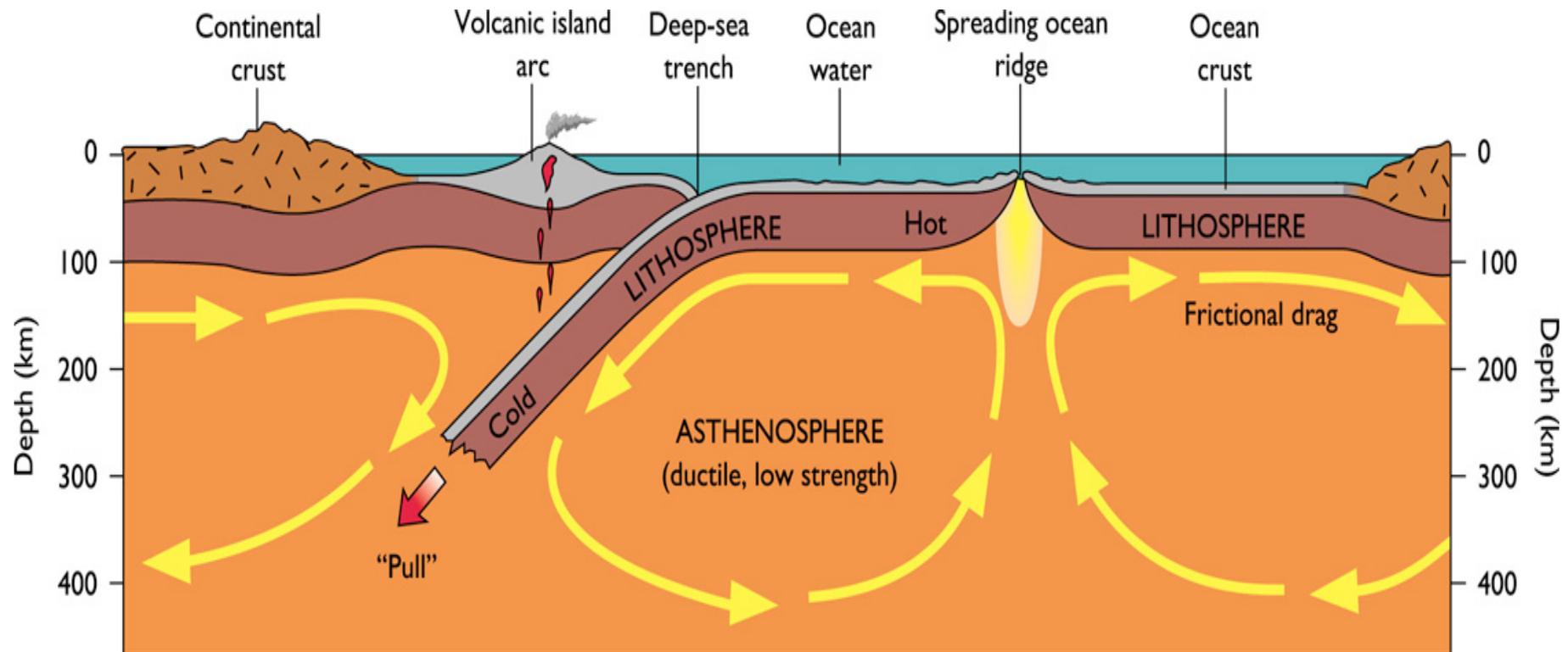
2800 km (near mantle-core boundary)

Taux d'expansion et morphologie de l'axe



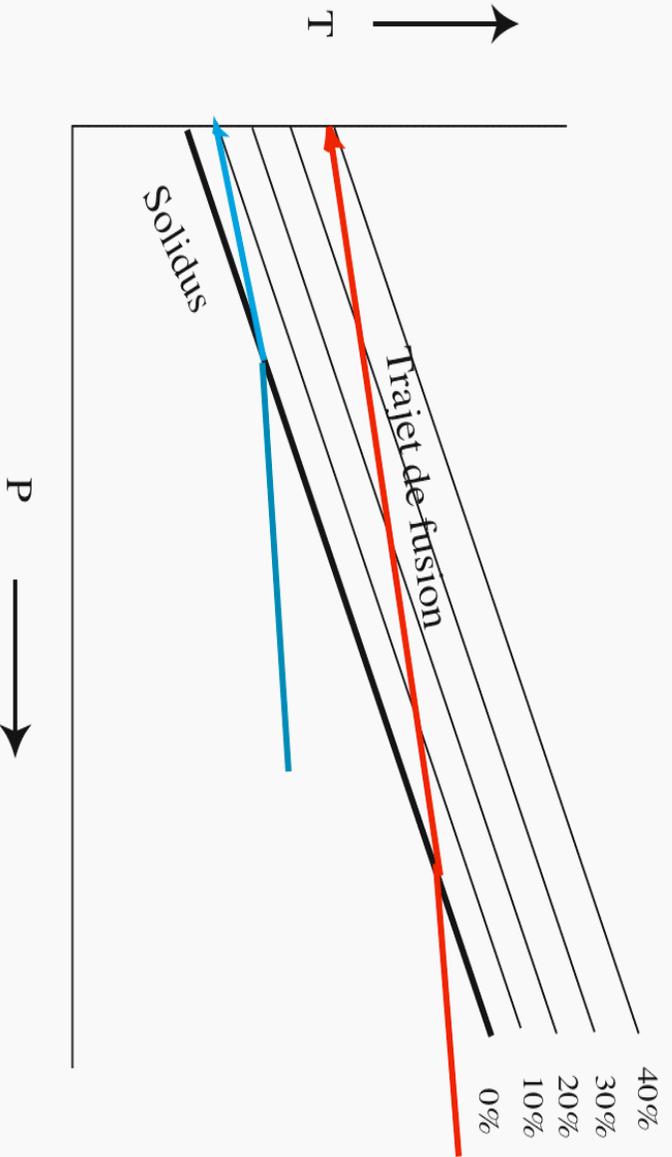
Le manteau supérieur est constitué de péridotites
Pour qu'il y ait fusion, il faut que le géotherme recoupe le solidus des péridotites



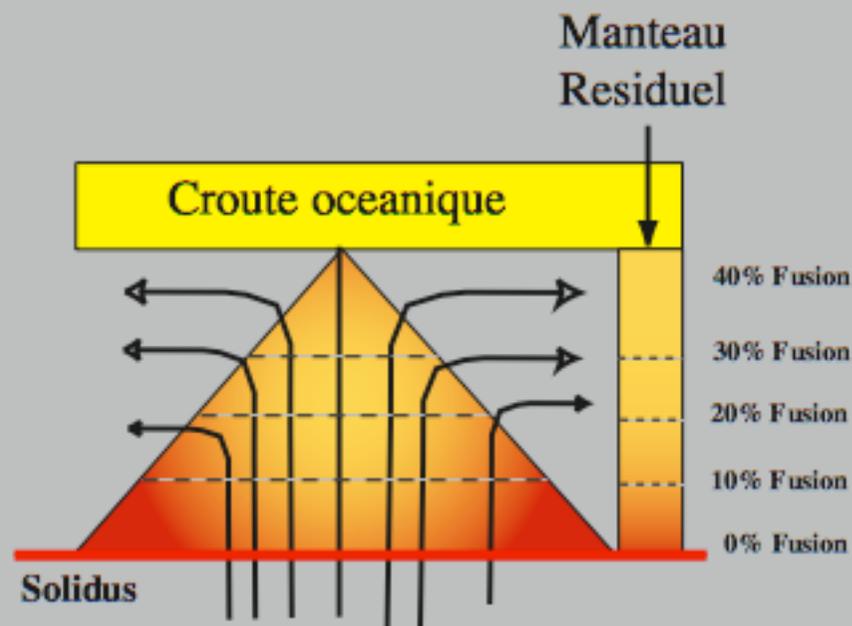


La remontée du manteau sous les dorsale océanique est accompagnée par une fusion partielle. Le liquide basaltique produit construit la croûte océanique

