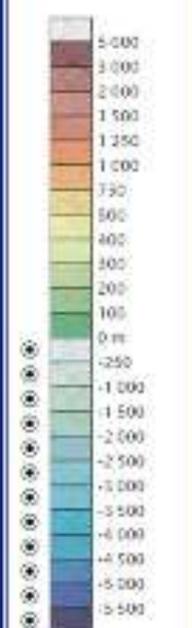


BATHYMETRIE DÉTAILLÉE



Afficher / masquer:
 la bathymétrie
 l'altimétrie

Echelles :
 0 2500 km
 0 2500 km
 aux cercles polaires
 à l'équateur

- Grilles de coordonnées (Projection de Mercator)
- Topographie des fonds marins
- Structures géologiques
- Nom des îles (visible à partir de 300 %)
- Plaques tectoniques

© IRD 2006

CARTE DE NAVIGATION



Facteur de zoom : 100 %

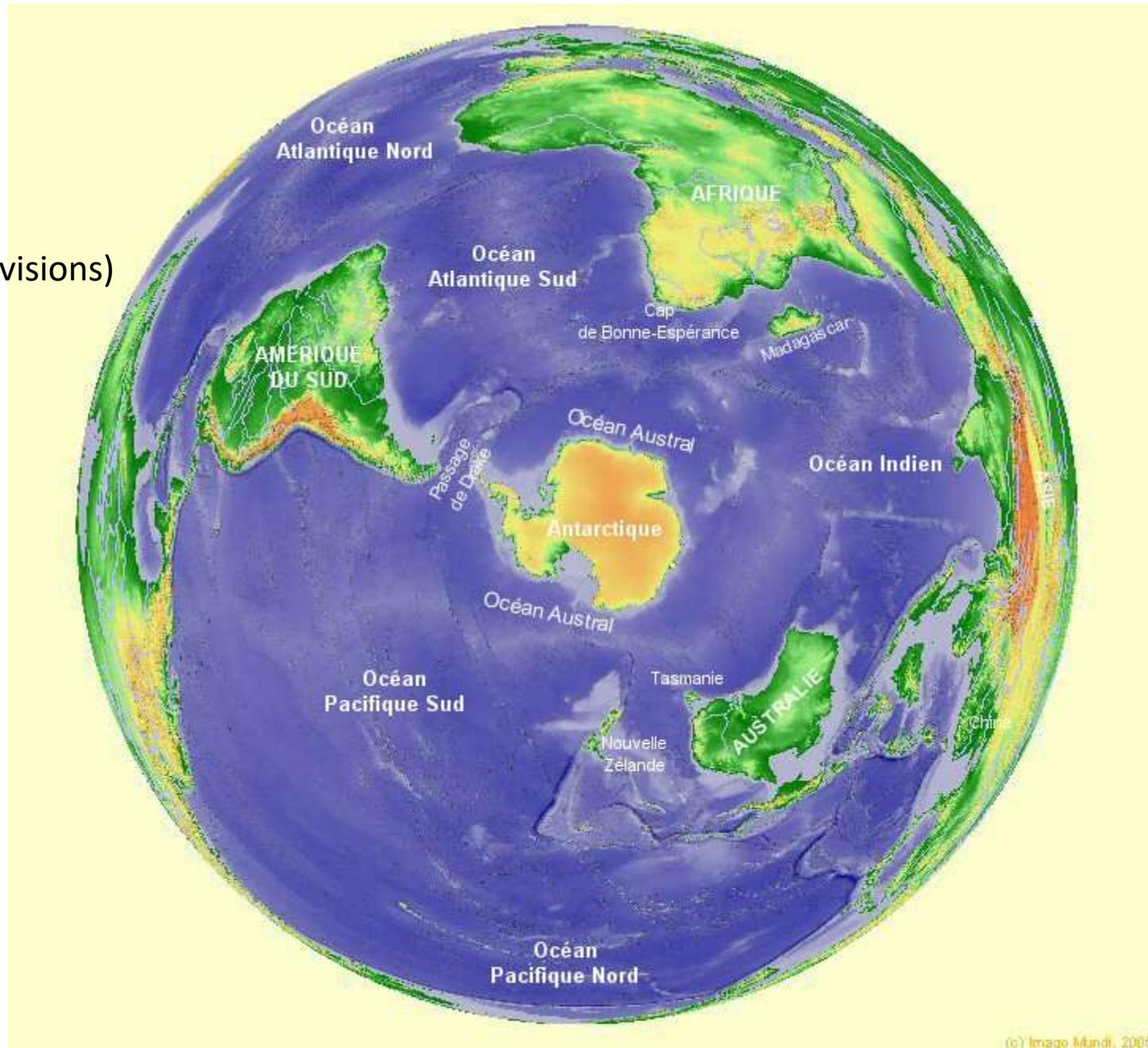
STRUCTURES GÉOLOGIQUES

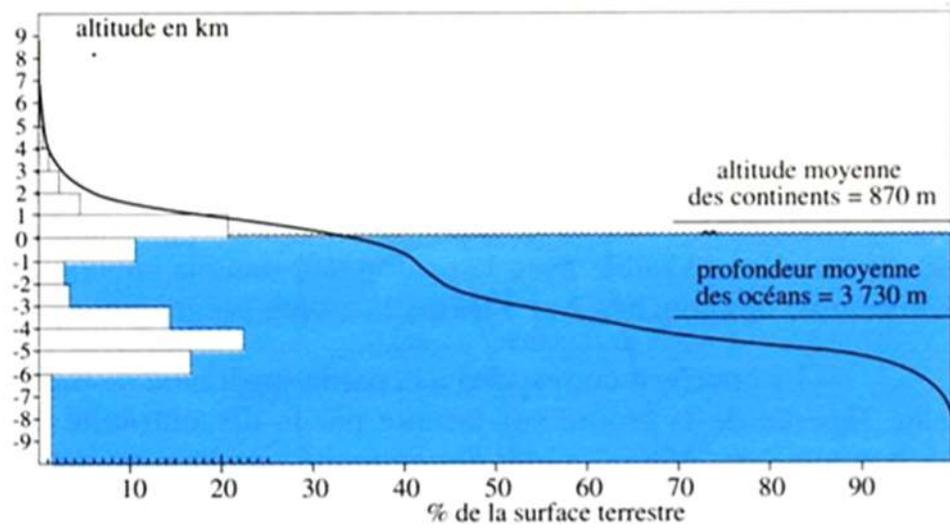
Limites de plaques convergentes	Autres structures
zones de subduction et/ou collision	limites de plaques coulissantes et zones de fracture
hypothétiques	hypothétiques
Limites de plaques divergentes	rift africain
dorsales océaniques	points chauds
hypothétiques ou diffuses	

S. Galmant, A. Cazenave, M. Bergé-Nguyen – Carte des fonds océaniques par altimétrie spatiale – IRD Editions 2006

L'océan

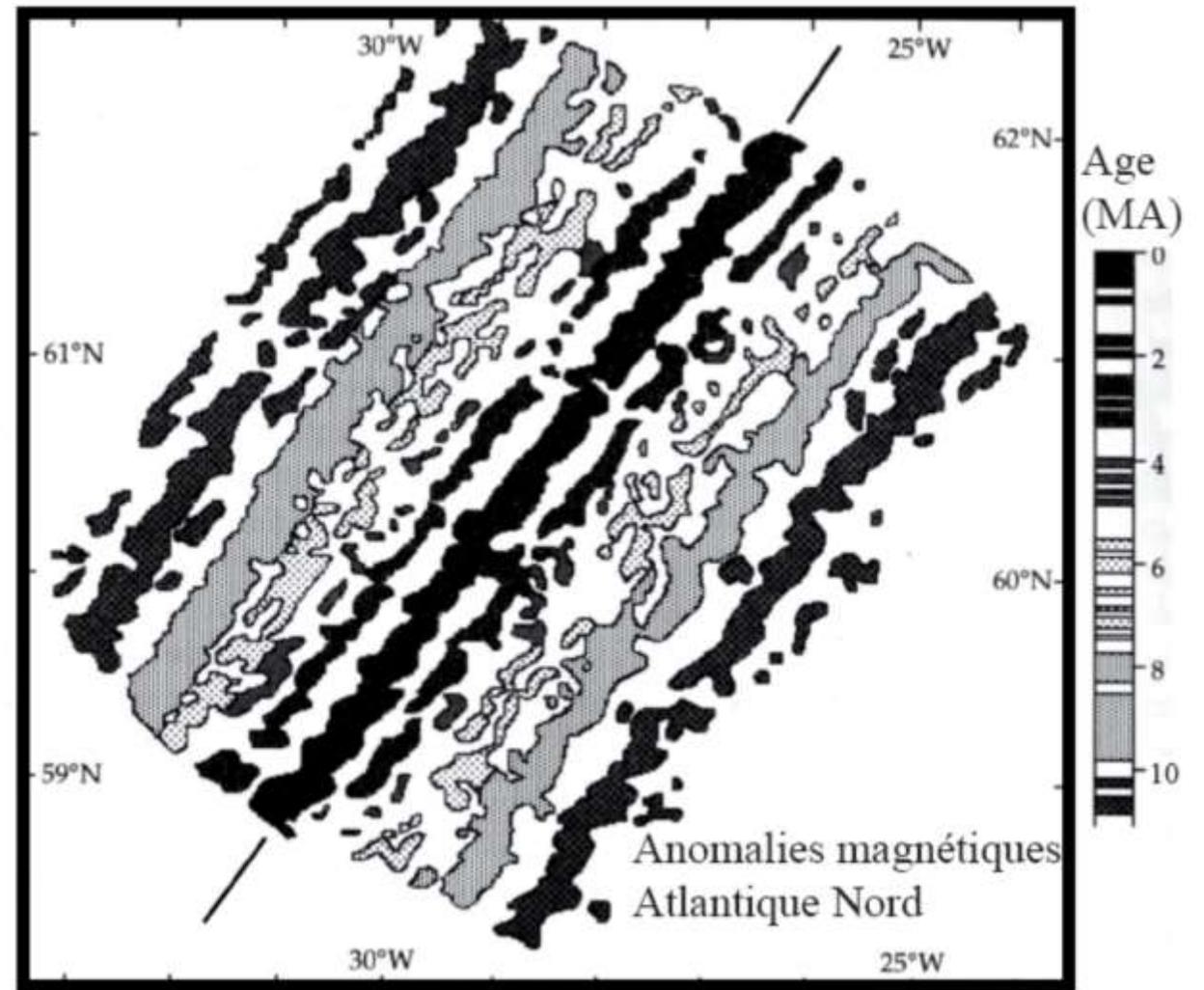
La Terre vue du pôle sud
(source internet: cosmovisions)





Courbe de Trabert et distribution bimodale des altitudes

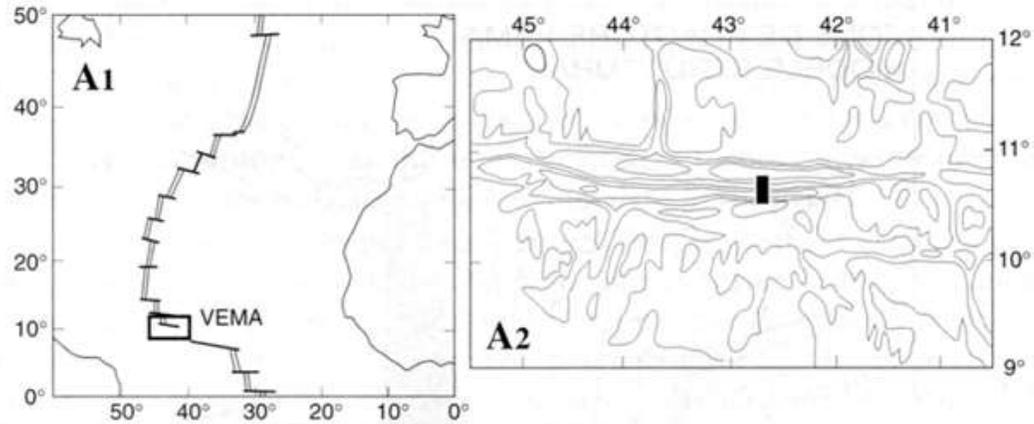
Quelques rappels!



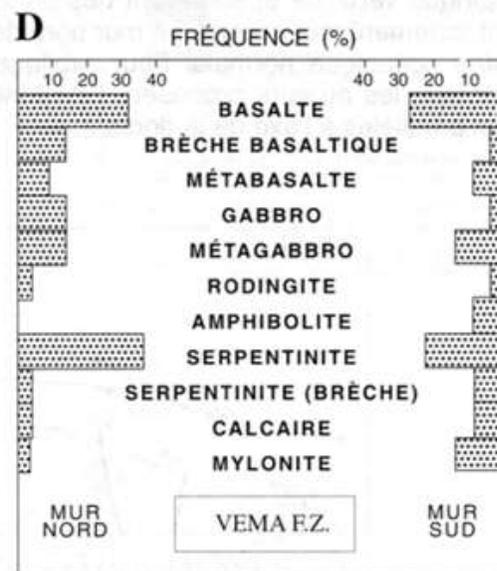
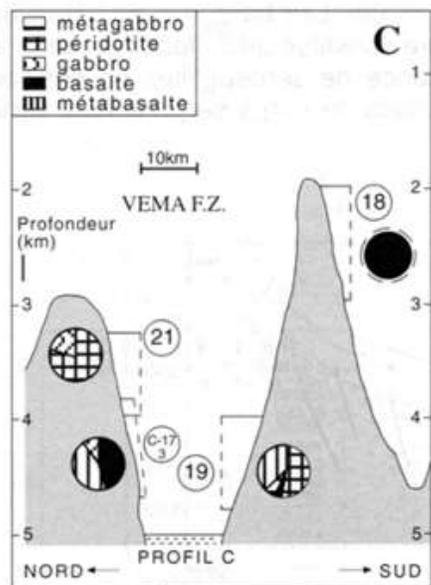
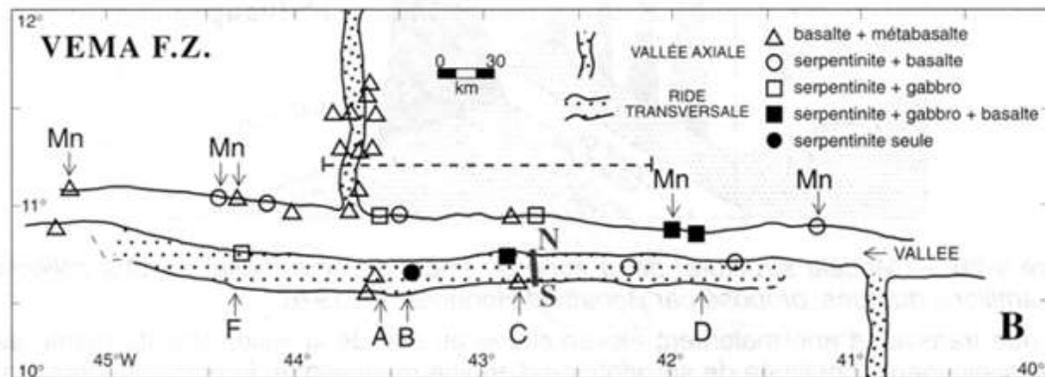
Symétrie des anomalies magnétiques de part et d'autre de la dorsale

