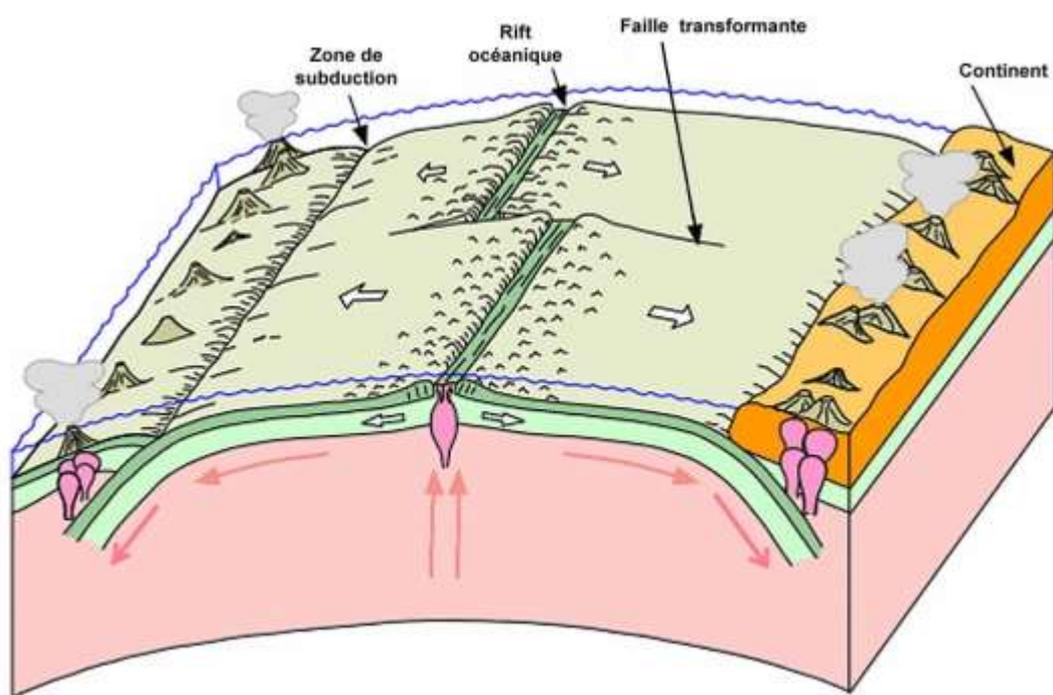
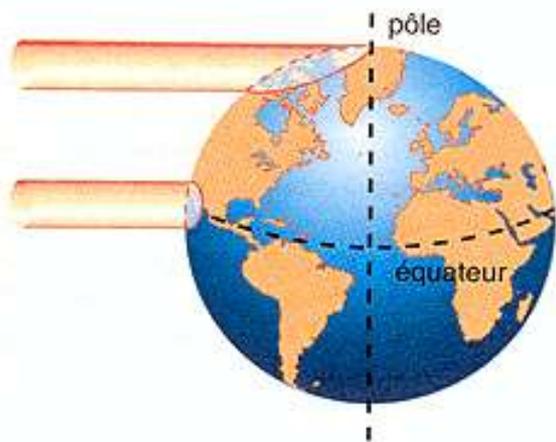


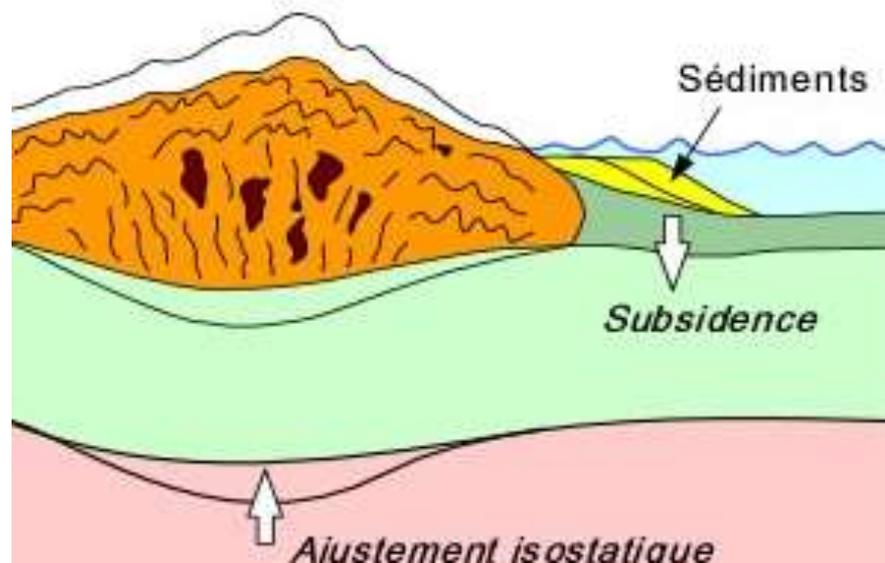
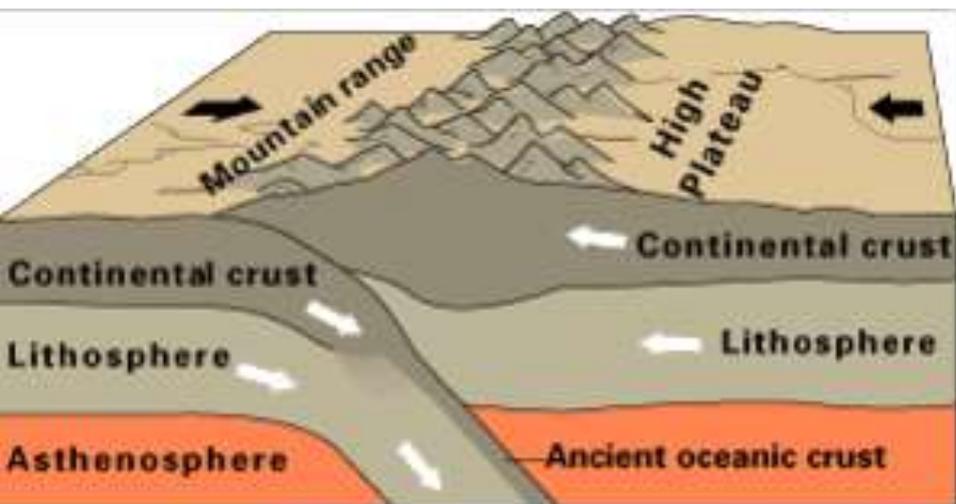
Chapitre I - B



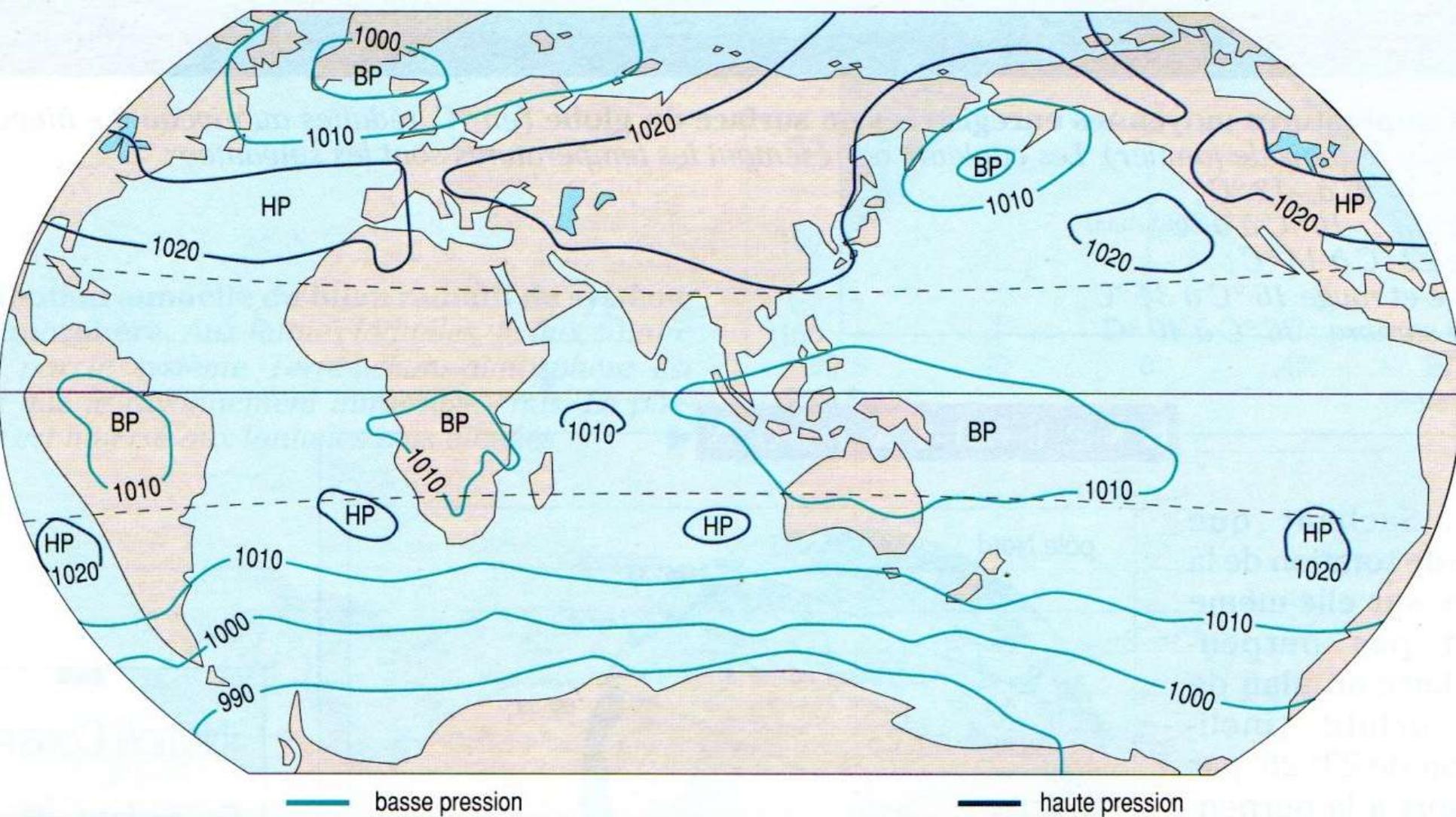
Dynamique
des enveloppes
terrestres



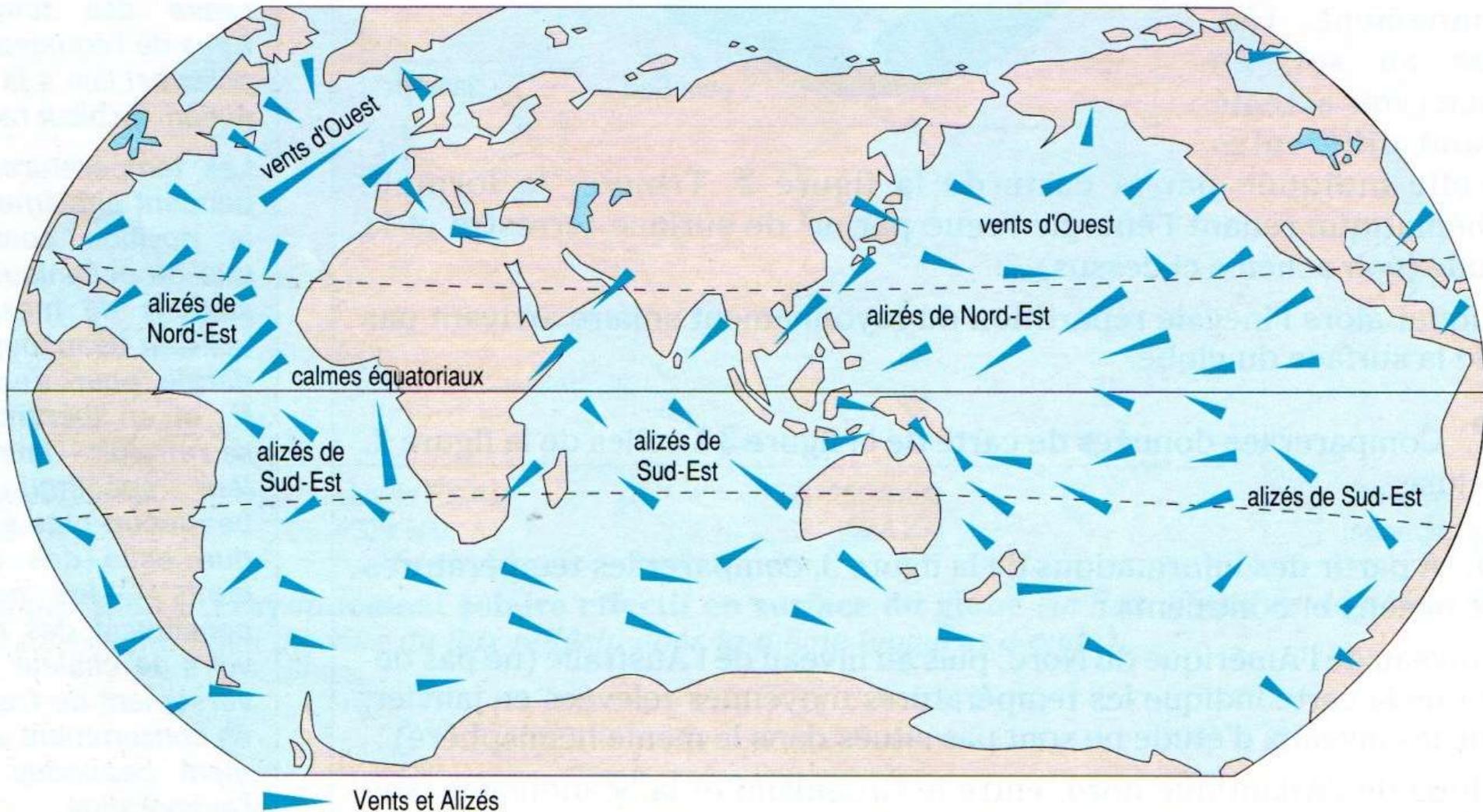
Quelques acquis du lycée....



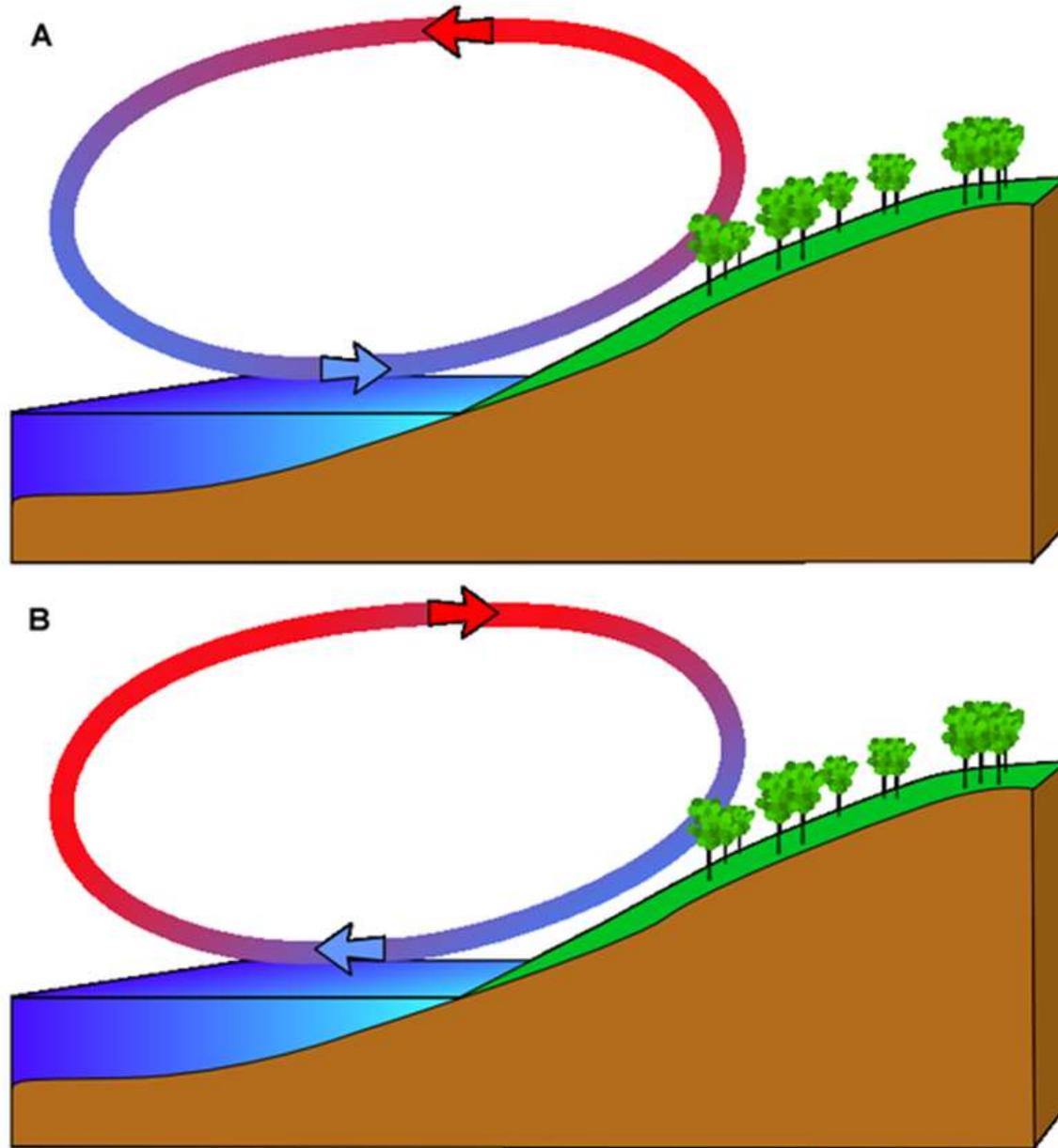
Document 1. Carte des pressions à la surface du globe (en janvier)

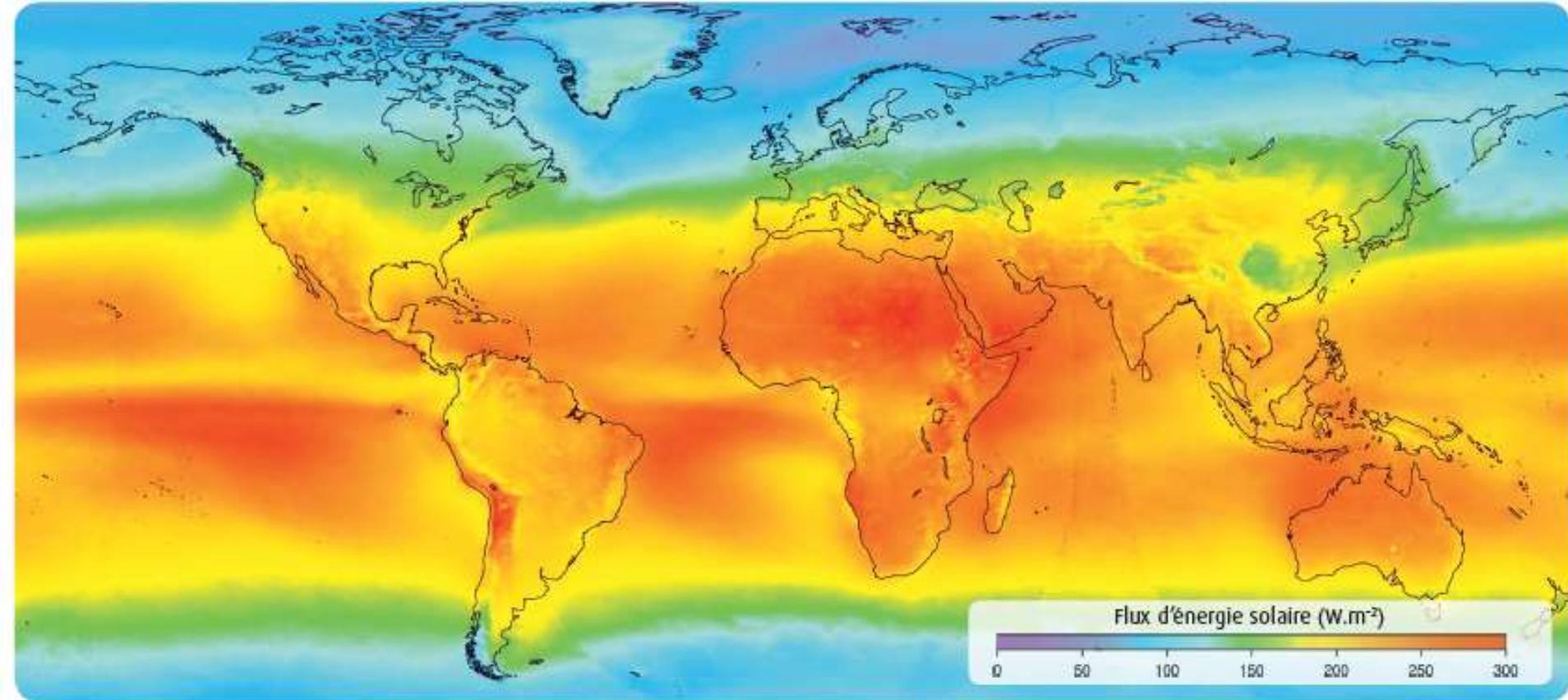


Document 2. Carte des vents à la surface du globe (en janvier).

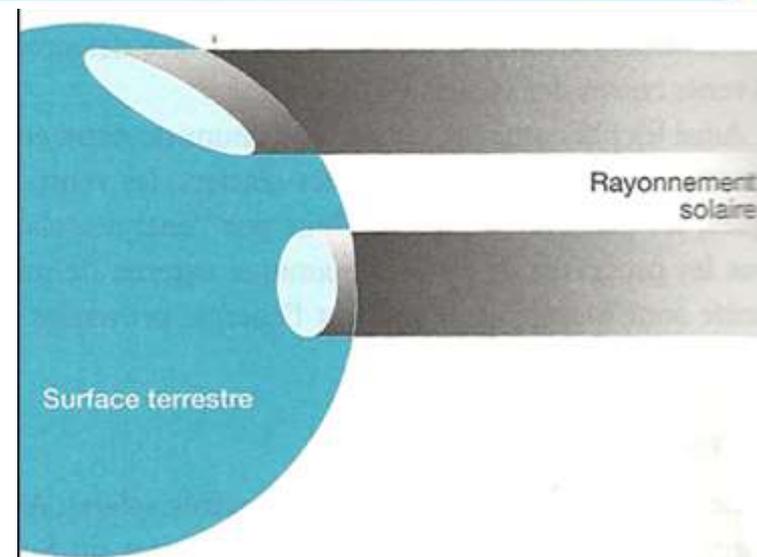


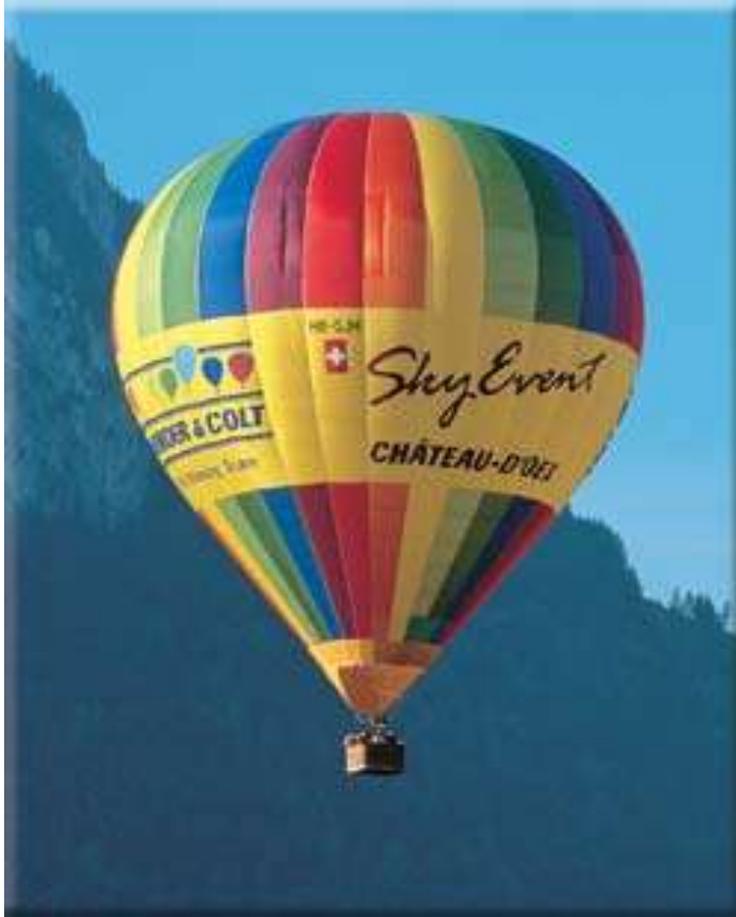
Brise de mer le jour, brise de terre la nuit





Document 3. Carte du flux solaire incident à la surface du globe (moyennes sur une année).





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



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

Des illustrations de la convection

Le nombre de Rayleigh :

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

g : accélération de la pesanteur

α : coefficient de dilatation thermique

ΔT : écart de température au sein du milieu

ΔL : épaisseur du milieu

K : conductivité thermique du milieu

η : viscosité du milieu

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

Le nombre de Rayleigh :

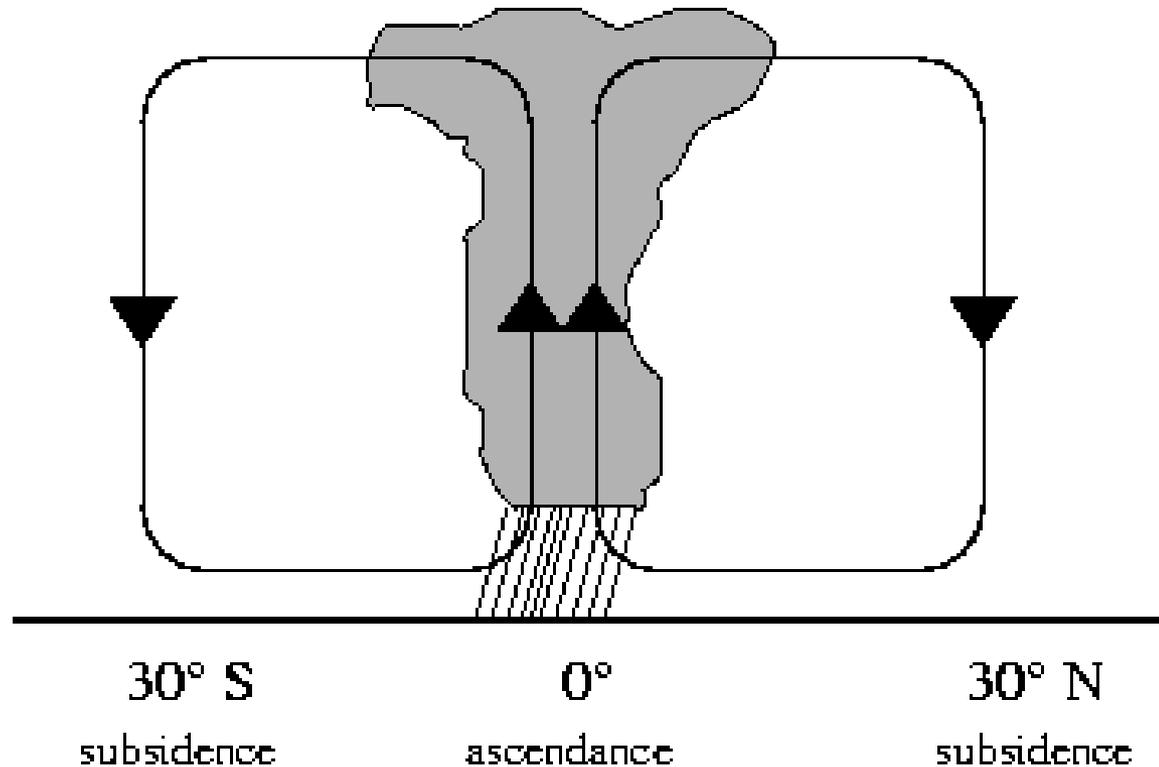
$$Ra = \frac{g \alpha \Delta T \Delta L^3}{K \eta}$$

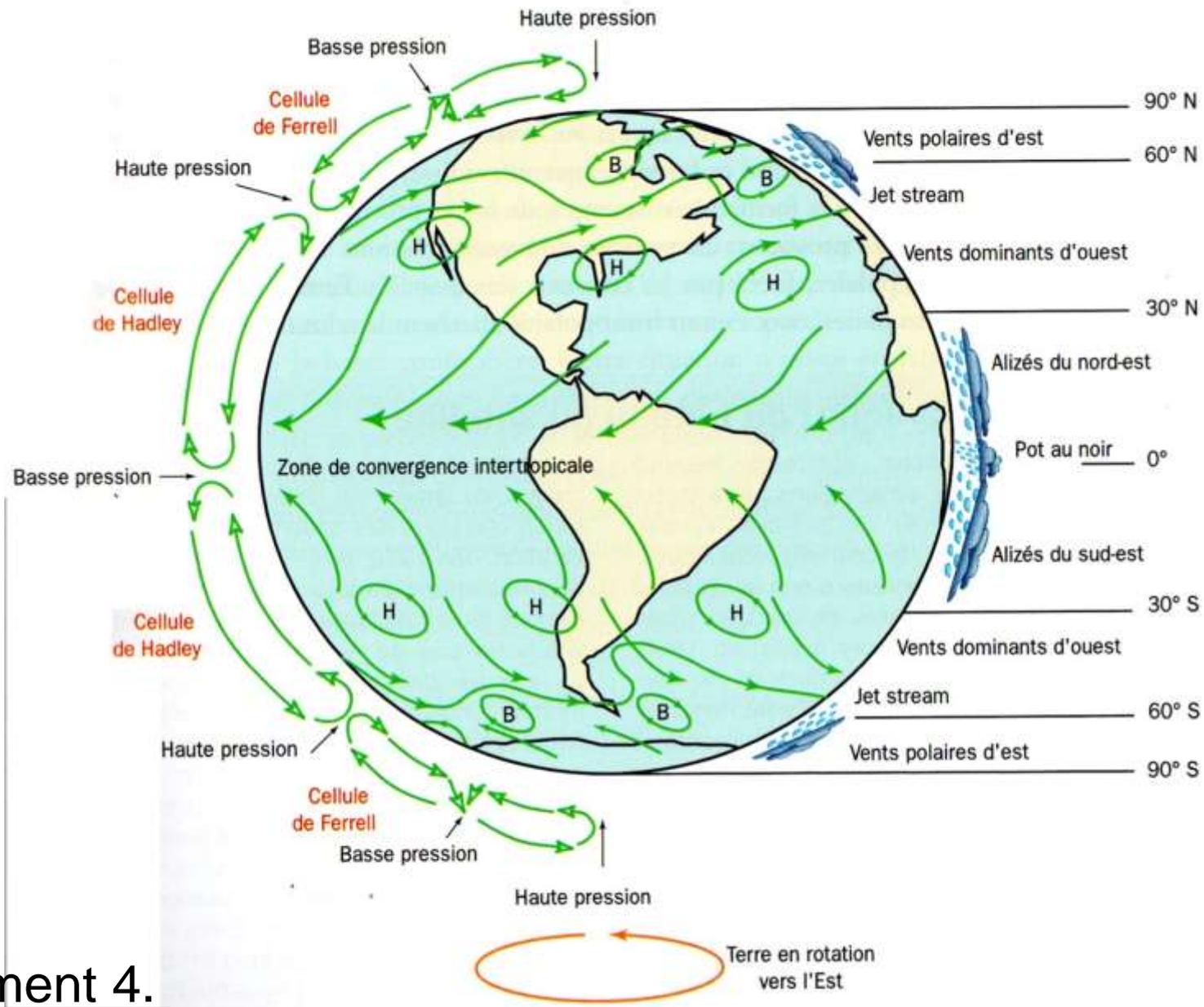
Valeurs pour l'atmosphère :

- g : accélération de la pesanteur 9,81
 α : coefficient de dilatation thermique 0,00366
 ΔT : écart de température au sein du milieu + 13 – (-56) = 69 °
 ΔL : épaisseur du milieu 12 000 m
K : conductivité thermique du milieu 0,026
 η : viscosité du milieu $< 10^{-3}$

**Donc Ra >>>> 1000 alors
=> la convection est possible**

Mise en place d'une cellule de convection

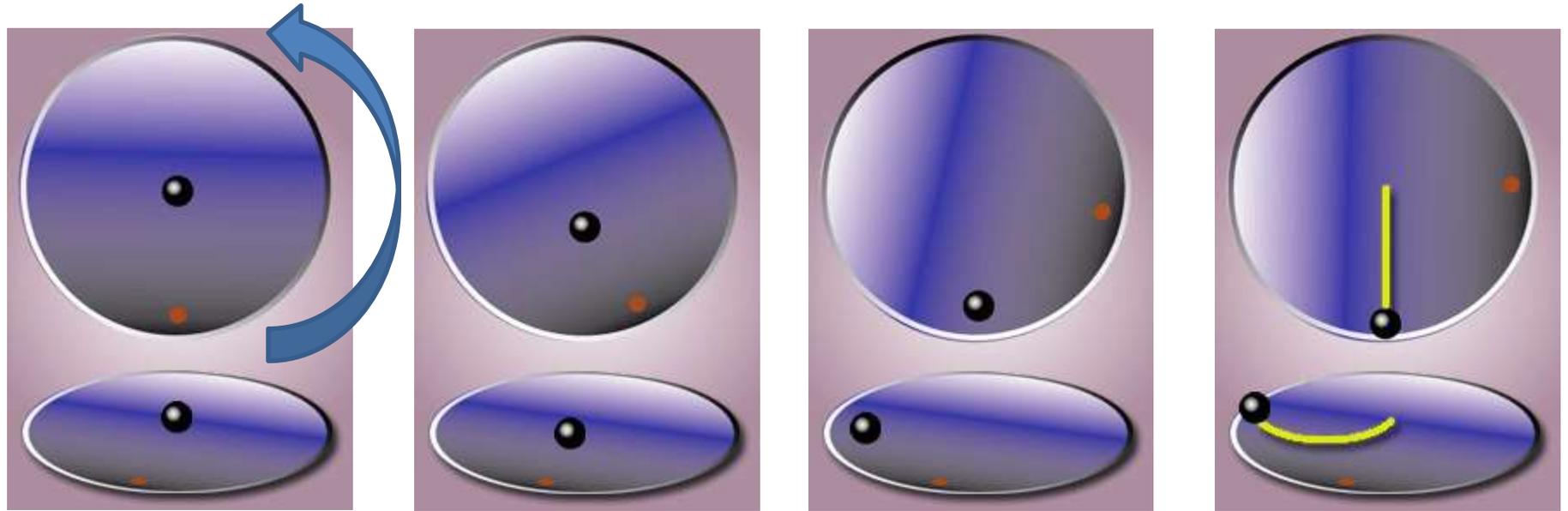




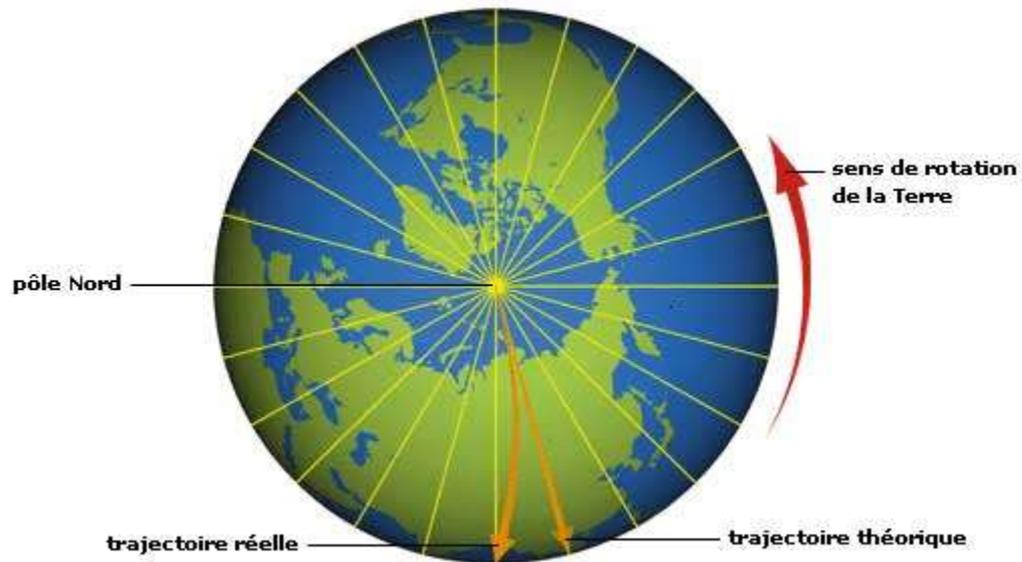
Document 4.

Circulation atmosphérique globale et modèle des vents de surface

La rotation du globe terrestre et l'effet Coriolis



https://fr.wikipedia.org/wiki/Force_de_Coriolis#/media/File:Corioliskraftanimation.gif





L'effet Coriolis Illustré par les cyclones



Le cyclone Ivan est passé à l'ouest des Iles Grenade en mer des Caraïbes, le 7/9/2004.

Le cyclone tropical René a longé les îles Samoa dans le Pacifique Sud le 14/2/2010.

Un cyclone est une grande zone où l'air atmosphérique est en rotation autour d'un centre de basse pression local (dépression).

Sous l'effet de la force de Coriolis, les vents sont déviés.

