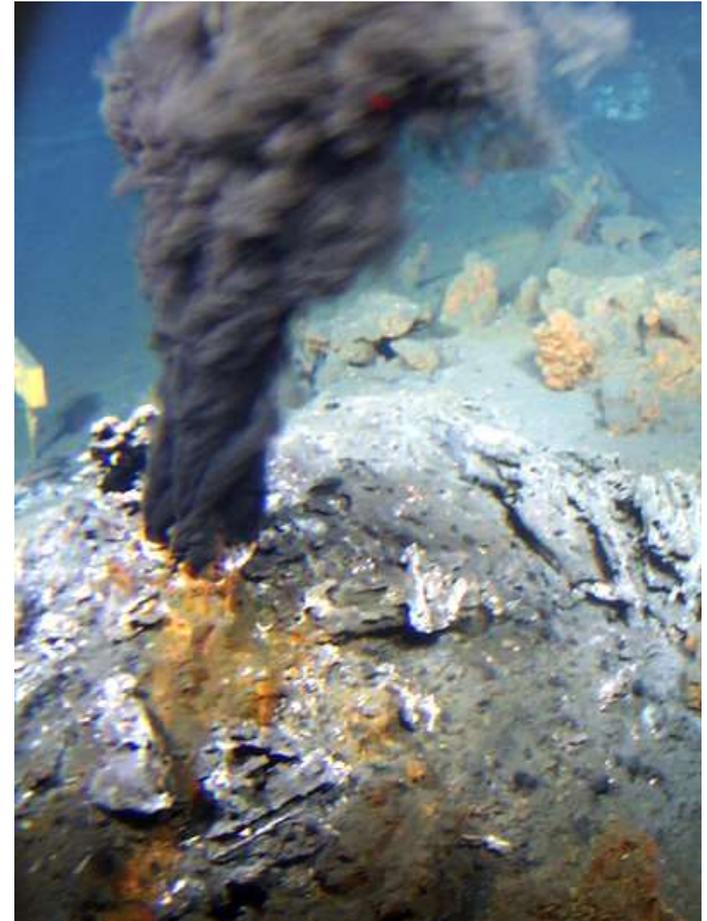


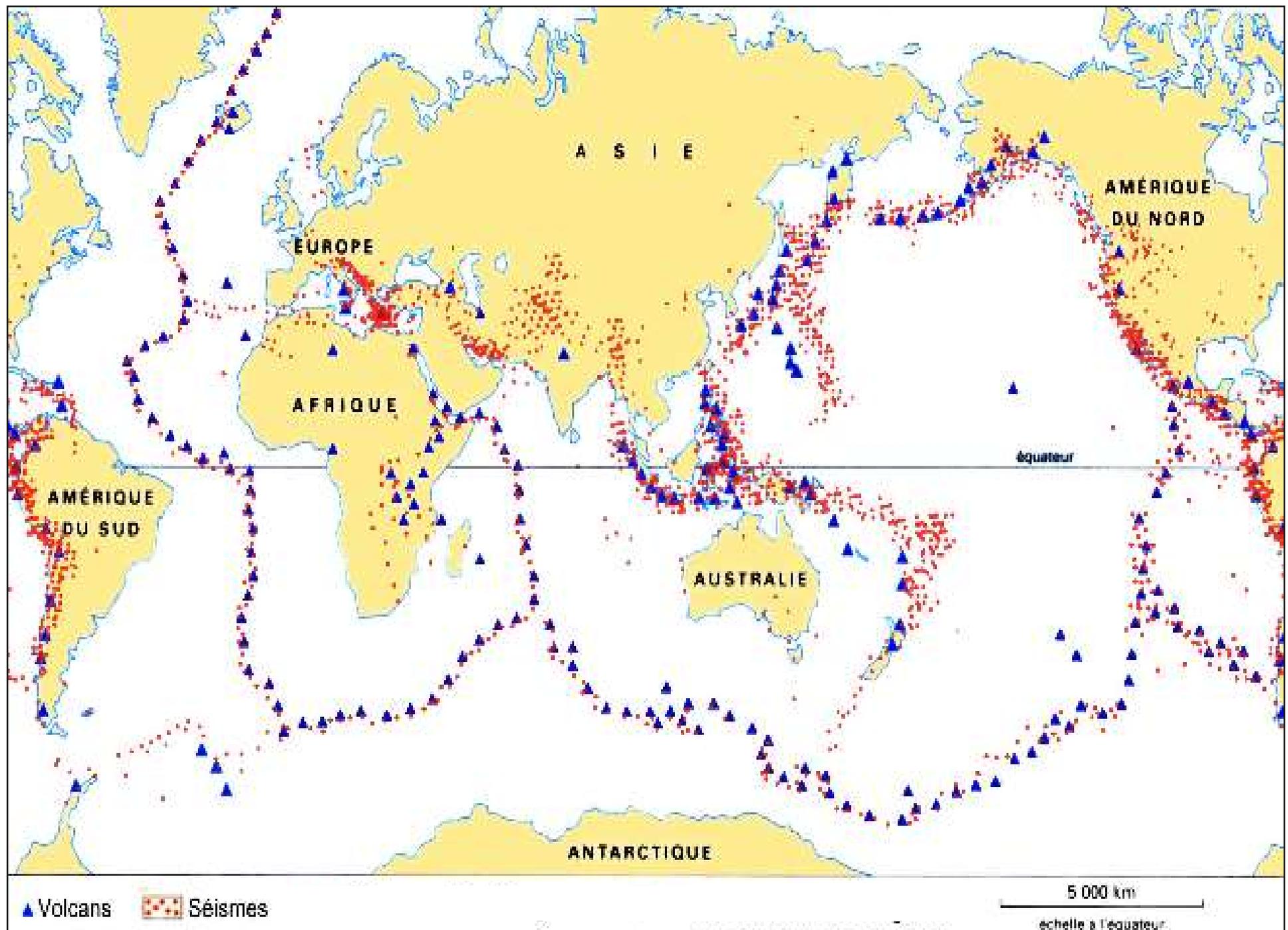
# Chapitre ST - C

## La dynamique des enveloppes internes



Piton de la  
Fournaise  
(Réunion)  
22/12/2021





**Document 1. Répartition des séismes et des volcans en activité.**



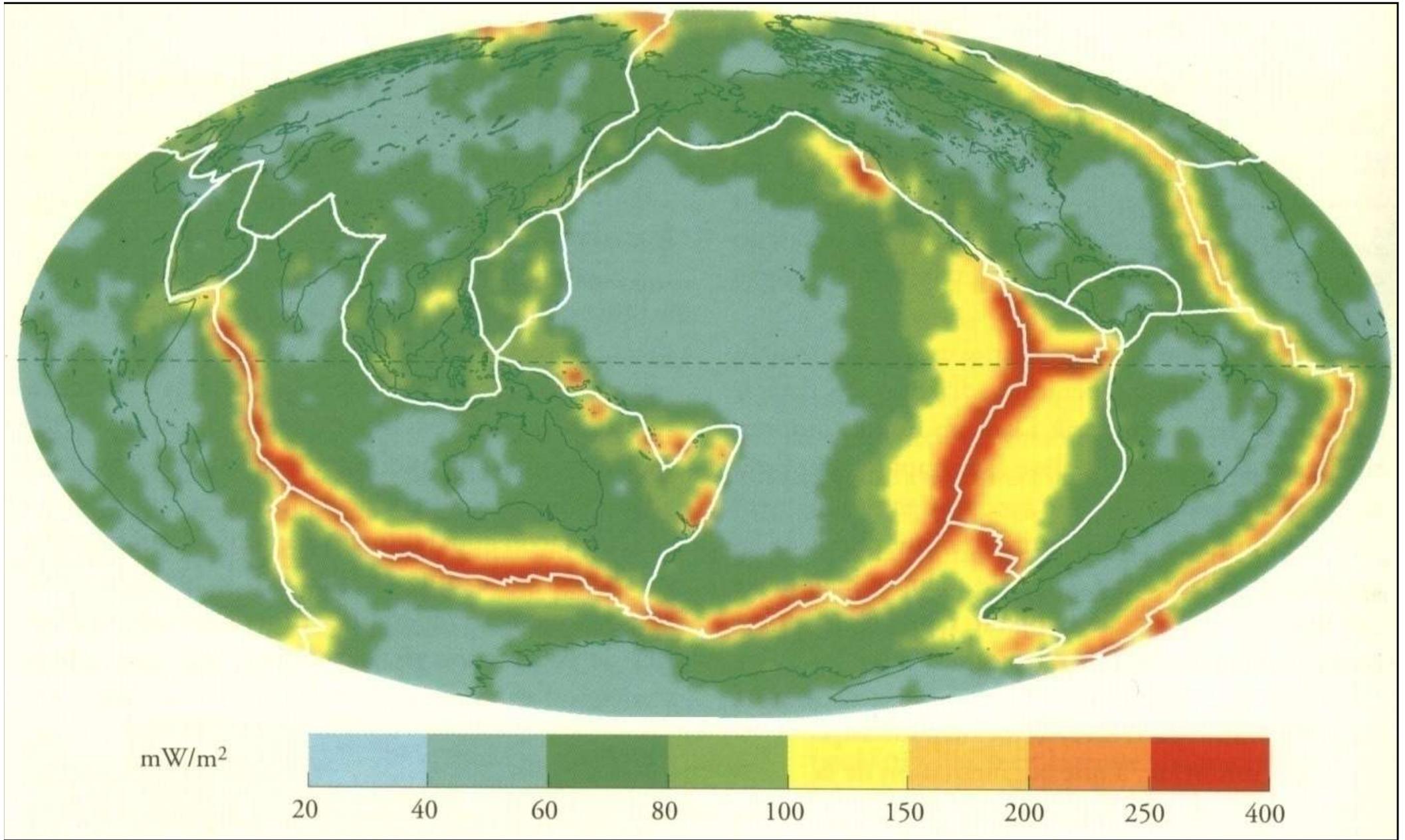
## Les Andes

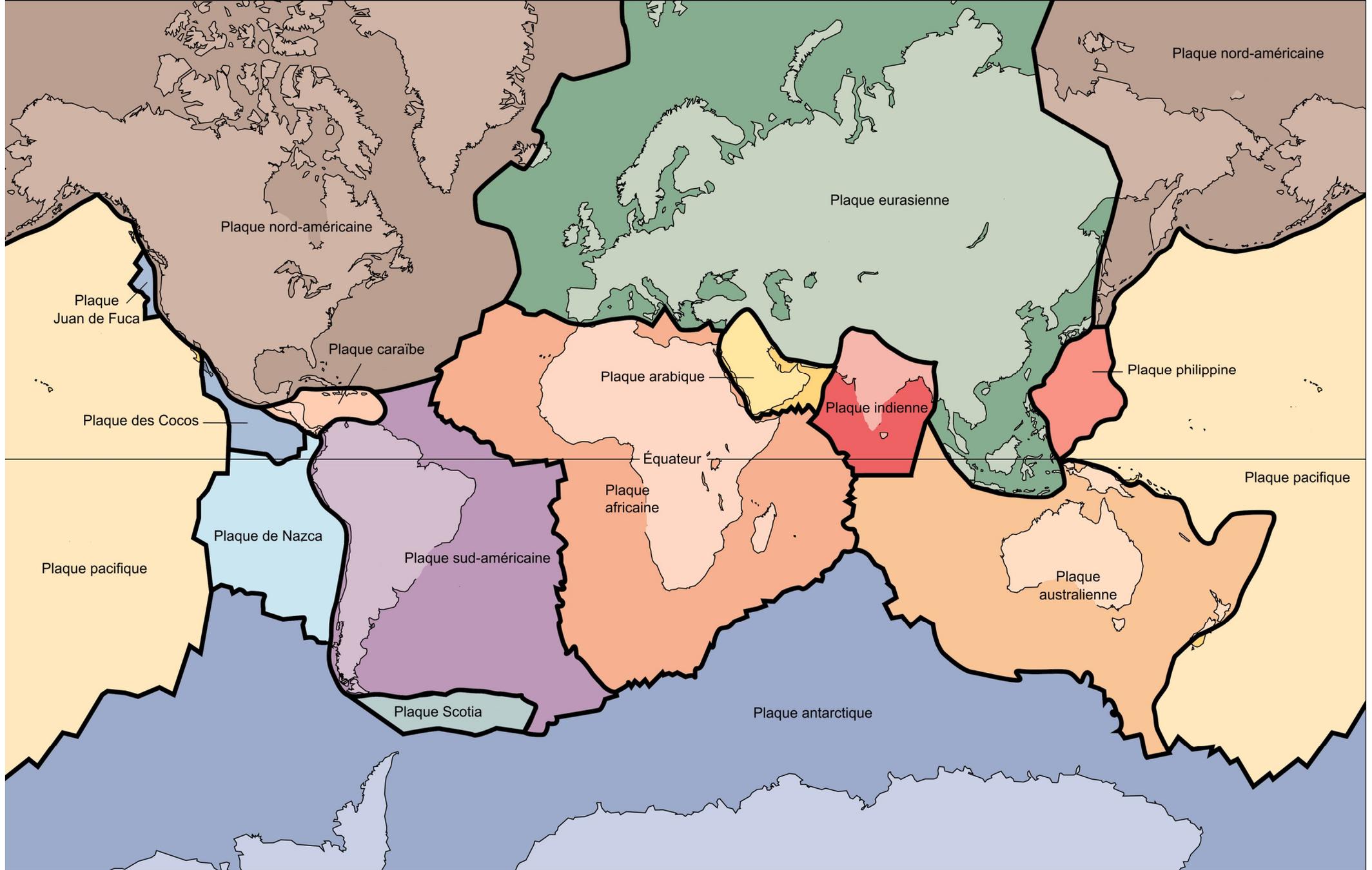
Le volcan Chimborazo (Equateur)



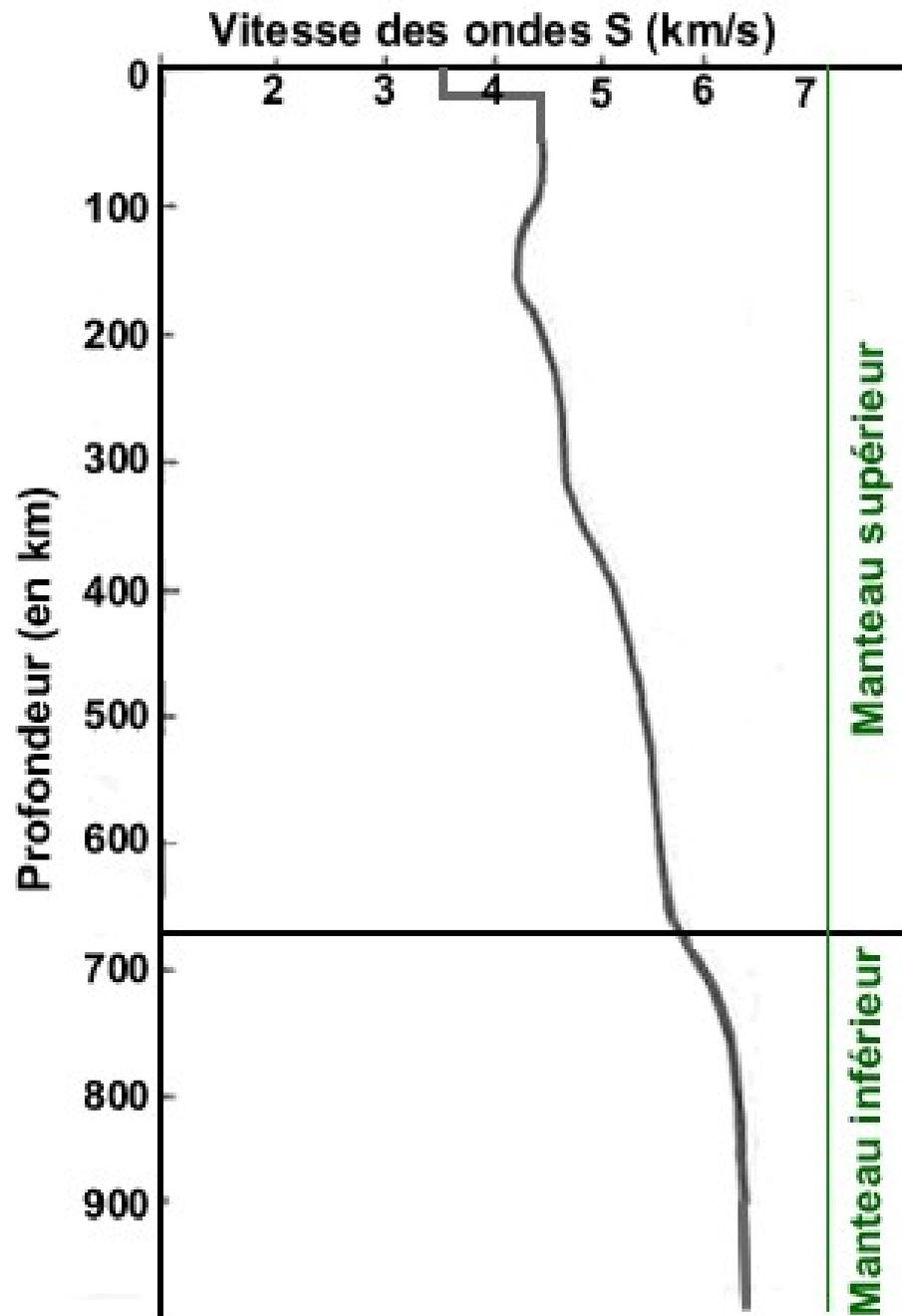
# Document 8. ANOMALIES THERMIQUES

## CARTE MONDIALE DU FLUX THERMIQUE





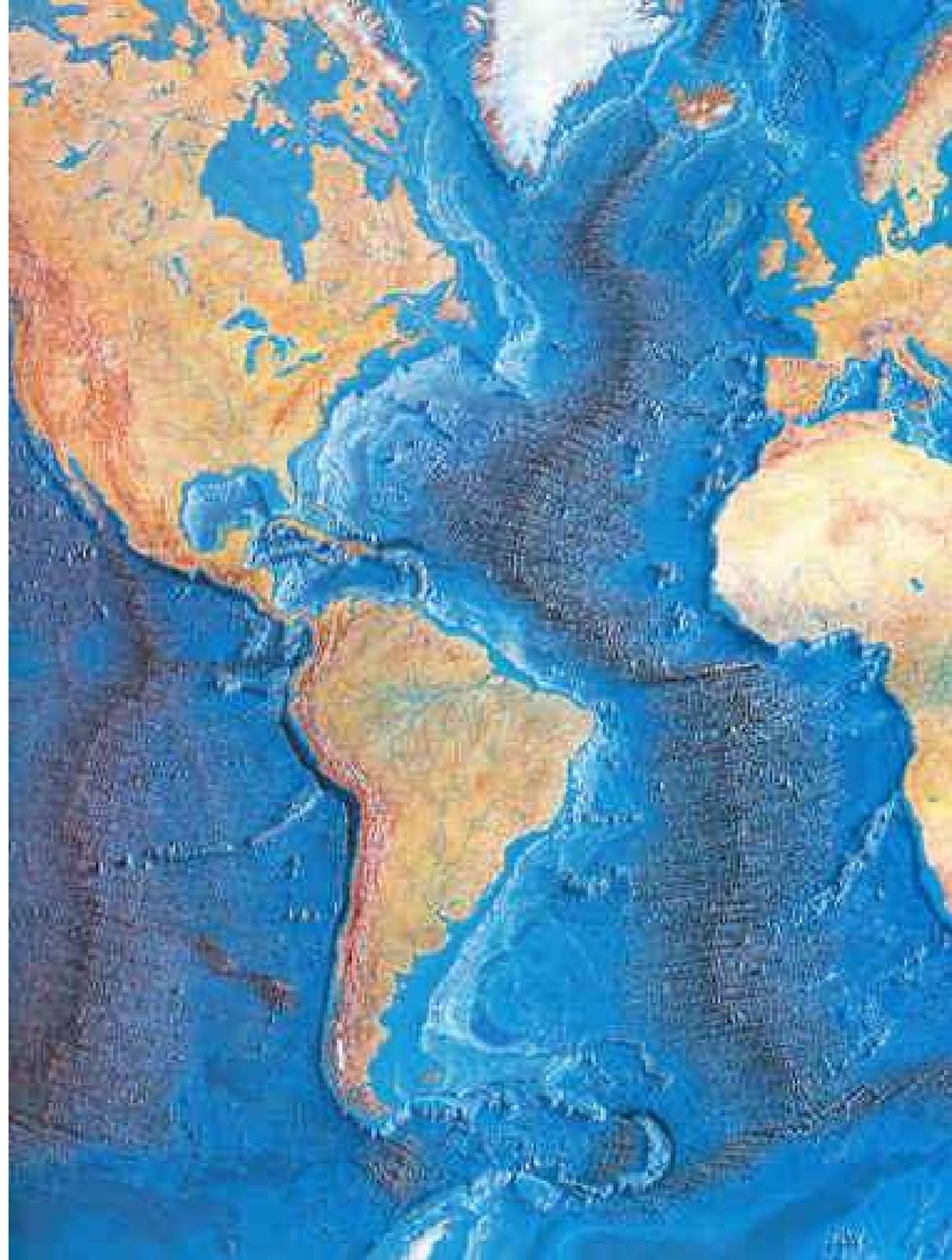
## Document 2. Les principales plaques lithosphériques.

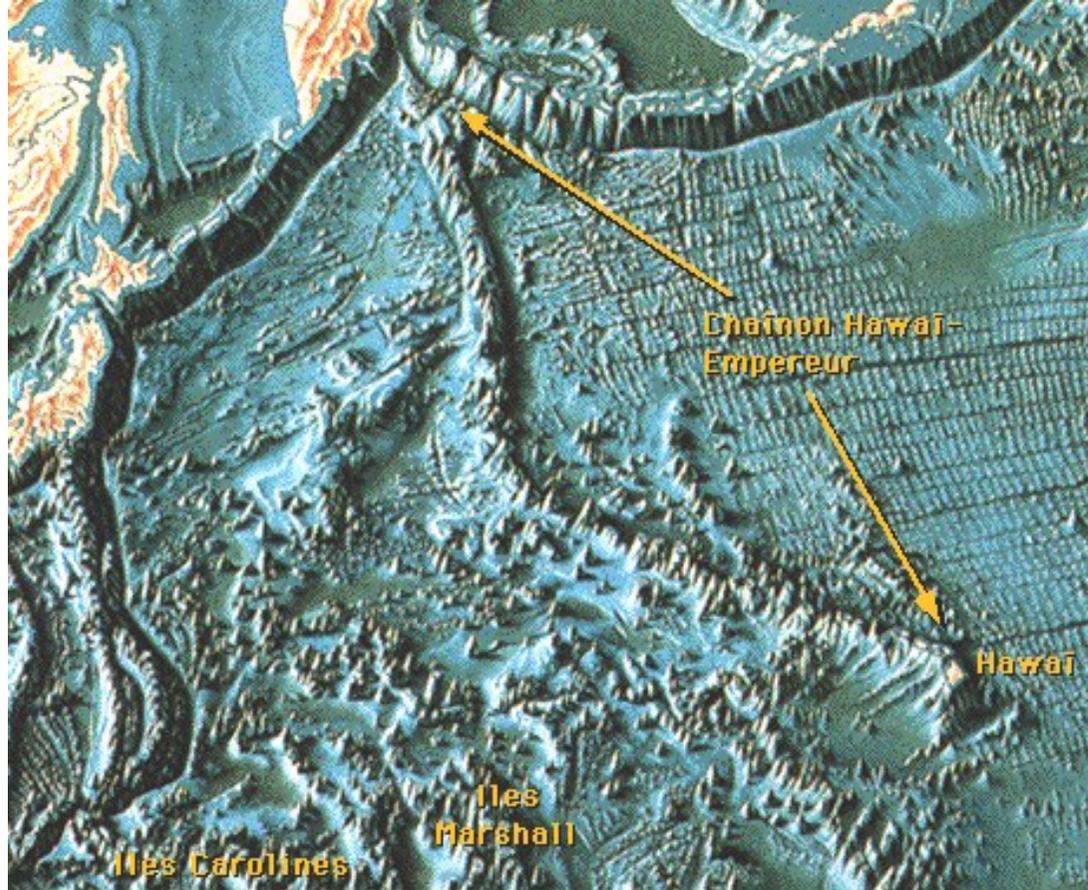


## Vitesse des ondes S en fonction de profondeur et limite inférieure de la lithosphère

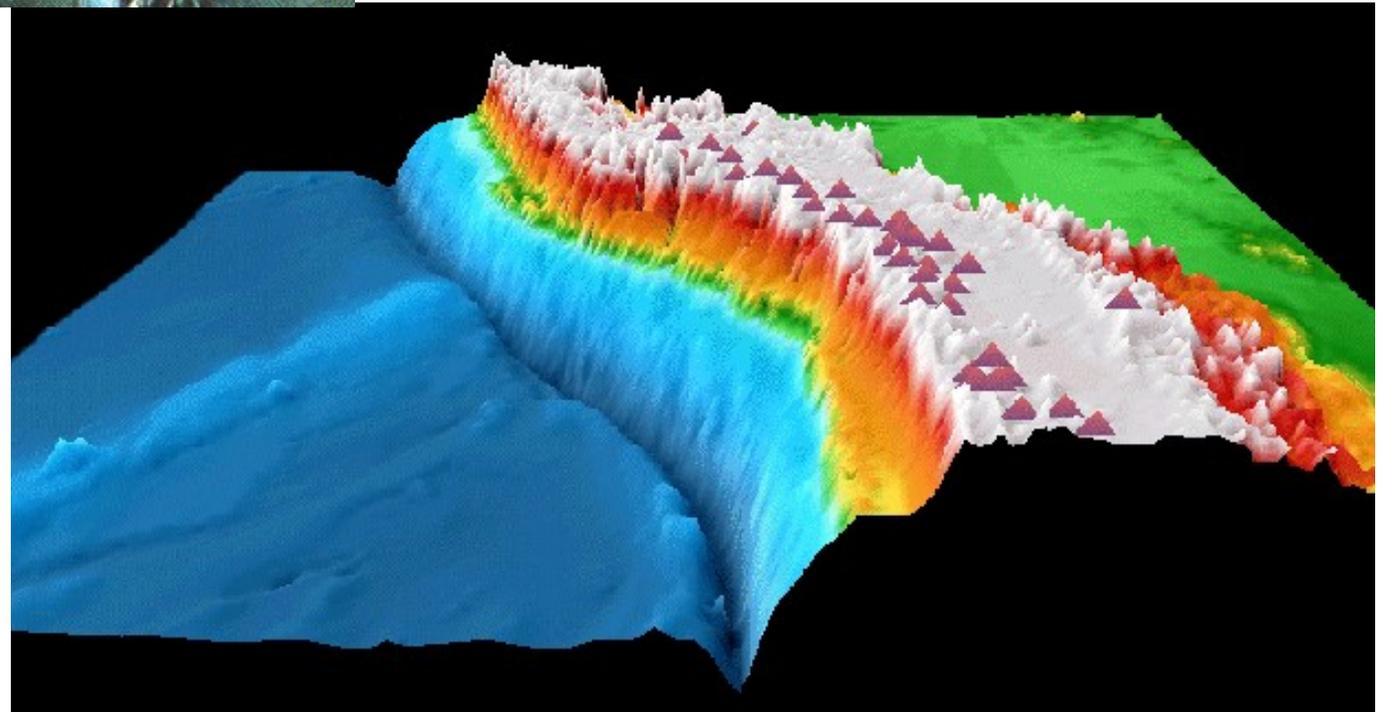
(d'après <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre>)

Les dorsales,  
des frontières  
de plaques





Les fosses océaniques,  
des frontières de plaques





Les chaînes de collision, des frontières de plaques :  
L'Himalaya (Inde en haut à droite de l'image)



Photographie : Pierre Thomas

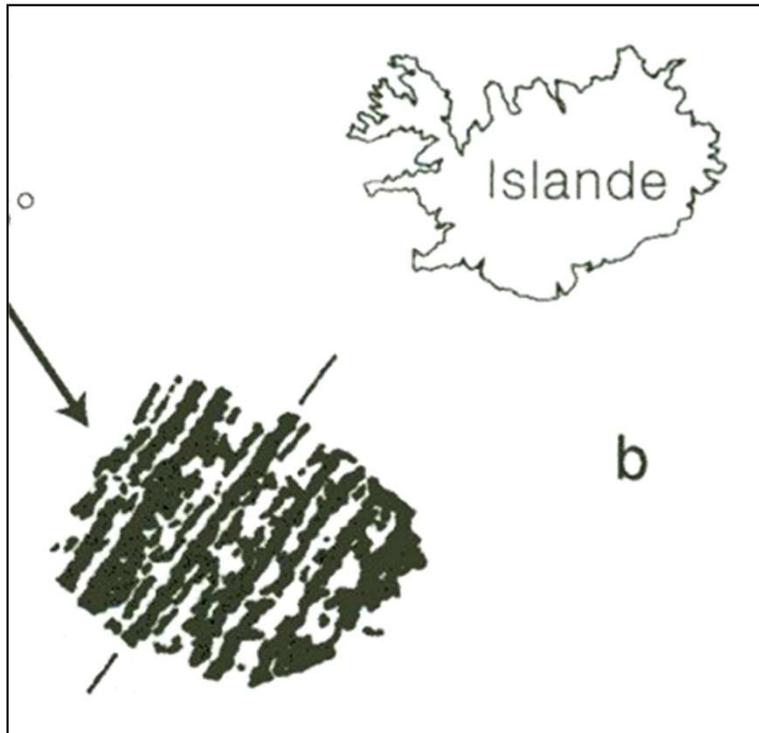
La faille traverse la photo de gauche à droite. La photo est prise en direction du Sud-Ouest. Au premier plan, la plaque nord-américaine. Au deuxième plan, la plaque Pacifique.

[www.cdf.u-3mrs.fr/~lepichon/2005cours1.pdf](http://www.cdf.u-3mrs.fr/~lepichon/2005cours1.pdf)

## Les failles transformantes, des frontières de plaques

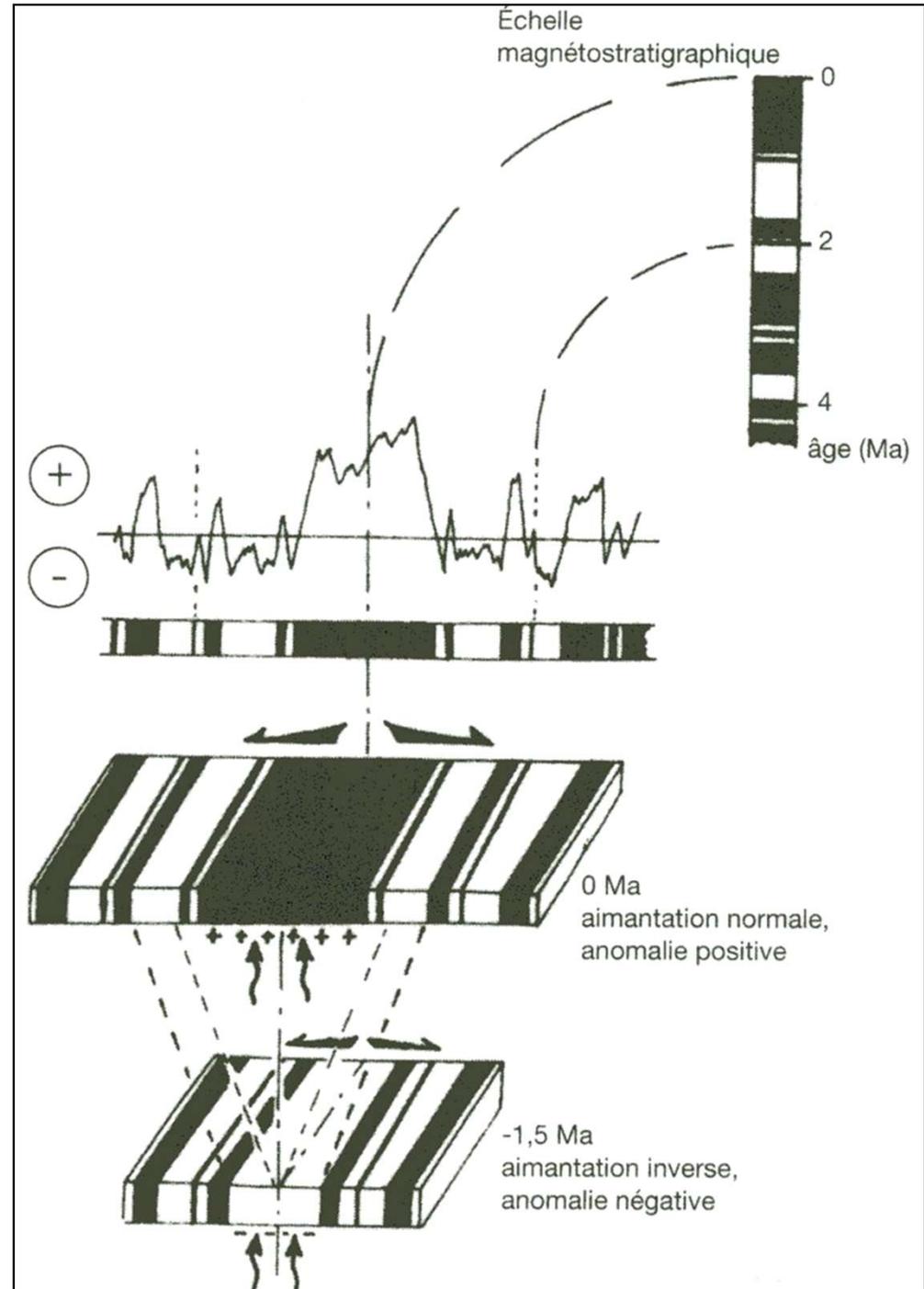


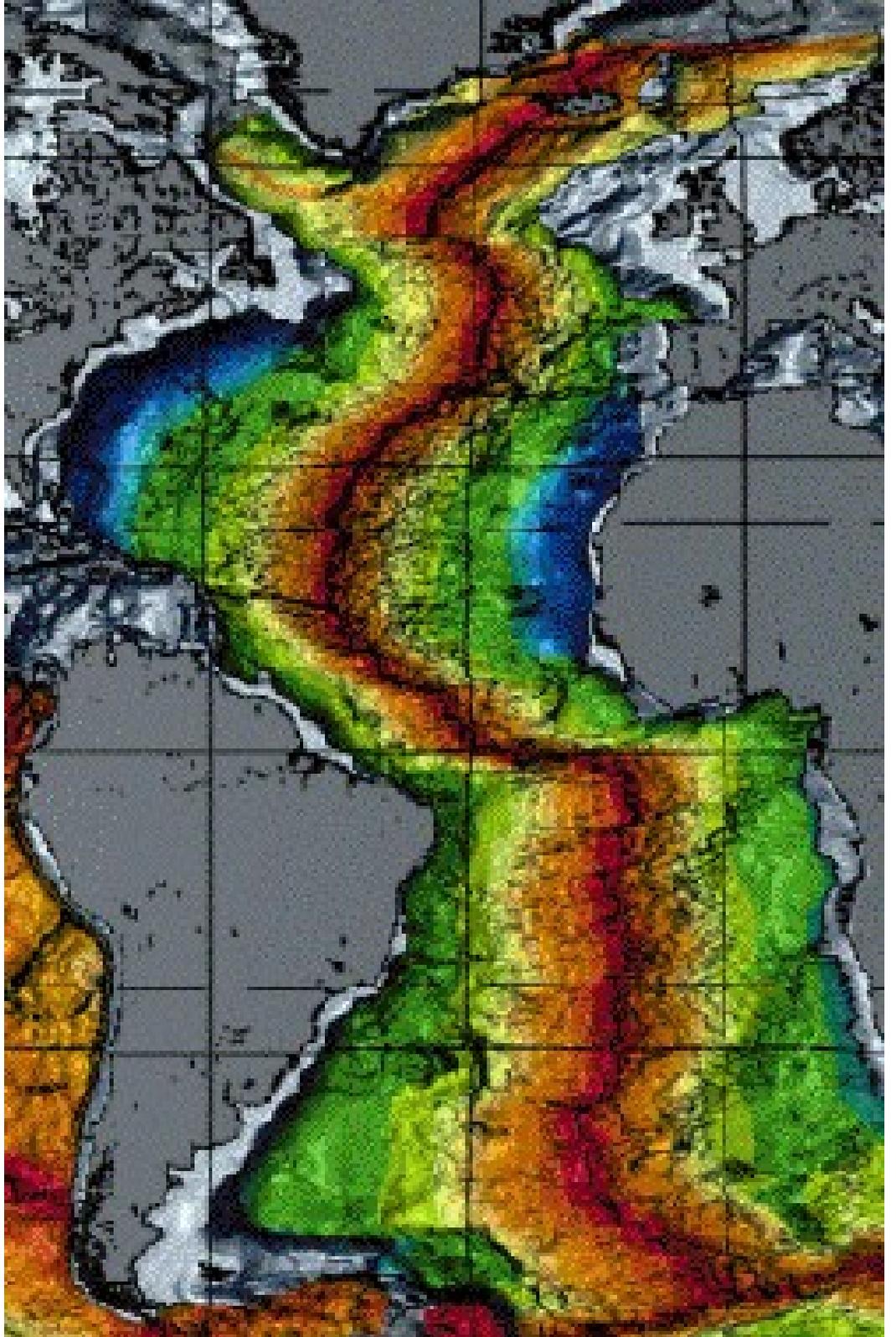
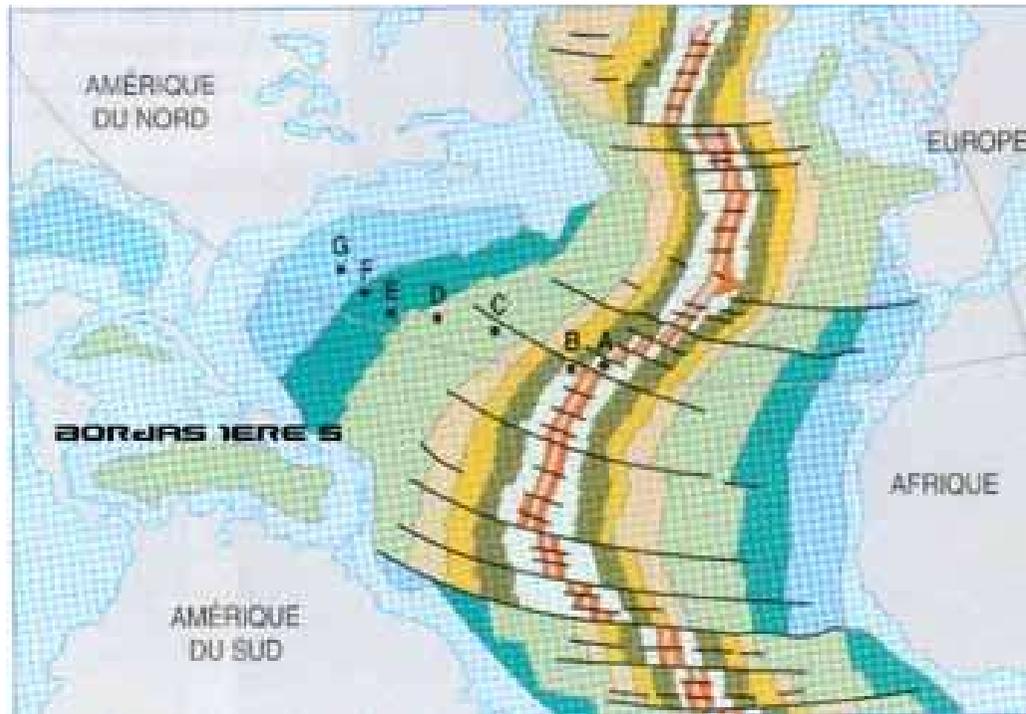
Fig.1a : Carte de Californie montrant la faille de San Andreas et ses principales ruptures récentes ainsi que le placement du SAFOD à l'extrémité sud de la portion en glissement (en bleu) d'après [Hickman *et al.*, 2004].