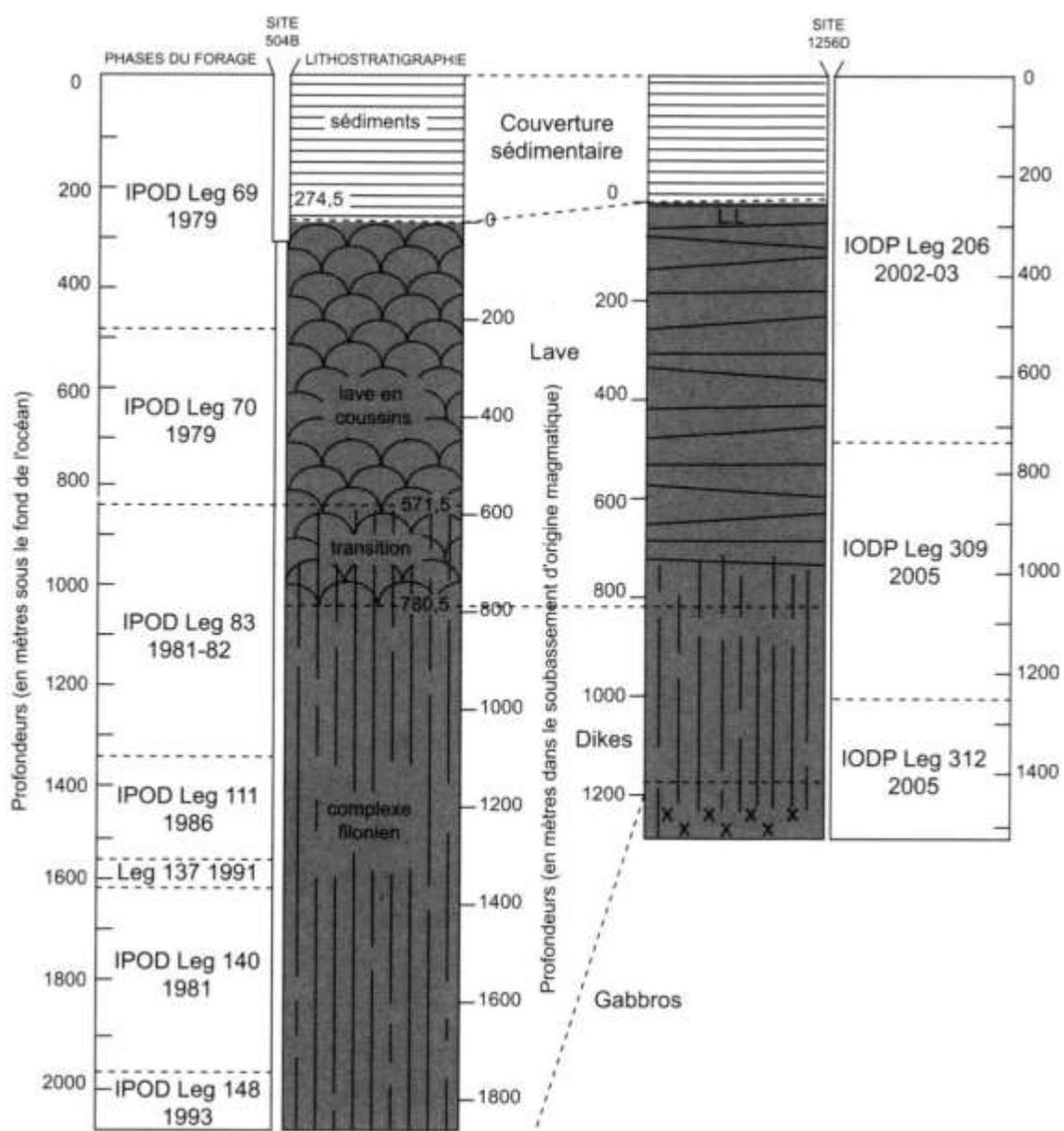


L'océan Atlantique et sa dorsale médio océanique



Résultats de dragages
au niveau de la faille transformante Vema

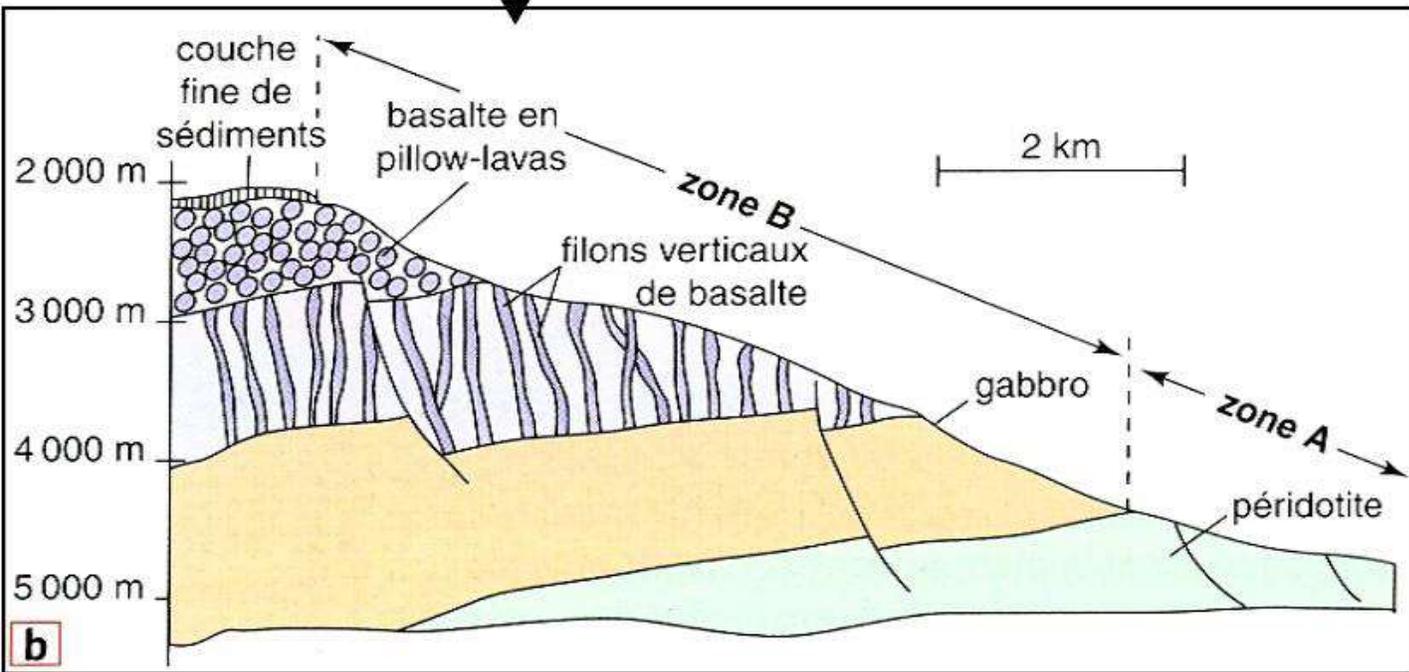
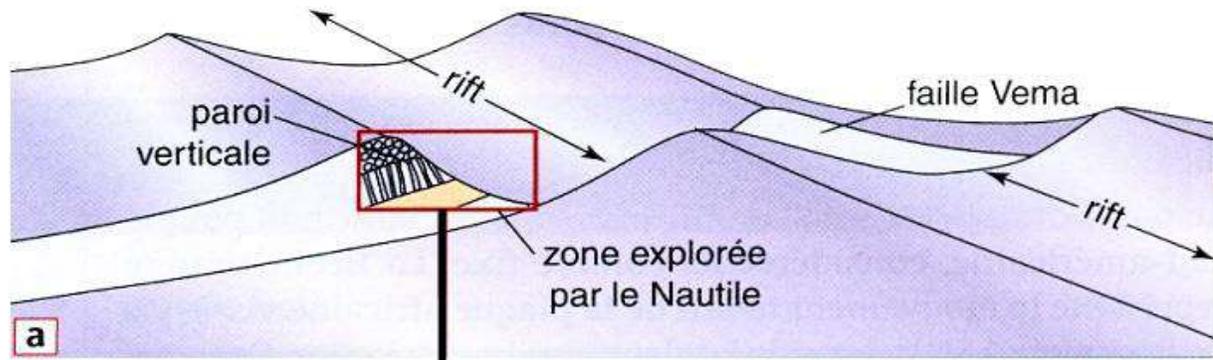




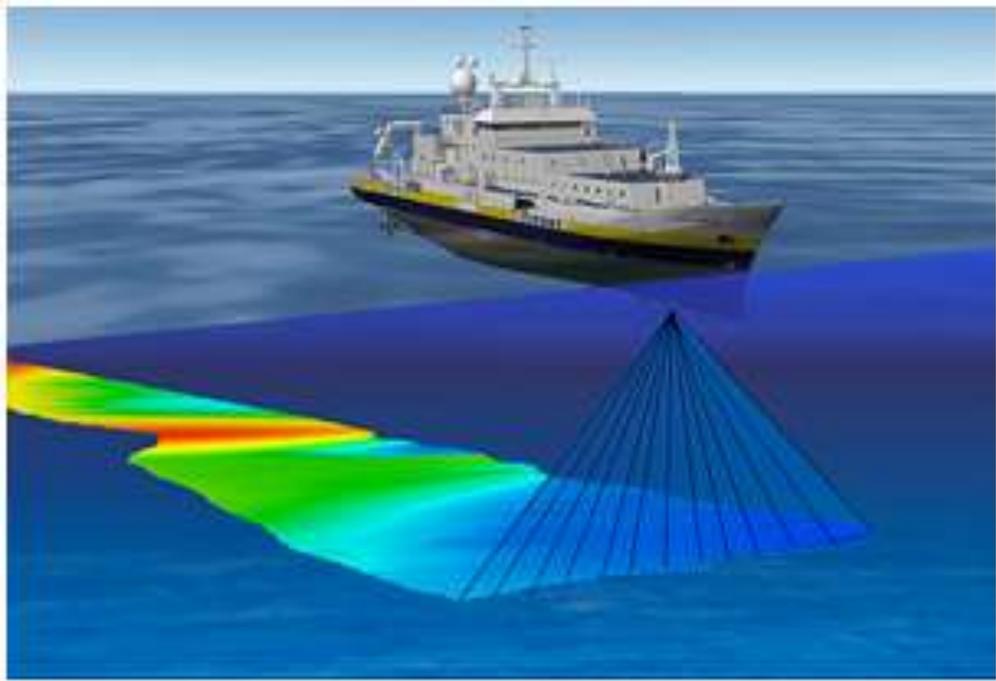
Deux forages dans la croûte océanique de l'océan Pacifique

M. Schultz, juin 2019 sur Planet Terre

Extrait: Juteau Maury, croûte océanique



Coupe géologique au niveau de la faille Vema d'après les observations réalisées par le Nautilus

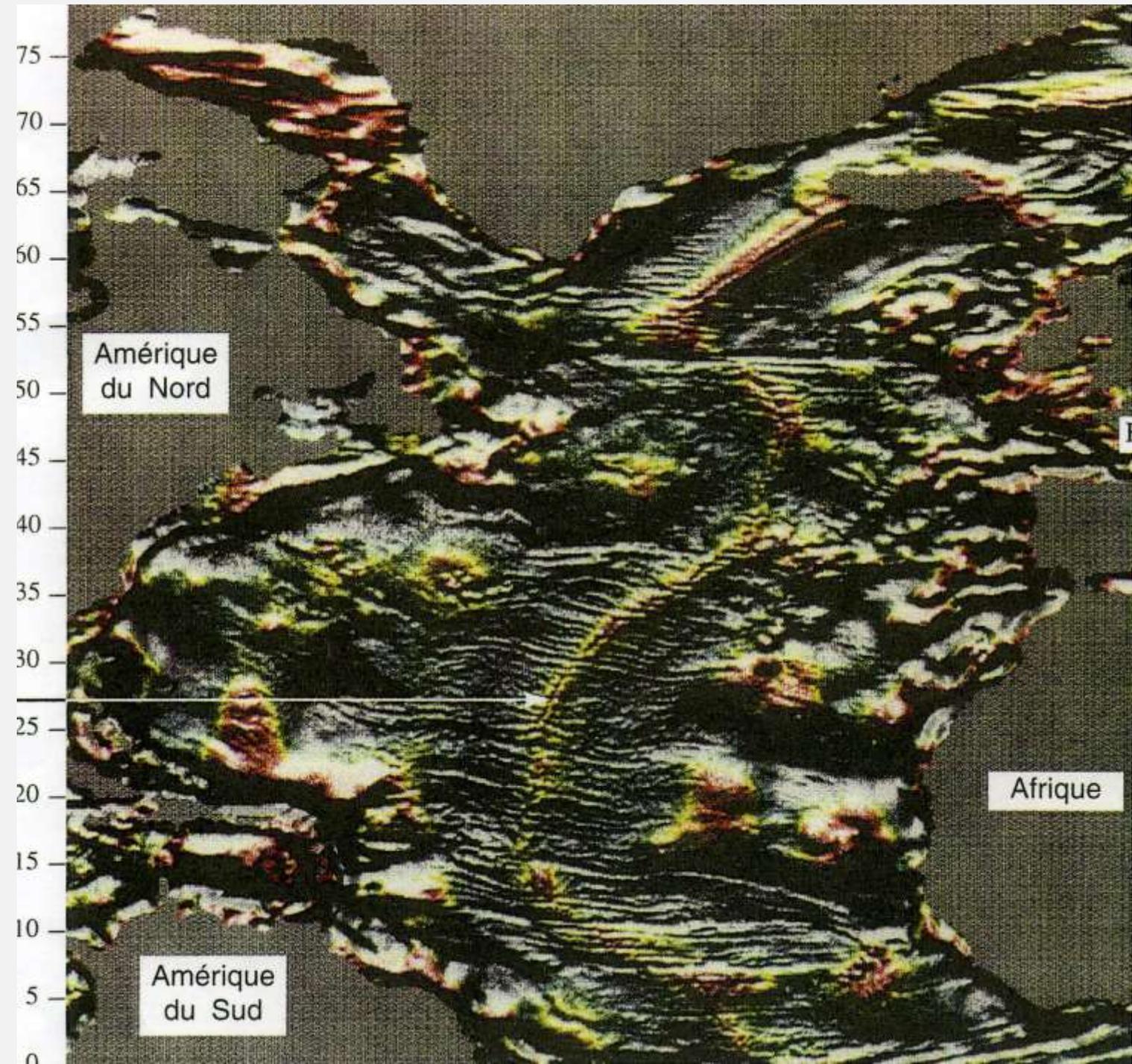


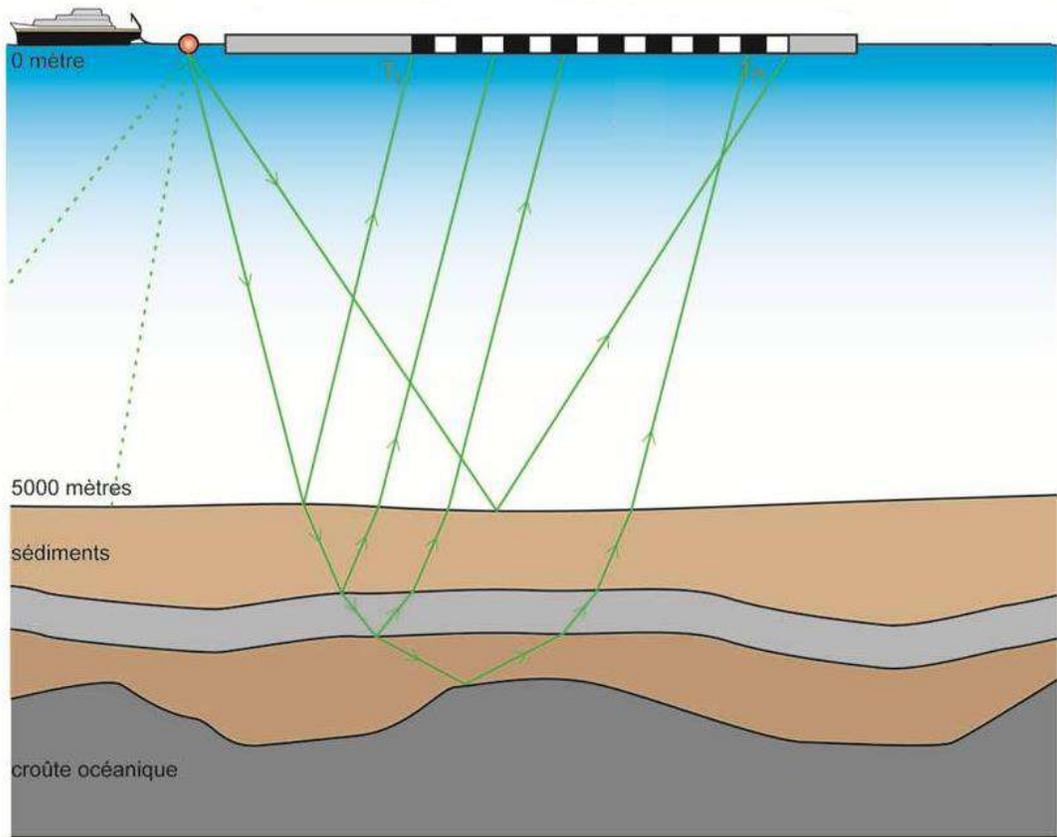
Pour mesurer la profondeur d'eau, le sondeur va émettre une onde acoustique (un son) qui va se propager dans l'eau, être réfléchi par le fond, et repartir vers la surface. Il va ensuite enregistrer cet écho et mesurer le temps qu'a mis l'onde pour parcourir cet aller-retour fond-surface. Avec cette mesure de temps de parcours, et connaissant la vitesse de propagation des ondes acoustiques dans l'eau de mer, le sondeur est capable de calculer la distance qu'a parcouru l'onde, et donc la profondeur.

Principe de fonctionnement du sondeur multifaisceaux

**Ondulations à
petites et
moyennes
échelles
spatiales du
géoïde dans
l'Atlantique
nord
(document
CRGS).**

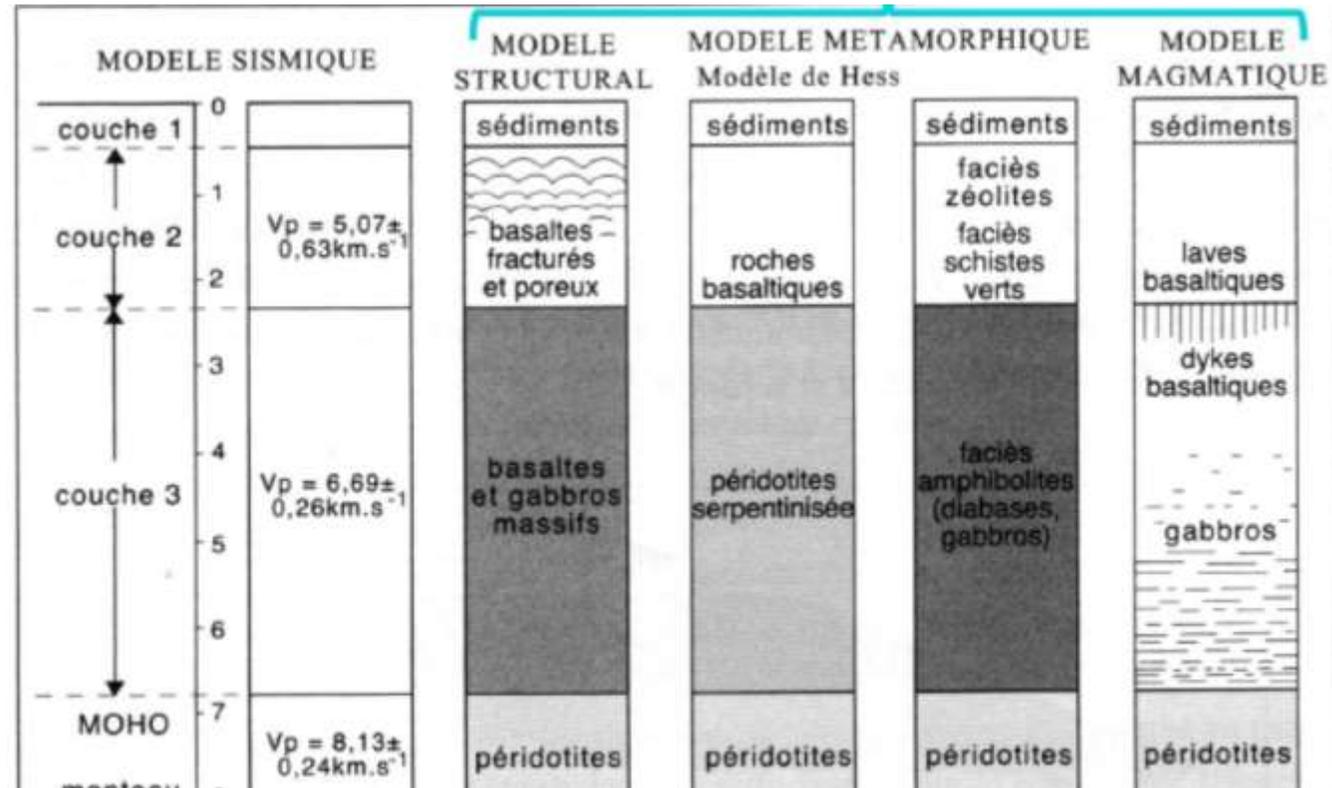
La zone
représentée
s'étend de 0 à
80° de latitude
N et de 280 à
360° de longitude.





Rappel: Sismique réflexion sismique réfraction

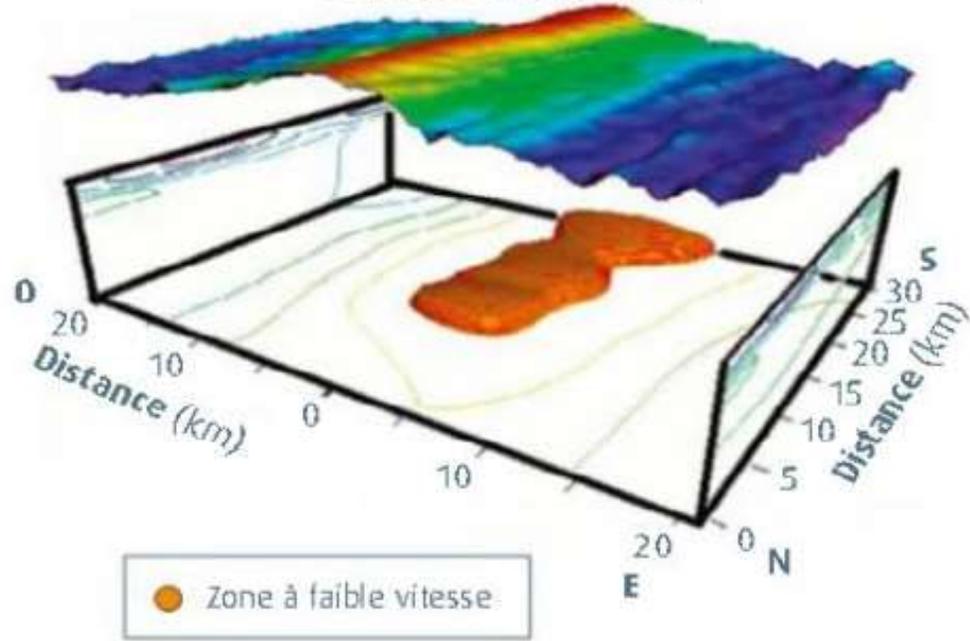
Ifremer



Modèle sismique et ses interprétations
d'après Juteau , Maury, la croûte océanique