Les cyclones ont ainsi des sens de rotation différents selon l'hémisphère :

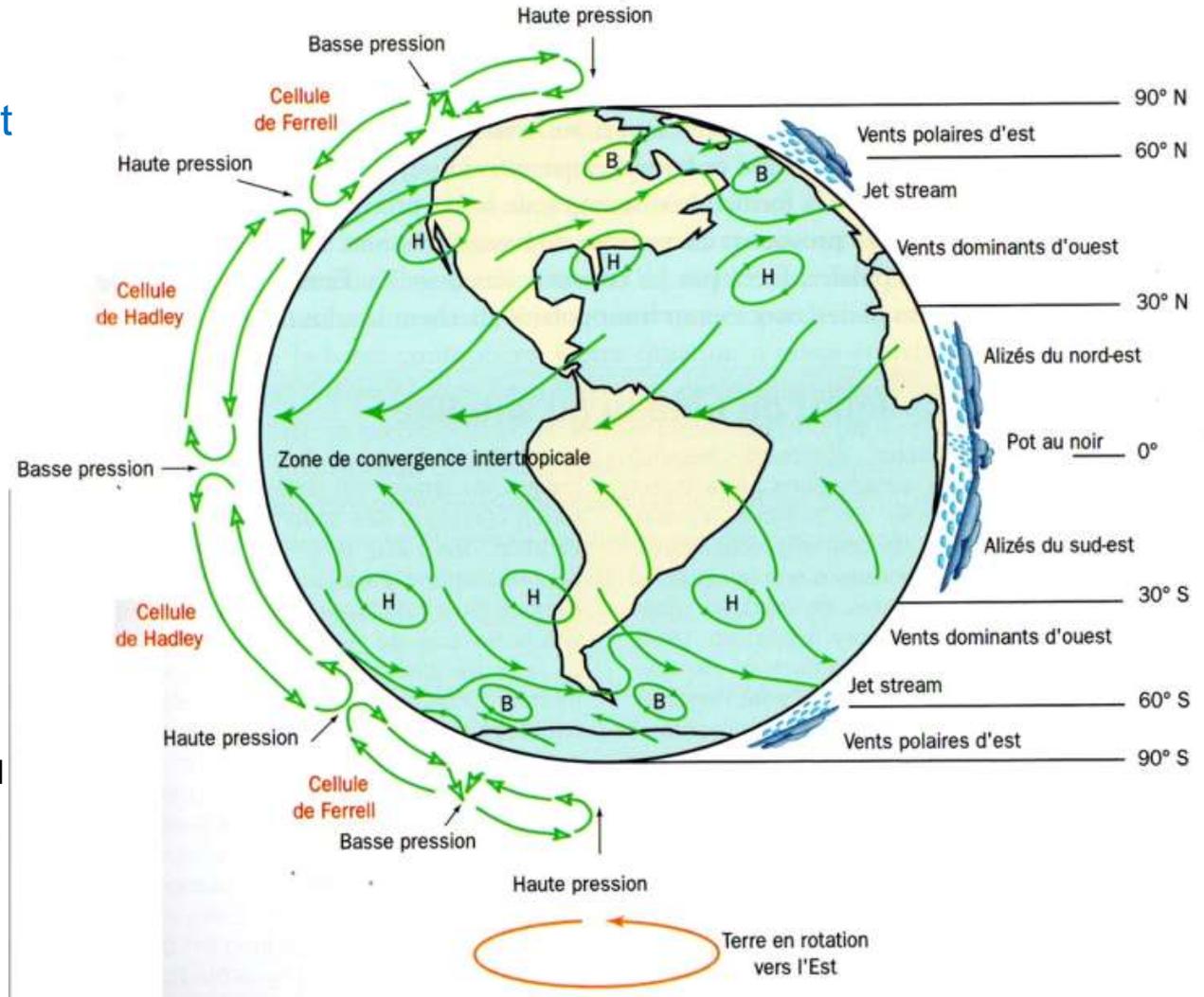
- dans le sens anti-horaire dans l'hémisphère Nord (ex cyclons Ivan)
- dans le sens horaire dans l'hémisphère Sud (ex cyclone René)

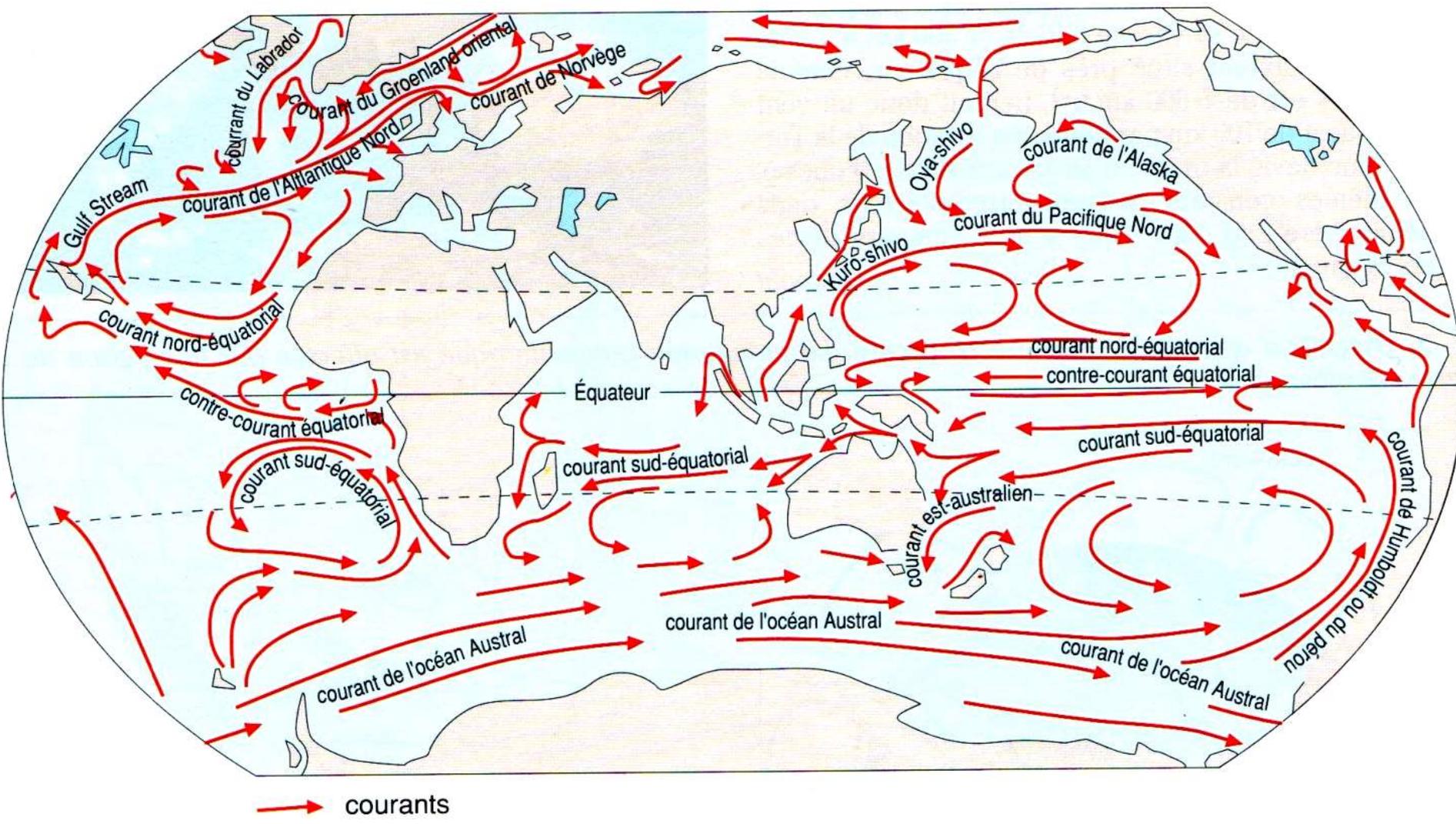
L'effet de Coriolis sur les cellules de convection troposphérique

Un corps en mouvement est dévié :

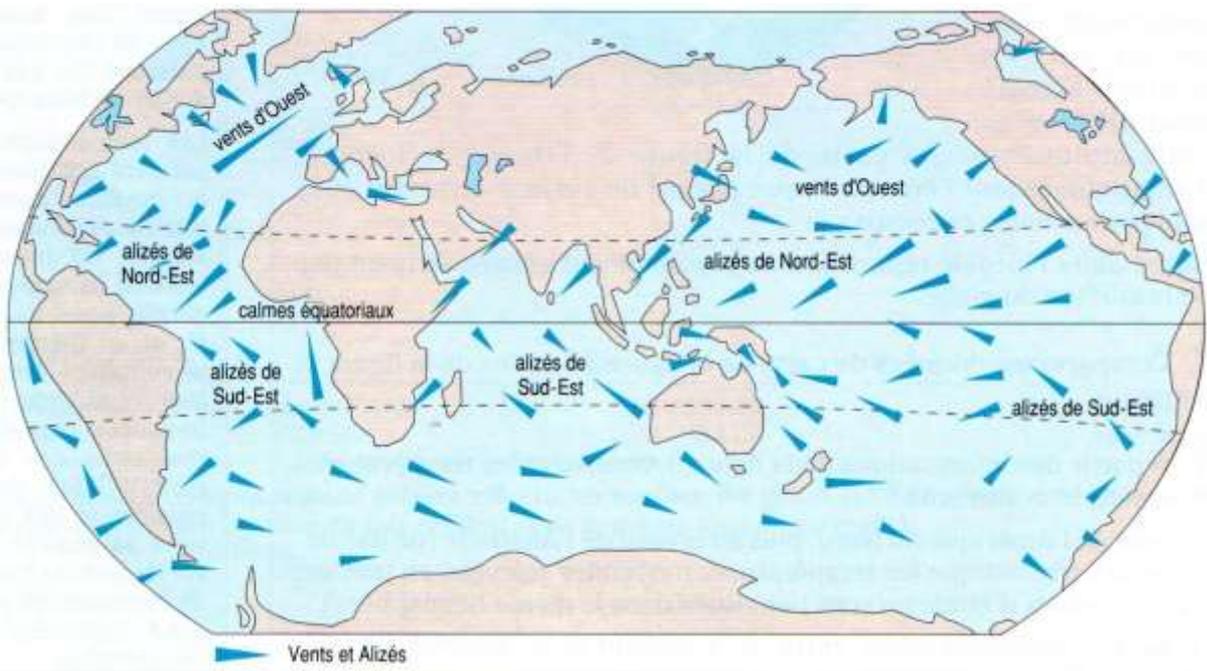
- vers sa droite dans l'hémisphère Nord,
 - vers sa gauche dans l'hémisphère Sud,
- la droite étant définie lorsqu'on regarde vers l'avant du déplacement.

Dans l'hémisphère Nord, les alizés soufflent des tropiques vers l'équateur du Nord-Est vers le Sud-ouest; dans l'hémisphère sud, ils soufflent du Sud-Est vers le Nord-Ouest.



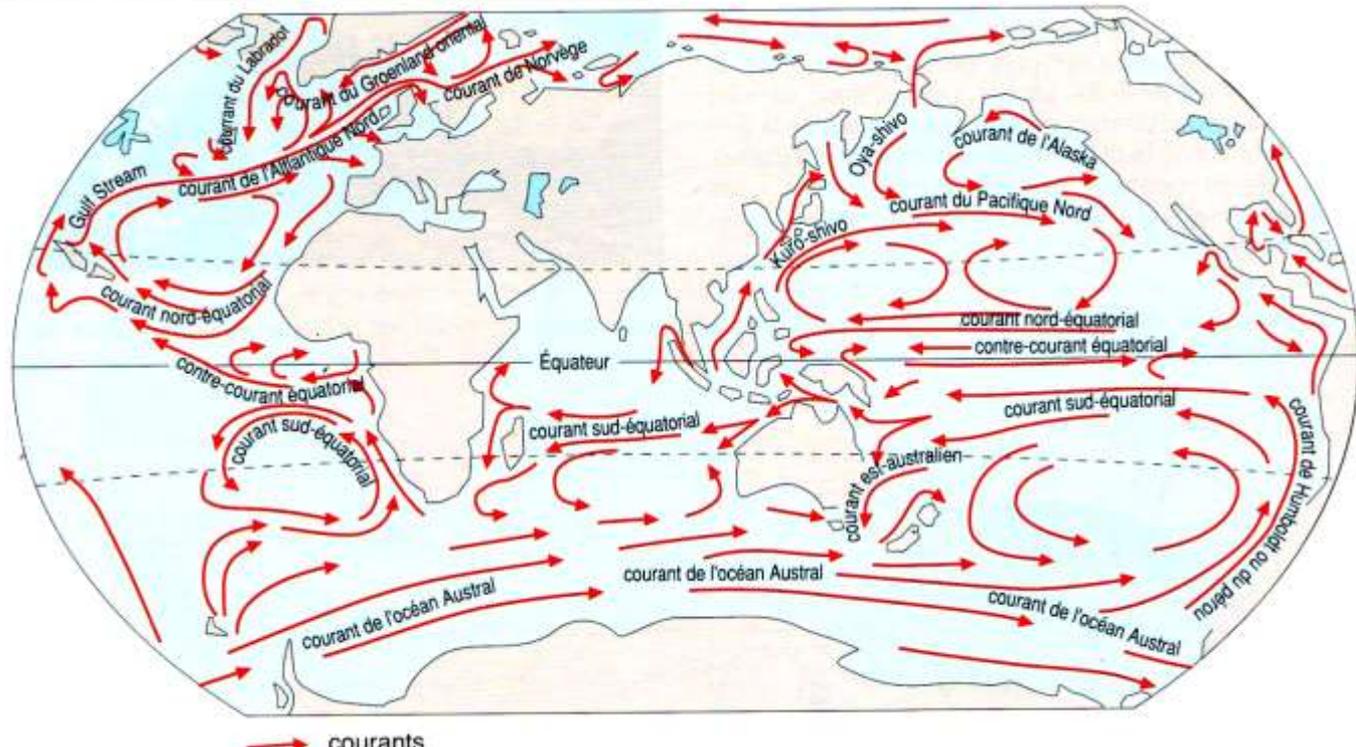


Carte des courants océaniques.



Carte des vents
la surface du globe
(en janvier)

Carte des
courants
océaniques de
surface



Un exemple d'interaction atmosphère – océan : les ouragans

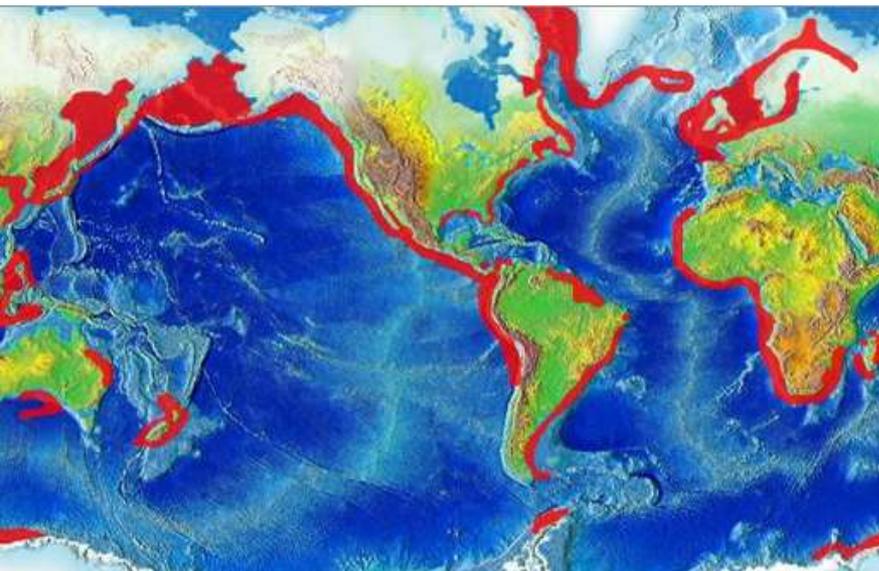
Ouragan Katrina
août 2005

Saffir–Simpson hurricane wind scale

Category	Wind speeds
Five	≥ 70 m/s, ≥ 137 knots ≥ 157 mph, ≥ 252 km/h
Four	58–70 m/s, 113–136 knots 130–156 mph, 209–251 km/h
Three	50–58 m/s, 96–112 knots 111–129 mph, 178–208 km/h
Two	43–49 m/s, 83–95 knots 96–110 mph, 154–177 km/h
One	33–42 m/s, 64–82 knots 74–95 mph, 119–153 km/h
Additional classifications	
Tropical storm	18–32 m/s, 35–63 knots 39–73 mph, 63–118 km/h
Tropical depression	< 17 m/s, < 34 knots < 38 mph, < 62 km/h



Un autre exemple d'interaction atmosphère – océan : les phénomènes d'upwelling

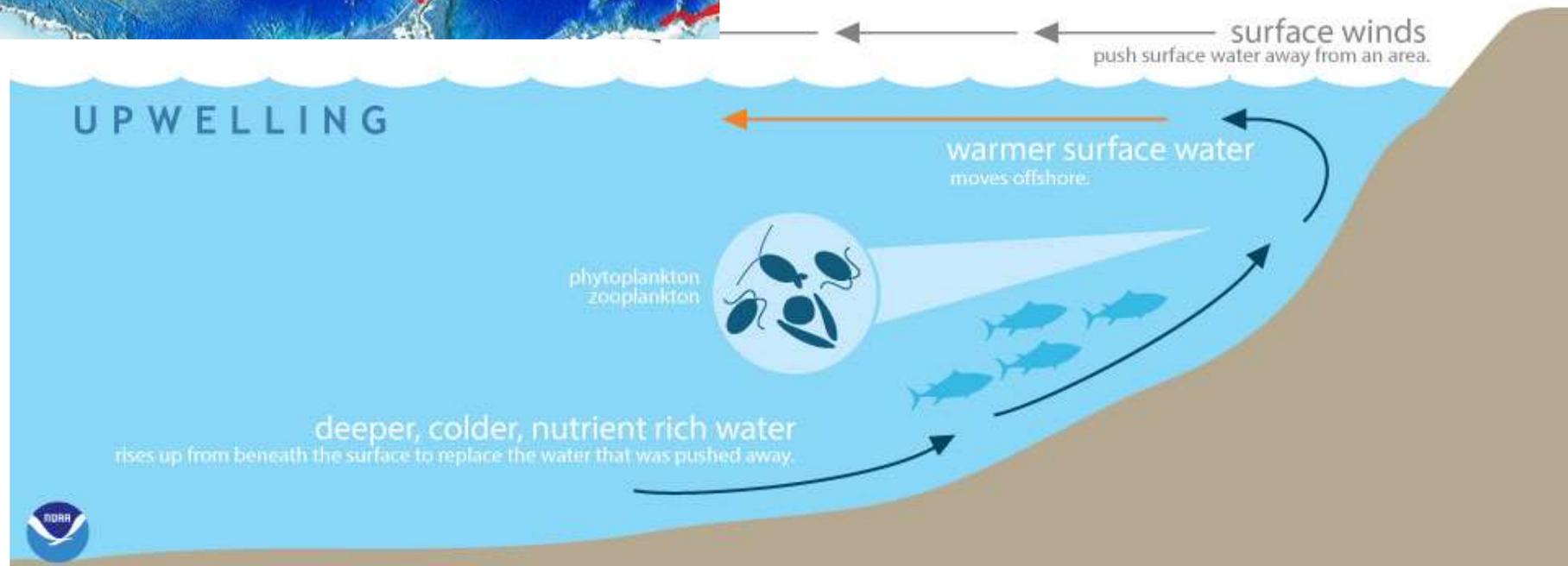


Les zones d'upwelling dans le Monde

https://fr.wikipedia.org/wiki/Remont%C3%A9e_d%27eau

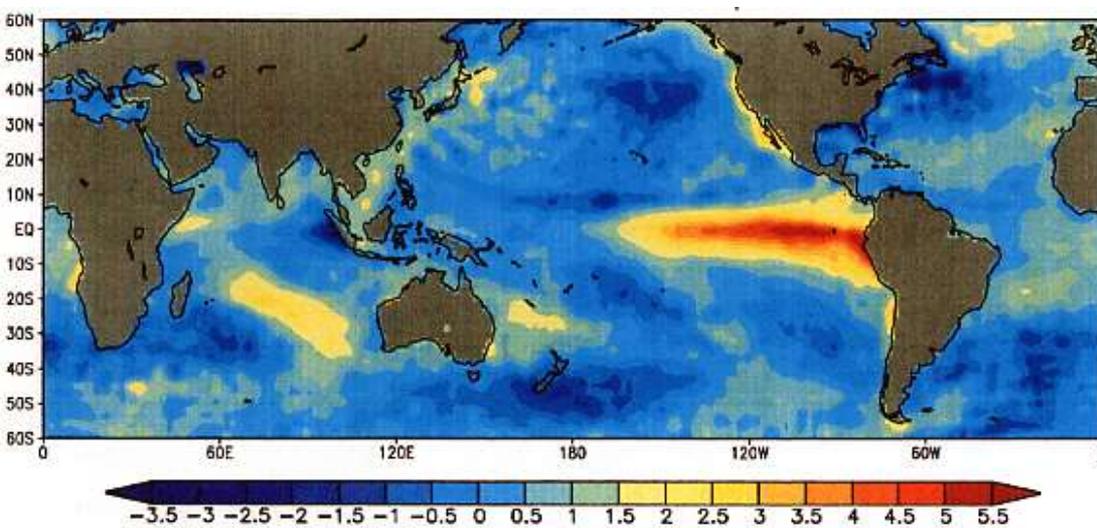
Les modalités d'un upwelling

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/upwelling.html>



El Niño, un phénomène qui limite l'upwelling

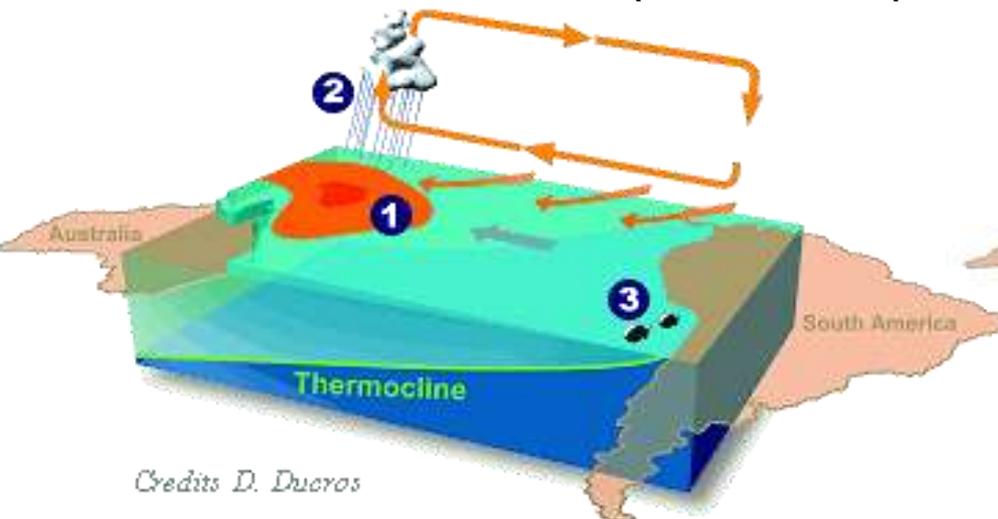
Tous les ans, un peu après Noël et jusqu'au mois d'avril



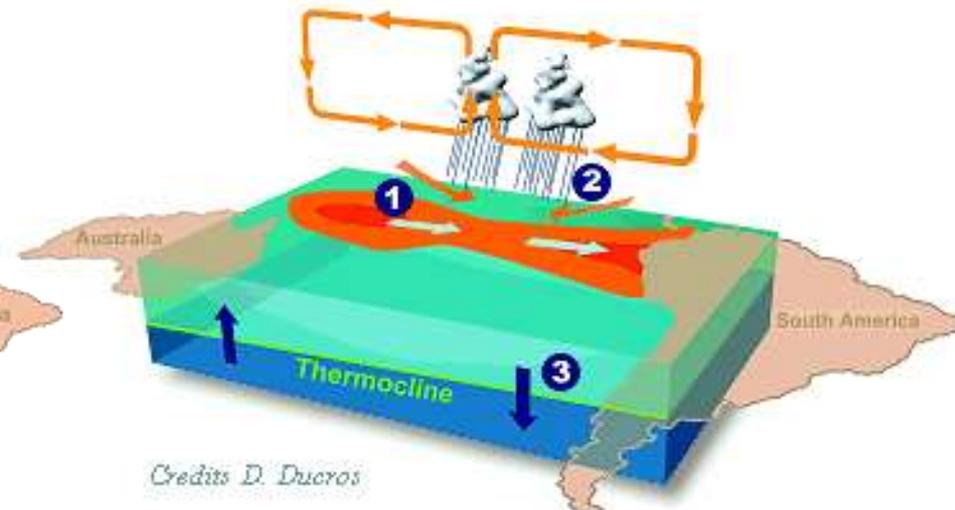
https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o

Conséquence régionale d'une perturbation dans la circulation atmosphérique générale entre les pôles et l'équateur.

On considère maintenant qu'il a des répercussions mondiales.

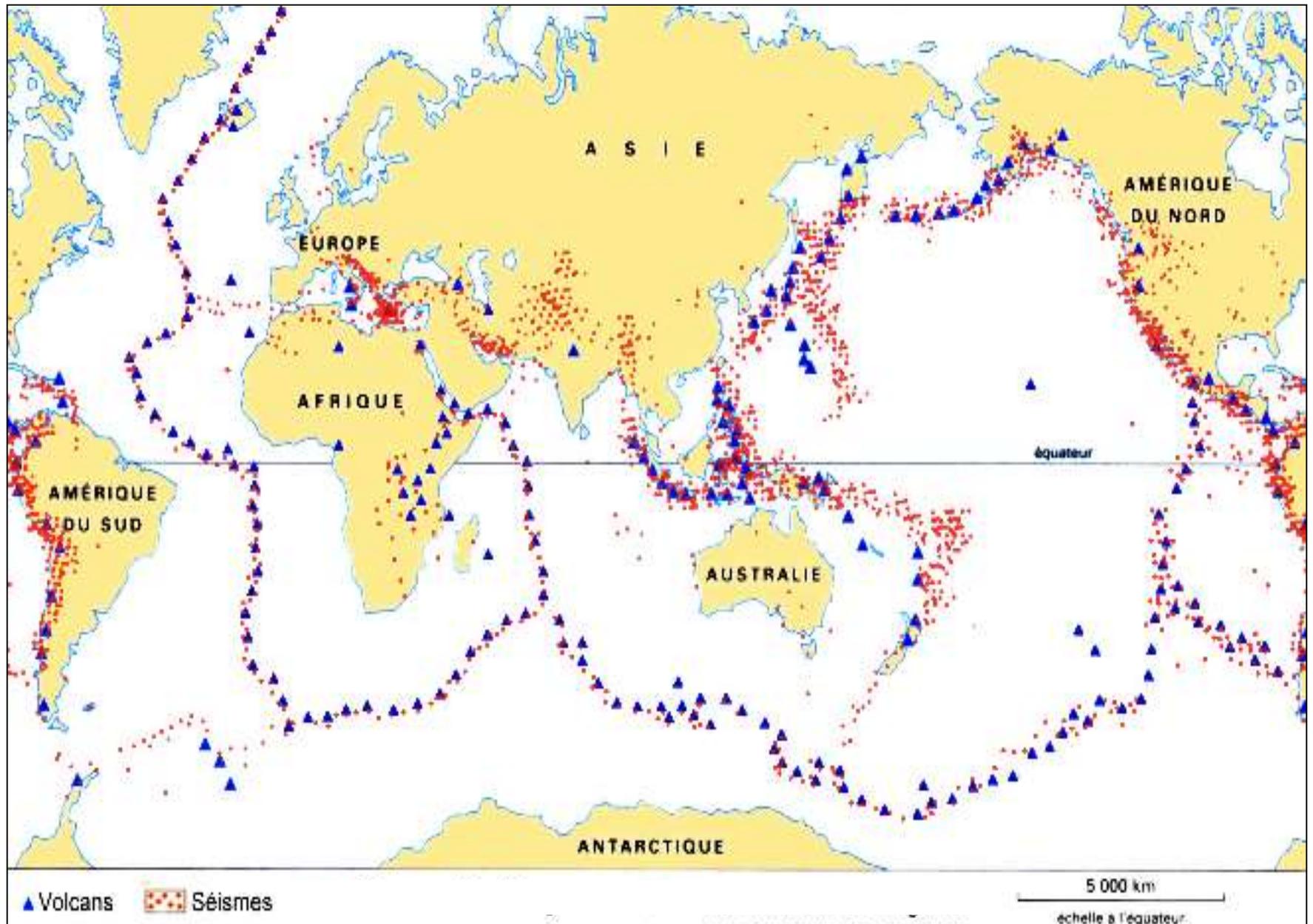


Régime normal sur l'océan Pacifique



Régime El Niño sur l'océan Pacifique

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/oscillation-nino-nina.xml> El Nino /



Document 5. Répartition des séismes et des volcans en activité.



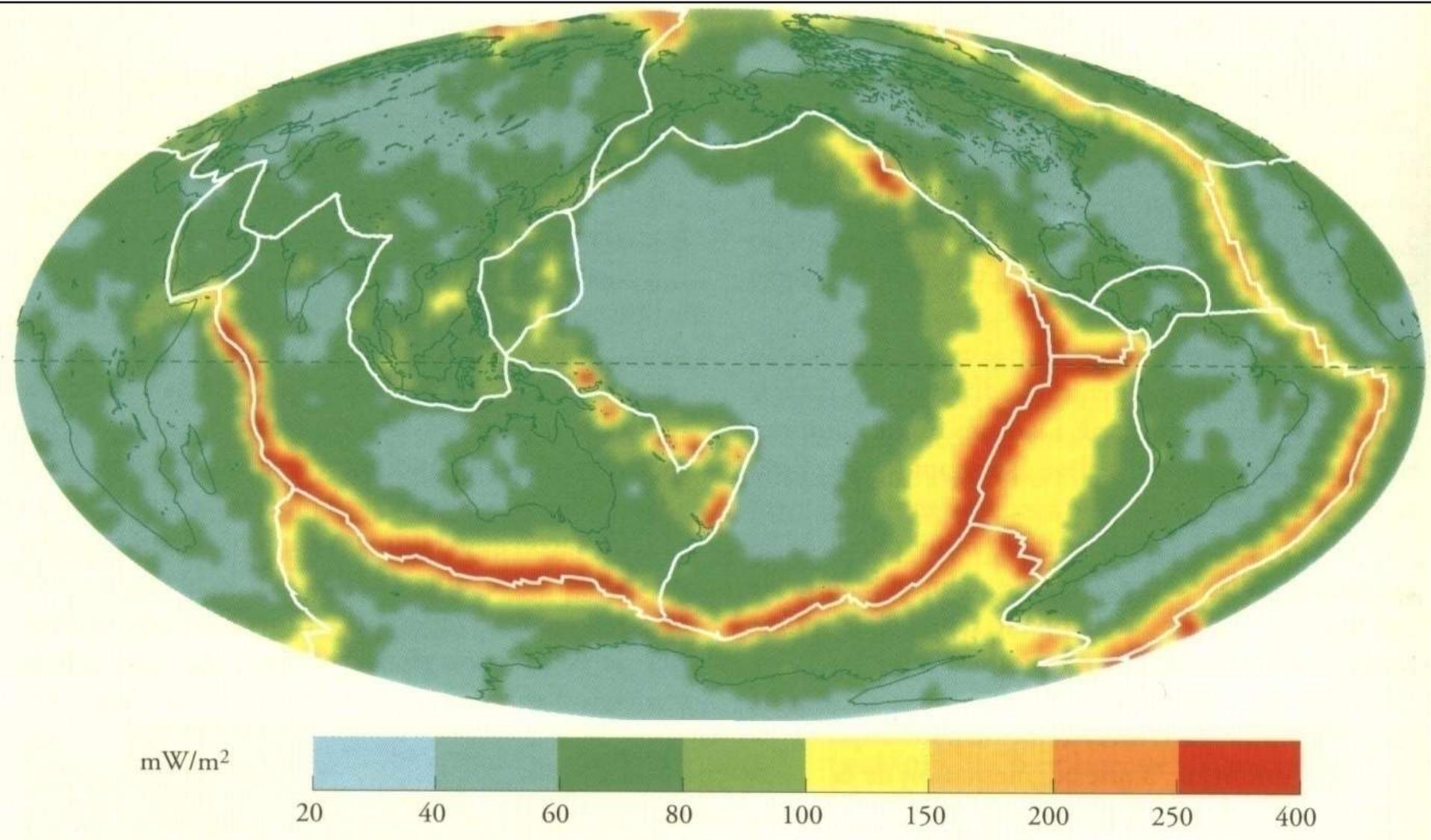
Les Andes

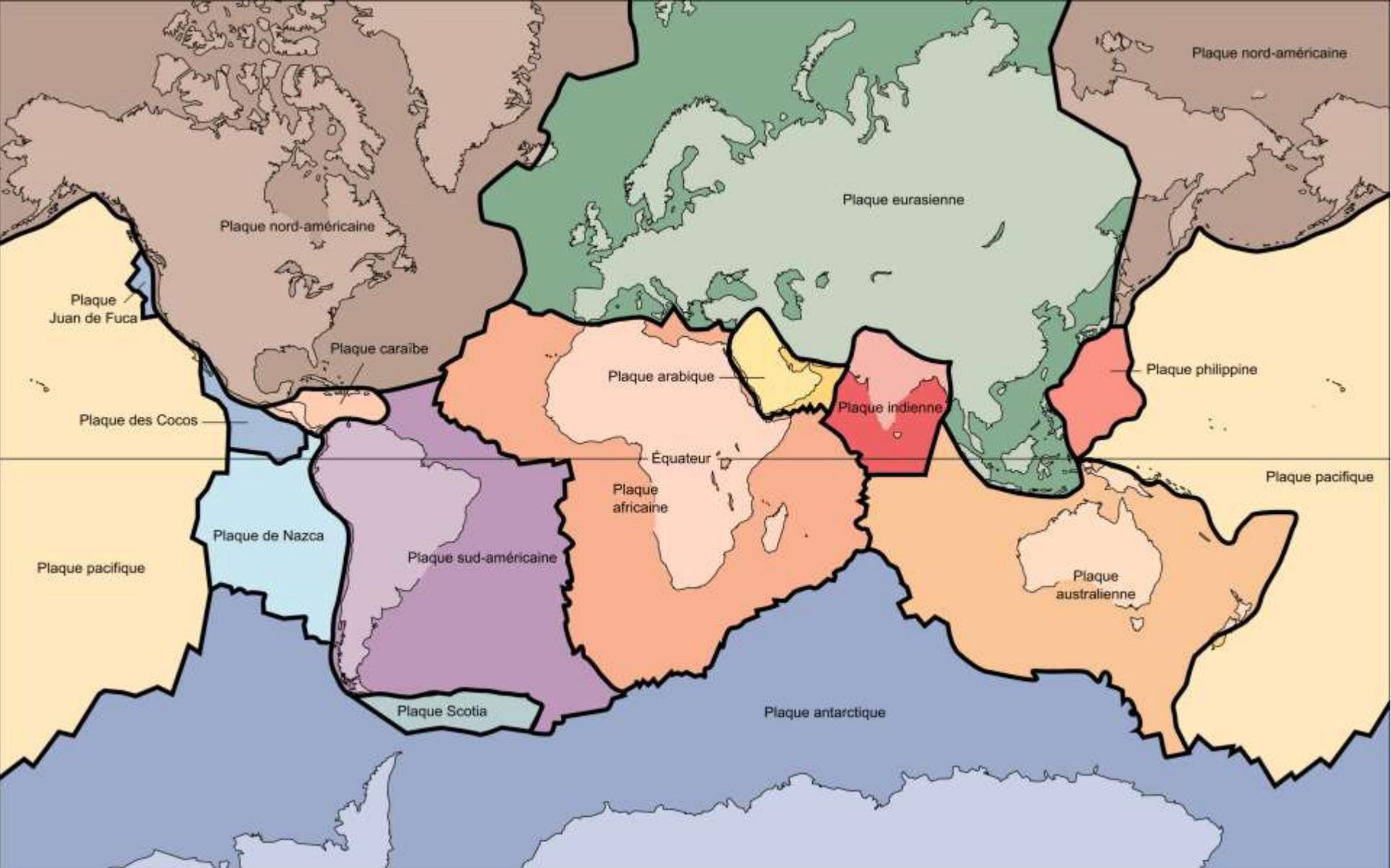
Le volcan Chimborazo (Equateur)



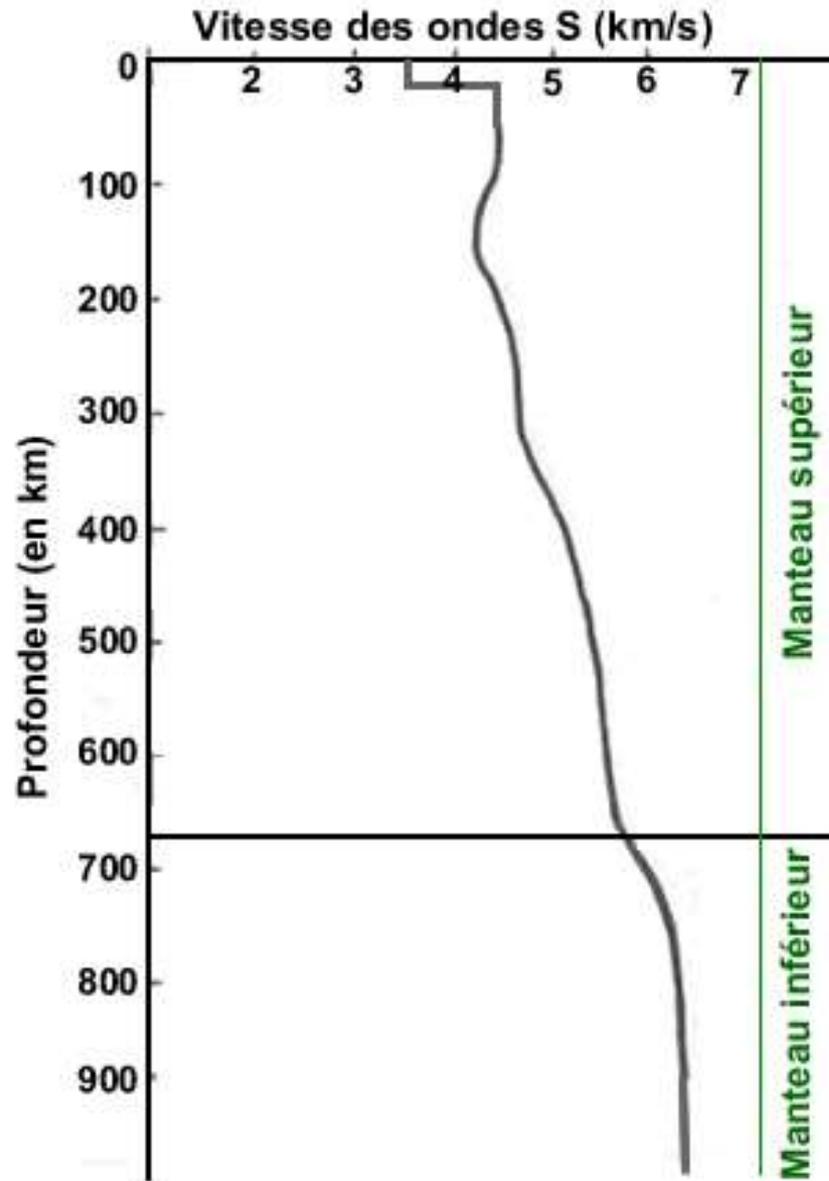
ANOMALIES THERMIQUES

CARTE MONDIALE DU FLUX THERMIQUE





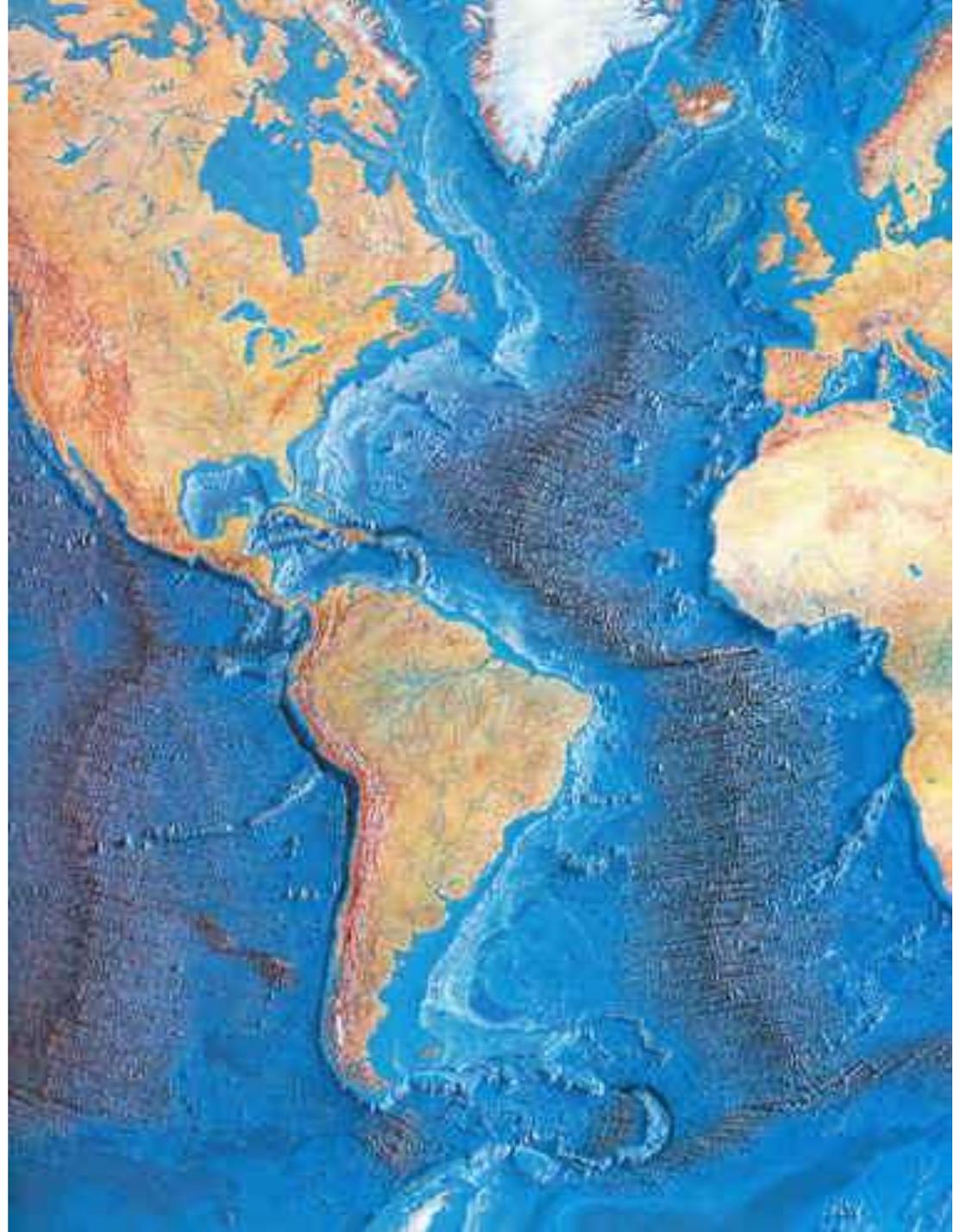
Les principales plaques lithosphériques



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

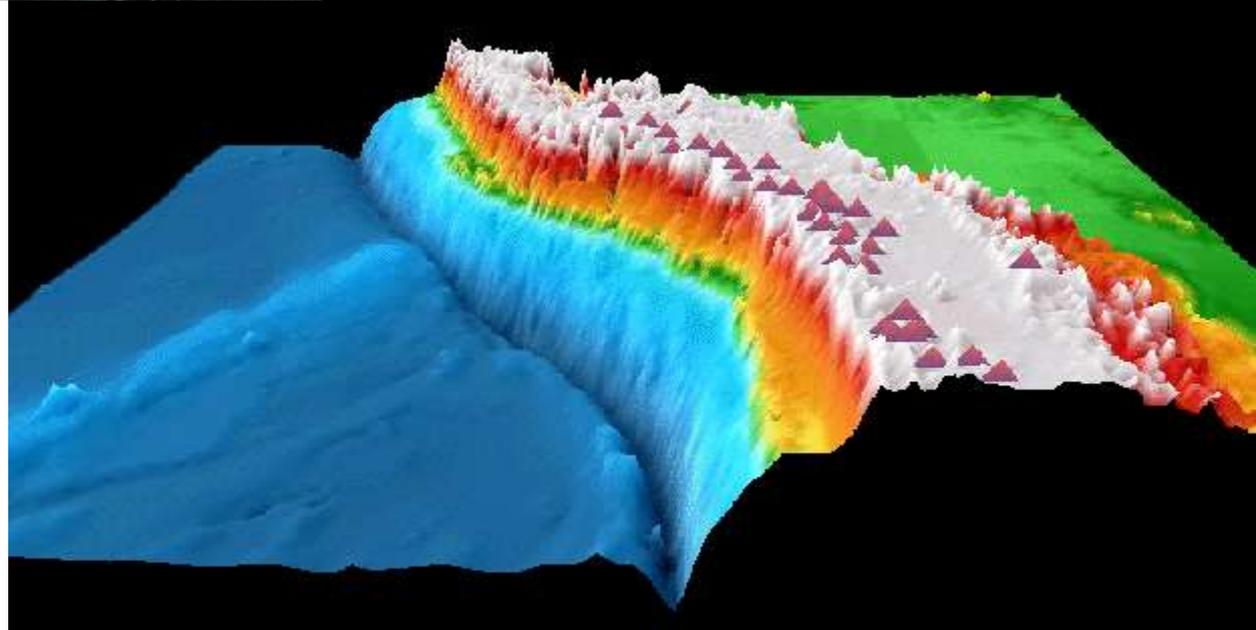
(d'après <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre>)