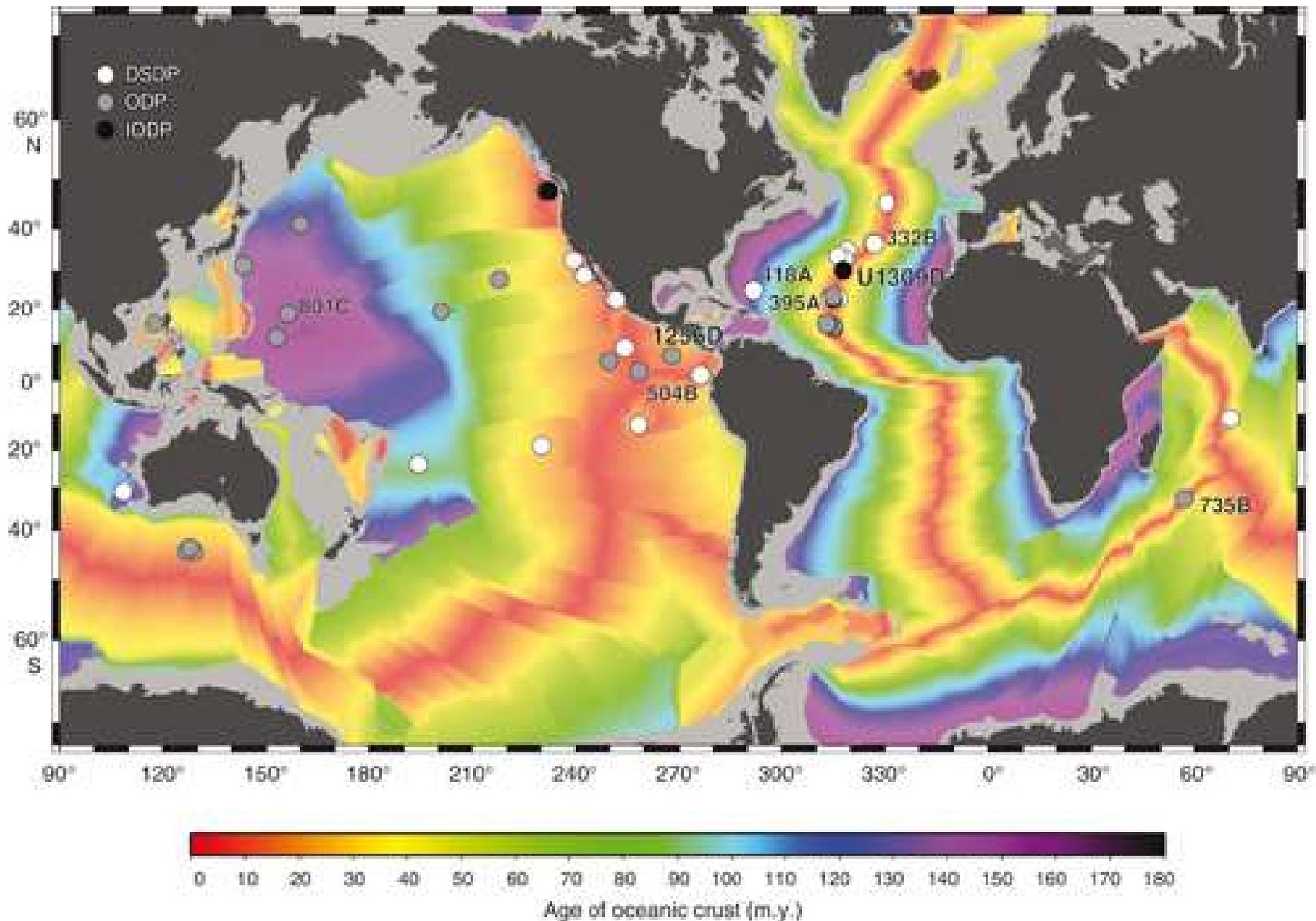
# Anomalies magnétiques et leur interprétation.

(Schaaf A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers " Vuibert Ed.)





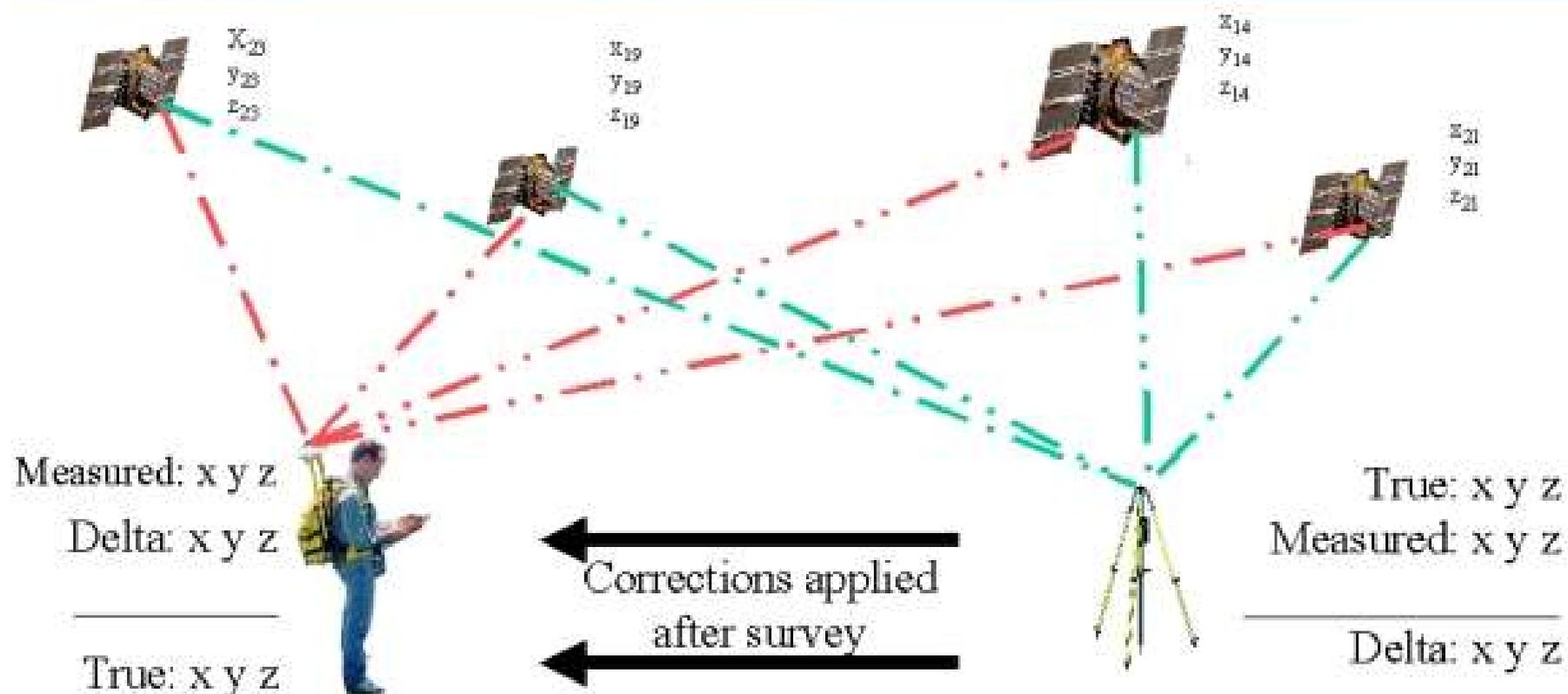
**Répartition des  
sédiments  
selon leur âge.**



## Age de la croûte océanique

(données : [www.earthbyte.org](http://www.earthbyte.org) ). Les cercles représentent les puits DSDP, ODP et IODP de plus de 100 mètres de profondeurs forés entre 1974 et 2011. Les sites numérotés correspondent aux puits de plus de 500 mètres (Expedition IODP 335 Preliminary Report).

# Differential GPS

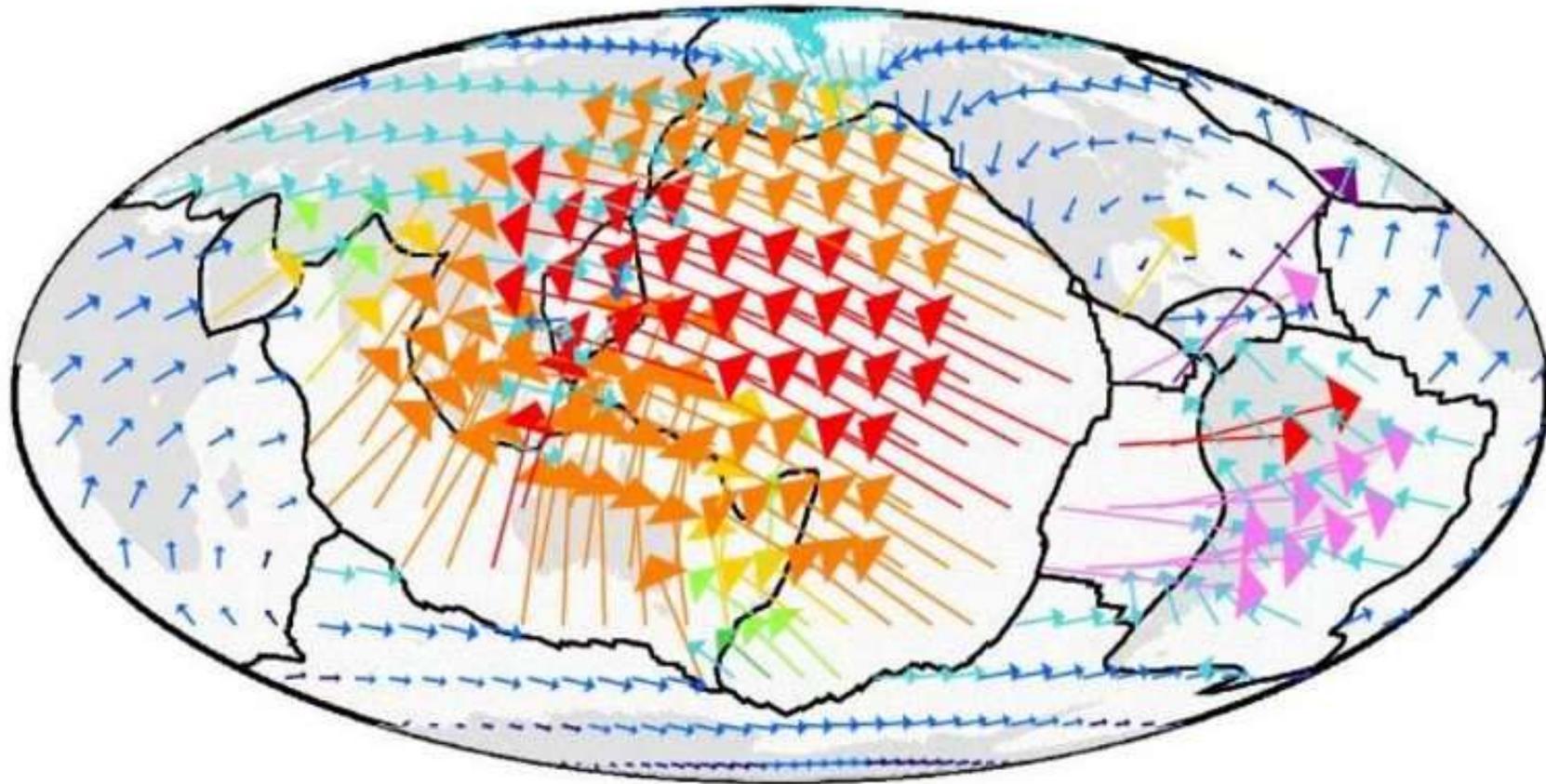


NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION  
National Ocean Service  
National Geodetic Survey

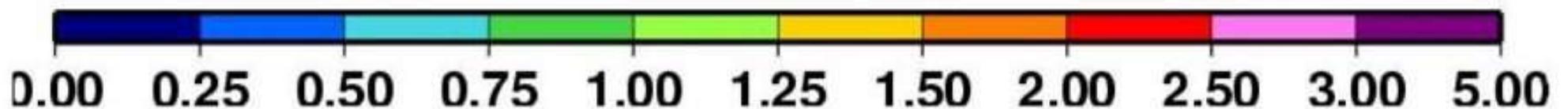


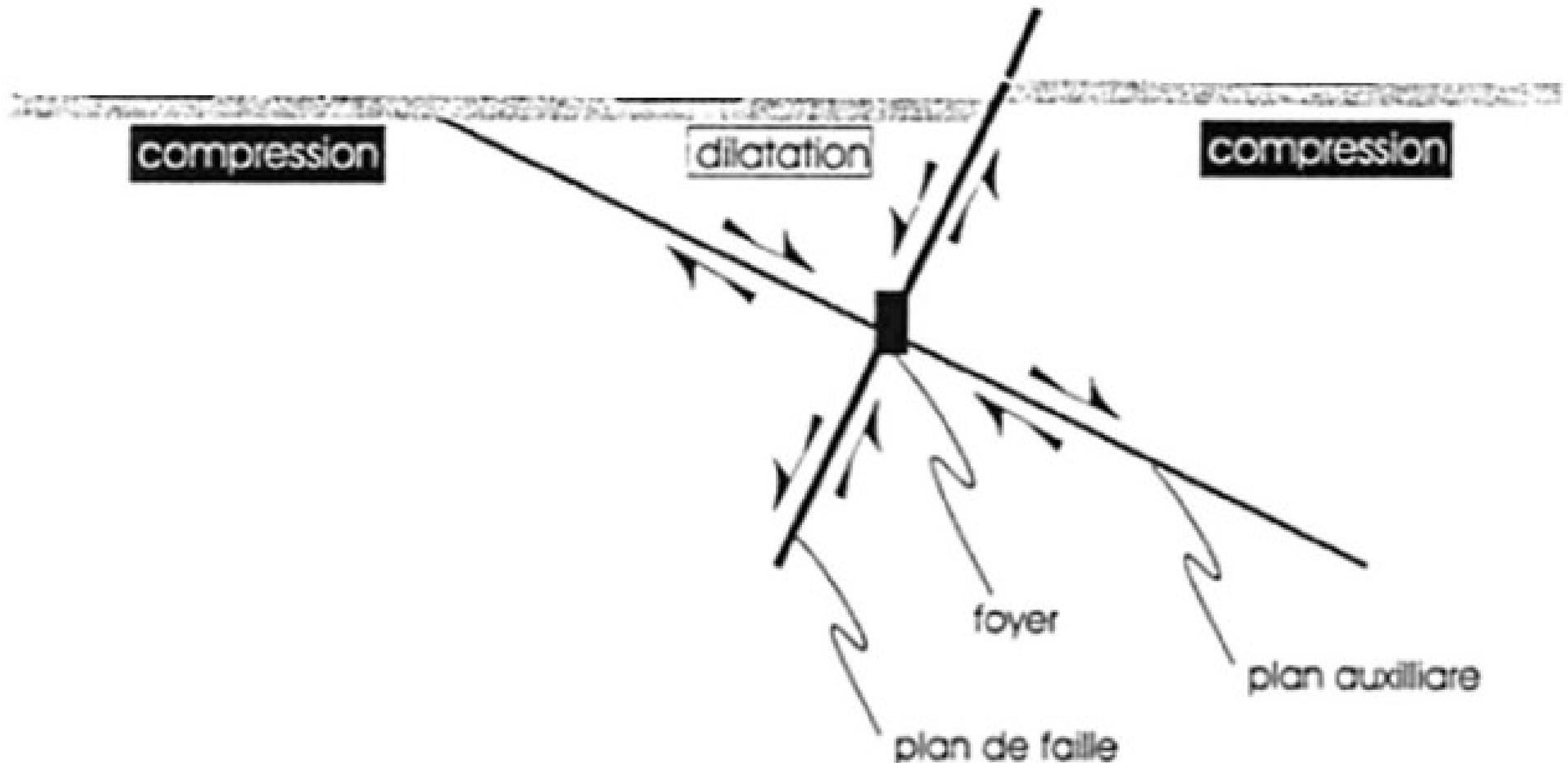
*Positioning America for the Future*

# Vitesse mesurée « absolue » des plaques au Quaternaire



Vitesse / vitesse moyenne





### **Document 3. Mouvements au niveau de trois compartiments situés de part et d'autre d'une faille normale active.**

Ces mouvements sont déduits des sismogrammes enregistrés dans chacun de ces compartiments.

(Laroque et Virieu « Physique de la Terre », Gordon and Breach Publisher)

## Document 4. Mécanisme au foyer et type de faille.

**Figure 1 :** **faille normale** et diagramme de mécanisme au foyer correspondant.

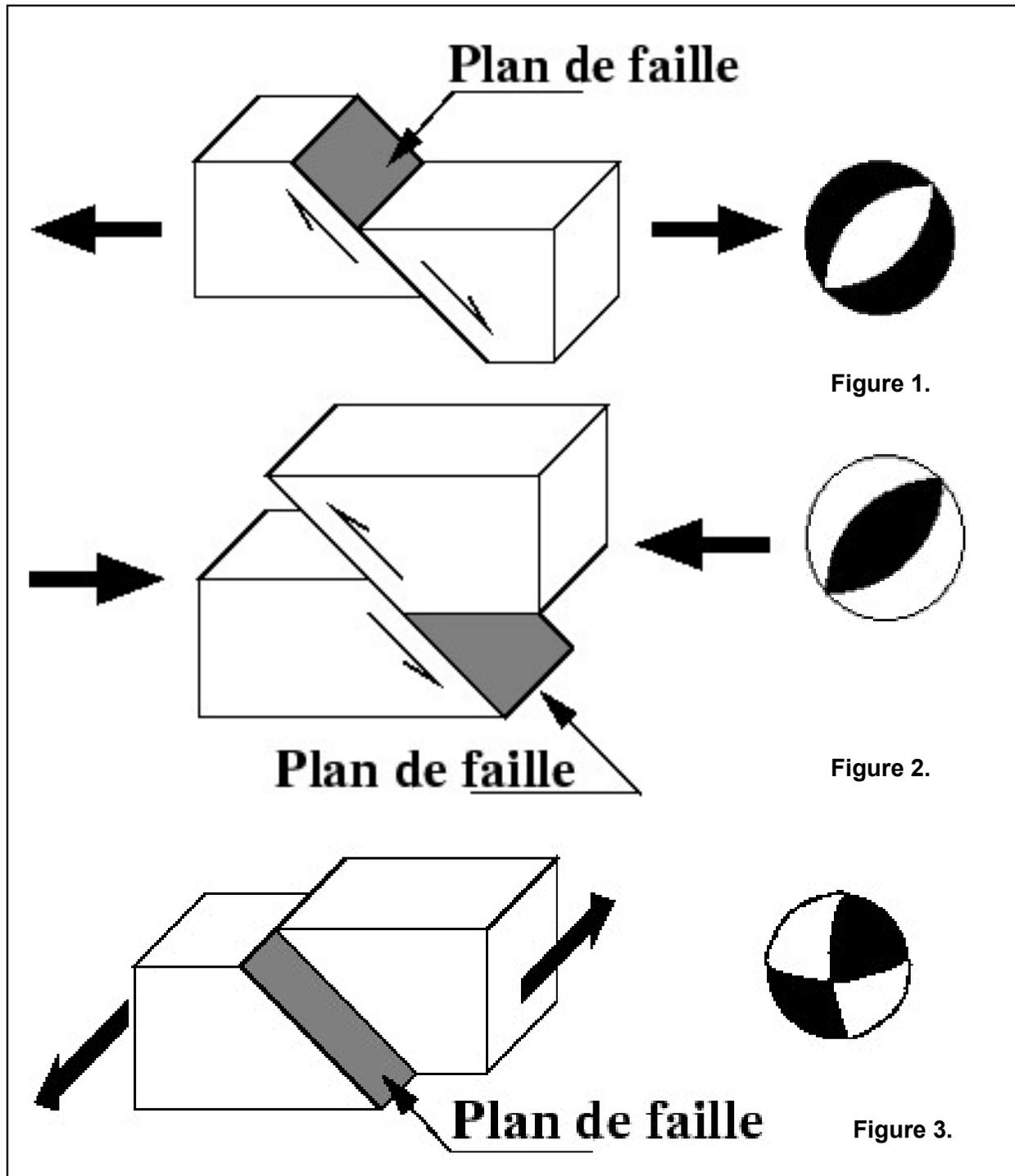
--> **mécanisme en extension**

**Figure 2 :** **faille inverse** et diagramme de mécanisme au foyer correspondant.

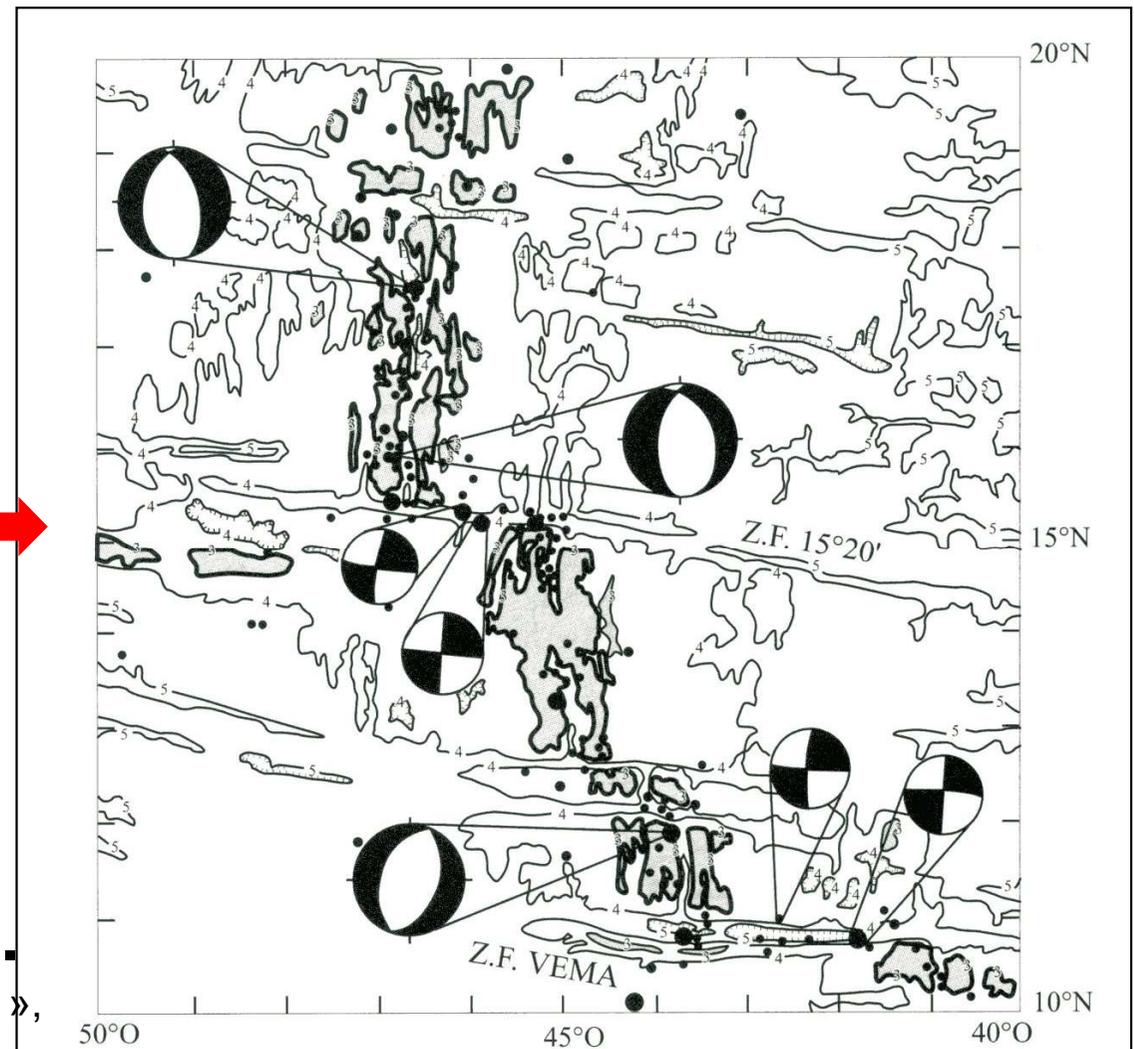
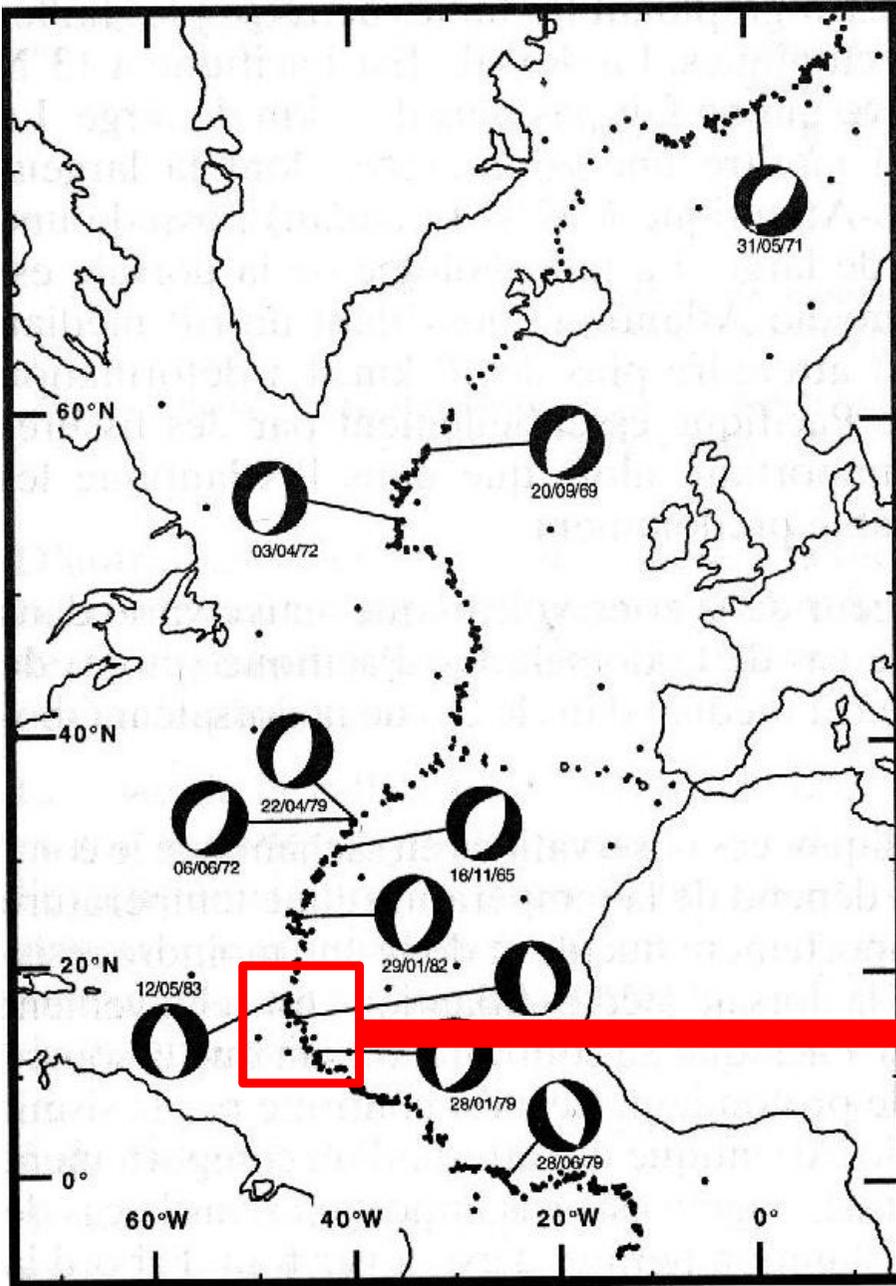
--> **mécanisme en compression**

**Figure 3 :** **faille en décrochement** et le diagramme au foyer correspondant.

--> **mécanisme de coulissage**



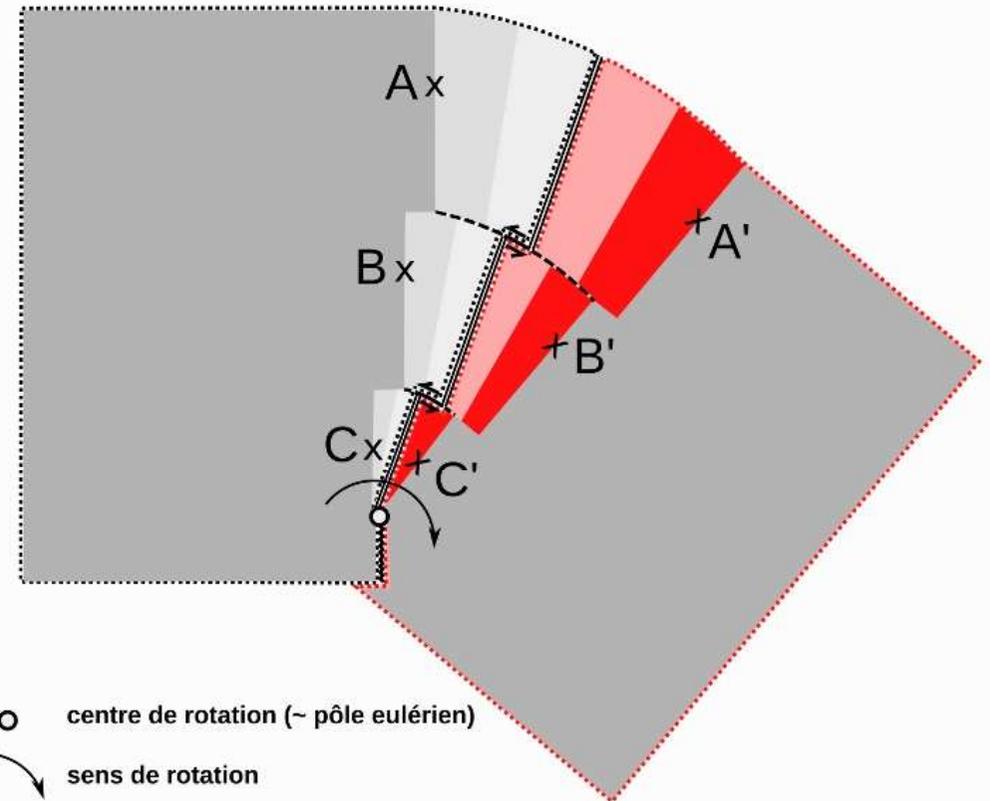
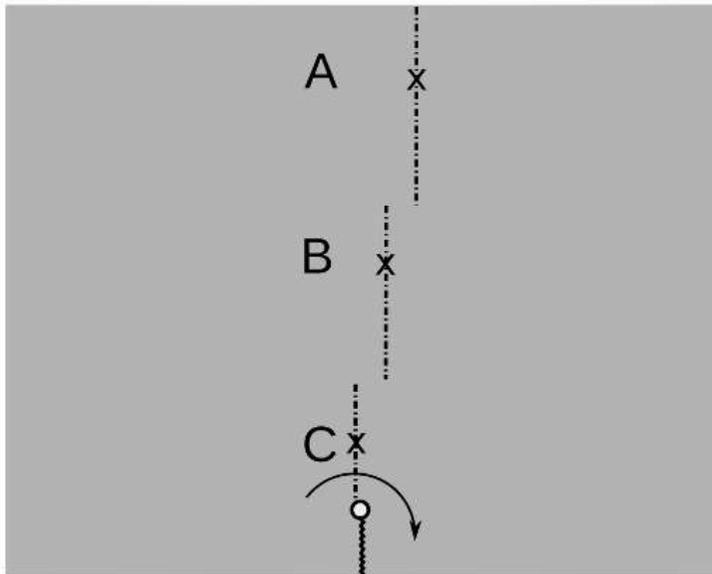
# Mécanismes au foyer au niveau de la dorsale Atlantique



## Sismicité de la dorsale atlantique entre 10°N et 20°N.

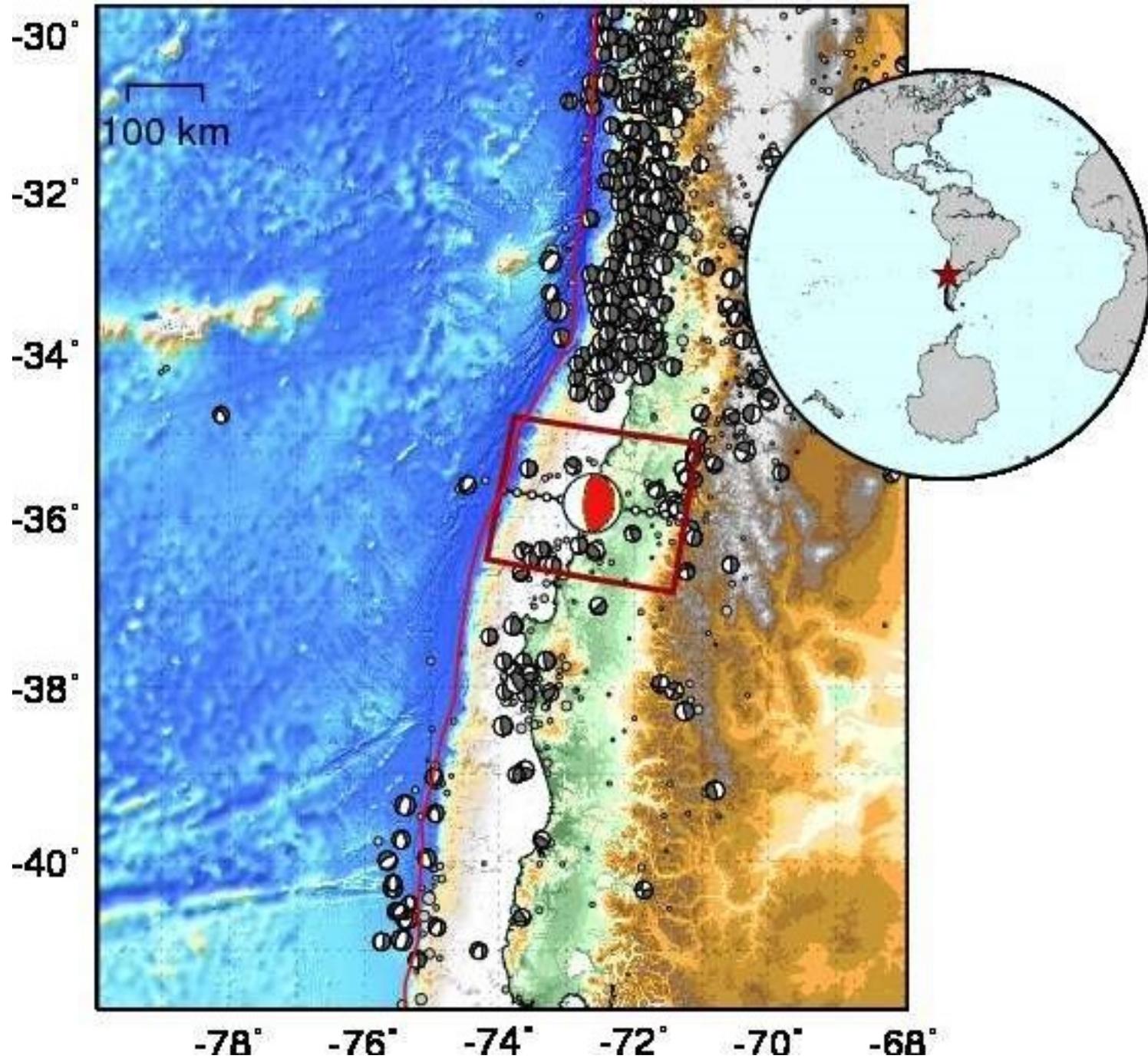
(Larroque C., Virieux J. « Physique de la Terre solide », G et B Ed.)