Tomographie sismique

Surface du fond marin



Approche tomographique: les chambres magmatiques sont de dimension limitée



Source : K. Cantner, AGI

Ophiolite d'Oman: une ophiolite bien préservée



Gabbros lités

Quelques roches
affleurant dans les
massifs ophiolitiques

Photographie : Pierre Thomas



Photographie : Pierre Thomas

Complexe filonien

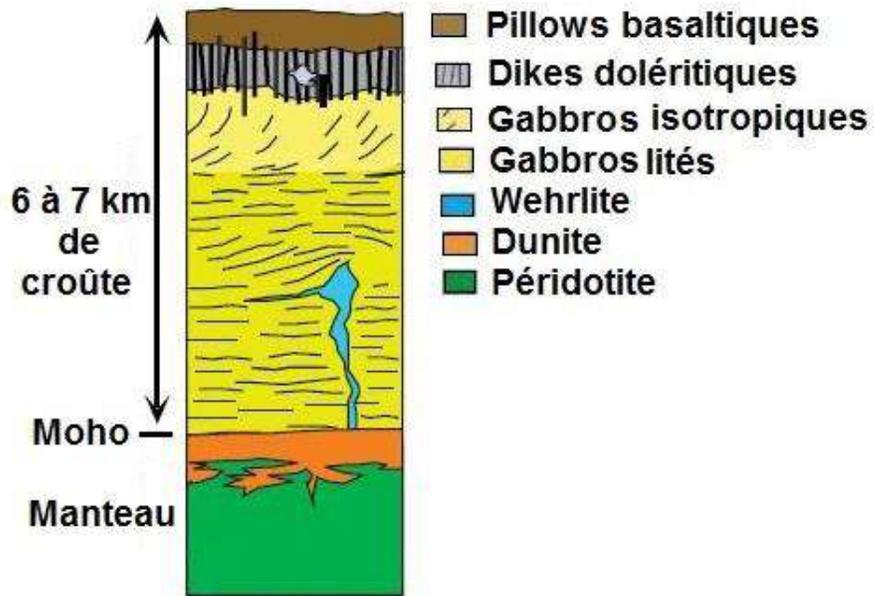
Harzburgite traversée
par des filons



Basalte
En coussins

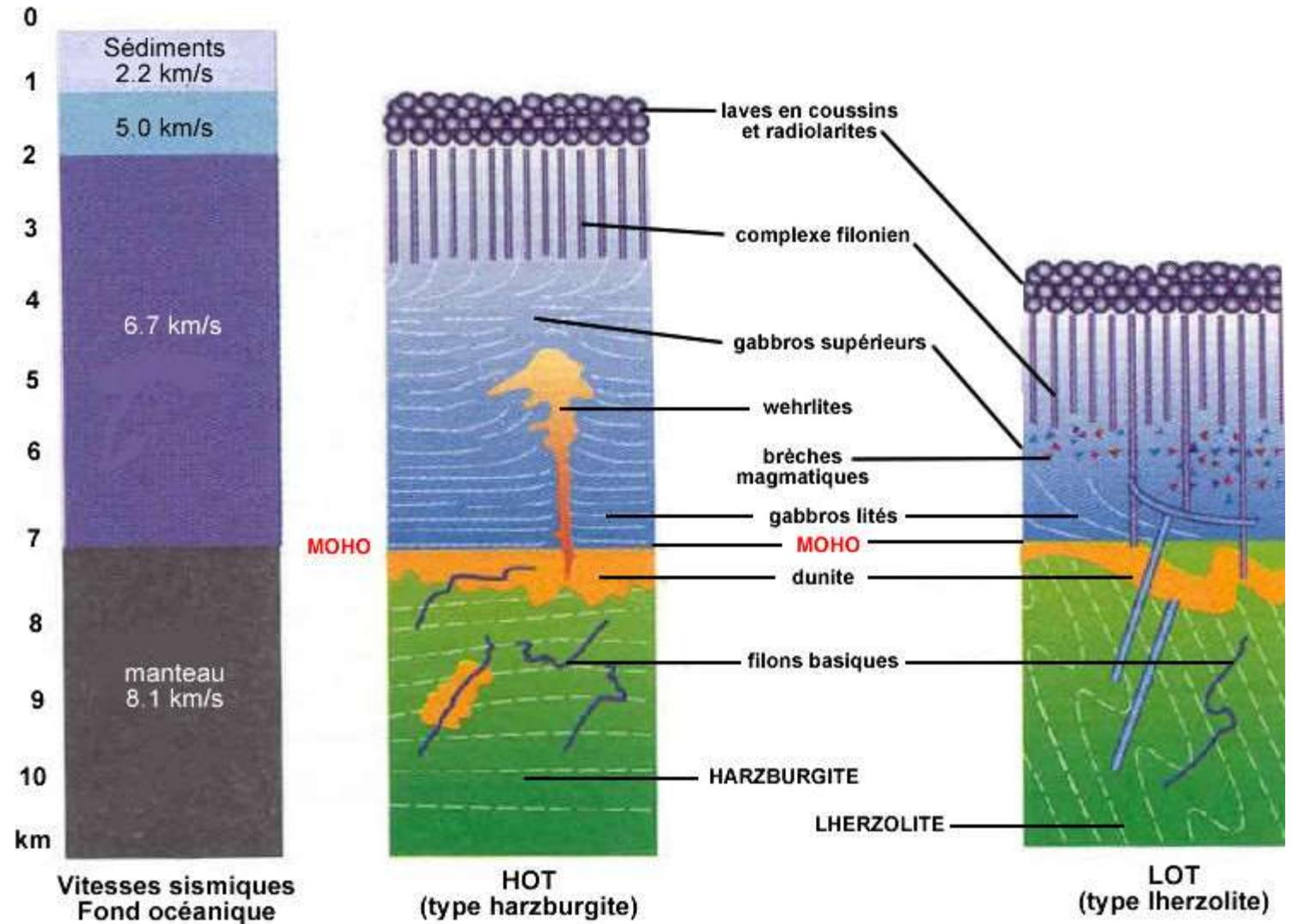


Photographie : Thierry Jussen



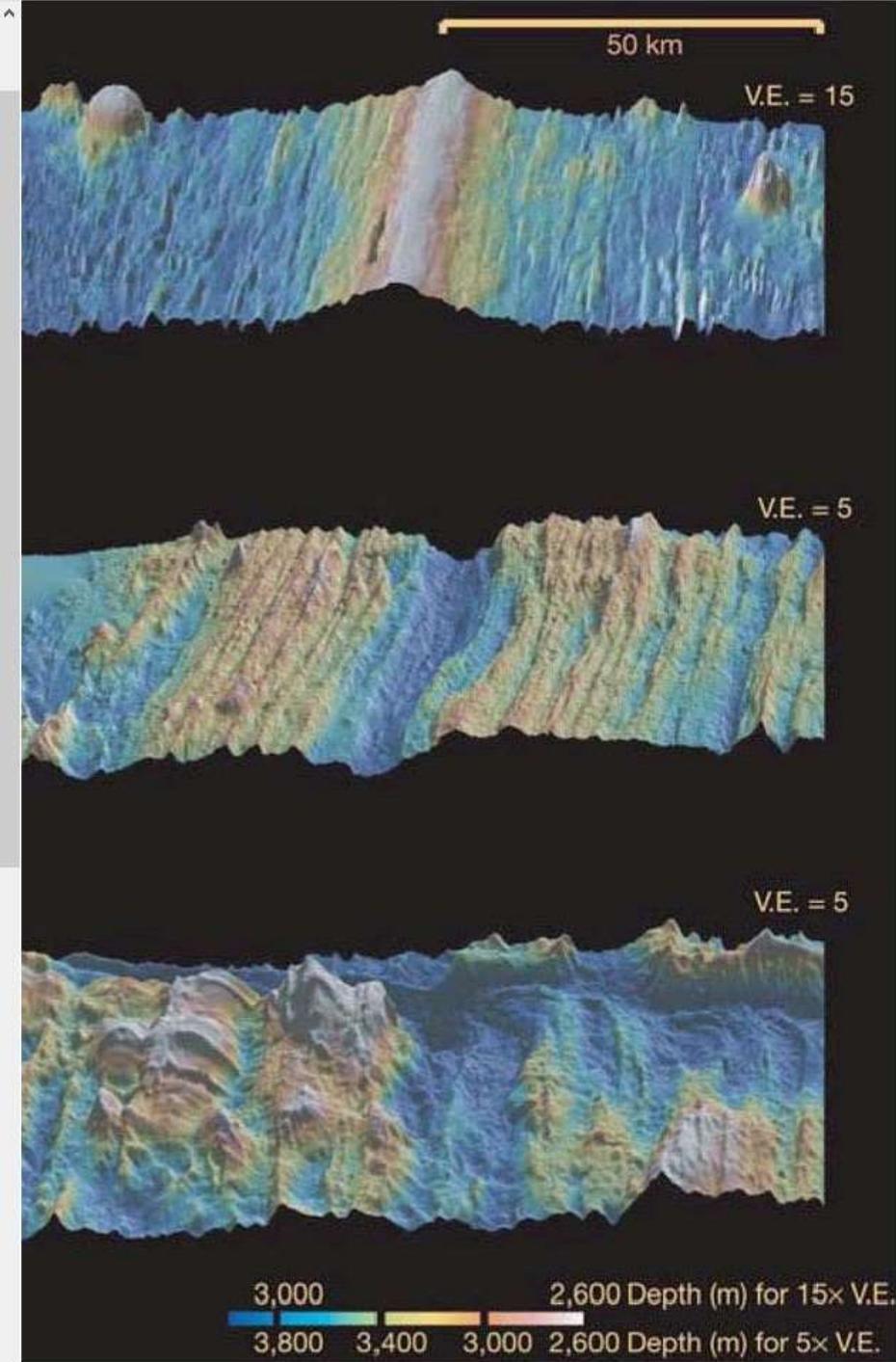
Modèle Penrose encore valable pour les dorsales rapides

Ophiolites HOT et LOT



Analyses chimiques représentatives de roches mantelliques et d'un basalte océanique.

	Harzburgite ophiolitique	Lherzolite	Basalte océanique
SiO ₂	42.3	45.3	47.1
TiO ₂	0.1	0.2	2.3
Al ₂ O ₃	0.5	3.6	14.2
Fe ₂ O ₃ +FeO	7.1	7.3	11.0
MnO	0.1	0.1	0.2
MgO	49.6	41.3	12.7
CaO	0.1	1.9	9.9
Na ₂ O	0.1	0.2	2.2
K ₂ O	0.005	0.1	0.4



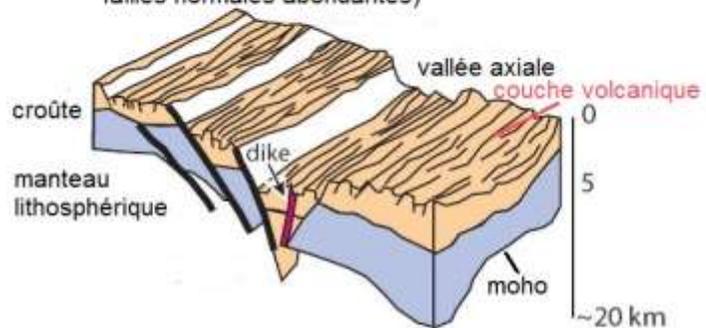
Expansion rapide (ex Pacifique)

Morphologie des dorsales
source Eduterre

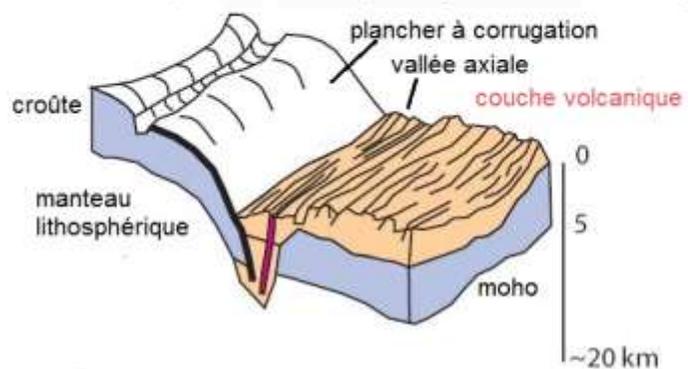
Expansion lente (ex Atlantique)

Expansion très lente (ex Indienne)

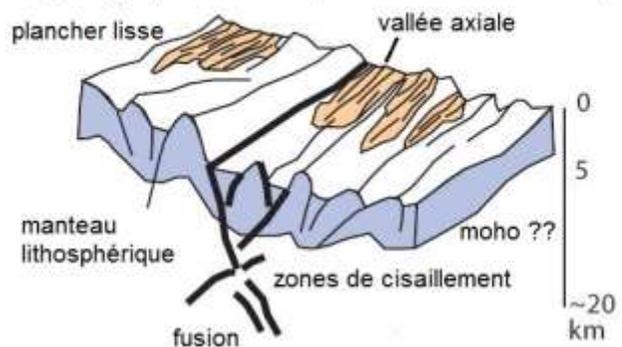
A Type plancher volcanique (volcanisme important et failles normales abondantes)



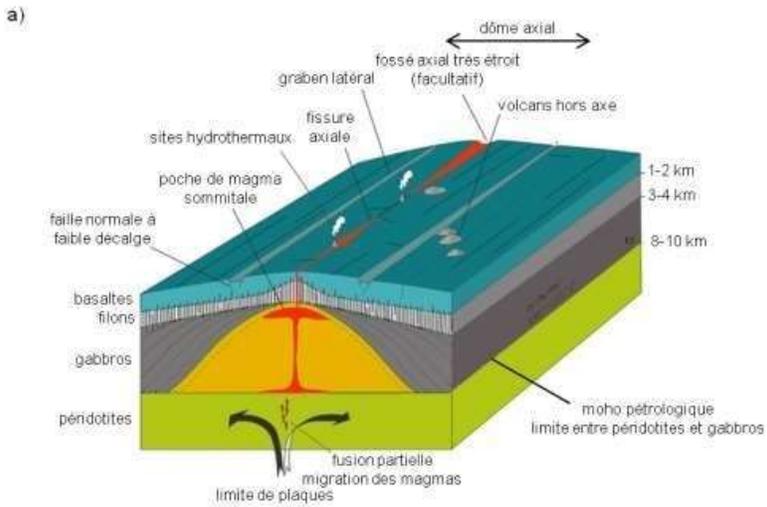
B Type plancher à corrugation (dômes exhumant des roches profondes, créés par de grands détachements)



C Type plancher lisse (volcanisme rare et absent)

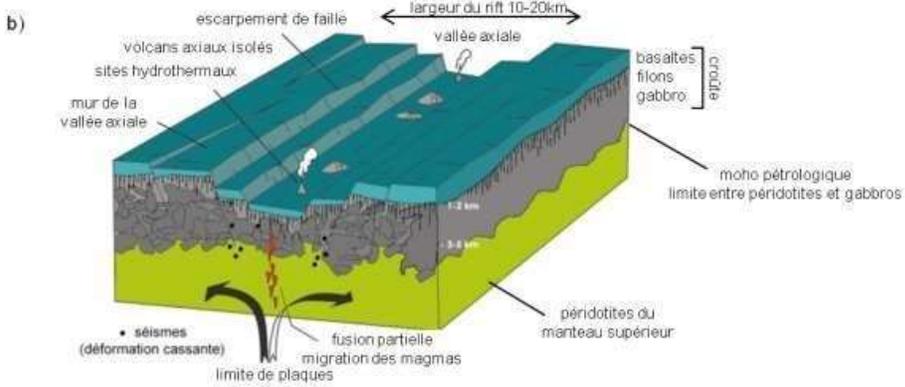


Bloc diagramme montrant le lien entre morphologie , déformations et magmatisme au niveau de 3 types de fond océanique (source Eduterre)

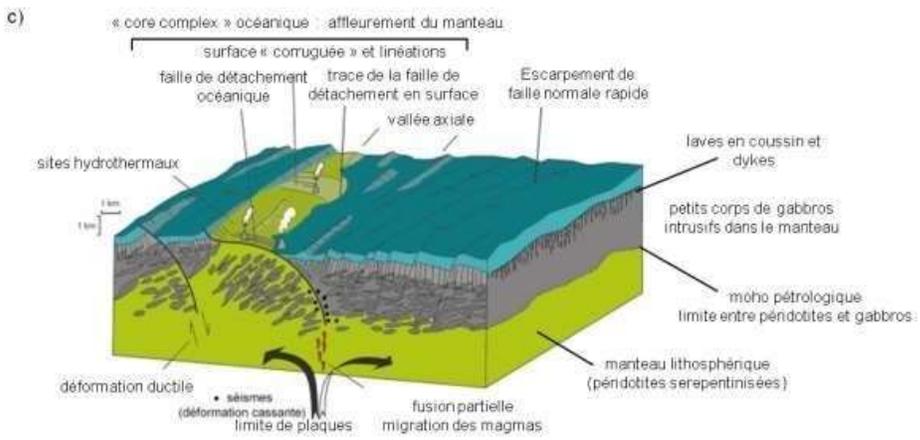


Dorsale pacifique

Morphologie des dorsales et activité magmatique



Dorsale atlantique



Dorsale indienne et atlantique



Photographie : Freddy Garreau

Basaltes en coussins ophiolites de Chypre

Orthopyroxène $(Mg,Fe)_2Si_2O_6$

pyroxène

plagioclase

Gabbro



Chlorite $(Fe,Mg,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$

Amphibole
(Hornblende)

$Ca_2(Mg,Fe,Al)_5(Al,Si)_8O_{22}(OH)_2$

amphibole
verte

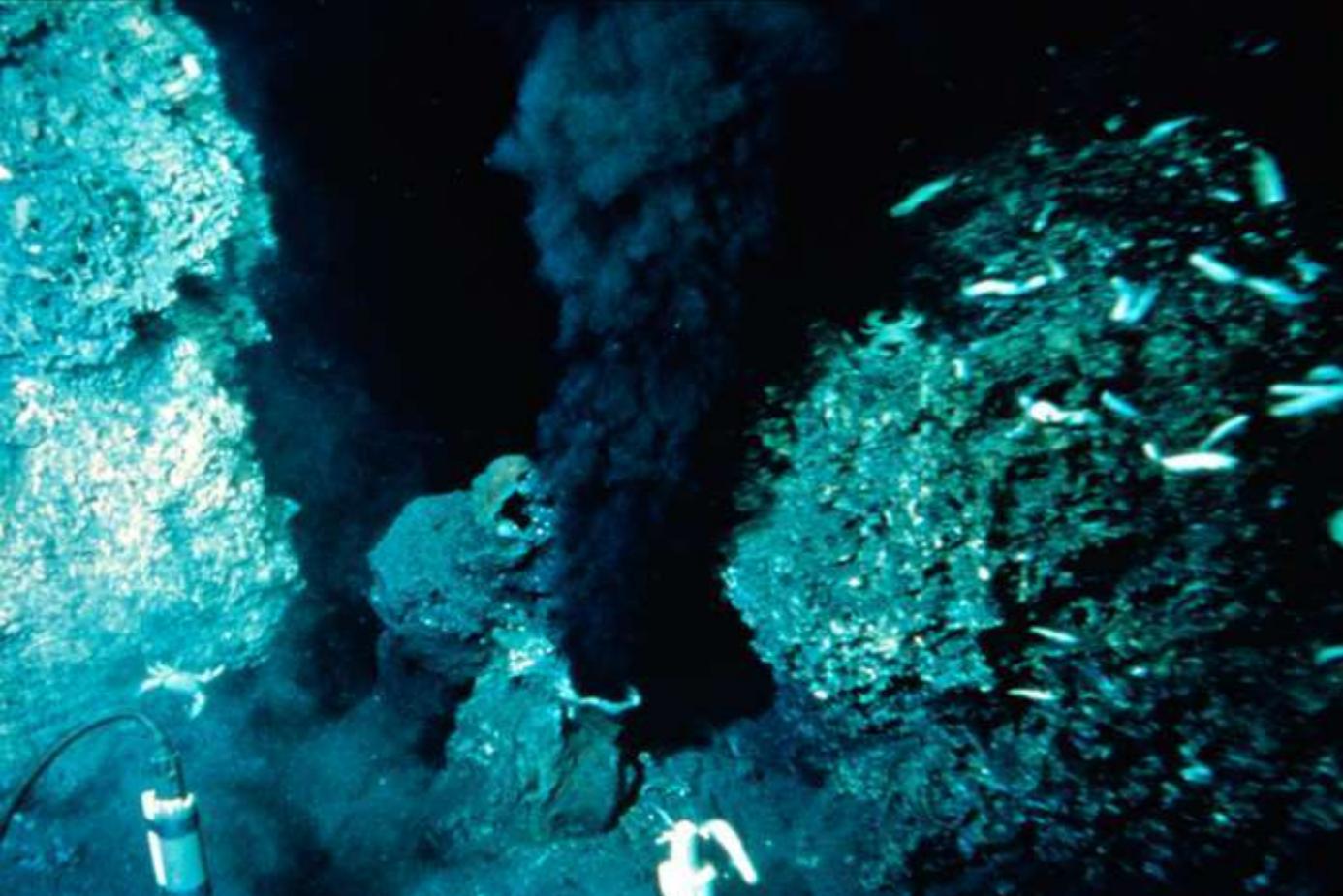
plagioclase

pyroxène
résiduel

chlorite



Gabbro
facies schiste vert



Photographie d'un fumeur noir

De l'eau fortement réductrice sort du fumeur à des températures avoisinant 350°C , c'est l'hydrothermalisme .

Hydrothermalisme Océanique - Principe Général

AXE D'ACCRÉTION



Eau de mer
2°C, pH 7,8
SO₄ : 28,9 mM
Mg : 52,7 mM
Fe : <0,001 μM
Mn : <0,001 μM
Zn : 0,01 μM
Cu : 0,007 μM

Dispersion d'éléments
dissous

Piégeage d'éléments
de l'eau de mer

Panache Hydrothermal

~ 300 m

Sédiments

Laves en coussins

~ 3 km

Complexe filonien

~ 5 km

Gabbro

Eau
hydrothermale
350°C, pH 3
H₂S : 5-10 mM
Mg : 0 μM
Fe : 1400 μM
Mn : 900 μM
Zn : 85 μM
Cu : 20 μM

Précipitations sulfures
(Fe, Cu, Zn,...)