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

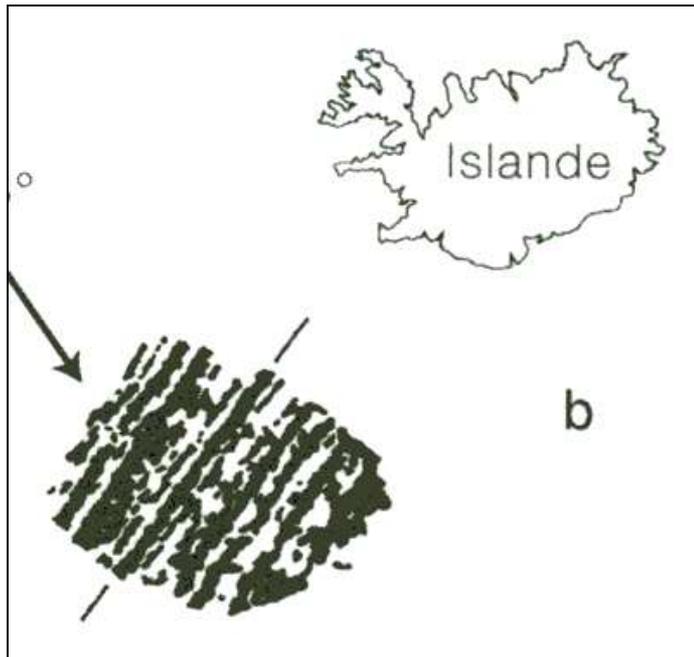
La faille traverse la photo de gauche à droite. La photo est prise en direction du Sud-Ouest. Au premier plan, la plaque nord-américaine. Au deuxième plan, la plaque Pacifique.

www.cdf.u-3mrs.fr/~lepichon/2005cours1.pdf

Les failles transformantes, des frontières de plaques

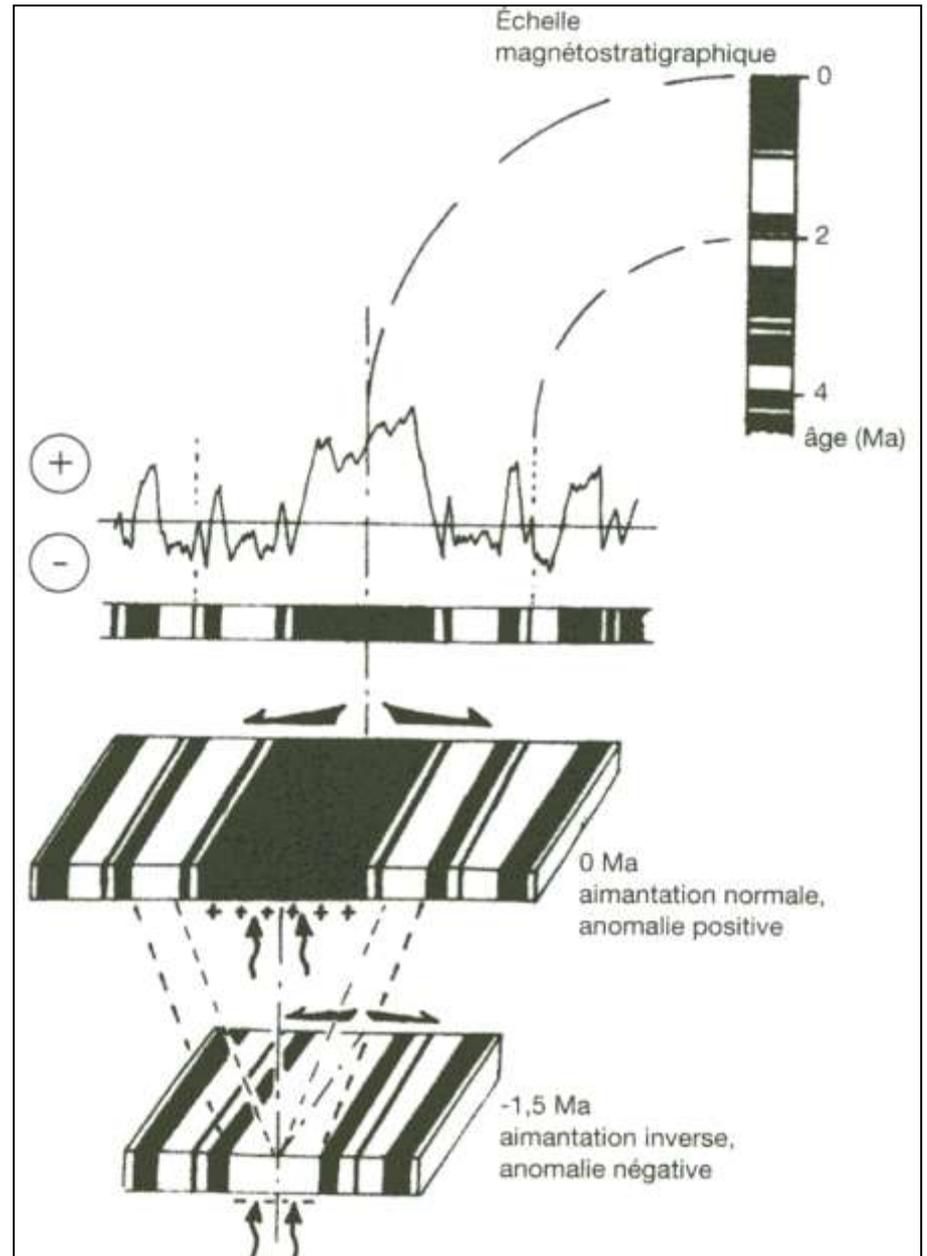


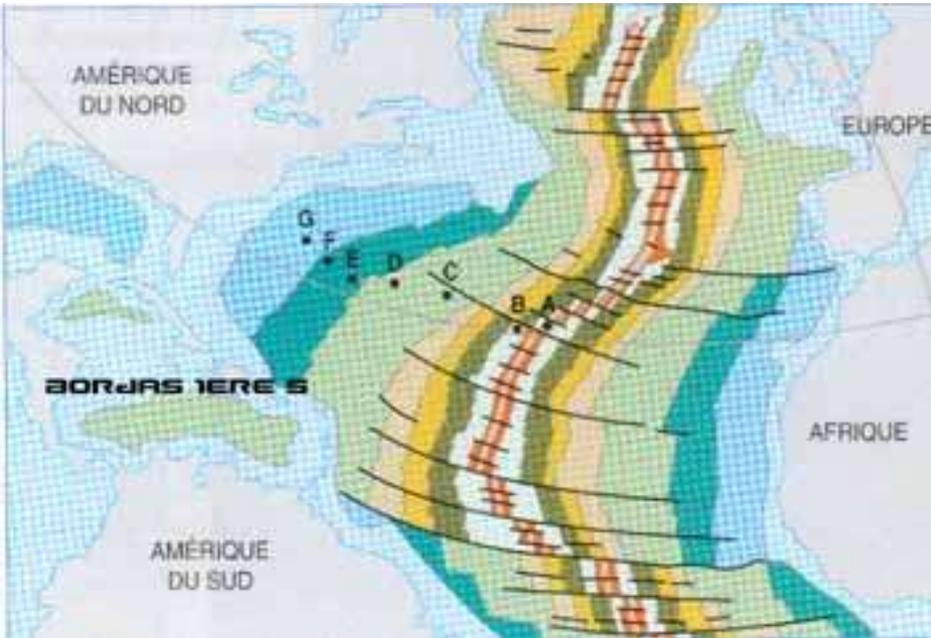
Fig.1a : Carte de Californie montrant la faille de San Andreas et ses principales ruptures récentes ainsi que l'emplacement du SAFOD à l'extrémité sud de la portion en glissement (en bleu) d'après [Hickman et al., 2004].



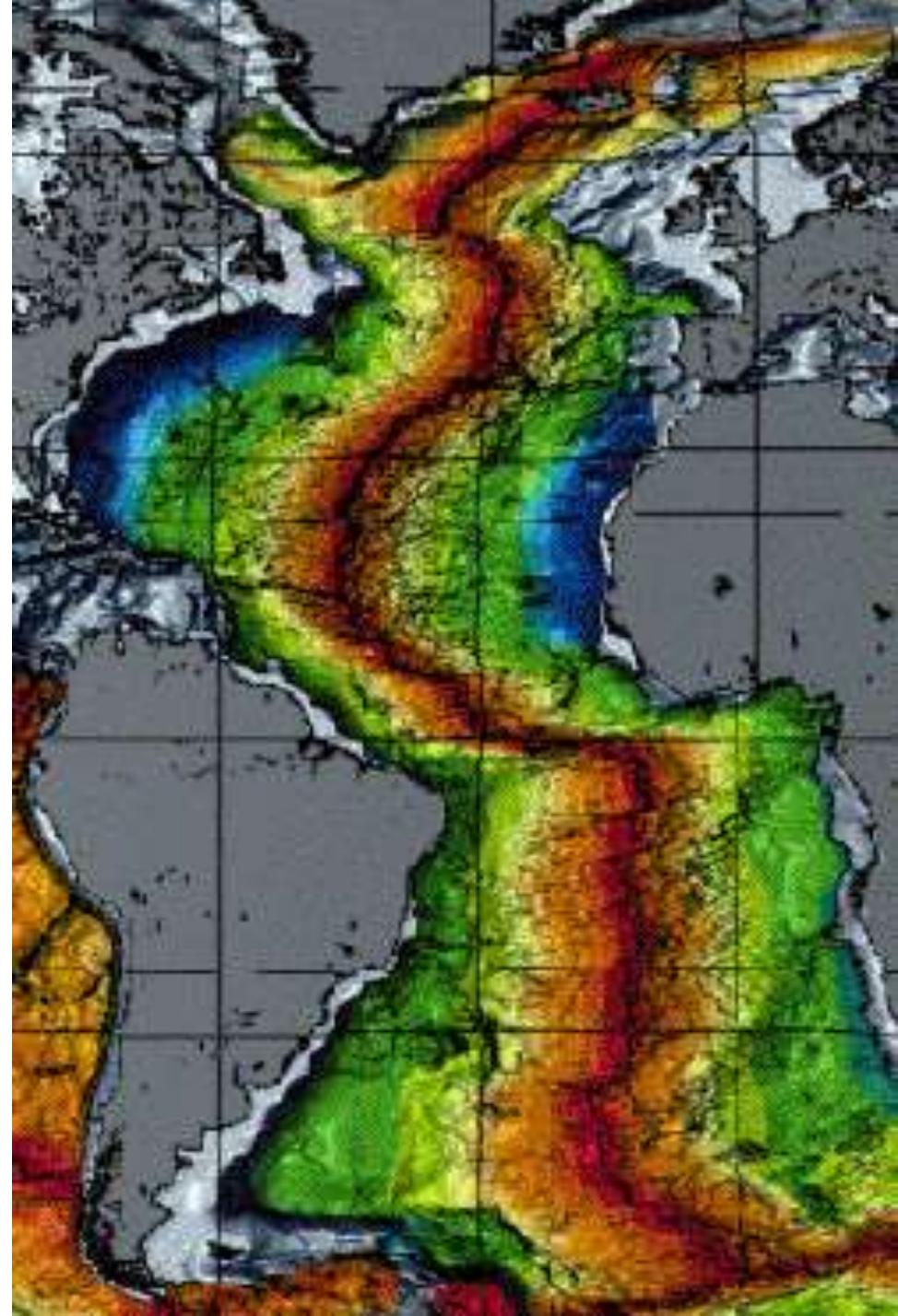
Anomalies magnétiques et leur interprétation.

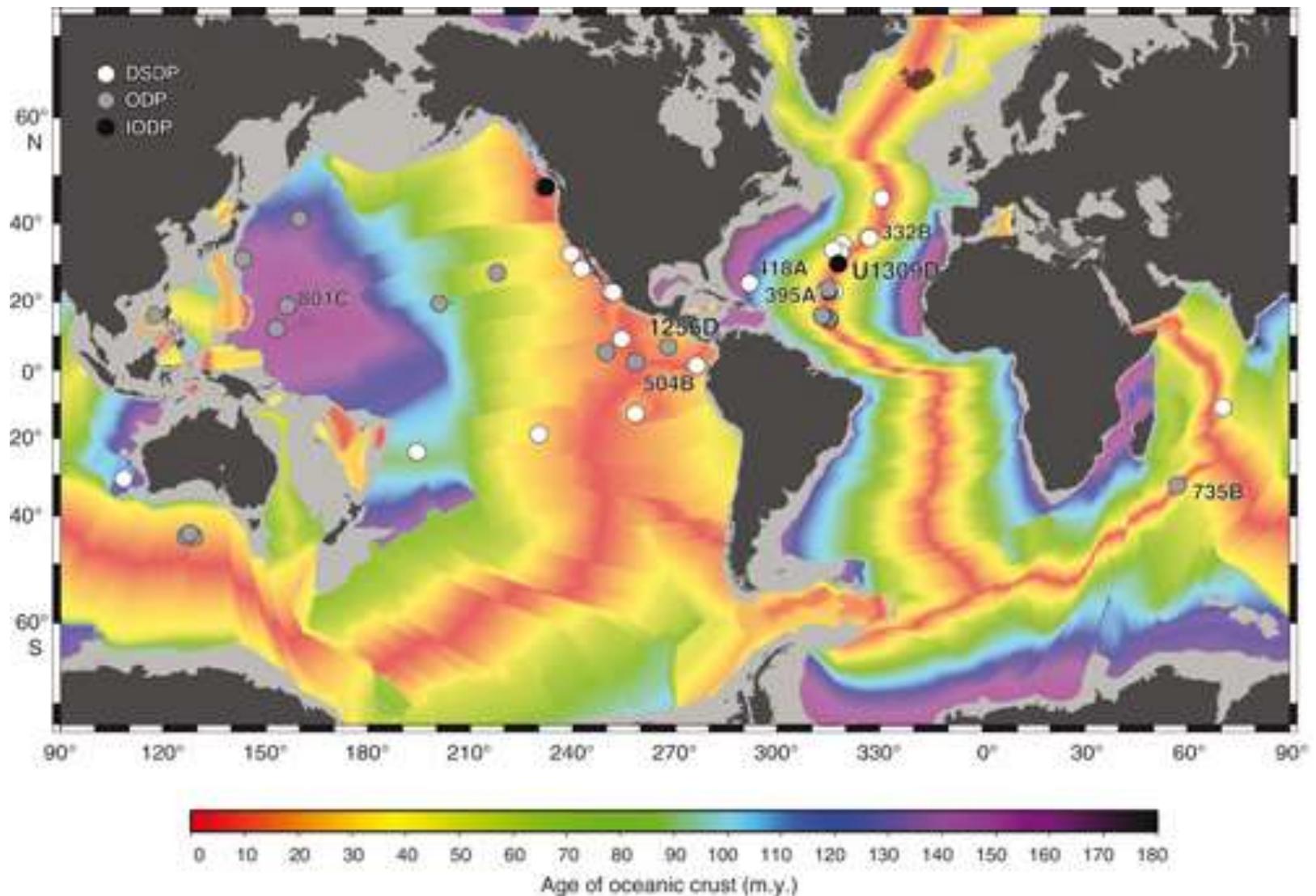
(Schaaf A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers " Vuibert Ed.)





**Répartition des
sédiments
selon leur âge.**

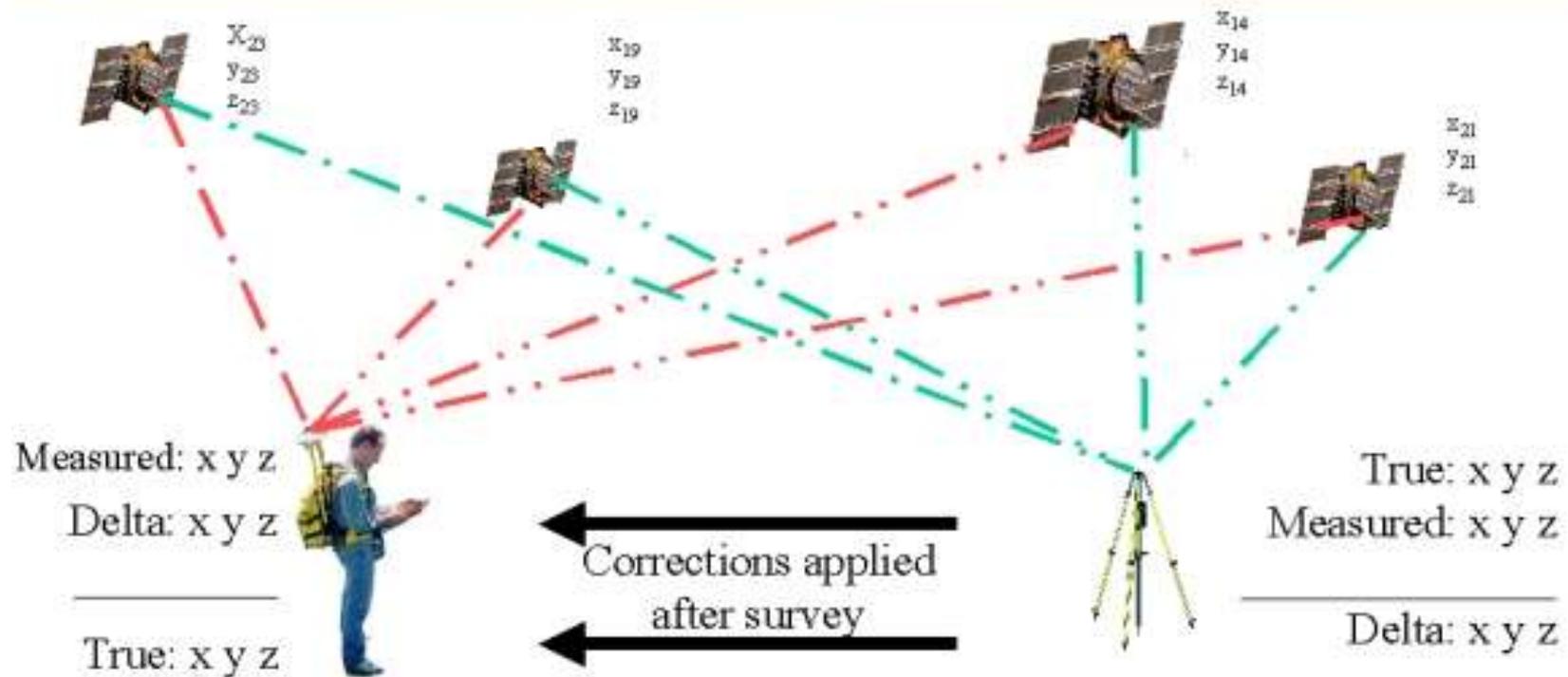




Age de la croûte océanique

(données : www.earthbyte.org). 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

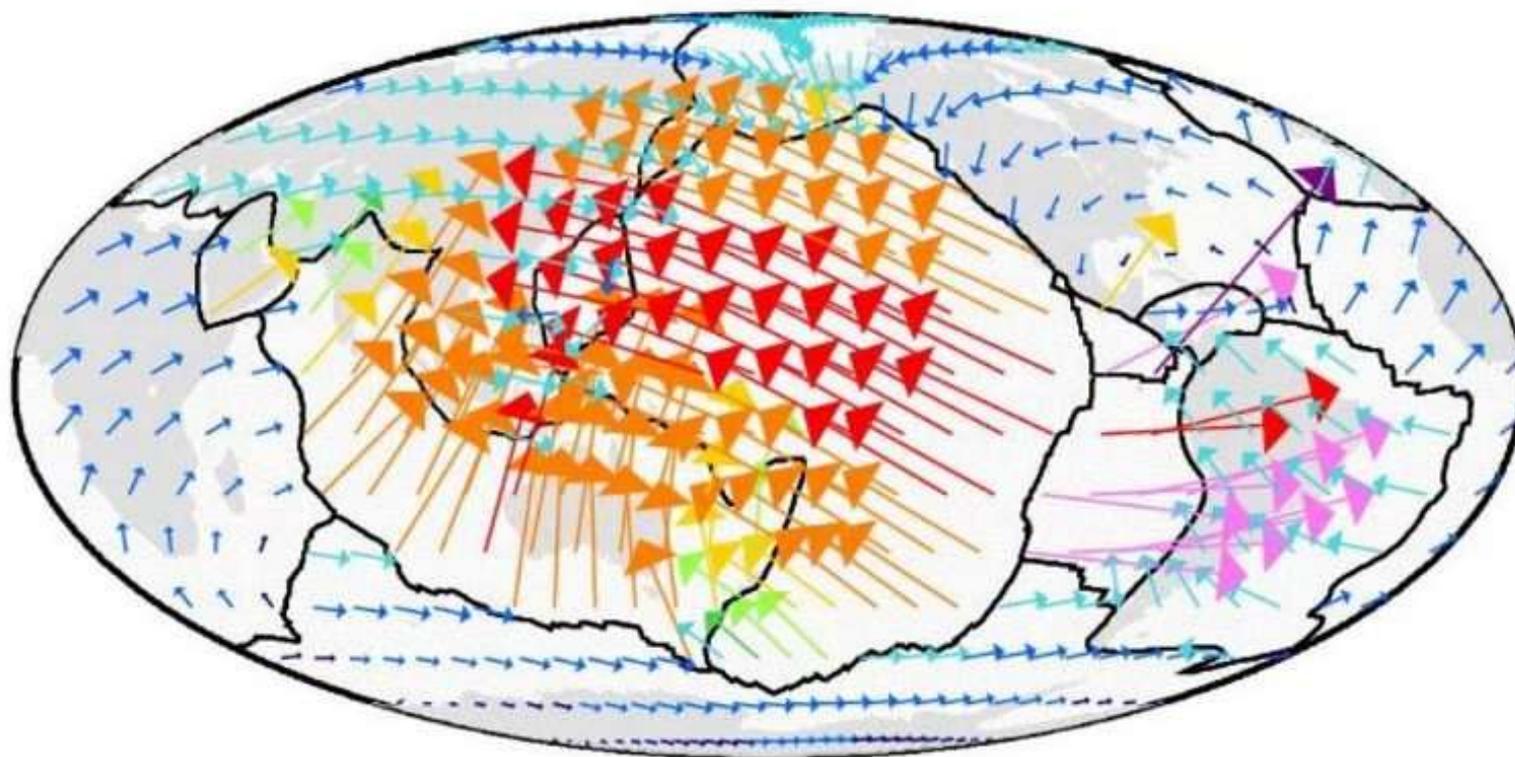


NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION
National Ocean Service
National Geodetic Survey



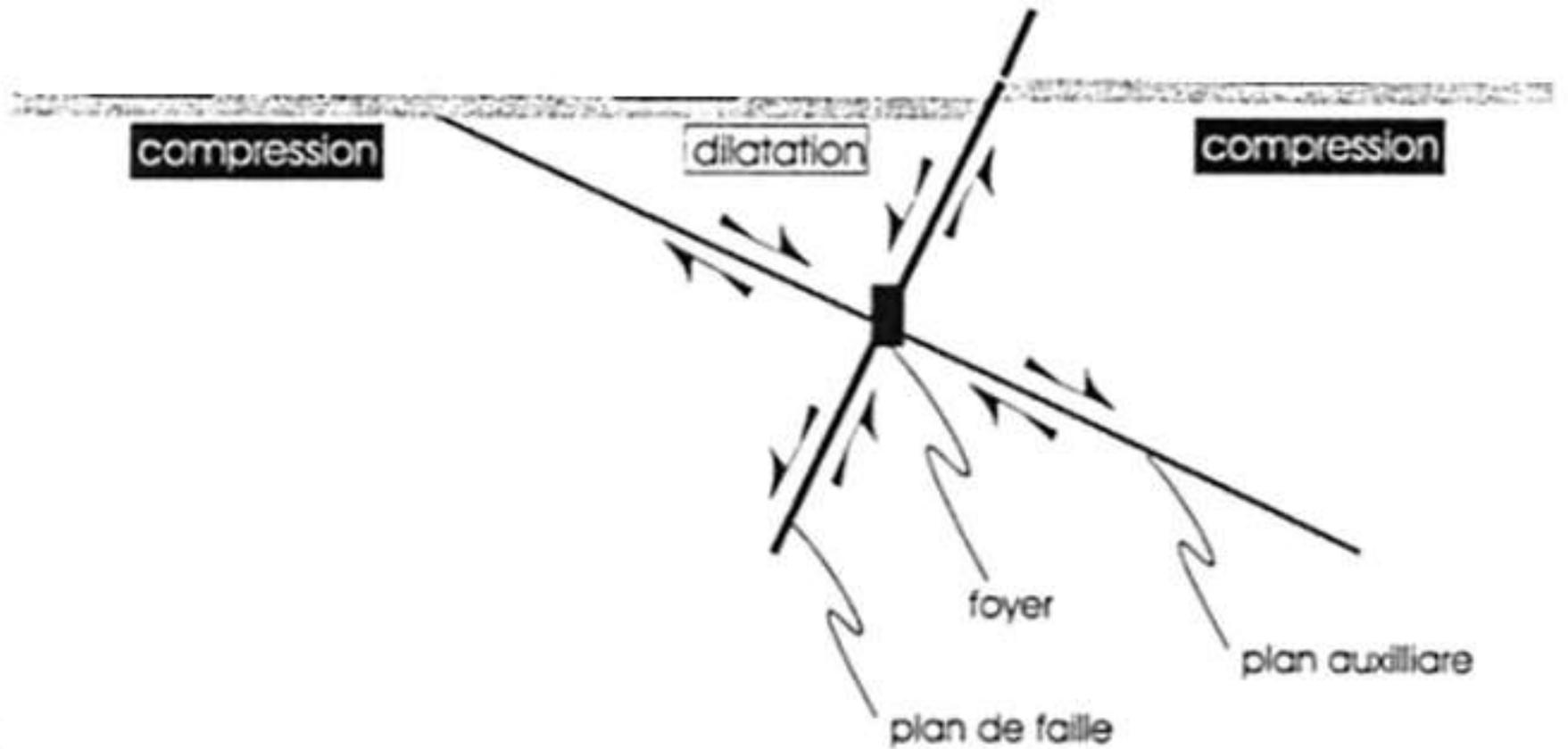
Positioning America for the Future

Vitesse mesurée « absolue » des plaques au Quaternaire



Vitesse / vitesse moyenne

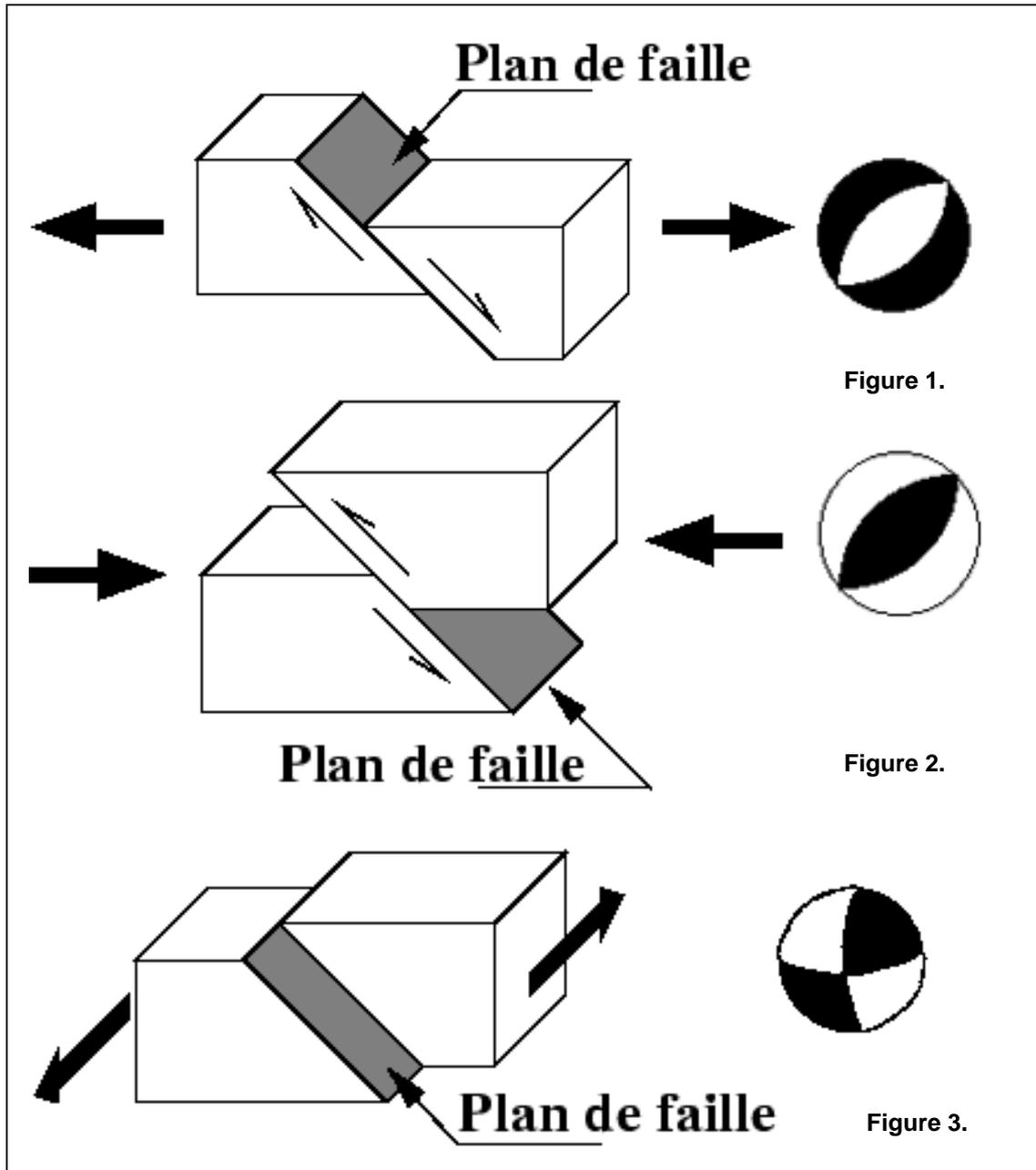




Document 7. Mouvements au niveau de trois compartiments situés de part et d'autre d'une faille normale active.

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

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



Document 8. Mécanisme au foyer et type de faille.

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

--> mécanisme en extension

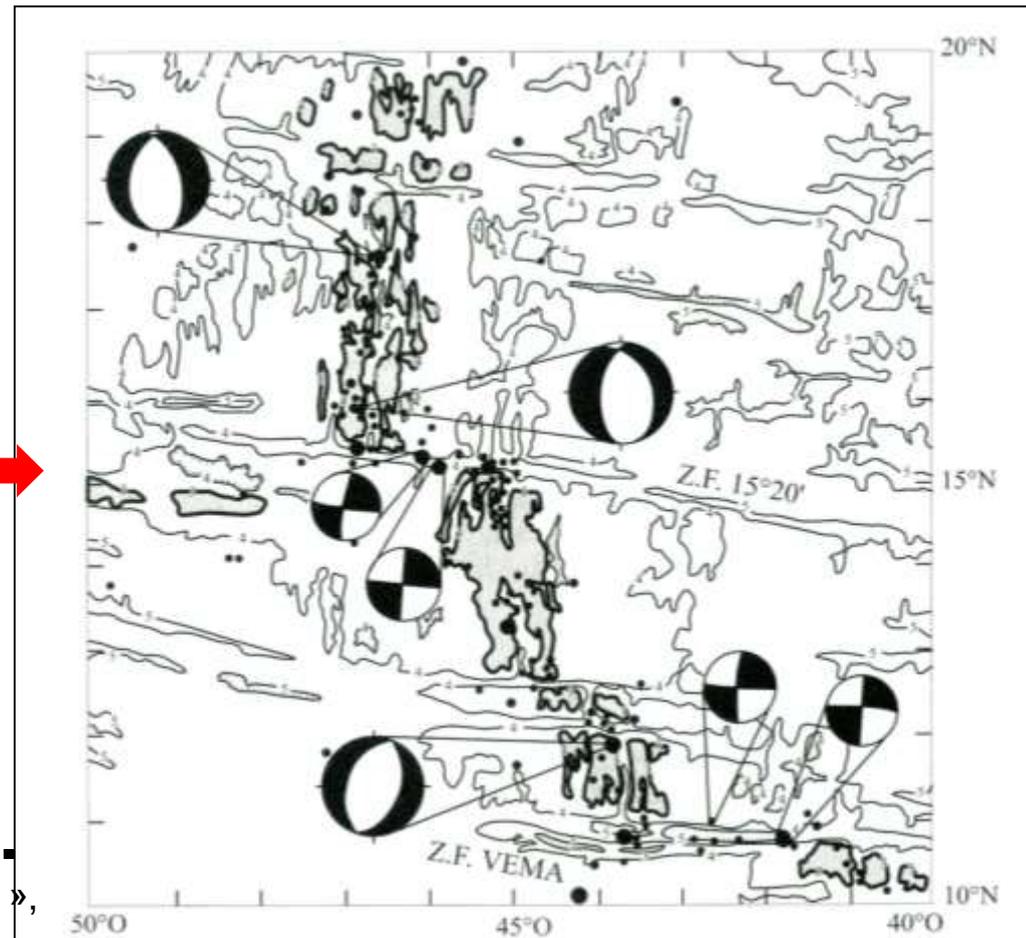
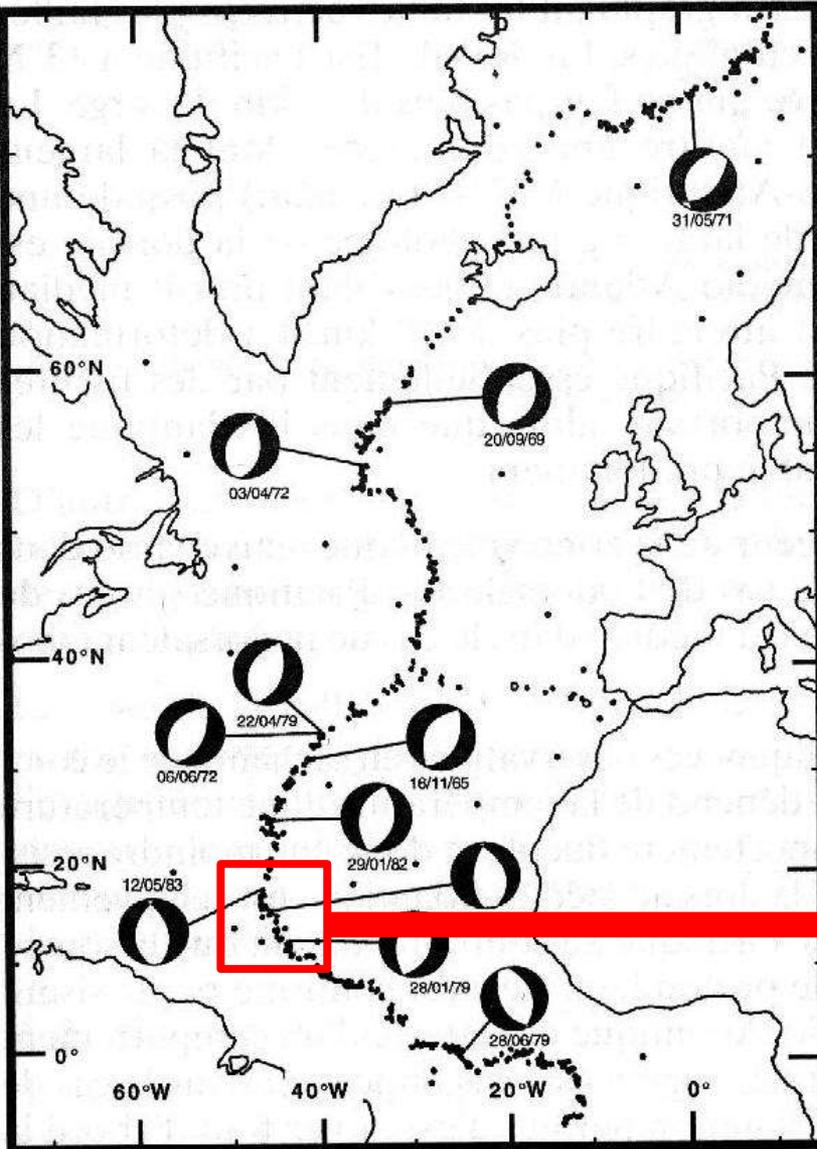
Figure 2 : faille inverse et diagramme de mécanisme au foyer correspondant.

--> mécanisme en compression

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

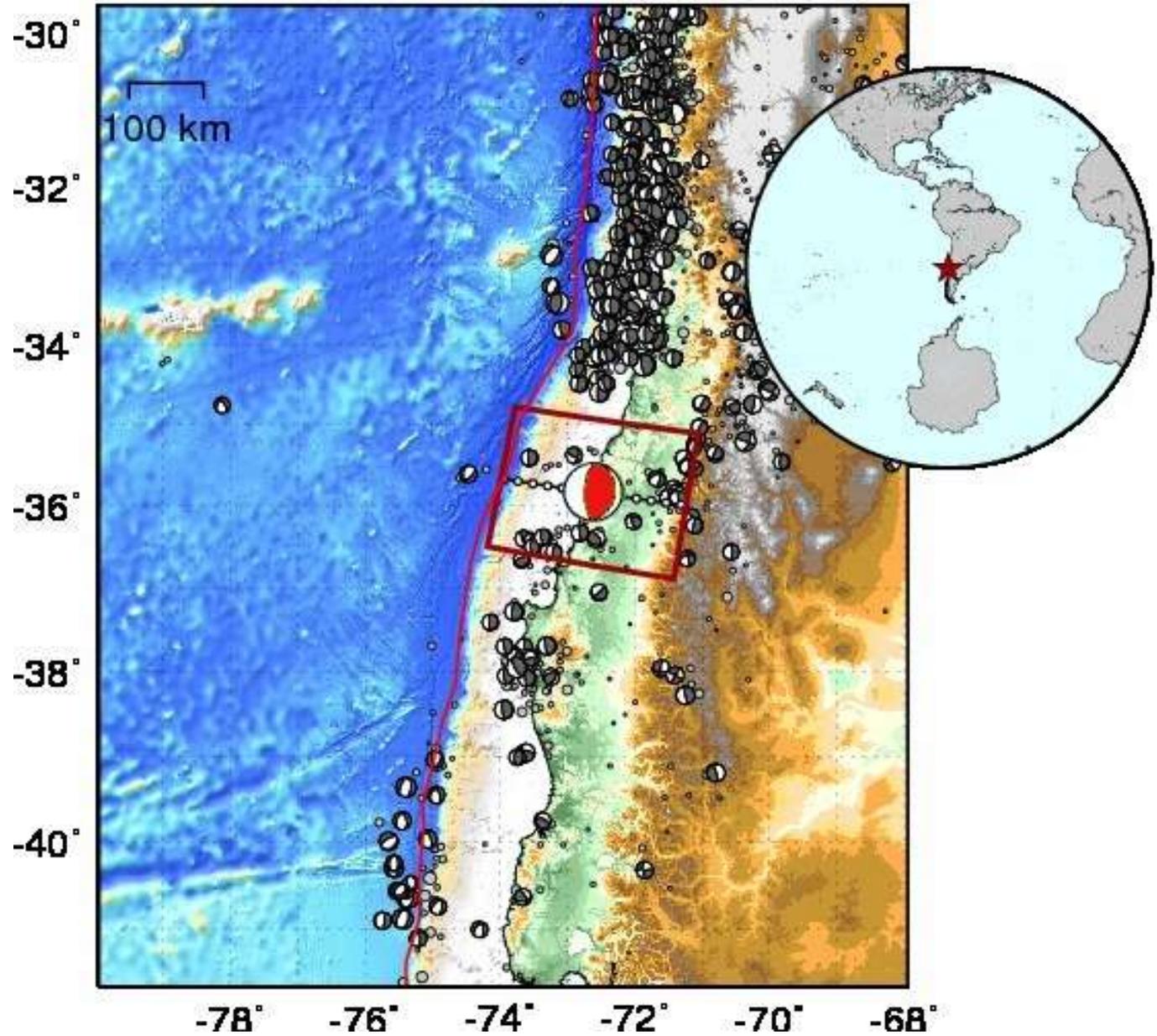
--> mécanisme de coulissage

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.)