# Modèle « à plat » d'expansion océanique avec failles transformantes



- ligne de fracture initiale
- ~~~~~ ligne de compression initiale
- centre de rotation (~ pôle eulérien)
- ↻ sens de rotation

- centre de rotation (~ pôle eulérien)
- ↻ sens de rotation
- ~~~~~ zone de subduction
- décrochement sismiquement actif
- - - - - ligne sismiquement inactive



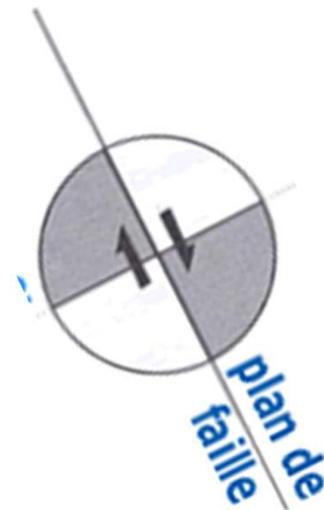
## Mécanismes au foyer au niveau de la fosse Chili - Pérou



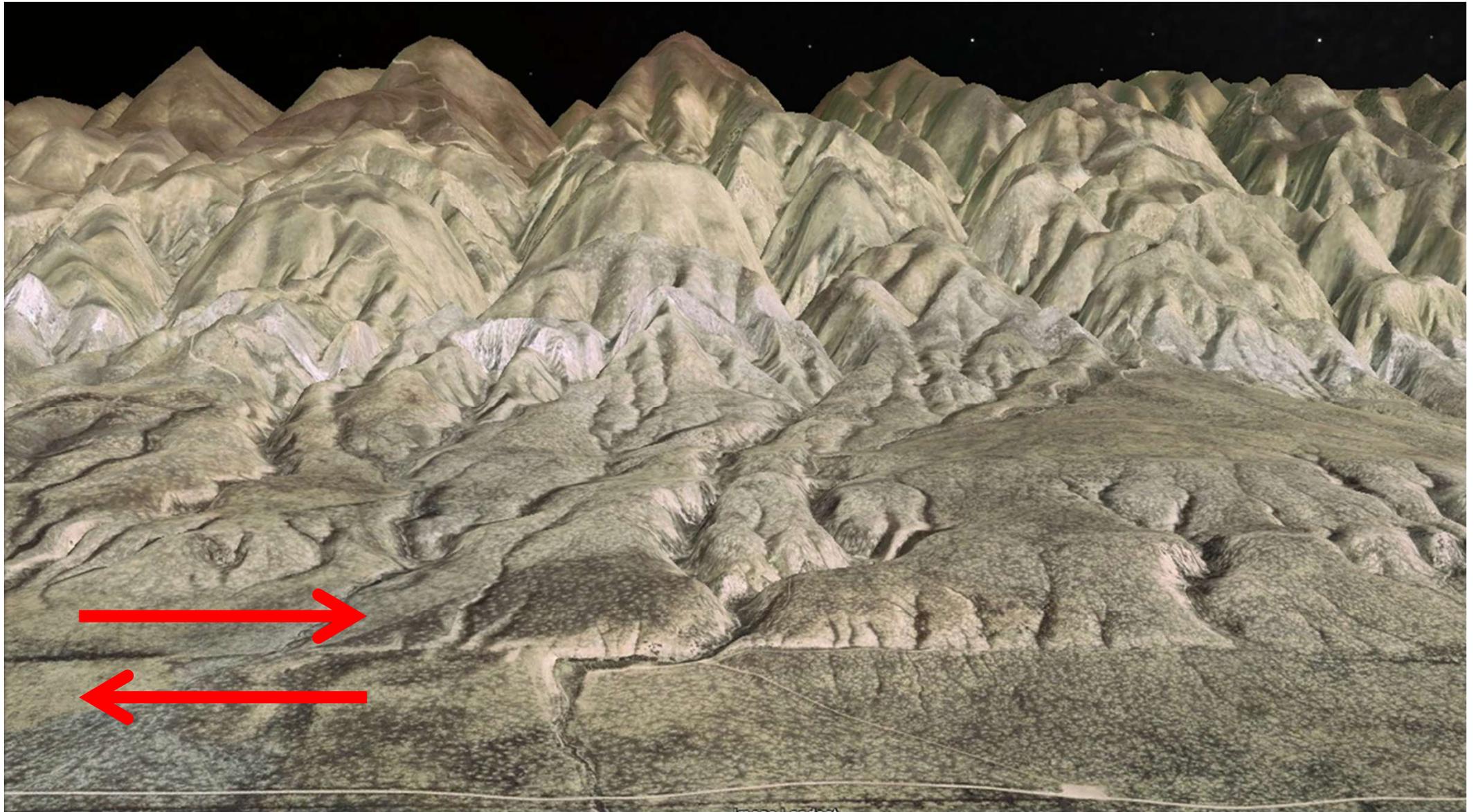
## **Vue SE le long de la faille de San Andreas.**

Localisation : plaine de Carrizo, San Luis Obispo County, Californie.

[Photo credit: G.K. Gilbert, U.S. Geological Survey. Photo has been colorized]



La faille de San Andreas est un système de failles qui s'étend sur environ 1300 kilomètres de long<sup>1</sup> et 140 kilomètres de large et se divise en de multiples segments de failles, accumulant chacun une partie des contraintes tectoniques mises en jeu.



**La faille de San Andreas , un décrochement dextre**

# Les plages soulevées de Scandinavie et du Canada : preuves d'une mobilité verticale



**Plage soulevée dans la région de Borselv (Norvège),  
au Nord de la Scandinavie**

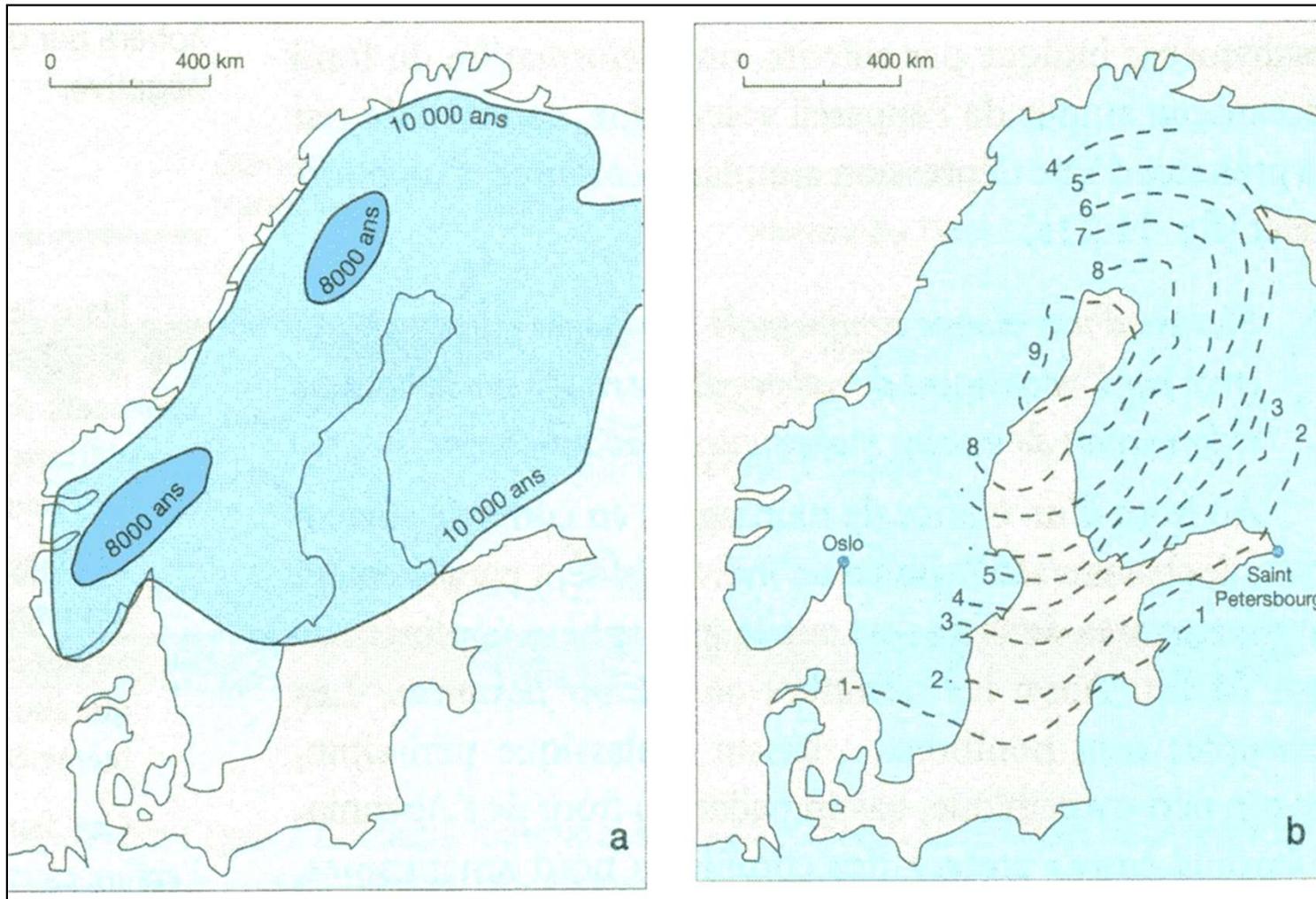
# Des preuves d'une mobilité verticale en Scandinavie



**2** Comparaison du rivage actuel et du rivage il y a 5 000 ans en Scandinavie. Dans le golfe de Bothnie, des vestiges archéologiques du peuplement d'étroites bandes côtières ont mis au jour. Les restes les plus anciens (5 000 ans av. J.-C.) sont localisés 150 m au-dessus du niveau de la mer. Ceux datant de 1 700 ans av.J.-C. et de 500 ans av.J.-C. sont respectivement situés 30 m et 15 m au-dessus du rivage actuel.



**3** Déplacement vertical moyen actuel de différentes stations GPS en Scandinavie. Le système GPS permet de suivre au jour le jour la position de stations permanentes et de mettre en évidence leurs déplacements.



## Document 5.

a. **Limites de la calotte glaciaire scandinave il y a 10 000 ans et 8 000 ans.**

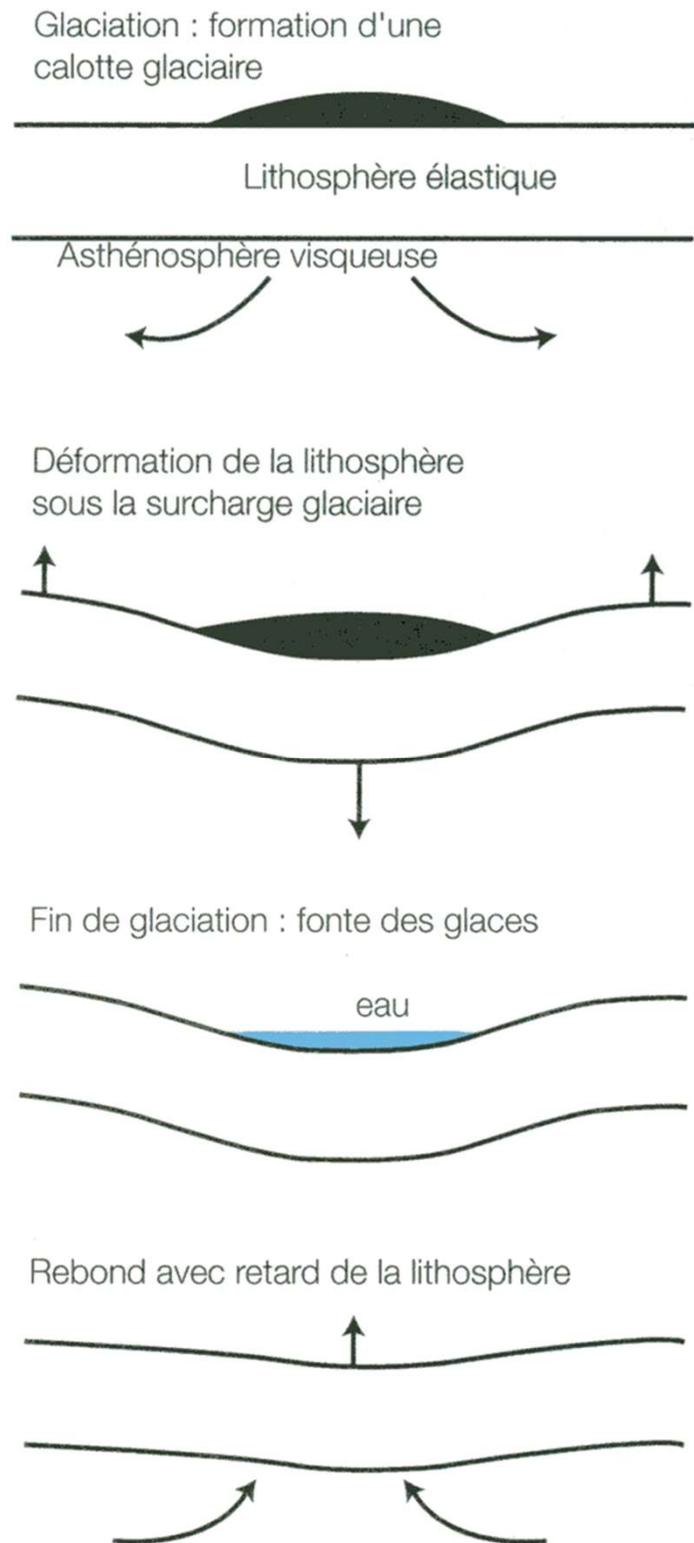
b. **Vitesses (en mm/an) de soulèvement actuel de la Scandinavie.**

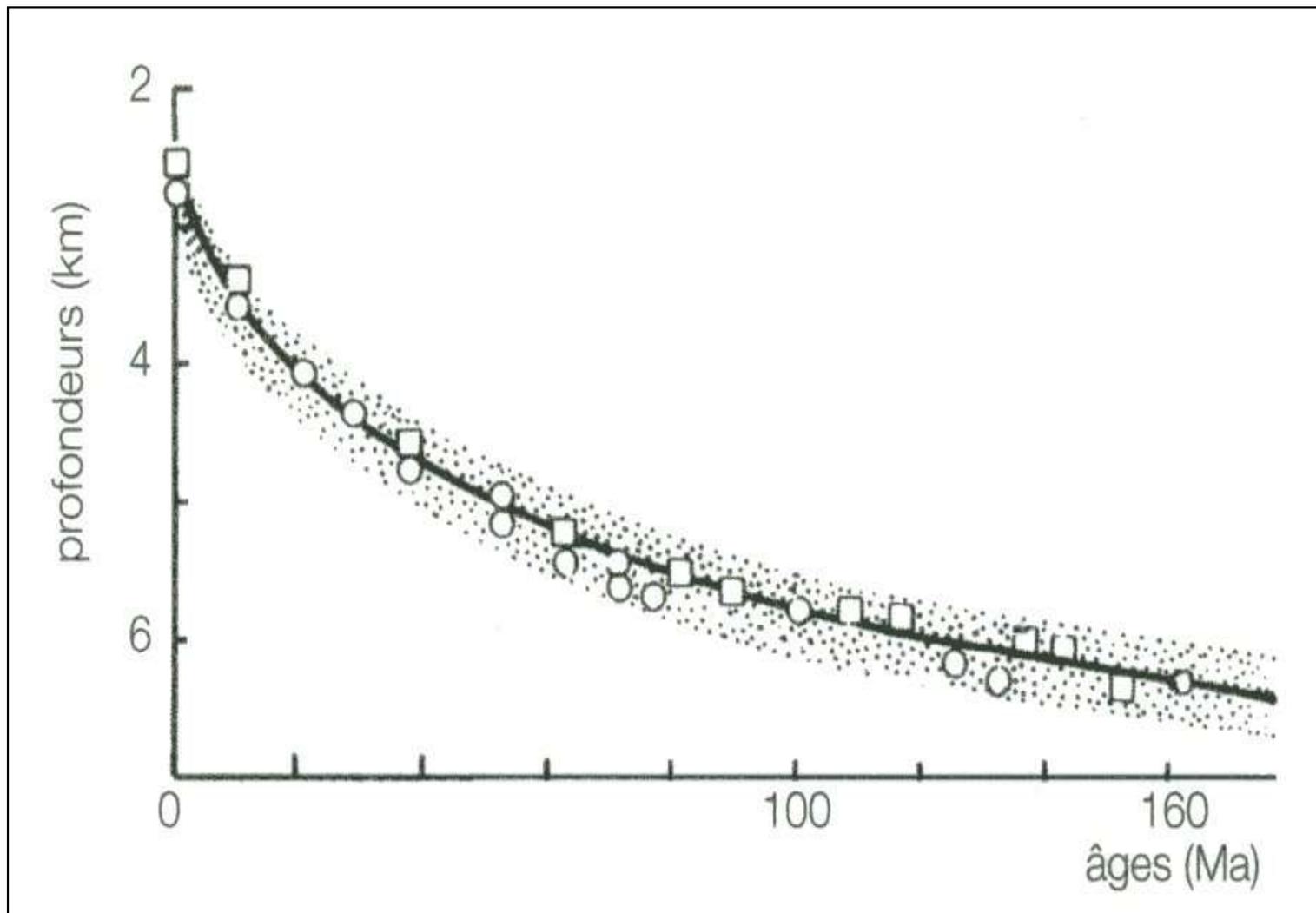
(Schaaf. A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers ", Vuibert Ed.)

*« Là où le grand-père amarrait son bateau,  
le petit-fils cultive son jardin »*

## Document 6. Le rebond isostatique post-glaciaire en Scandinavie.

(Schaaf. A. et coll. « Sciences de la Terre et de l'Univers », Vuibert Ed.)





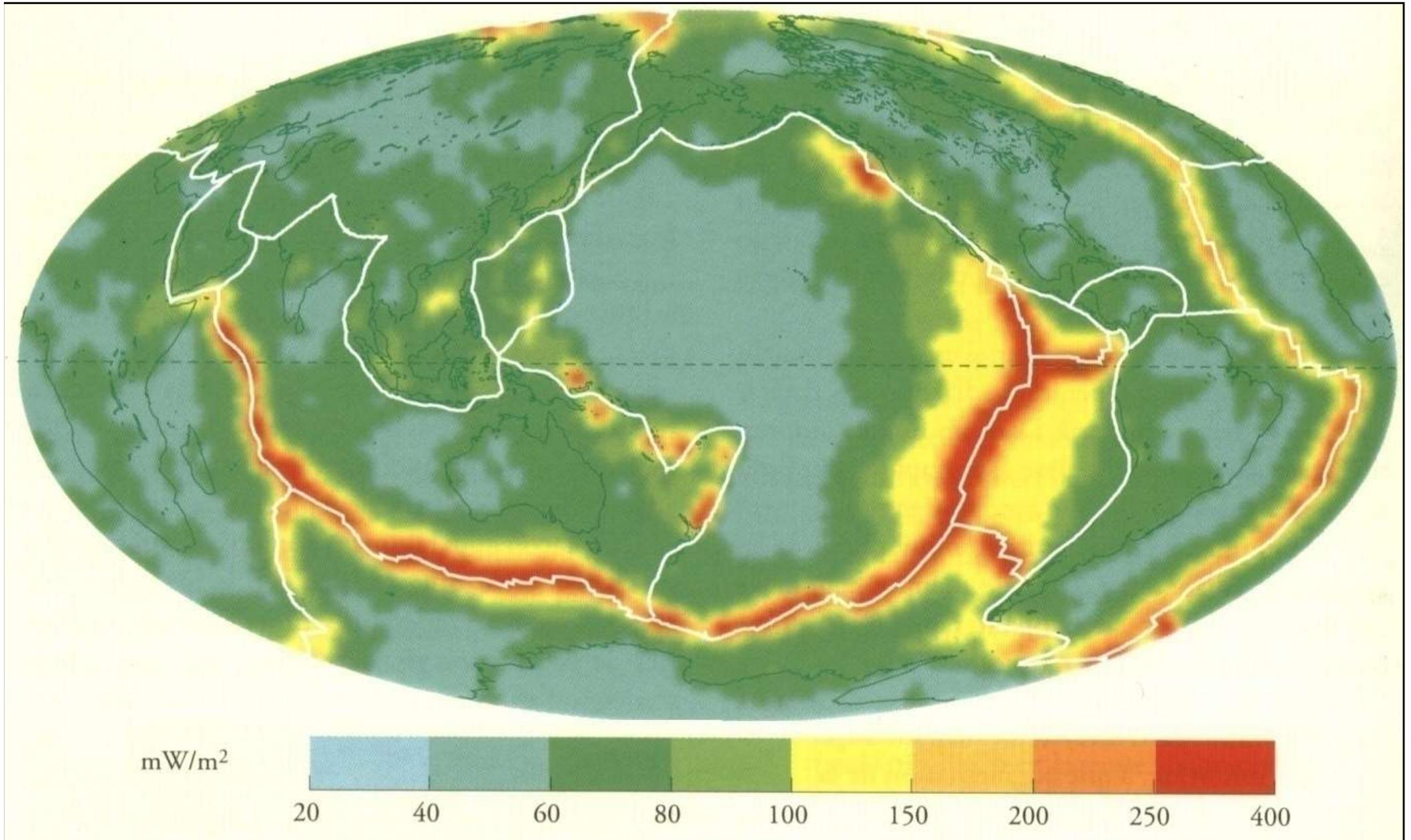
**Document 7. Profondeurs de l'Atlantique nord (carrés) et du Pacifique nord (cercles) en fonction de l'âge de la lithosphère océanique.**

La bande grise situe la dispersion des données.

(Schaaf. A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers ", Vuibert Ed.)

# Document 8. ANOMALIES THERMIQUES

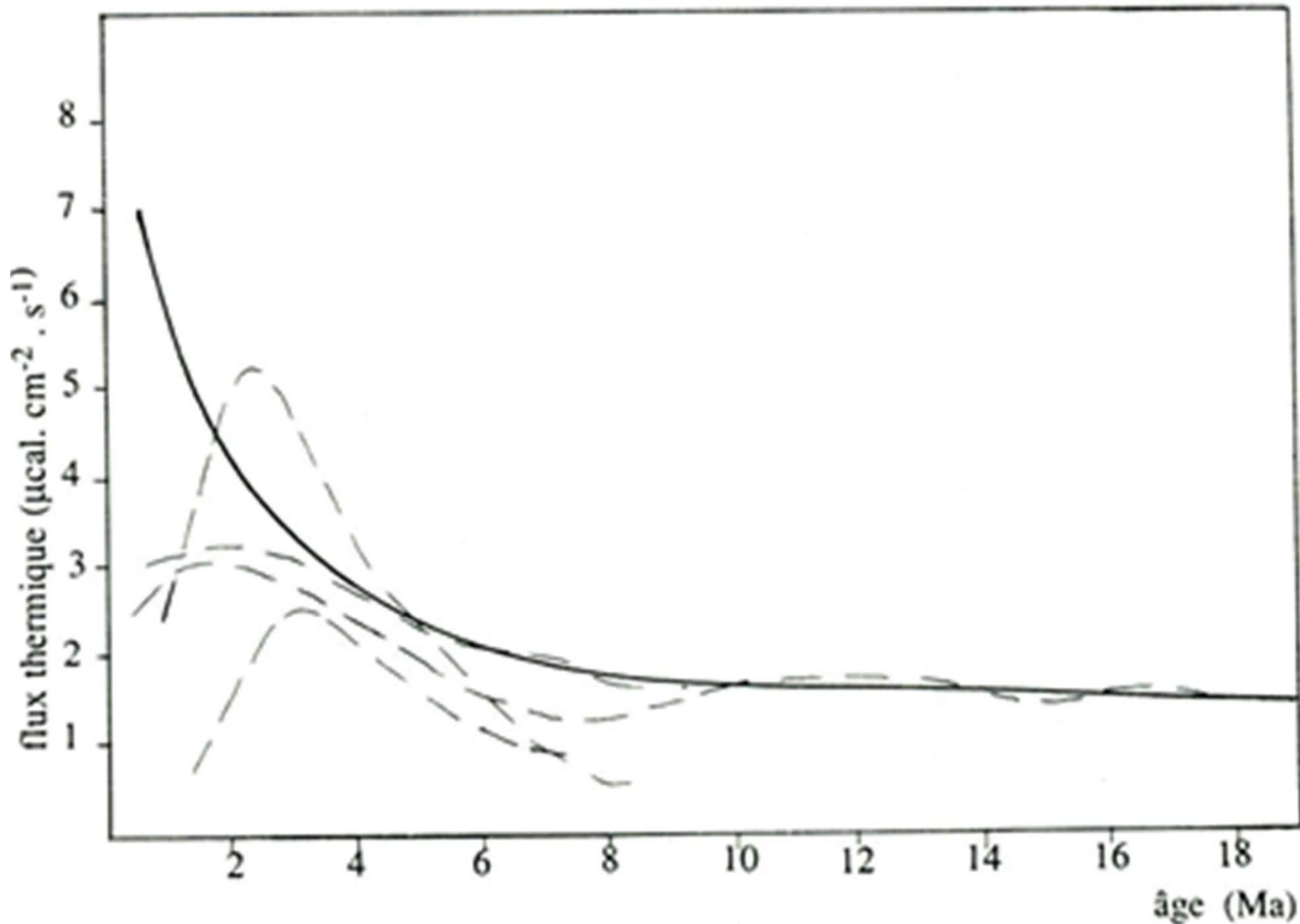
## CARTE MONDIALE DU FLUX THERMIQUE



	FLUX MOYEN (mW.m <sup>-2</sup> )	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	PUISSANCE (W)
Continents émergés	58,6	149,3.10 <sup>6</sup>	8,7.10 <sup>12</sup>
Plateaux continentaux	54,4	52,2.10 <sup>6</sup>	2,8.10 <sup>12</sup>
Croûte océanique	67,0	308,6.10 <sup>6</sup>	20,7.10 <sup>12</sup>
	Circulations hydrothermales		9,8.10 <sup>12</sup>
		TOTAL	4,2.10 <sup>13</sup>

**Document 9. Flux géothermiques moyens au travers des grands ensembles crustaux terrestres et puissances correspondantes.**

(Caron J.M. et Coll. « Comprendre et enseigner la planète Terre » Ophrys Ed.)

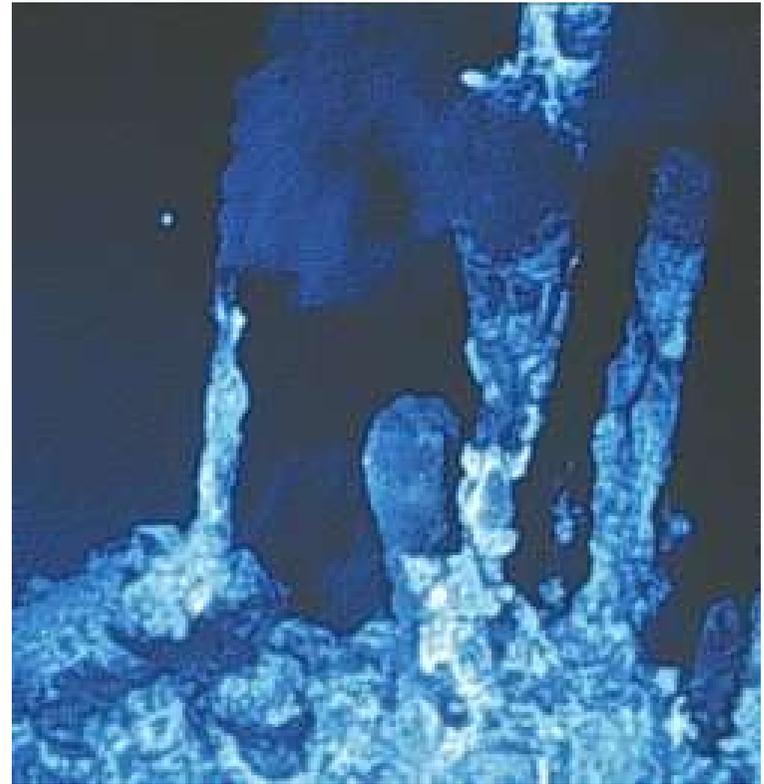


## Variations du flux thermique au voisinage des dorsales.

En trait plein : modèle théorique.

En tirets : profils réels pour différentes dorsales.

(Caron J.M. et Coll. « Comprendre et enseigner la planète Terre » Ophrys Ed.)



**Fumeurs noirs**

# Les sources d'énergie interne

- **La chaleur initiale** liée à la formation de la Terre par accrétion (+ désintégration éléments radioactifs de courte période, impacts météorites...)
- **La chaleur de « différenciation »** : chaleur latente de cristallisation du noyau externe
- **La chaleur produite par la désintégration d'éléments radioactifs de longue période** :
  - $^{235}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$
  - $^{238}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$
  - $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$
  - $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$

	U (ppm)	Th (ppm)	K %	Chaleur produite $\mu\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$	Volume ( $\text{km}^3$ )
croûte continentale	1,6	5,8	1,7 - 3,0	1,0 - 1,1	$4,5 \cdot 10^9$
croûte océanique	0,9	2,7	0,4	0,5	$4,0 \cdot 10^9$
manteau indifférencié	0,015	0,08	0,1	0,02	$920 \cdot 10^9$

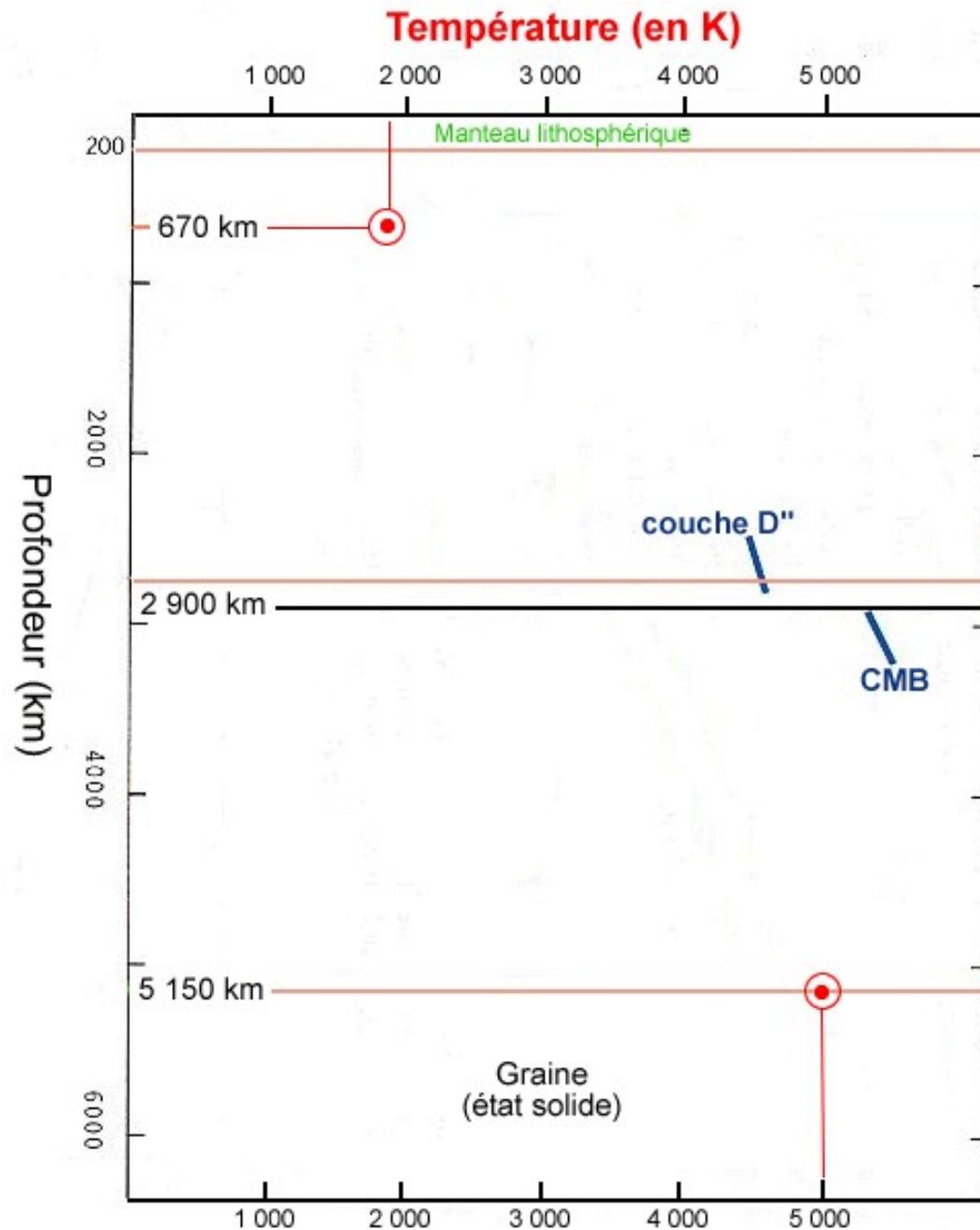
## **Document 10. Concentration en éléments radiogènes de la croûte et du manteau.**

(Caron J.M. et Coll. « Comprendre et enseigner la planète Terre » Ophrys Ed.)