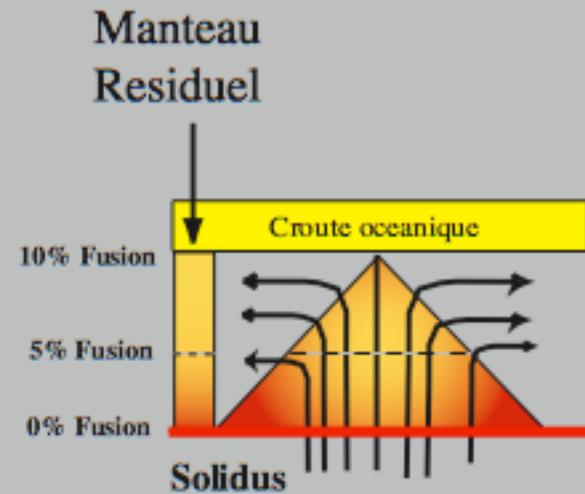
Solidus du Manteau



Manteau chaud

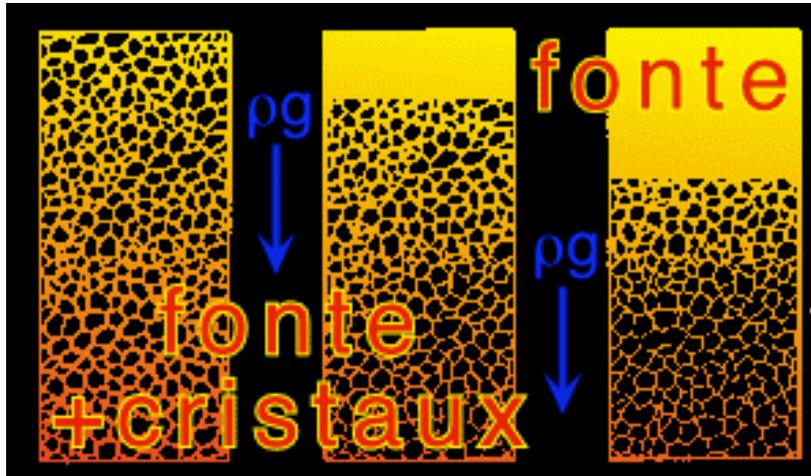


Manteau froid



C. Langmuir

La fusion partielle



Magma riche en
éléments
incompatibles

Roche résiduelle

Début de fusion

Roche mère

pyrolite

péridotite résiduelle +
liquide basaltique



SWIR

basalte

Roches magmatiques

gabbro



cm
45
50
55
60
65

Olivine
gabbro

Troctolite

MAR

péridotite

Roche résiduelle

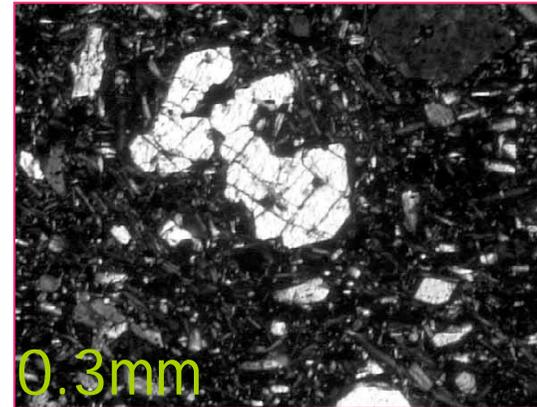


SWIR

vitesse de
Refroidissement
croissante



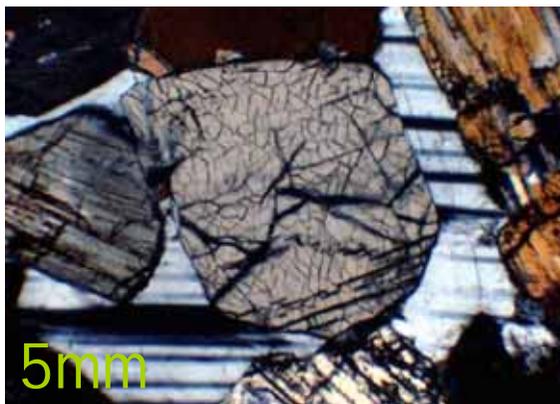
basalte

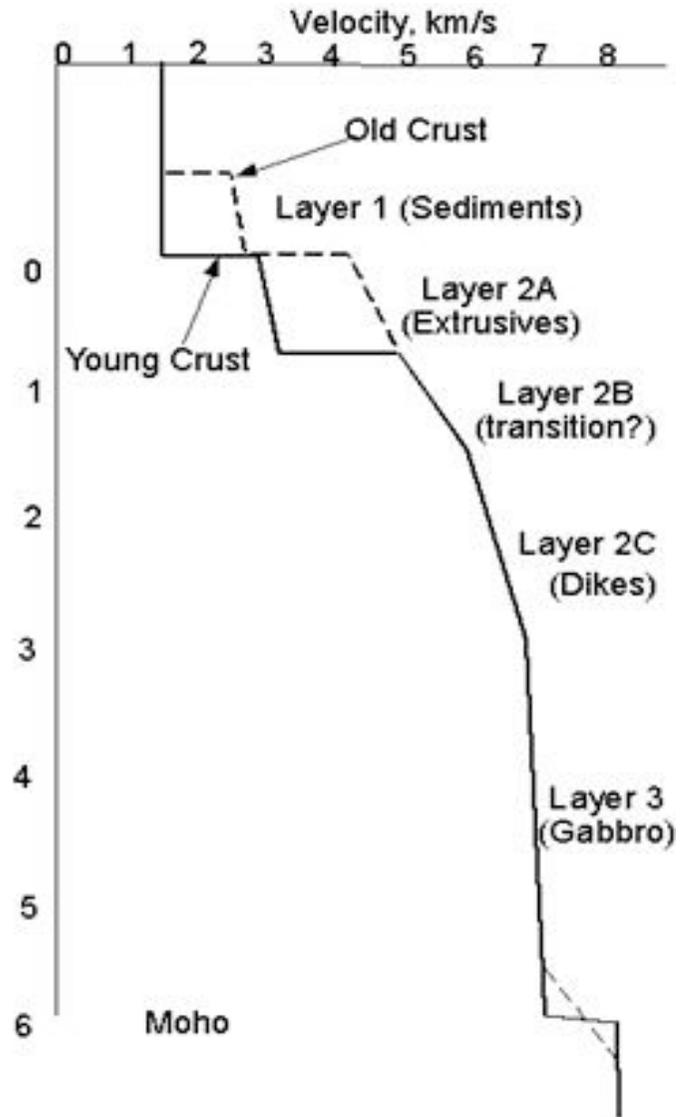
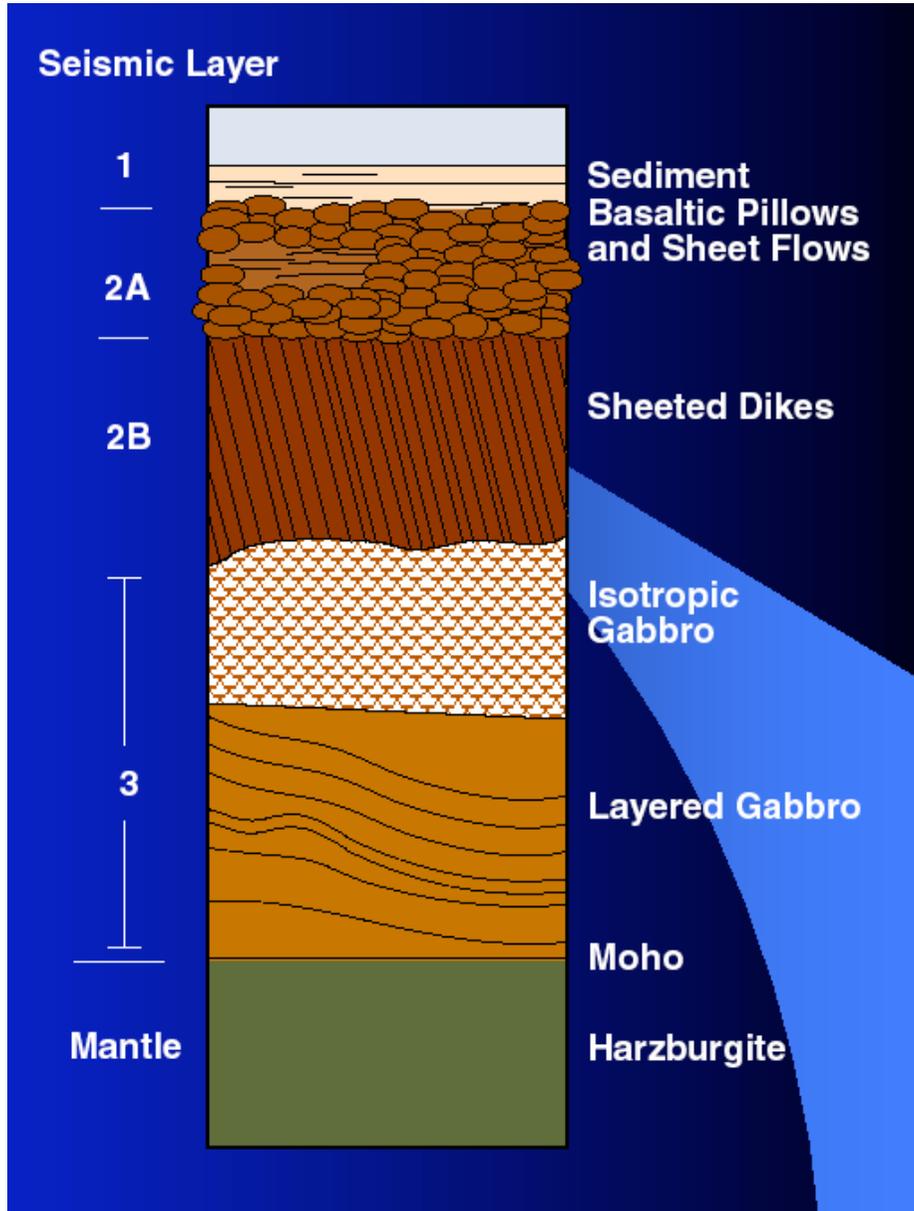


Dolérite
(= diabase)

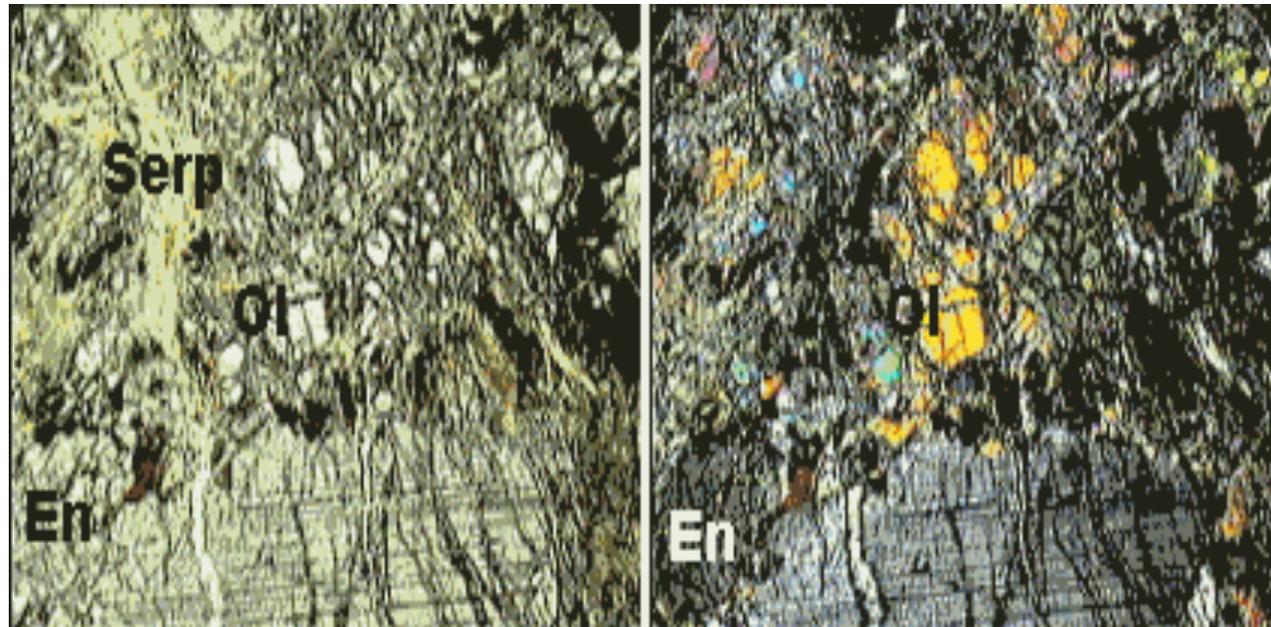


gabbro



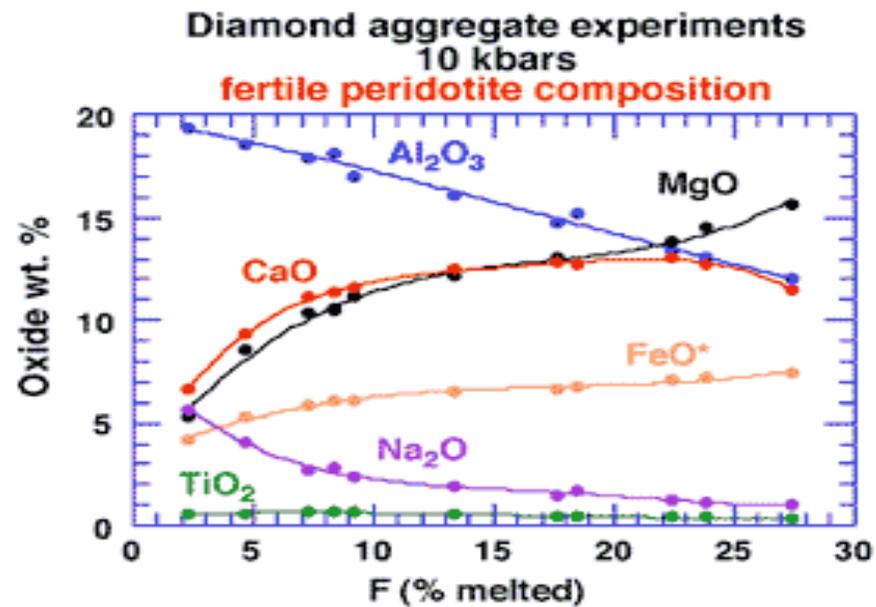


Péridotite

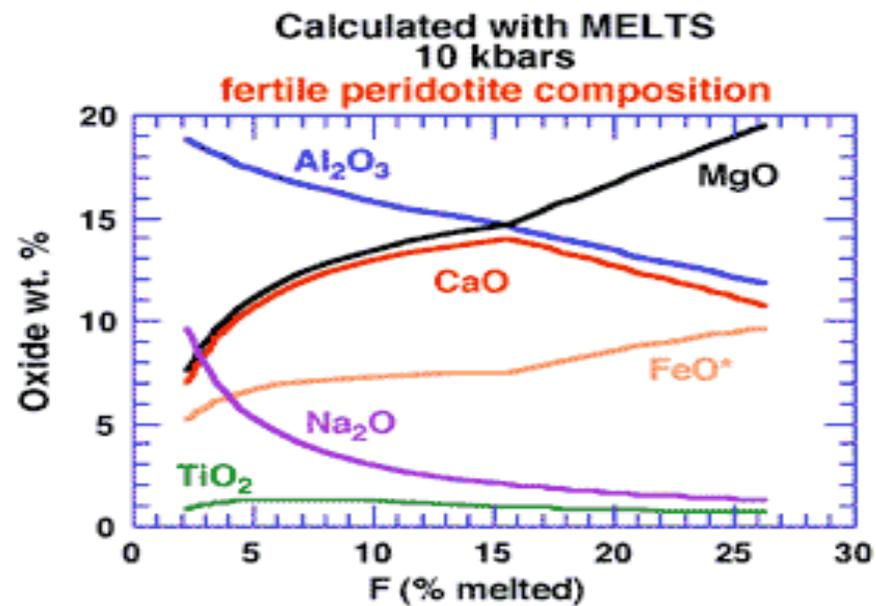


**Expérimentation sur la fusion partielle des péridotites
pour comprendre la composition des liquides basaltiques**

*La composition du résidu solide et celle des liquides
évoluent en fonction du taux de fusion partielle*



expérimentation



modélisation

Composition de la péridotite résiduelle en fonction de la fraction fondue

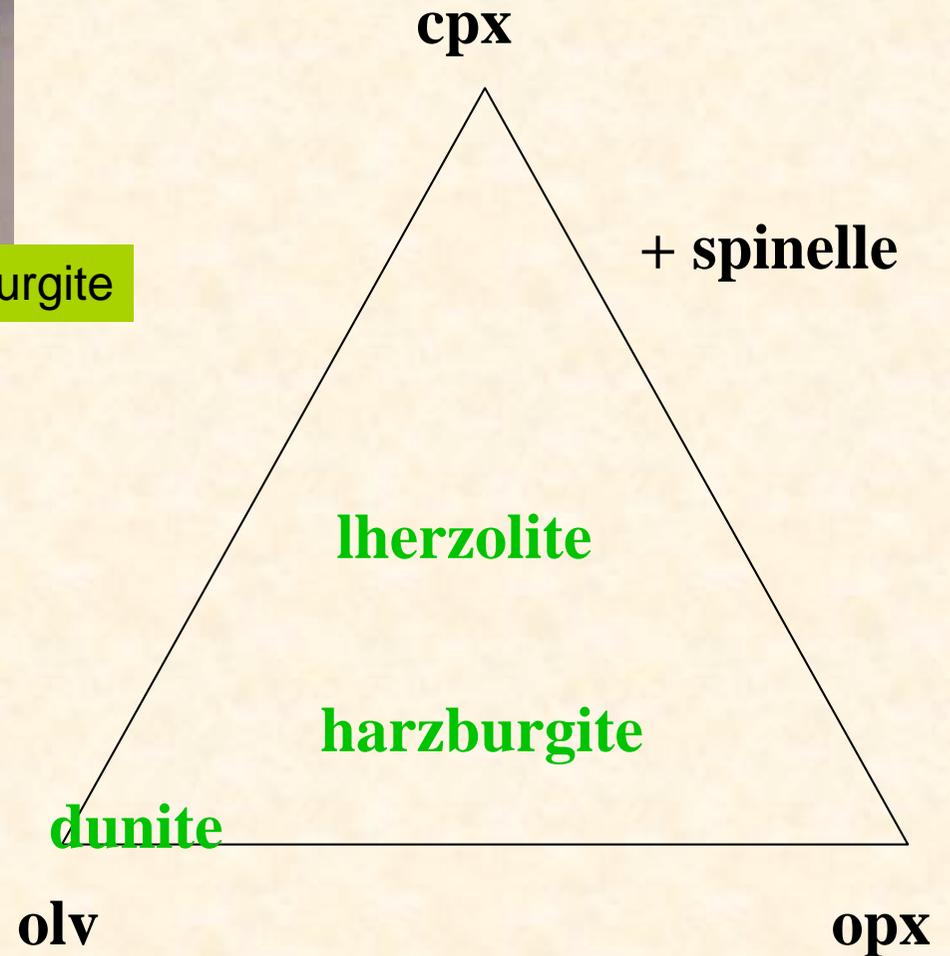


Dorsale SW Indienne

harzburgite

- Dans la péridotite
- les minéraux fondent
 - leur composition évolue

Que nous disent les
péridotites résiduelles ?