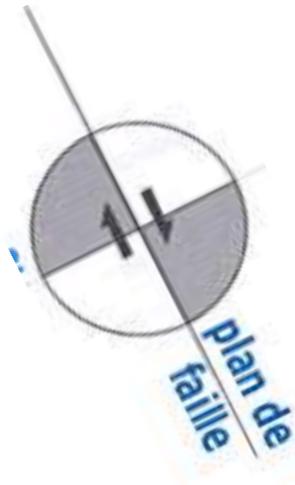
**Mécanismes au foyer
au niveau de la fosse Chili - Pérou**



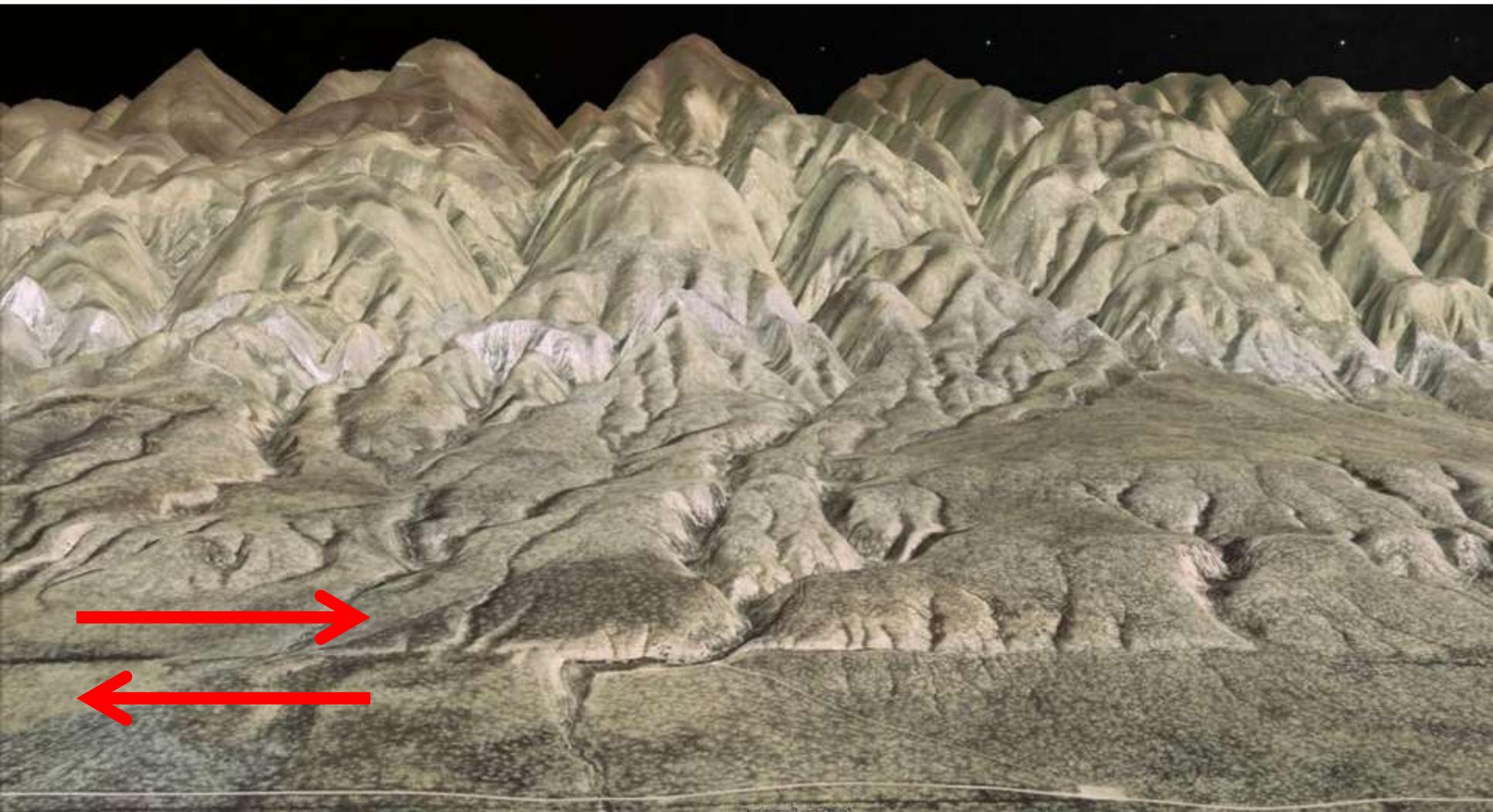
Vue SE le long de la faille de San Andreas.

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 long¹ 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**

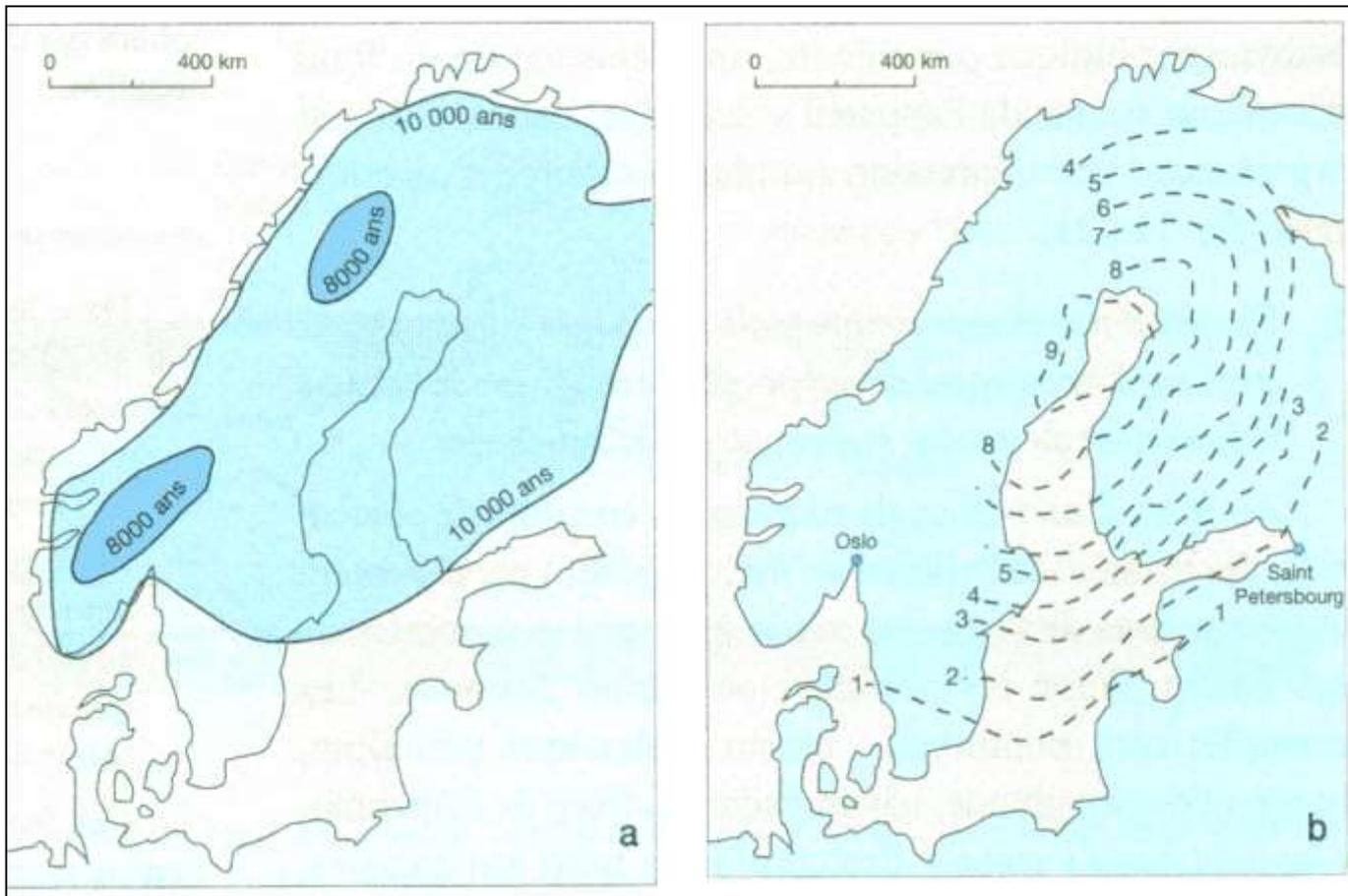
Des preuves d'une mobilité verticale en Scandinavie



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.



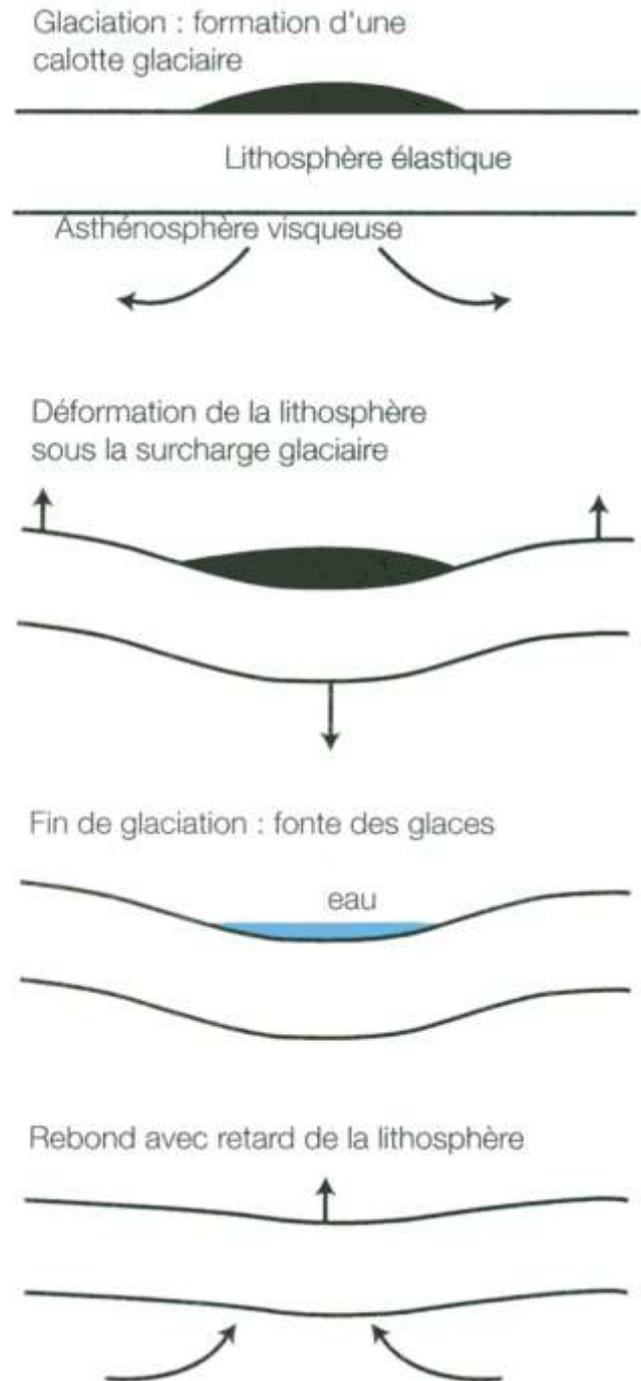
Document 9.

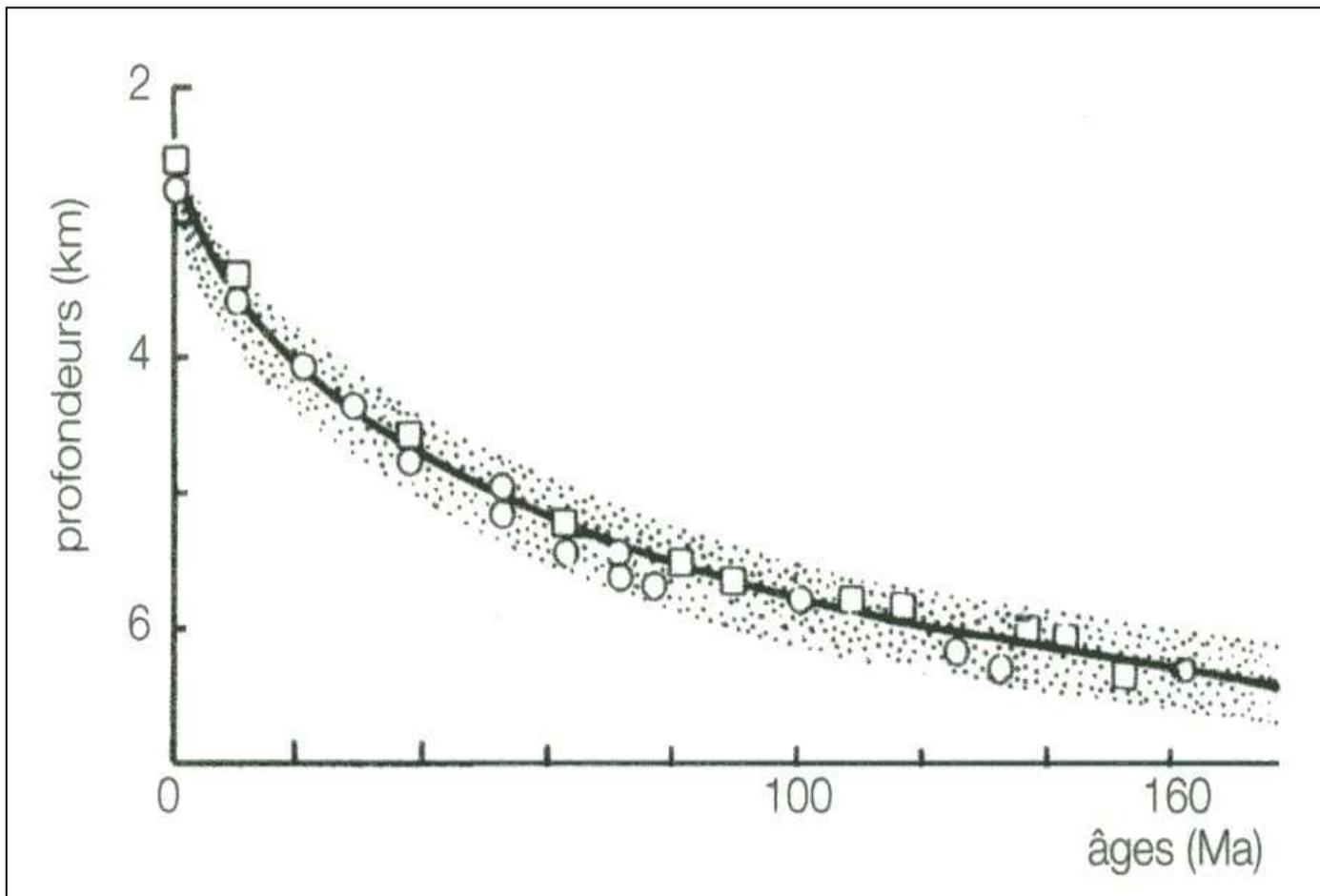
- a. **Limites de la calotte glaciaire scandinave il y a 10 000 ans et 8 000 ans.**
 b. **Vitesses (en mm/an) de soulèvement actuel de la Scandinavie.**
 (Schaaf. A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers ", Vuibert Ed.)

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

Document 11. Le rebond isostatique post-glaciaire en Scandinavie.

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





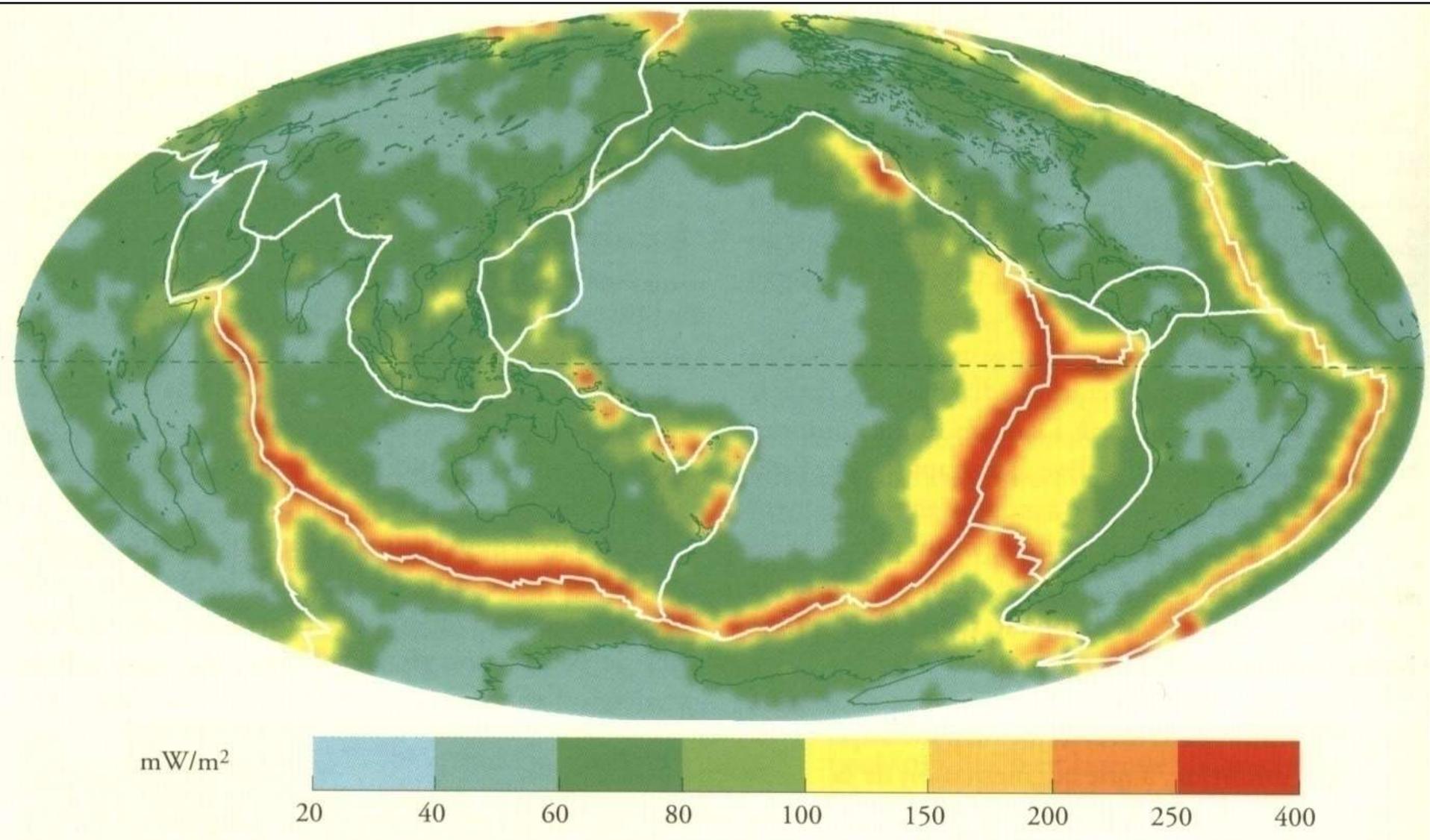
Document 10. Profondeurs de l'Atlantique nord (carrés) et du Pacifique nord (cercles) en fonction de l'âge de la lithosphère océanique.

La bande grise situe la dispersion des données.

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

ANOMALIES THERMIQUES

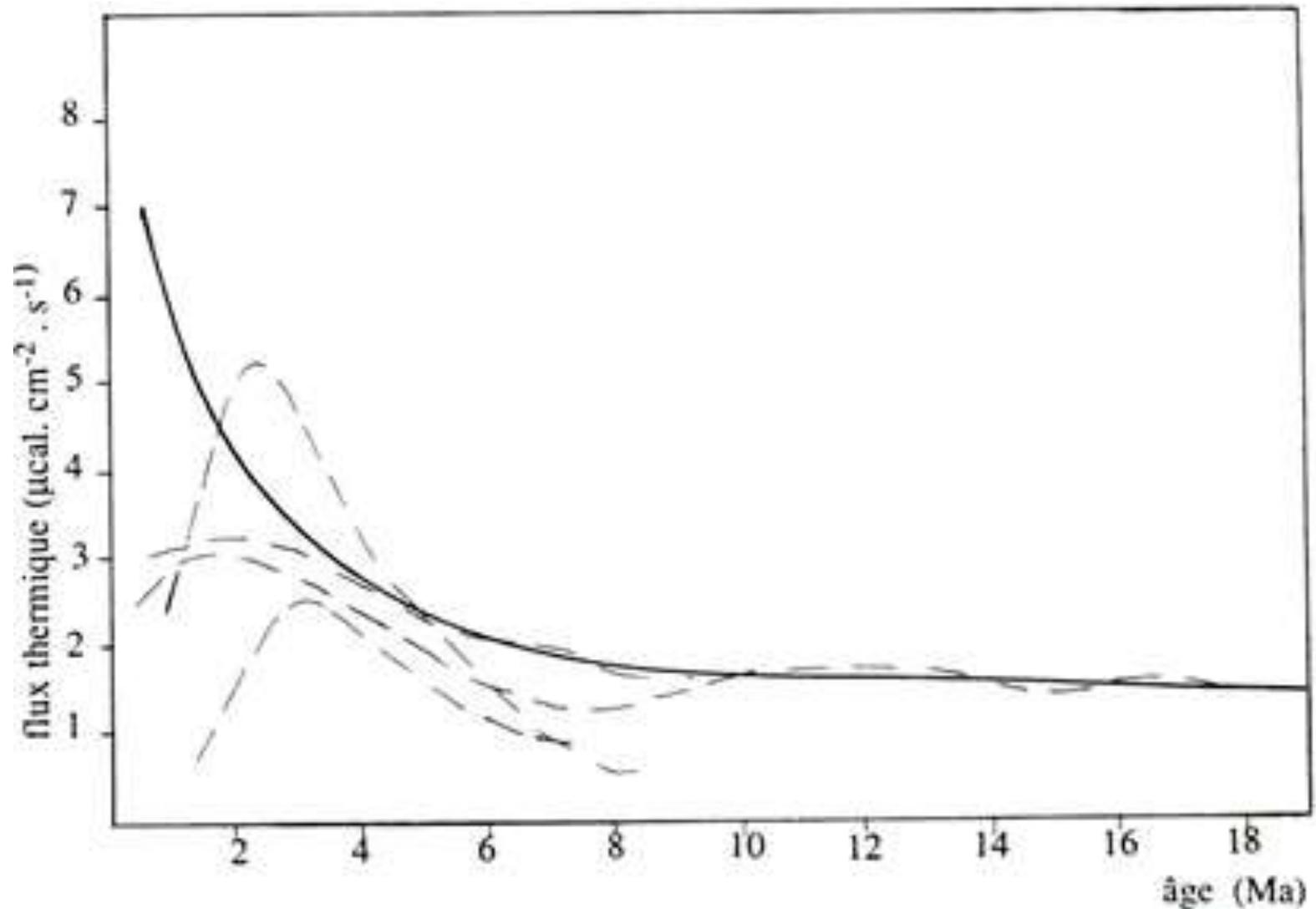
CARTE MONDIALE DU FLUX THERMIQUE



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

Document 14. 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.)

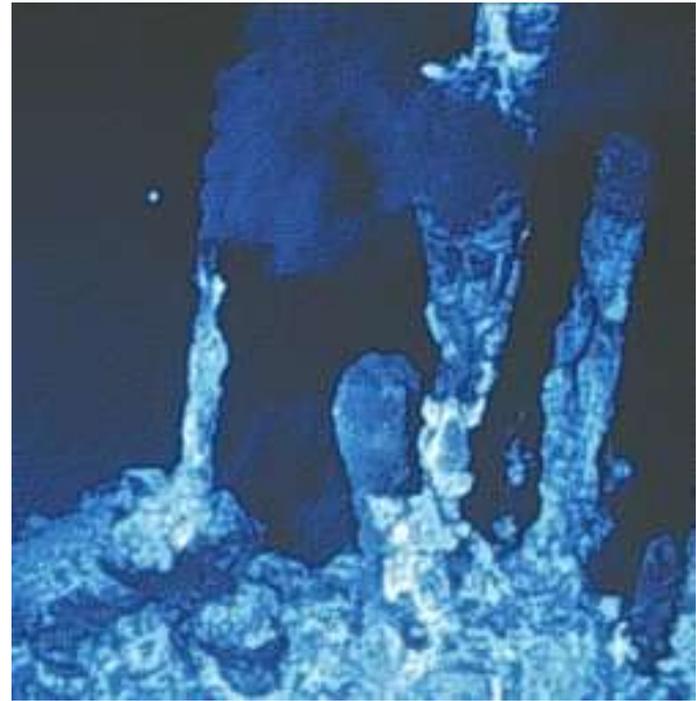


Variations du flux thermique au voisinage des dorsales.

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 (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	$920 \cdot 10^9$

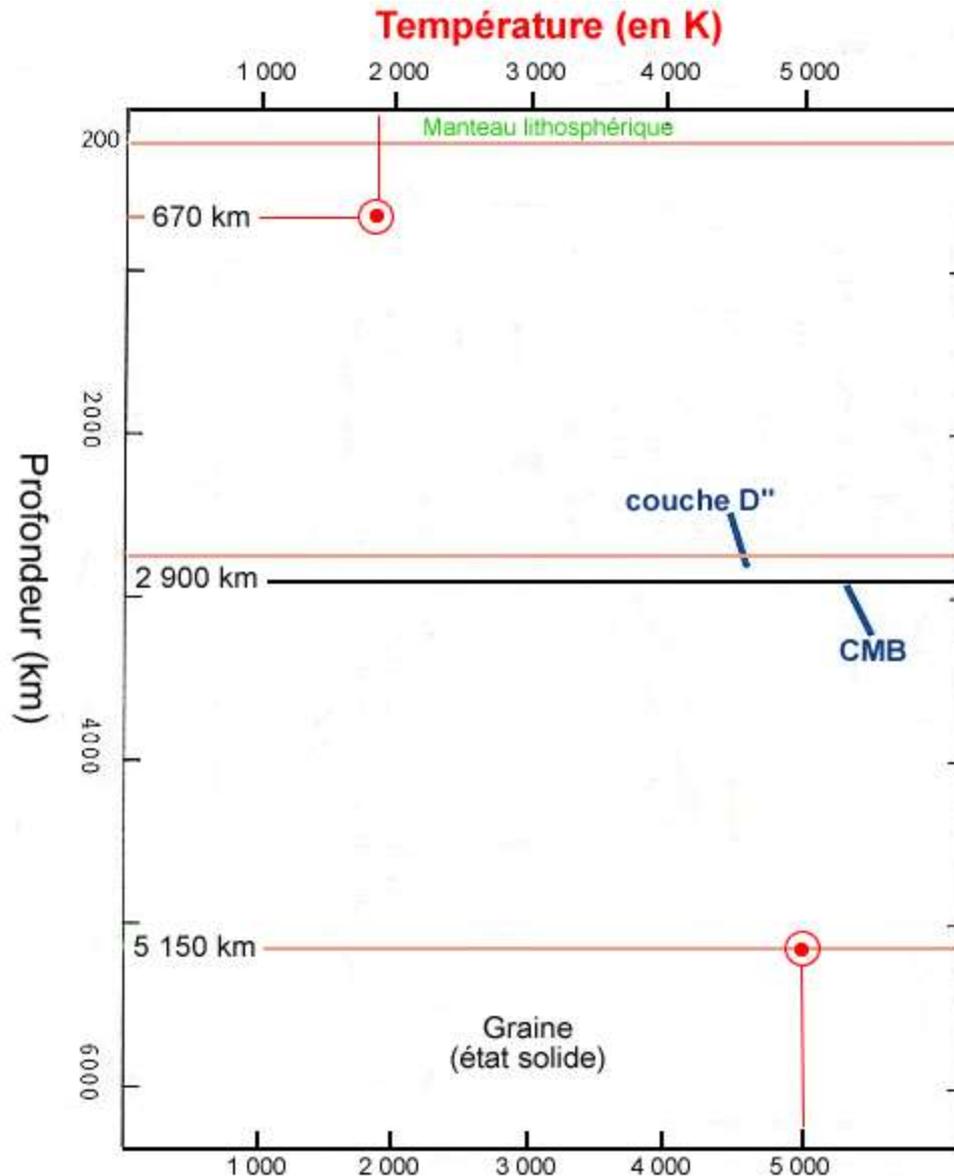
Document 15. Concentration en éléments radiogènes de la croûte et du manteau.

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

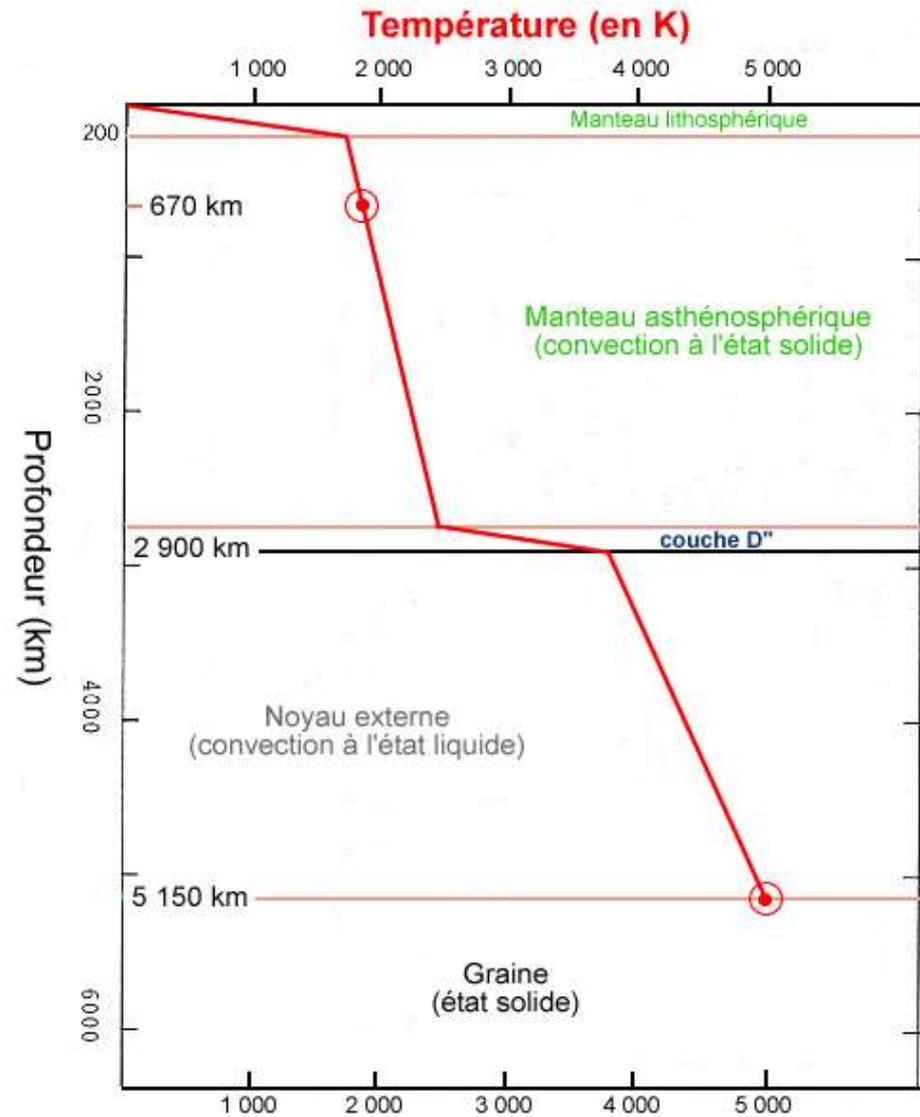
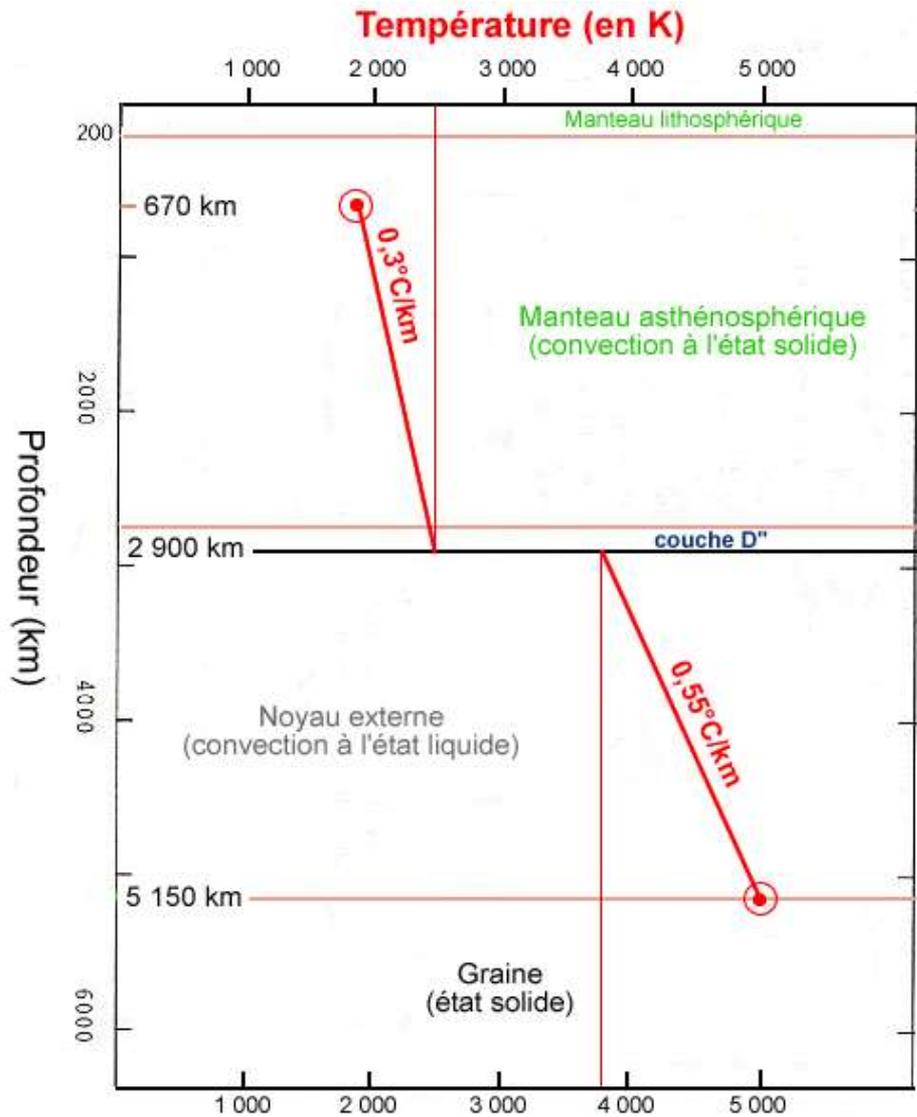
Nature	Lieu de production et de dissipation	Quantité d'énergie 10^{12} W	
RADIOACTIVITÉ	croûte continentale	4,2 - 5,6	
	croûte océanique	0,06	
	manteau supérieur	1,3	
	manteau inférieur	3,8 - 11,6	
	noyau	1,2 - 0	
CHALEUR INITIALE	manteau	7 - 14	
	noyau	4 - 8	
CHALEUR DE DIFFÉRENCIATION	noyau externe	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 16. Les sources de la chaleur interne (estimations).

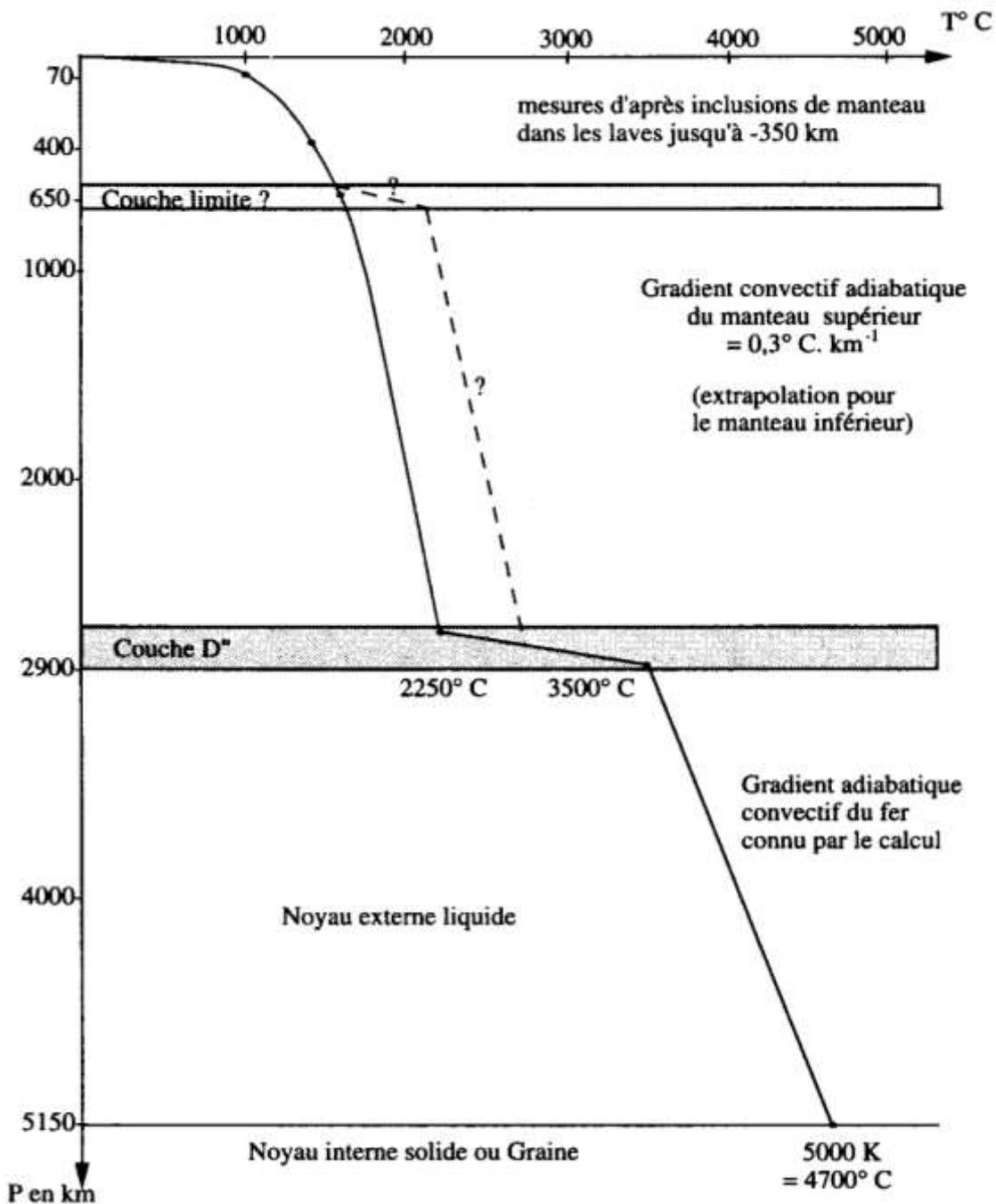
(Caron J.M. et Coll. « Comprendre et enseigner la planète Terre » Ophrys Ed.)