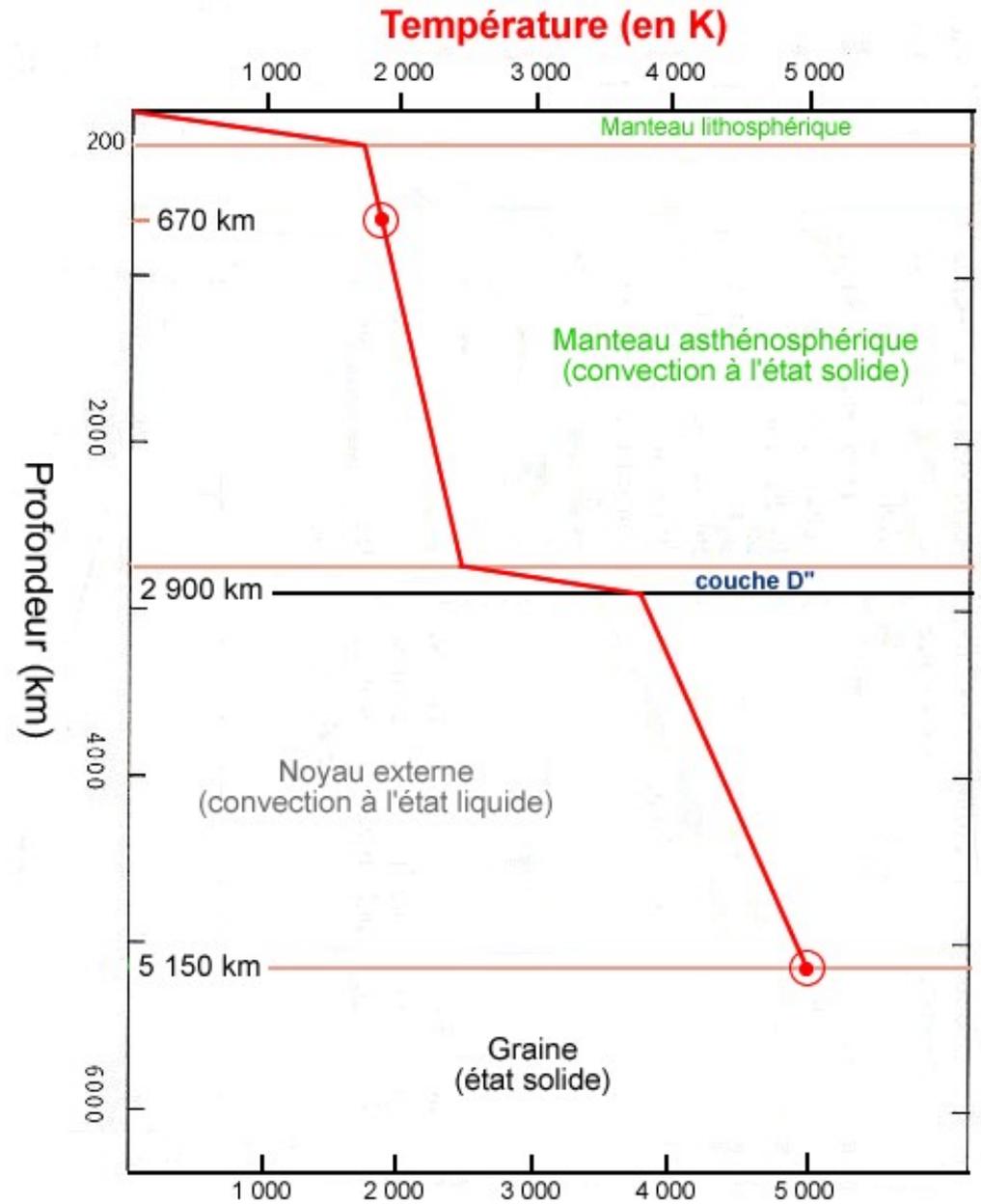
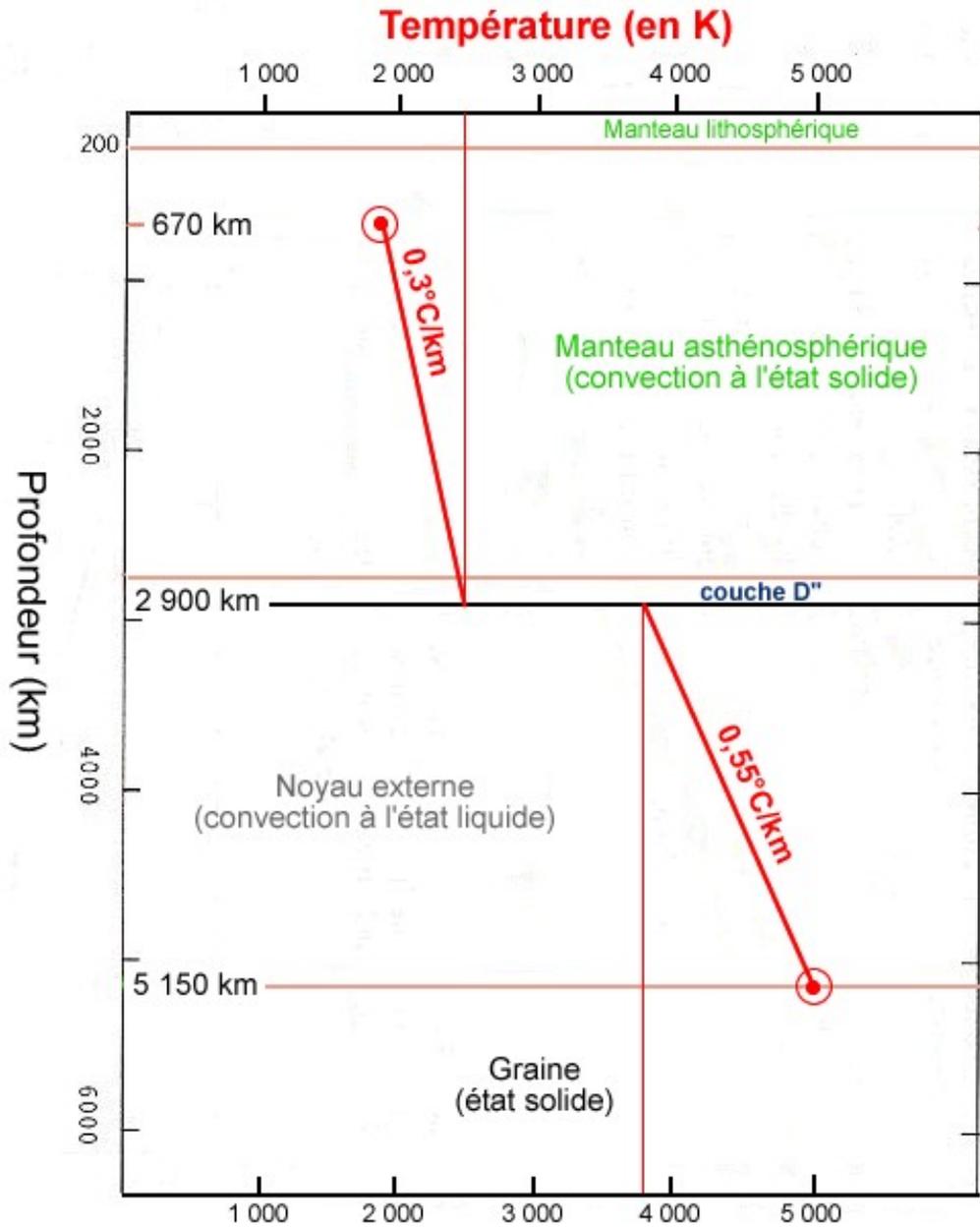
Nature	Lieu de production et de dissipation	Quantité d'énergie $10^{12}$ W	
RADIOACTIVITÉ	croûte continentale	4,2 - 5,6	
	croûte océanique	0,06	
	manteau supérieur	1,3	
	manteau inférieur	3,8 - 11,6	
	noyau	1,2 - 0	
CHALEUR INITIALE	manteau	7 - 14	
	noyau	4 - 8	
CHALEUR DE DIFFÉRENCIATION	noyau externe	chaleur latente de cristallisation	1 - 2,8
		énergie gravitaire	1
MOUVEMENTS DIFFÉRENTIELS	manteau ?	0 - 7 ?	
PROCESSUS TECTONIQUES	lithosphère	0,3	
SÉISMES	lithosphère	0,03	
MÉTÉORITES		?	
	TOTAL	42	

## **Document 11. Les sources de la chaleur interne (estimations).**

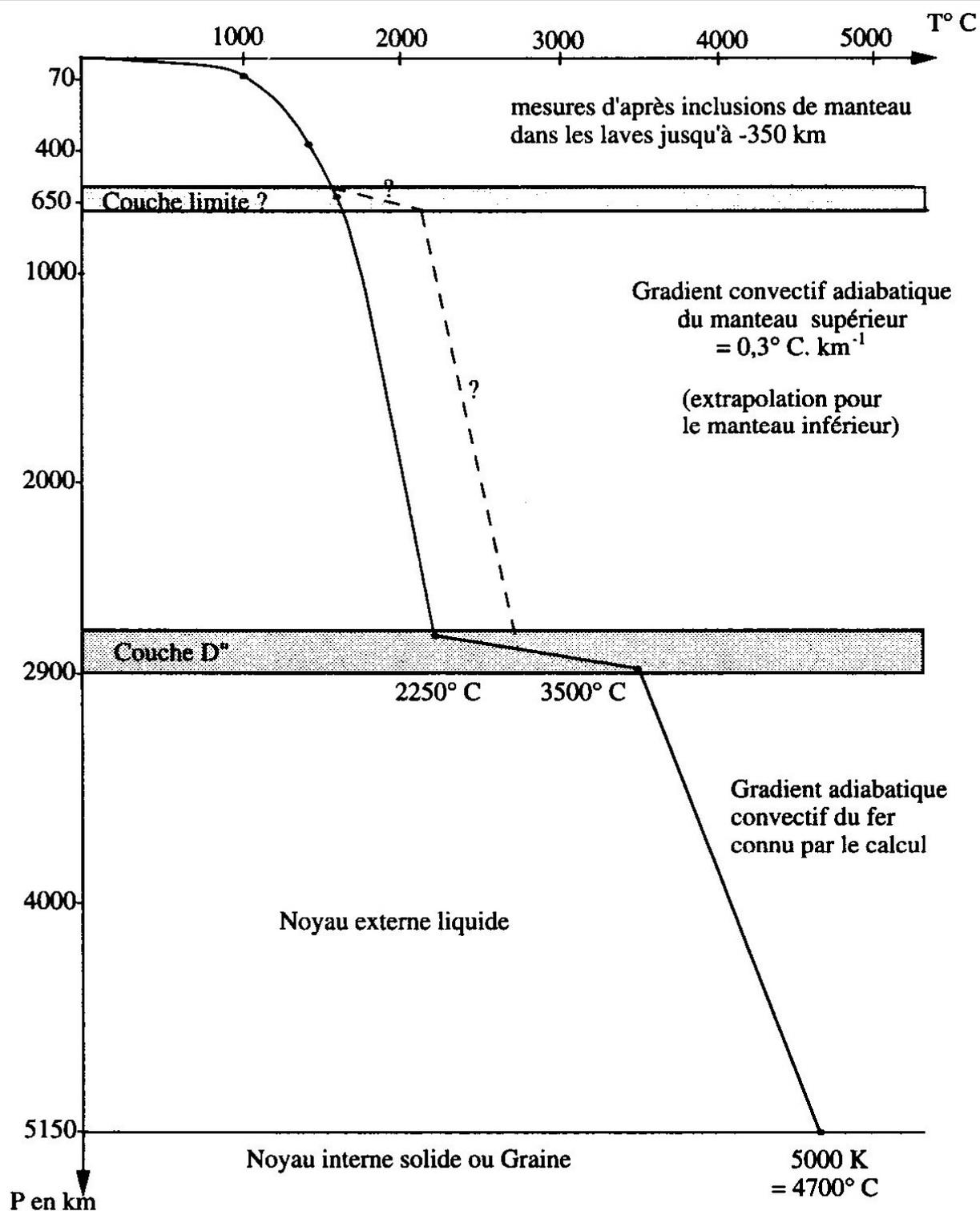
(Caron J.M. et Coll. « Comprendre et enseigner la planète Terre » Ophrys Ed.)



**Géotherme estimé à partir de deux points d'ancrage :  
placement des points d'ancrage.**



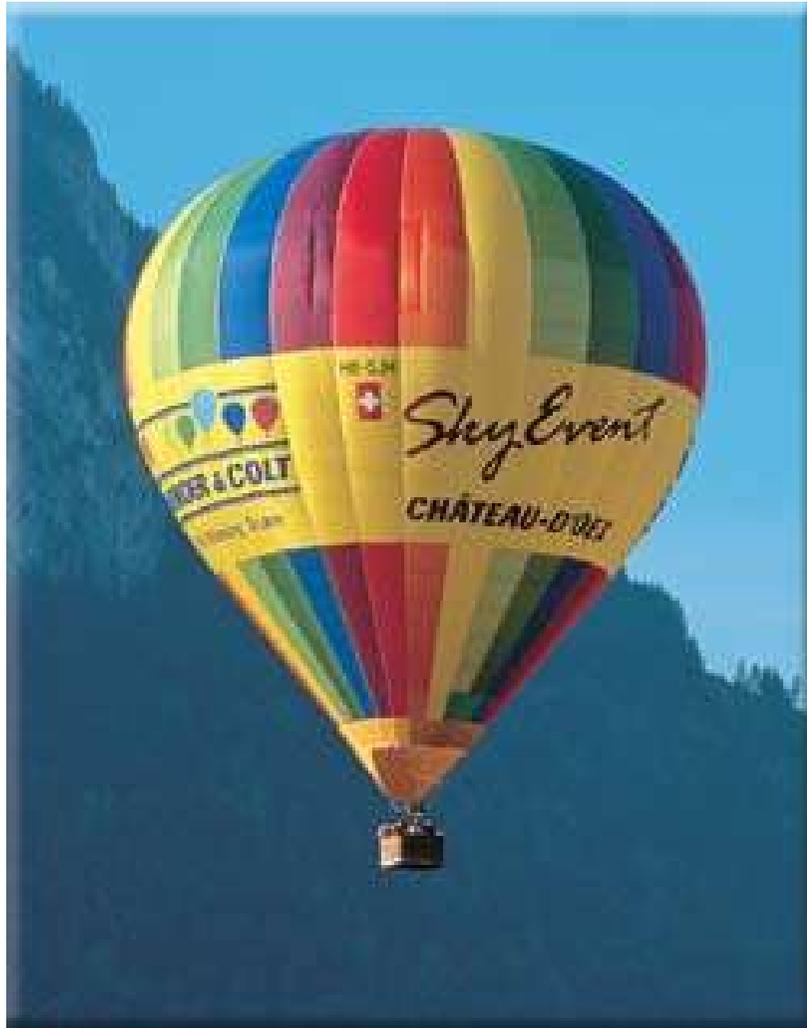
**Géotherme estimé à partir de deux points d'ancrage:  
construction du géotherme.**



## Document 12. Le géotherme terrestre.

- 100 premiers km : gradient thermique lithosphérique élevé
- gradient thermique mantellique 0,3 ° / km
- saut thermique au niveau de D''
- gradient thermique nucléaire 0,6 ° / km

(Nougier P. " Structure et évolution du globe terrestre " Ellipses Ed.)



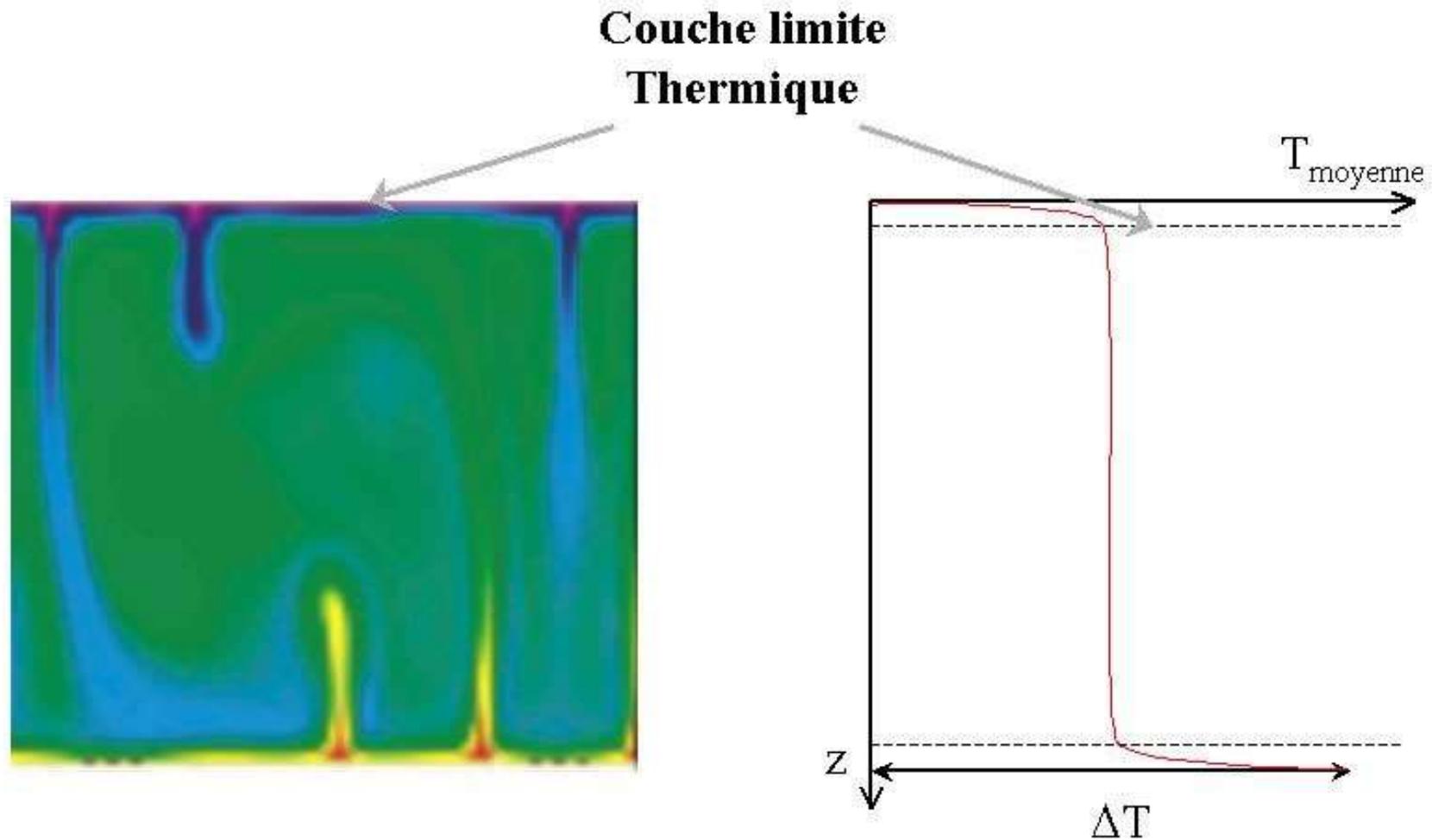
<http://www.gruyere-nature.ch>



<http://www.shopping.kelkoo.fr>

**Des illustrations de la convection**

# Un système convectif



**Modélisation de la convection dans un fluide chauffé par en-dessous.**



**Panaches descendants par refroidissement surfacique :**  
des glaçons refroidissent la surface supérieure



**Panaches ascendants par échauffement surfacique :**  
un sèche-cheveux chauffe la surface inférieure.

**Modèle analogique : Convection thermique dans un fluide par ombroscopie**

## Le nombre de Rayleigh :

$$Ra = \frac{g \alpha \Delta T \Delta L^3}{K \eta}$$

$g$  : accélération de la pesanteur

$\alpha$  : coefficient de dilatation thermique

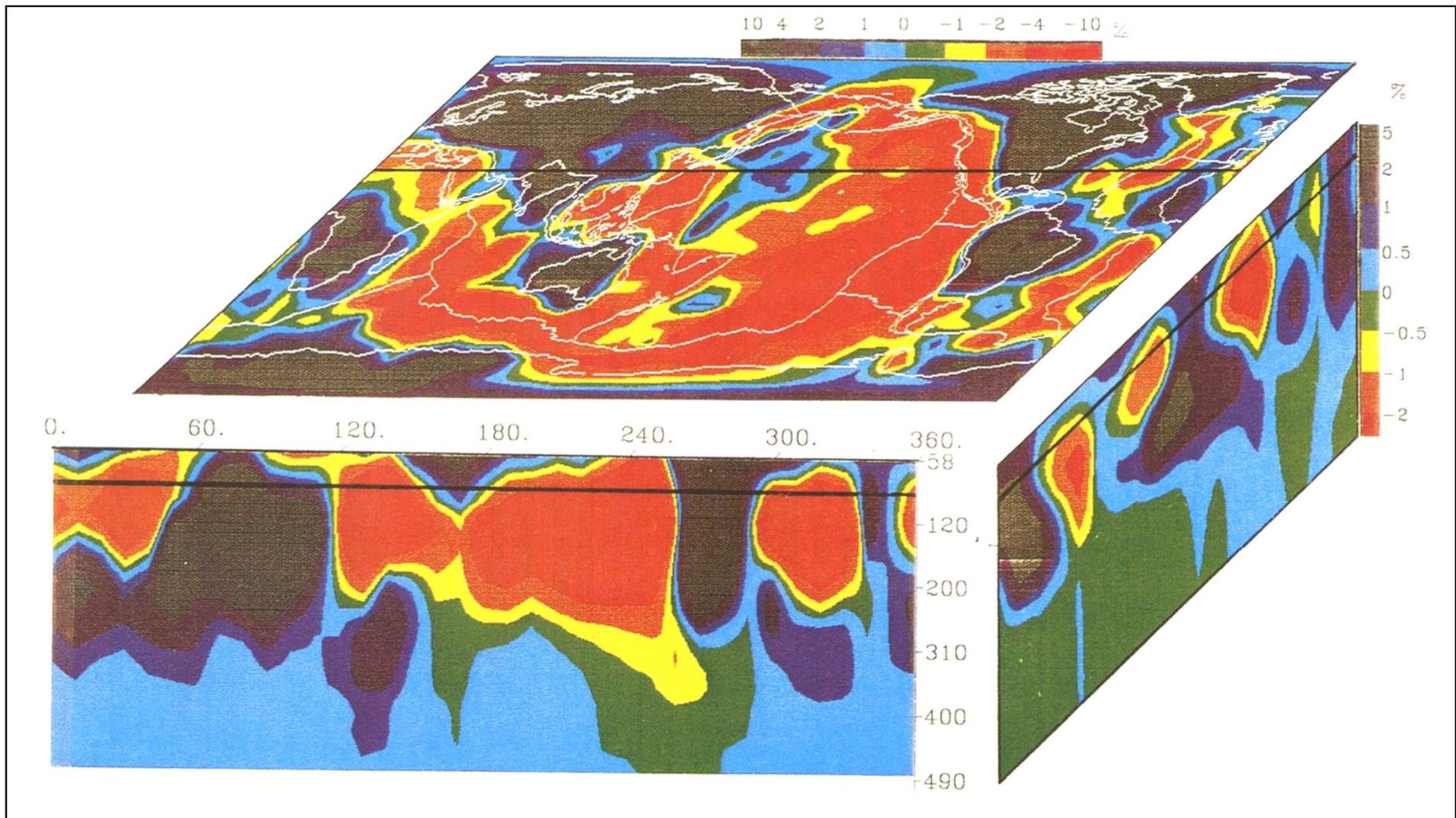
$\Delta T$  : écart de température au sein du milieu

$\Delta L$  : épaisseur du milieu

$K$  : conductivité thermique du milieu

$\eta$  : viscosité du milieu

**Si  $Ra > \sim 1000$  alors la convection est possible**

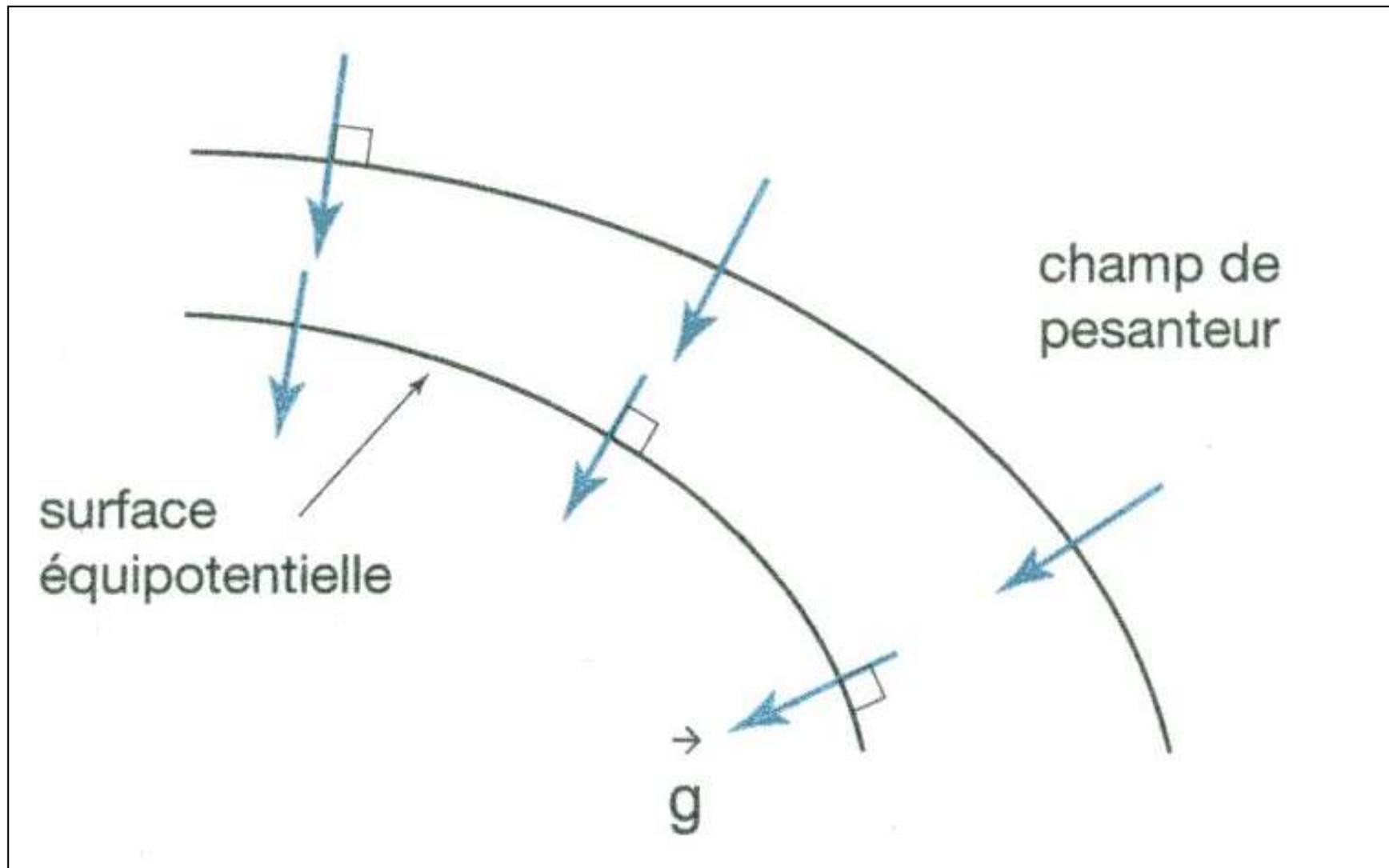


### **Document 13. Tomographie sismique du manteau supérieur.**

Bloc diagramme représentant les hétérogénéités latérales de vitesse des ondes S dans les 490 premiers km du manteau supérieur.

- Face supérieure : coupe à 90 km de profondeur centrée sur l'océan Pacifique.
- Face antérieure : coupe passant par le Nord de l'Inde et le Mexique (trait noir gras sur la face supérieure).
- Face latérale droite : coupe passant par le bord droit de la face supérieure.

(Poirier J.P. " Les profondeurs de la Terre ", Masson Ed.)



## **Document 14 : Surfaces équipotentielles de pesanteur.**

Ces surfaces sont perpendiculaires à la direction locale de la pesanteur en tout point.

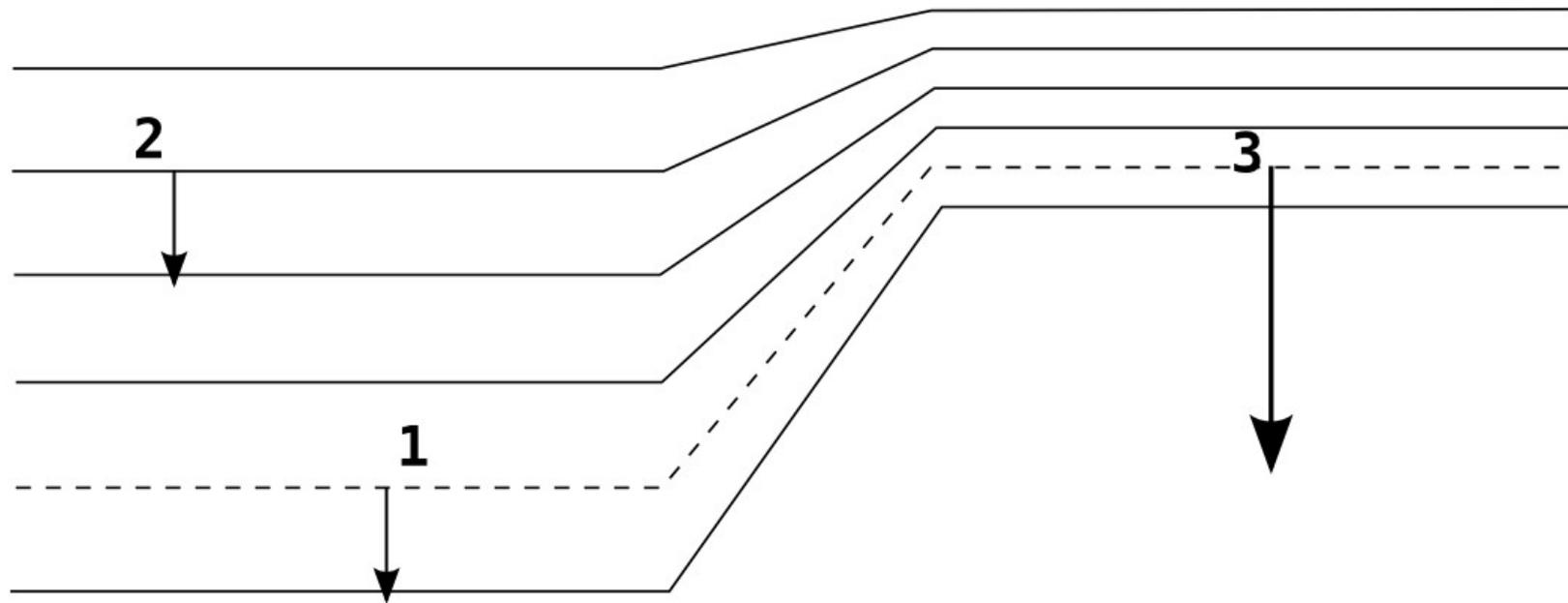
(Schaaf. A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers ", Vuibert Ed.)

# On peut faire l'analogie gravimétrie / topographie :

Altitude  $\leftrightarrow$  champ de pesanteur

Courbe de niveau  $\leftrightarrow$  équipotentielle de pesanteur

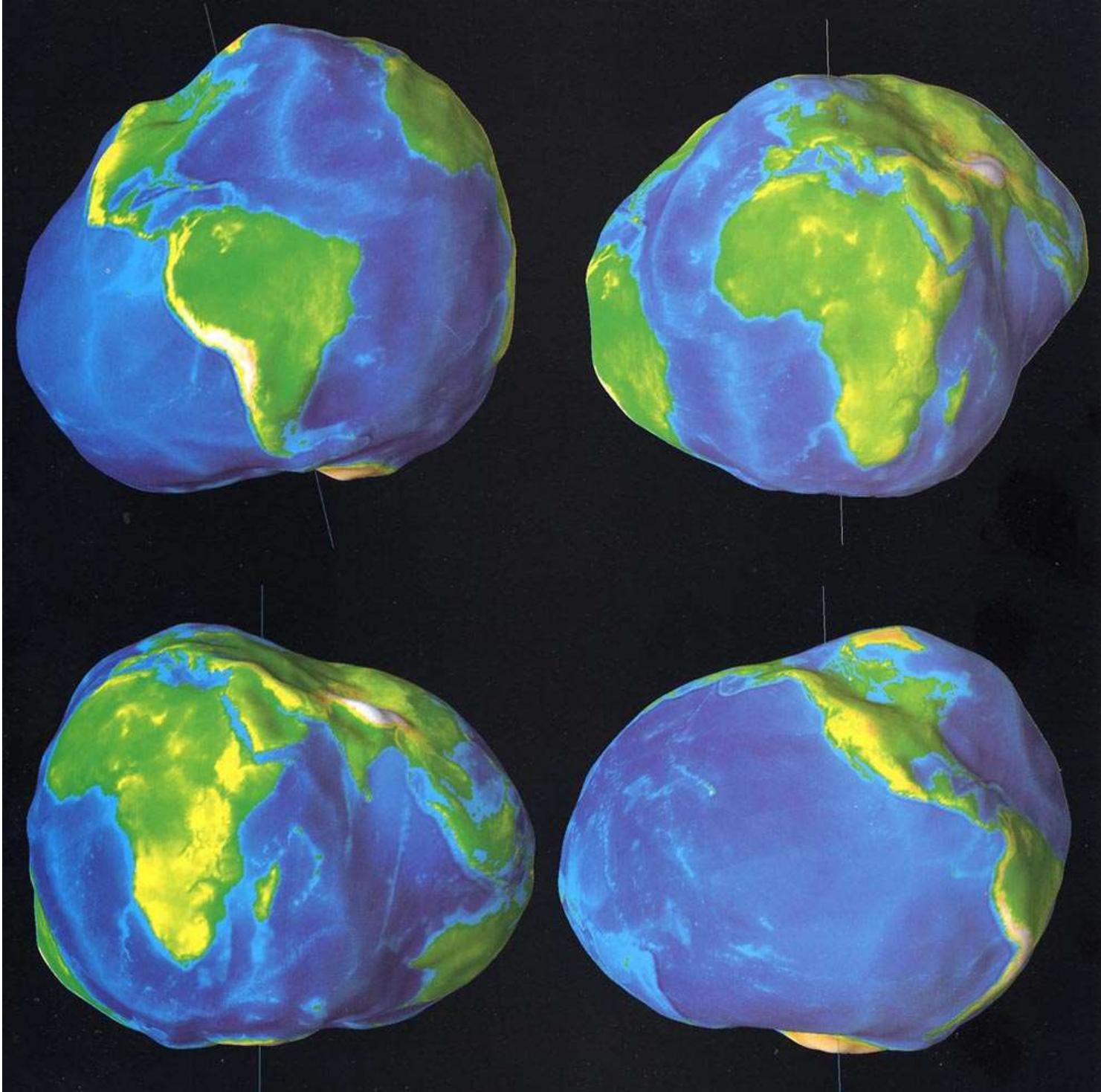
Pente  $\leftrightarrow$  intensité de la pesanteur (g)



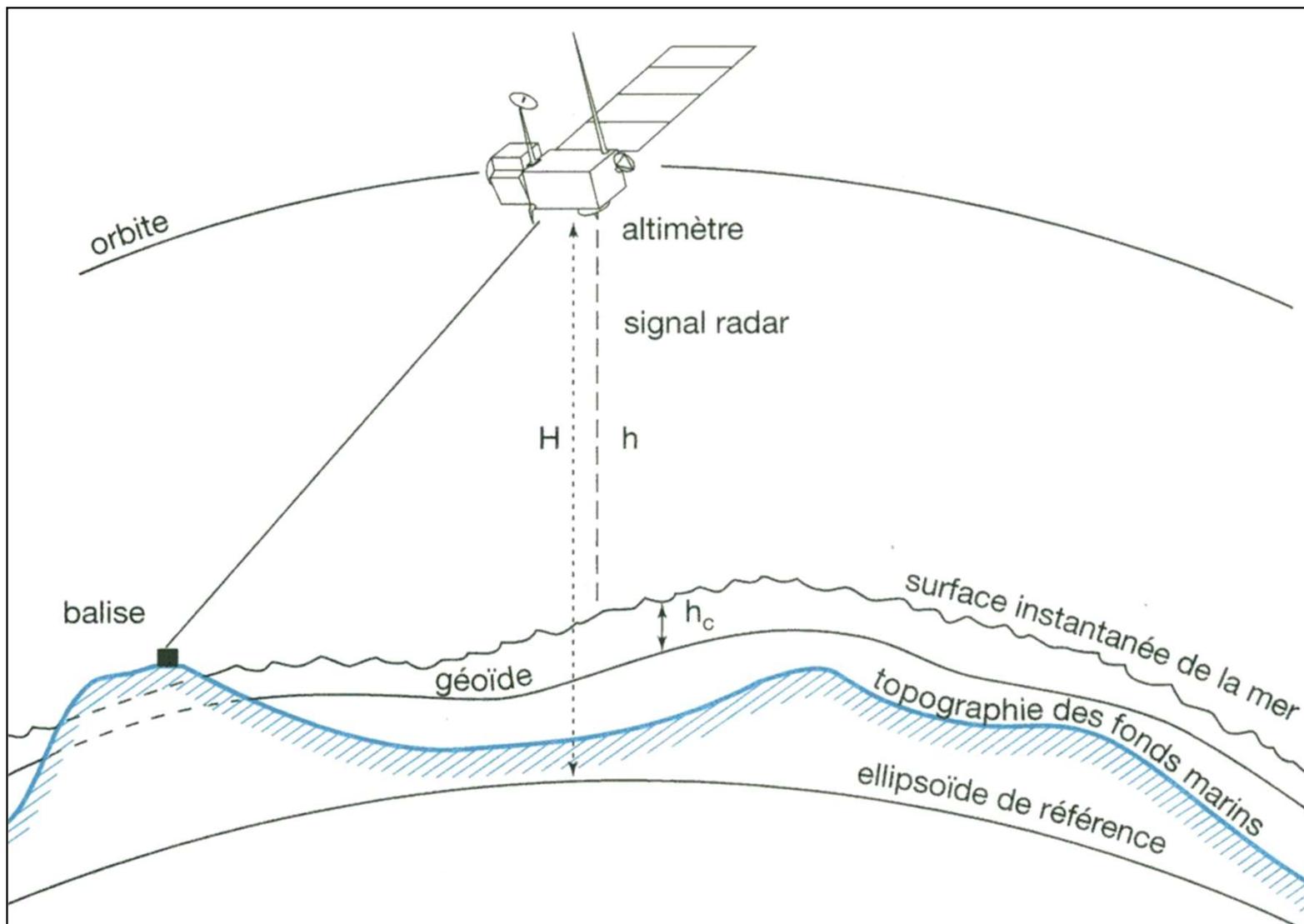
Les lignes de plus grandes pentes sont perpendiculaires aux courbes de niveau et la pente est plus forte là où les courbes sont les plus rapprochées (point 3).

Aux points 1 et 2 la pente est la même pour des altitudes différentes, alors que les points 1 et 3 sont à la même altitude (même courbe de niveau) avec des pentes différentes.

Si cette figure représente des équipotentiels de pesanteur. La pesanteur est plus forte là où les équipotentiels sont plus rapprochées (point 3). Aux points 1 et 2 la pesanteur est la même pour des potentiels différents, alors que les points 1 et 3 sont au même potentiel (même ligne équipotentielle) avec des pesanteurs différentes.



**Le géoïde**  
[www-geol.unine.ch](http://www-geol.unine.ch)



## **Document 15. Principes de l'altimétrie satellitale.**

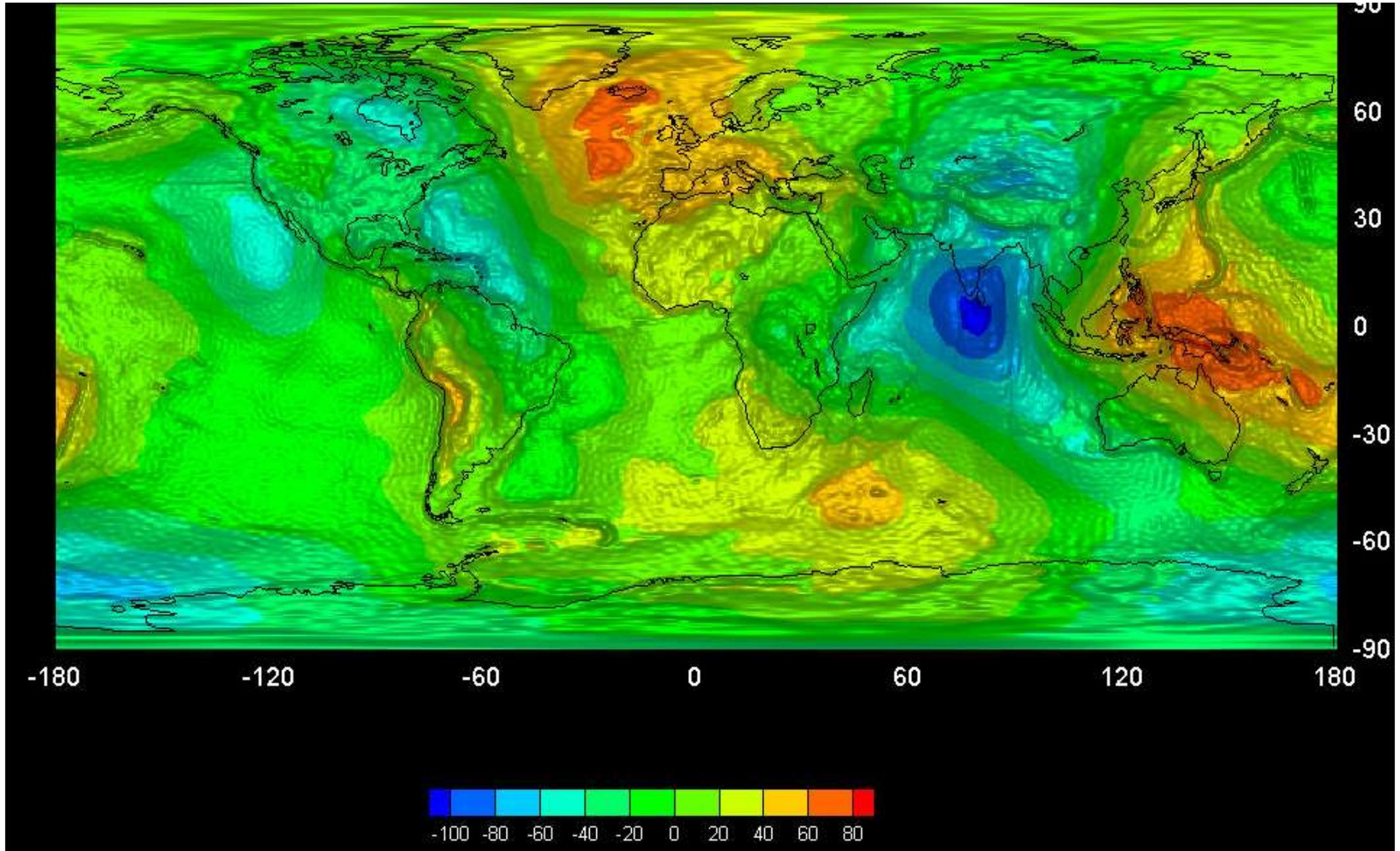
$H$  : distance du satellite à l'ellipsoïde (calculé).