Composition modale des péridotites

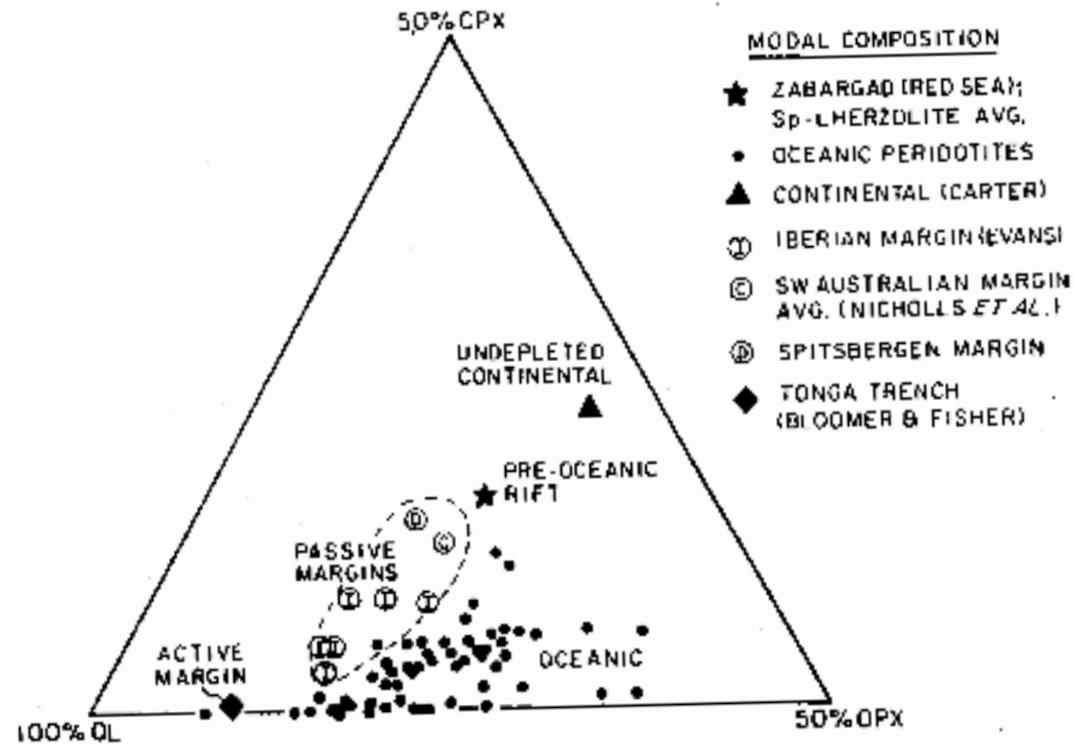
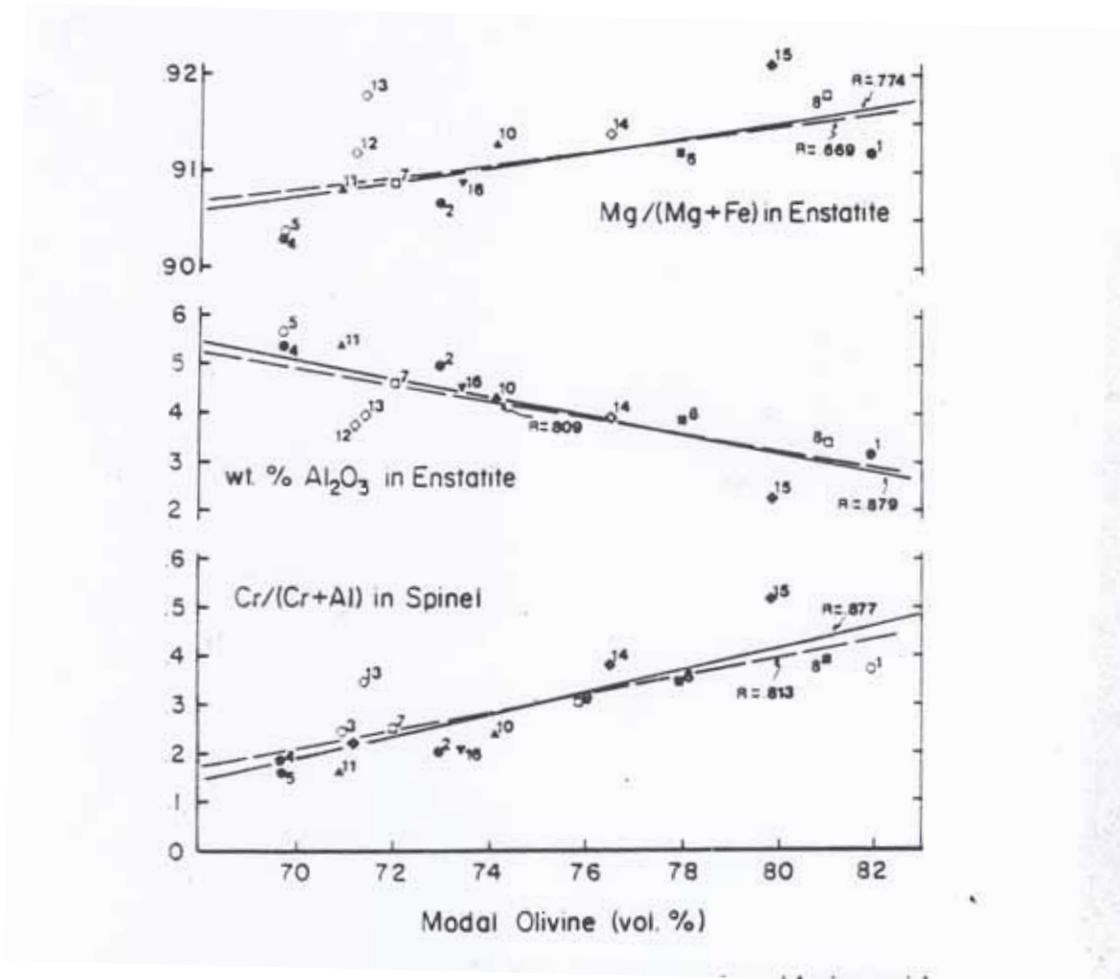


Fig. 3. Modal composition of peridotites from the Atlantic Ocean [3,4], the Iberian margin [14], the southwestern Australian margin [10], the Spitsbergen margin (unpublished data); from a preoceanic rift, i.e., Zabargad Island in the Red Sea [9], average of peridotites from Tonga Trench [27], and in estimated undepleted continental lherzolites [32].

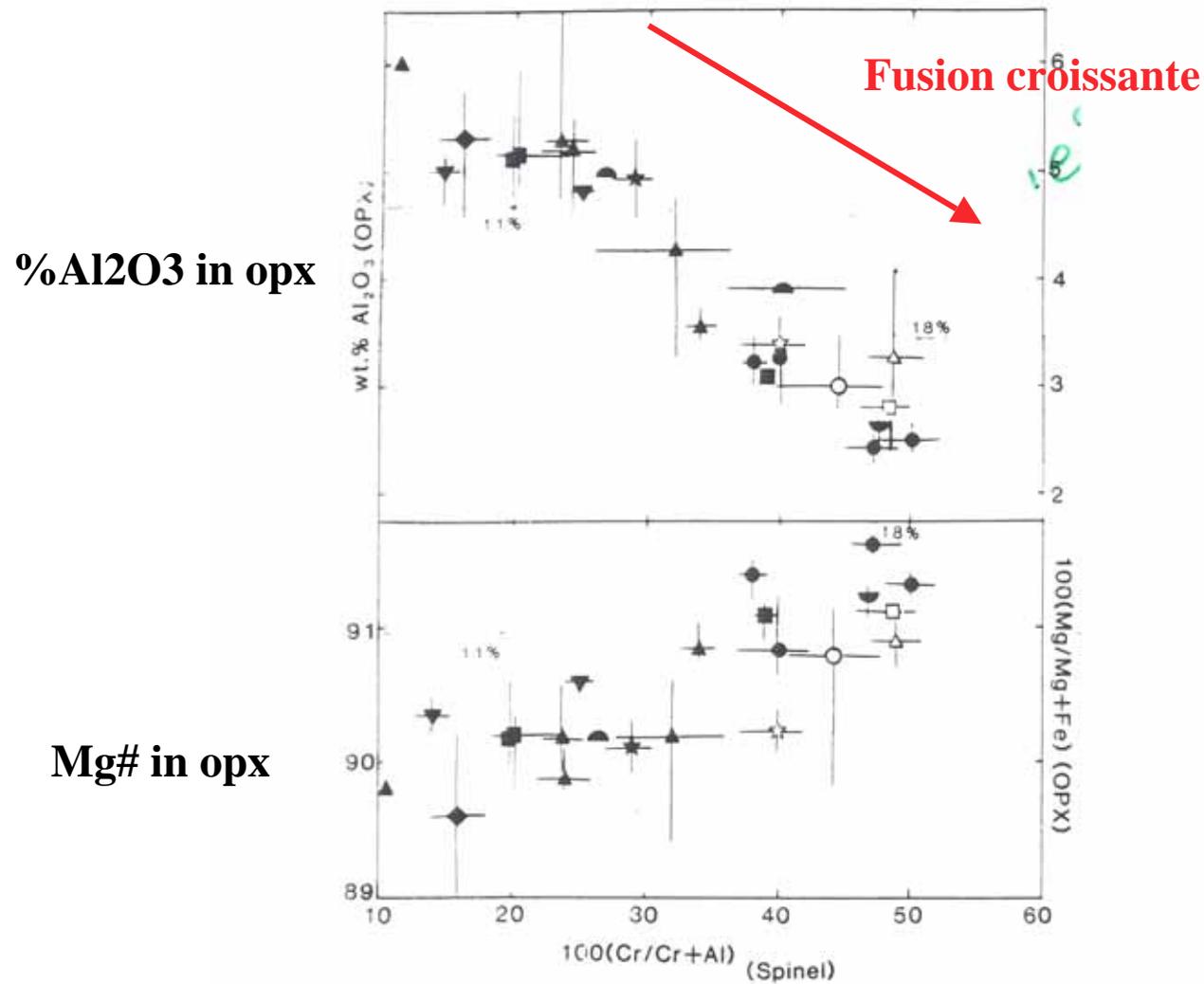
L'ordre de fusion des minéraux est fonction de leur composition :
Les minéraux riches en éléments incompatibles fondent en premier



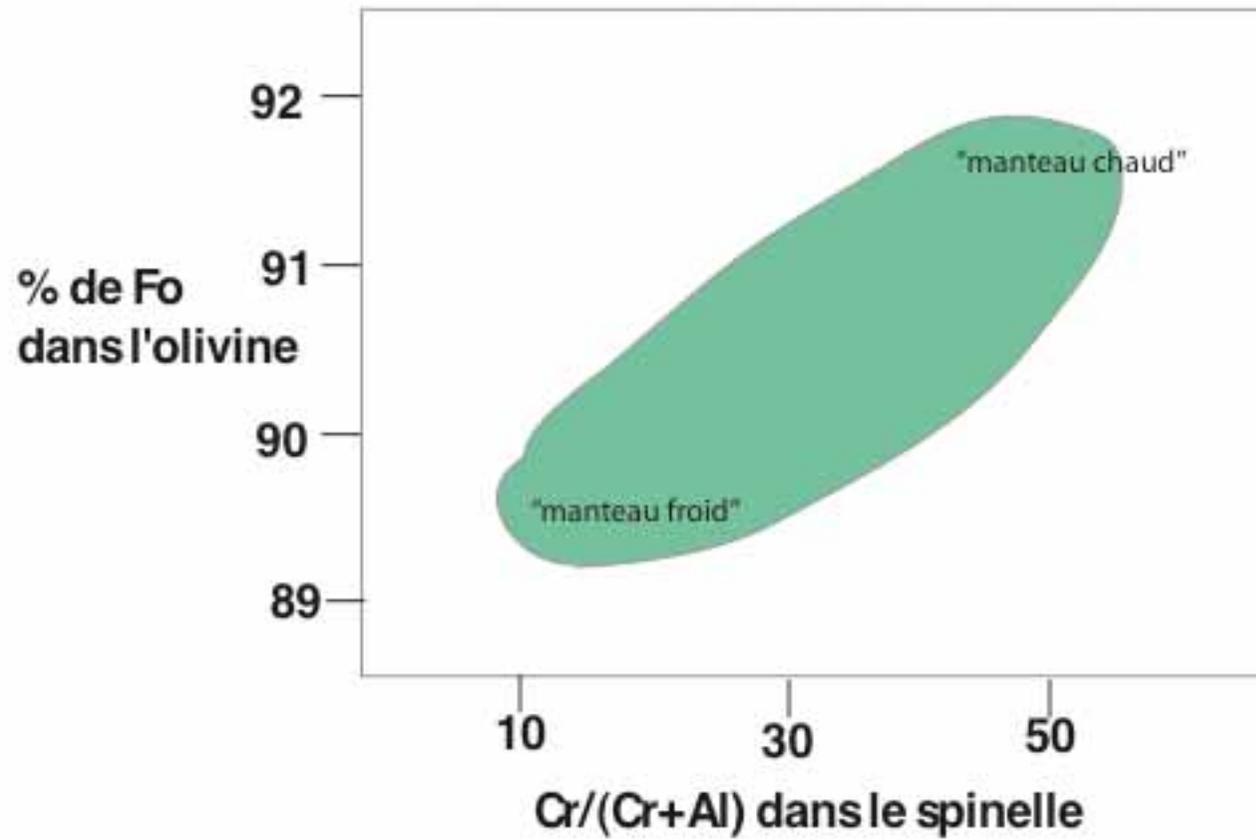
Fusion croissante

Évolution des péridotites sous l'effet de la fusion

100(Cr/Cr+Al) in spinel

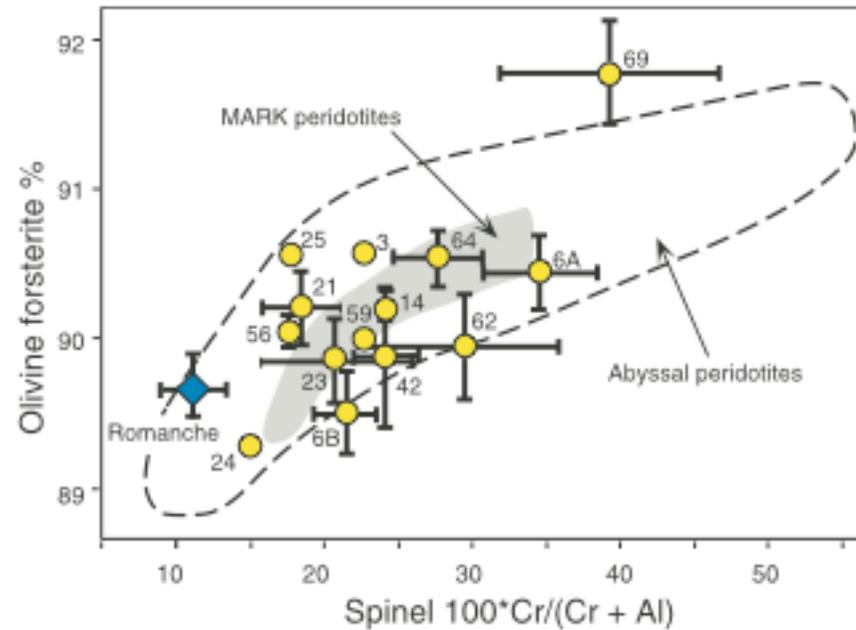


Évolution de composition des minéraux de la péridotite au cours de la fusion



champ des péridotites abyssales

|



Ronds jaunes :
Dorsale sud ouest
Indienne

La réalité est plus complexe
La composition initiale du manteau est hétérogène
Épisodes de fusion antérieurs, refertilisation....