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.**

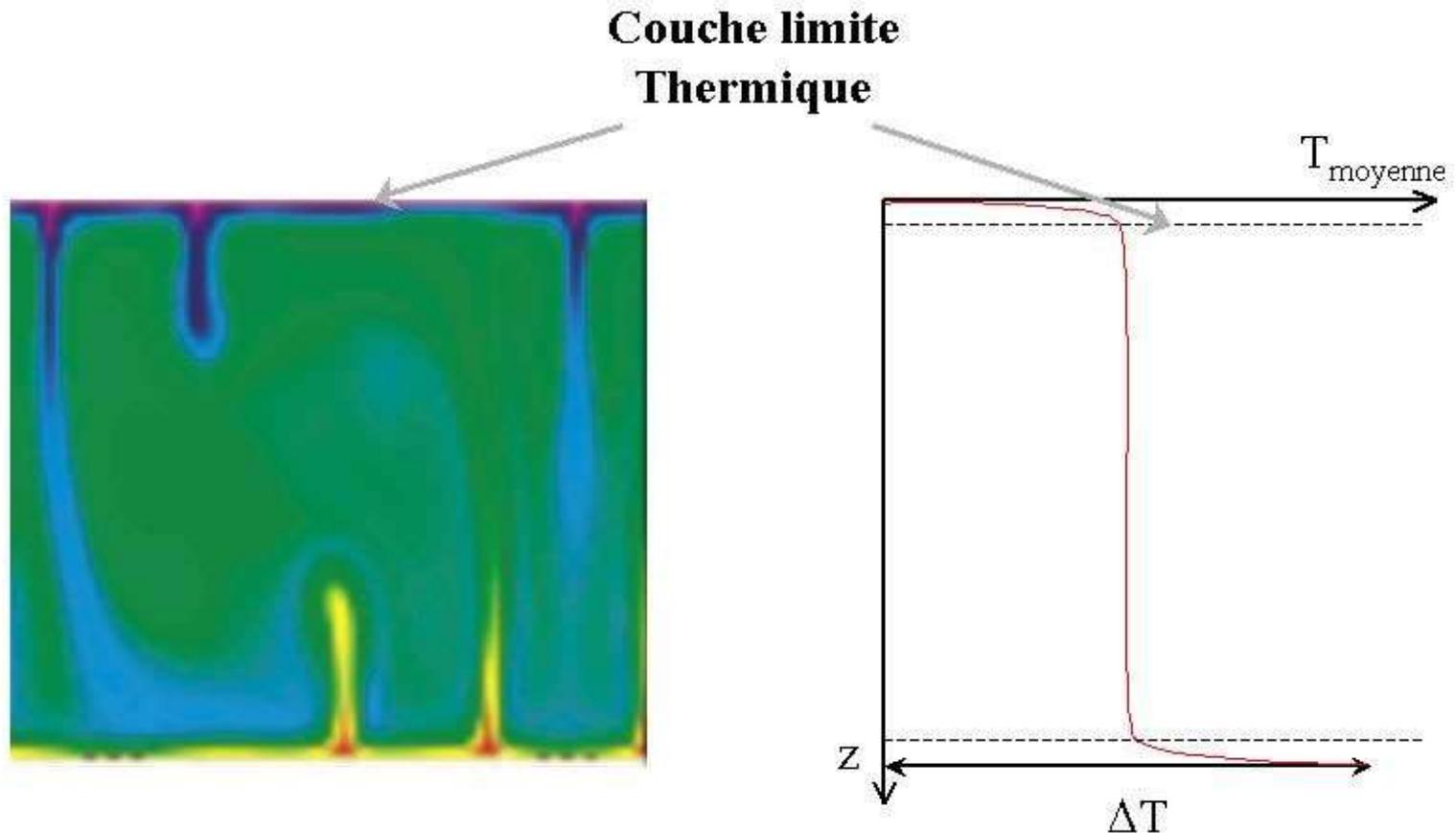


Document 12. Le géotherme terrestre.

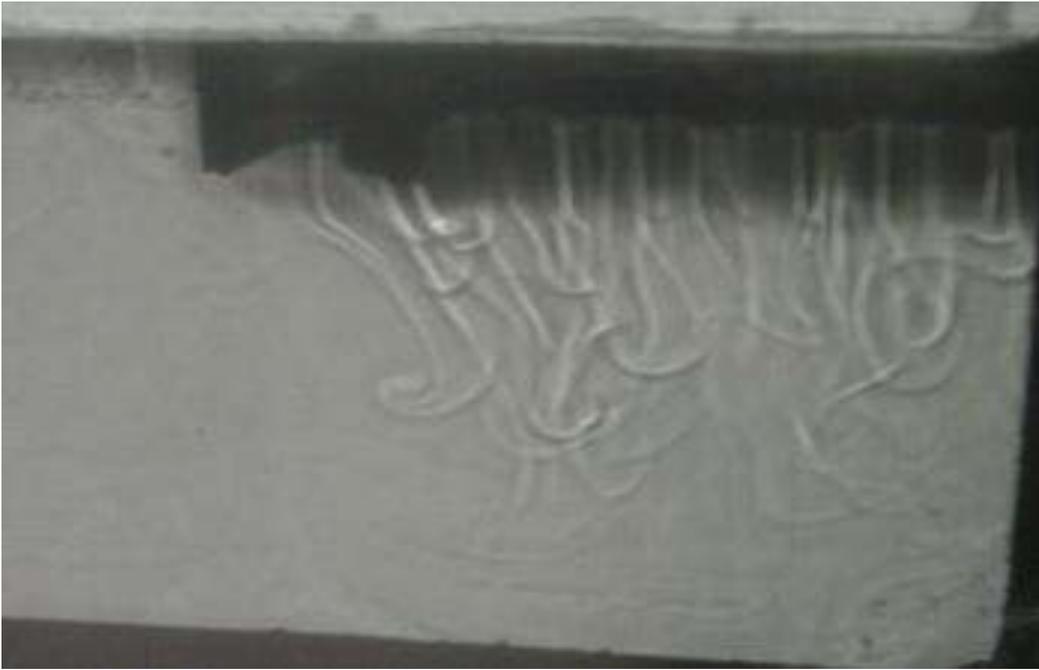
- 100 premiers km : gradient thermique lithosphérique élevé
- gradient thermique mantellique $0,3^{\circ} / \text{km}$
- saut thermique au niveau de D''
- gradient thermique nucléaire $0,6^{\circ} / \text{km}$

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

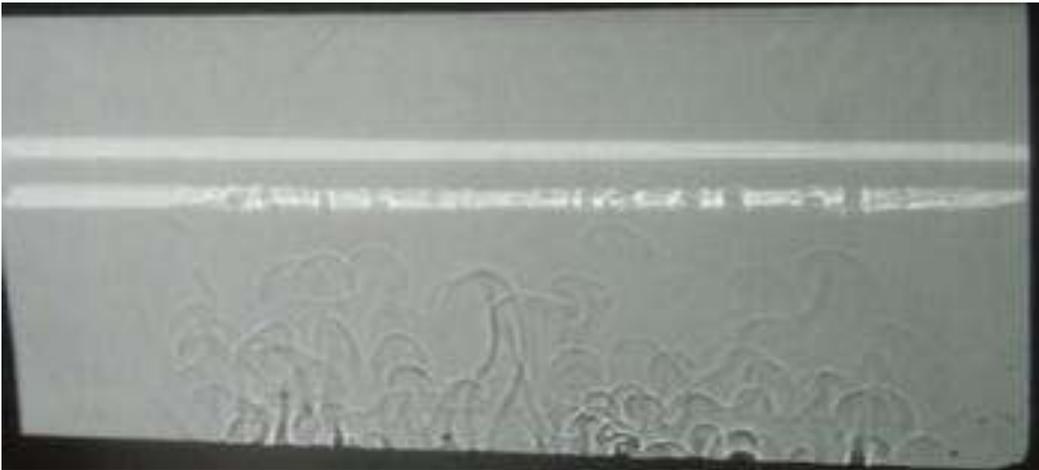
Un système convectif



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

α : coefficient de dilatation thermique

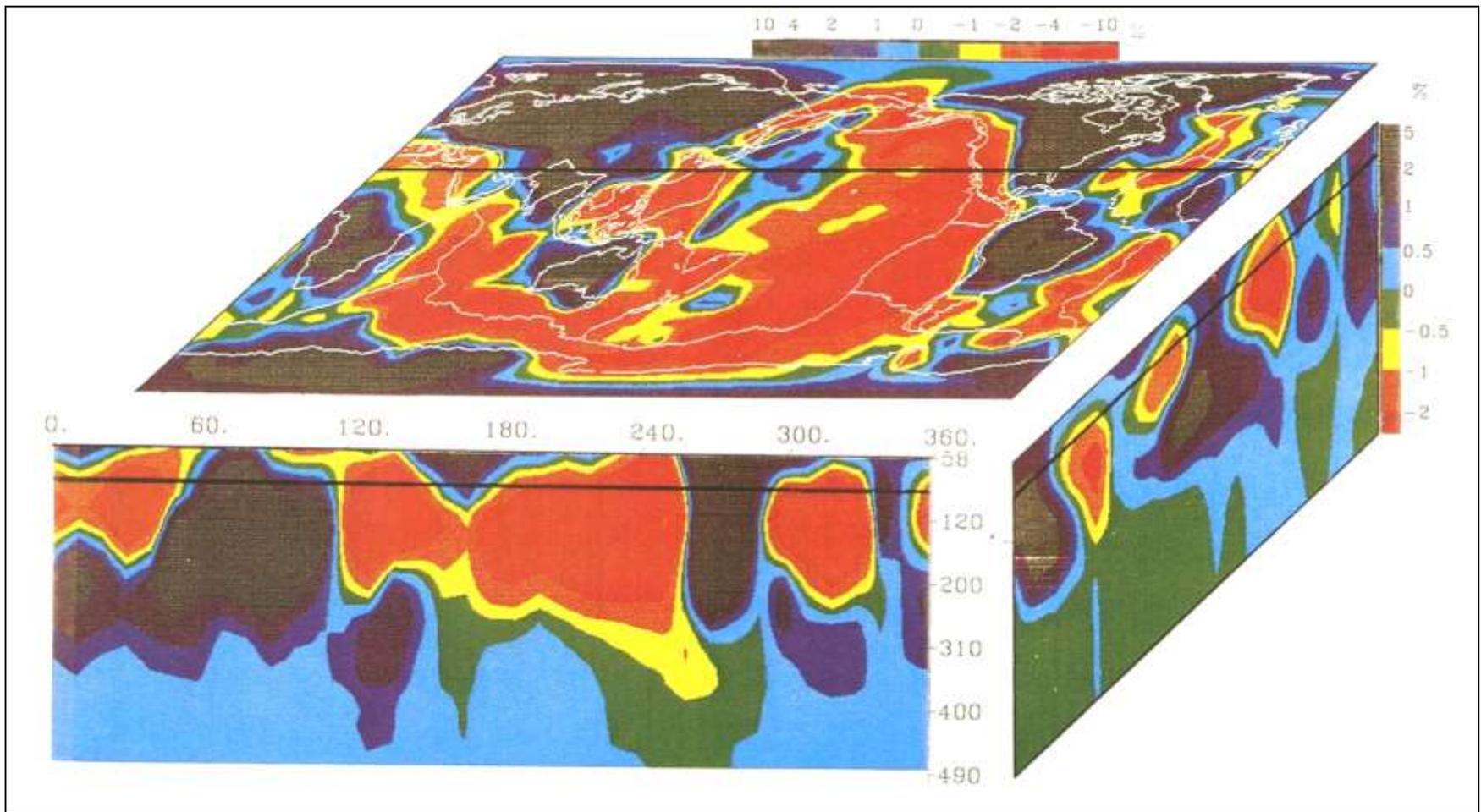
ΔT : écart de température au sein du milieu

ΔL : épaisseur du milieu

K : conductivité thermique du milieu

η : viscosité du milieu

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

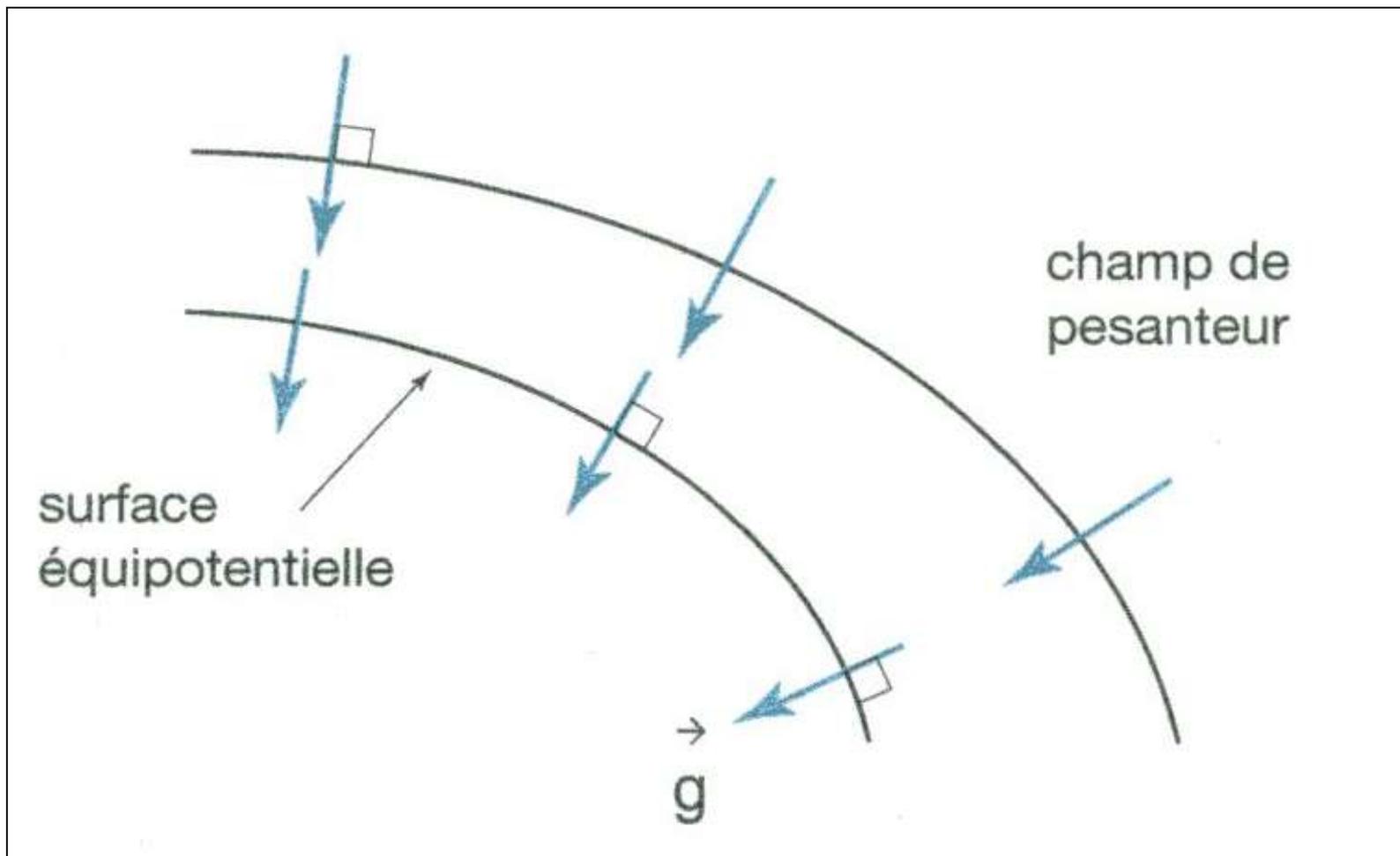


Document 17. Tomographie sismique du manteau supérieur.

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 18 : Surfaces équipotentielles de pesanteur.
Ces surfaces sont perpendiculaires à la direction locale de la pesanteur en tout point.

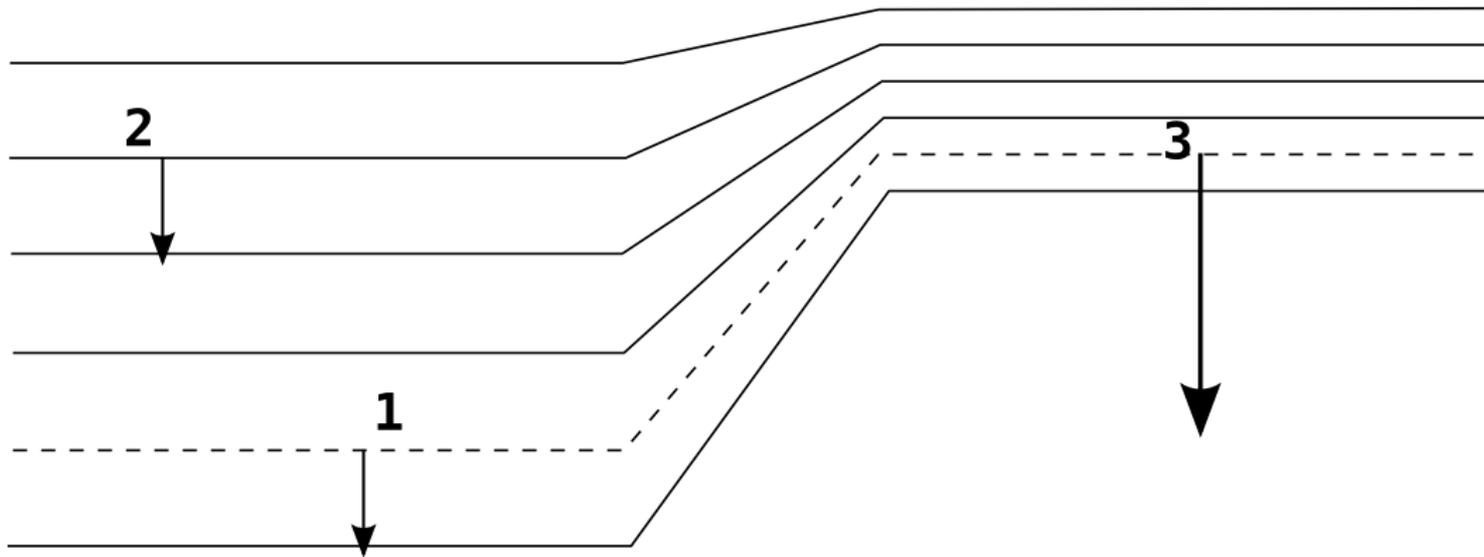
(Schaaf. A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers ", Vuibert Ed.)

On peut faire l'analogie gravimétrie / topographie :

Altitude \leftrightarrow champ de pesanteur

Courbe de niveau \leftrightarrow équipotentielle de pesanteur

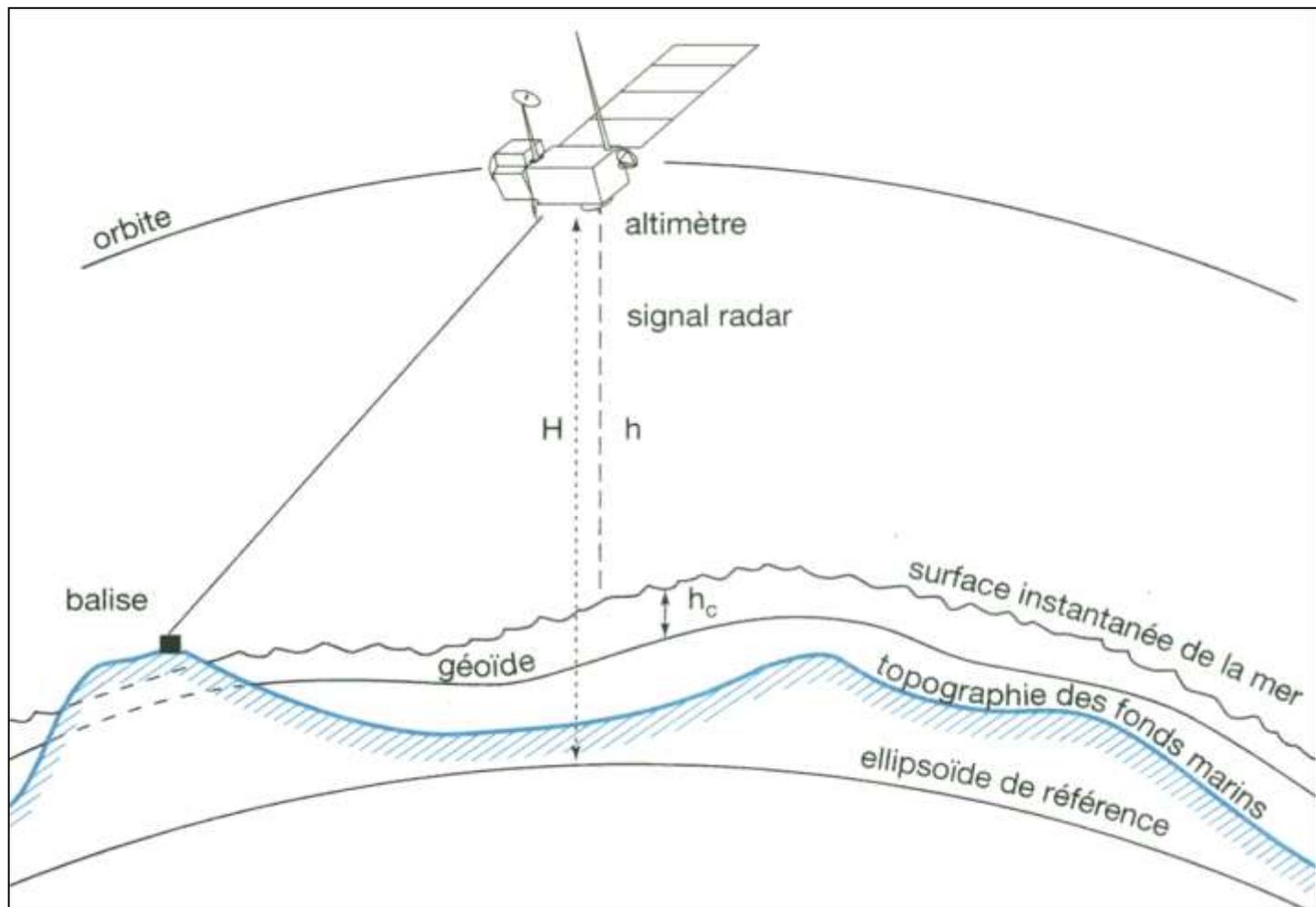
Pente \leftrightarrow intensité de la pesanteur (g)



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 rapprochés (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.



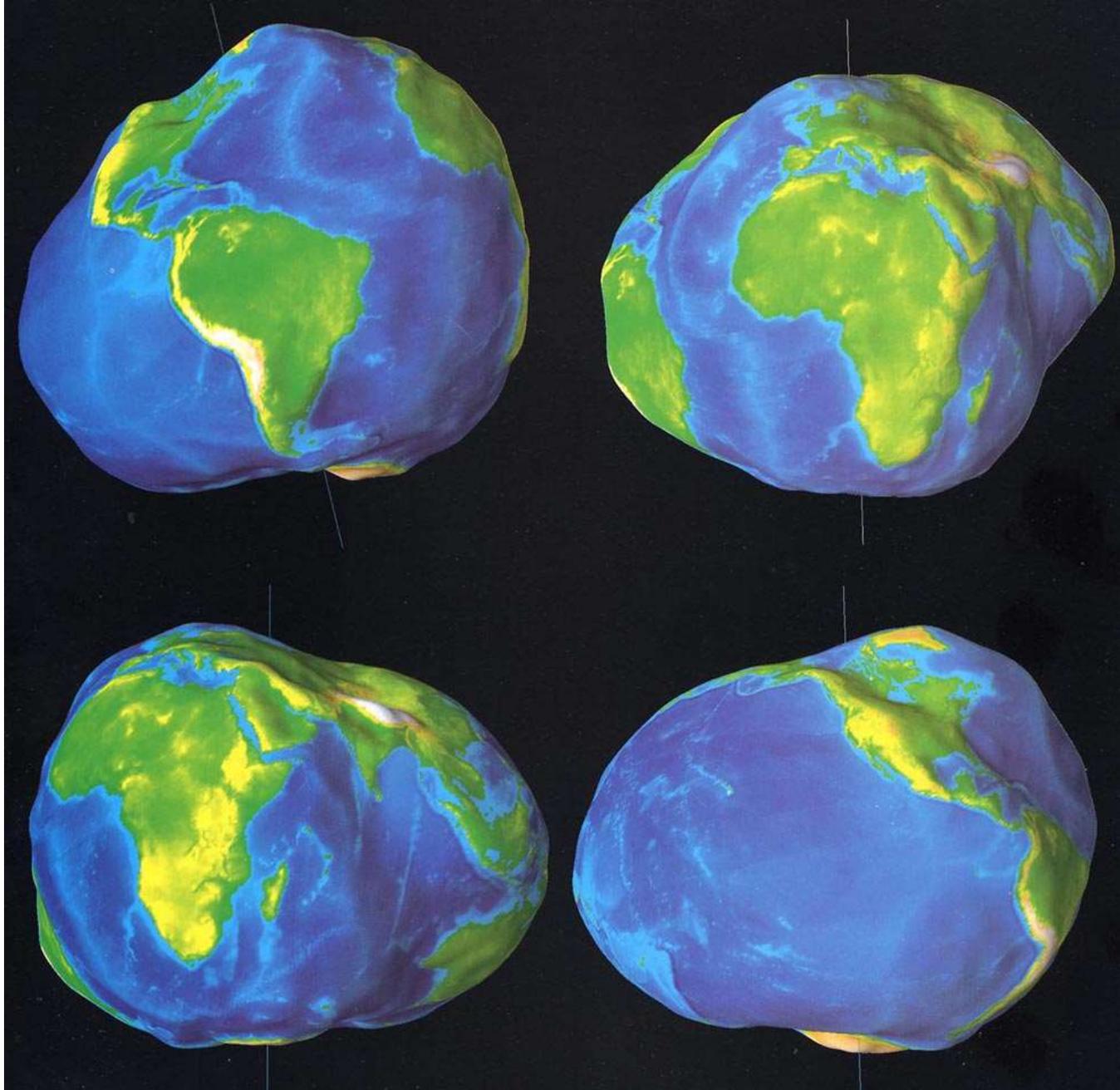
Document 19. Principes de l'altimétrie satellitale.

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

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

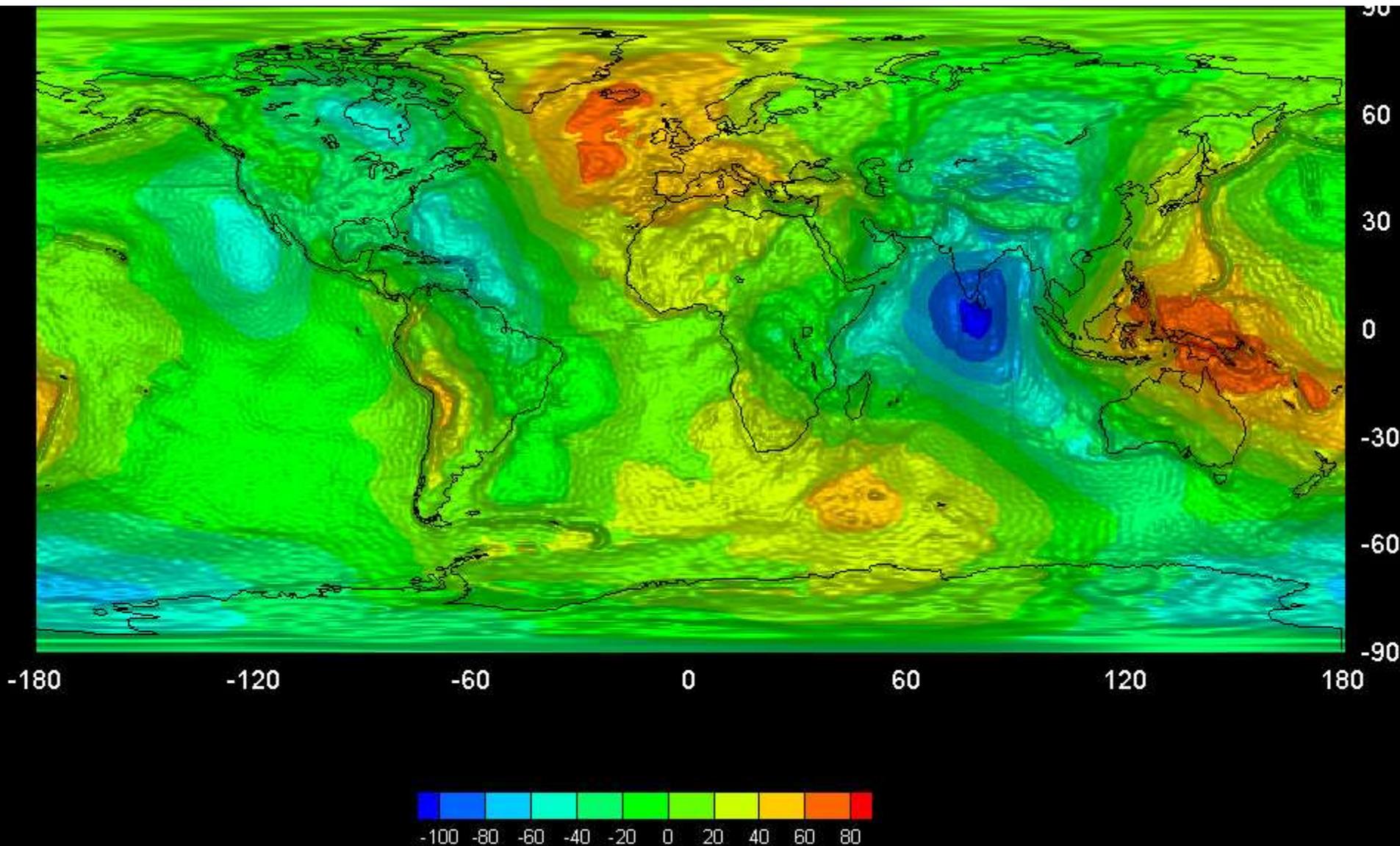
h_c : composante océanographique (hauteur dynamique de la circulation, variations du niveau de la mer dues à la pression atmosphérique et aux phénomènes océanographiques). Elle ne diffère que par des effets de petite amplitude.

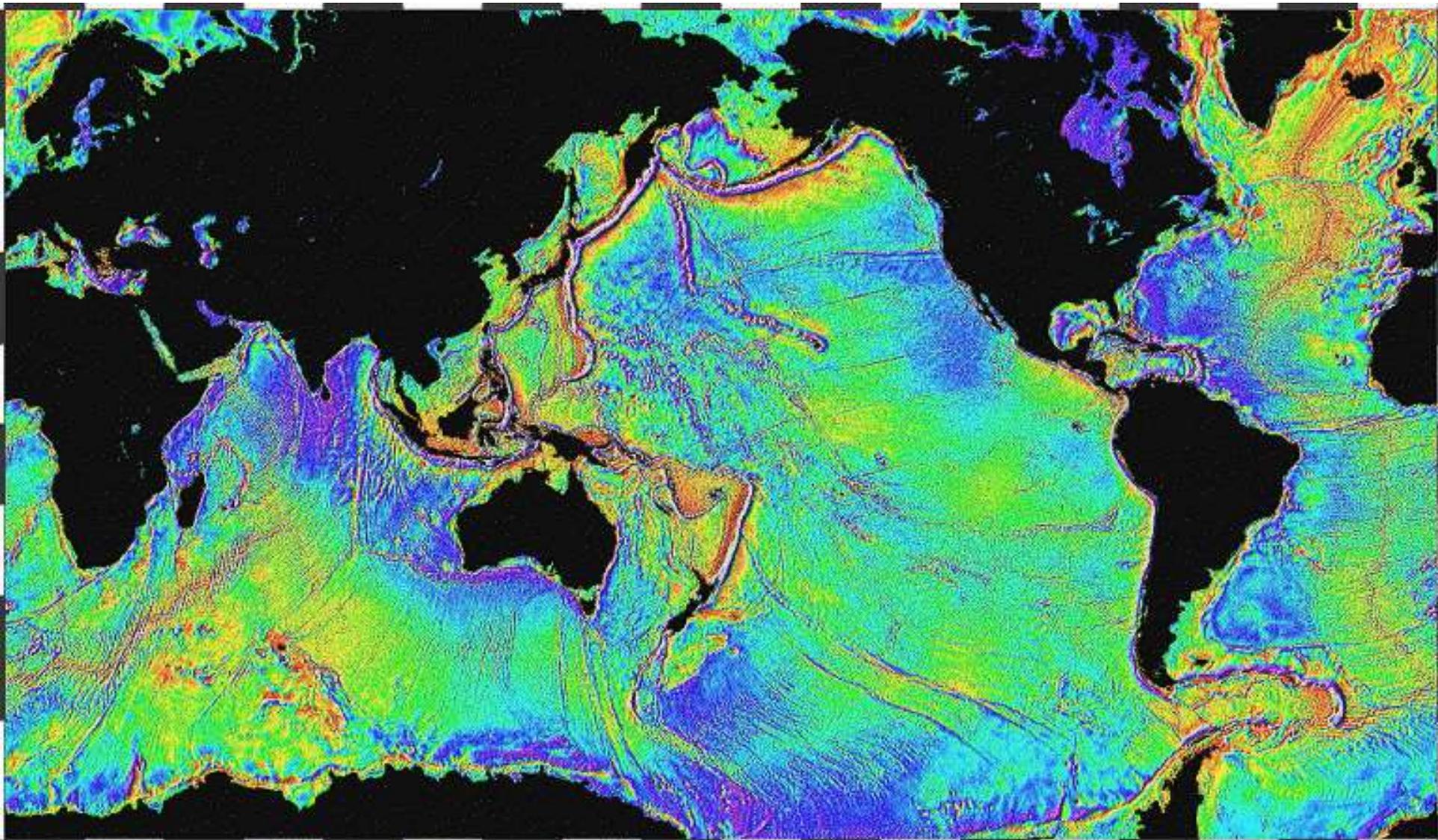
(Schaaf. A. et coll. " Sciences de la Terre et de l'Univers ", Vuibert Ed.)



Le géoïde
www-geol.unine.ch

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⁻²)

λ latitude en radian

Correction d'altitude ou correction à l'air libre

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

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

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

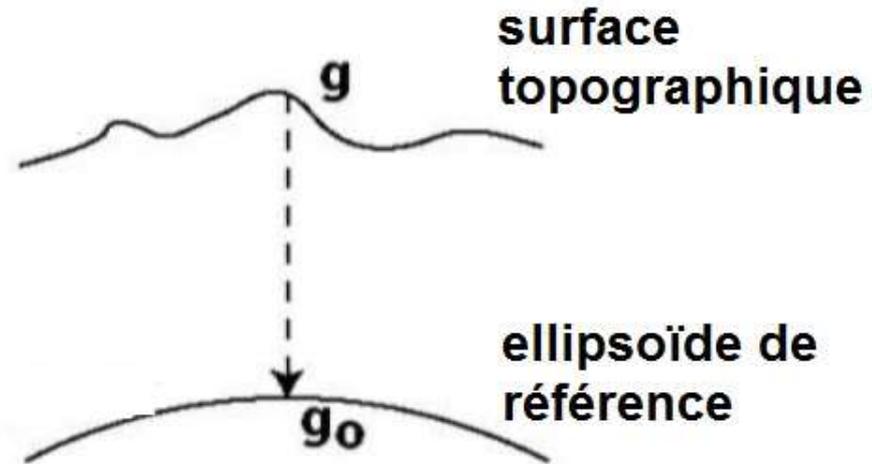
$$\text{d'où : } g = g_0 R^2 / (R + h)^2 = g_0 1 / (1 + h/R)^2$$