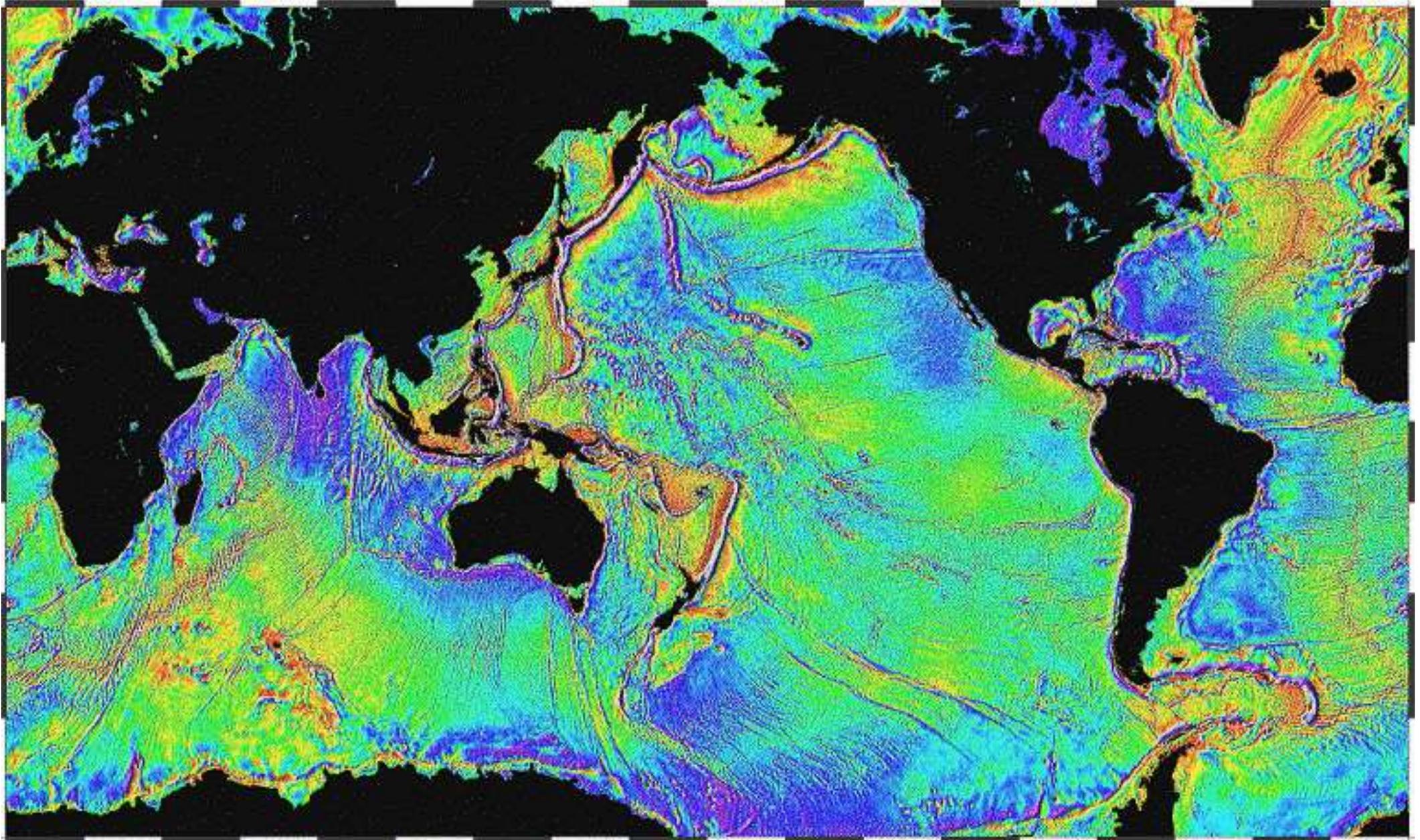
$h$  : distance entre le satellite et la surface de l'océan (mesuré).

$h_c$  : composante océanographique (hauteur dynamique de la circulation, variations du niveau de la mer dues à la pression atmosphérique et aux phénomènes océanographiques). Elle ne diffère que par des effets de petite amplitude.

(Schaaf. A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers ", Vuibert Ed.)

# Document 16. Les ondulations du géoïde à grandes longueurs d'onde.





**Le géoïde marin : ondulations à courtes longueurs d'onde.**

Ondulations à courte échelle du géoïde marin sont dues aux différences de gravité locales. Les amplitudes de ces variations sont de l'ordre de 2 m.

## Les **gravimètres absolus**

permettent la mesure directe de l'intensité du champ de pesanteur. Le principe consiste généralement à mesurer la chute dans le vide d'une masse : le temps de parcours d'une distance donnée permet d'accéder directement à la valeur  $g$ .

Les **gravimètres relatifs** utilisent en général des masses suspendues à des ressorts : la mesure de l'allongement des ressorts entre deux points permet d'accéder à la différence de l'intensité du champ de pesanteur entre ces deux points.



Un gravimètre relatif

# Formule de référence pour le calcul de g théorique :

Sur l'ellipsoïde de référence (ellipsoïde de Clairaut):

$$g_{\text{théorique}}(\lambda) = 978,04 (1 + 5,2 \cdot 10^{-2} \sin^2 \lambda - 5,9 \cdot 10^{-6} \sin^2 2\lambda)$$

avec :

g en gals (1 gal = 1 cm.s<sup>-2</sup>)

$\lambda$  latitude en radian

# Correction d'altitude ou correction à l'air libre

$$g = G.M / (R + h)^2$$

$$g_0 = G.M / R^2$$

$$g / g_0 = R^2 / (R + h)^2$$

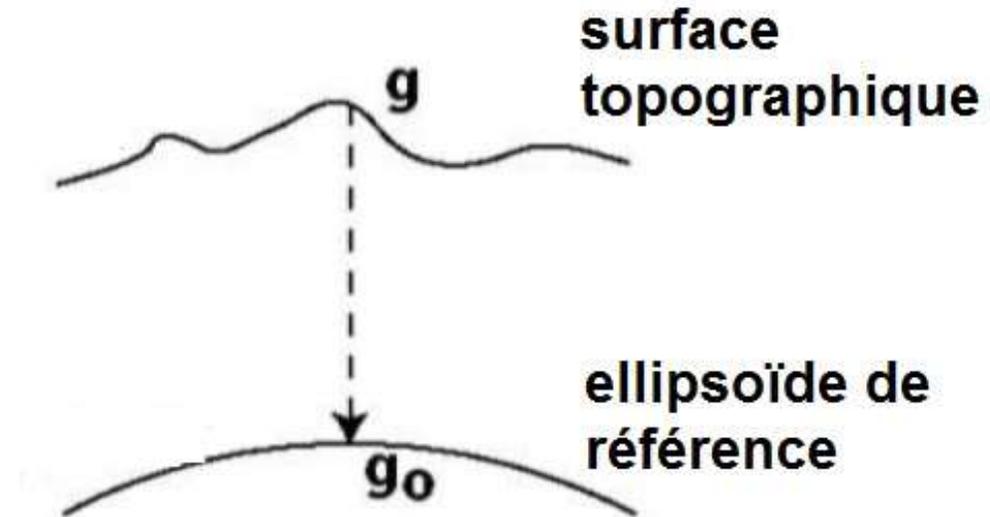
$$\text{d'où : } g = g_0 R^2 / (R + h)^2 = g_0 1 / (1 + h/R)^2$$

h est petit devant R donc  $(1 + h/R)^{-2} \approx 1 - 2h/R$

alors on peut écrire :

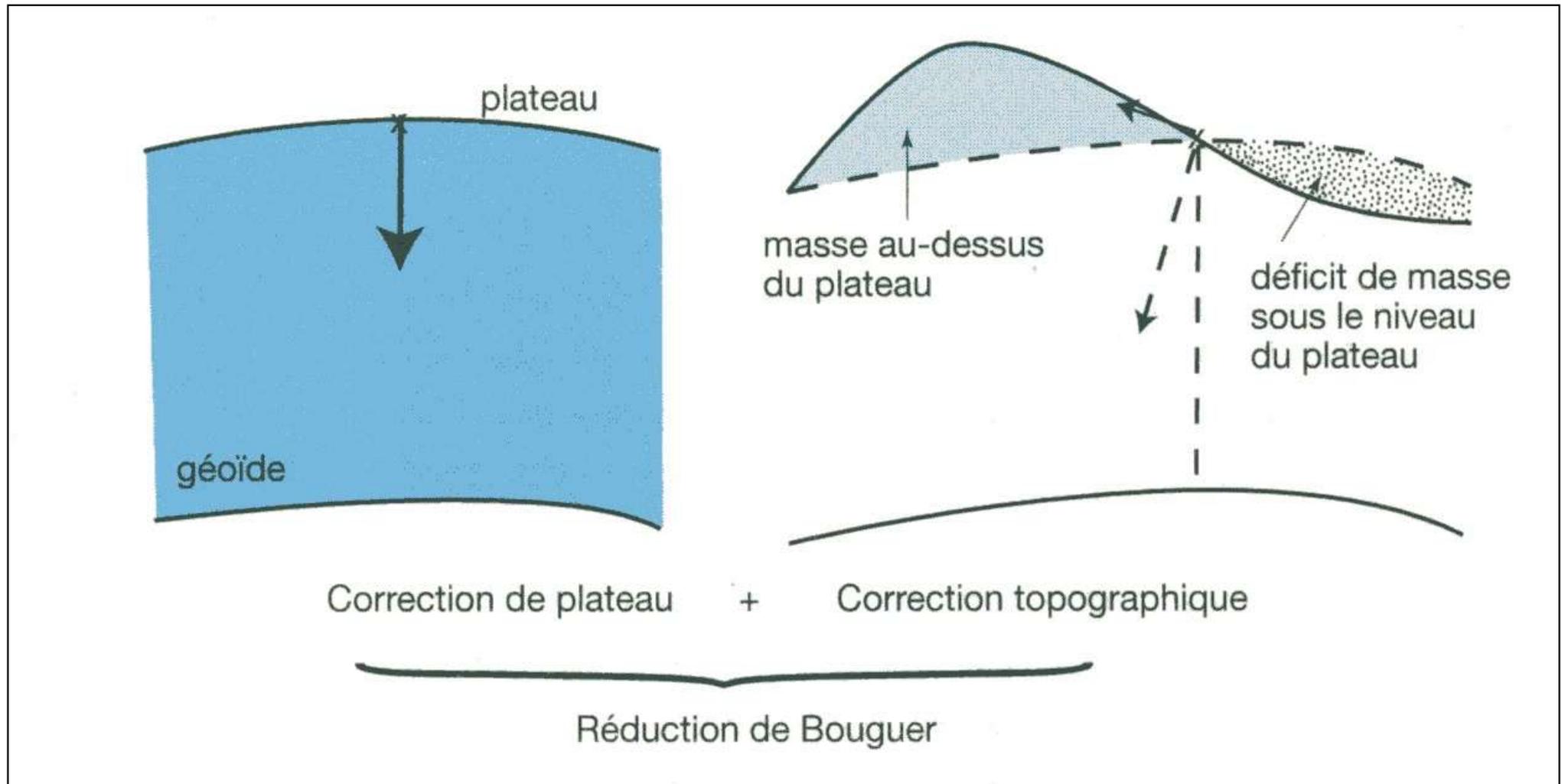
$$g = g_0 [1 - 2 h / R] = g_0 - \mathbf{2 h g_0 / R}$$

**terme de Faye**



# Document 17. Les corrections appliquées aux valeurs mesurées de la pesanteur.

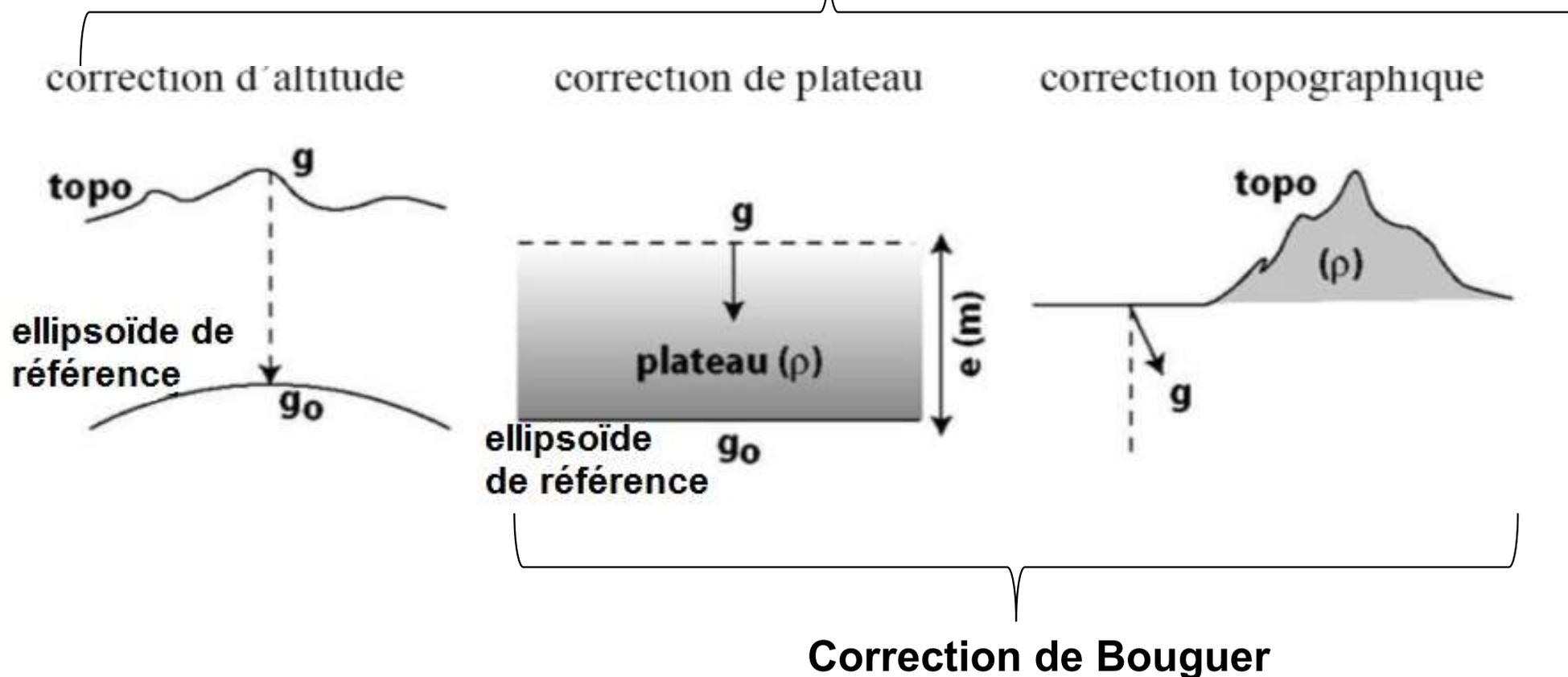
(Schaaf. A. et coll. « Sciences de la Terre et de l'Univers », Vuibert Ed.)

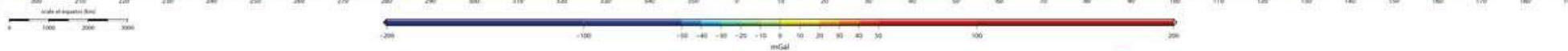
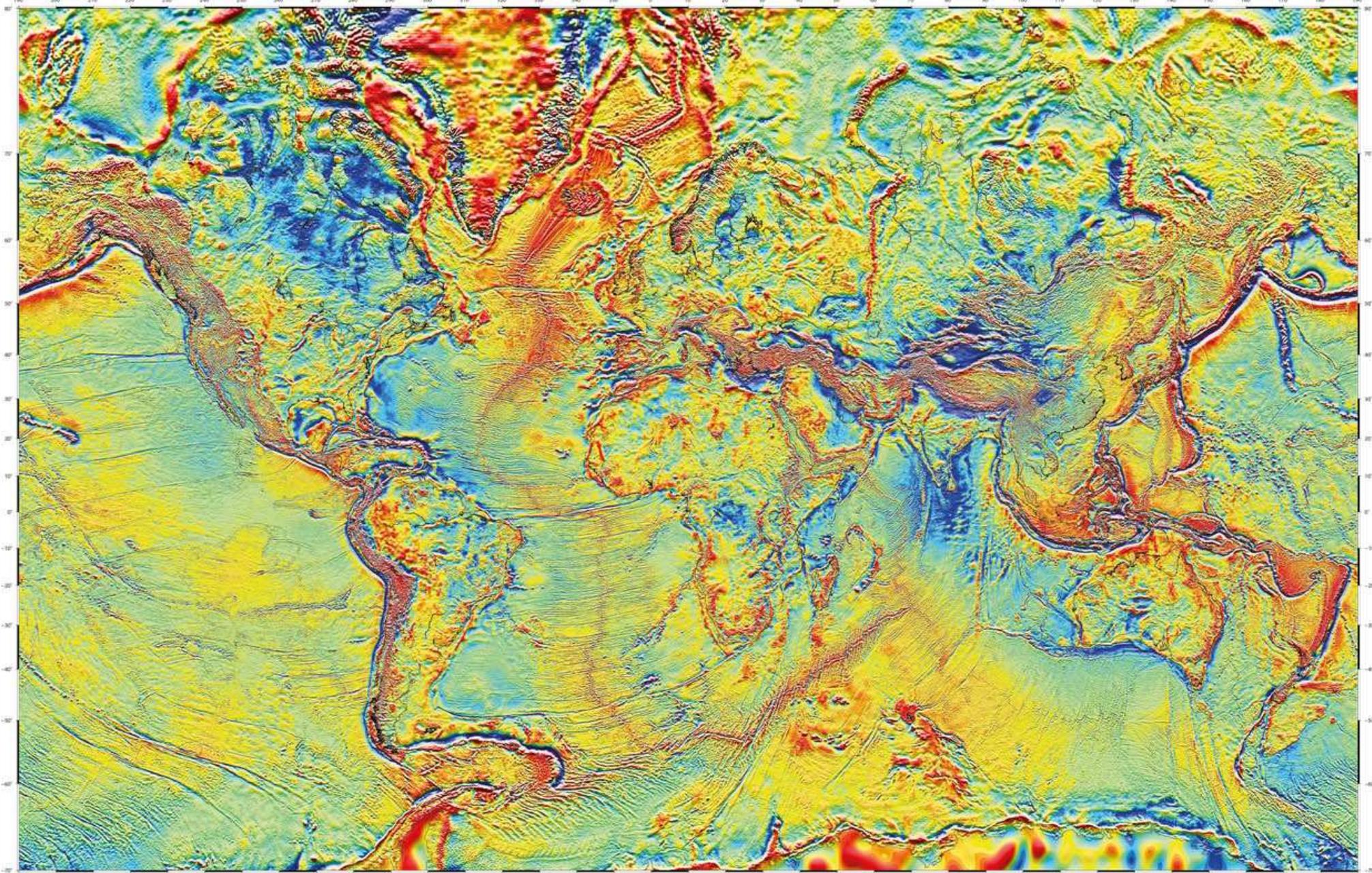


# Anomalie de BOUGUER = $\Delta g_b$

- valeur mesurée à la surface de la Terre (surface topographique) :  $g_{mes}$
- corrigée des effets d'altitude, de plateau et de relief :  $\pm \Delta g$
- comparée à la valeur de référence de l'intensité de la pesanteur sur l'ellipsoïde de Clairaut :  $- g_{théo}$

$$\Delta g_b = g_{mes} \pm \Delta g - g_{theo}$$





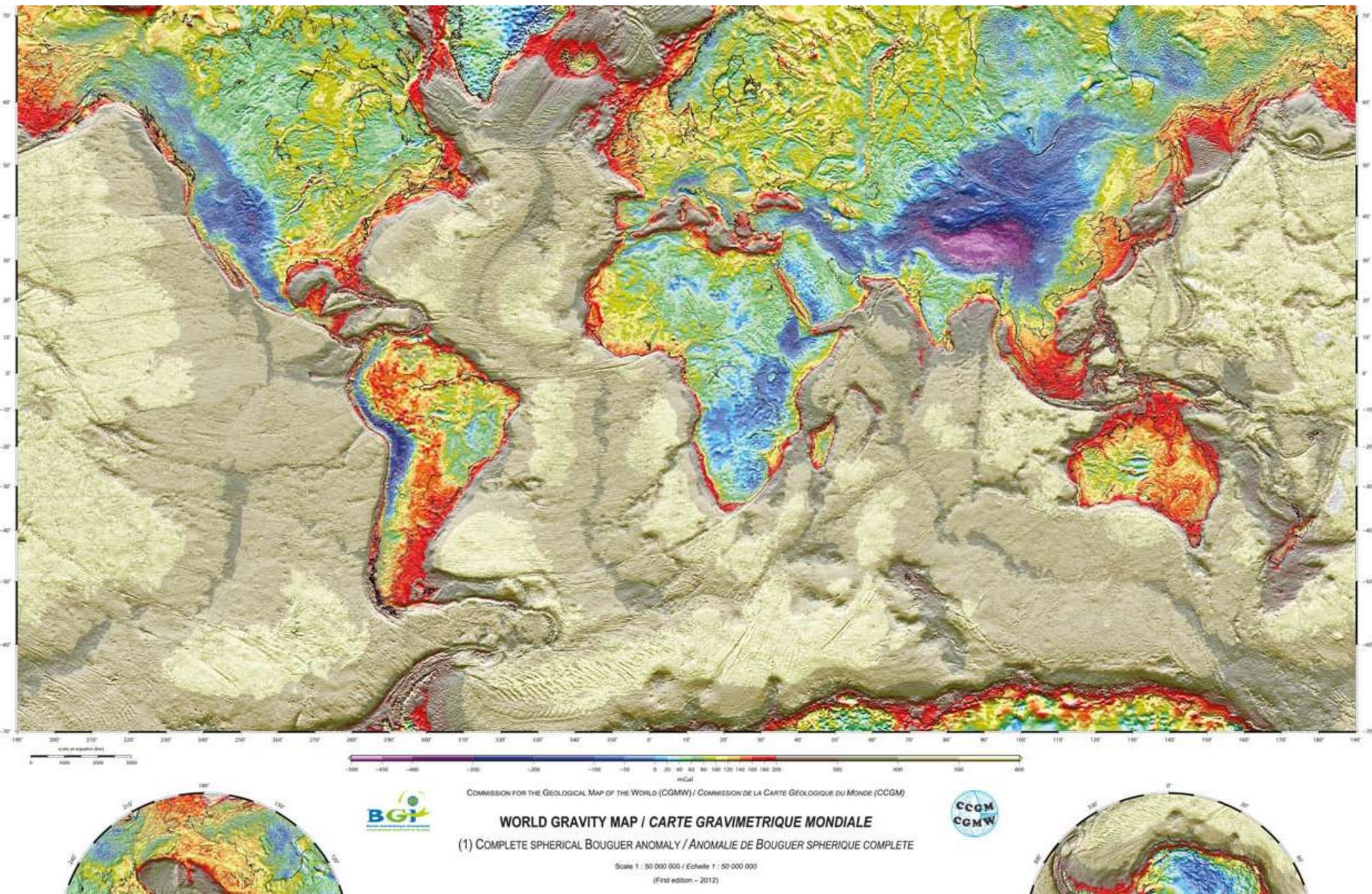
COMMISSION FOR THE GEOLOGICAL MAP OF THE WORLD (CGMW) / COMMISSION DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DU MONDE (CCGM)

WORLD GRAVITY MAP / CARTE GRAVIMÉTRIQUE MONDIALE

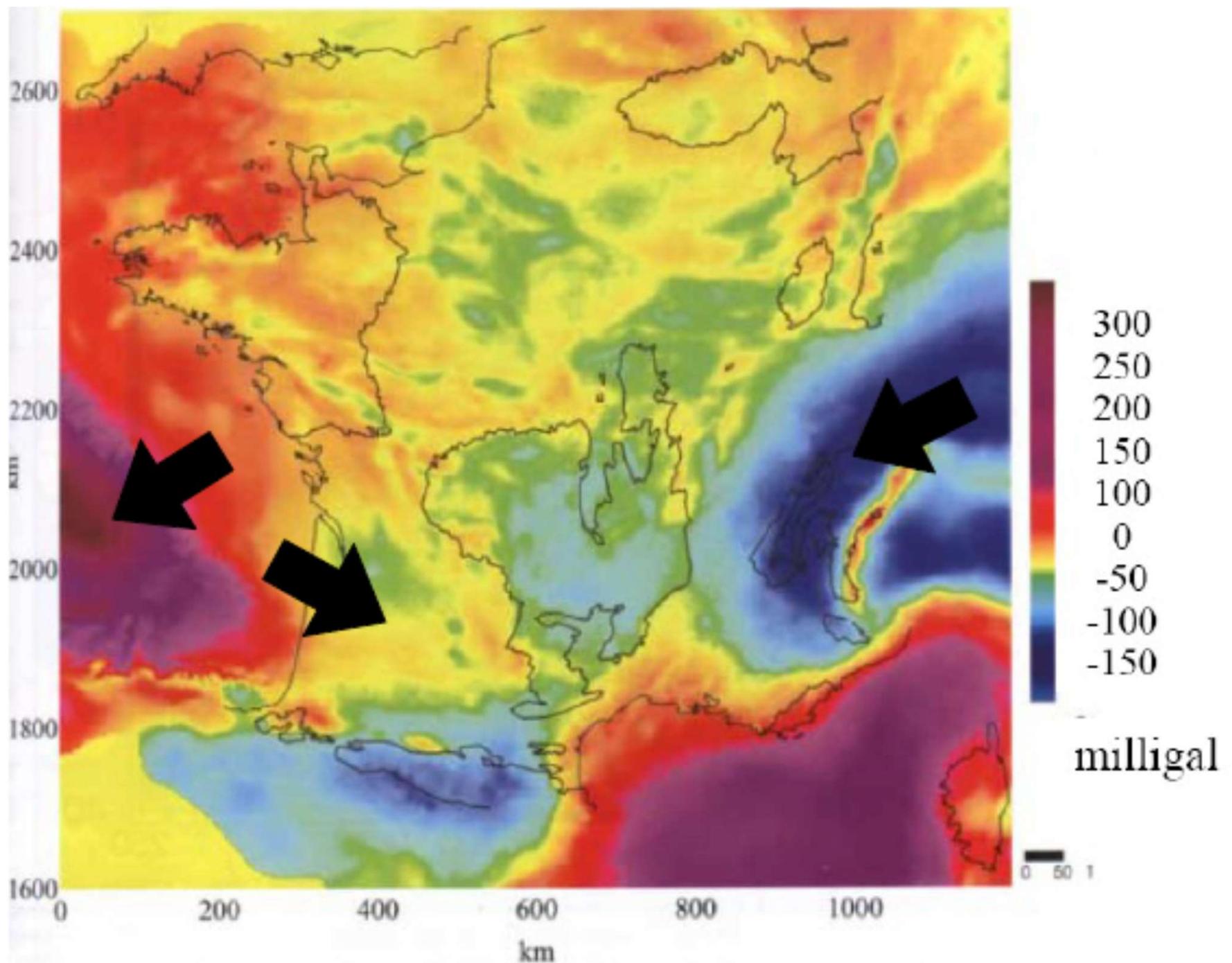


(3) FREE-AIR ANOMALY ON THE EARTH'S SURFACE / ANOMALIE À L'AIR LIBRE SUR LA SURFACE TERRESTRE

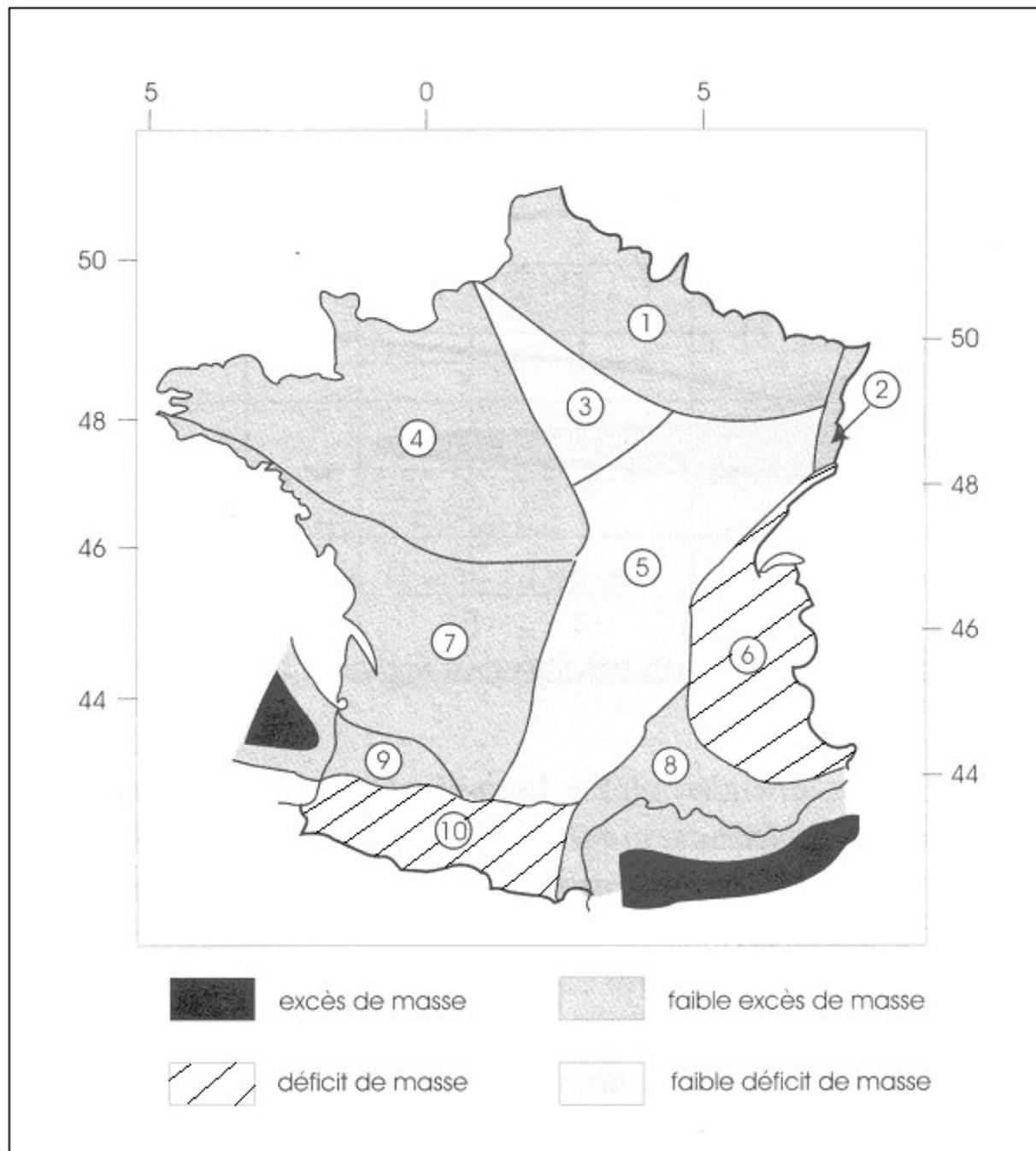
# Carte mondiale de l'anomalie à l'air libre



**Carte mondiale de l'anomalie de Bouguer**

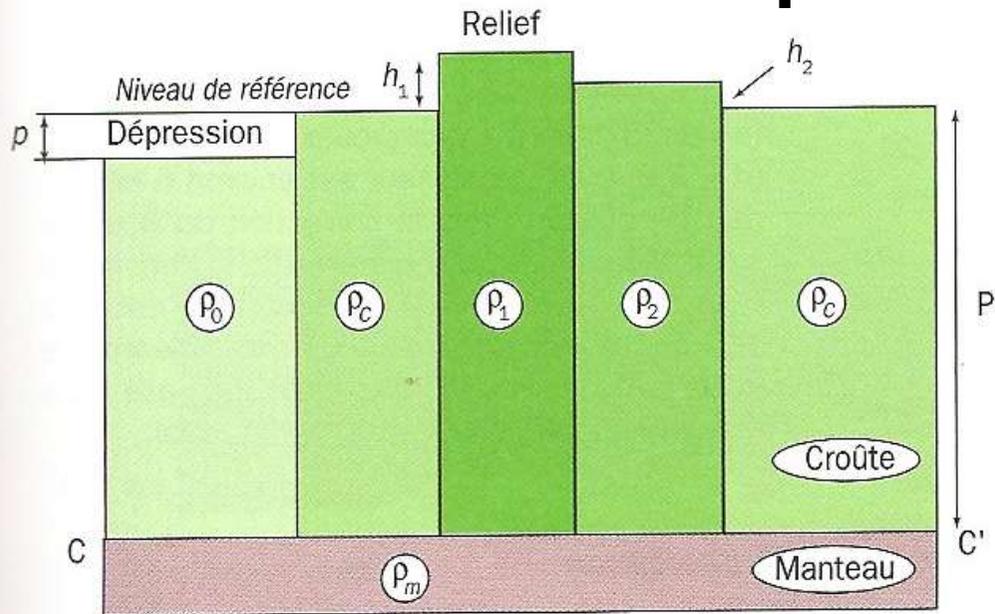


**Carte de l'anomalie de Bouguer de la France métropolitaine et du plateau continental** (copyright BRGM).



**Différents domaines présentant un excès ou un déficit de masse**

# Document 18. Modèles théoriques de compensation isostatique

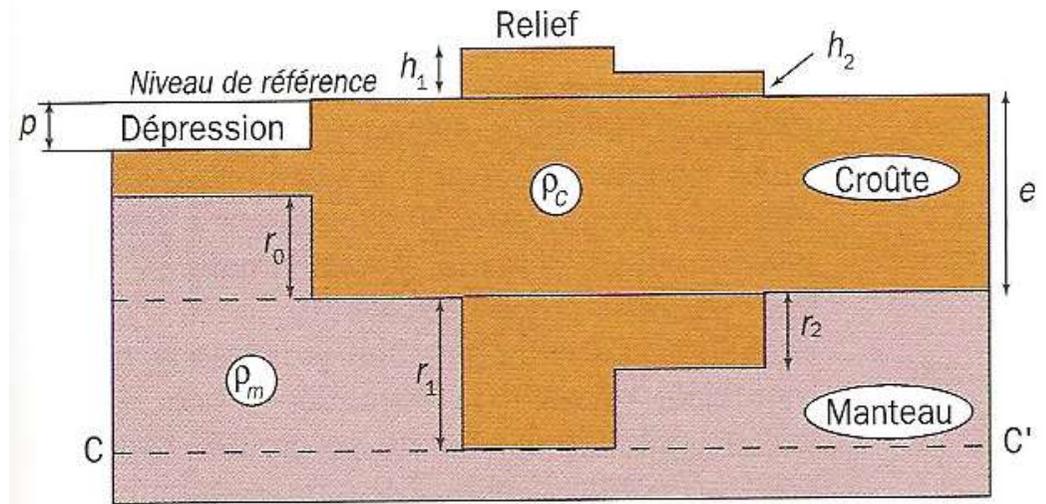


**(B) Modèle de Pratt**

Le relief est compensé par des variations latérales de densité (il n'y a pas de racines sous un relief positif comme ici, pas d'anti-racine sous un relief négatif).

La croûte peut être découpée en blocs de tailles et densités variables mais les bases de tous les blocs sont à la même profondeur.

La surface de compensation correspond donc au Moho (ou à la LVZ).



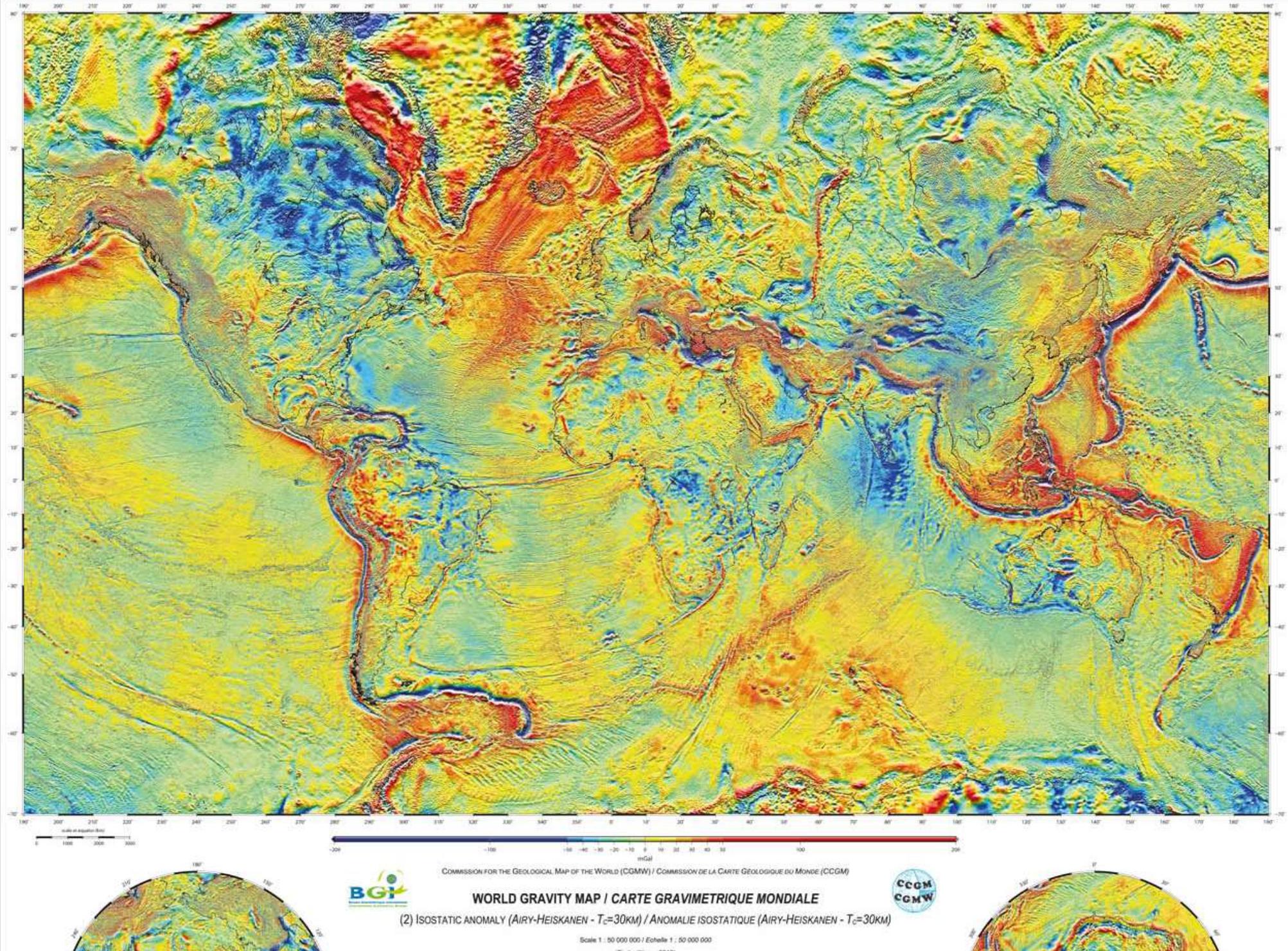
**(A) Modèle d'Airy**

La compensation du relief positif est réalisée par une racine crustale

La croûte peut être découpée en blocs de tailles différentes mais de densité constante.