Altération roche : libération de :
Fe, Mn, Cu, Zn, Ca,
H₂S, H⁺, CO₂, SiO₂

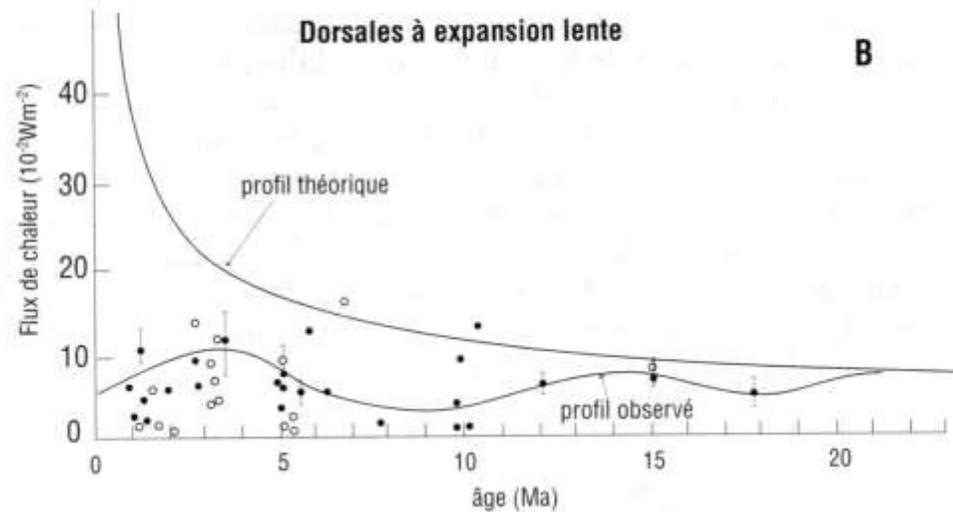
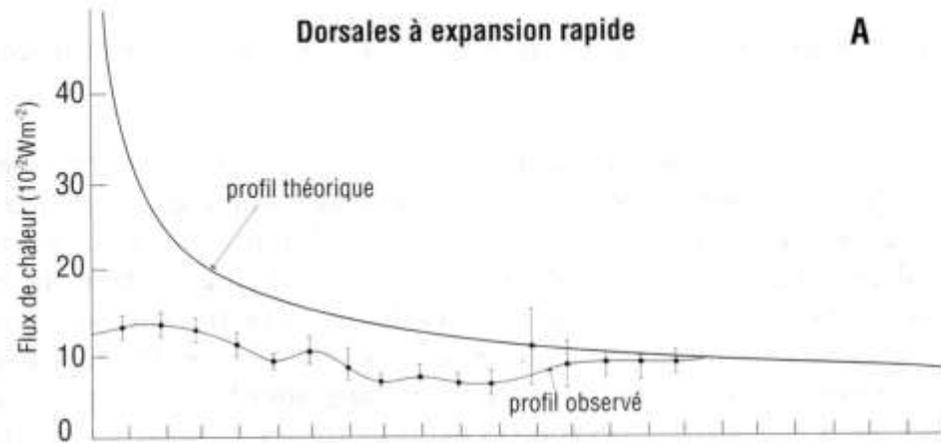
Précipitations de
basse température

Perte de Ca et SO₄²⁻
au-dessus de 160°C
 $Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow CaSO_4$

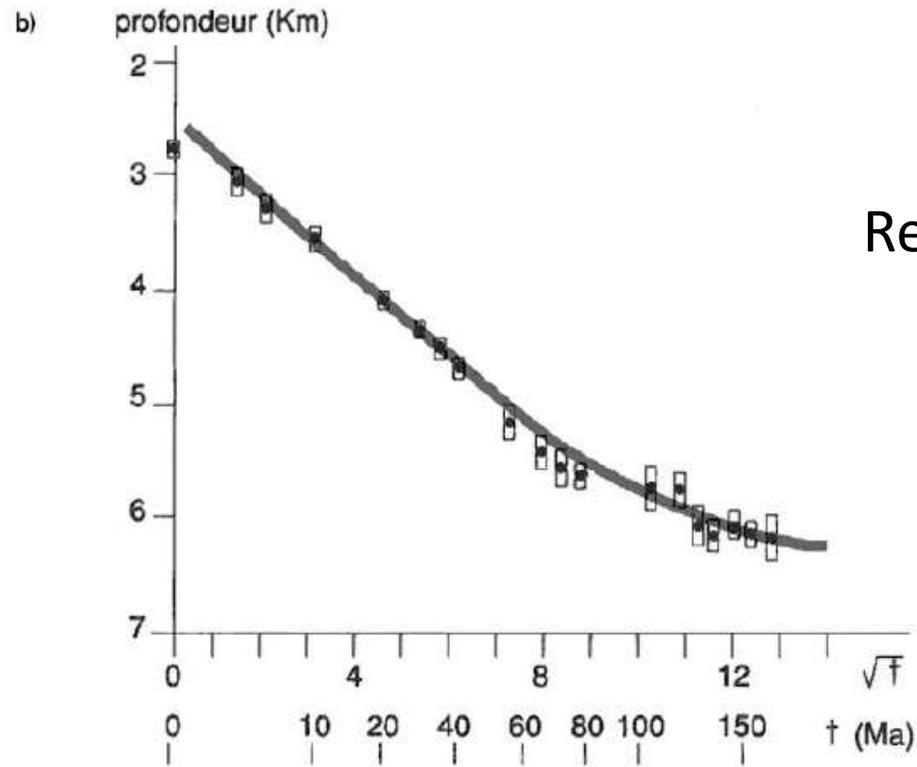
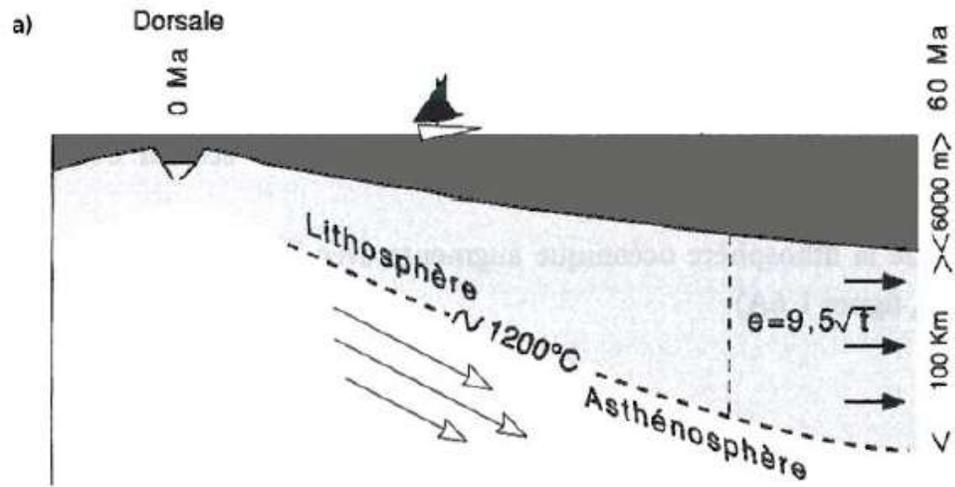
$Mg^{2+} + \text{Basalte} + H_2O \rightarrow$
 $Mg(OH)SiO_3 + H^+$
Perte totale de Mg
et acidification

Réduction
 $SO_4^{2-} \rightarrow H_2S$

Chambre Magmatique
(1200°C)



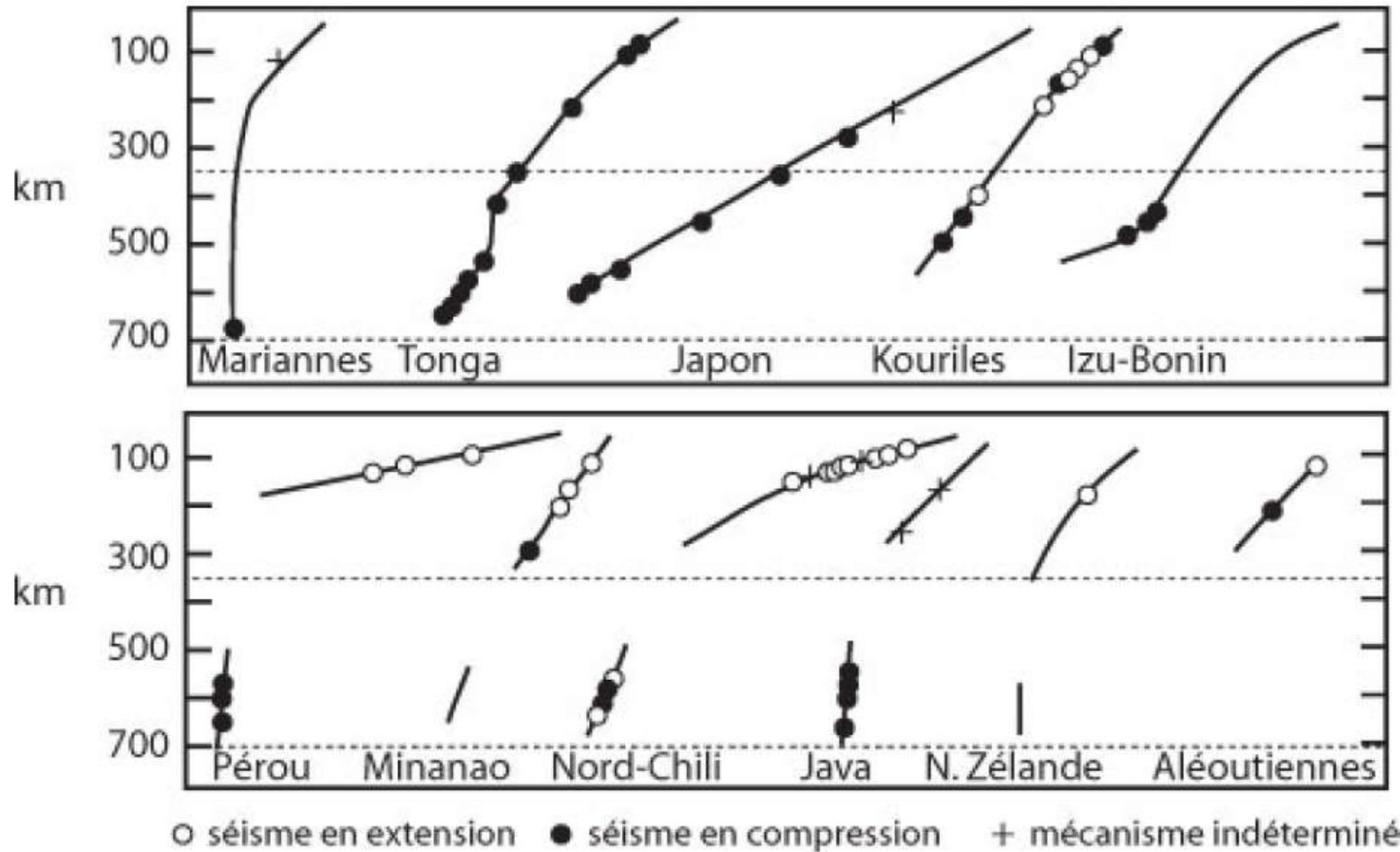
Comparaison du profil de flux de chaleur théorique
 (calculé en supposant un refroidissement par conduction)
 et le flux de chaleur observé (Juteau, Maury géologie de la croûte océanique)



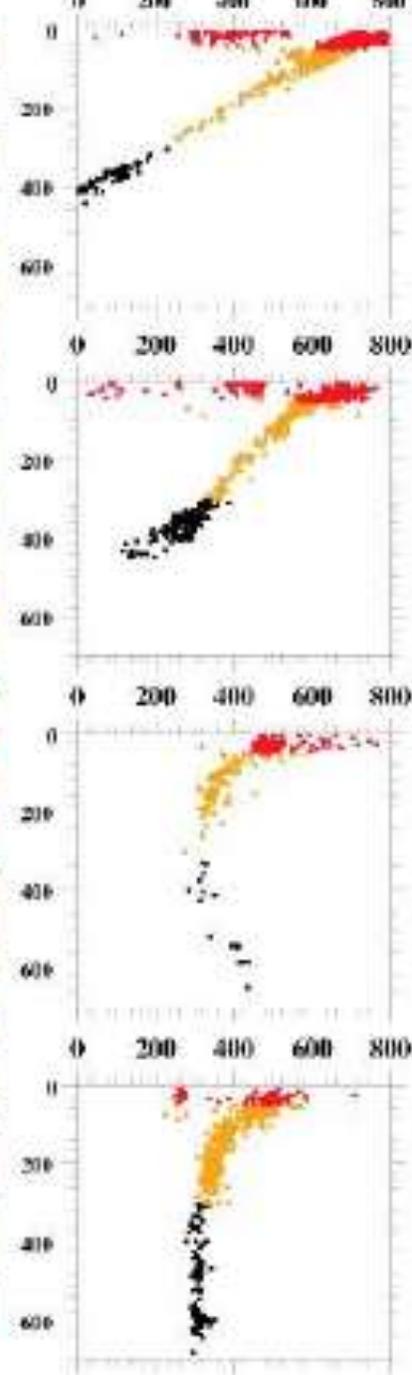
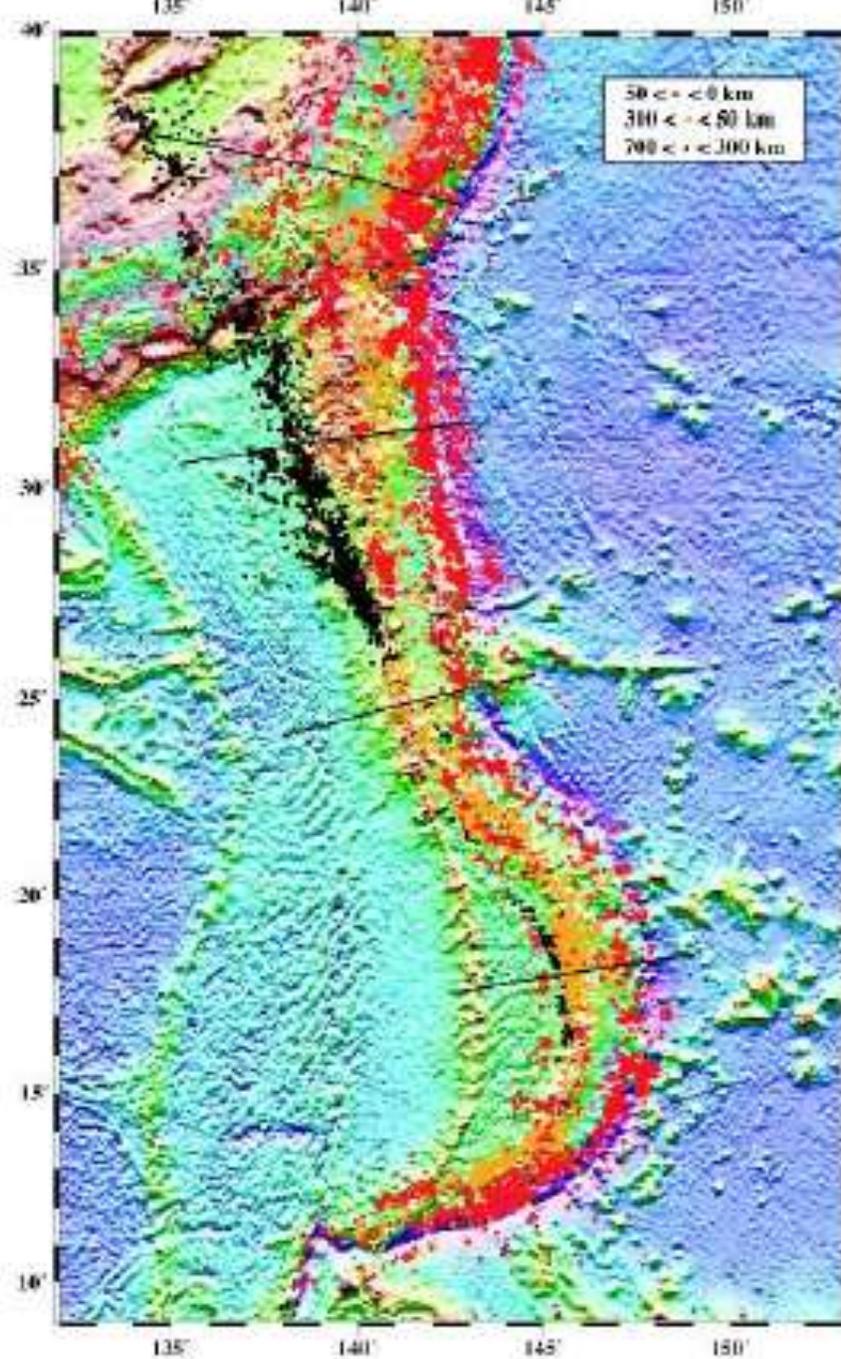
Relation liant l'âge et la profondeur de la lithosphère

Age de la lithosphère océanique (en 10^6 ans)		2	10	15	25	30	40	60	80	100
Distance à l'axe de la dorsale (en km)		160	800	1200	2000	2400	3200	4800	6400	8000
Épaisseur de la lithosphère océanique (en km)	Croûte	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Manteau	8	24	31	41	45	53	66	77	87
Masse d'une colonne de lithosphère océanique de surface égale à 1 m^2 (en 10^3 tonnes)		40.7	93.5	116.6	149.5	162.8	189.2	232.1	268.4	301.4
Masse d'une colonne d'asthénosphère de même surface et de même épaisseur (en 10^3 tonnes)		42.3	94.3	117.0	149.5	162.5	188.5	230.7	266.5	299.0

Agée de 30 millions d'années, la masse volumique de la lithosphère égale celle de l'asthénosphère

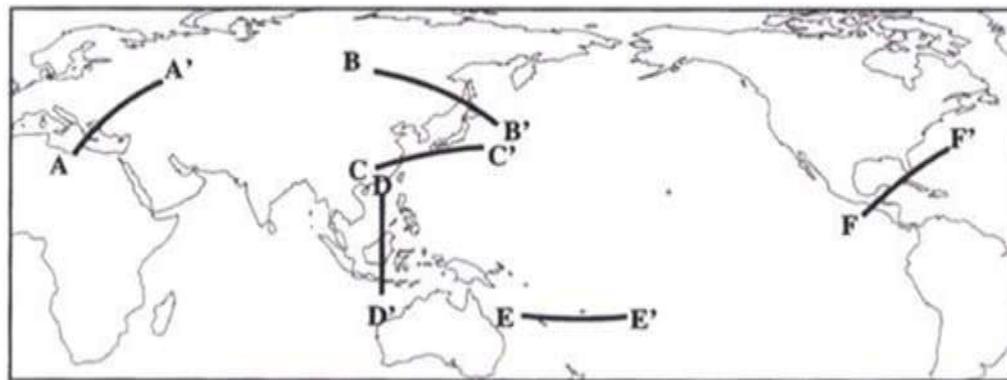
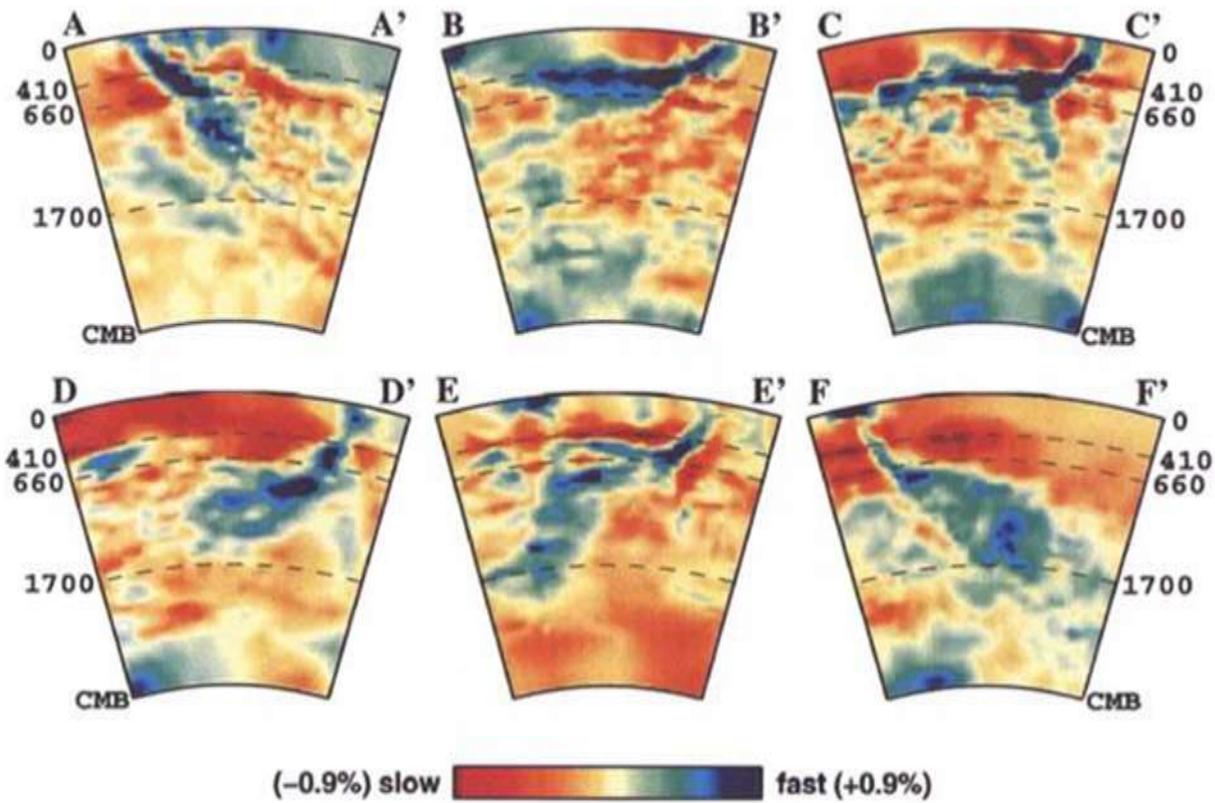