pillow-lava

**Quelle est l'information
apportée par les basaltes ?**



laves en tube

Photos IFREMER

Les basaltes des dorsales océaniques
ont des compositions très homogènes
MORB (mid-ocean ridge basalt)
tholéiites à olivine

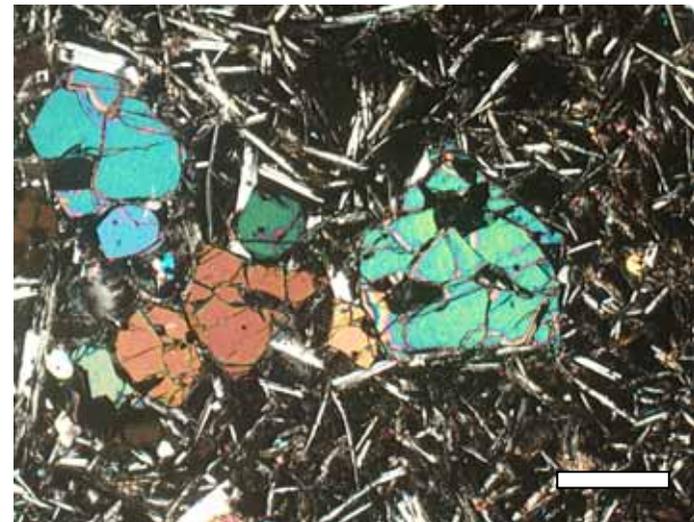
49-52 % SiO₂
6-10 % MgO

Processus de différenciation très
limités

Variations de composition liées
- aux conditions de fusion
- à la composition de la source

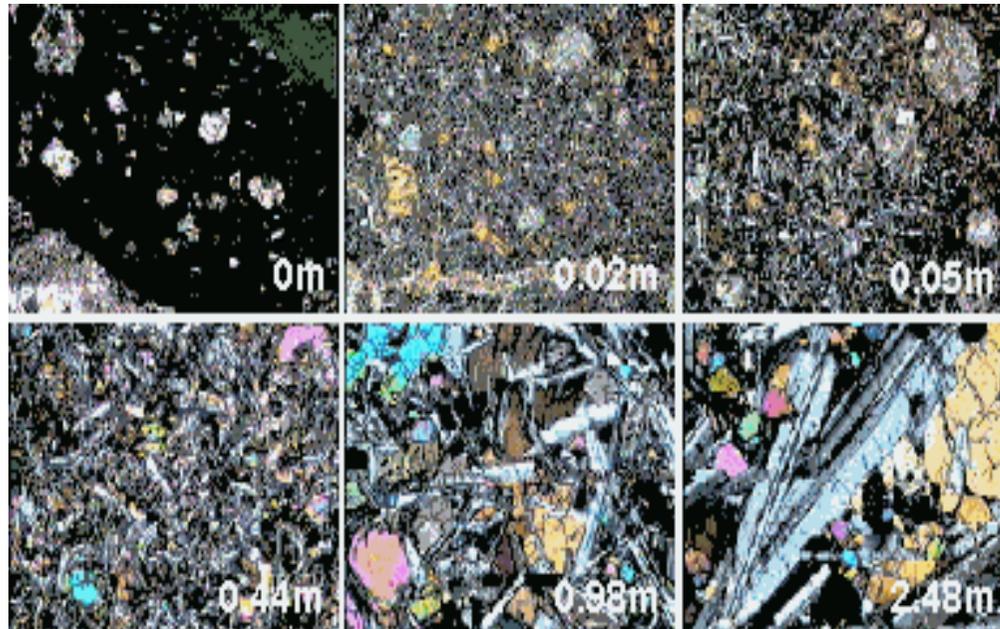


textures de trempe (plagioclase
et clinopyroxène (échelle = 100 μ))



phénocristaux d'olivine
(échelle = 500 μ)

Basalte



**Textures des basaltes océaniques en fonction du
taux de refroidissement**

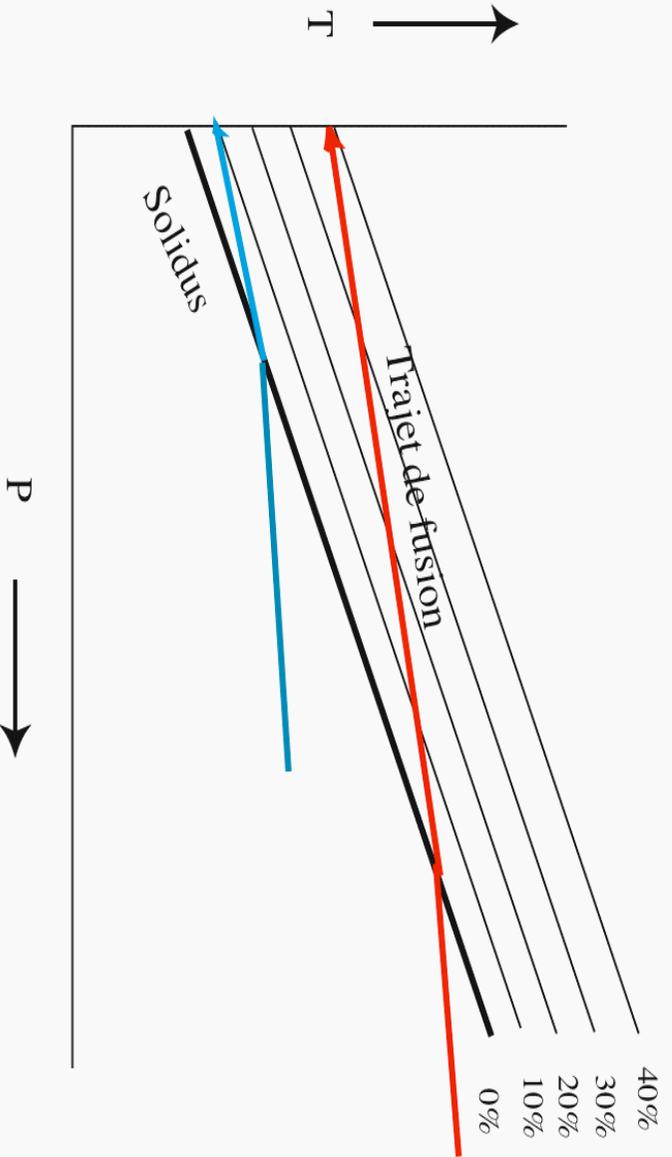
MORB Composition

Table 5-5 Chemical and normative composition of sea-floor basalt.

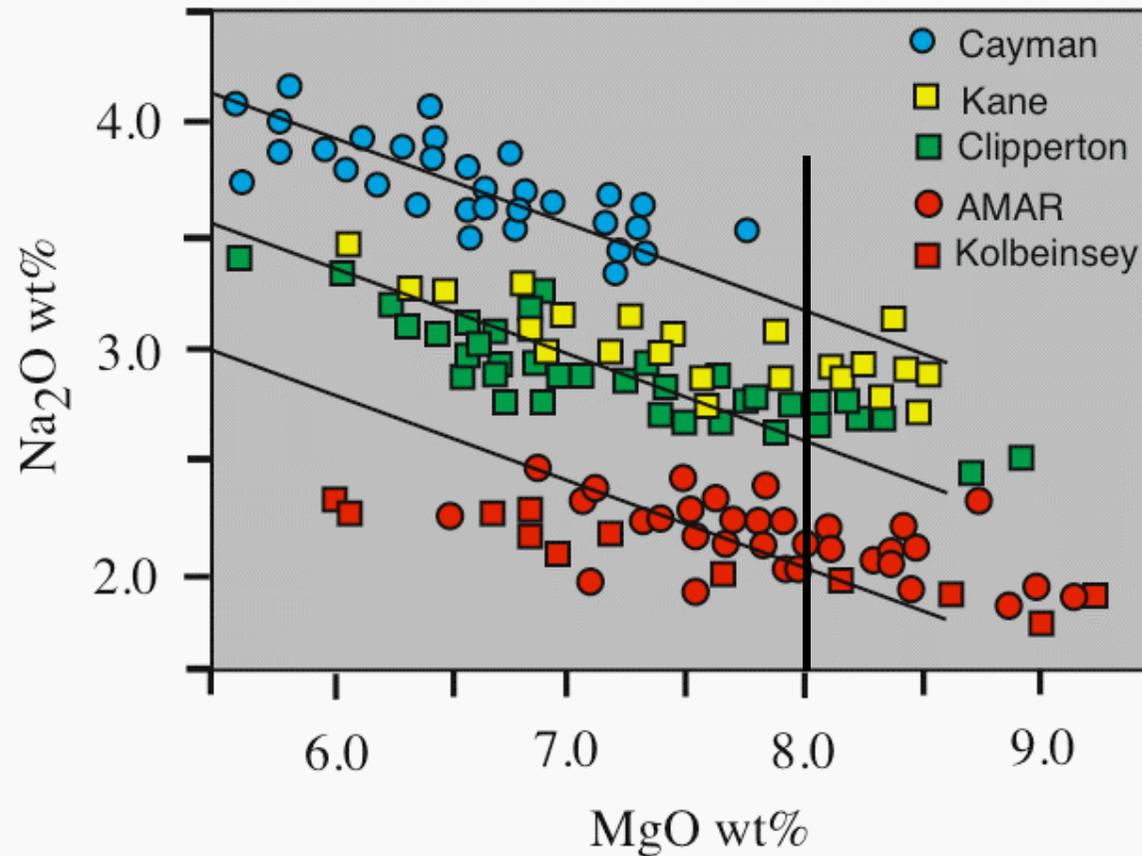
Chemical Composition		Normative Composition			
SiO ₂	50.67 wt. %	V	182–310 ppm	Or	1.1 wt. %
TiO ₂	1.28	Cr	35–510	Ab	21.0
Al ₂ O ₃	15.45	Ni	75–270	An	30.6
FeO	9.67	Rb	0.2–0.9	Di	21.5
MgO	9.05	Sr	52–135	Hx	16.9
CaO	11.72	Zr	38–130	Ol	3.5
Na ₂ O	2.51	Pb	0.4–1.3	Mr	3.7
K ₂ O	0.15	Ba	2.7–46	Il	2.4
P ₂ O ₅	0.20	La	1.6–6.7	Ap	0.3
Total	99.50	Th	0.7–0.47		
		U	0.05–0.15		

Source: Averages of major, minor, and normative constituents are of 155 glasses from the Atlantic, from W. B. Bryan, G. Thompson, E. A. Frey, and J. S. Dickey, 1976. Inferred geologic settings and differentiation in basalts from the Deep-Sea Drilling Project. *Journal of Geophysical Research* 81; range of trace elements is from many samples in C. J. Allègre and S. R. Hart (eds.), 1978. *Trace Elements in Igneous Petrology* (New York: Elsevier).

Solidus du Manteau

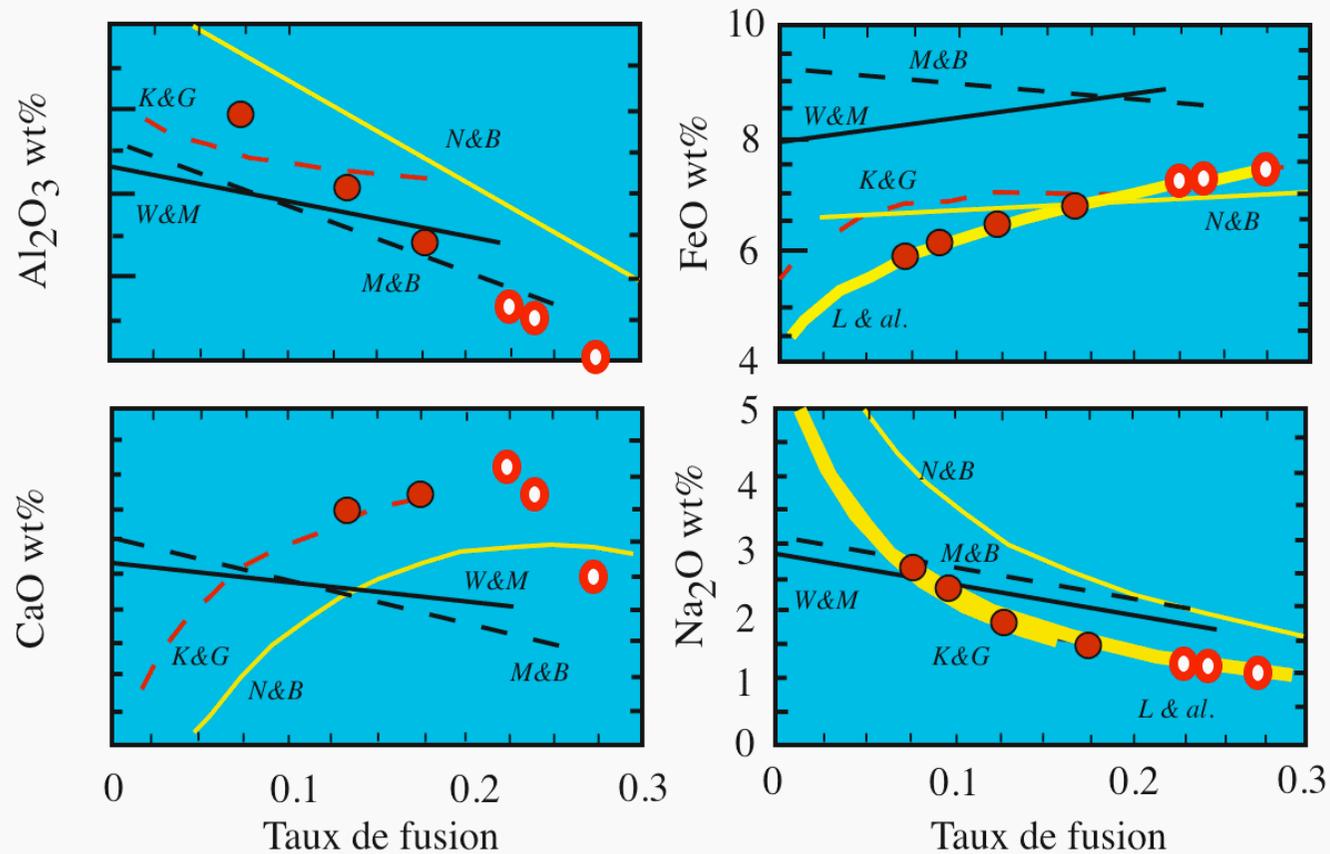


Cristallisation fractionnee



Le liquide basaltique peut subir une cristallisation fractionnée qui modifie sa composition chimique. Pour comparer la composition des liquides, il faut s'affranchir des effets de cette cristallisation fractionnée.