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

alors on peut écrire :

$$g = g_0 [1 - 2 h / R] = g_0 - 2 h g_0 / R$$

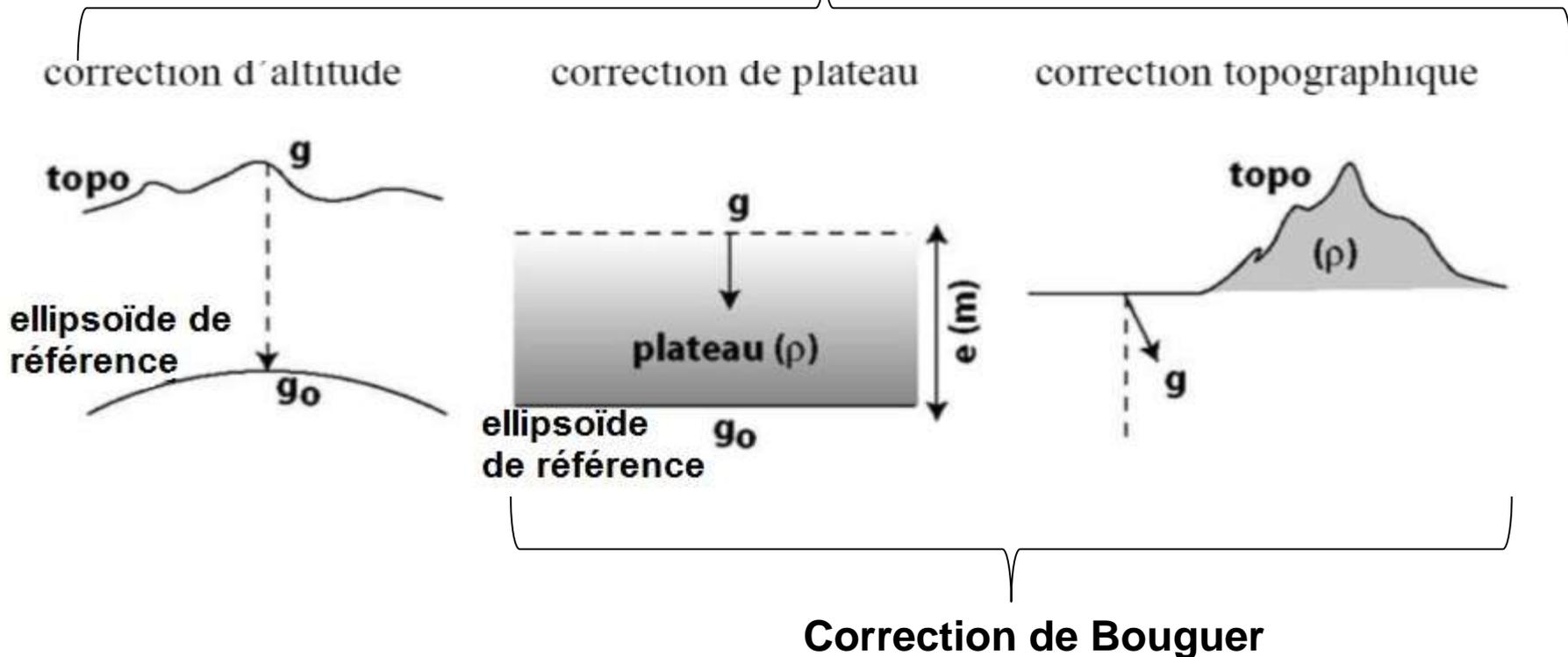
terme de Faye

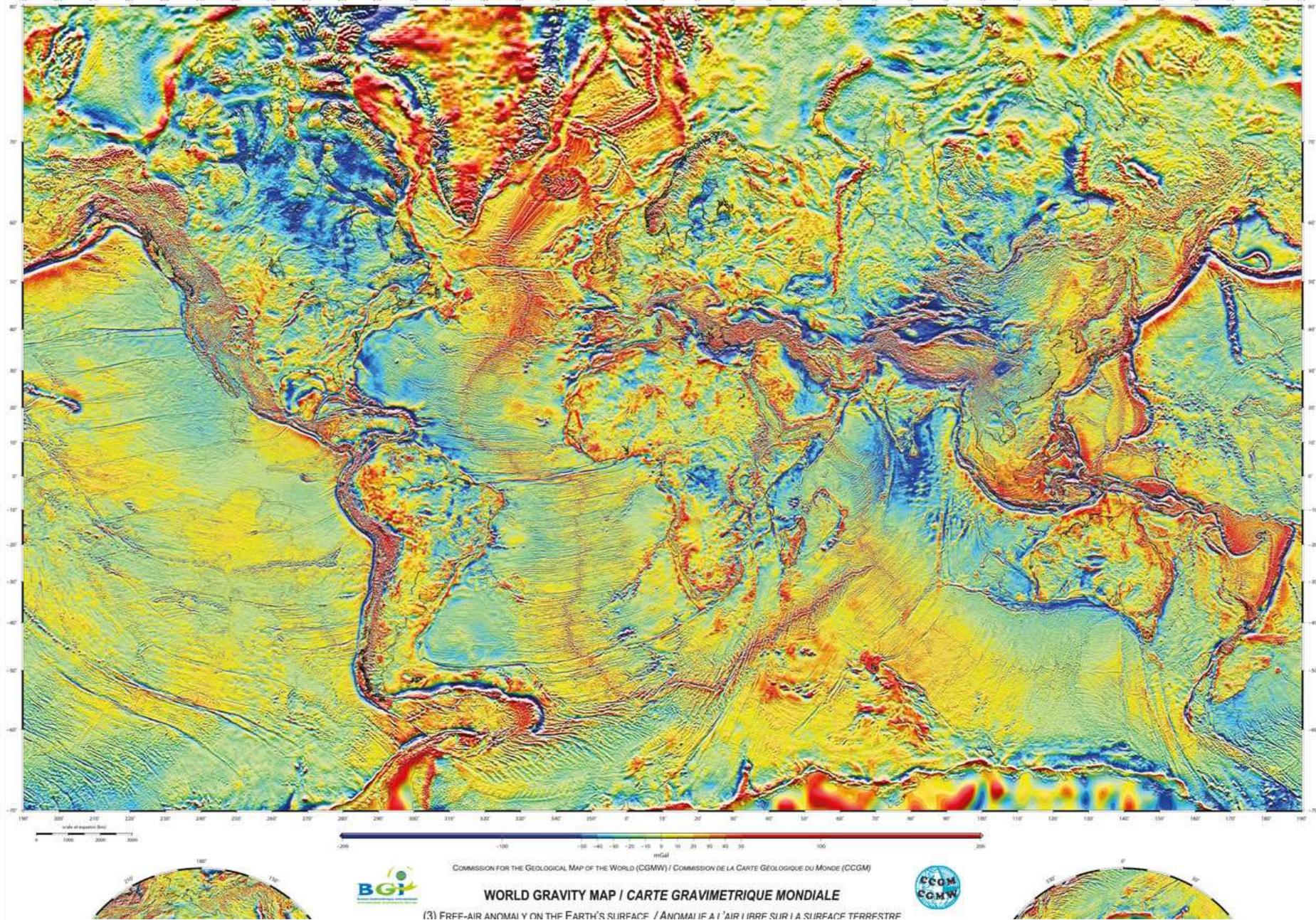


Anomalie de BOUGUER = Δgb

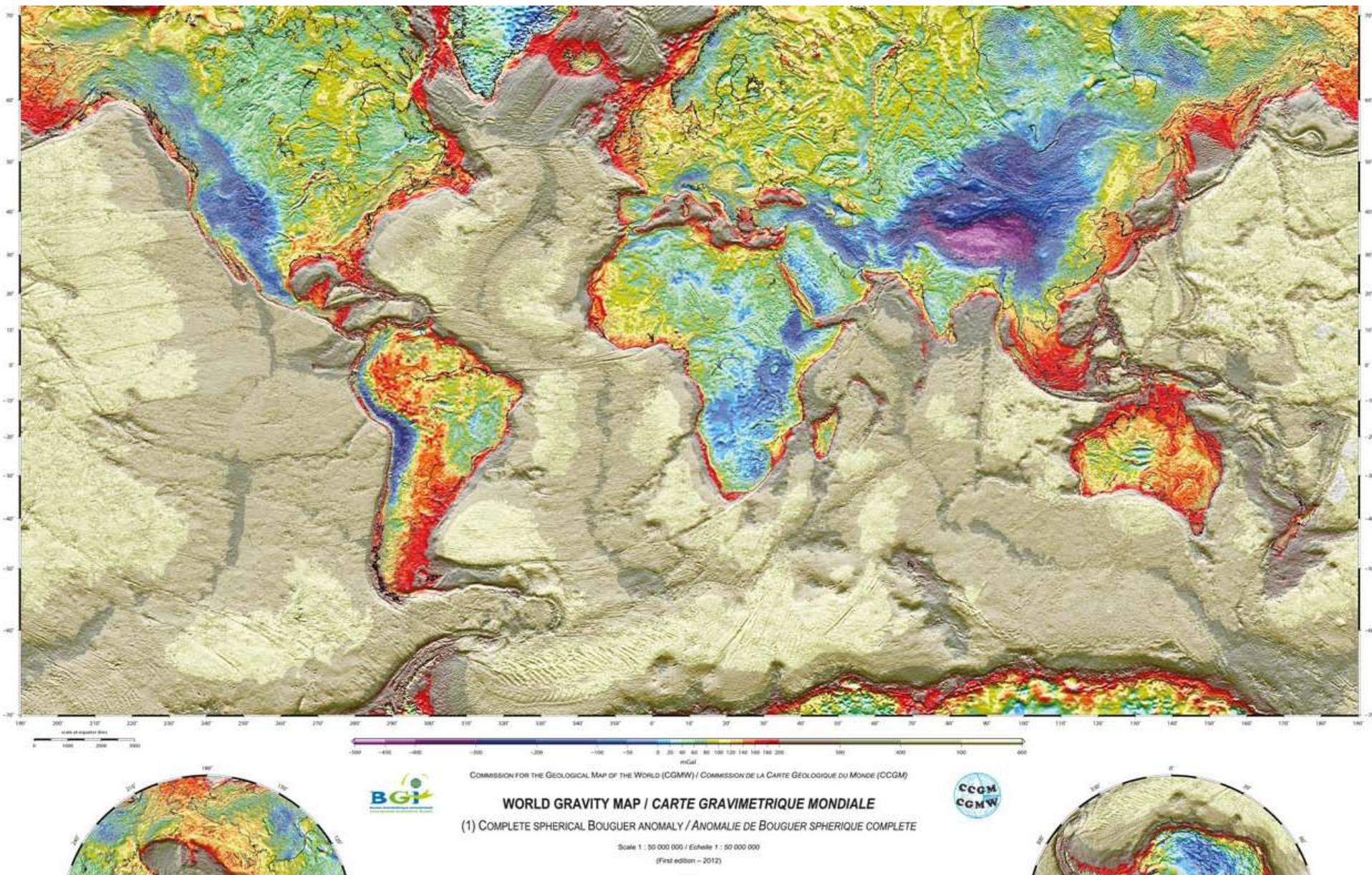
- valeur mesurée à la surface de la Terre (surface topographique) : g_{mes}
- corrigée des effets d'altitude, de plateau et de relief : $\pm \Delta g$
- comparée à la valeur de référence de l'intensité de la pesanteur sur l'ellipsoïde de Clairaut : $- g_{théo}$

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

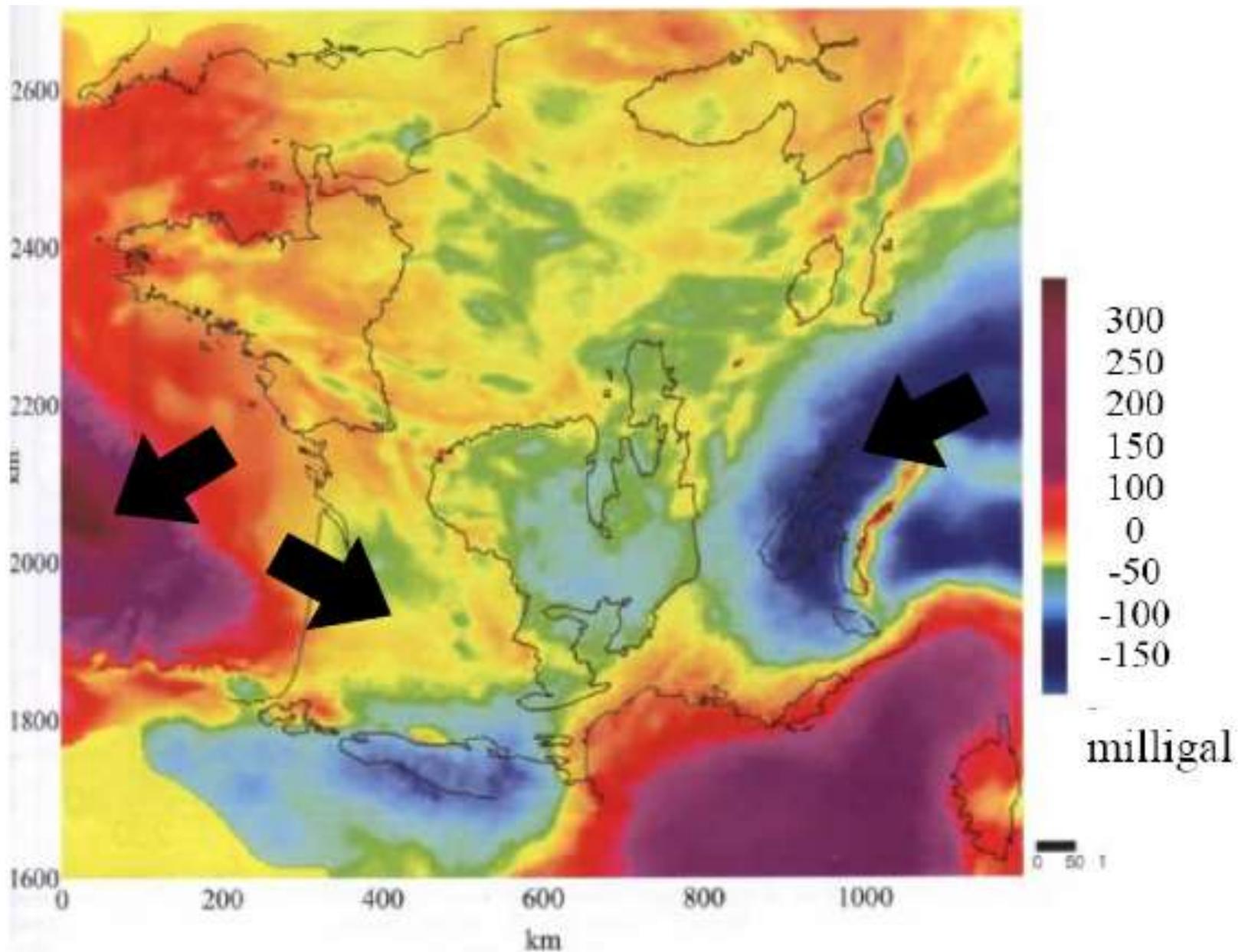




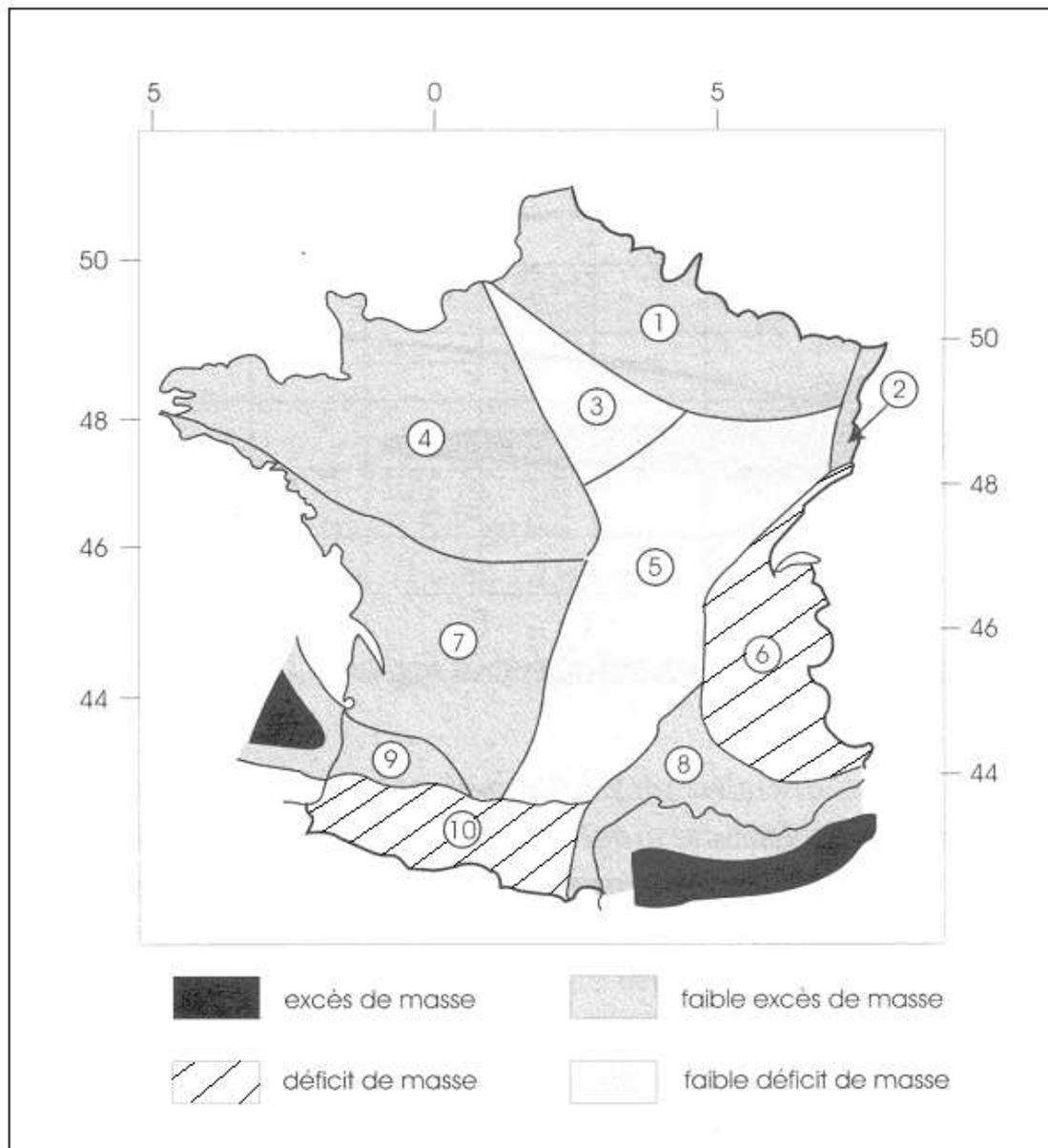
Carte mondiale de l'anomalie à l'air libre



Carte mondiale de l'anomalie de Bouguer

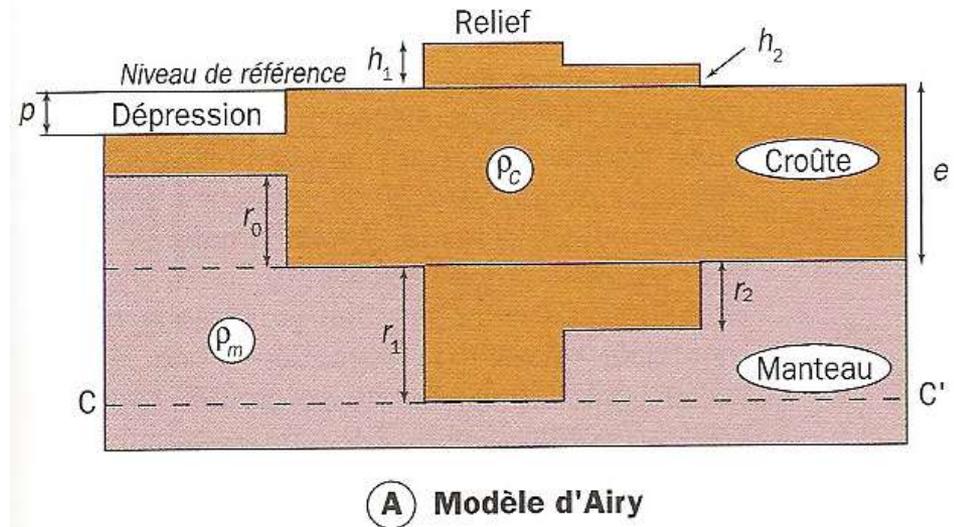
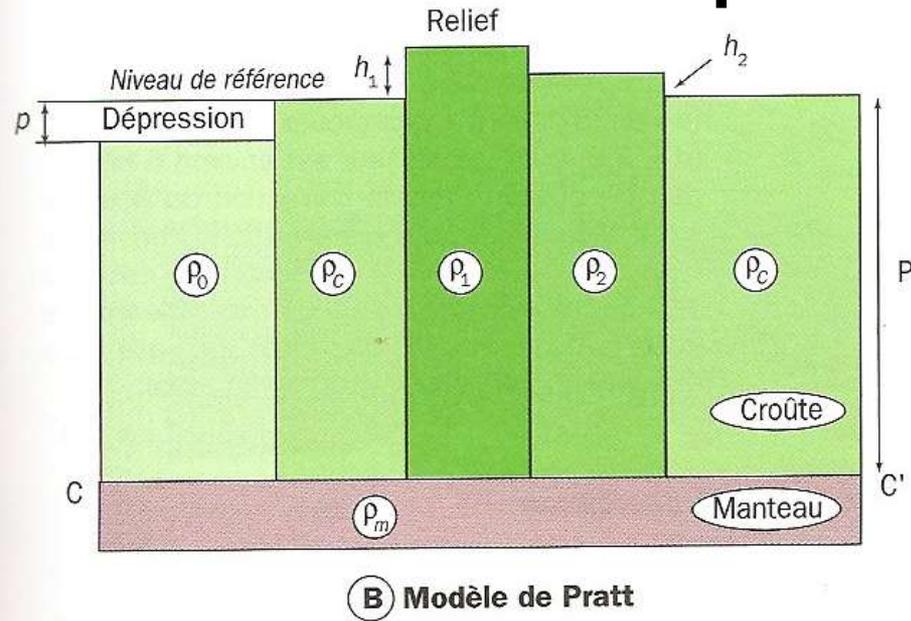


Carte de l'anomalie de Bouguer de la France métropolitaine et du plateau continental (copyright BRGM).



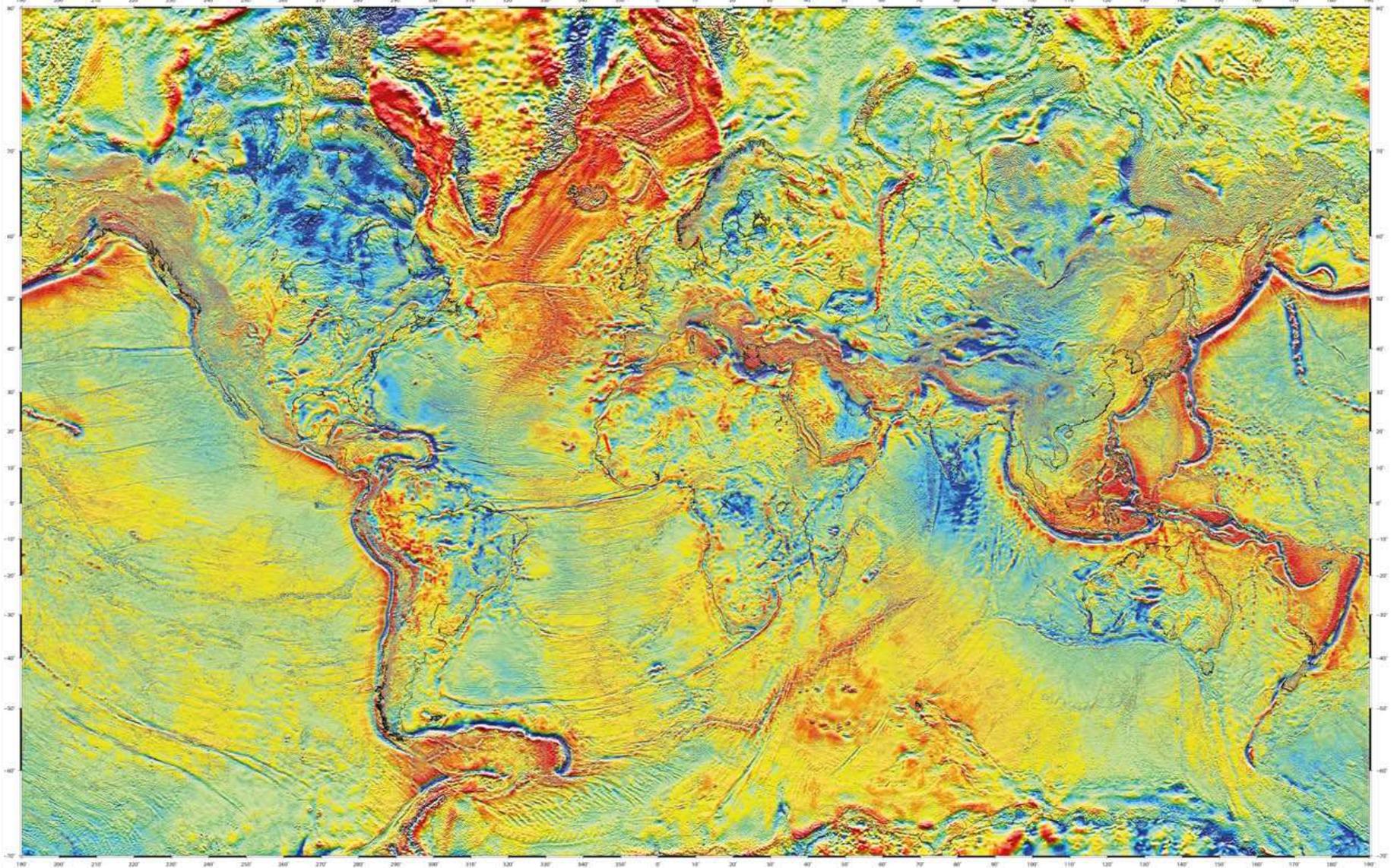
Différents domaines présentant un excès ou un déficit de masse

Document 25. Modèles théoriques de compensation isostatique



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).

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.



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

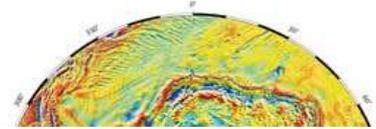
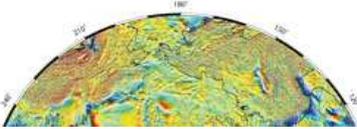


WORLD GRAVITY MAP / CARTE GRAVIMÉTRIQUE MONDIALE



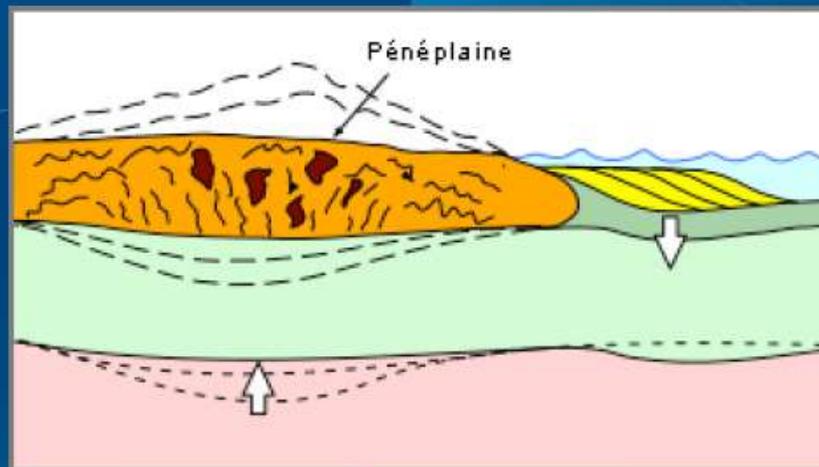
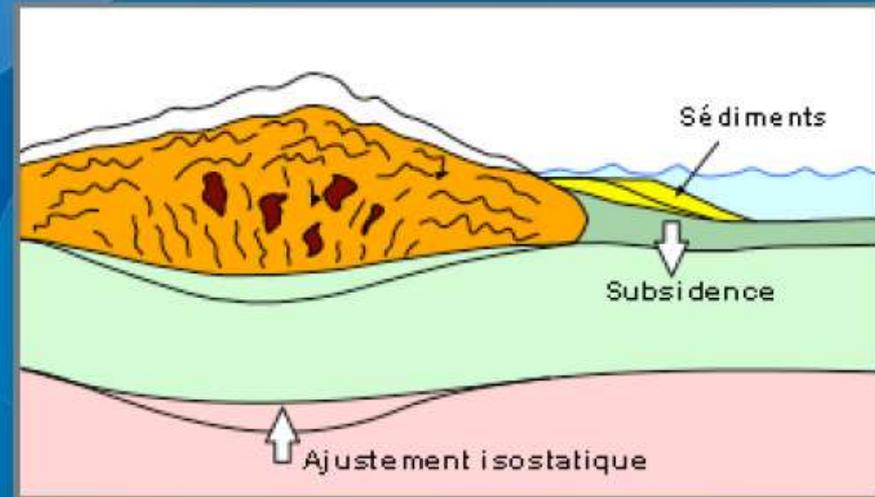
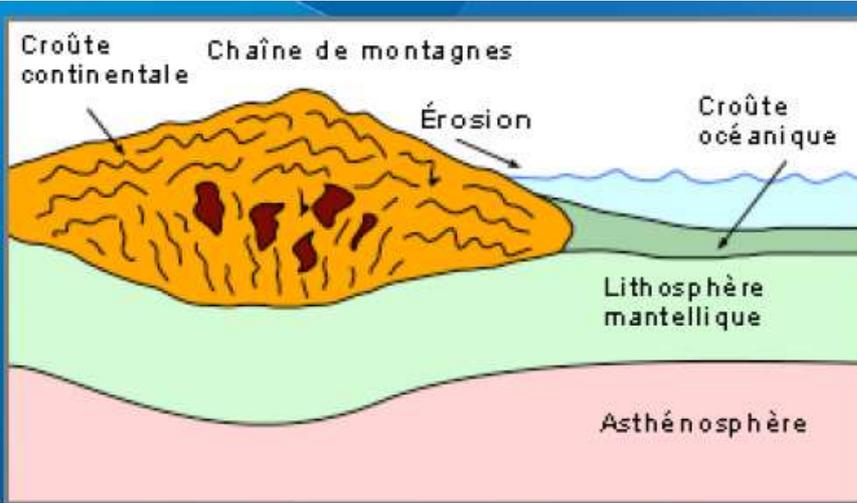
(2) ISOSTATIC ANOMALY (AIRY-HEISKANEN - $T_c=30\text{km}$) / ANOMALIE ISOSTATIQUE (AIRY-HEISKANEN - $T_c=30\text{km}$)

Scale 1 : 50 000 000 / Echelle 1 : 50 000 000

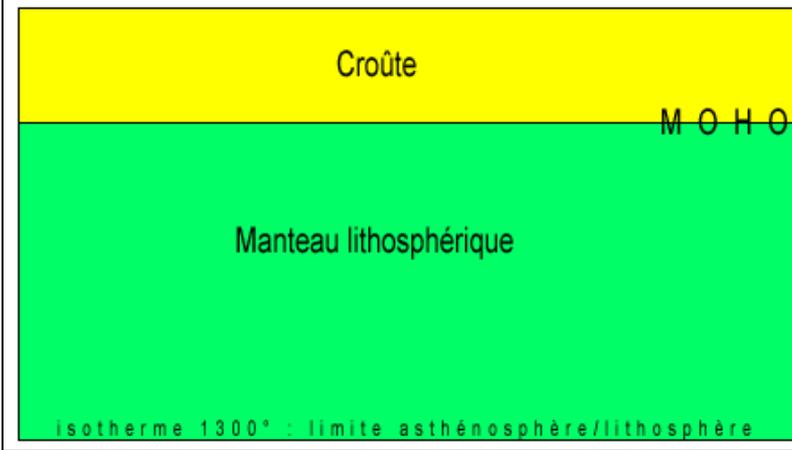


Carte mondiale de l'anomalie isostatique

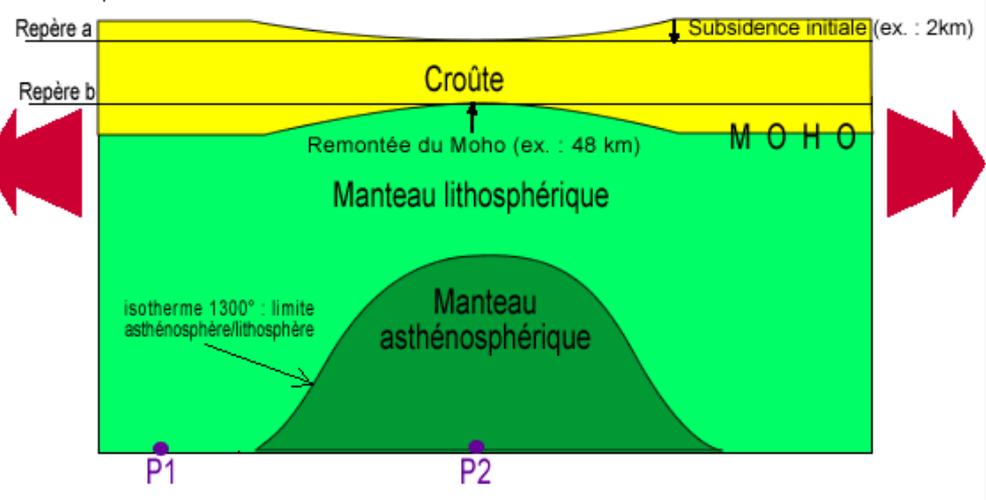
Isostasie et érosion des chaînes de montagne



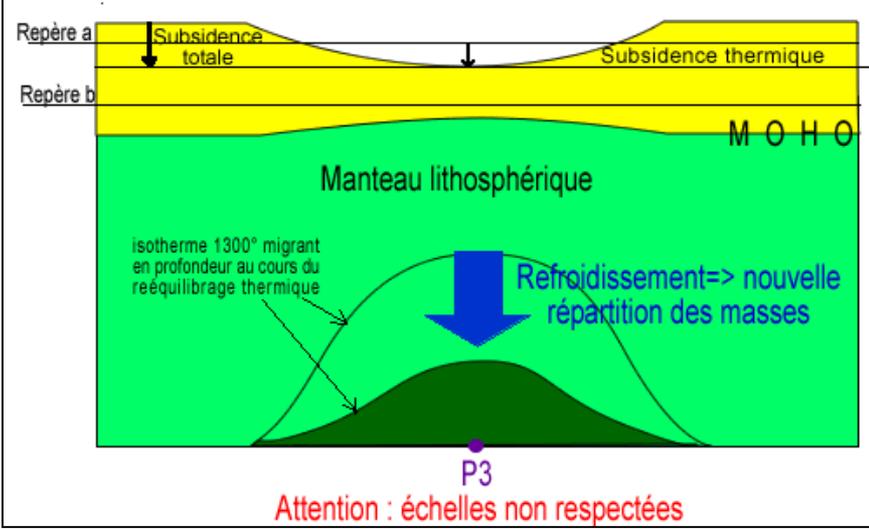
1- Stade initial avant l'étirement mécanique et l'amincissement



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



3- Phase de subsidence thermique après rééquilibrage thermique



Document 22. Subsidence initiale et subsidence thermique.

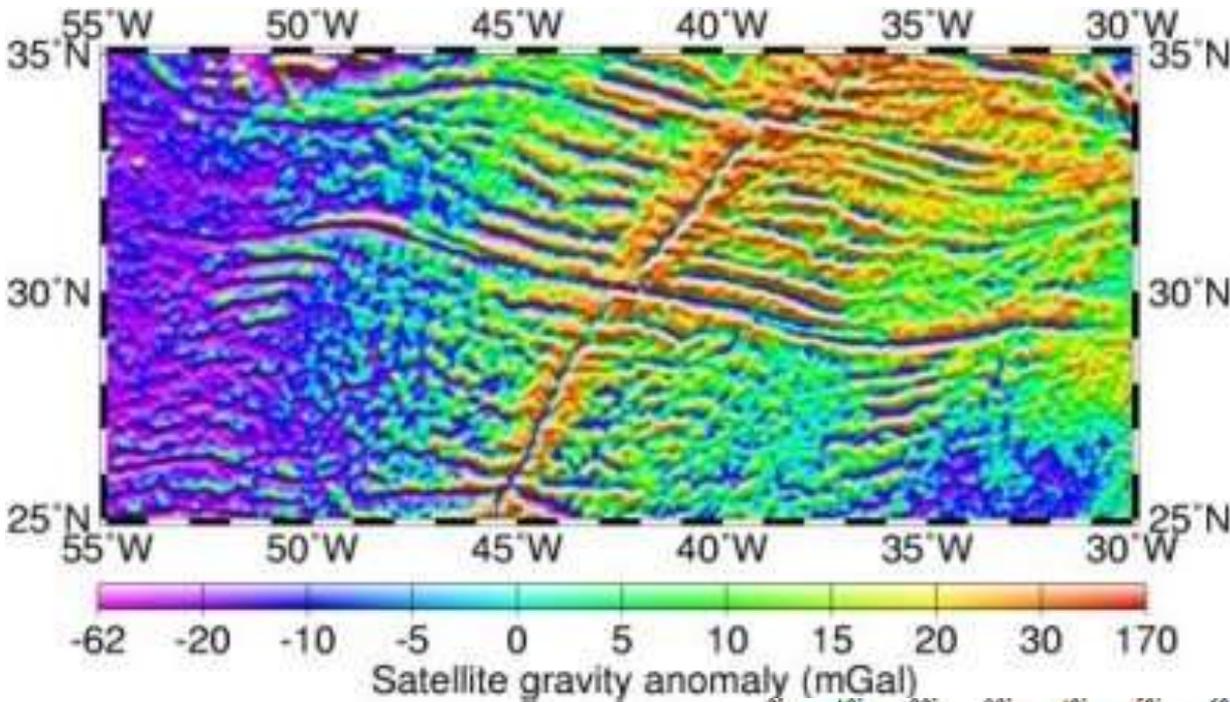
La dénomination de subsidence initiale (ou subsidence tectonique) suivie de subsidence thermique dérive des idées de Mc Kenzie 1978, qui a proposé un **modèle thermique d'amincissement uniforme de la lithosphère.**

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

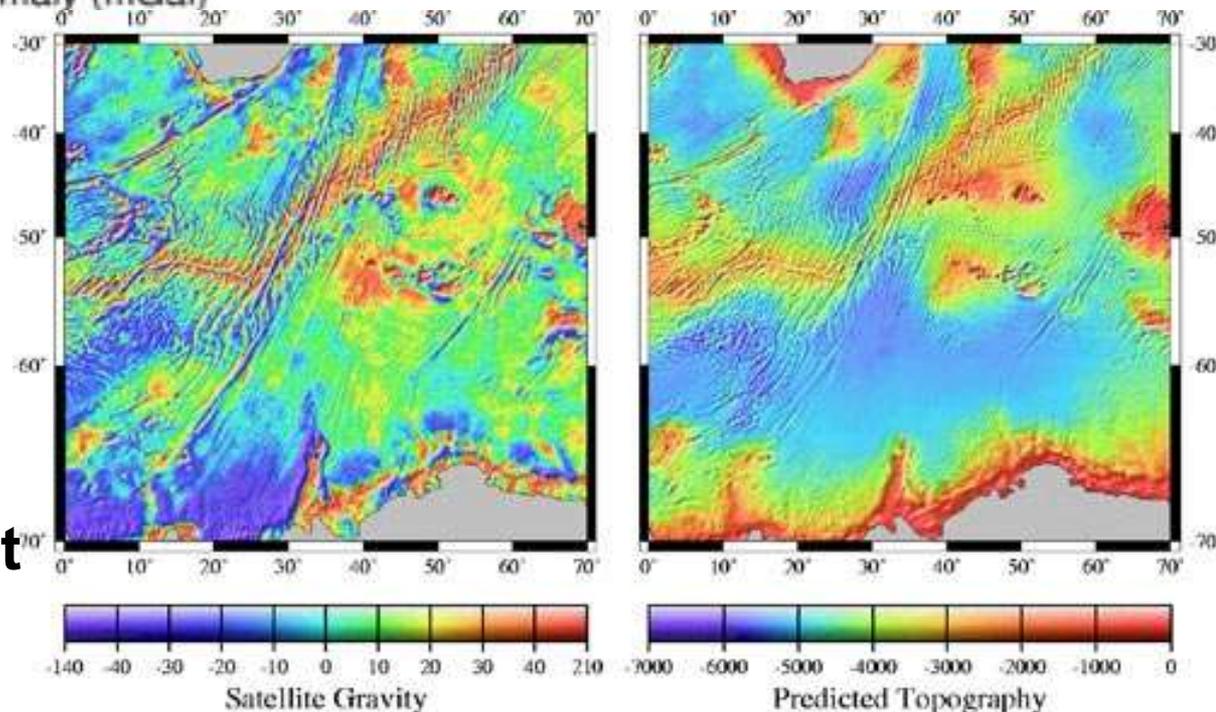
Anomalies de gravité (ondulations du géoïde) dans l'Atlantique Nord

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

www.aviso.oceanobs.com

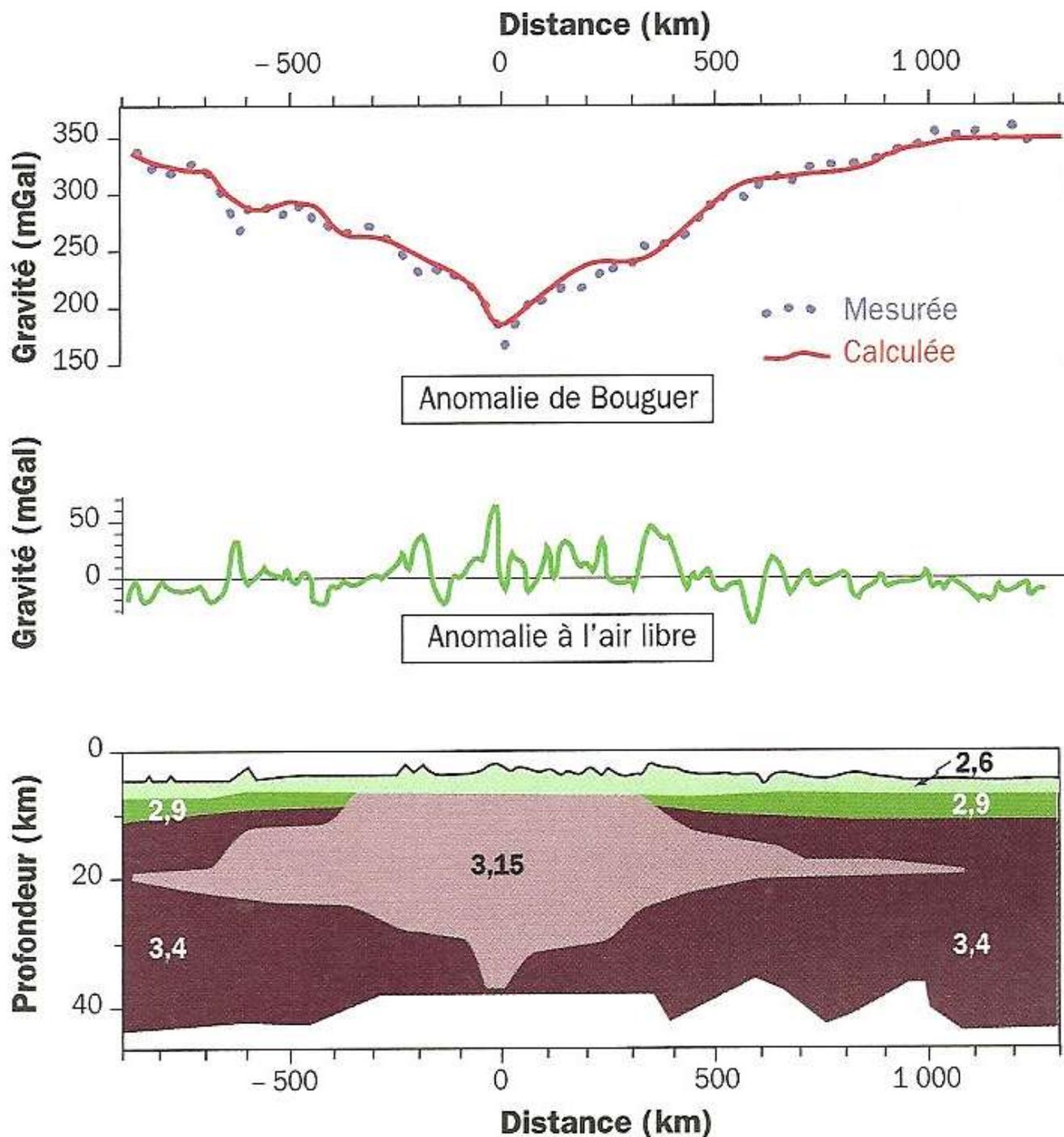


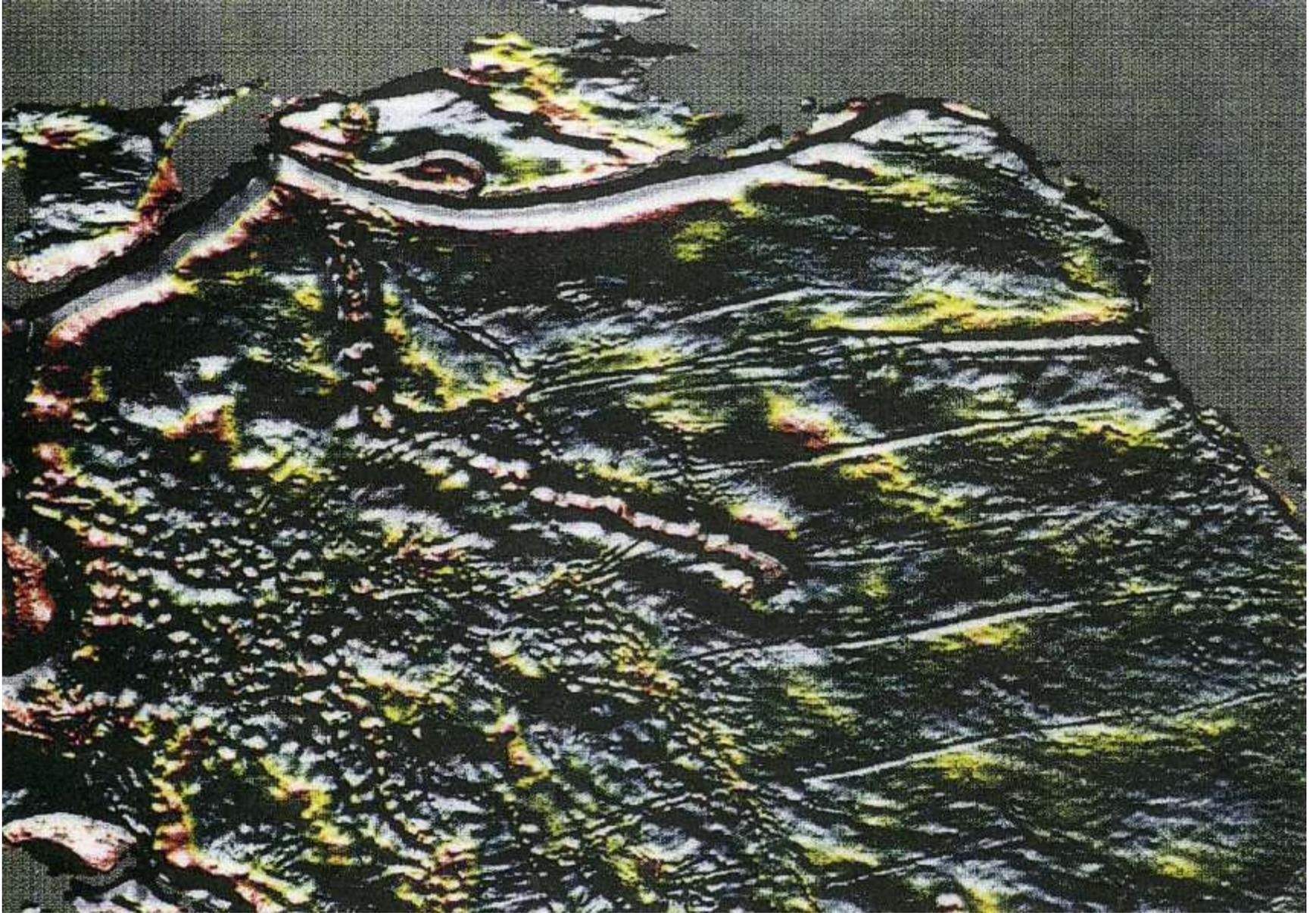
Anomalies de gravité (à gauche) calculées à partir de l'altimétrie et topographie (à droite) déduite de ces anomalies de gravité et de mesures in-situ



Document 23. 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).