Quelques plans de Bénihoff dans divers zones de subduction et mécanismes au foyer

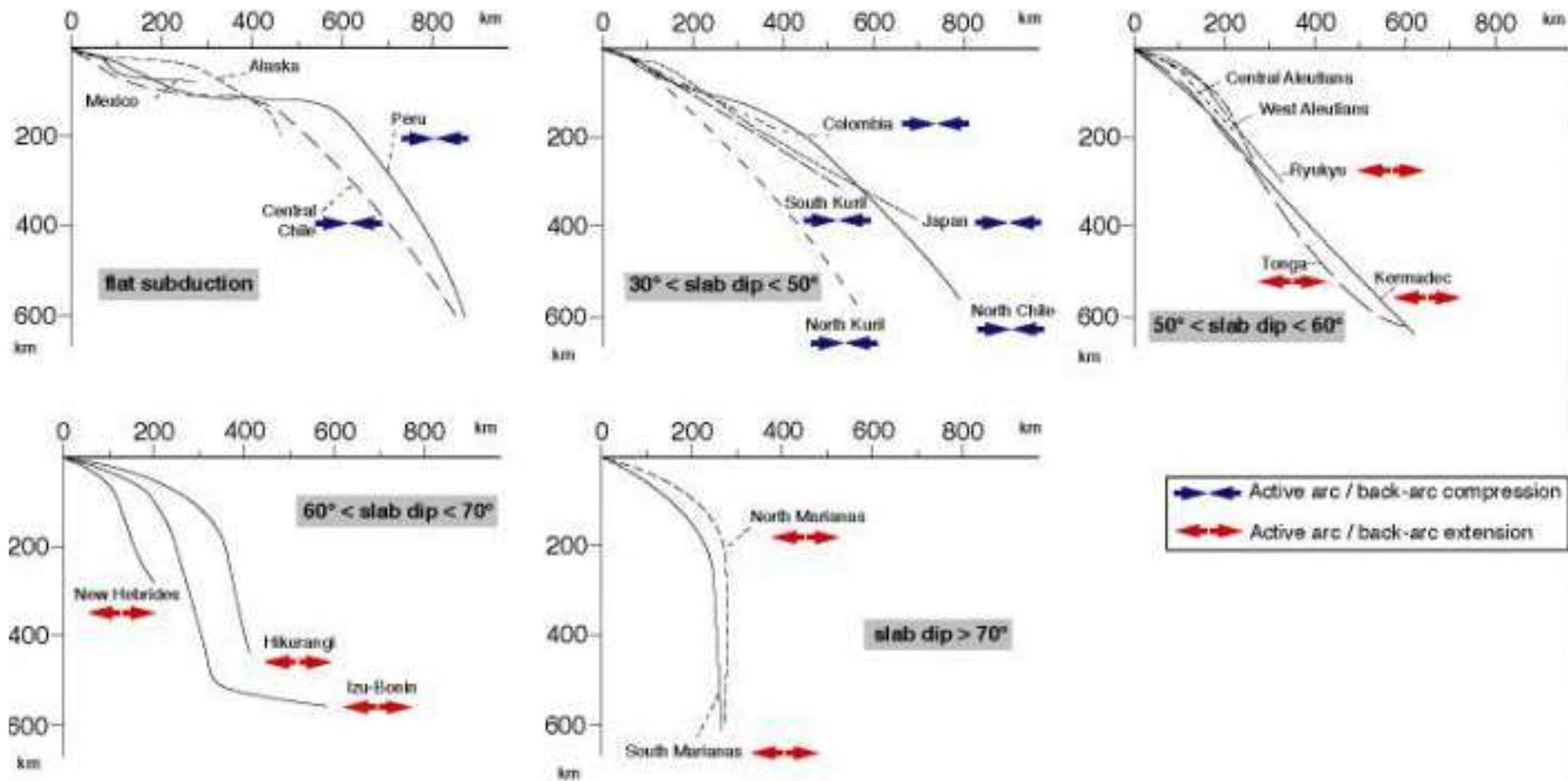


Coupe de sismicité au niveau
de la plaque Pacifique:

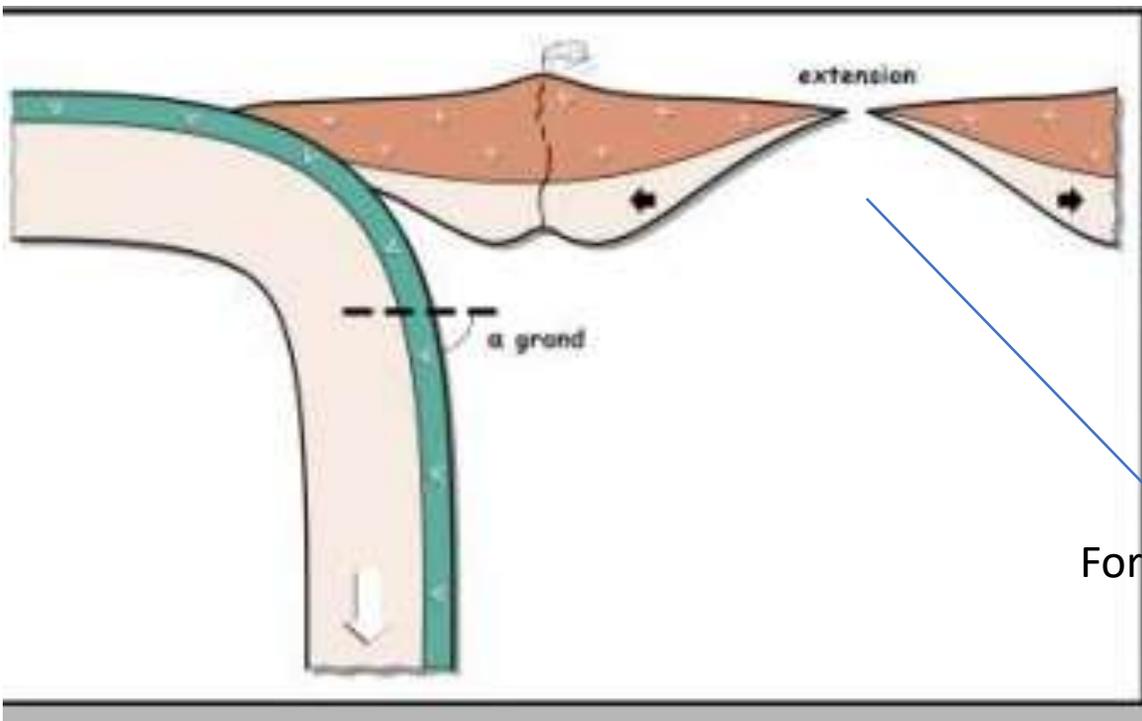
- Au niveau du Japon
- Au niveau des Bonins
- Au niveau des Mariannes



Signature tomographique de quelques zones de subduction

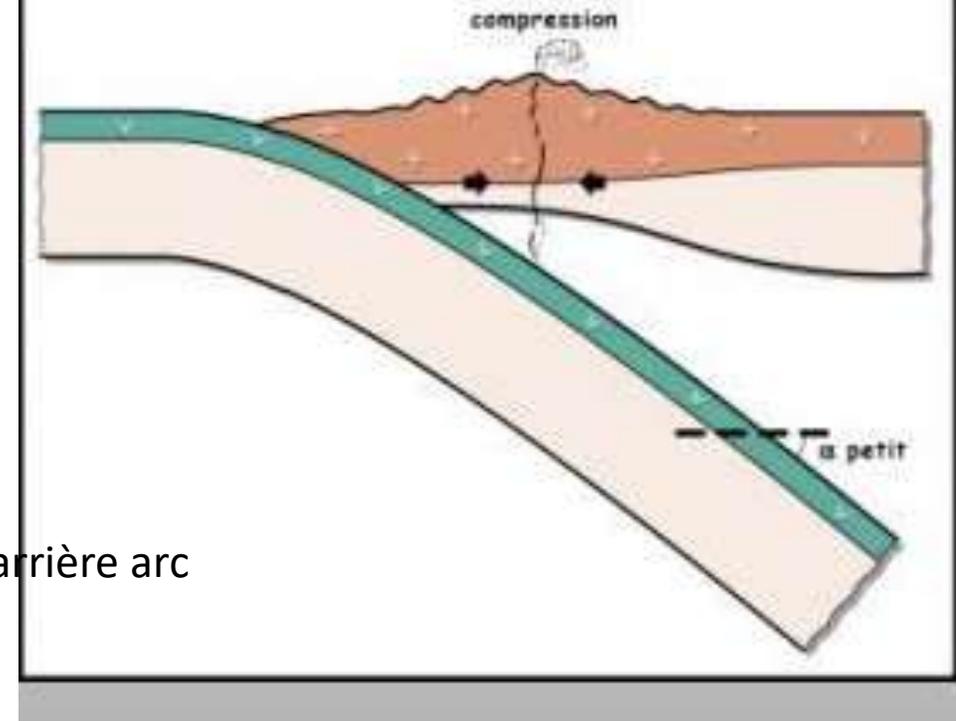


Il semble y avoir une relation entre pendage du slab et régime de contrainte!



Subduction extensive
Ex Mariannes

Formation de bassin d'arrière arc



Subduction compressive
Ex Chili

Schémas d'après S. Lallemand

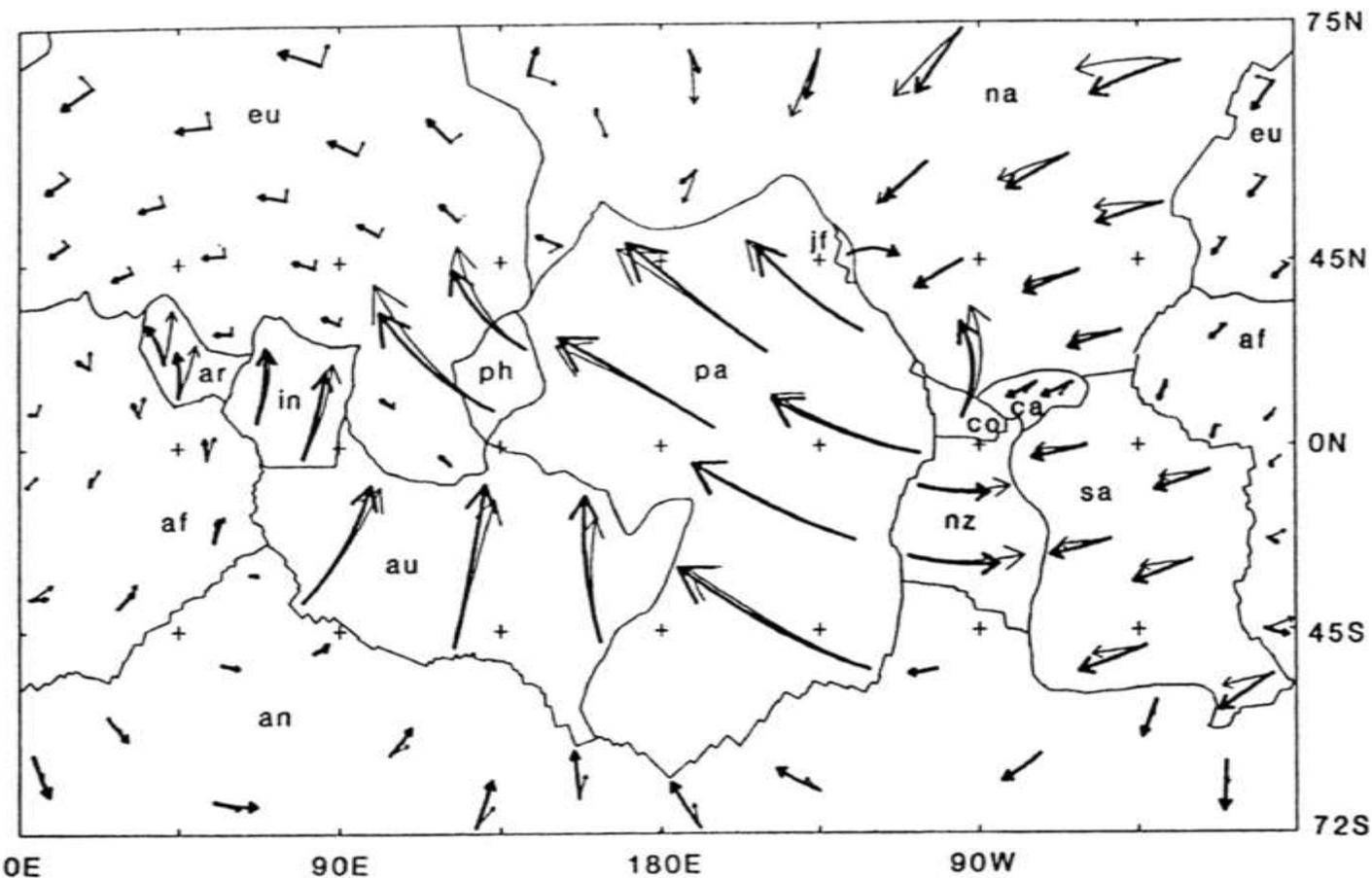
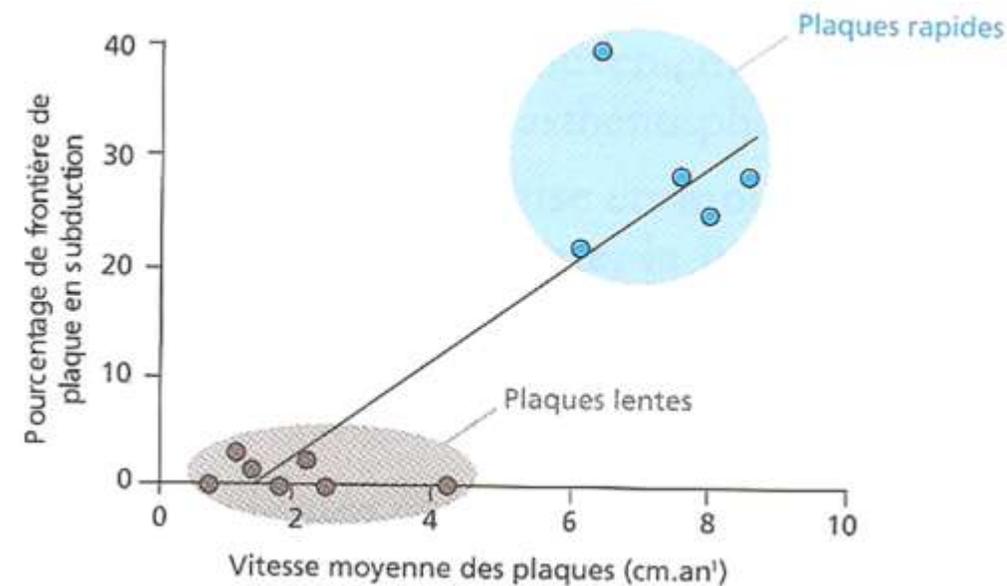


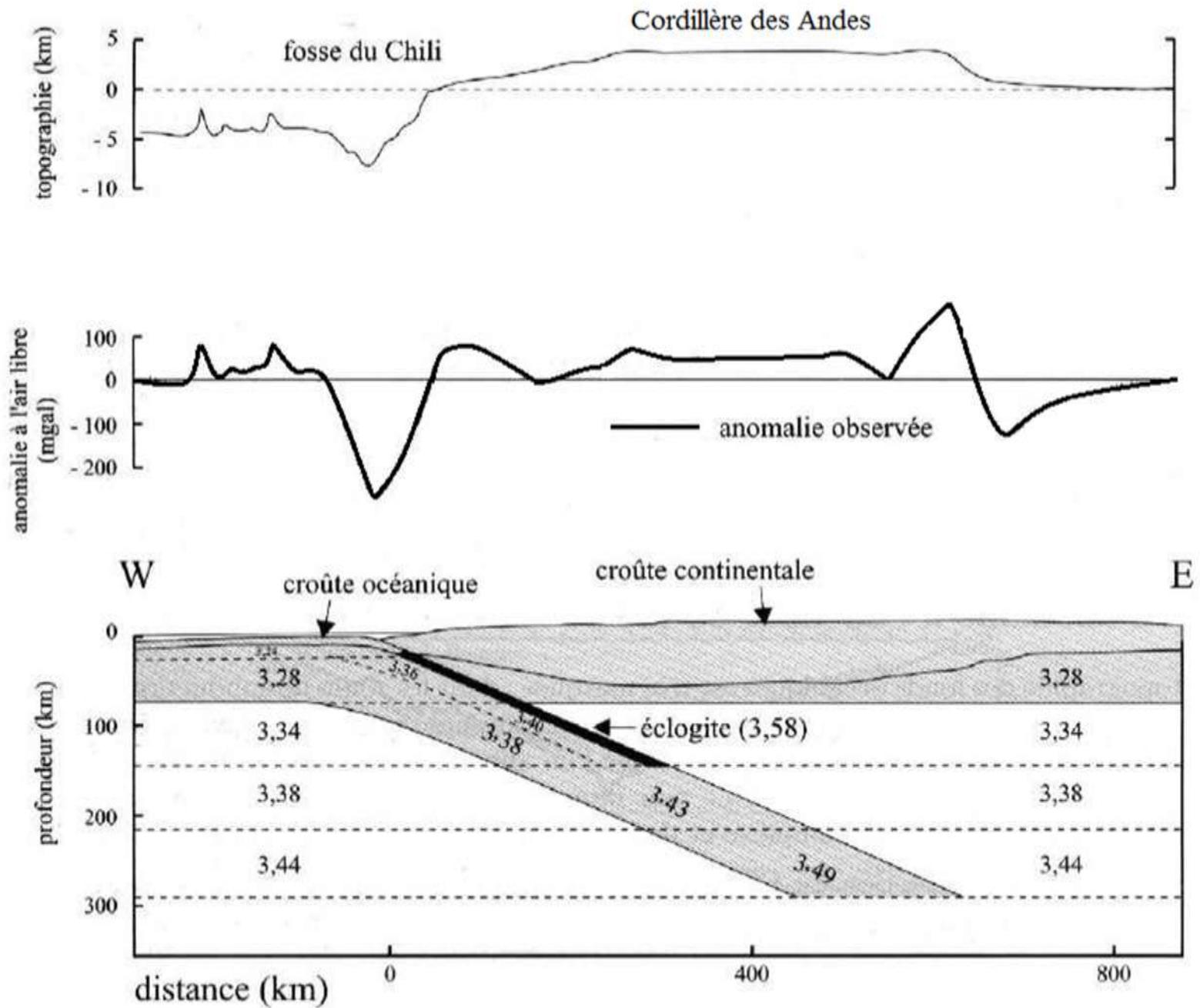
Fig. 3.3 Vitesses des plaques relativement au même jeu de points chauds décrites conformément au modèle NUVEL-1 de DeMets *et al.* (1990) (flèches épaisses) ainsi qu'au modèle RM2 de Minster et Jordan (1978) (flèches fines) d'après Gripp et Gordon (1990). La longueur et la forme des flèches est comparable à la trace que ferait un point chaud en 50 Ma. Attention, la projection Mercator a pour effet d'augmenter artificiellement (à tord) la vitesse des plaques aux pôles. af = Afrique; an = Antarctique; ar = Arabie; au = Australie; ca = Caraïbes; co = Cocos; eu = Eurasie; in = Inde; jf = Juan de Fuca; na = Amérique du Nord; nz = Nazca; pa = Pacifique; ph = Philippines; sa = Amérique du Sud.