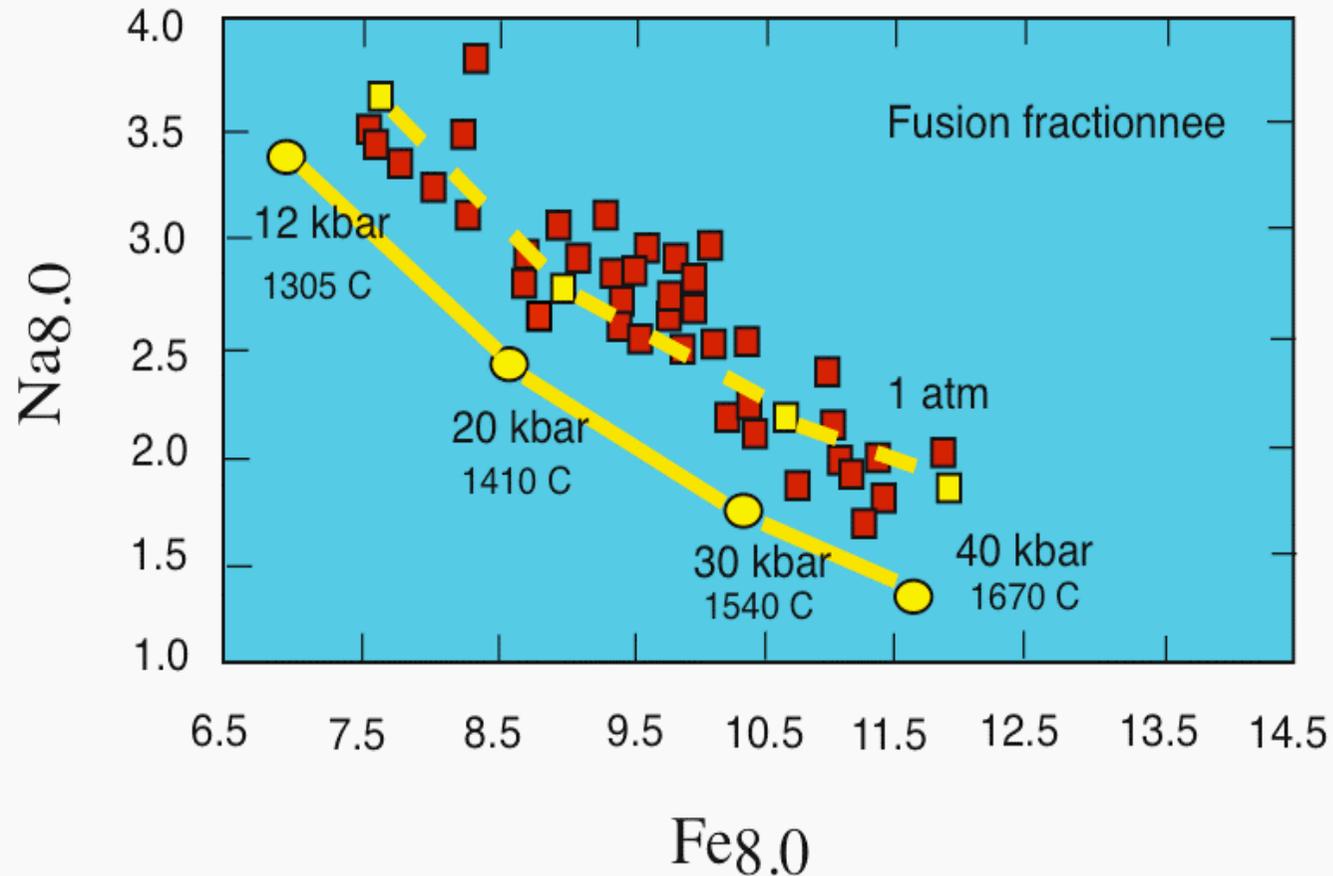
Normalisation à MgO = 8.0%



Expérimentation : évolution de la composition des liquides en fonction du taux de fusion

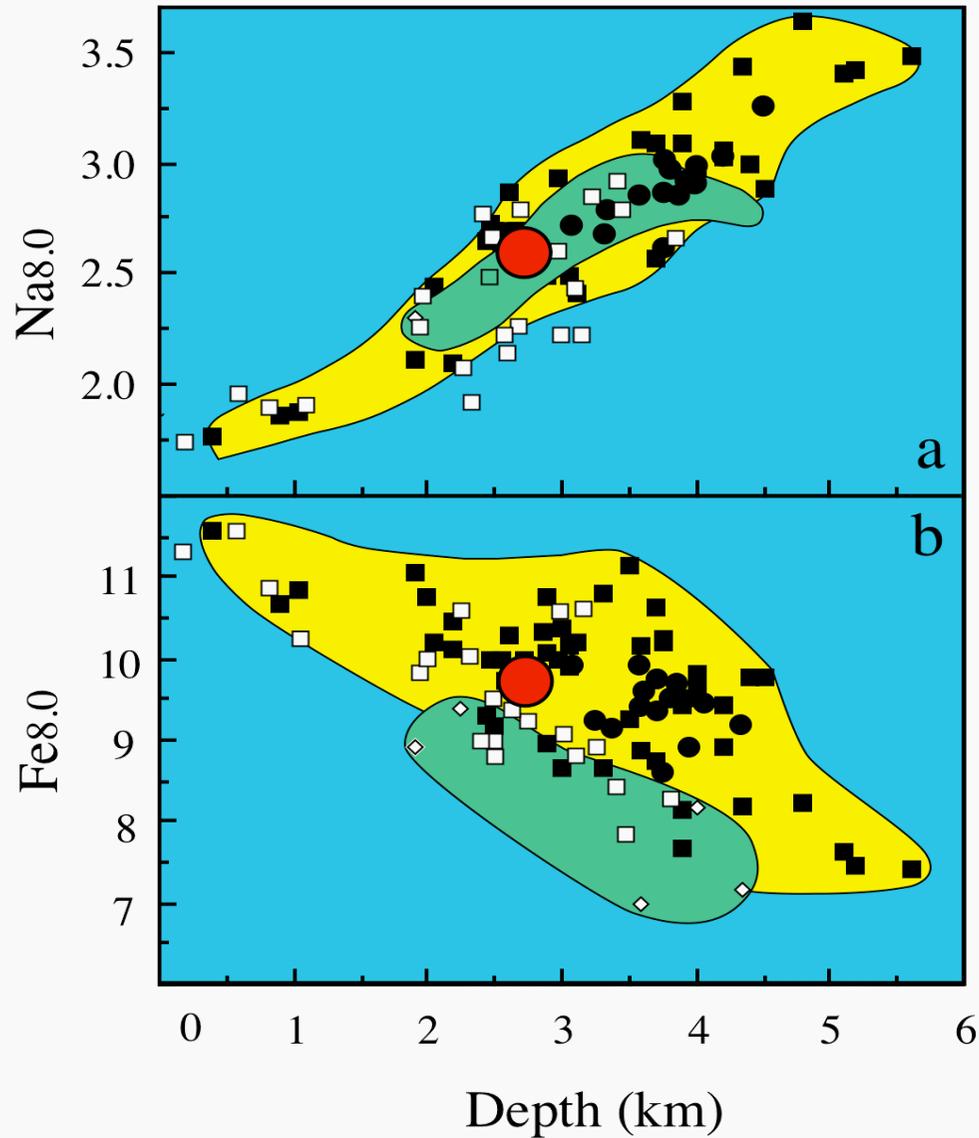
La teneur en Na_2O et en Al_2O_3 diminue quand le taux de fusion augmente :

Na et Al sont des éléments incompatibles qui passent préférentiellement dans le liquide



Evolution de la composition des liquides basaltiques en fonction de la pression et de la température au cours de la fusion fractionnée

A forte pression et forte température, les liquides sont enrichies en fer : le fer est un indicateur de la profondeur de fusion



À l'échelle globale

Corrélation positive entre la teneur en Na8.0 des basaltes et la profondeur de l'axe de la dorsale

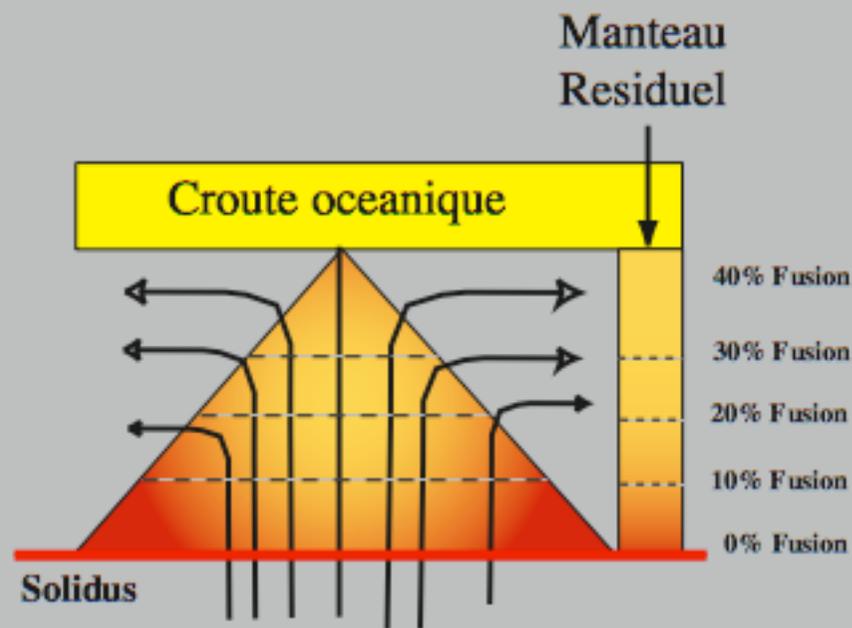
Taux de fusion

Corrélation inverse entre la teneur en Fe8.0 des basaltes et la profondeur de l'axe de la dorsale