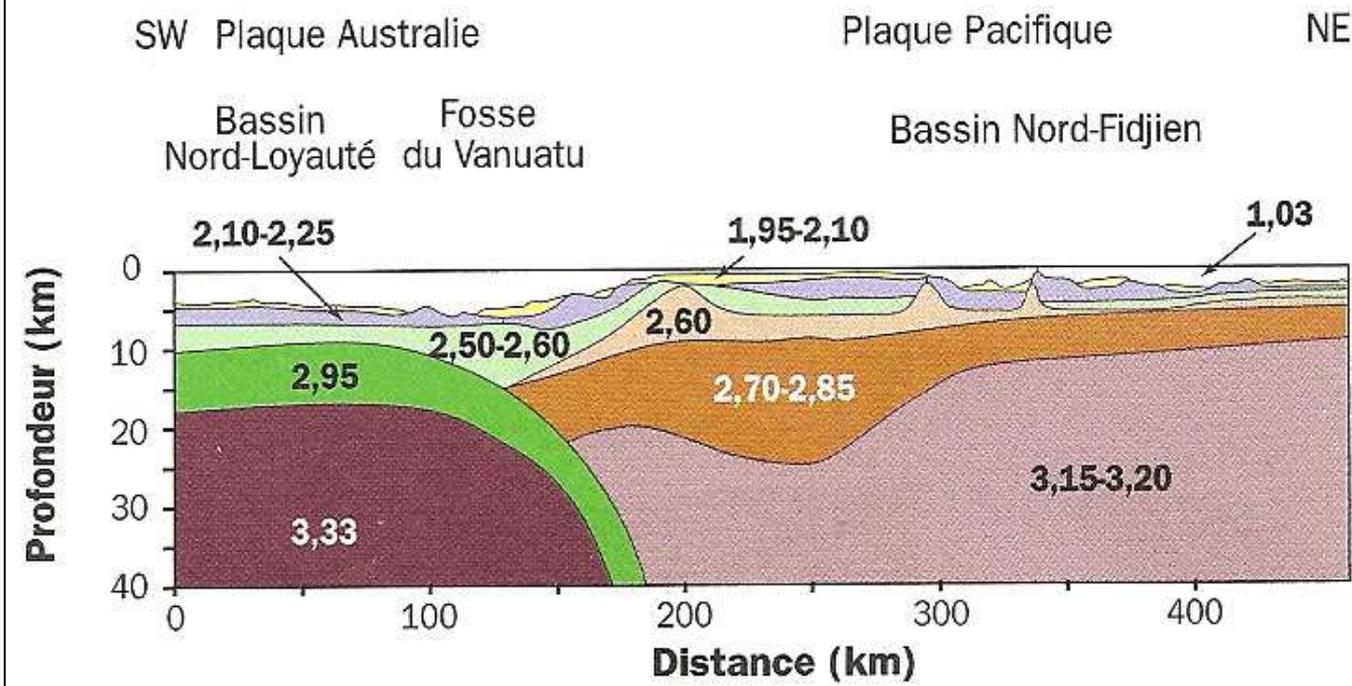
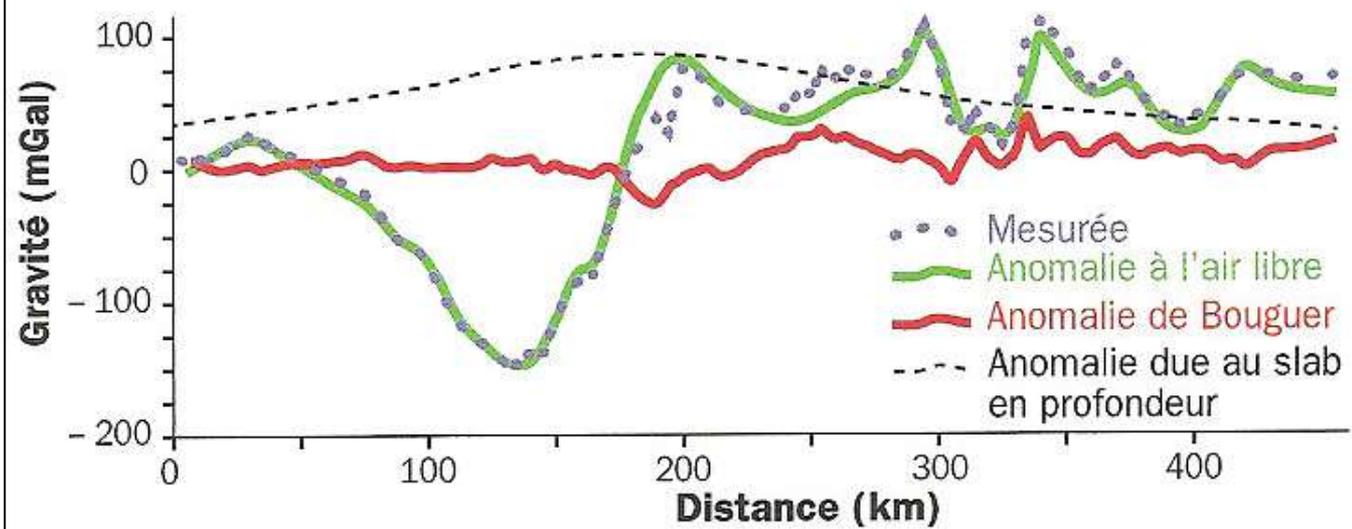


Ondulations à petites et moyennes échelles spatiales du géoïde dans le Pacifique (document CRGS). La zone représentée s'étend de 10° de latitude S à 70° de latitude N et de 140 à 250° de longitude.

Document 24. Anomalies gravimétriques et structure de la lithosphère au-dessus de l'arc du Vanuatu (Nouvelles-Hébrides).

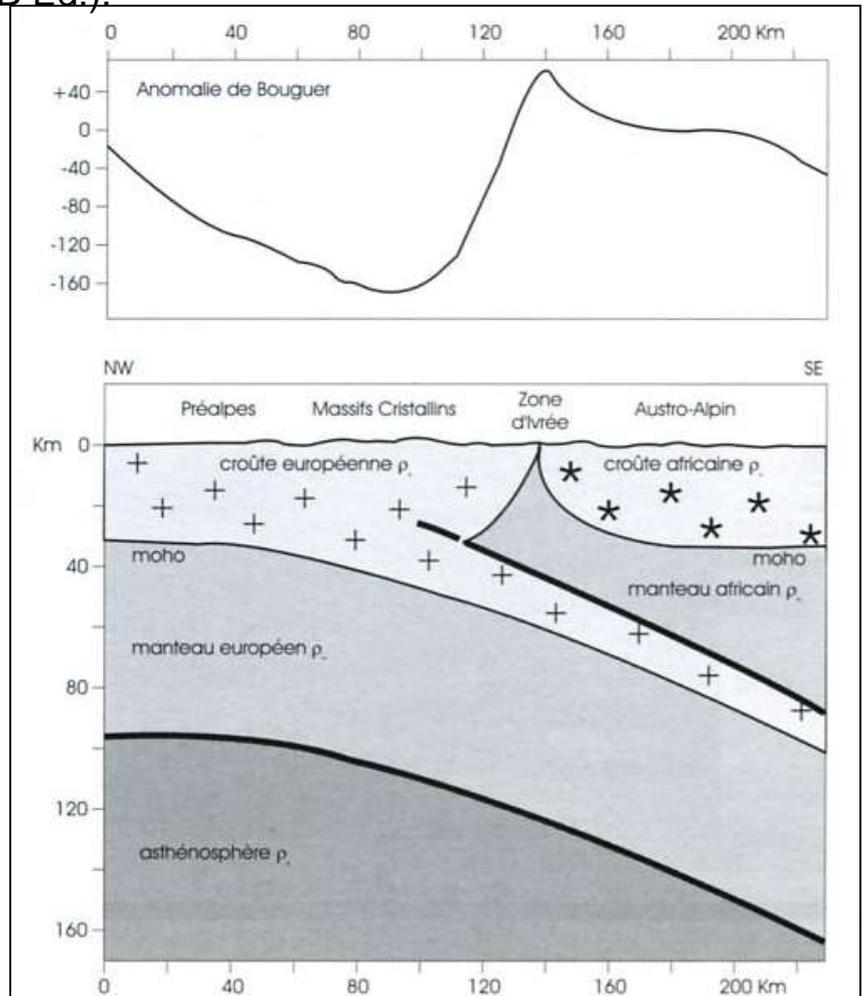
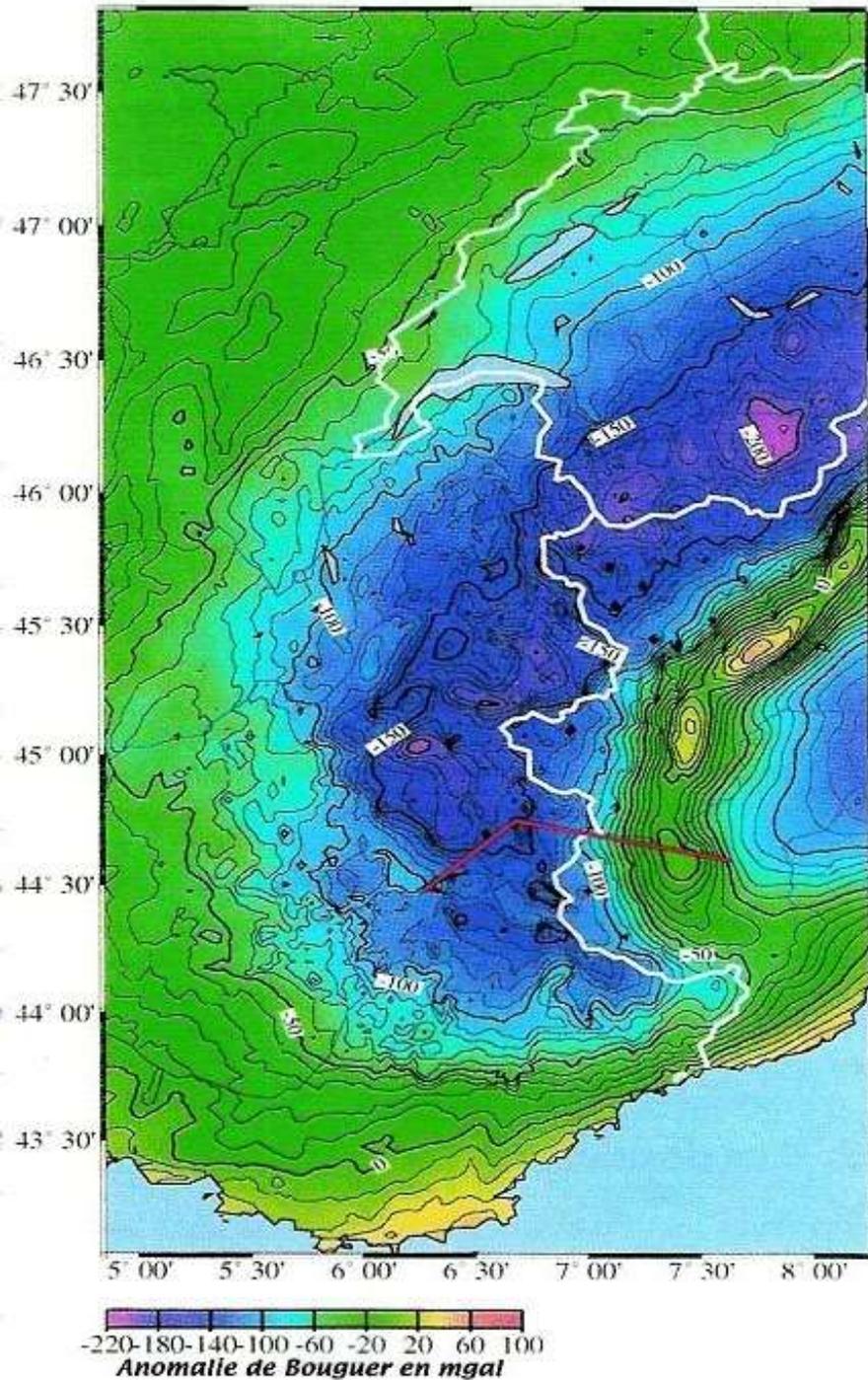
Cette région correspond à la subduction Papouasie – Nouvelle Guinée – Salomon – Vanuatu entre la plaque Australie et la plaque Pacifique.

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



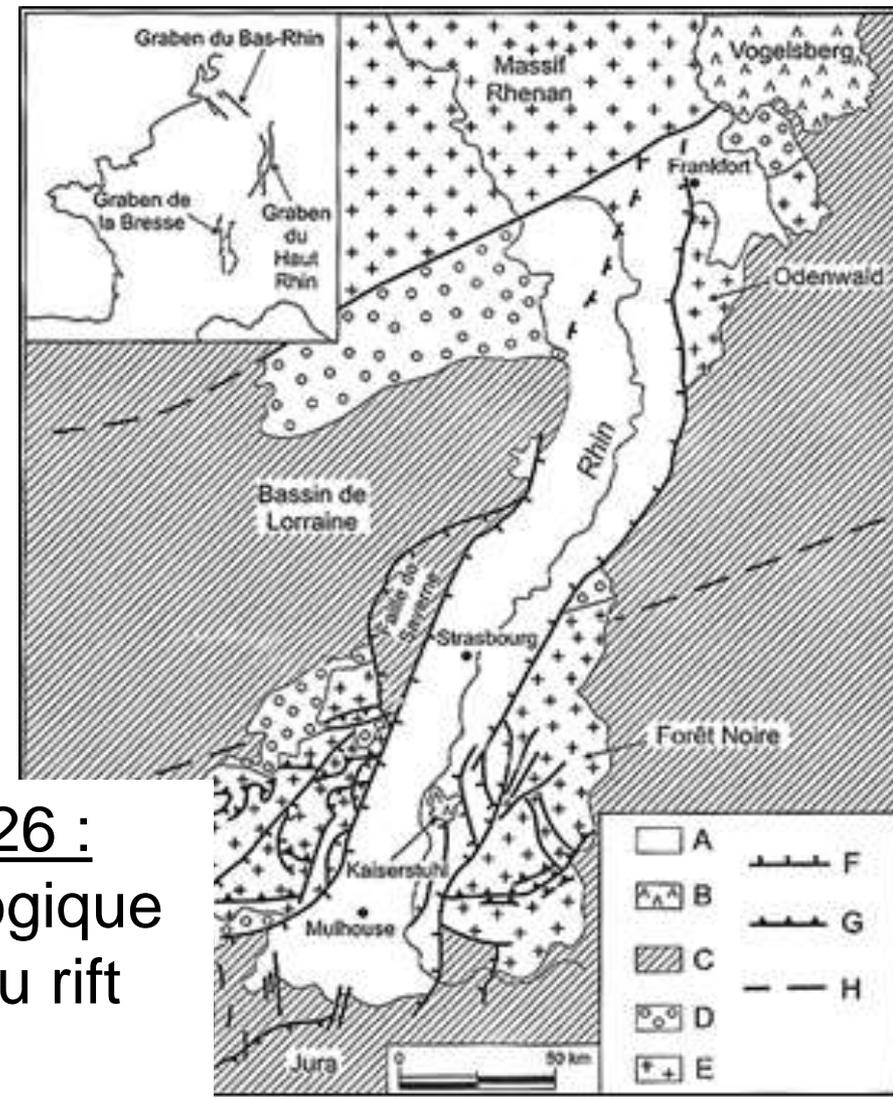
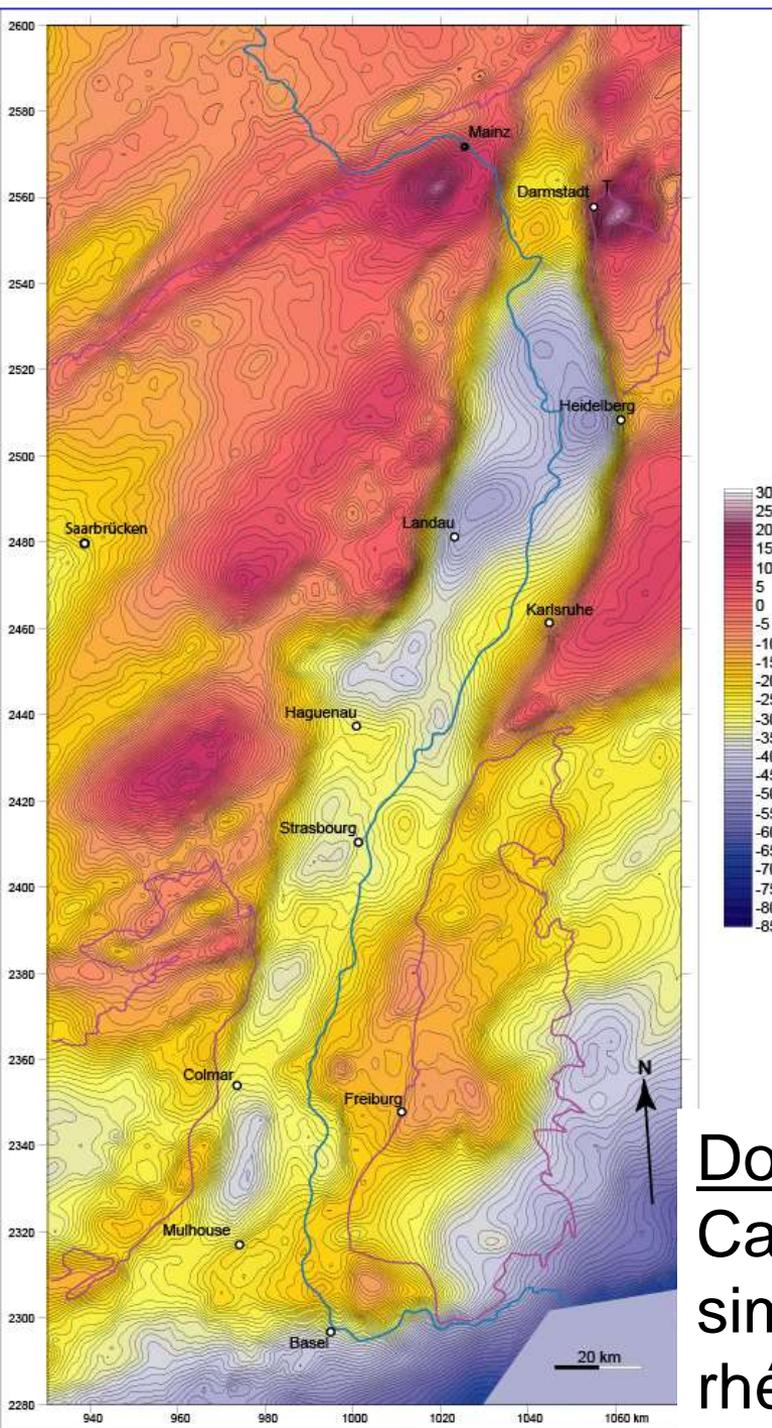
Anomalie de Bouguer dans les Alpes et interprétation : structure de la lithosphère (les données sismiques – profil ECORS – sont également prises en compte).

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

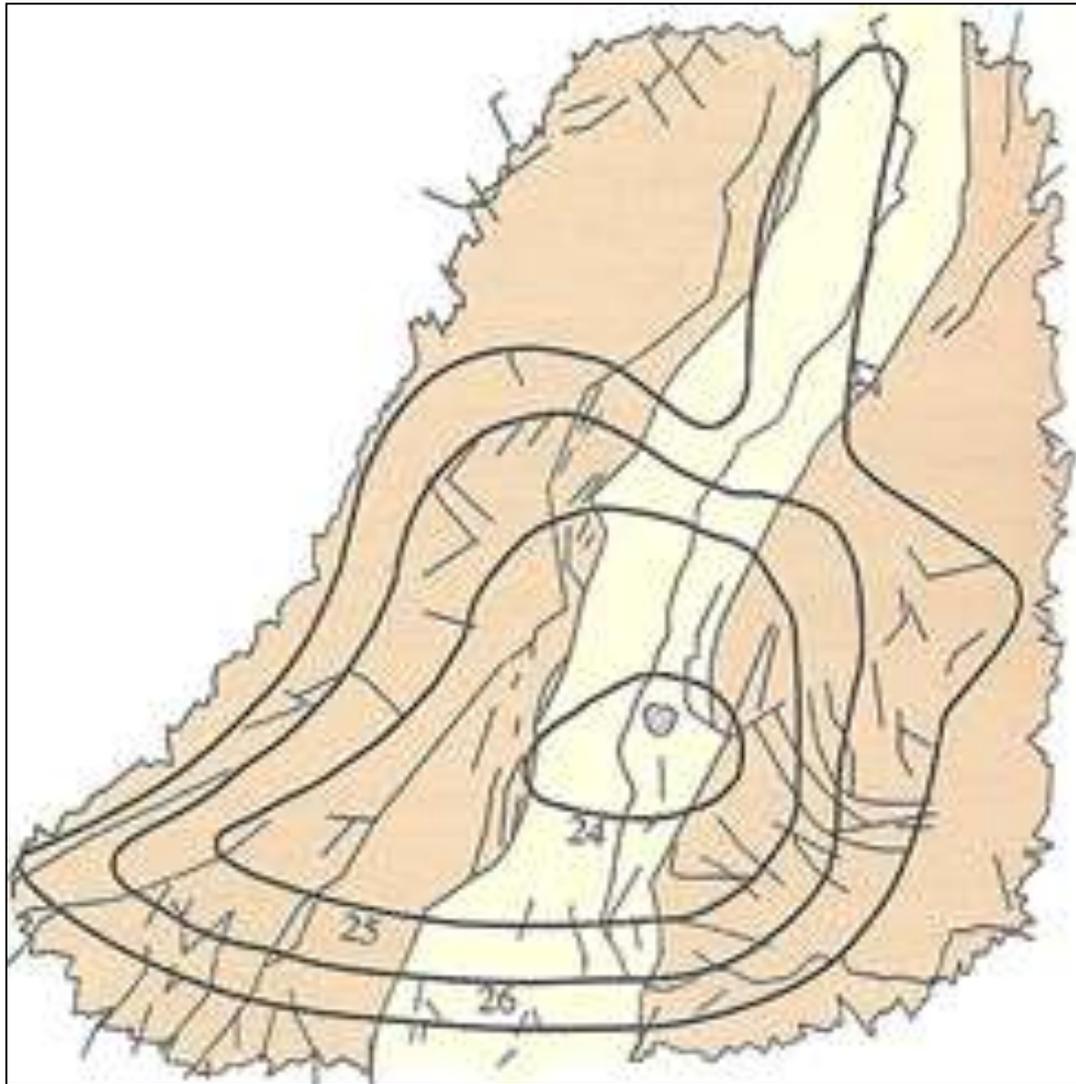


Anomalie de Bouguer dans le fossé rhénan

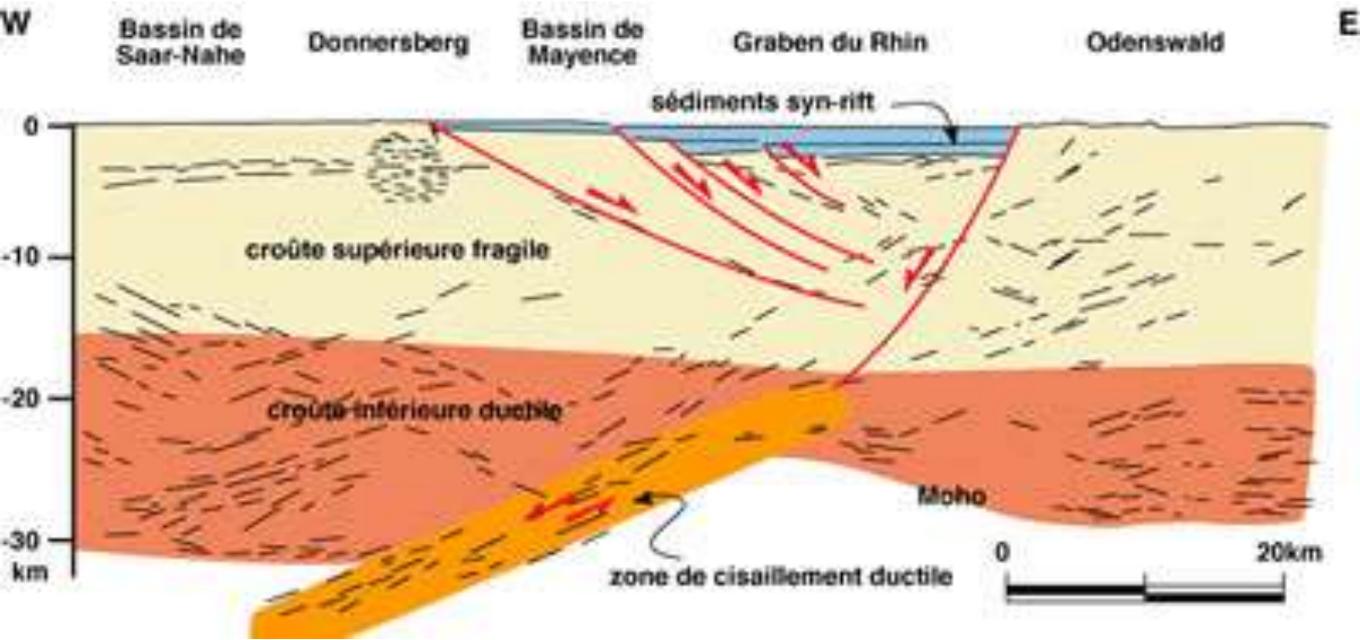
(Y. Roststein, J.B. Edel, D. Boulanger, G. Gabriel, M. Schaming)



Document 26 :
Carte géologique simplifiée du rift rhénan.

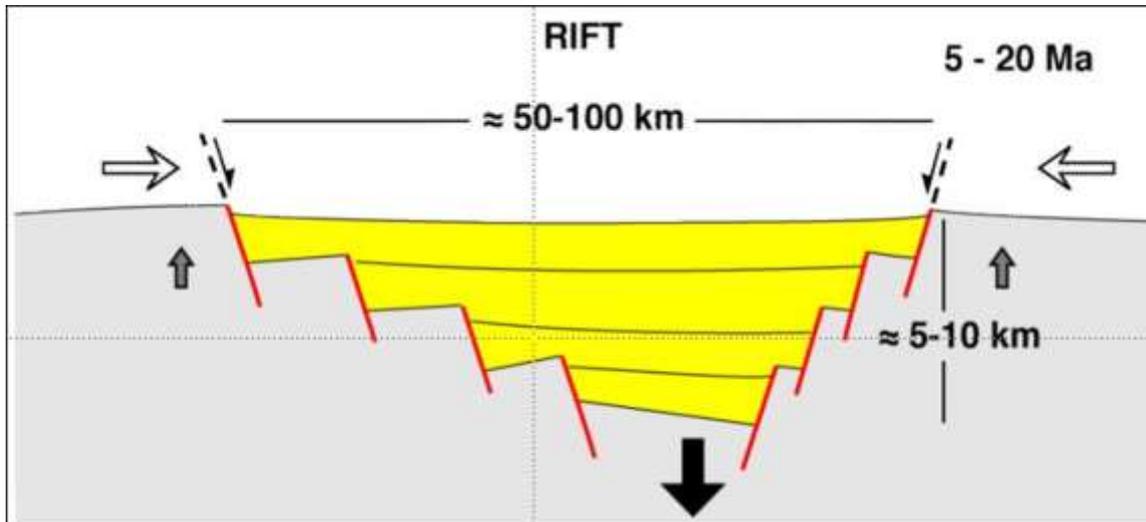


Document 26 : Carte d'isobathes du Moho au niveau du fossé rhénan.

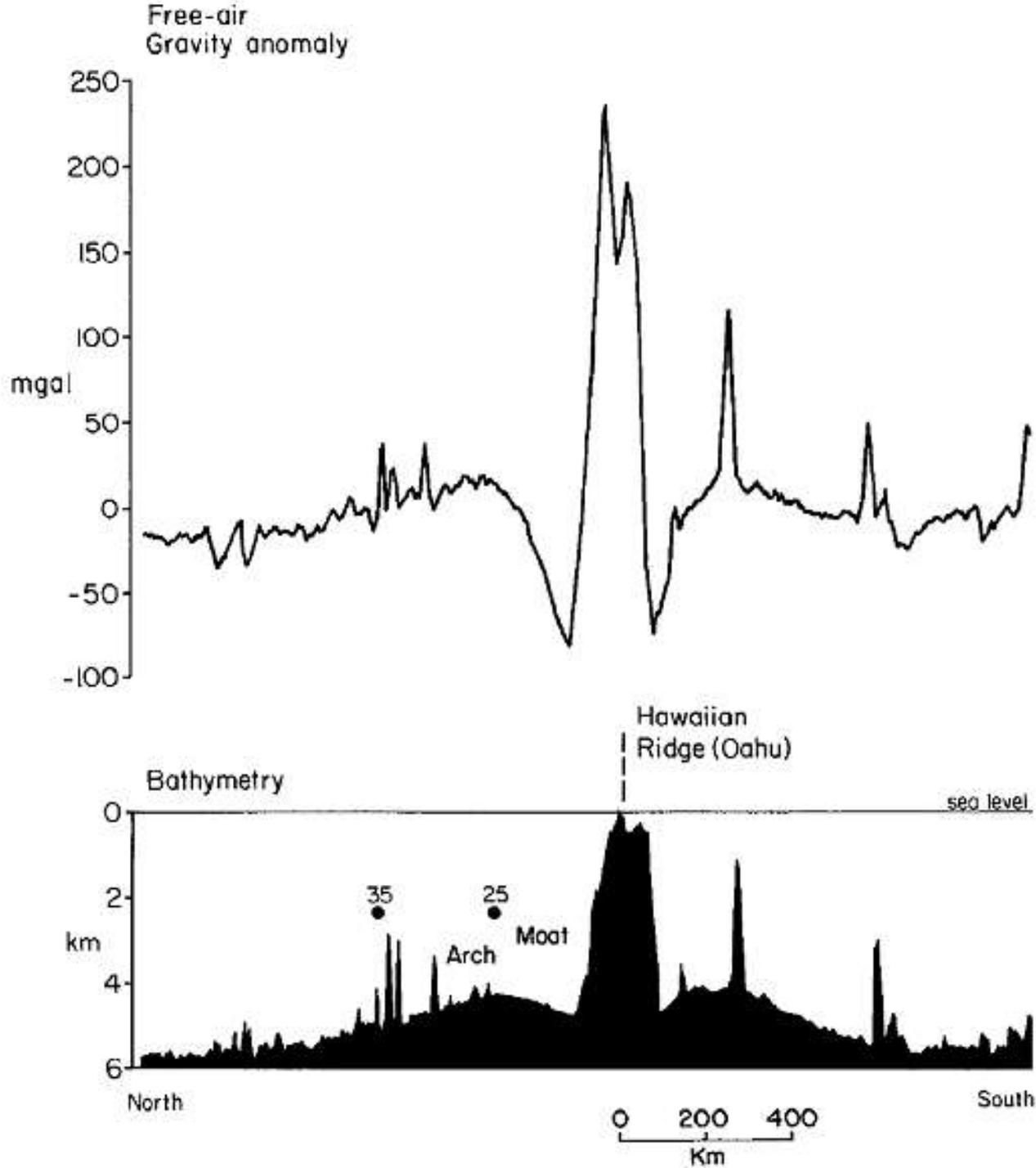


Profil sismique dans le nord du graben du Rhin Coupe interprétée montrant les relations entre les failles dans la croûte supérieure et la zone de cisaillement dans la croûte inférieure.

© C. Brunet modifié d'après document ECORS

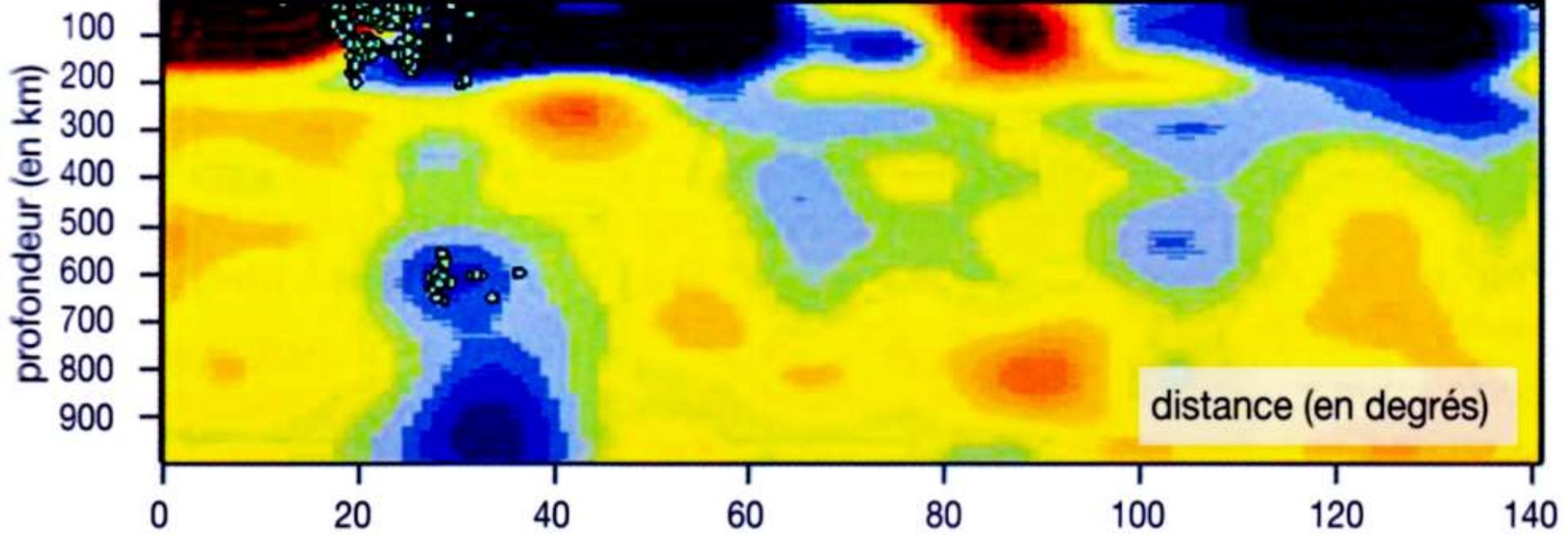
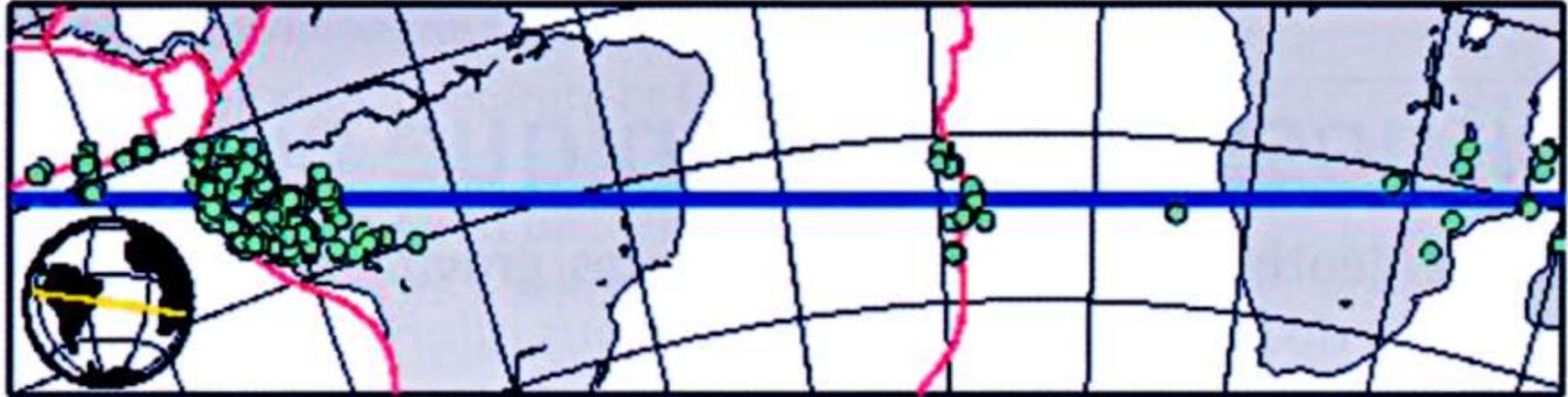


Structure d'un rift continental



Document 25.
Variations de
l'anomalie
gravimétrique à
l'air libre et profil
bathymétrique
dans la région de
Hawaï (océan
Pacifique).