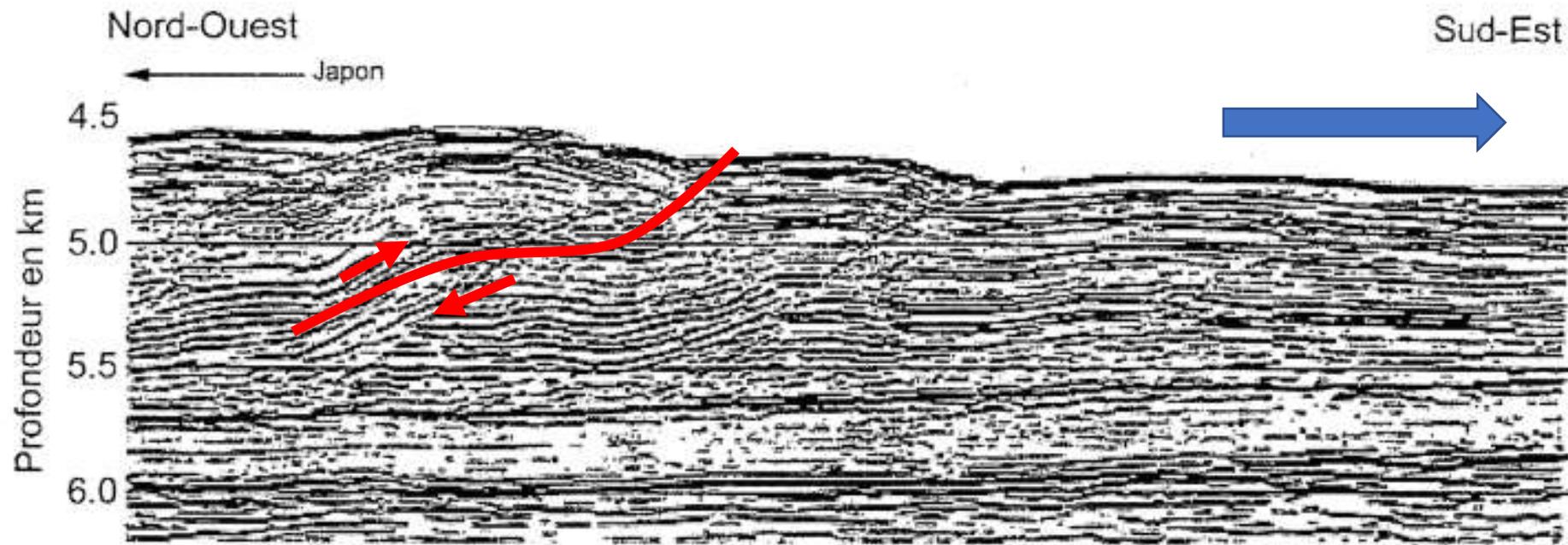
dans Lallemand, 1999



Relation entre vitesse des plaques et pourcentage de leurs frontières en subduction

Signature morphologique
d'une marge active





Profil de sismique réflexion dans la fosse de Nankai (Japon)

La déformation progresse vers le sud

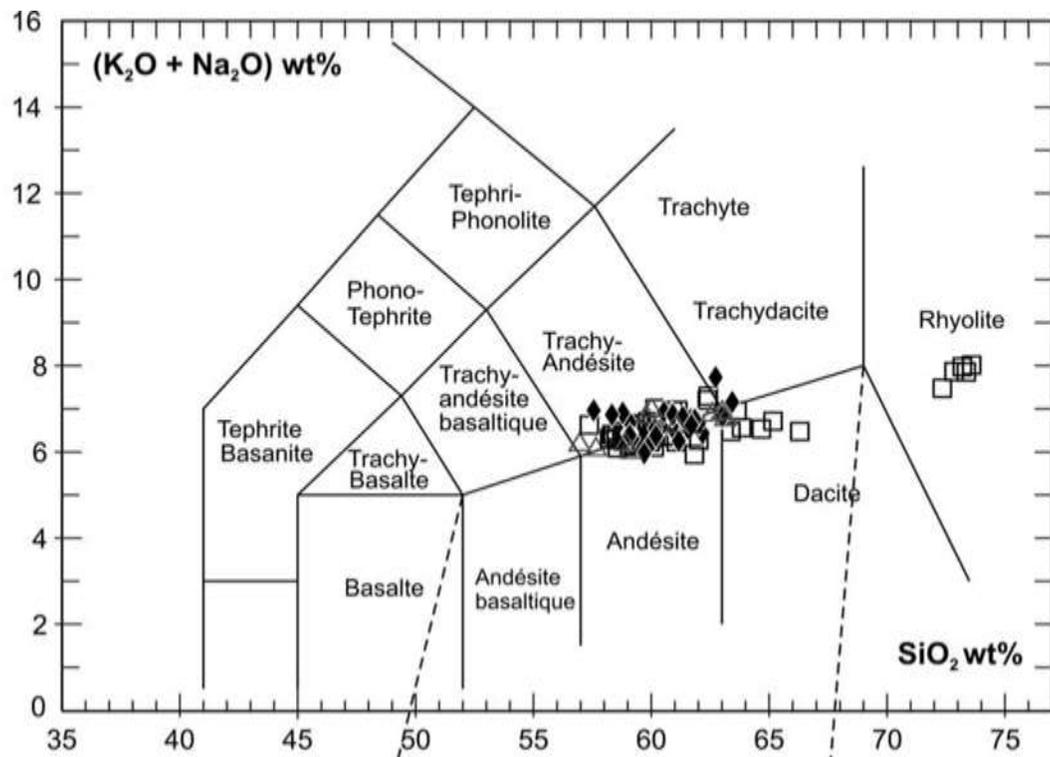


Le Lascar (Chili)

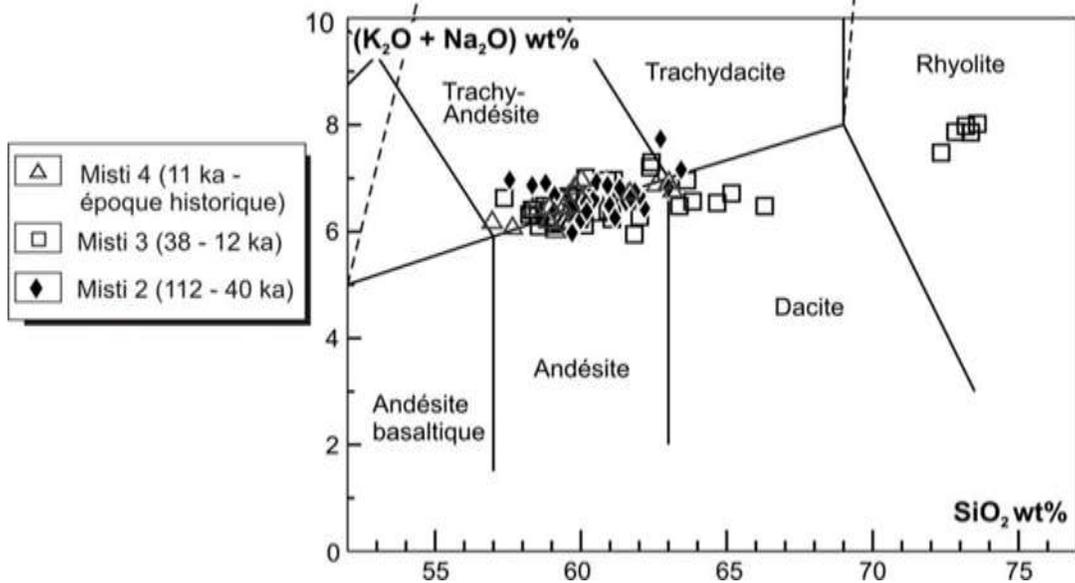


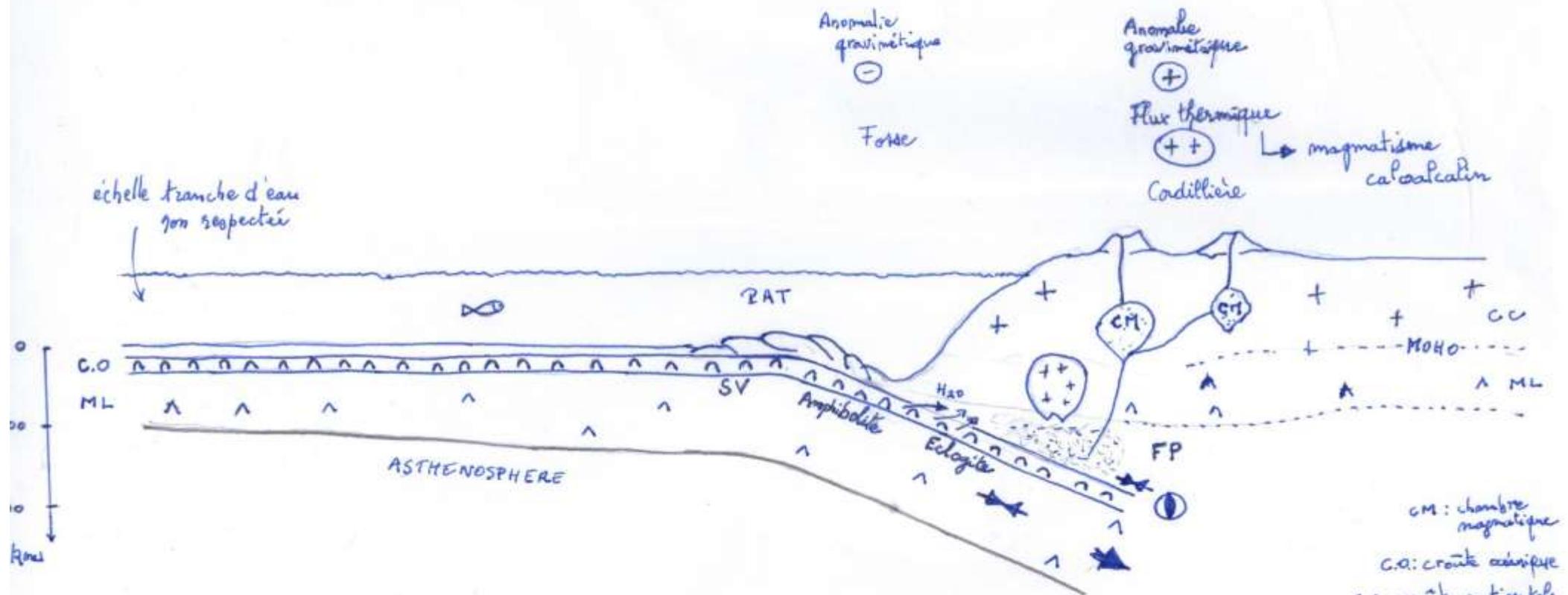
Le Lascar éruption de nuées ardentes
Avril 1993





Le magmatisme des marges actives
La série calco-alcaline





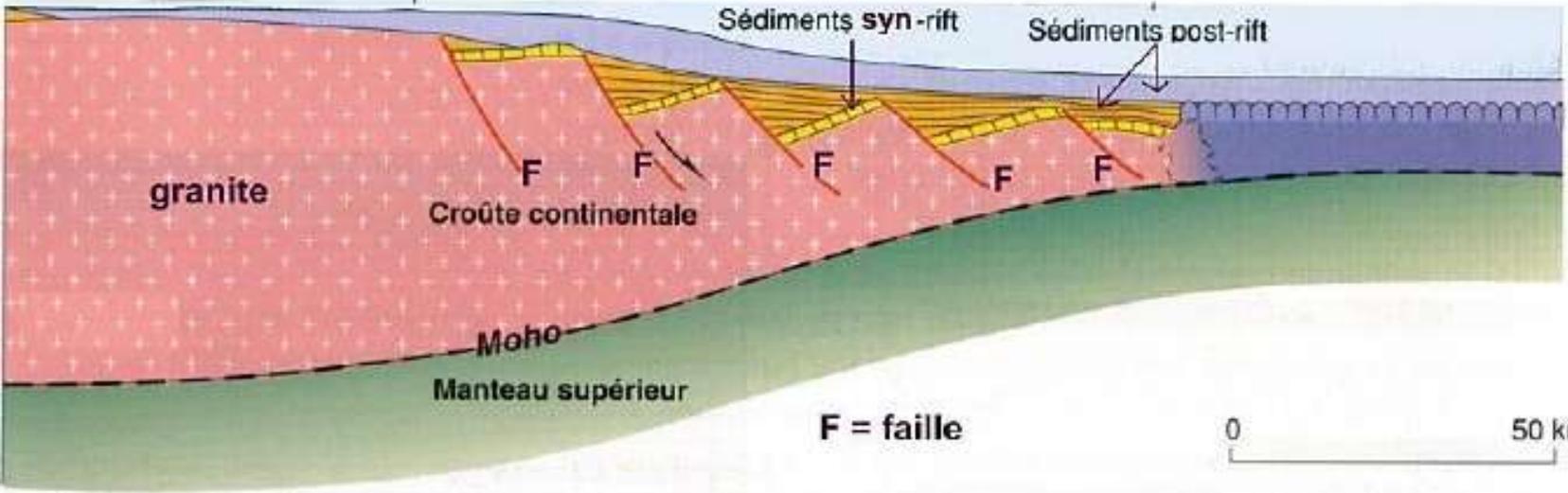
des signatures d'une marge active
(cas d'une subduction compressive)

PAT: prisme d'accrétion tectonique (ou sédimentaire)
plat, rampe, chevauchement

Marge continentale passive de divergence

Océan

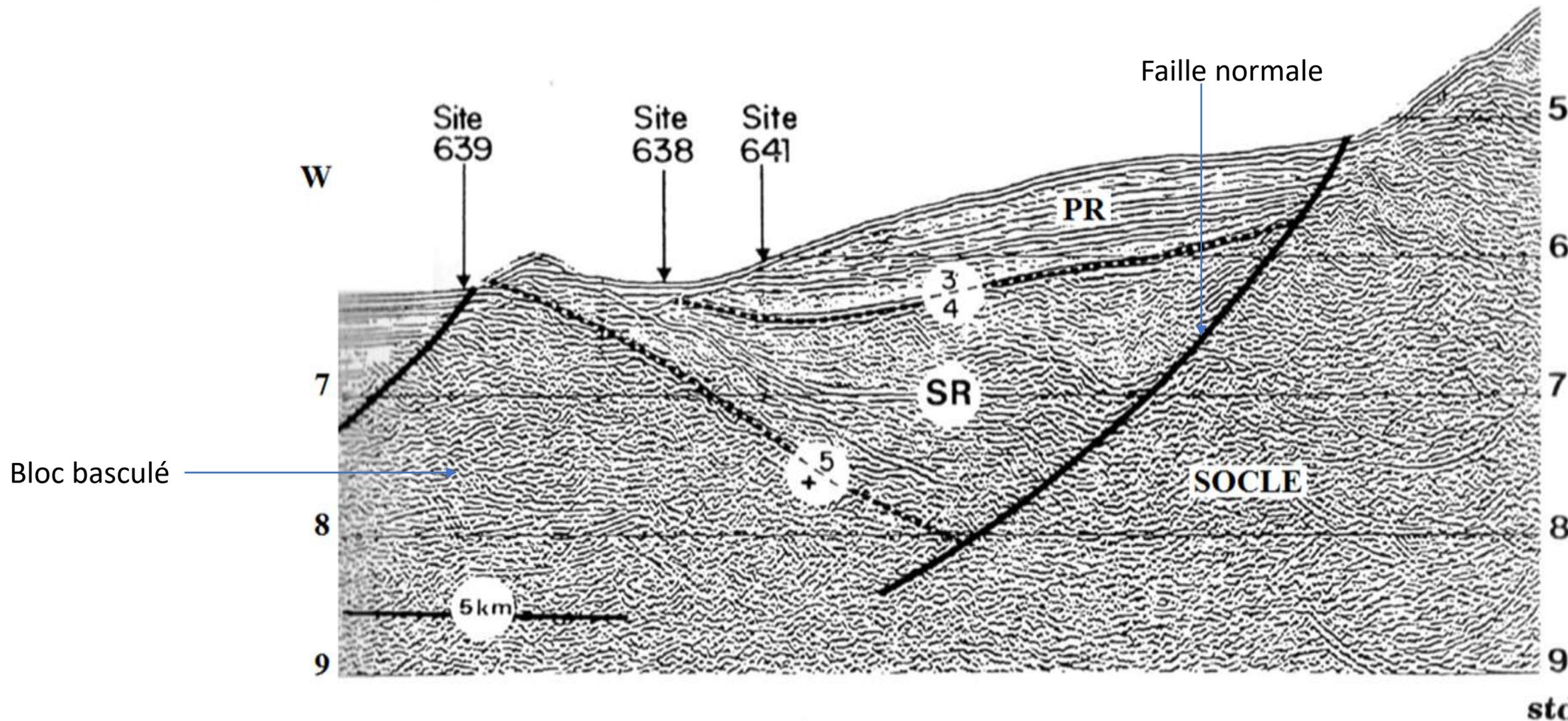
Plateforme continentale A Pente et glacis continentaux B Plaine abyssale



Croûte
océanique

F = faille

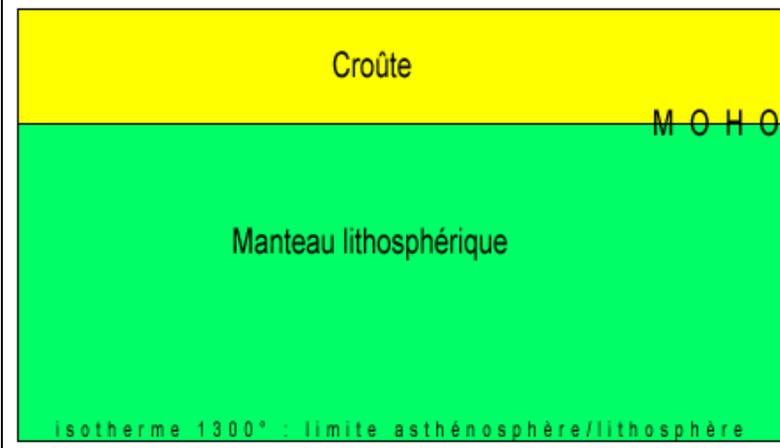
0 50 km



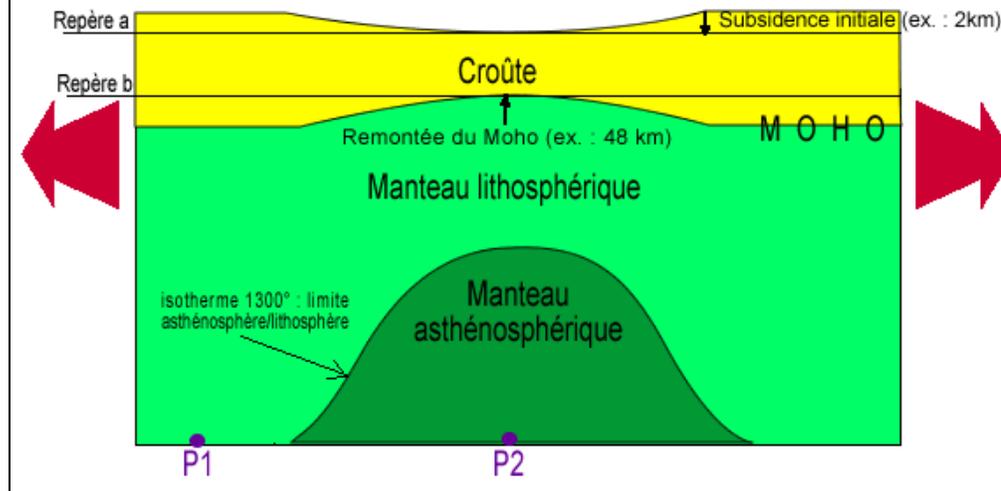
Profil de sismique réflexion en marge de Galice

PR post rift
 SR syn rift

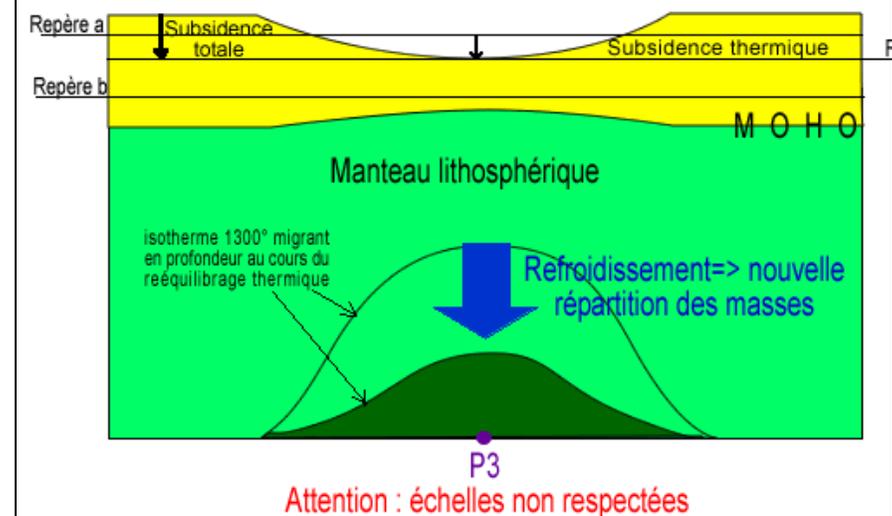
1- Stade initial avant l'étirement mécanique et l'amincissement



2- Phase de subsidence initiale quasi simultanée de l'étirement



3- Phase de subsidence thermique après rééquilibrage thermique



Subsidence initiale et subsidence thermique.