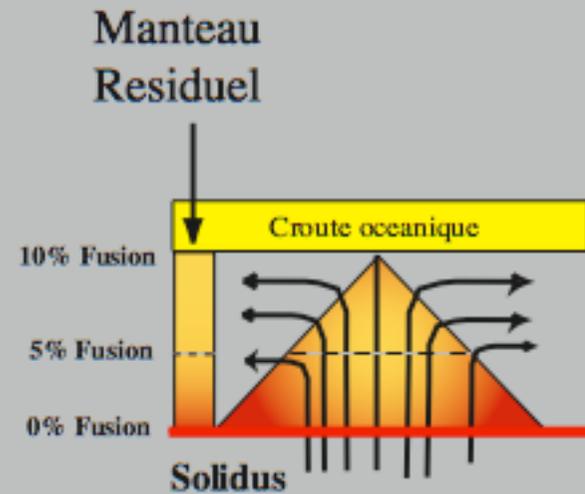
Profondeur de fusion

Figure 2a,b

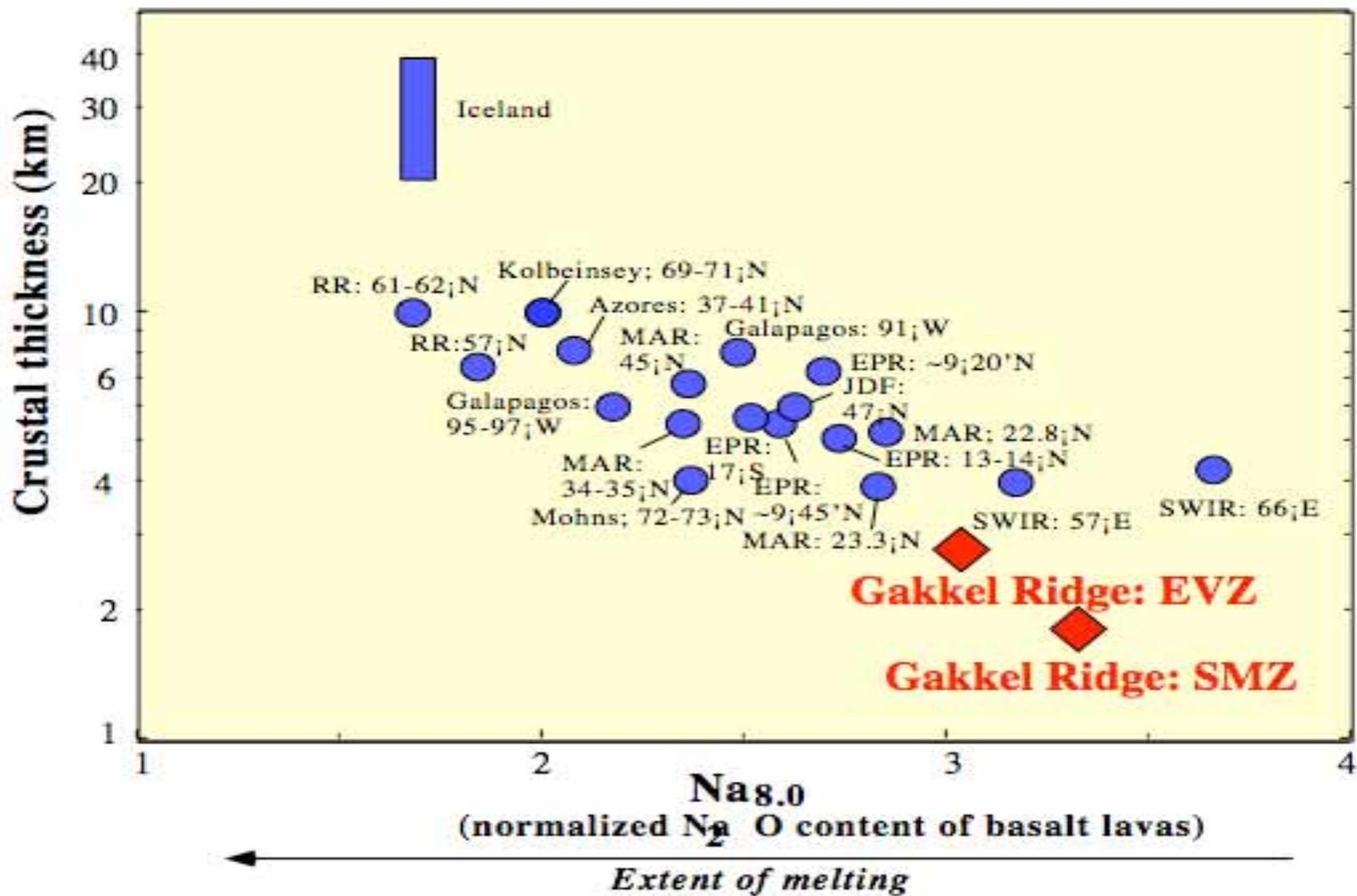
Manteau chaud



Manteau froid



C. Langmuir



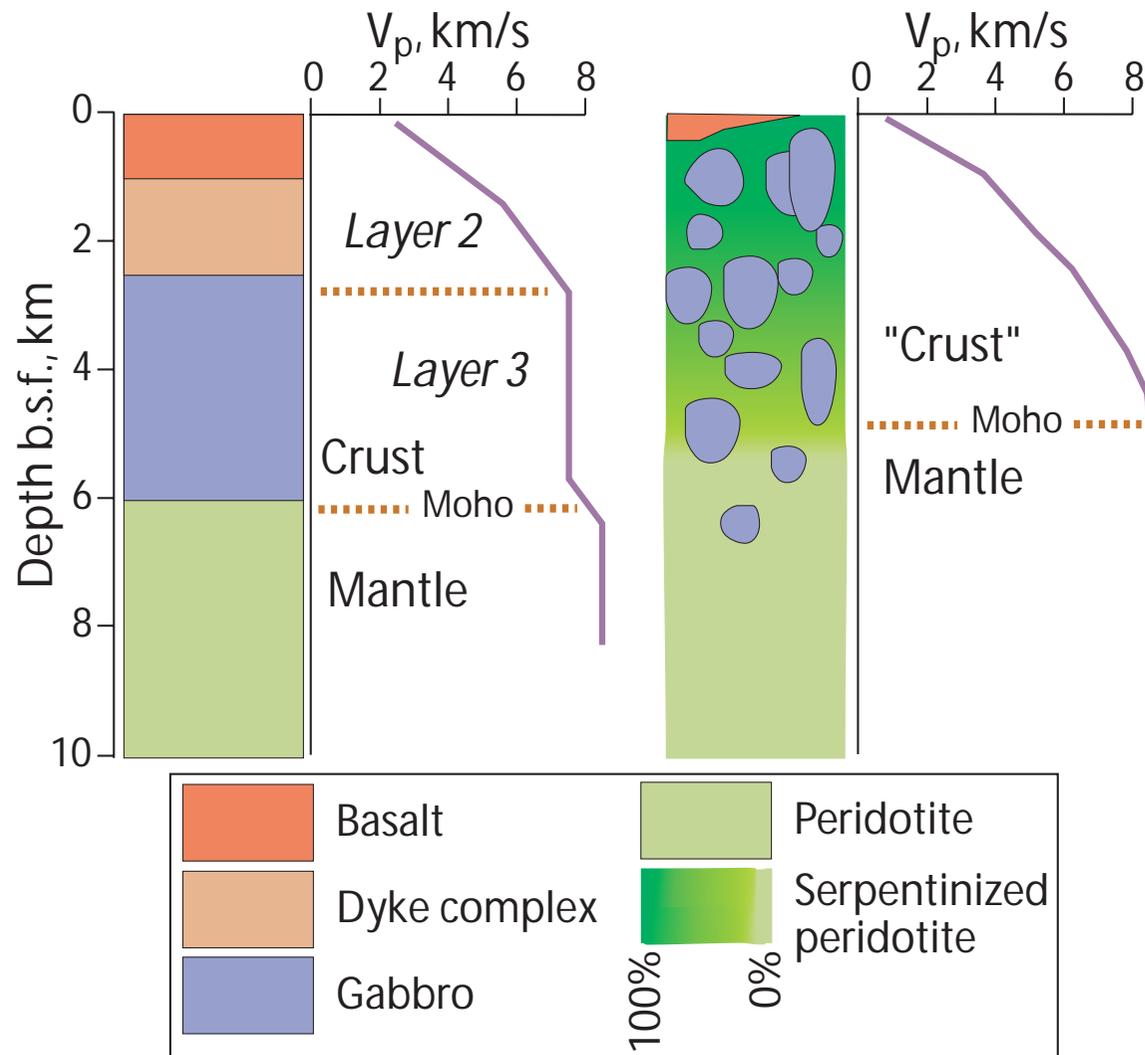
Corrélation inverse entre l'épaisseur de la croûte et le taux de fusion partielle

Croûte litée

"Layered" crust

"Heterogeneous" crust

Croûte
hétérogène

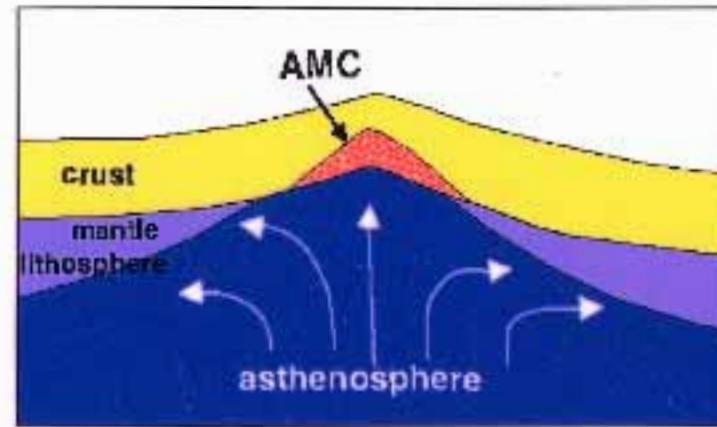


L'architecture de la croûte océanique dépend de la quantité de magma produite

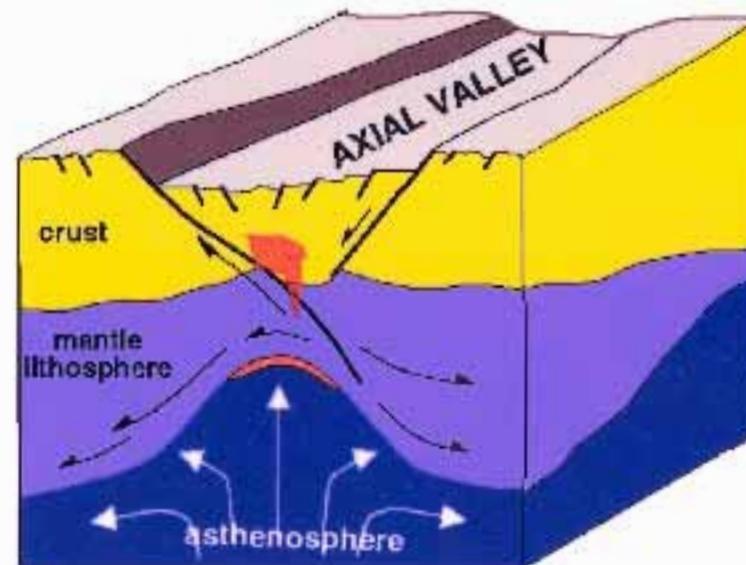
Le régime thermique du manteau a une influence prépondérante sur le fonctionnement de la dorsale

- en contexte chaud (dorsale rapide)
la lithosphère est mince, une chambre magmatique peut être maintenue en permanence à proximité de la surface et la tectonique est peu importante

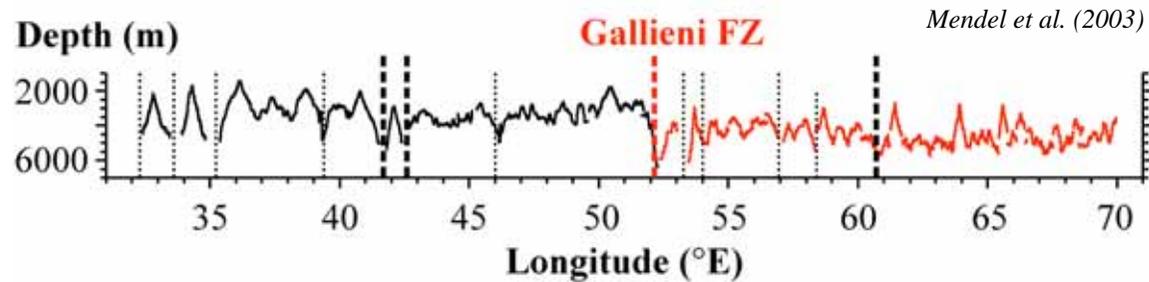
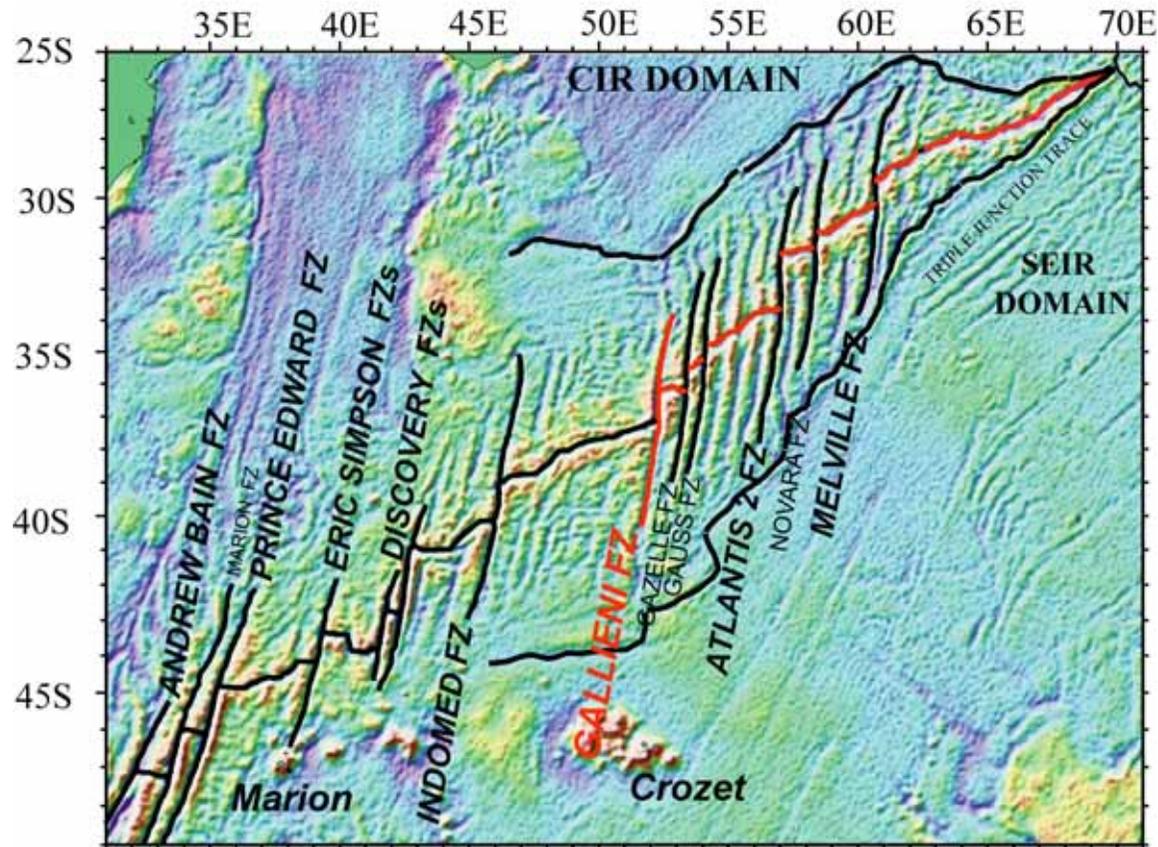
- en contexte froid (dorsale lente)
la lithosphère est épaisse,
l'alimentation magmatique est épisodique et la tectonique est importante