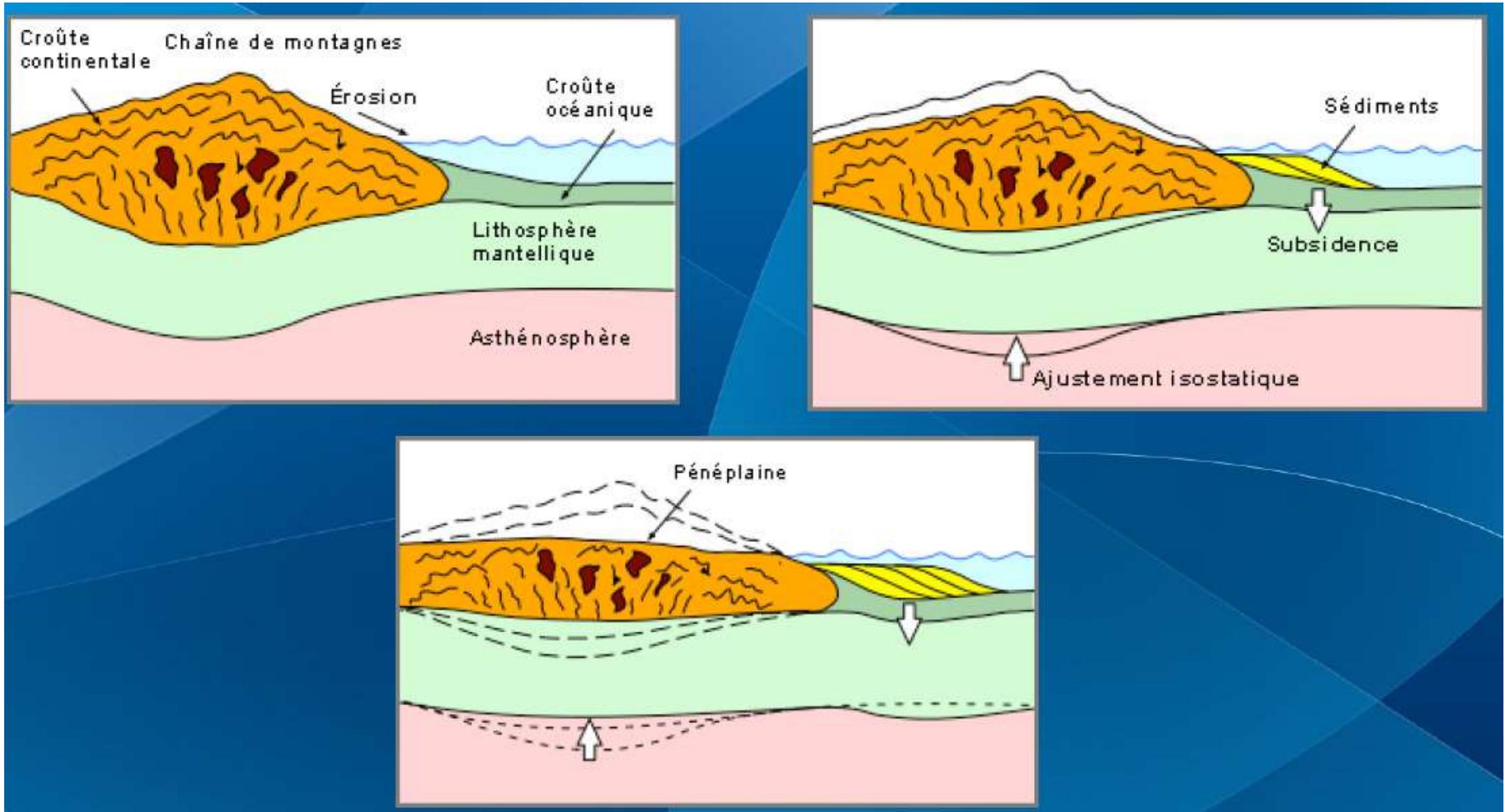
Le relief positif ET la racine, résultent d'un épaissement crustal.

La surface de compensation (surface la moins profonde où il y a égalité des pressions) correspond au Moho (ou à la LVZ) du bloc le plus épais.



# Carte mondiale de l'anomalie isostatique

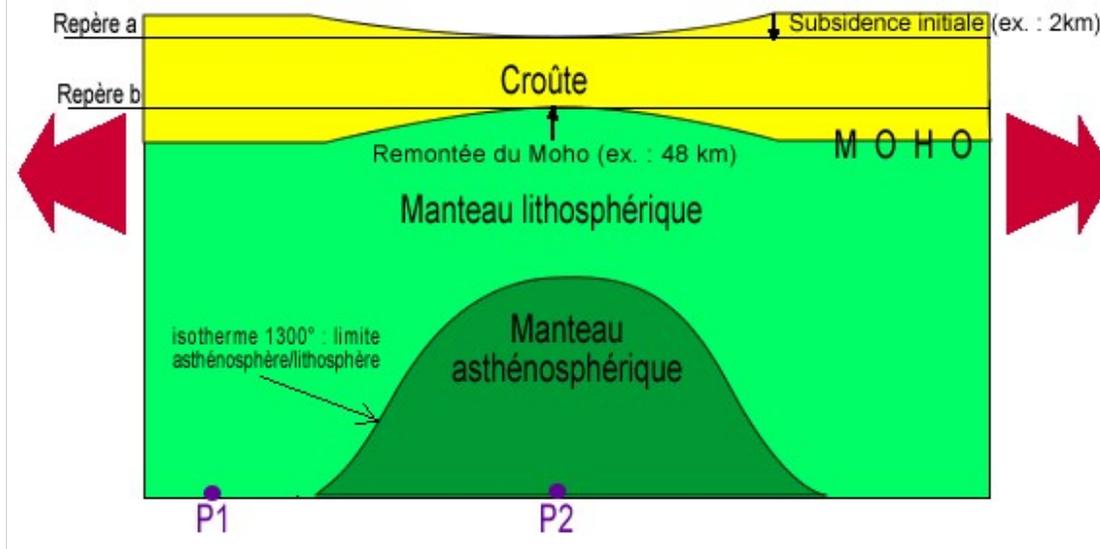
# Isostasie et érosion des chaînes de montagne



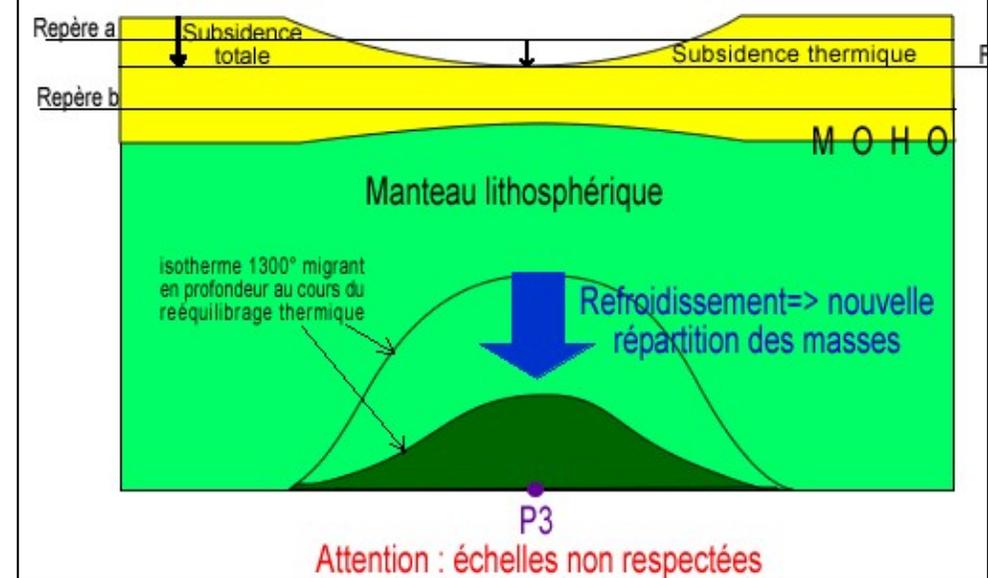
1- Stade initial avant l'étirement mécanique et l'amincissement



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



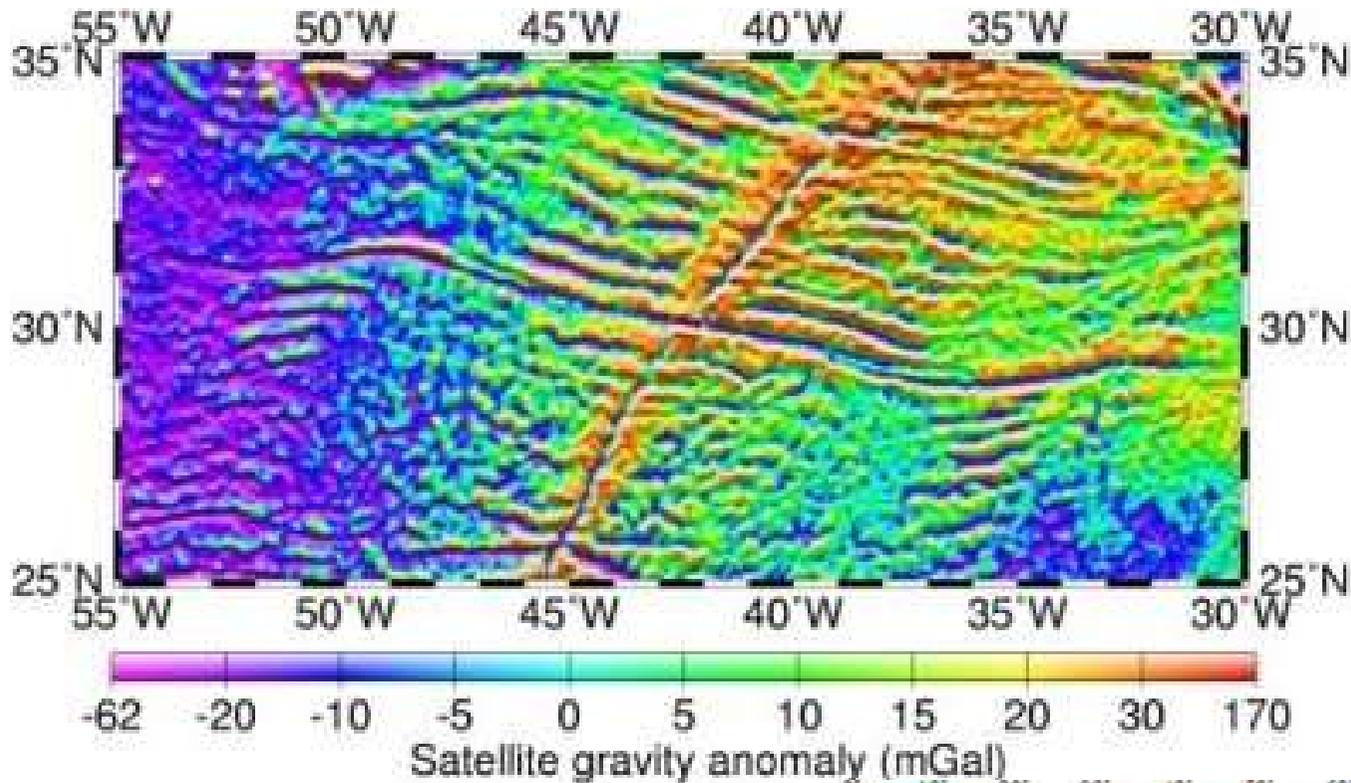
3- Phase de subsidence thermique après rééquilibrage thermique



## Document 19. 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/>)

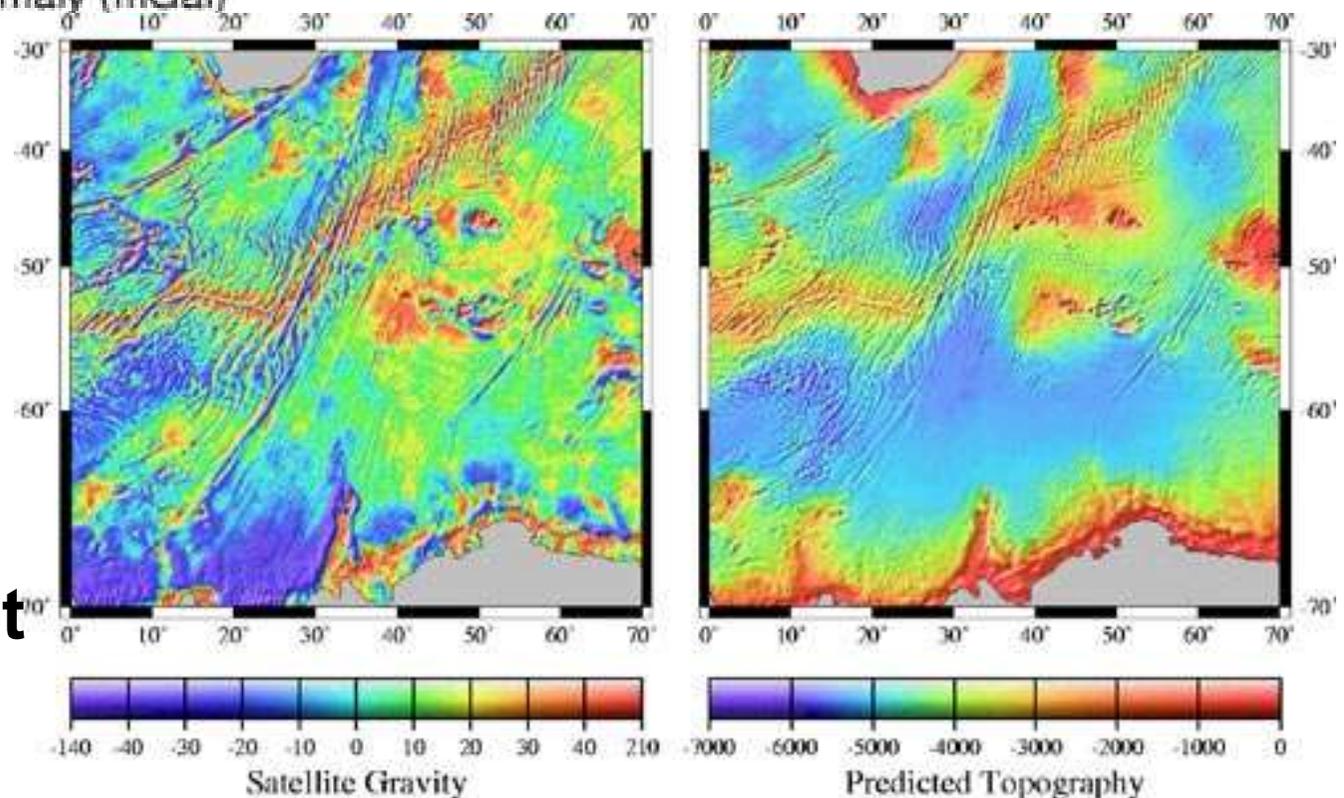


# Anomalies de gravité (ondulations du géoïde) dans l'Atlantique Nord

en milligals :  
 $1 \text{ mGal} = 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$

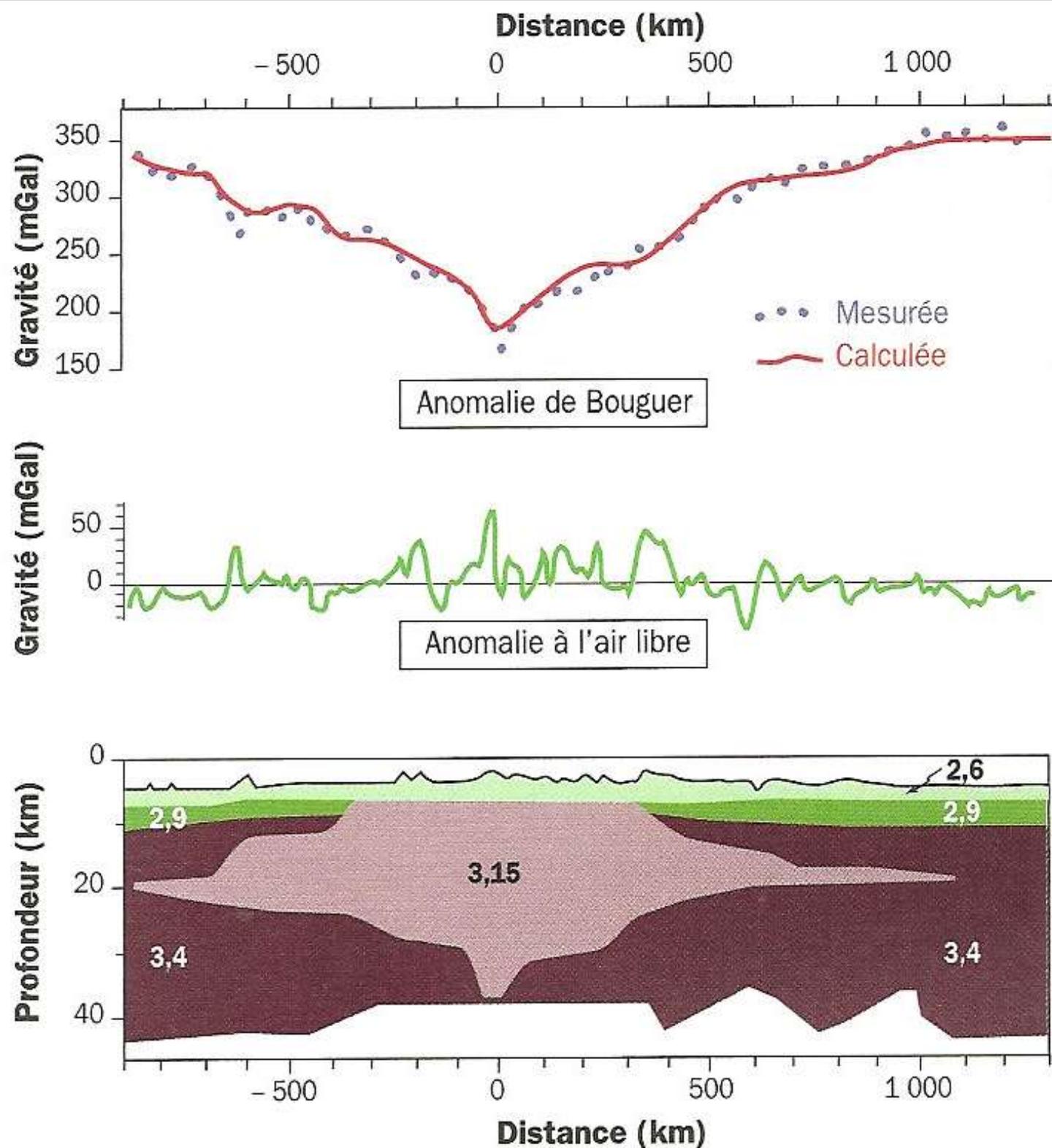
[www.aviso.oceanobs.com](http://www.aviso.oceanobs.com)

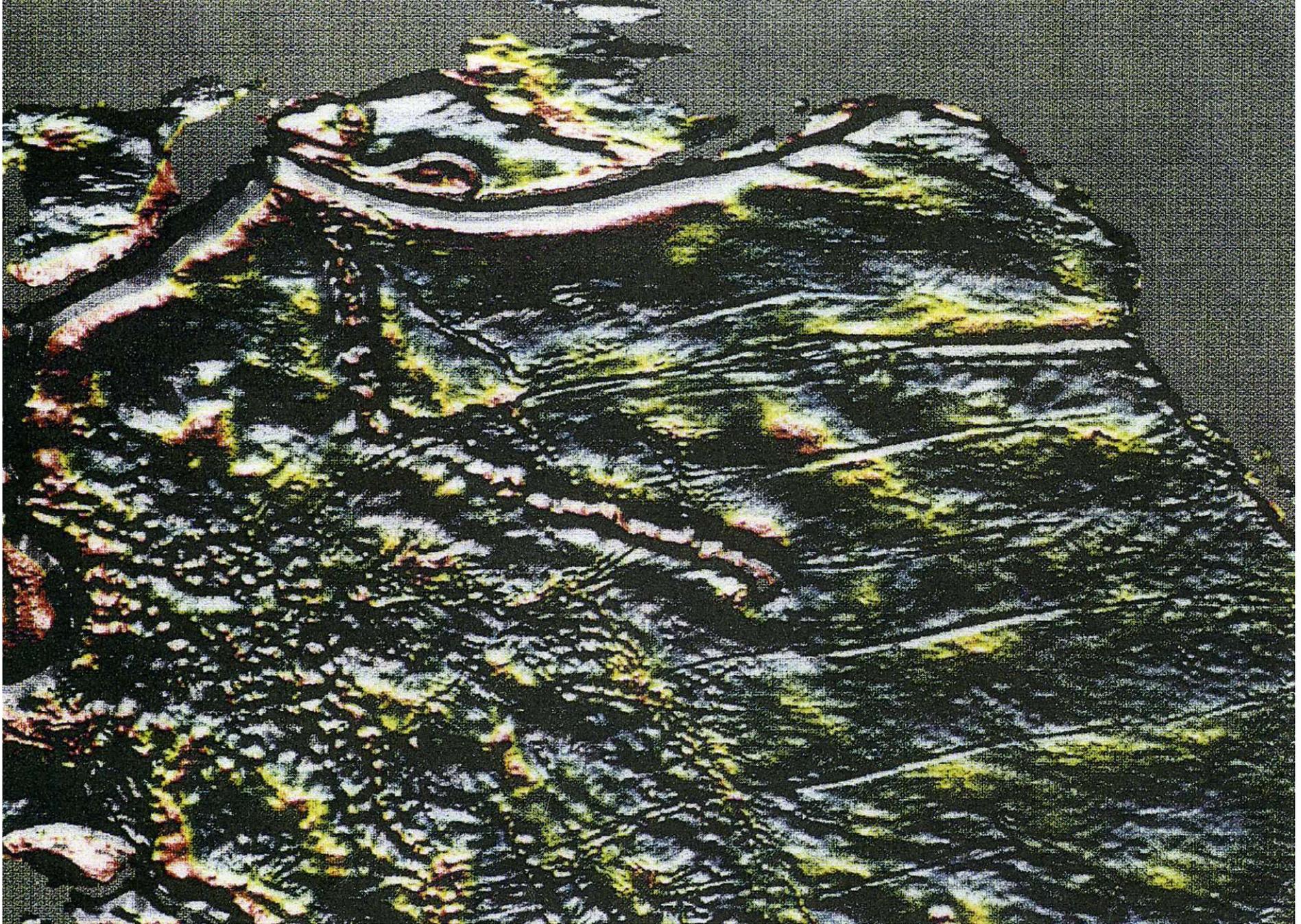
**Anomalies de gravité (à gauche) calculées à partir de l'altimétrie et topographie (à droite) déduite de ces anomalies de gravité et de mesures in-situ**



## Document 20. Anomalies de gravité et structure de la lithosphère au niveau de la dorsale Atlantique (32°N).

(C. Robert et R. Bousquet « Géosciences : la dynamique du système Terre » Belin, 2013).



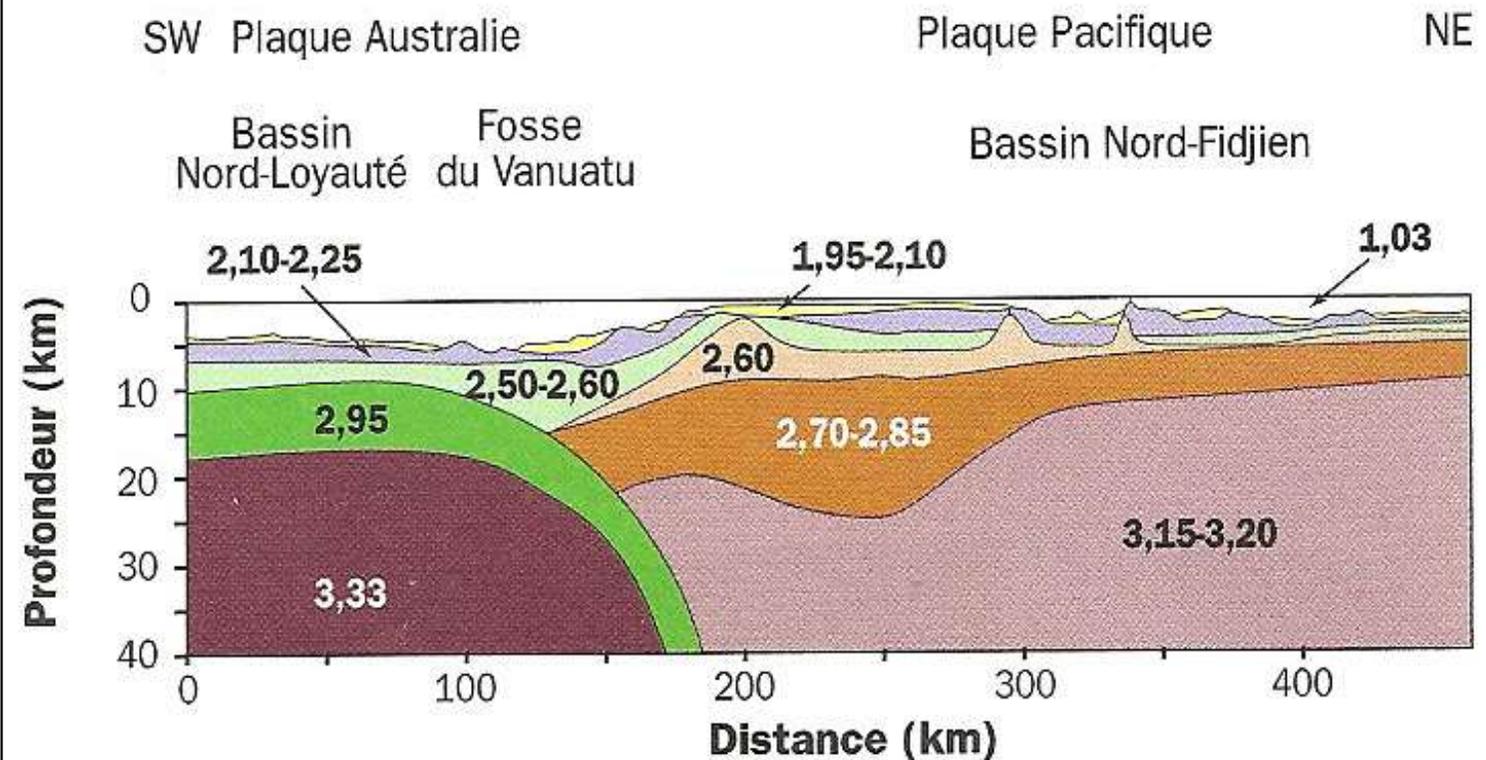
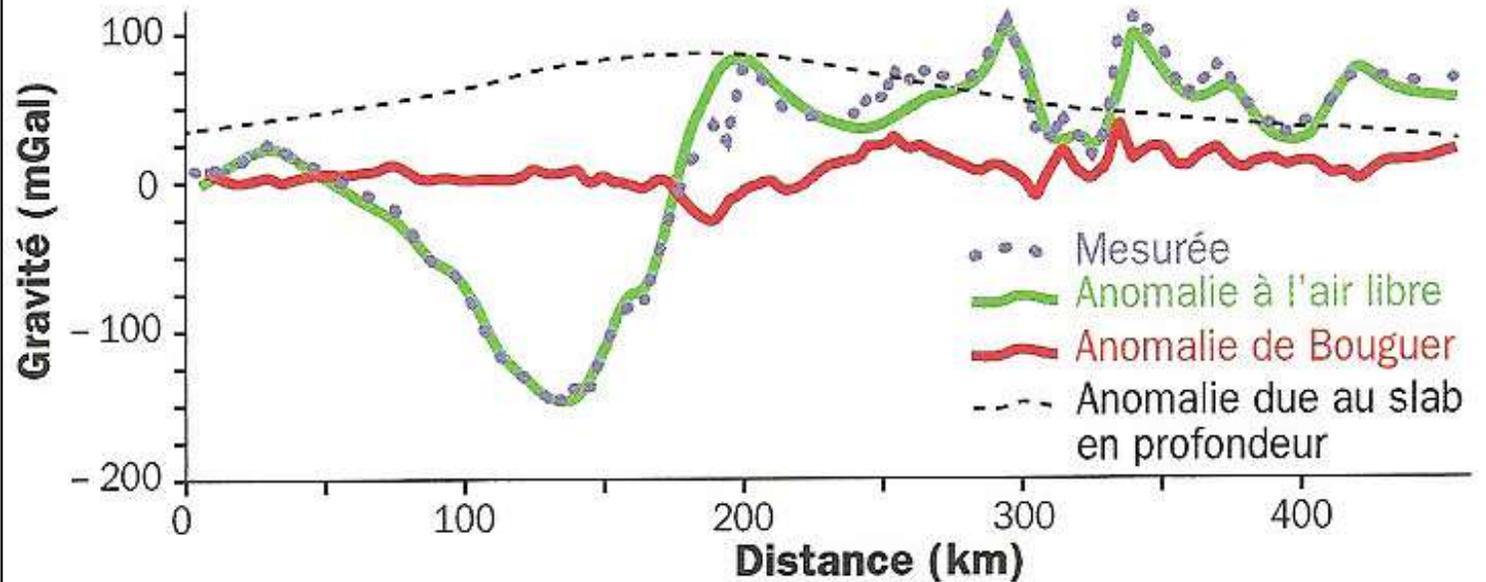


**Ondulations à petites et moyennes échelles spatiales du géoïde dans le Pacifique (document CRGS).** La zone représentée s'étend de 10° de latitude S à 70° de latitude N et de 140 à 250° de longitude.

# Document 21. Anomalies gravimétriques et structure de la lithosphère au-dessus de l'arc du Vanuatu (Nouvelles-Hébrides).

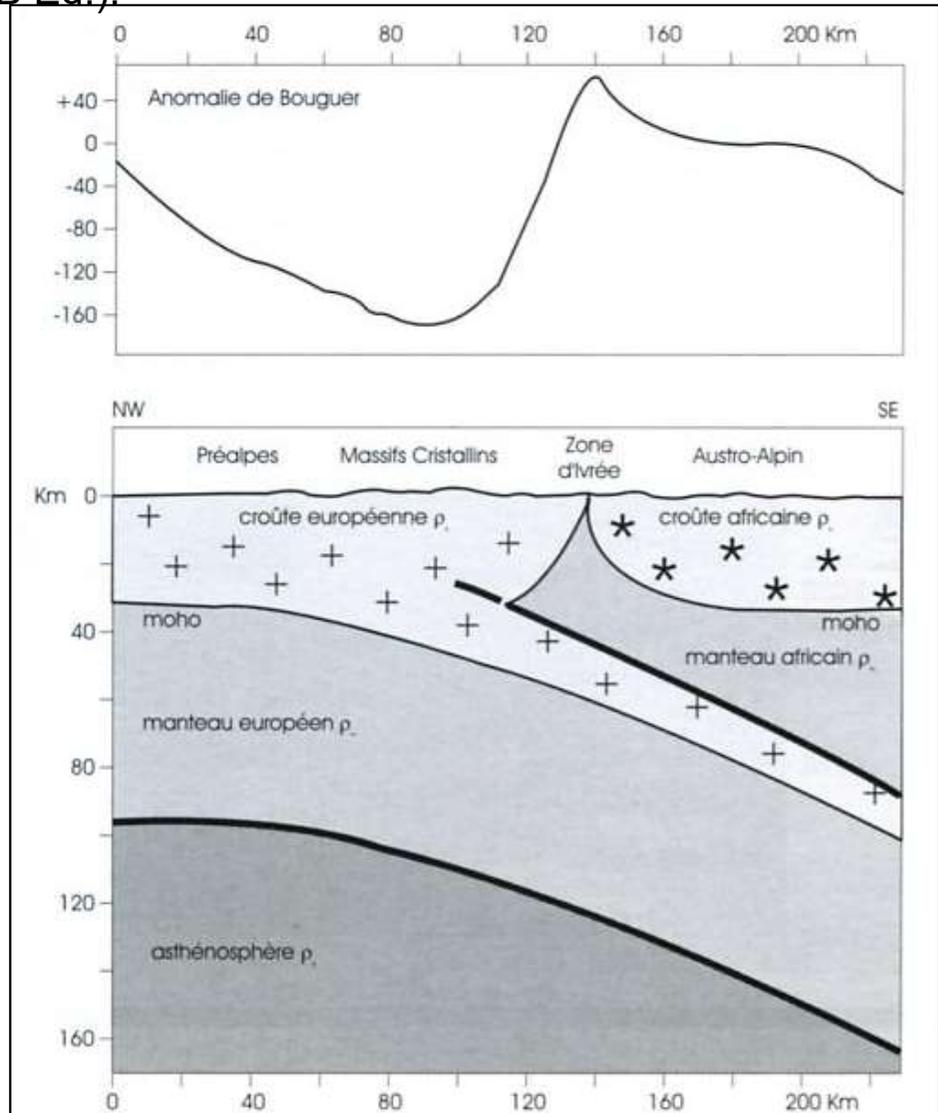
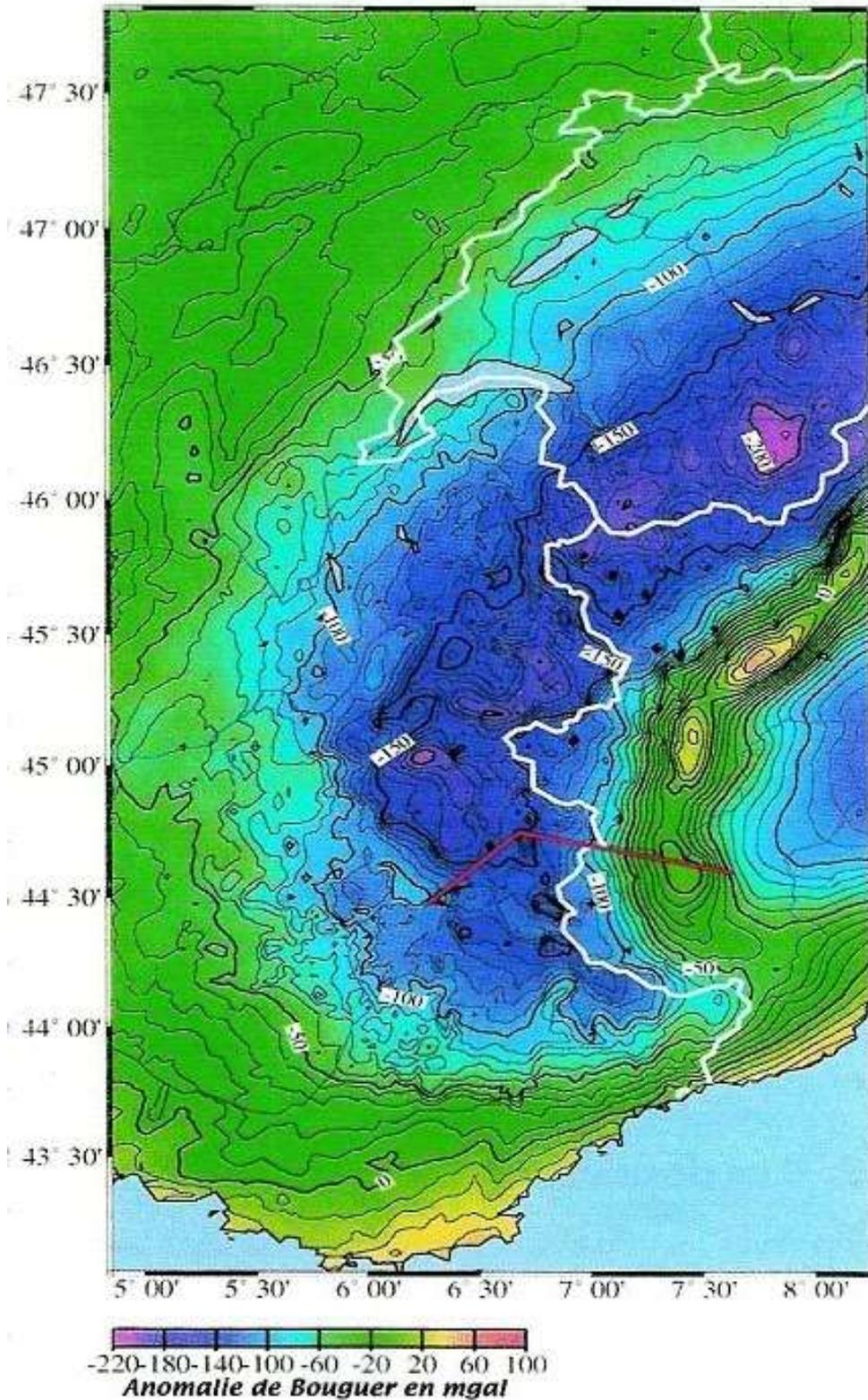
Cette région correspond à la subduction Papouasie – Nouvelle Guinée – Salomon – Vanuatu entre la plaque Australie et la plaque Pacifique.