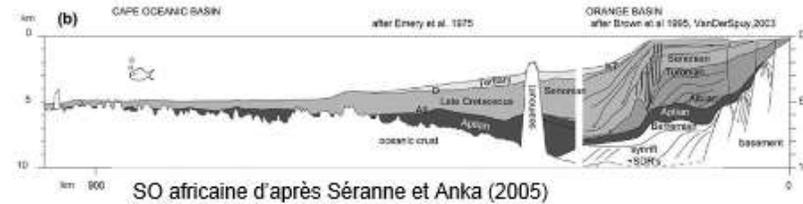
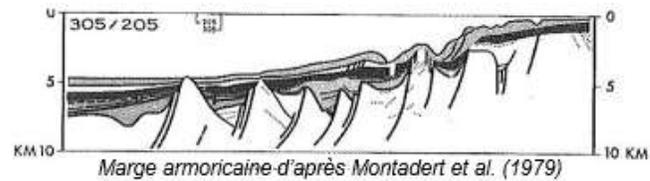
La dénomination de subsidence initiale (ou subsidence tectonique) suivie de subsidence thermique dérive des idées de Mc Kenzie 1978, qui a proposé un **modèle thermique d'amincissement uniforme de la lithosphère.**

(<http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/>)

Différents types de marges continentales passives

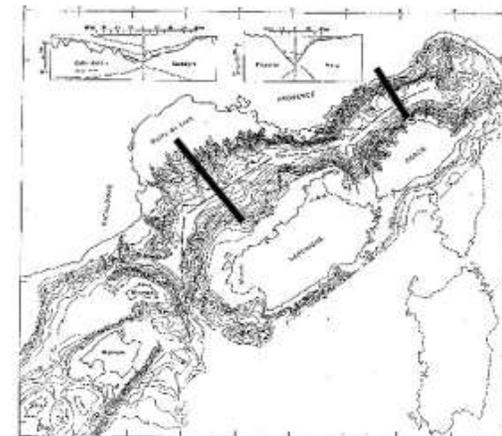
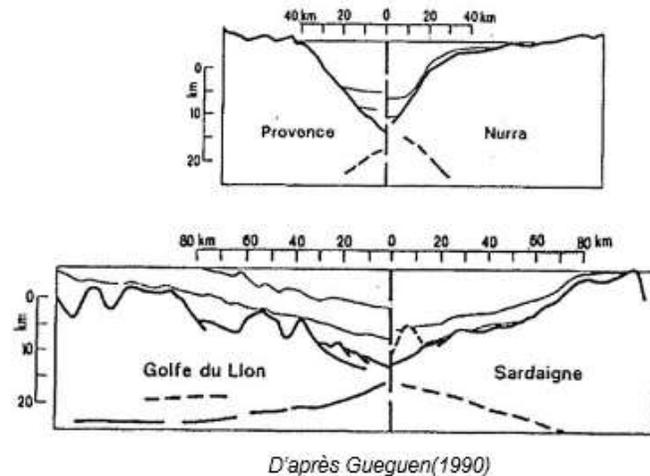
2 types de marges continentales passives en fonction de la **quantité de sédiments déposés**

- **Marges maigres** (ex: Marge armoricaine du Golfe de Gascogne)
- **Marges nourries** (ex: Marge du Golfe du Lion, Marge du Gabon)



2 types de marges continentales passives en fonction de la **largeur de l'amincissement crustal**

- **Marge étroite** (< 50km): ex: Marge de Provence
- **Marge large** (> 100km) : ex: Golfe du Lion



Reconstruction cinématique (Gueguen, 1990)

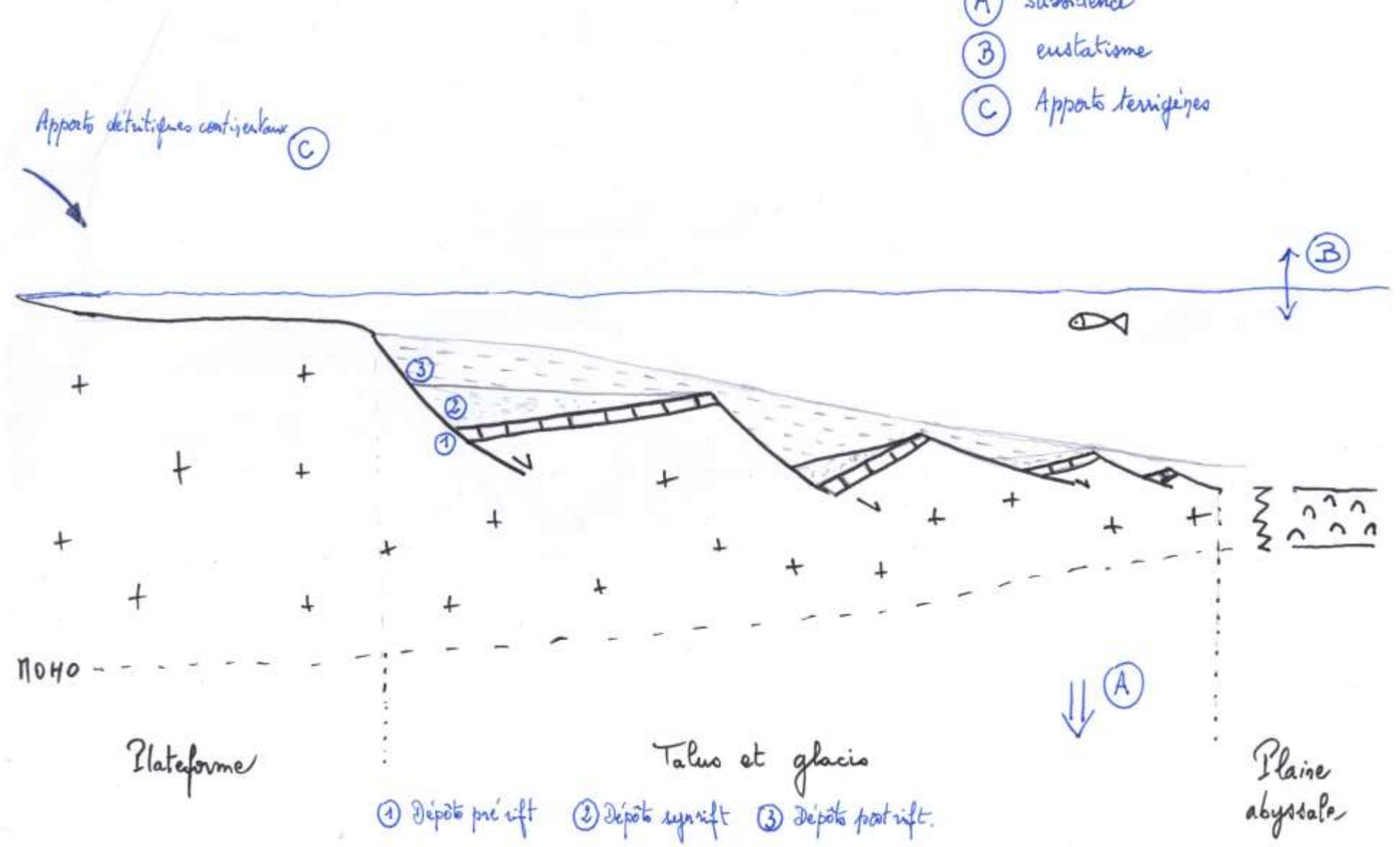
Fermeture du bassin liguro-provençal

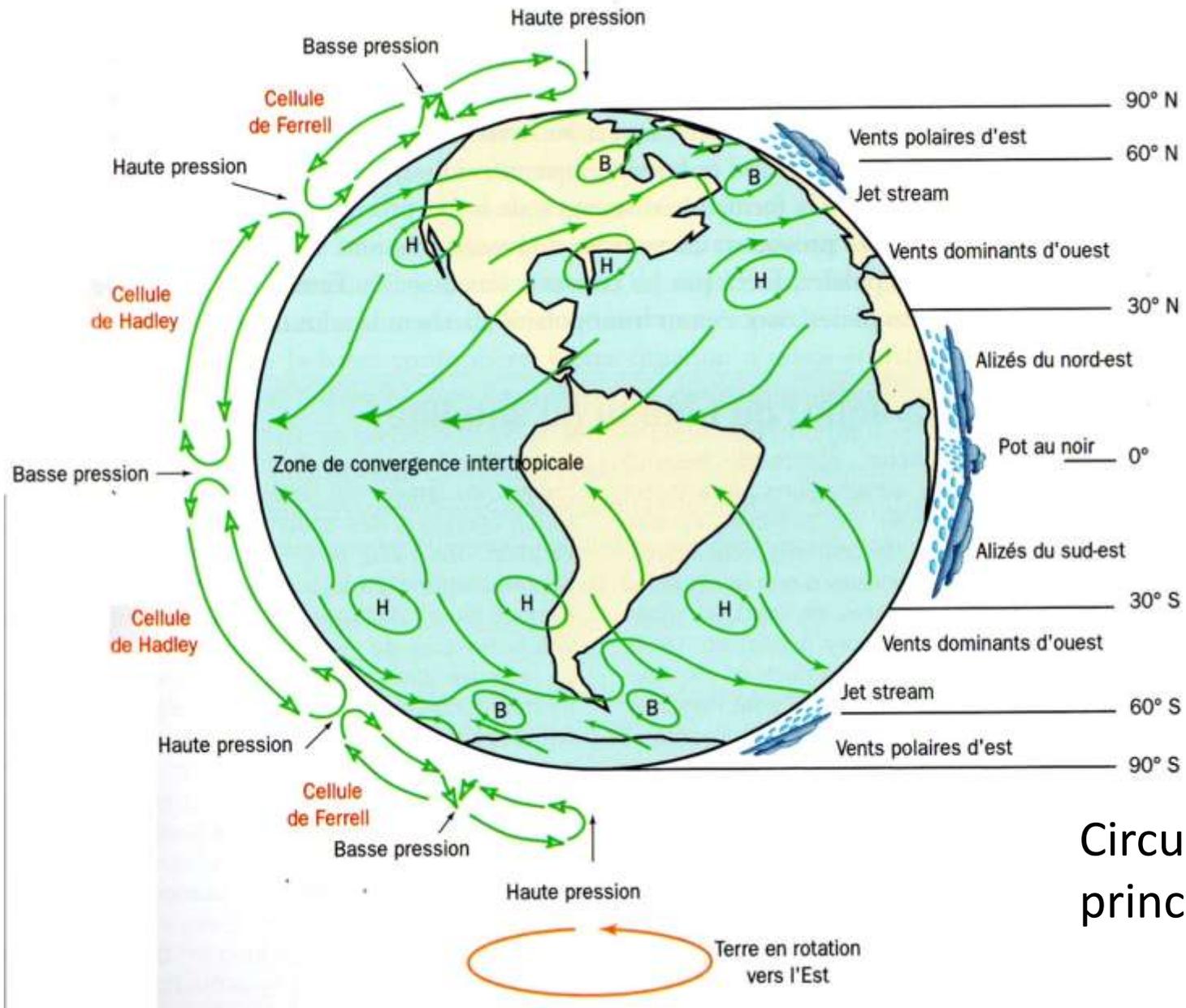
<https://www.univ-orleans.fr>

des caractéristiques des marges passives

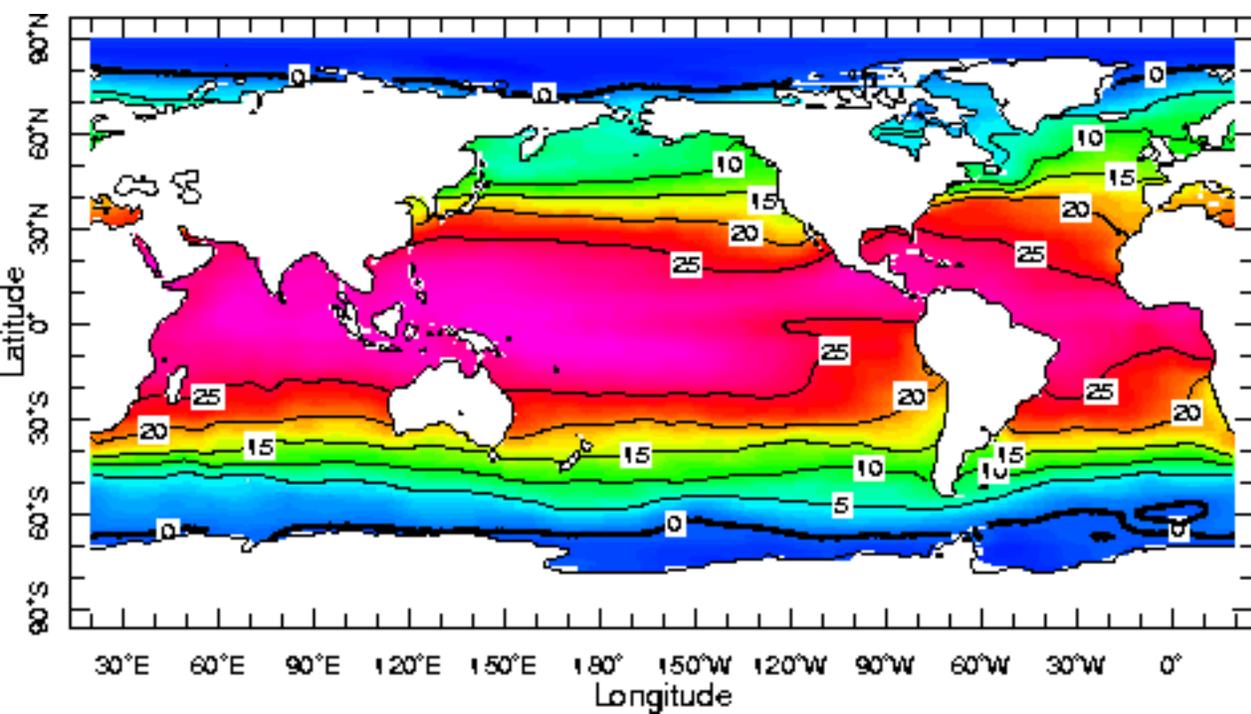
Volume disponible pour les sédiments contrôlé par

- (A) subsidence
- (B) eustatisme
- (C) Apports terrigènes

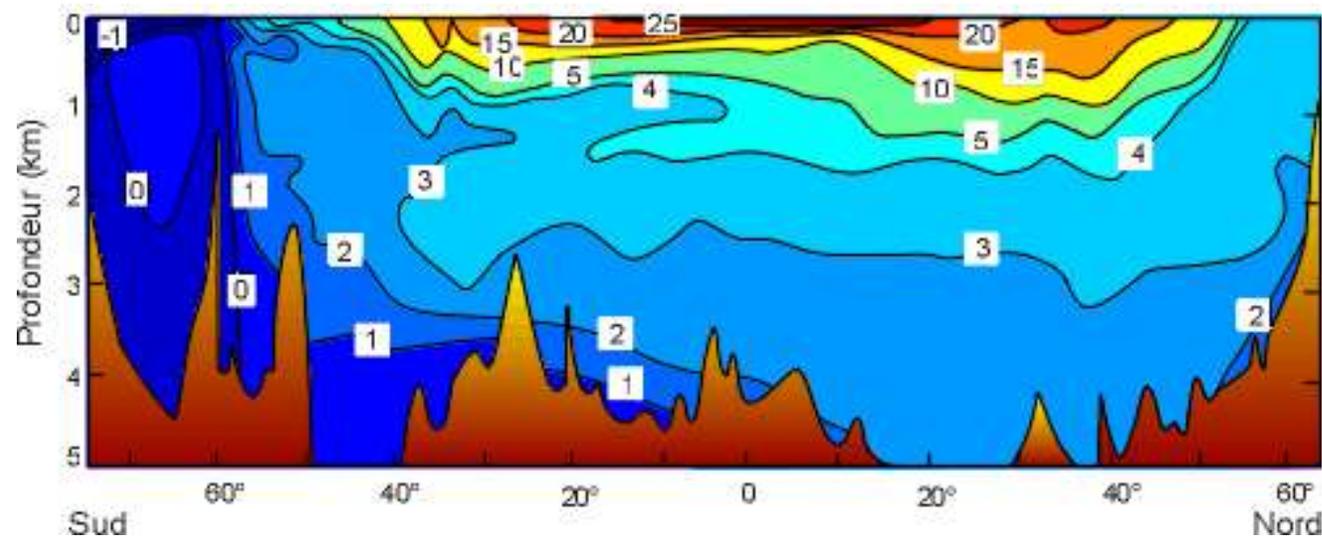




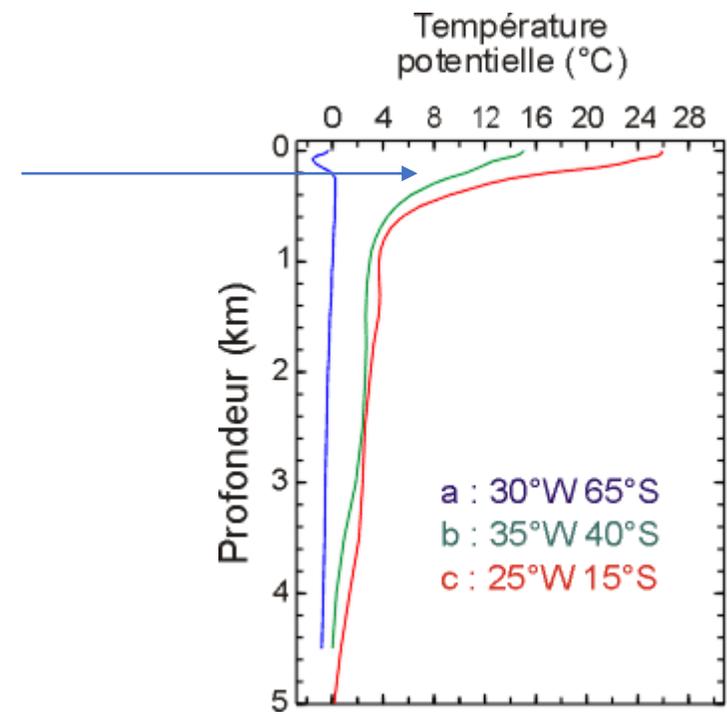
Circulation atmosphérique globale et principaux vents