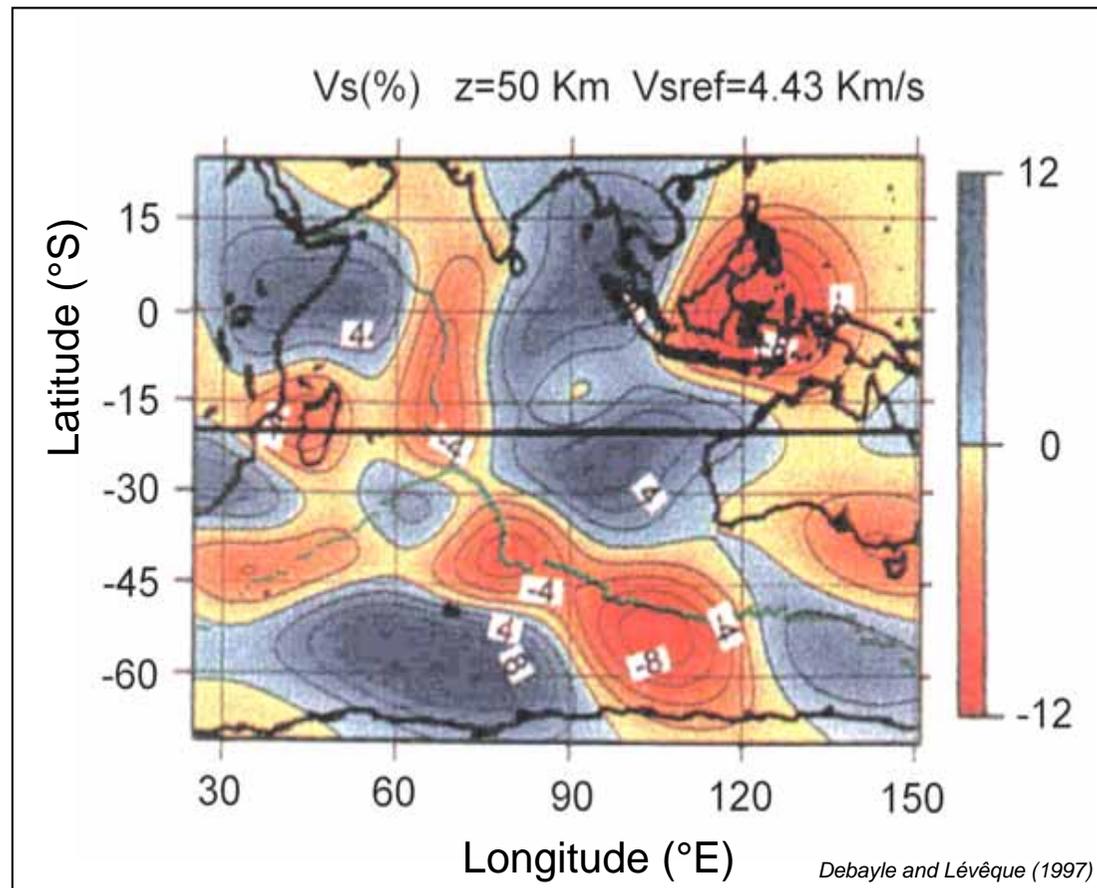
Dorsale rapide, type EPR



Dorsale lente, type MAR



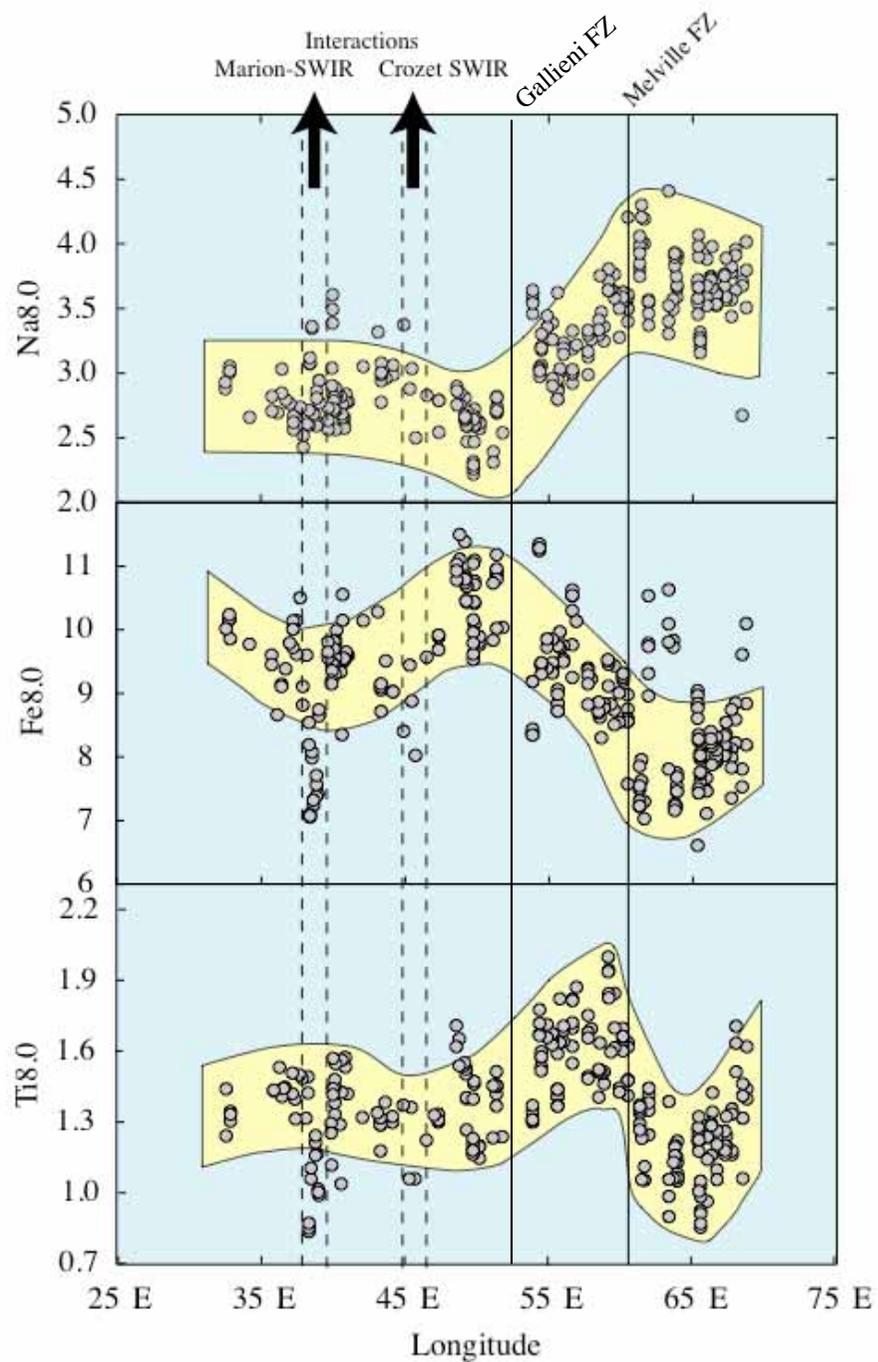
Variations à l'échelle régionale : l'exemple de la la SWIR



TOMOGRAPHIC DATA:

High seismic waves velocities in the upper mantle
for the SWIR between Rodrigues Triple Junction and 50-55°E

Le manteau est plus froid à la terminaison Est

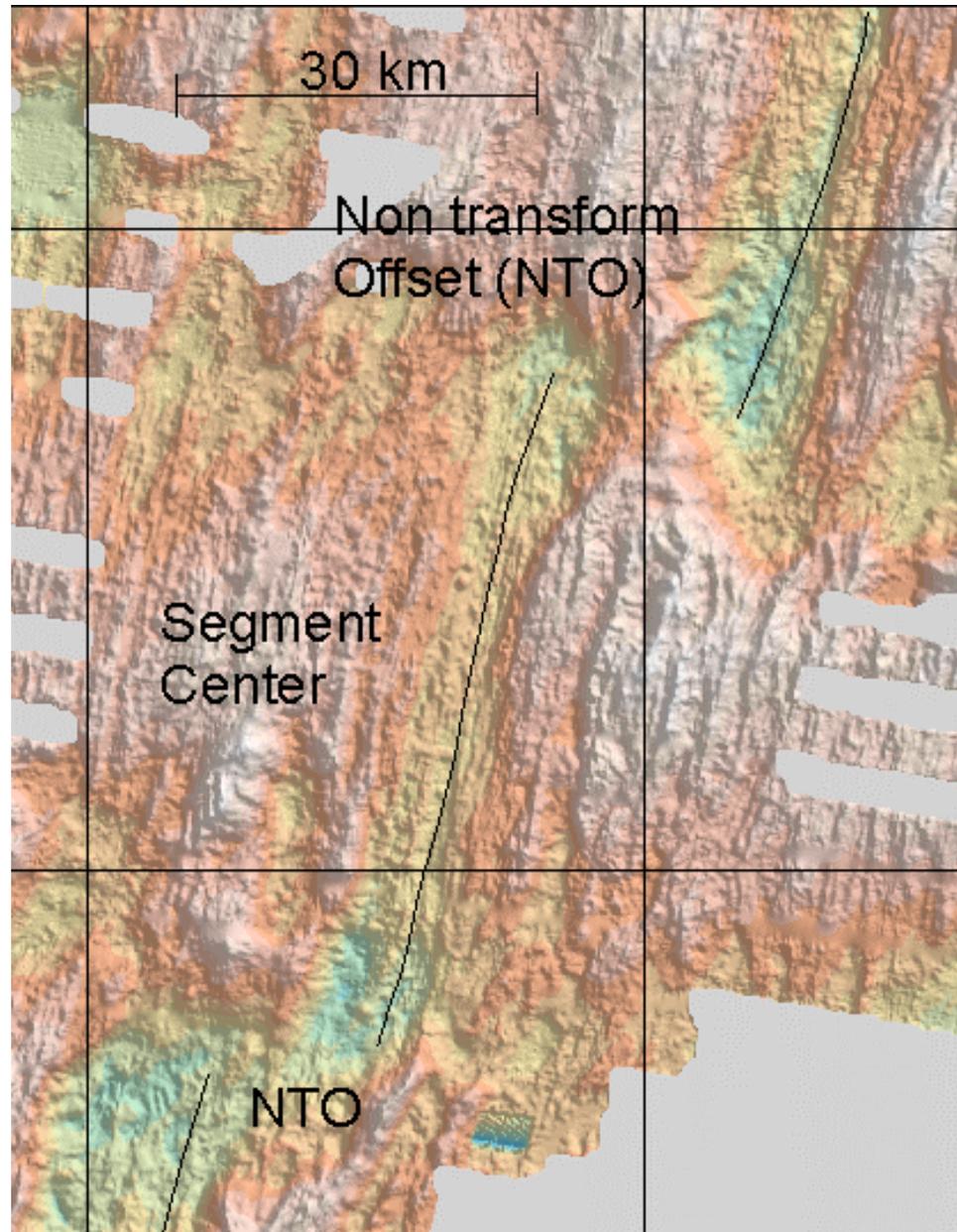


Dans l'ensemble, le taux de fusions est plus faible à l'Est

Mais dans le détail, réalité plus complexe : Hétérogénéité du manteau

A l'échelle locale

La profondeur varie aussi à l'échelle du segment
Exemple d'un segment de la M.A.R.



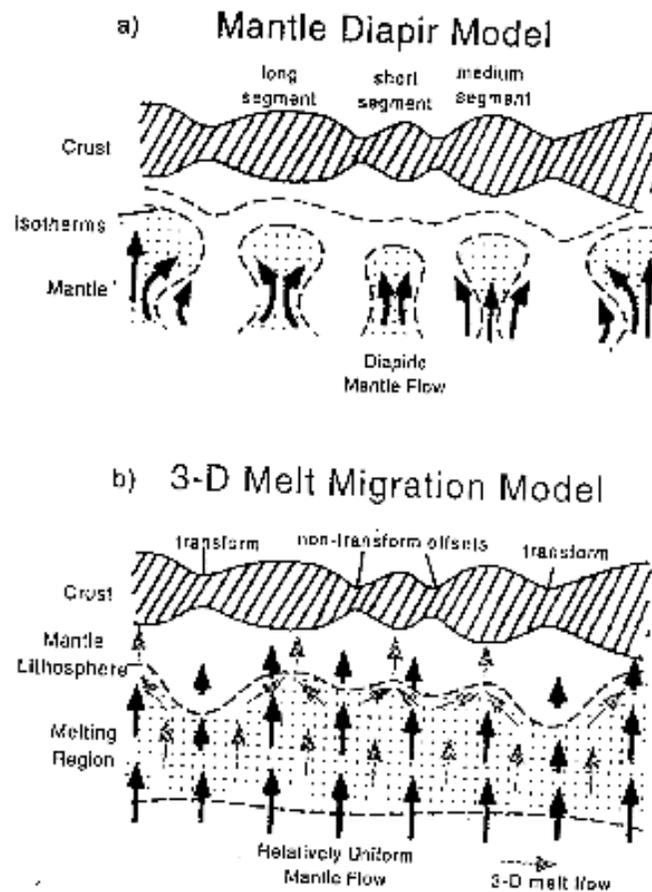


Figure 18. a) model of upwelling associated with the formation of a series of diapirs due to convective instability in the upper mantle. Melt production and crustal thickness is controlled by the locations of the diapirs. b) model of passive upwelling controlled by the geometry of plate spreading (from Magde et al., 1997).

**La composition des
basaltes renseigne sur
les modalités de
migration des liquides
dans le manteau**

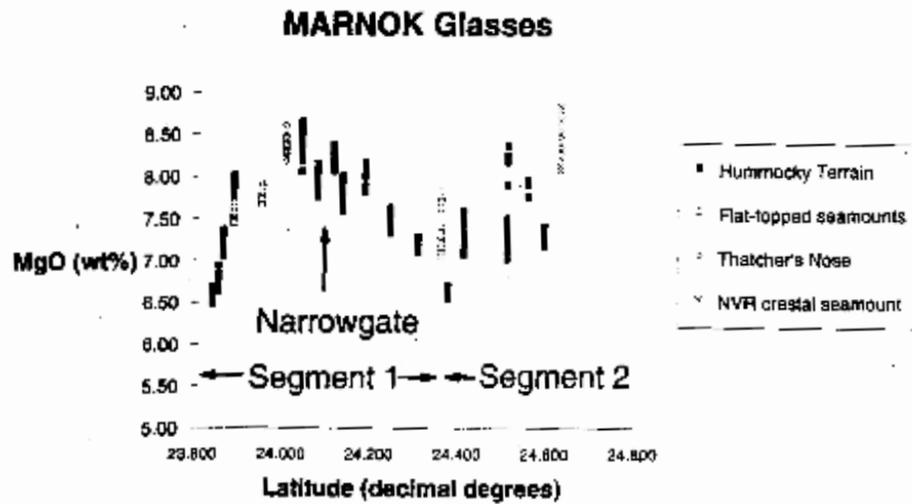


Fig. 15. MgO content of probed glasses plotted against latitude showing that the least fractionated glasses occur in the segment centres.

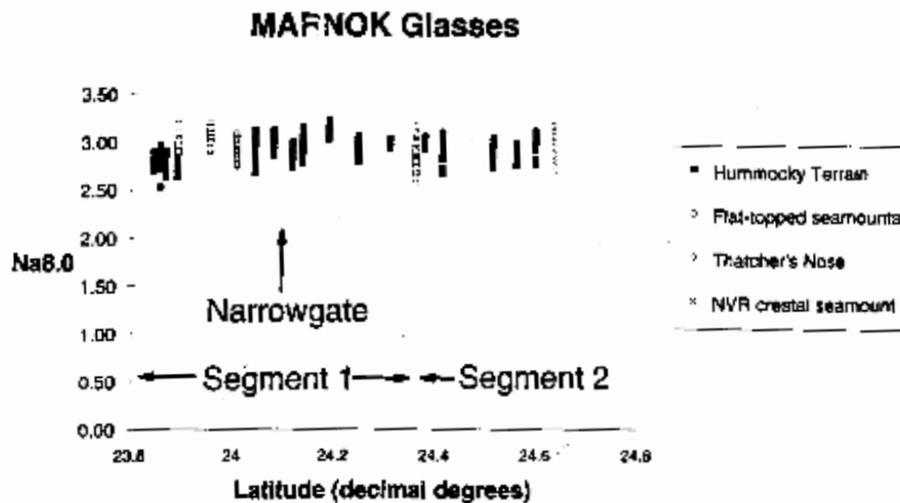
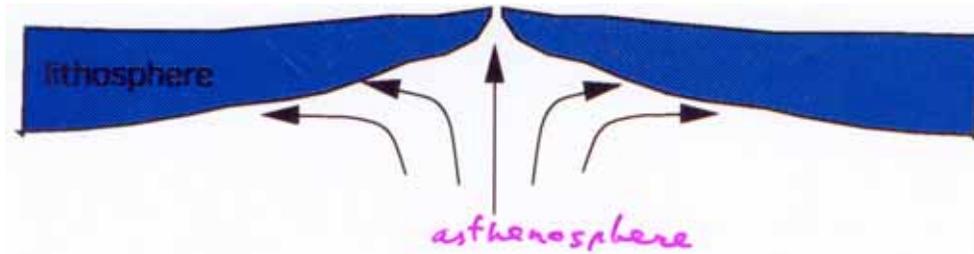


Fig. 16. $Na_{K,U}$ of MARNOK glasses (calculated using the equation of Plank & Langmuir 1992). shows little variation when plotted against latitude. This implies that the bulk degree of melting along the length of the segments is relatively uniform.