(C. Robert et R. Bousquet « Géosciences : la dynamique du système Terre »)



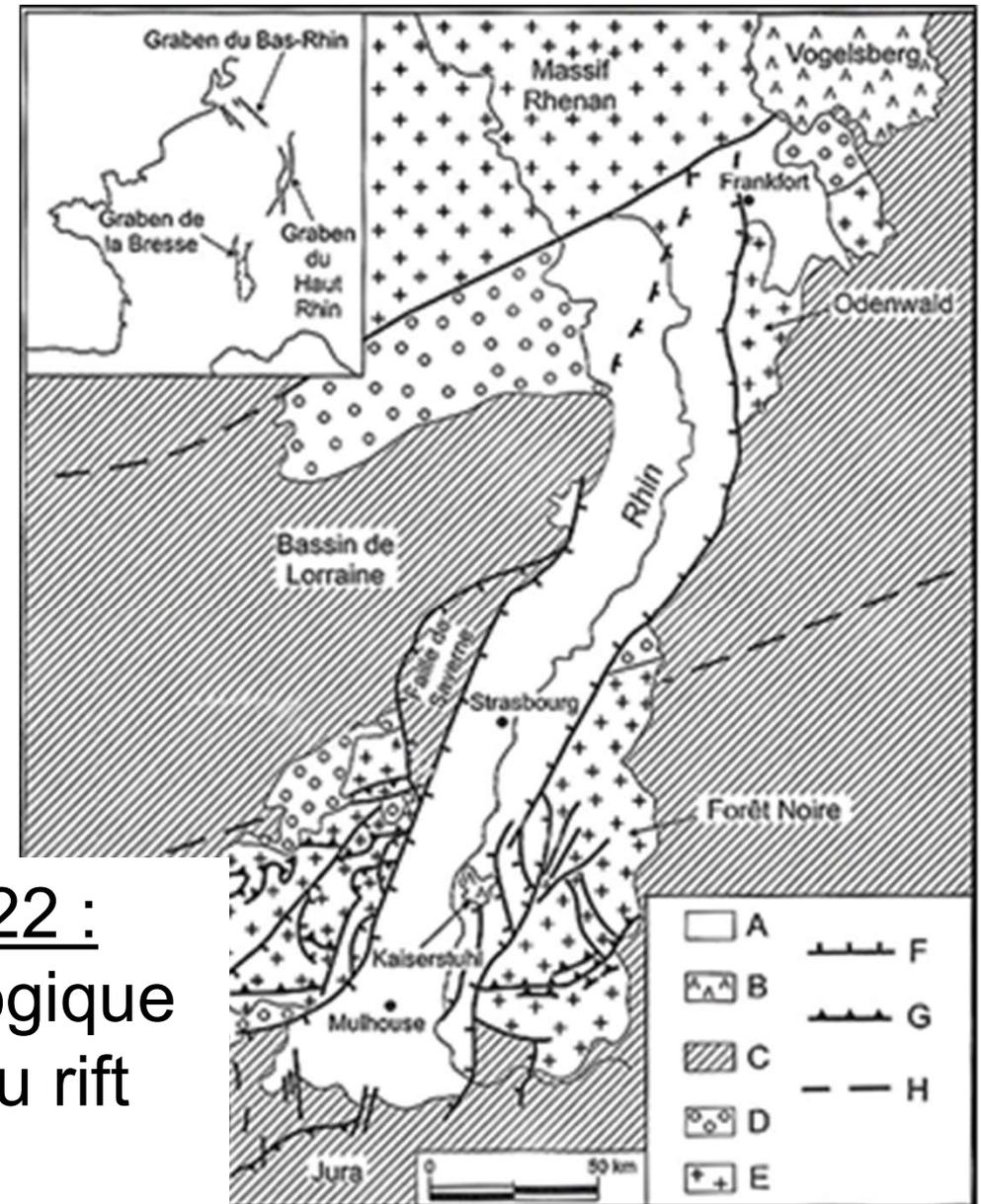
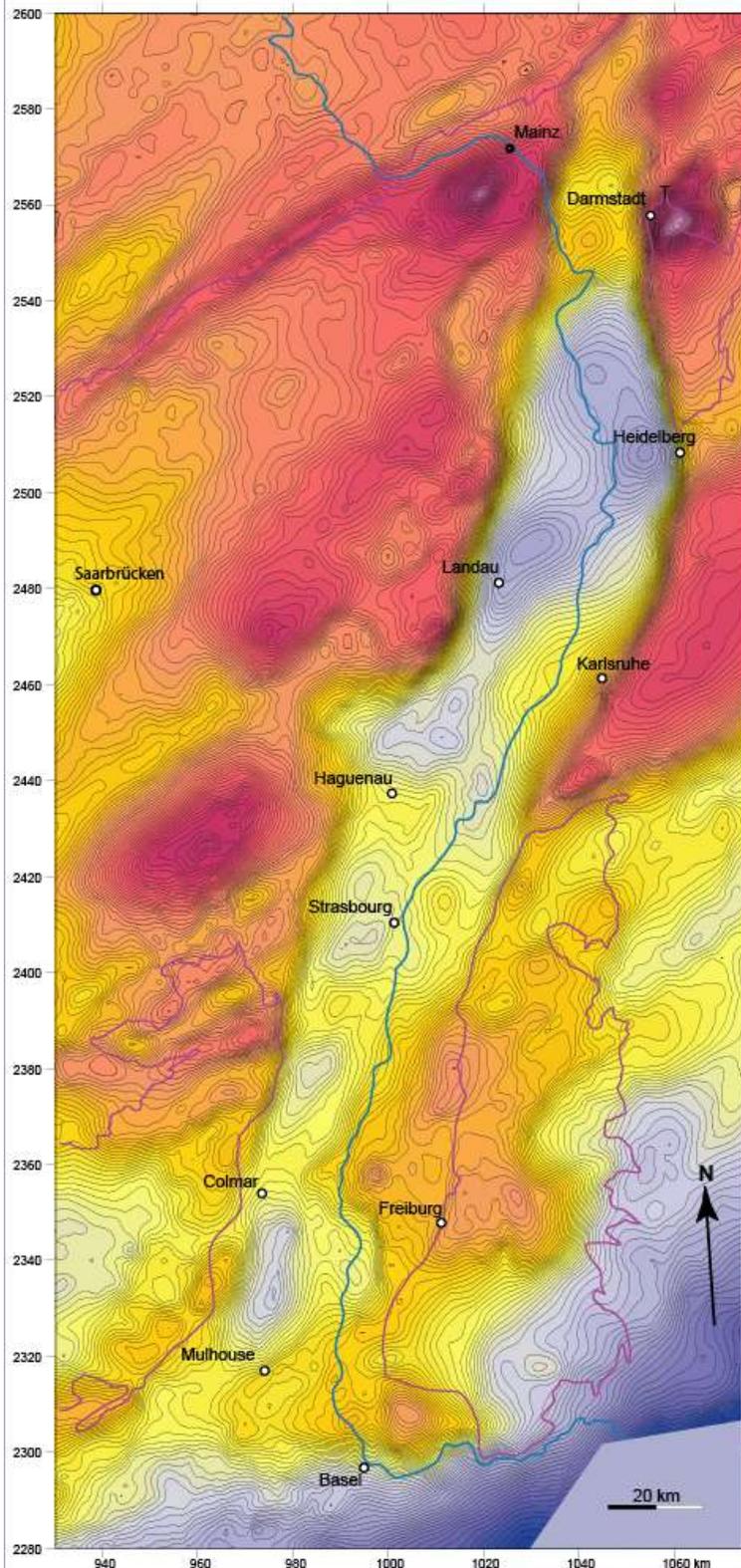
# Anomalie de Bouguer dans les Alpes et interprétation : structure de la lithosphère (les données sismiques – profil ECORS – sont également prises en compte).

(Larroque C. et Virieux J. " Physique de la Terre solide " G et B Ed.).

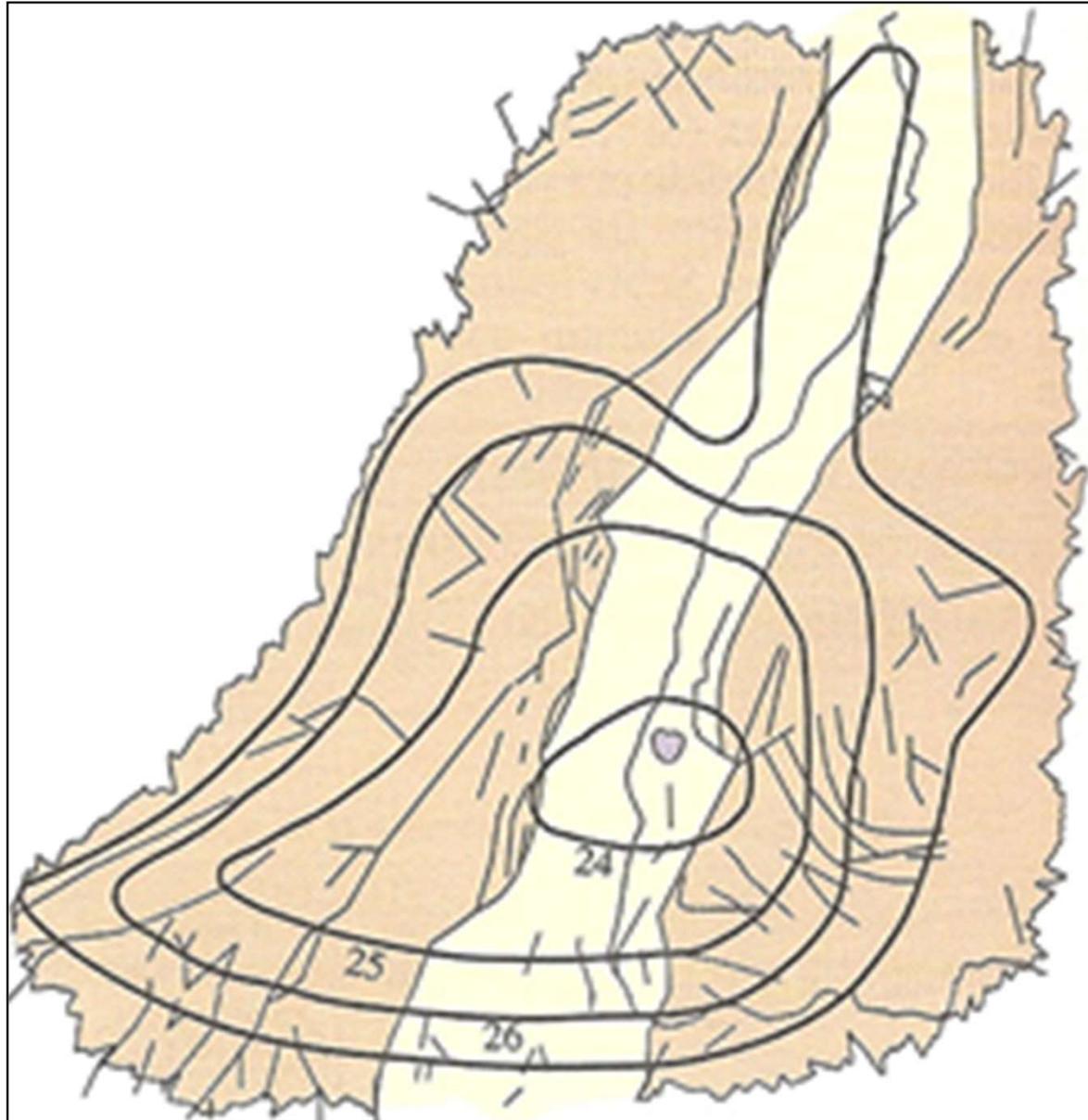


# Anomalie de Bouguer dans le fossé rhénan

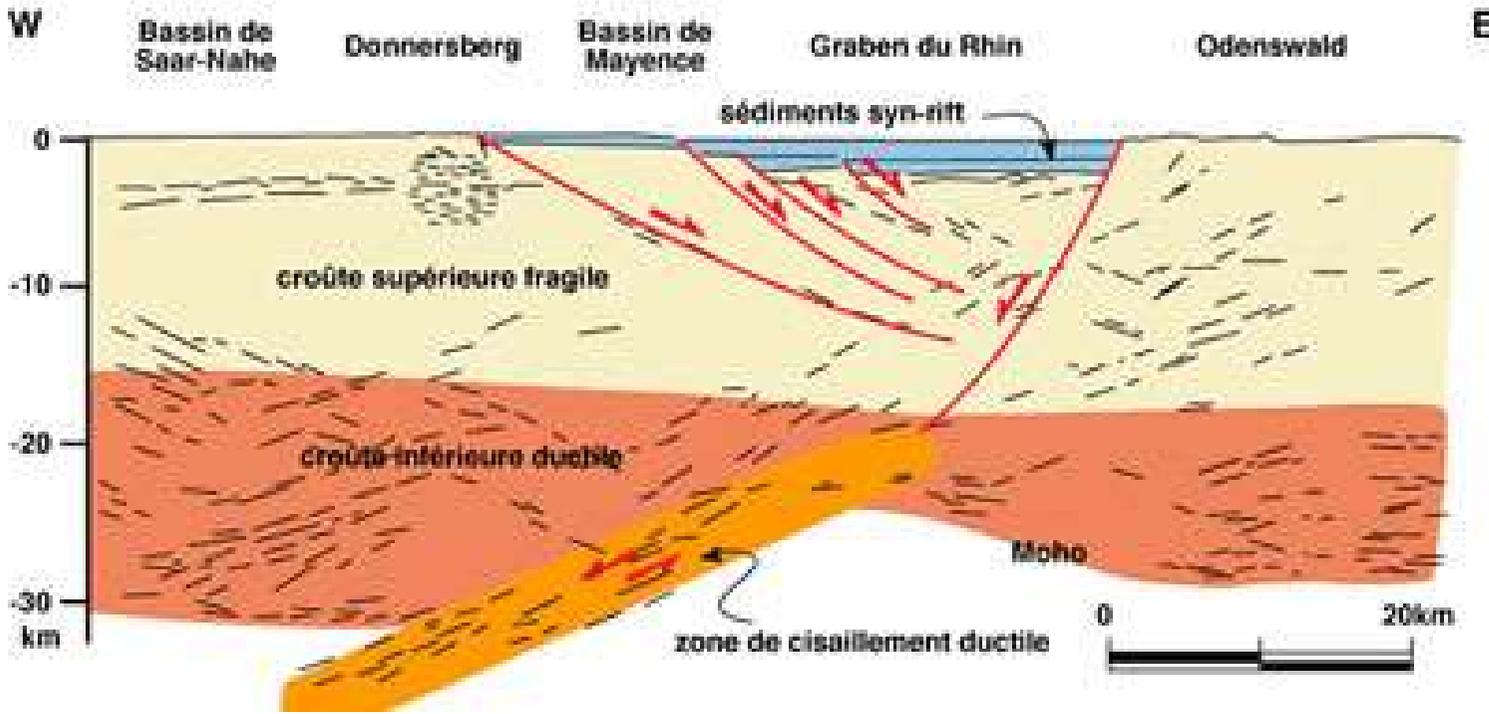
(Y. Roststein, J.B. Edel, D. Boulanger, G. Gabriel, M. Schaming)



Document 22 :  
Carte géologique simplifiée du rift rhénan.

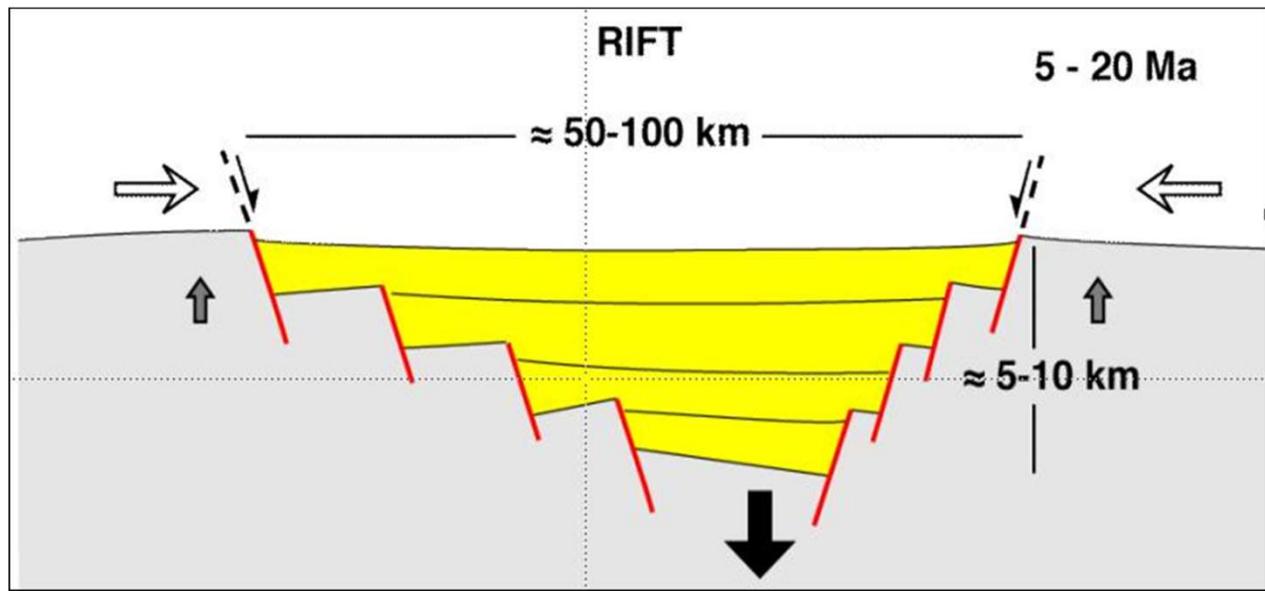


Document 23 : Carte d'isobathes du Moho au niveau du fossé rhénan.

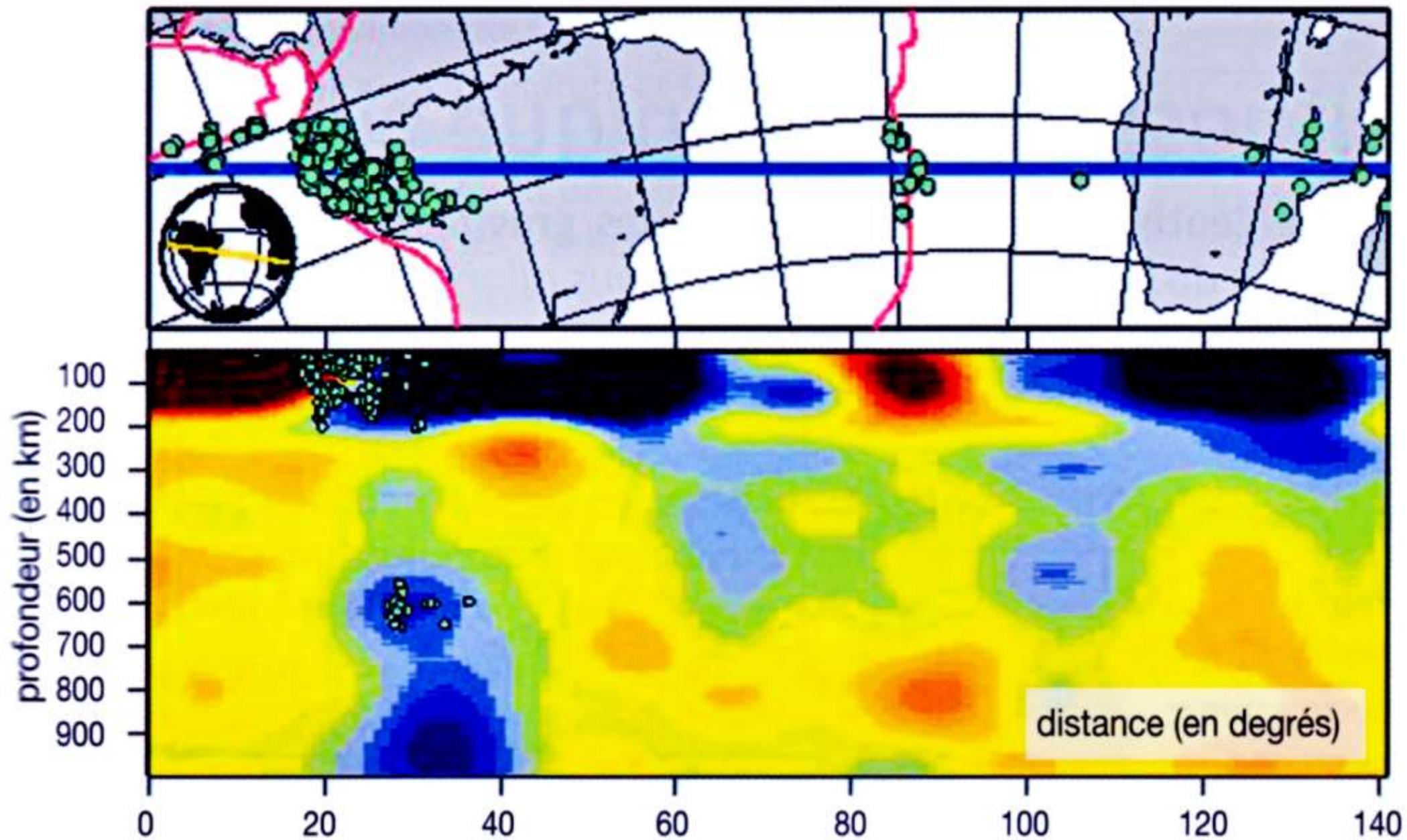


Profil sismique dans le nord du graben du Rhin  
 Coupe interprétée montrant les relations entre les failles dans la croûte supérieure et la zone de cisaillement dans la croûte inférieure.

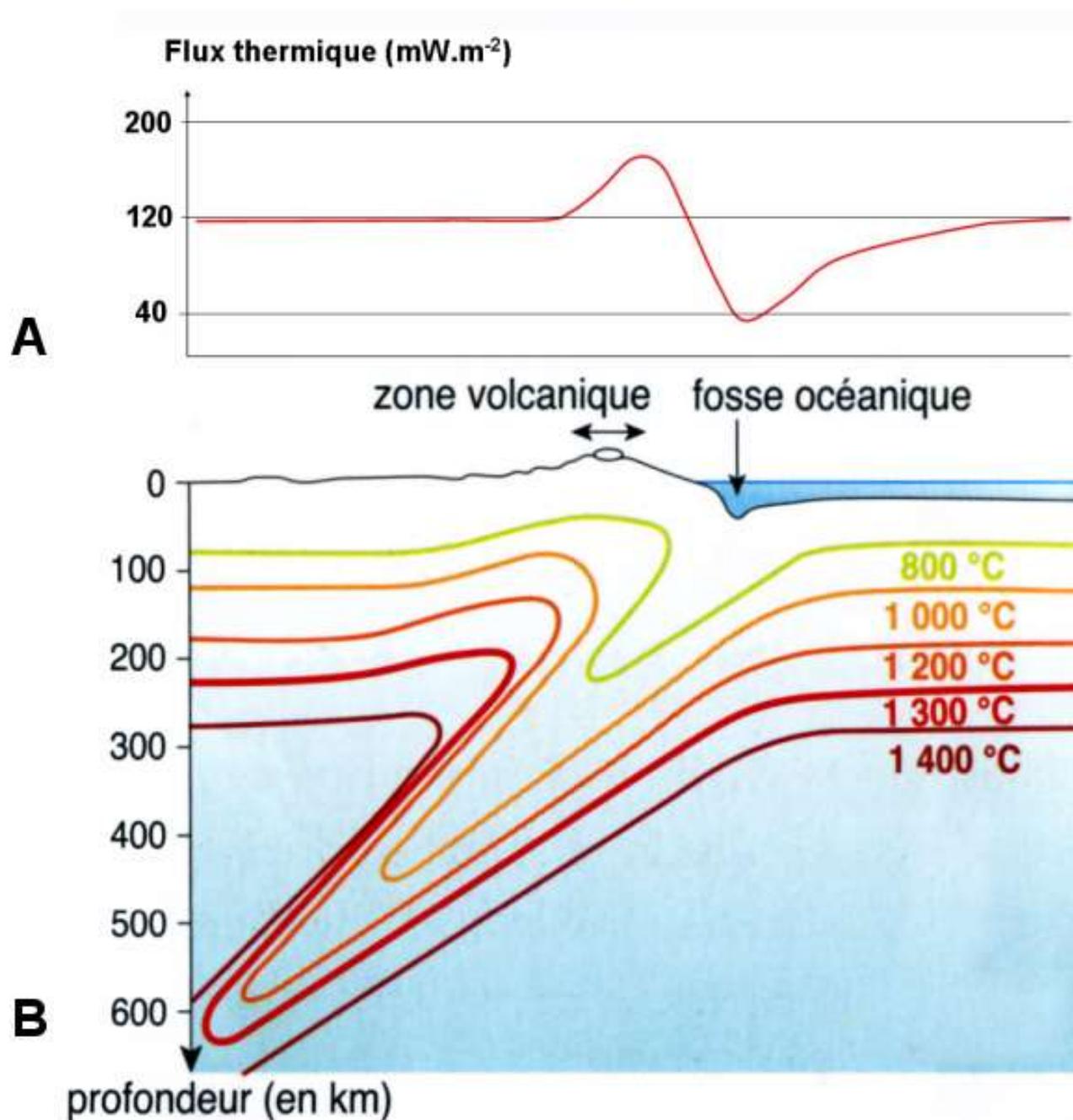
© C. Brunet modifié d'après document ECORS

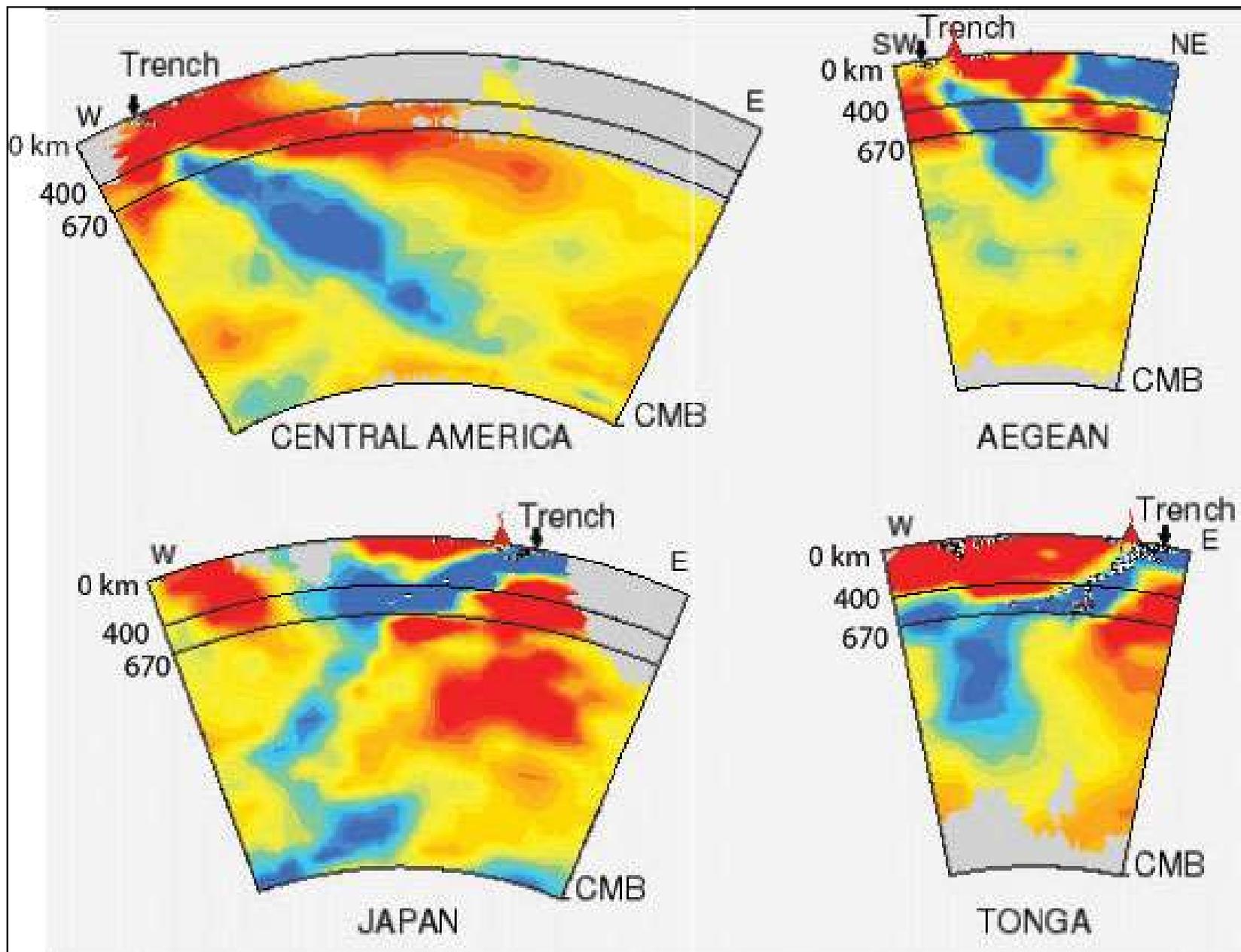


Structure d'un rift continental

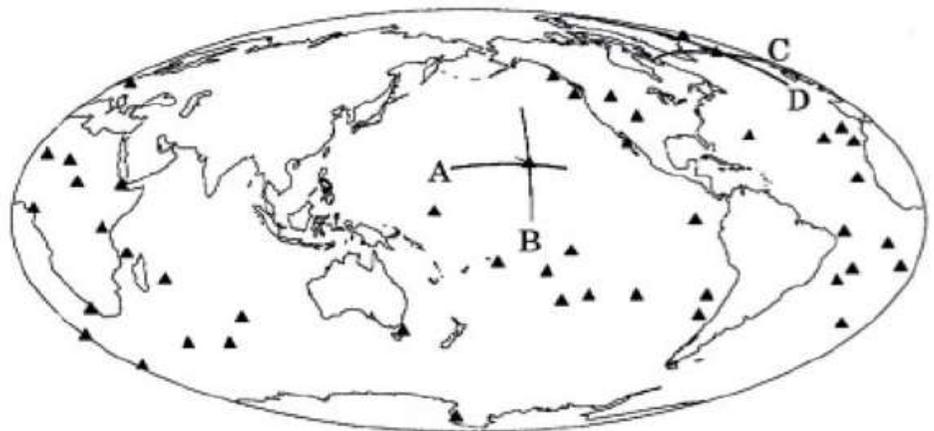
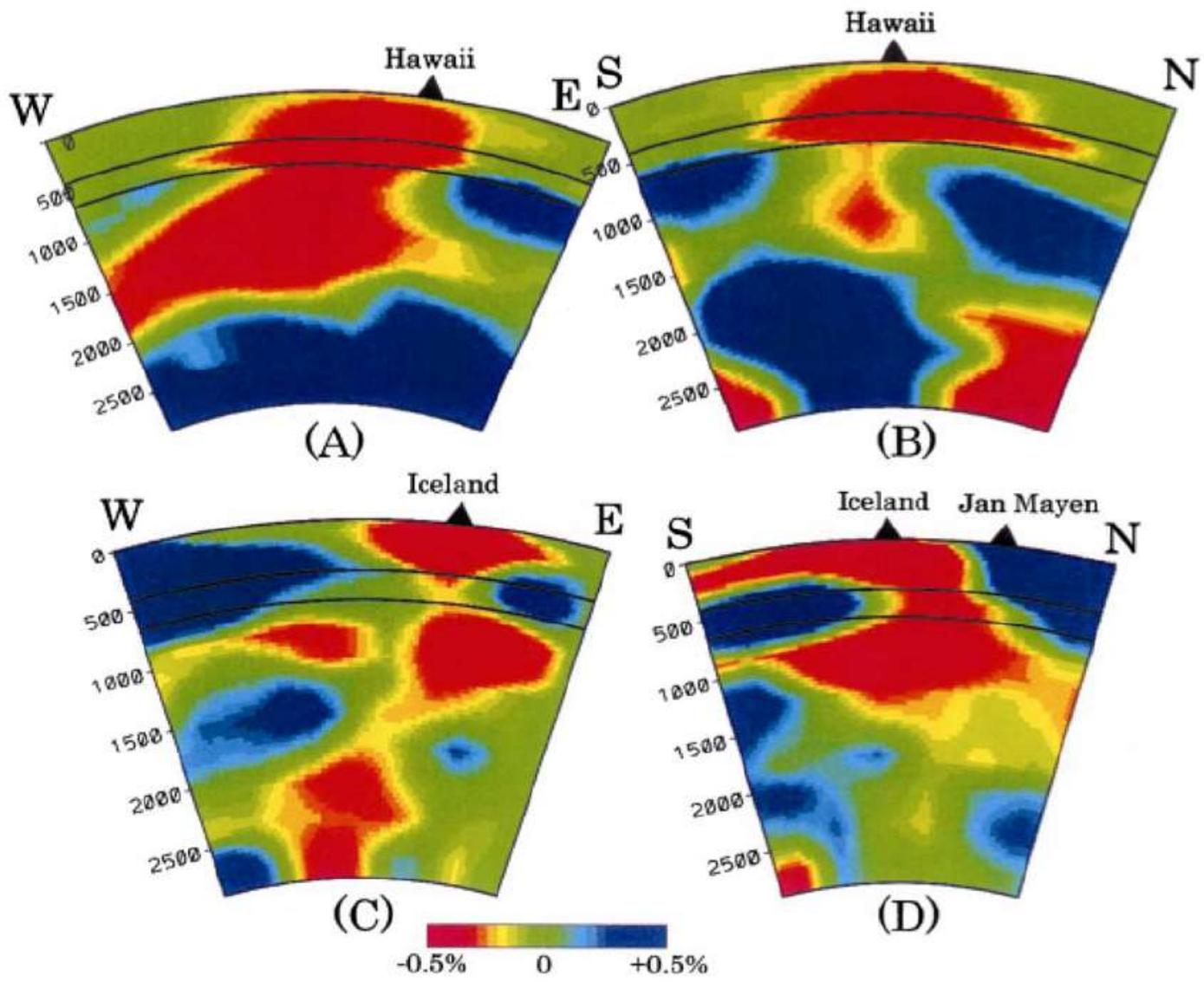


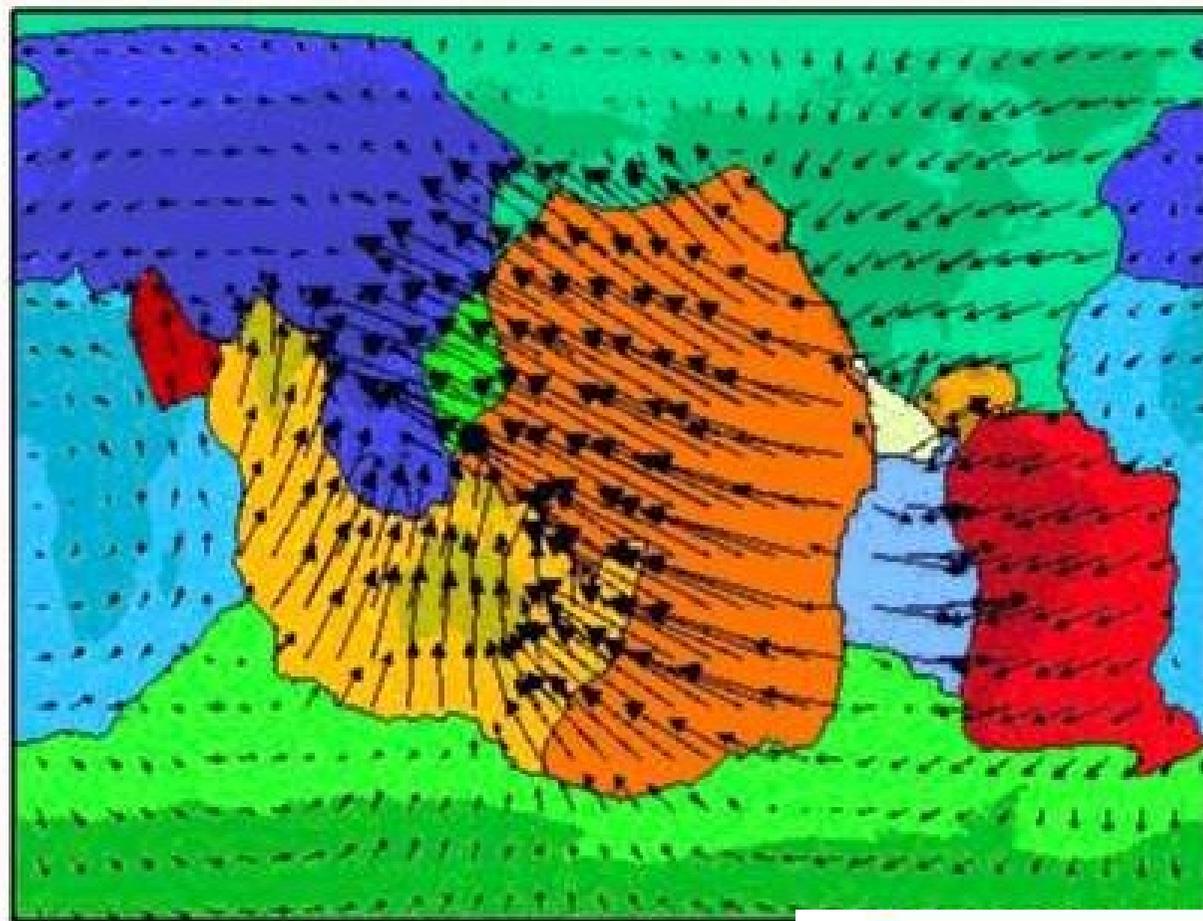
# Flux géothermique au niveau d'une zone de subduction et son interprétation : répartition des isothermes.