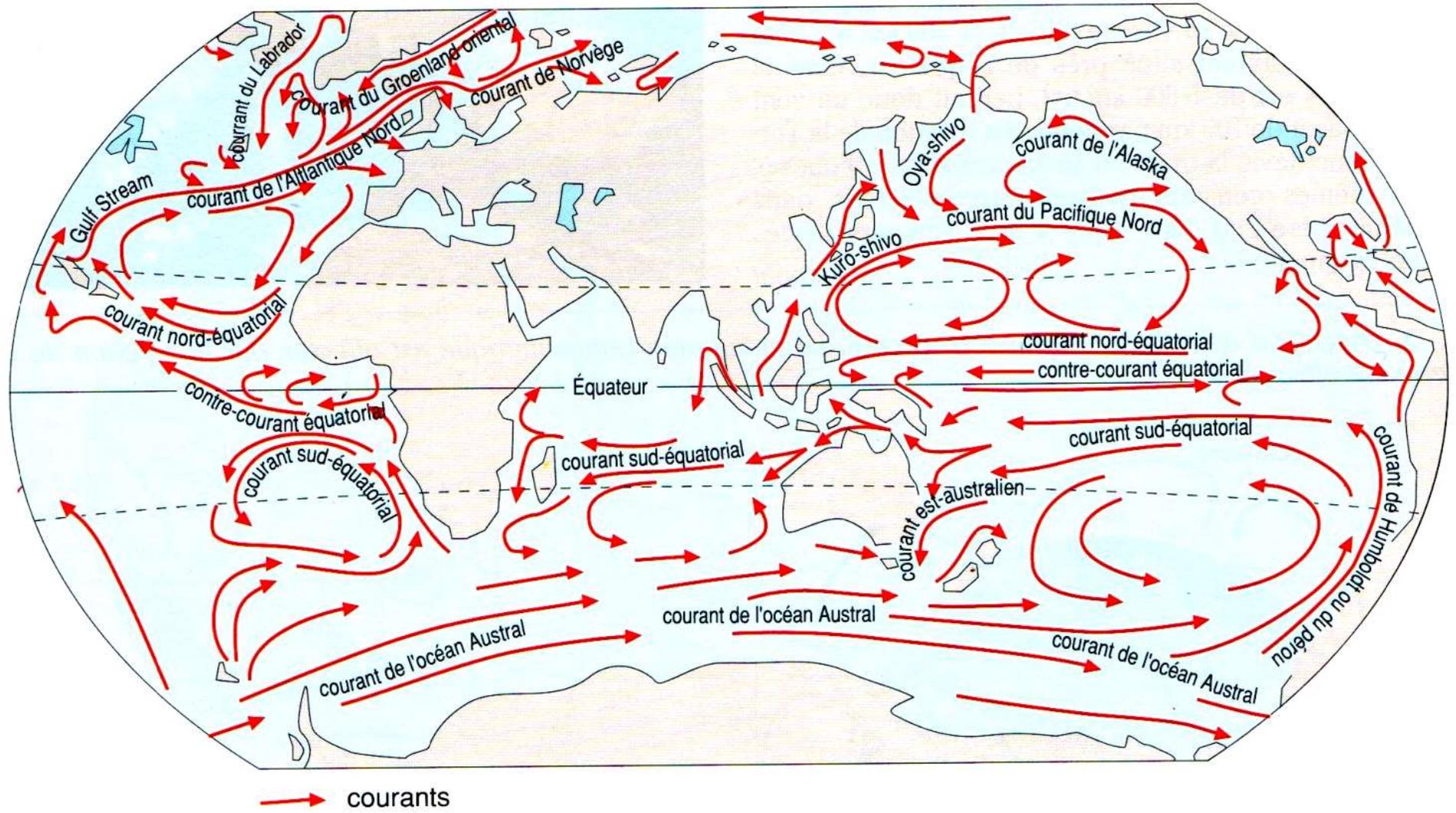


Répartition latitudinale des températures à la surface des océans



Exemple de distribution verticale de températures (en °C) à l'ouest de l'océan Atlantique.

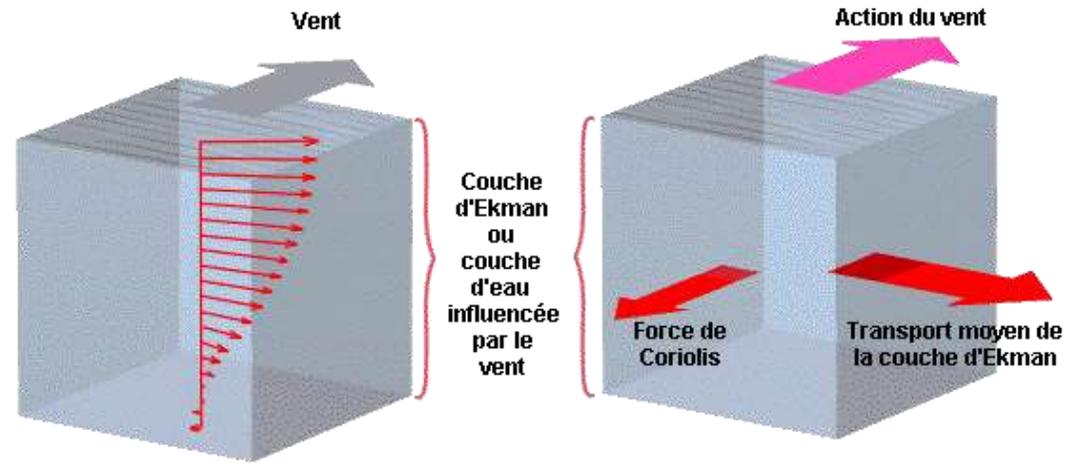




Carte des courants océaniques.

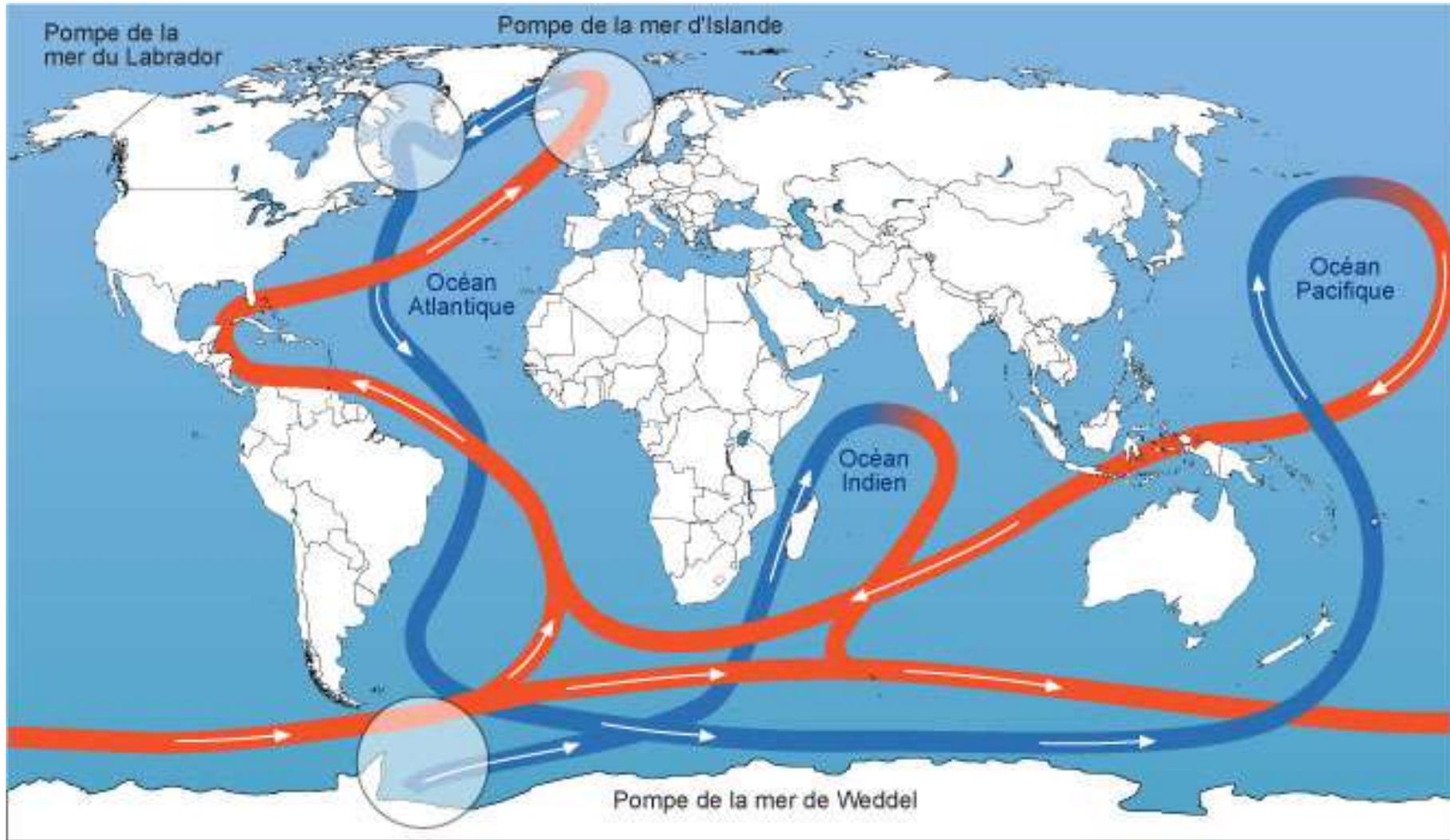


Direction des vents et des courants marins



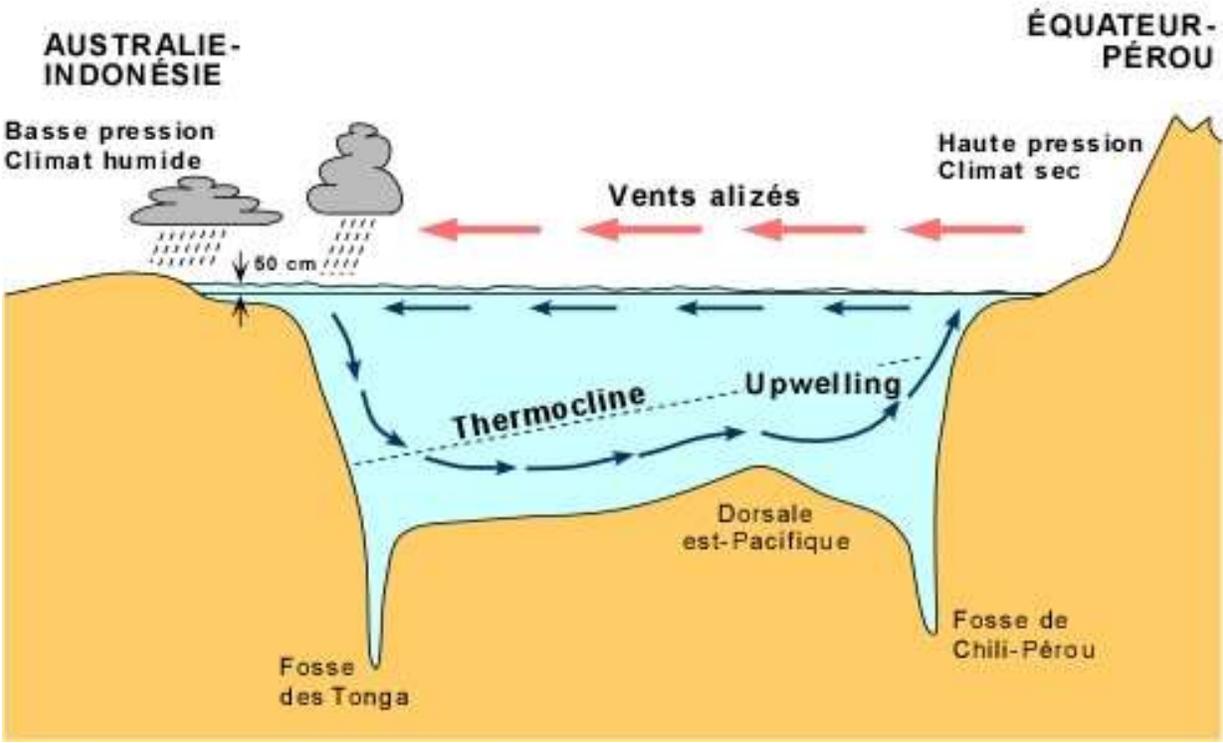
Les vecteurs représentent à chaque profondeur la vitesse, la direction et le sens du courant.

Modèle et spirale d'Ekman (dans la réalité, La direction du courant est déviée de 45° environ plutôt que 90°)

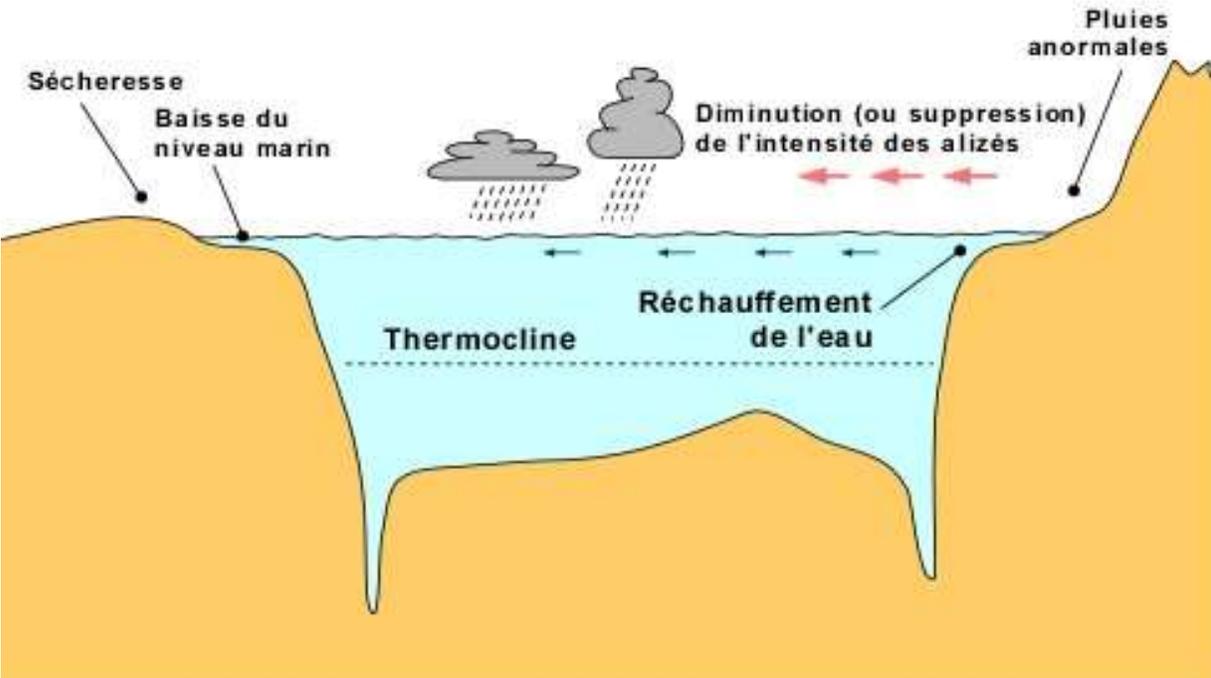


Circulation thermohaline et ses « pompes »

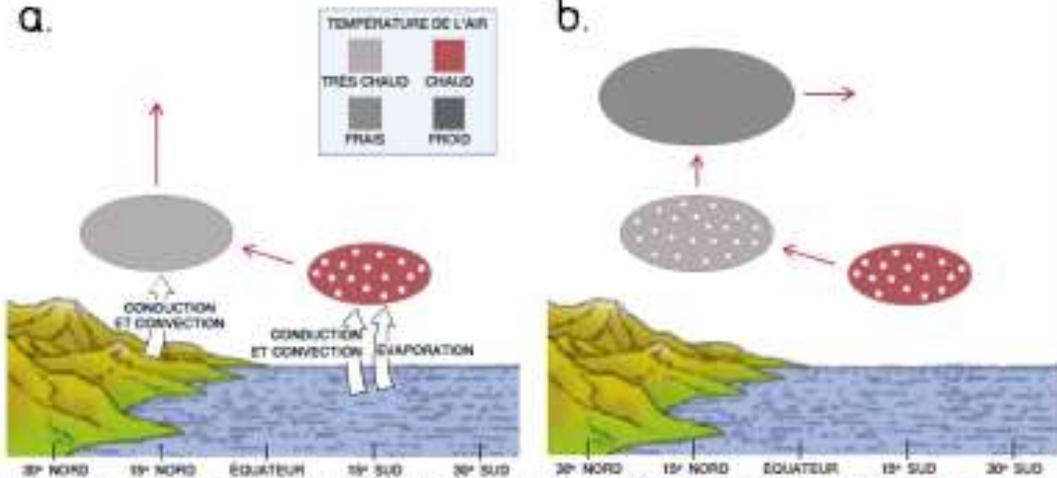
Sans l'effet El Nino



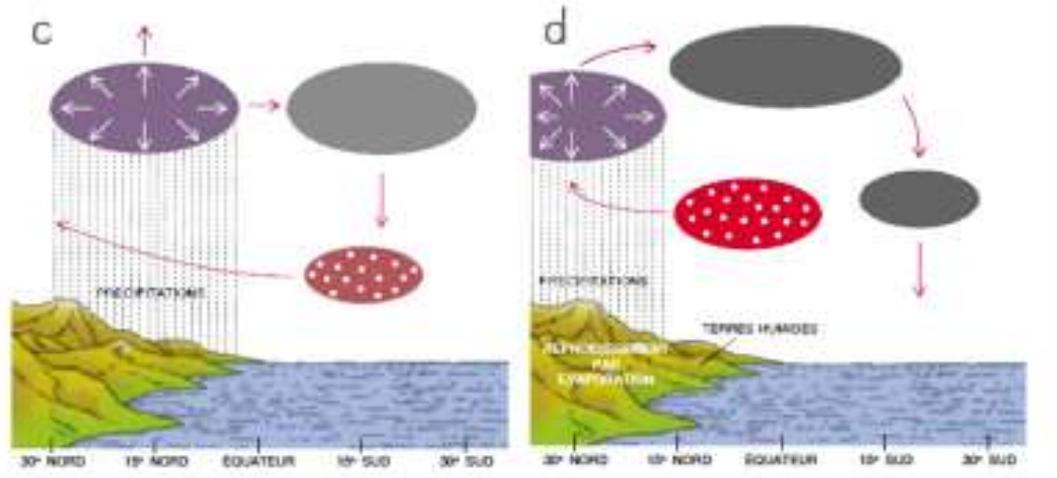
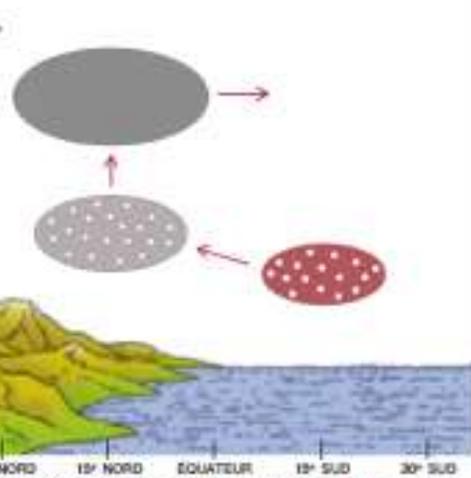
Avec l'effet El Nino



[El Nino en 2 min](#)



La mousson d'été résulte de l'interaction entre l'humidité et le vent. La terre et l'océan, réchauffés par le rayonnement solaire réchauffent à leur tour, par conduction, l'air sus-jacent qui s'élève et se détend (en a). L'air se réchauffe plus vite sur terre que sur l'océan ; cet air moins dense s'élève et est remplacé dans les basses couches par l'air plus dense venant de l'océan et porteur de l'humidité marine (en b). Cette humidité stocke l'énergie solaire sous forme de chaleur latente (points blancs).



Cet air humide parvient au dessus de la terre, il s'élève à son tour ; sa vapeur d'eau se condense et libère de la chaleur latente (en c). Cet apport thermique entraîne une détente de l'air, un renforcement des mouvements ascendants et une baisse de pression atmosphérique ; cette dernière renforce les vents et intensifie le flux de mousson. Les pluies refroidissent le sol ; par conséquent, la zone de réchauffement maximal pénètre à l'intérieur des terres, suivie par la zone de précipitations maximales (en d)

Un exemple de couplage océan troposphère:
La mousson