Composition des verres
basaltiques
Zone MARNOK
MAR, 24°N
2 segments

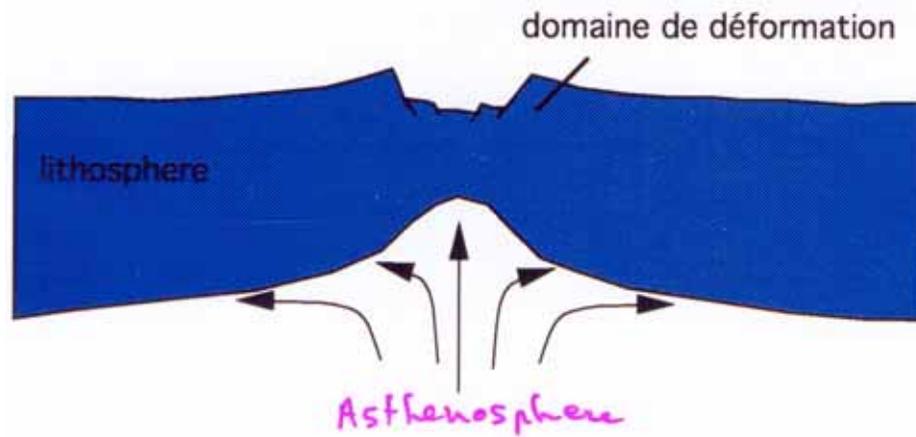
Epaisseur de la lithosphère axiale

Dorsale « chaude »

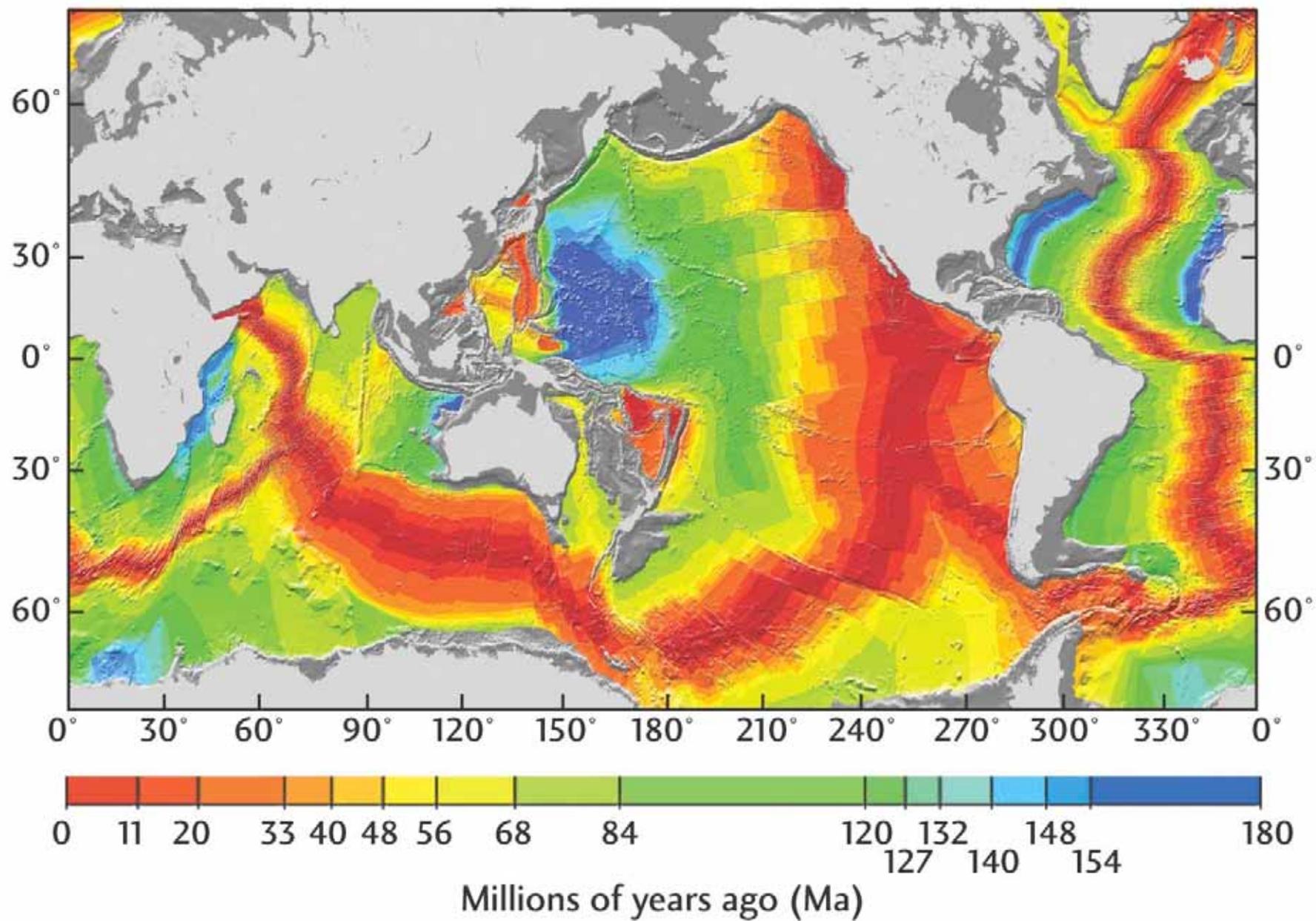


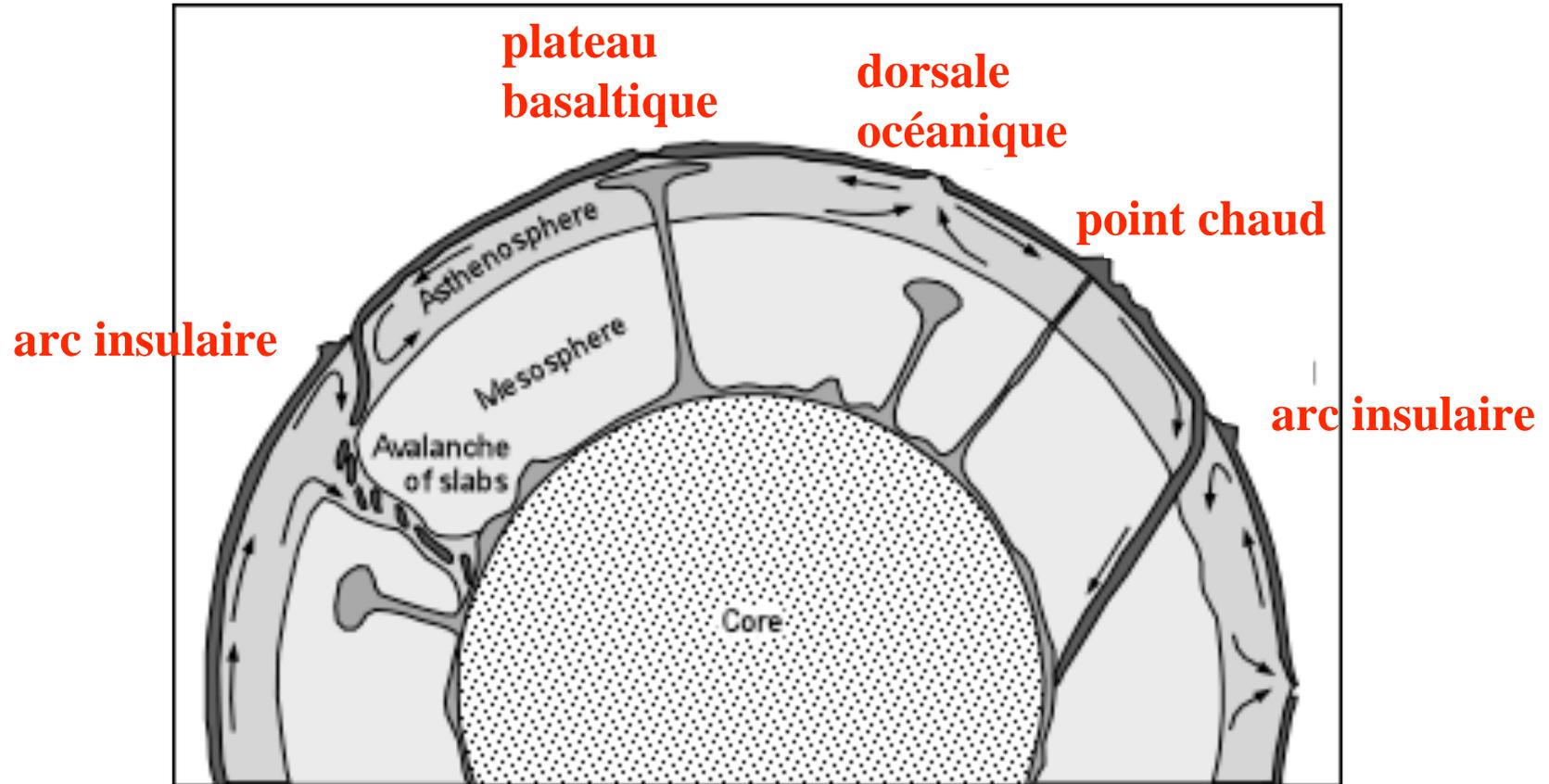
Type EPR

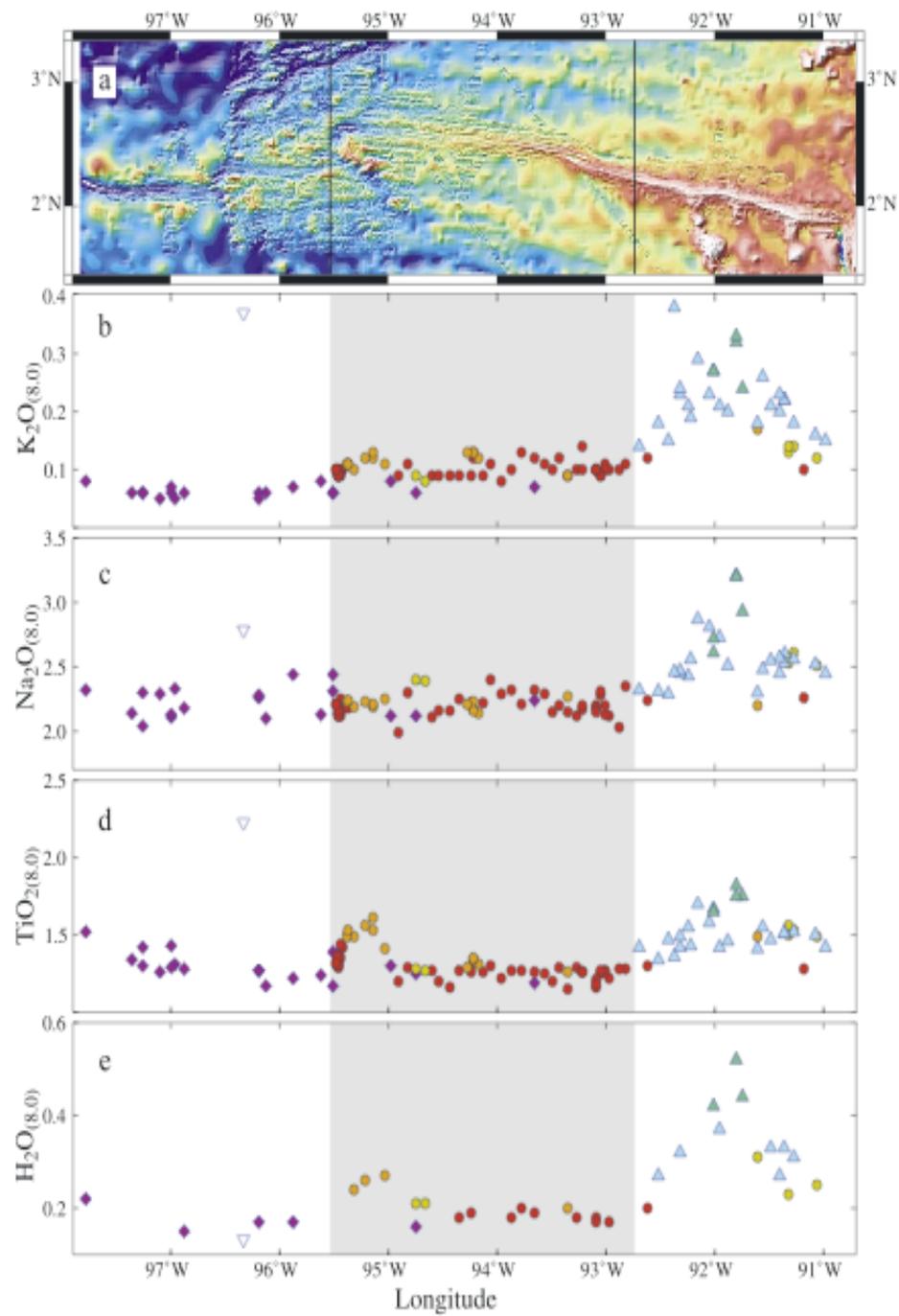
Dorsale « froide »



Type MAR







Exemple de la dorsale des Galapagos, sous l'influence du point chaud des Galapagos

Conclusions

Les magmas qui construisent la croûte océanique sont issus de la fusion partielle des péridotites qui remontent sous les dorsales sous l'effet de la convection mantellique

Le taux de fusion partielle des péridotites mantelliennes est influencé par le régime thermique.

La composition des basaltes dépend du taux et de la profondeur de fusion. Elle est également influencée par la composition de la source.