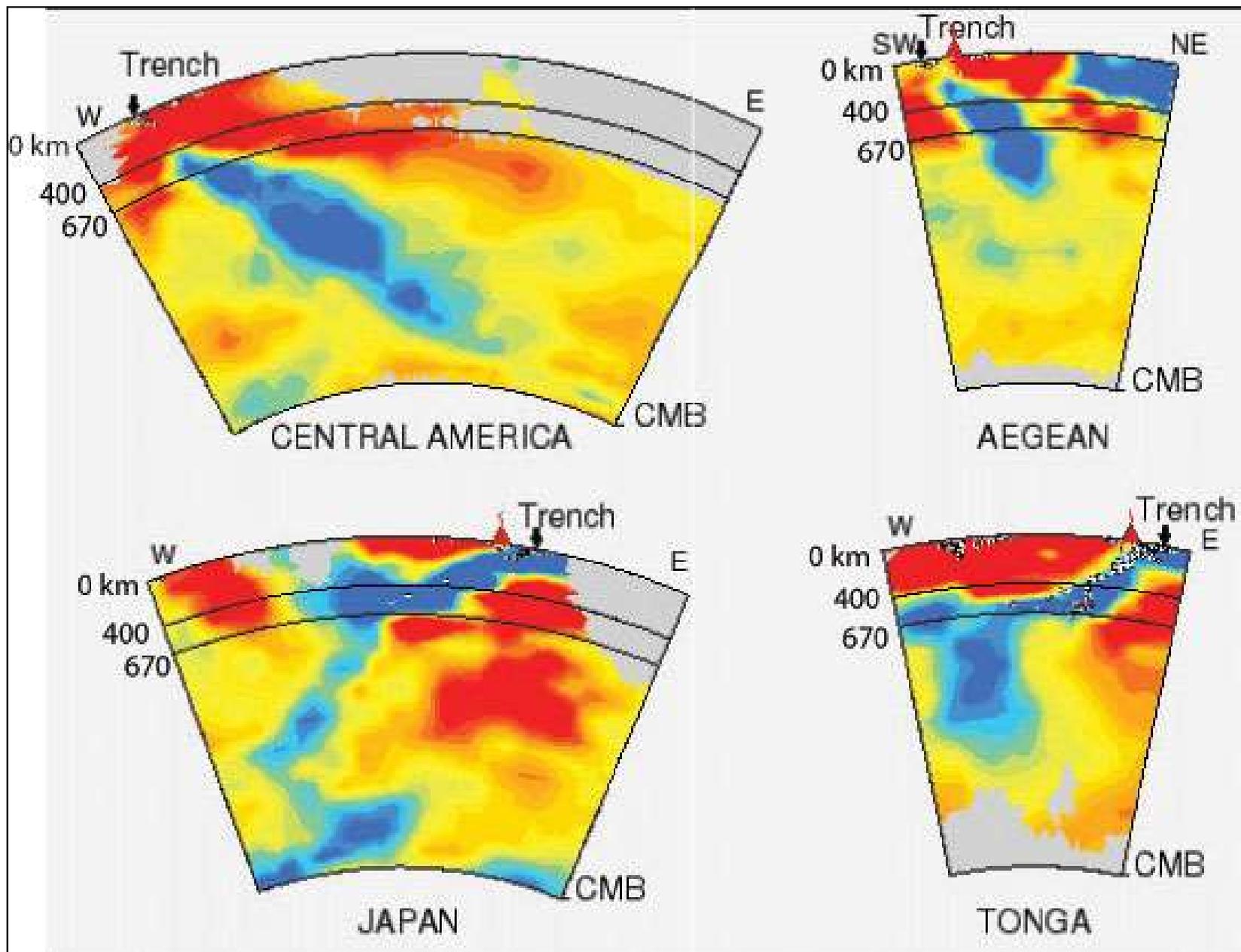
**Images tomographiques au niveau de l'Amérique centrale (Central America), du Japon (Japan), de la mer Égée (Agean) et des îles Tonga.**



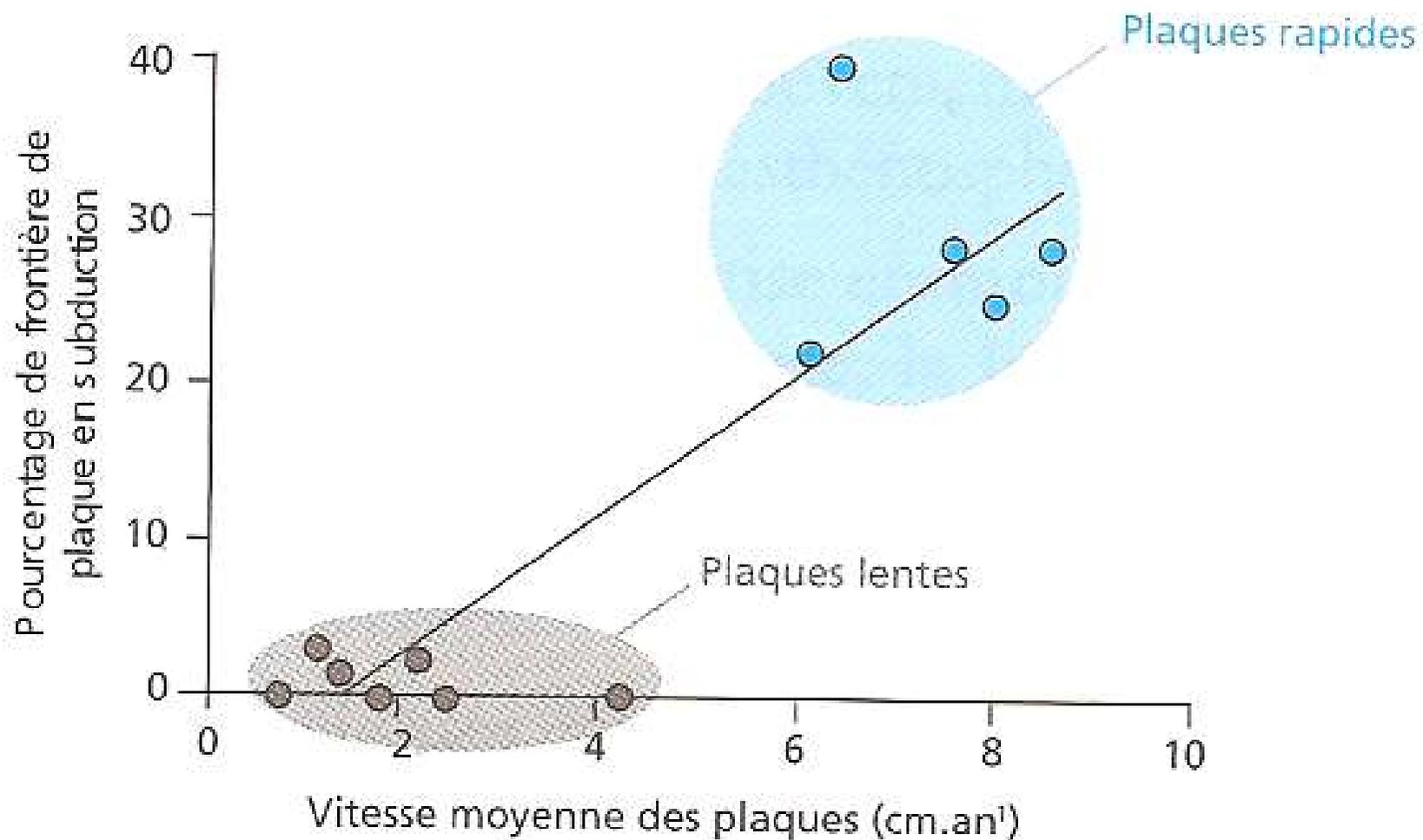


**les vitesses des 12 grandes plaques tectoniques (carte en projection cylindrique)**

1	PACIFIQUE	10 cm/an vers le Nord-Ouest
2	EURASIE	1 cm/an vers l'Est
3	AFRIQUE	2 cm/an vers le Nord
4	ANTARCTIQUE	Tourne sur elle meme
5	INDE-AUSTRALIE	7 cm/an vers le Nord
6	AMERIQUE DU NORD	1 cm/an vers l'Ouest
7	AMERIQUE DU SUD	1 cm/an vers le Nord
8	NAZCA	7 cm/an vers l'Est
9	PHILIPPINE	8 cm/an vers l'Ouest
10	ARABIE	3 cm/an vers le Nord-Est
11	COCO	5 cm/an vers le Nord-Est
12	CARAIBE	1 cm/an vers le Nord-Est

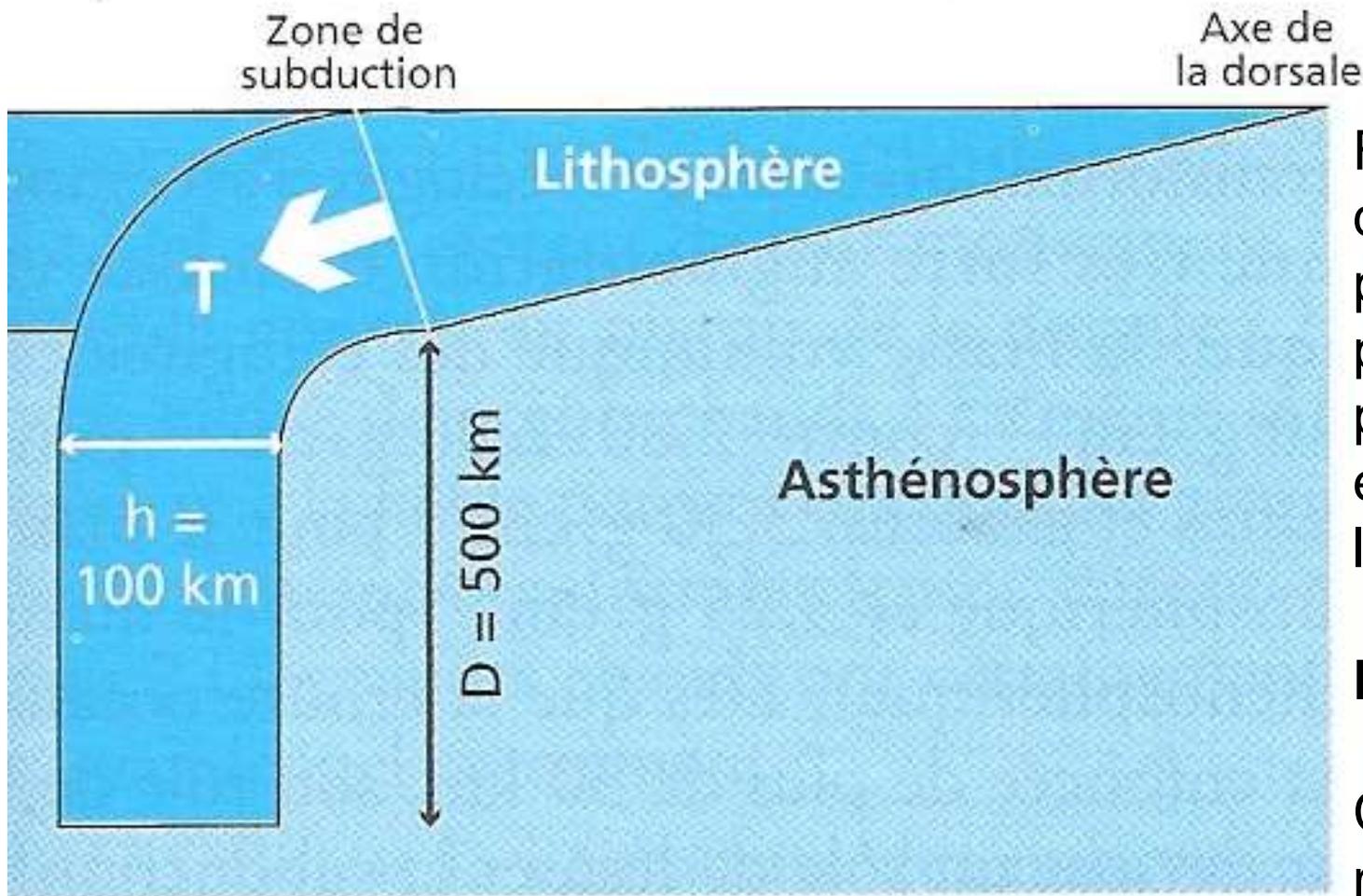


**Images tomographiques au niveau de l'Amérique centrale (Central America), du Japon (Japan), de la mer Égée (Agean) et des îles Tonga.**



**Figure 12.15.** Relation avec la vitesse absolue des plaques et le pourcentage de leur frontière qui subduit.

Les plaques rapides sont celles qui subduisent. Les plaques lentes ne subduisent pas ou peu (d'après Forsyth et Uyeda, 1975).



Force  $F$  résultant de la différence entre le poids de la lithosphère plongeante et la poussée d'Archimède exercée par l'asthénosphère :

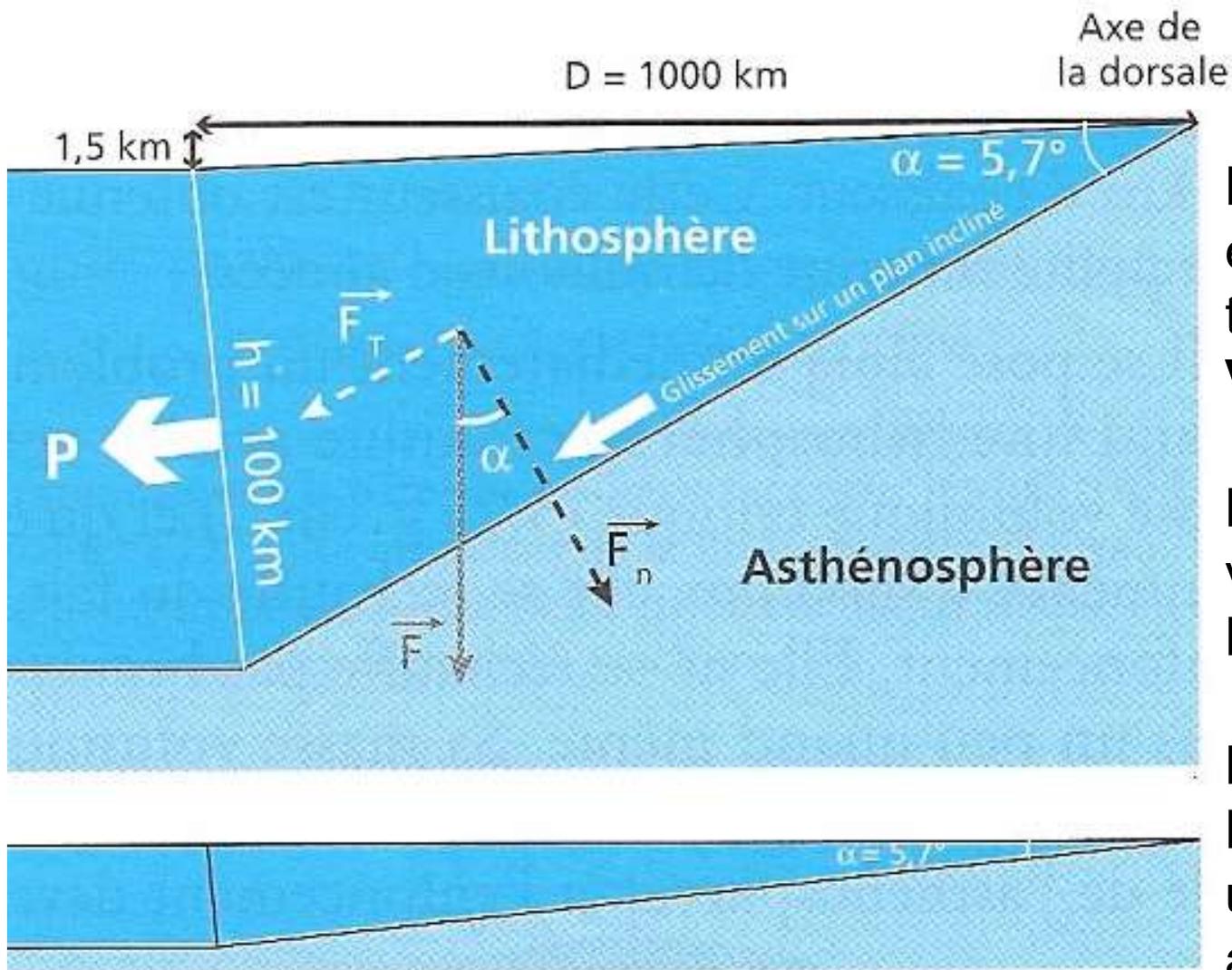
$$F = V \cdot g \cdot \Delta\rho = h \cdot D \cdot g \cdot \Delta\rho$$

Contrainte de traction  $T$  résultante :

$$T = F / h = h \cdot D \cdot g \cdot \Delta\rho / h = D \cdot g \cdot \Delta\rho$$

**Figure 12.20.** Calcul théorique très simplifié de la traction des subductions.

$$T = 25 \cdot 10^7 \text{ Pa (soit 2 500 atm)}$$



Même dessin, échelles respectées

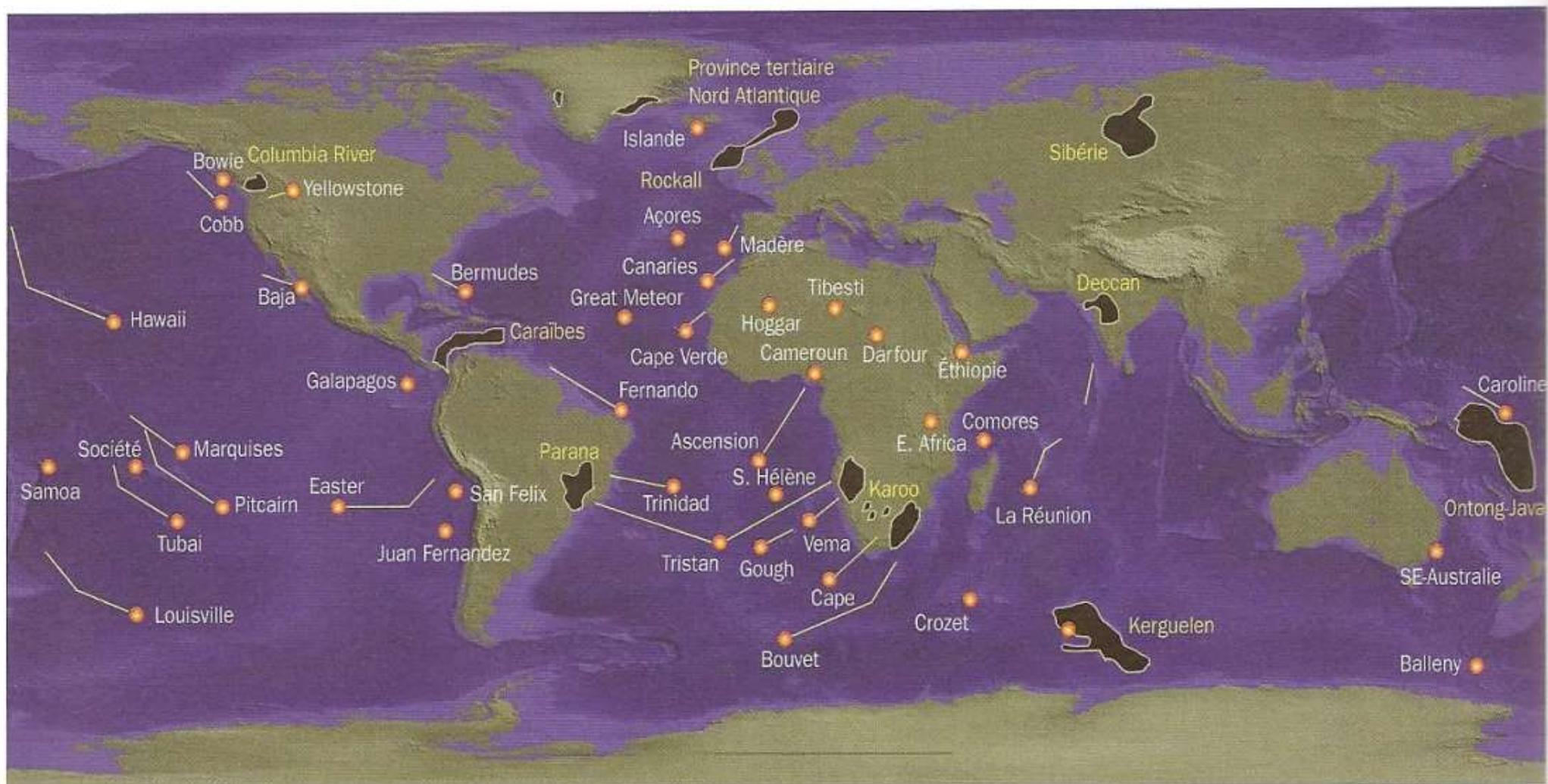
La base de la lithosphère est assimilée à un prisme triangulaire de volume :  
 $V = D \cdot h / 2$

La force  $F$  agissant sur ce volume est :  
 $F = D \cdot h / 2 \cdot g \cdot \Delta \rho$

La composante tangentielle  $F_t$  de cette force transmet une contrainte de pression à la lithosphère voisine :  
 $P = F_t / h$

**Figure 12.21.** Calcul théorique très simplifié de la poussée d'une dorsale.

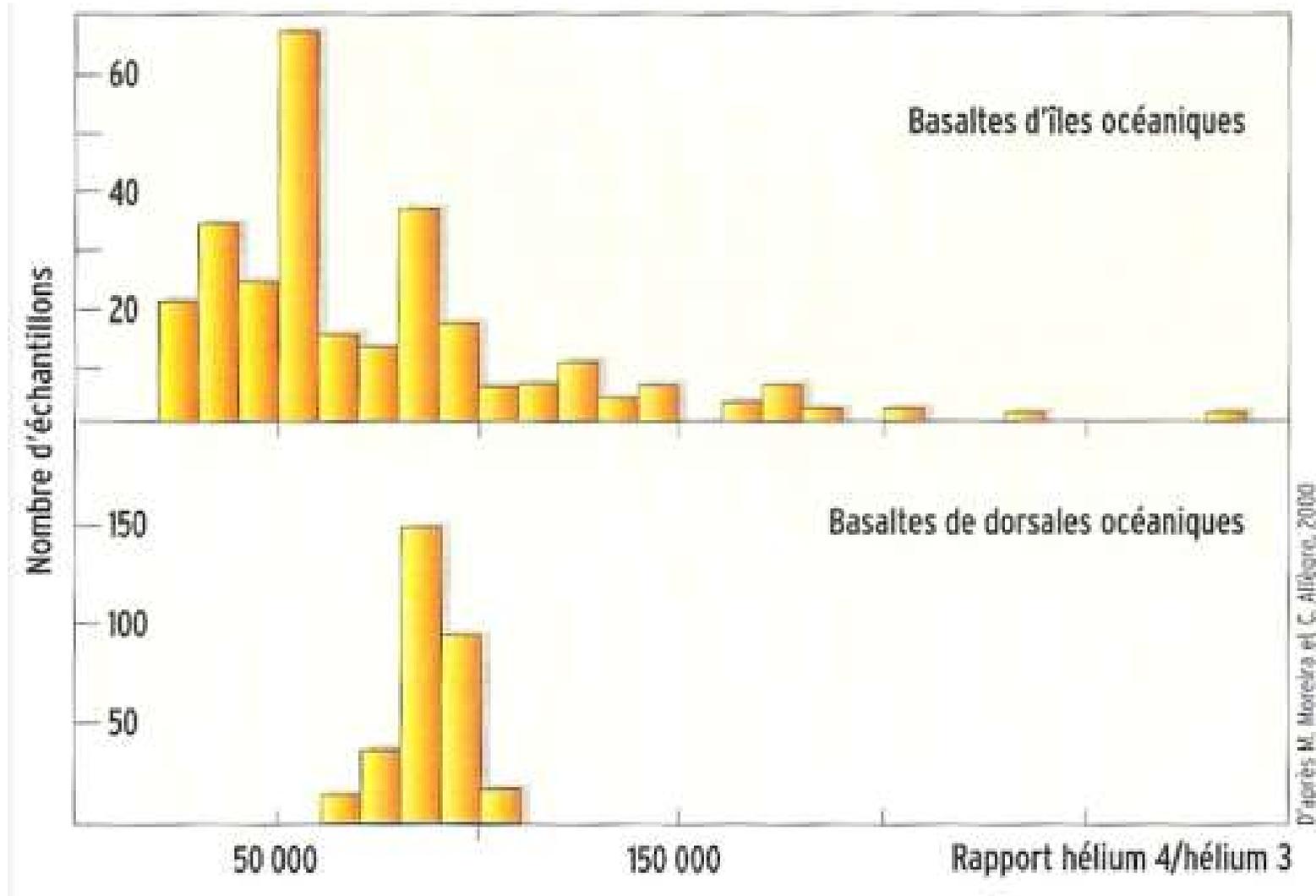
$$P = 25 \cdot 10^6 \text{ Pa (soit 250 atm)}$$



**Planche 10.5. Localisation actuellement reconnue des points chauds, des traces de panaches et des grandes provinces de basaltes des plateaux (D'après Crough, 1983)**

Les traces des points chauds sont jalonnées par des chaînes de monts sous-marins ou des rides asismiques. En gris sombre, les plus grandes provinces de basaltes de plateaux. Noter la situation du point chaud de Tristan da Cunha, dans l'Atlantique Sud, à l'origine des basaltes de plateau d'Amérique du Sud et d'Afrique du Sud, il y a 125 millions d'années environ, provinces actuellement reliées au point chaud par deux rides asismiques, Rio Grande à l'ouest et Walvis à l'est. Dans l'Atlantique Nord, deux provinces basaltiques (province thuléenne), âgées de 65 millions d'années, sont reliées au point chaud de l'Islande. (Fond topographique et bathymétrique Etopo5).

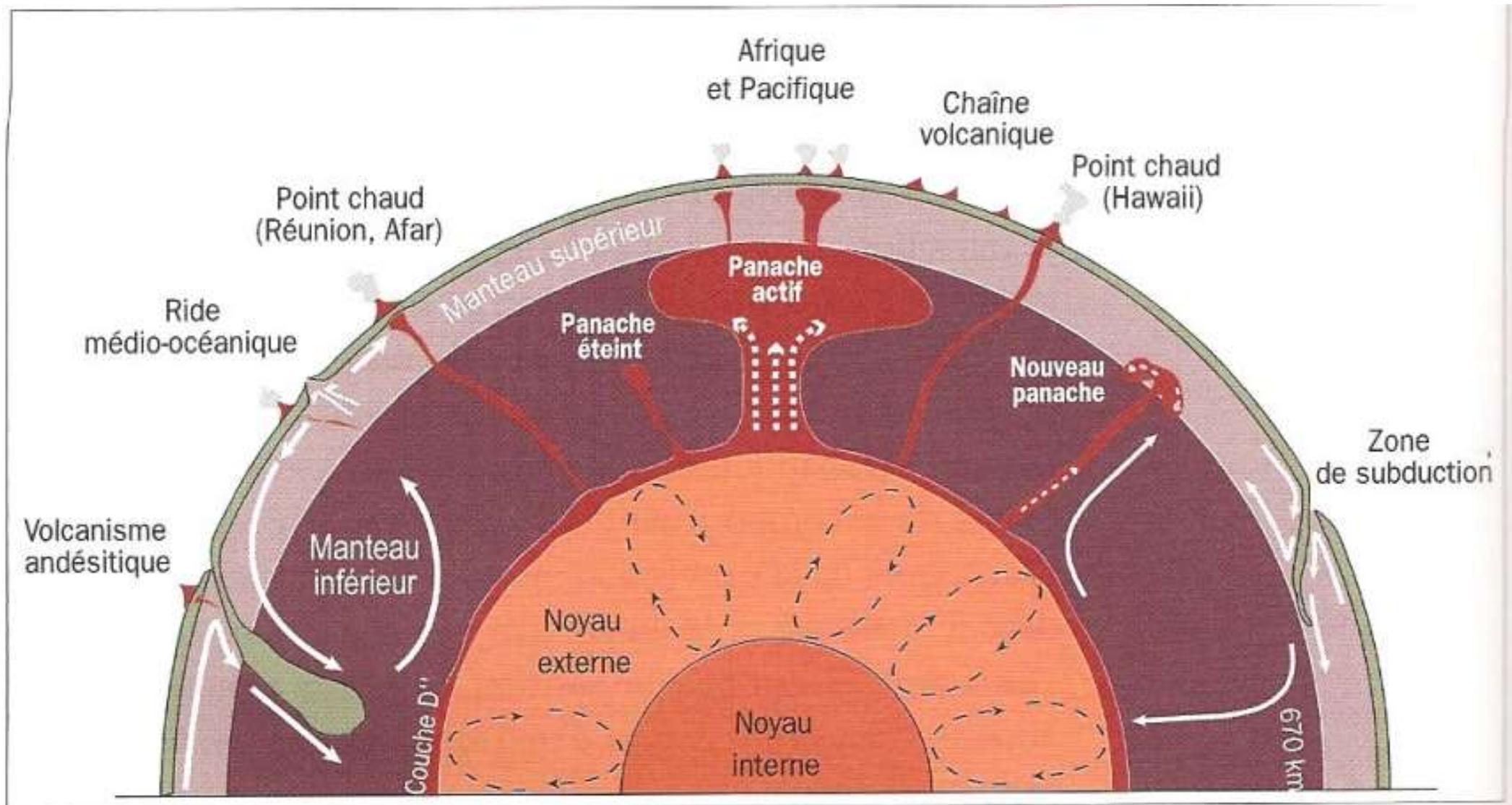
# Analyse du rapport isotopique $^4\text{He} / ^3\text{He}$ dans les basaltes des îles océaniques (points chauds) et les basaltes des dorsales



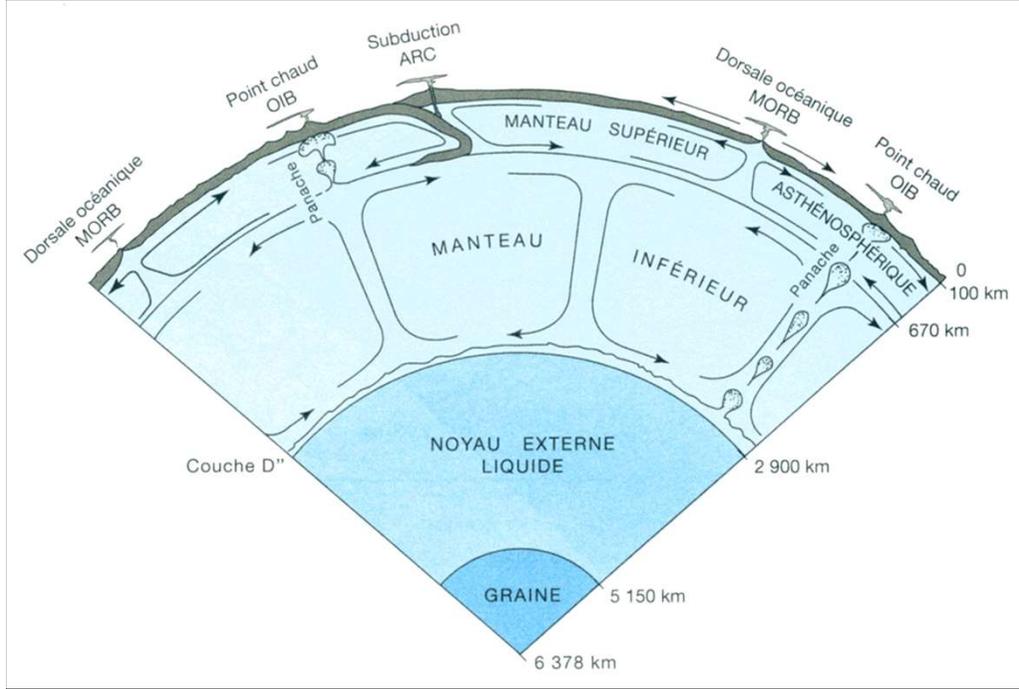
$^4\text{He}$  : continuellement produit par la désintégration de U et Th

$^3\text{He}$  : stock constitué au moment de la formation de la Terre

$^4\text{He} / ^3\text{He}$  plus faible dans le manteau supérieur que dans le manteau inférieur



**Figure 10.22. Coupe schématisique à travers le manteau montrant les relations entre panaches mantelliques et points chauds (D'après Stacey, 1992)**



# Modèles de convection.

a. Modèle à deux couches de cellules de convection.

b. Modèle d'une circulation convective affectant l'ensemble du manteau.

c. Modèle de la convection pénétrative.

(Schaaf A. et Coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers ", Vuibert Ed.)

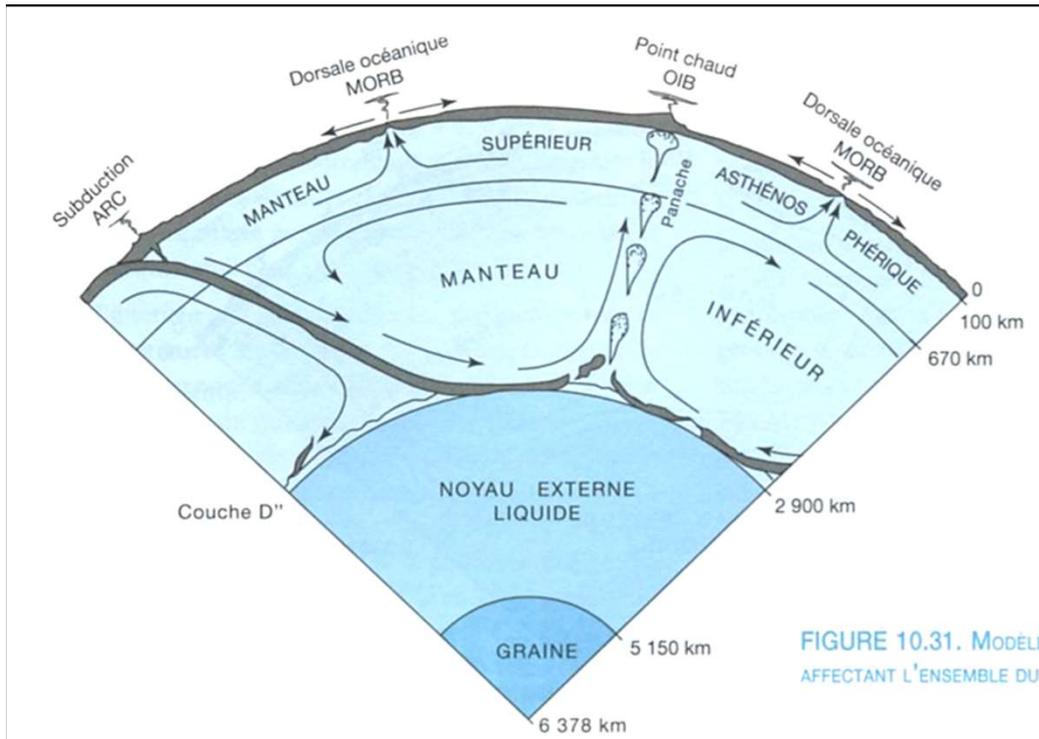


FIGURE 10.31. MODÈLE AFFECTANT L'ENSEMBLE DU

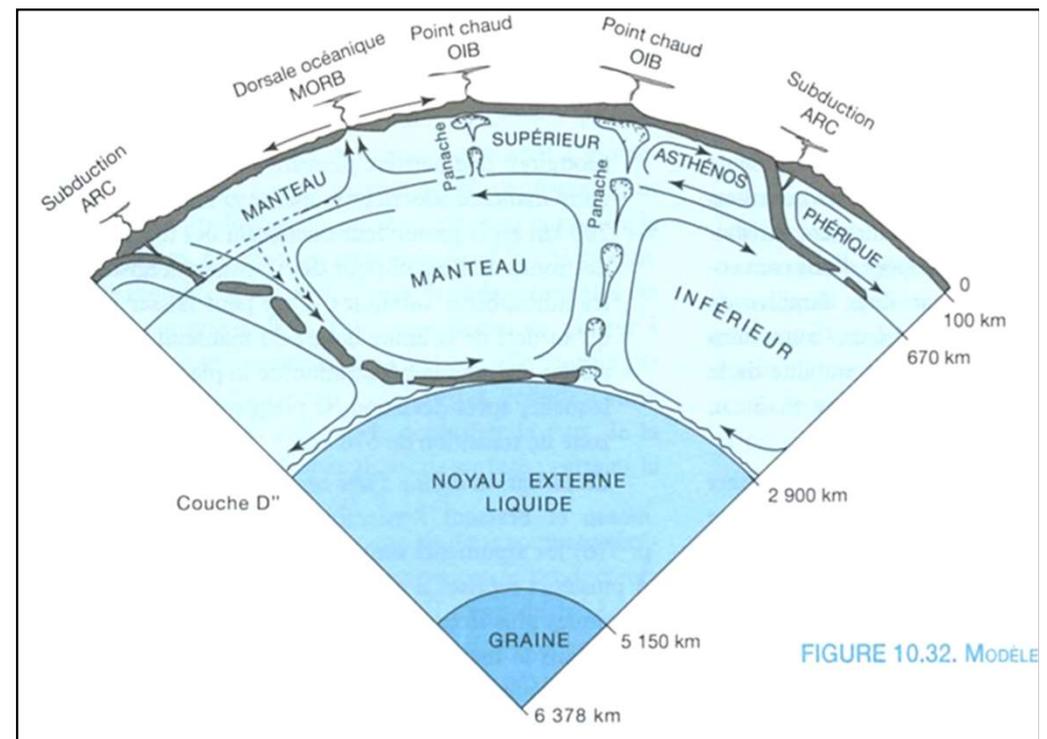


FIGURE 10.32. MODÈLE