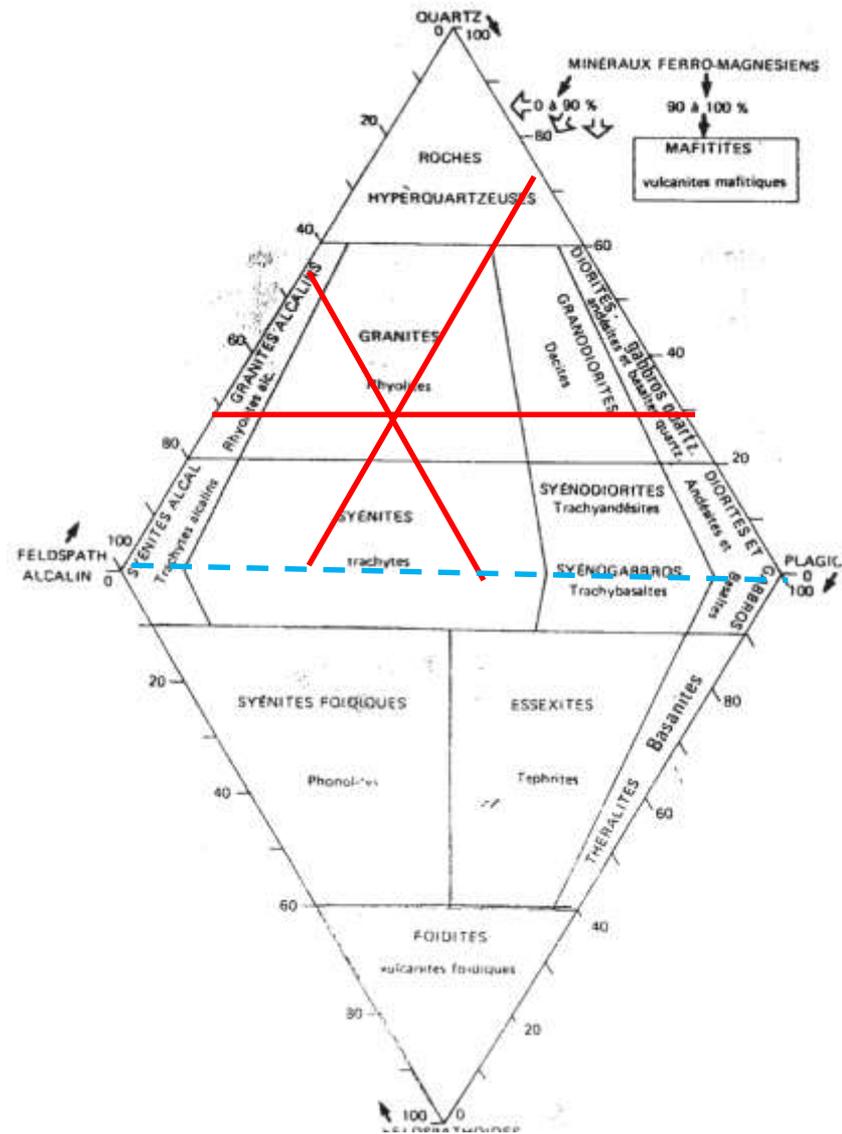
<http://www.ucl.ac.uk/EarthSci/people/lidunka/GEOL2014/Geophysics%20-%20Gravity/gravity.htm>
 D'après : Watts and Daly *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 1981



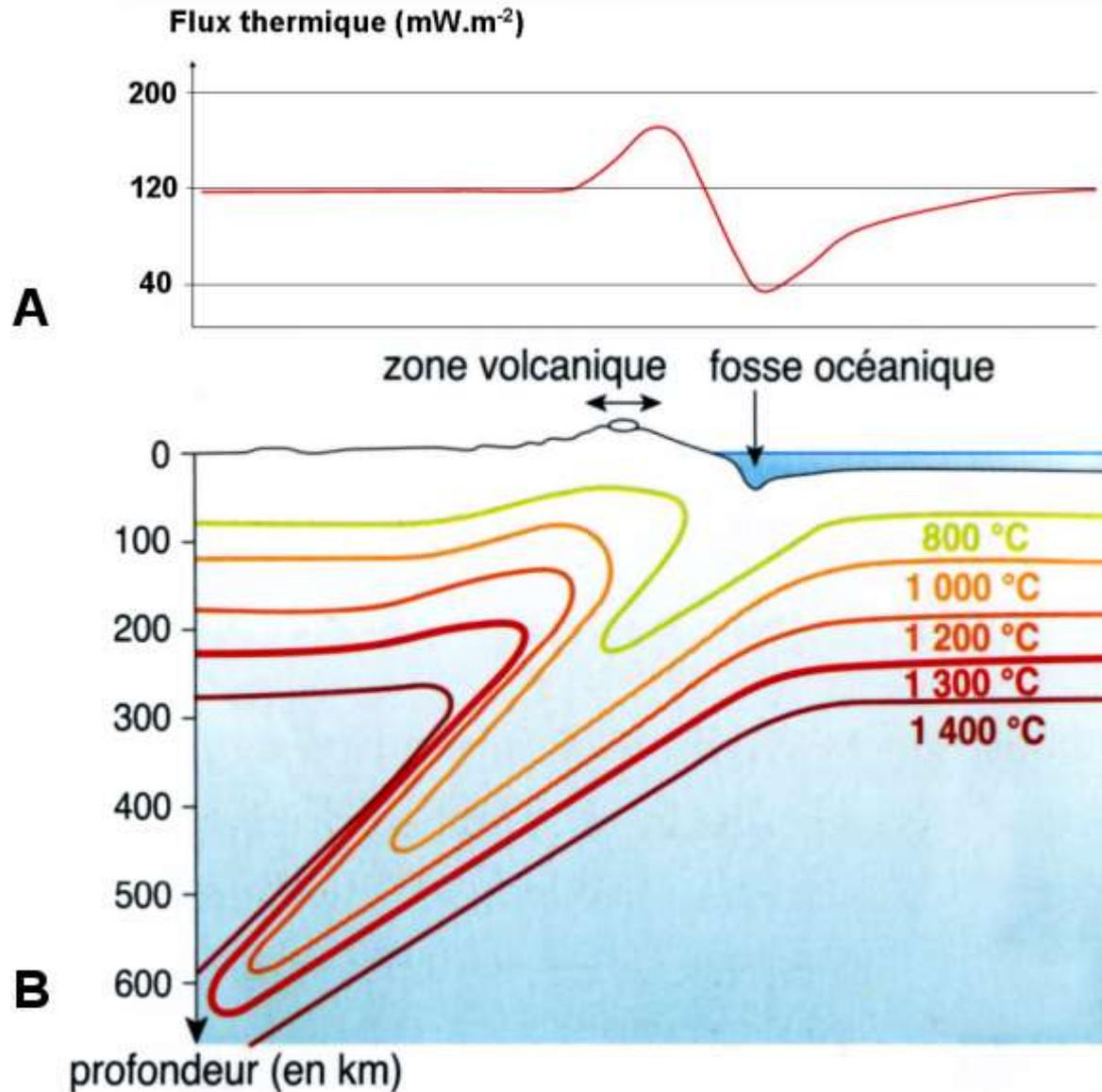
Exercice 4, Utilisation de la classification de Streckeisen

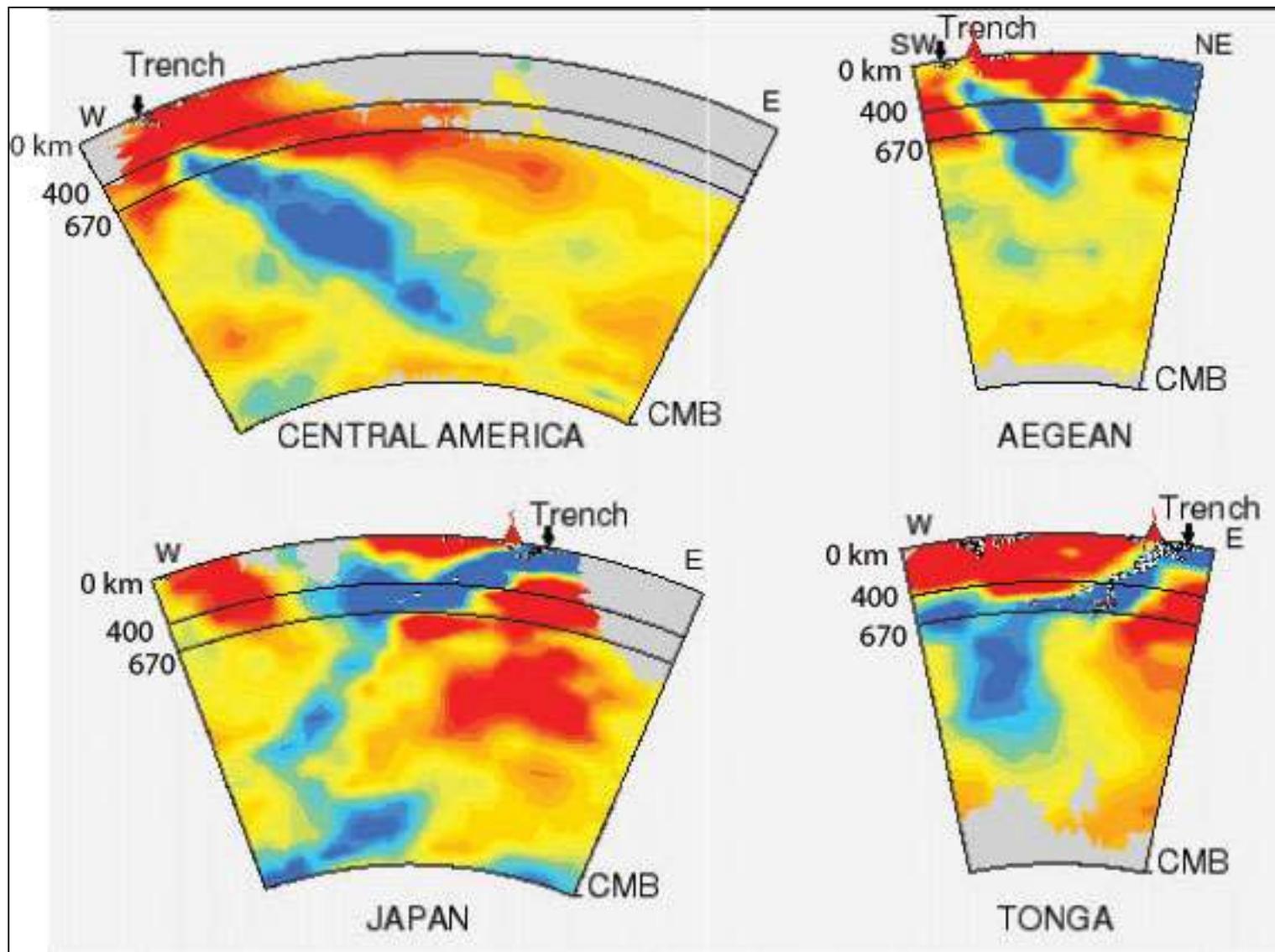
	1	2	3	4	5	6	7
Quartz	25	0	21	20	2	—	—
Orthoclase	40	72	15	6	.3	—	—
Plagioclase	26	12	46	56	64	65	62
Biotite	5	2 } 6	3 } 13	4 } 16	5 } 28	1 } 31	1 } 34
Amphibole	1						
Pyroxène	0	4	0	4	11	20	29
Olivine	0	0	0	.	.	7	3
Opaques	3	3	2	2	3	4	4
Total	100	100	100	100	100	100	100

--> On corrige l'analyse chimique en ramenant à 100 la somme des trois constituants considérés.
Ces constituants sont exprimés par leur pourcentage, dont la somme doit être de 100.

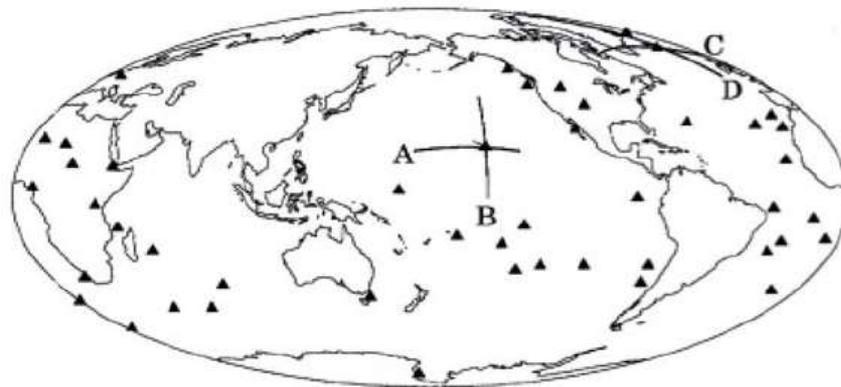
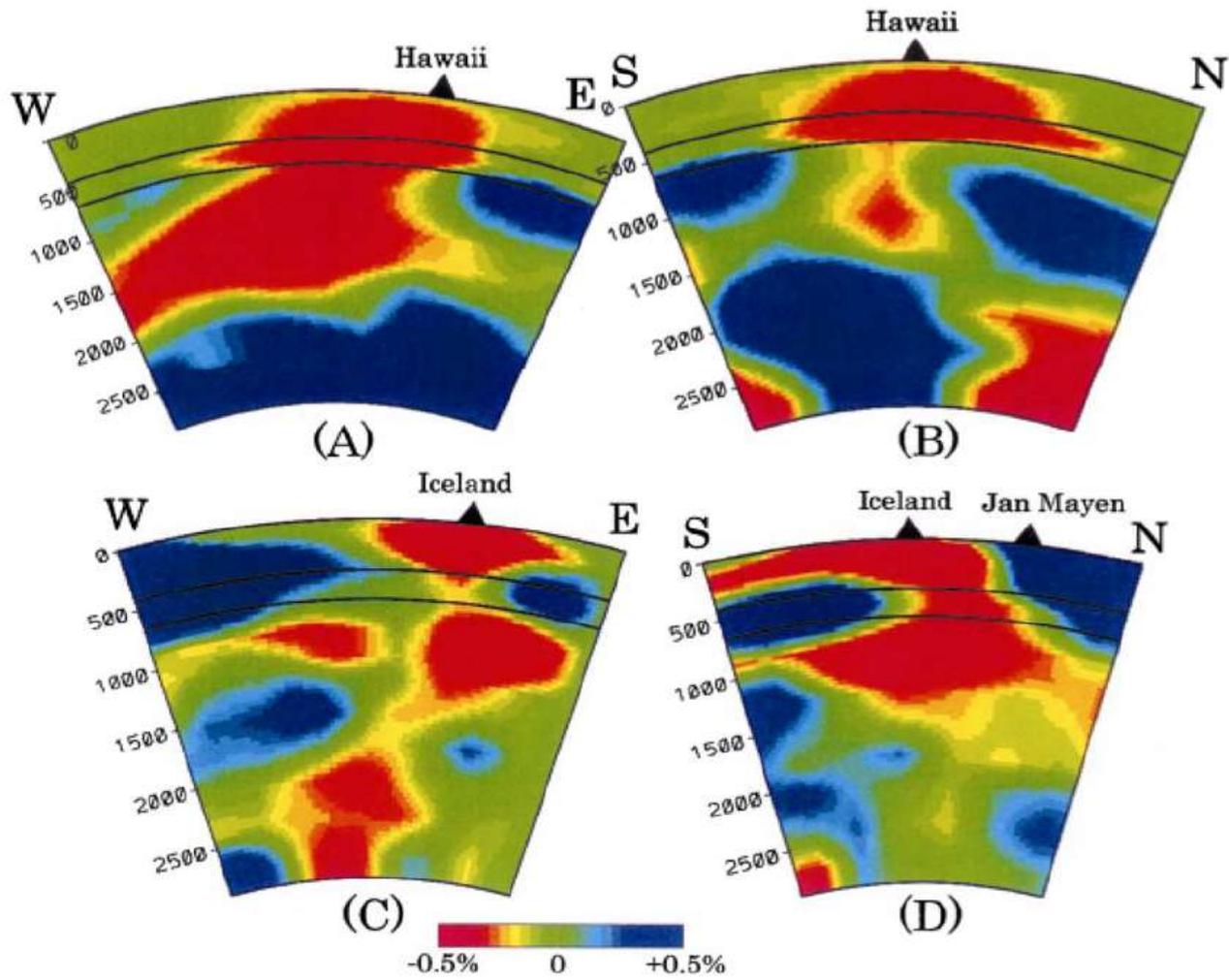


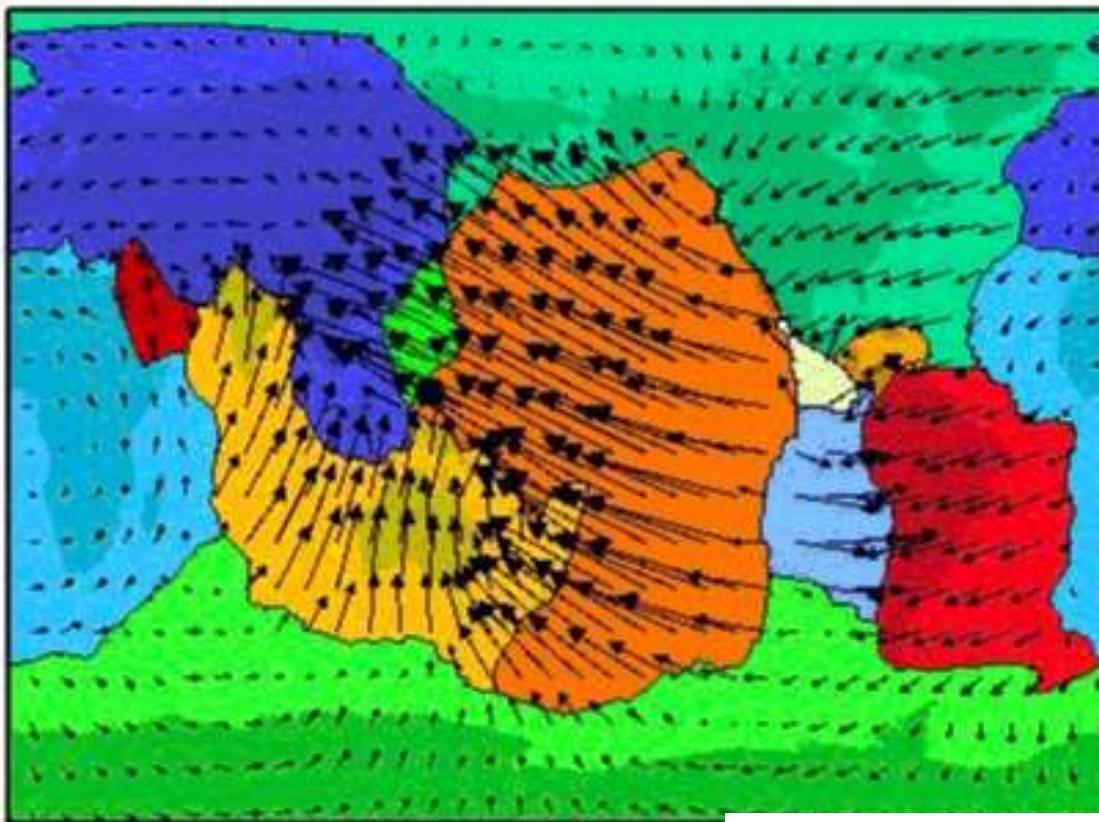
Flux géothermique au niveau d'une zone de subduction et son interprétation : répartition des isothermes.





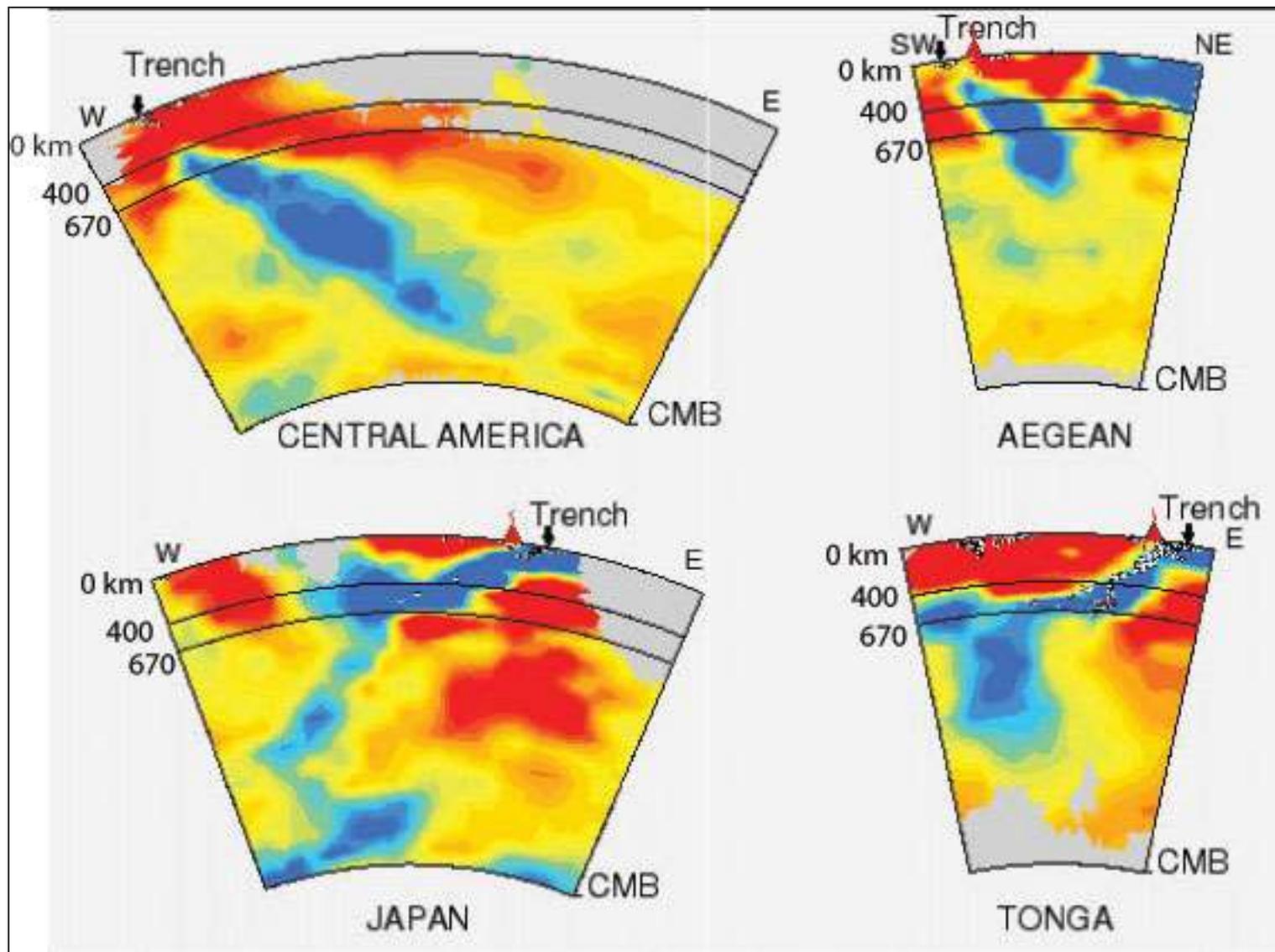
Images tomographiques au niveau de l'Amérique centrale (Central America), du Japon (Japan), de la mer Égée (Aegean) et des îles Tonga.





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 (Aegean) et des îles Tonga.

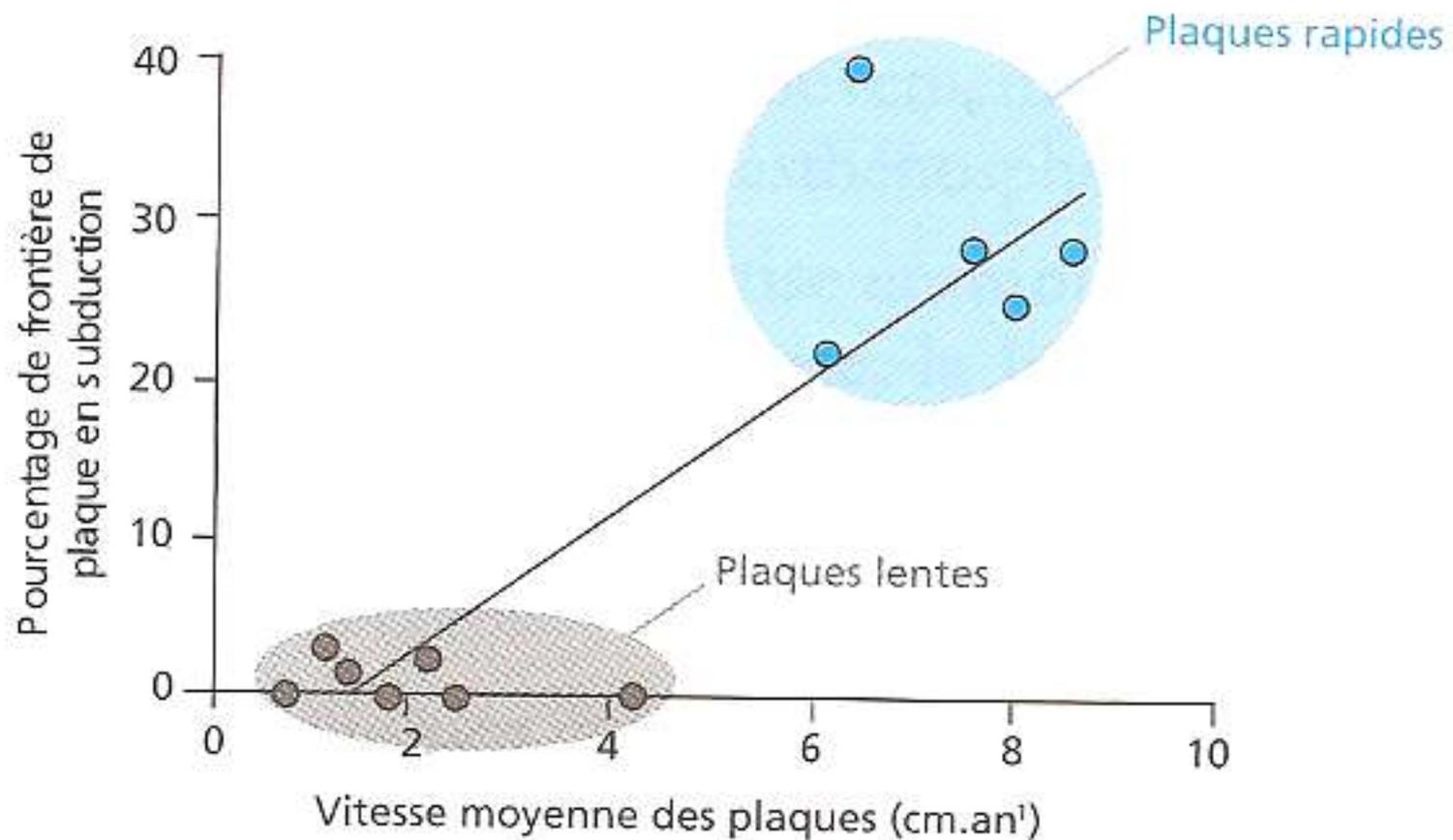
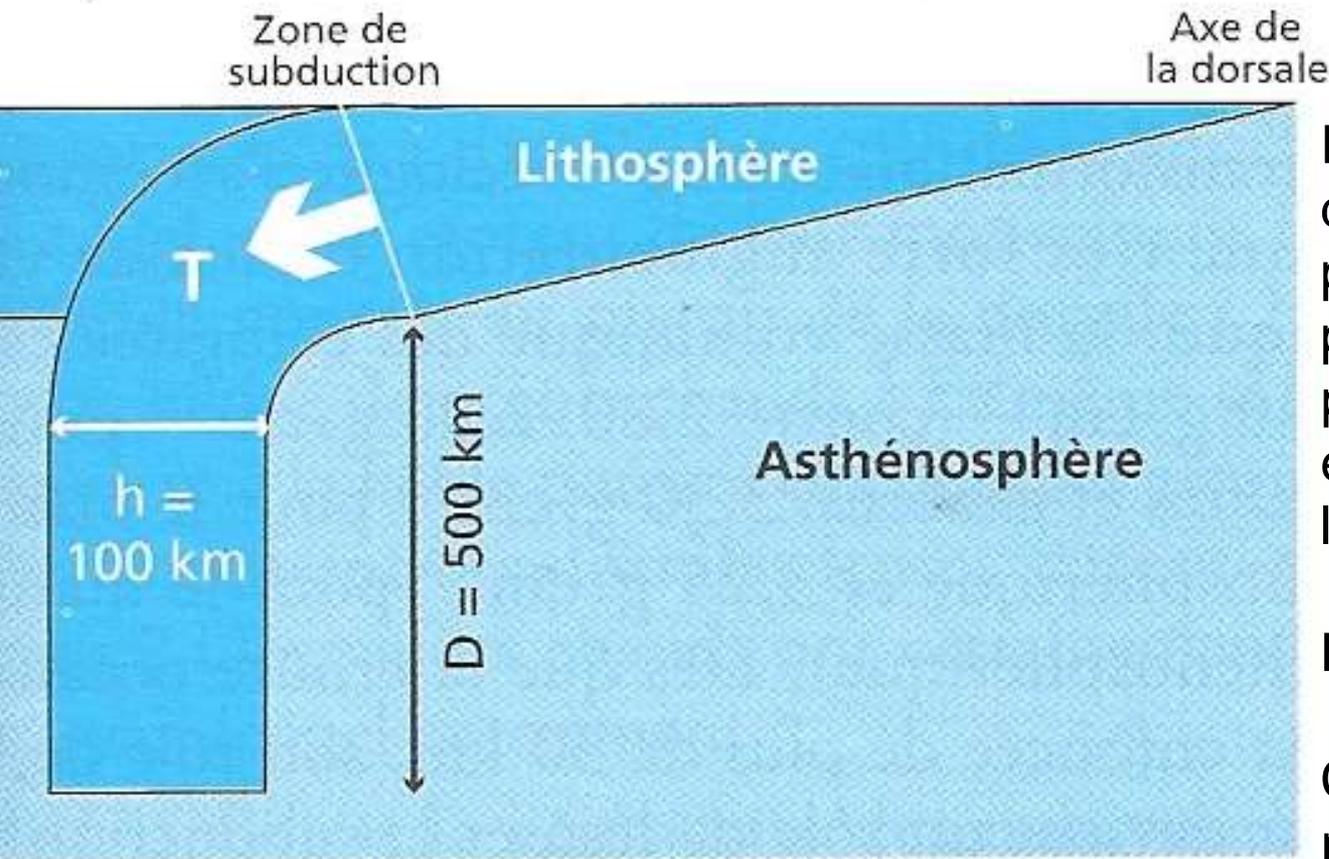


Figure 12.15. Relation avec la vitesse absolue des plaques et le pourcentage de leur frontière qui subduit.

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 :

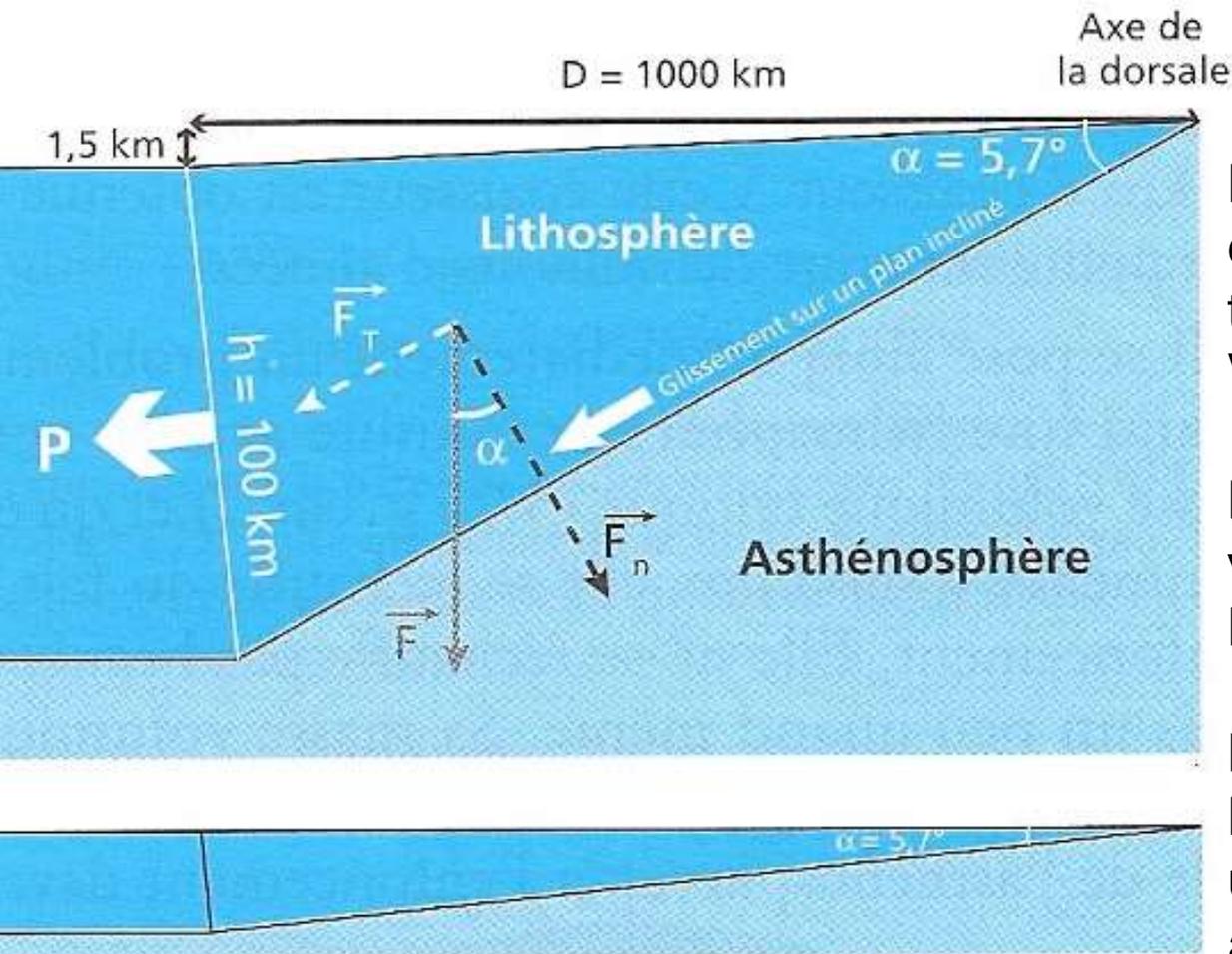
$$F = V \cdot g \cdot \Delta\rho = h \cdot D \cdot g \cdot \Delta\rho$$

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.

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

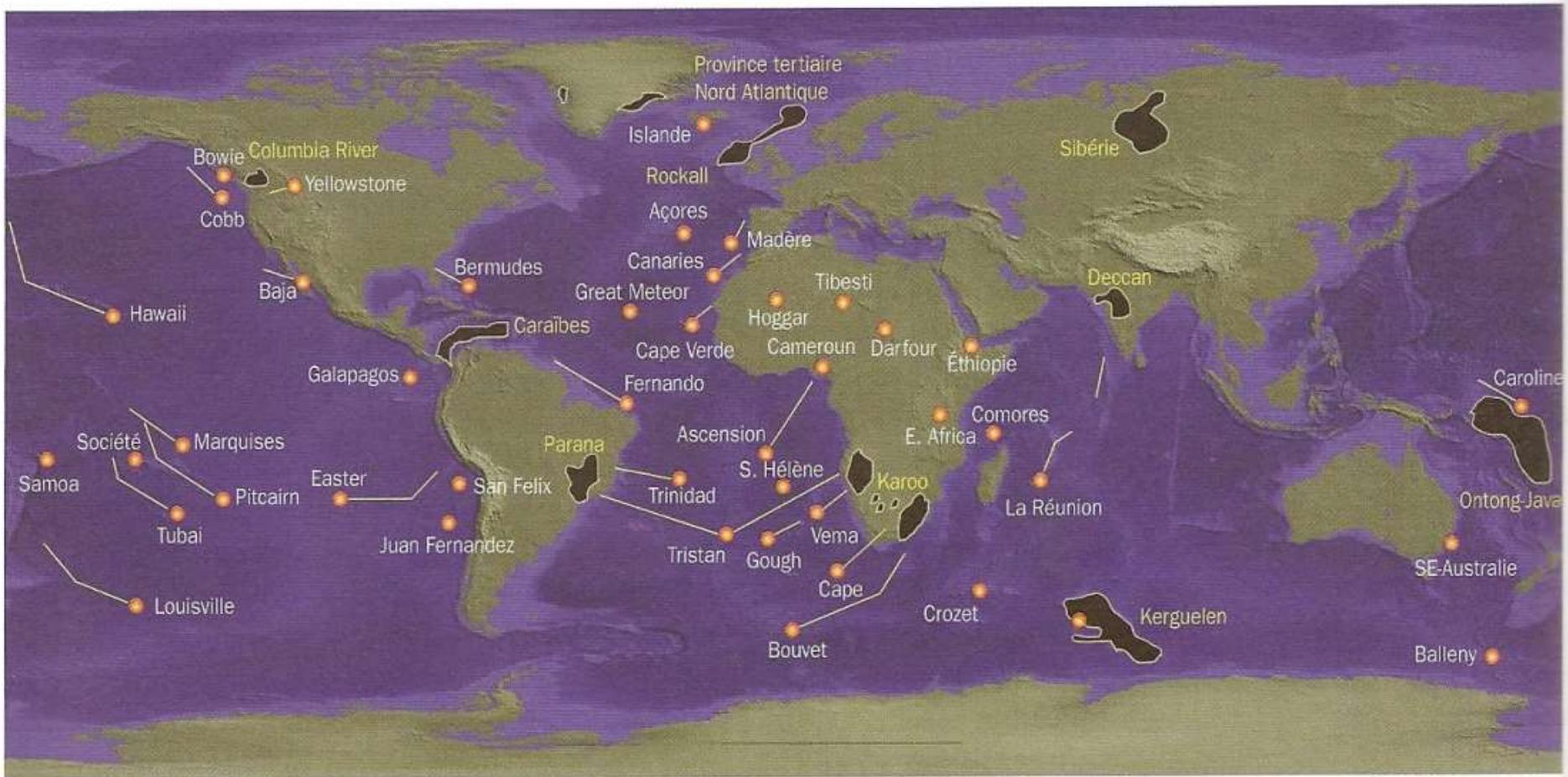
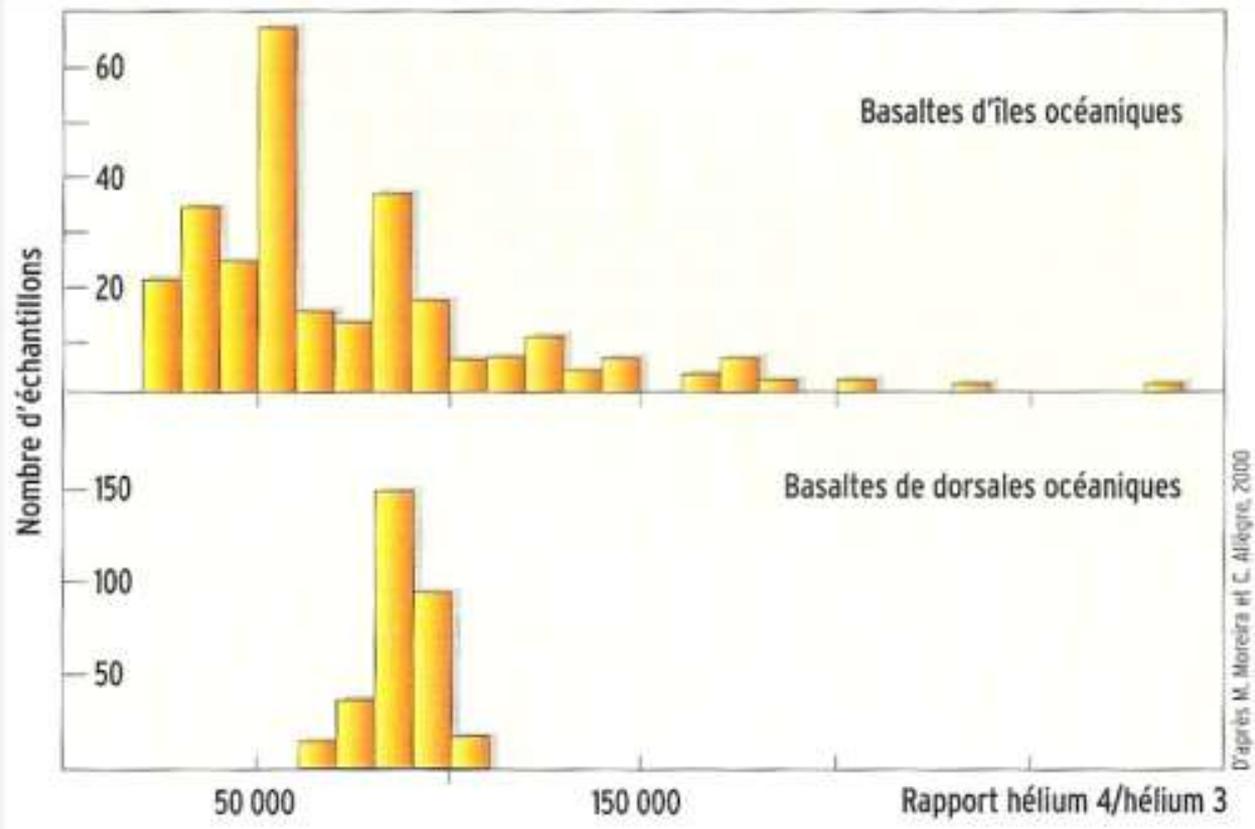


Planche 10.5. Localisation actuellement reconnue des points chauds, des traces de panaches et des grandes provinces de basaltes des plateaux (D'après Crough, 1983)

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).



Document 19. Analyse du rapport isotopiques $^4\text{He}/^3\text{He}$ dans les basaltes des dorsales et des îles océaniques.

- ^4He : continuellement produit par la désintégration de U et TH**
- ^3He : stock constitué au moment de la formation de la Terre**

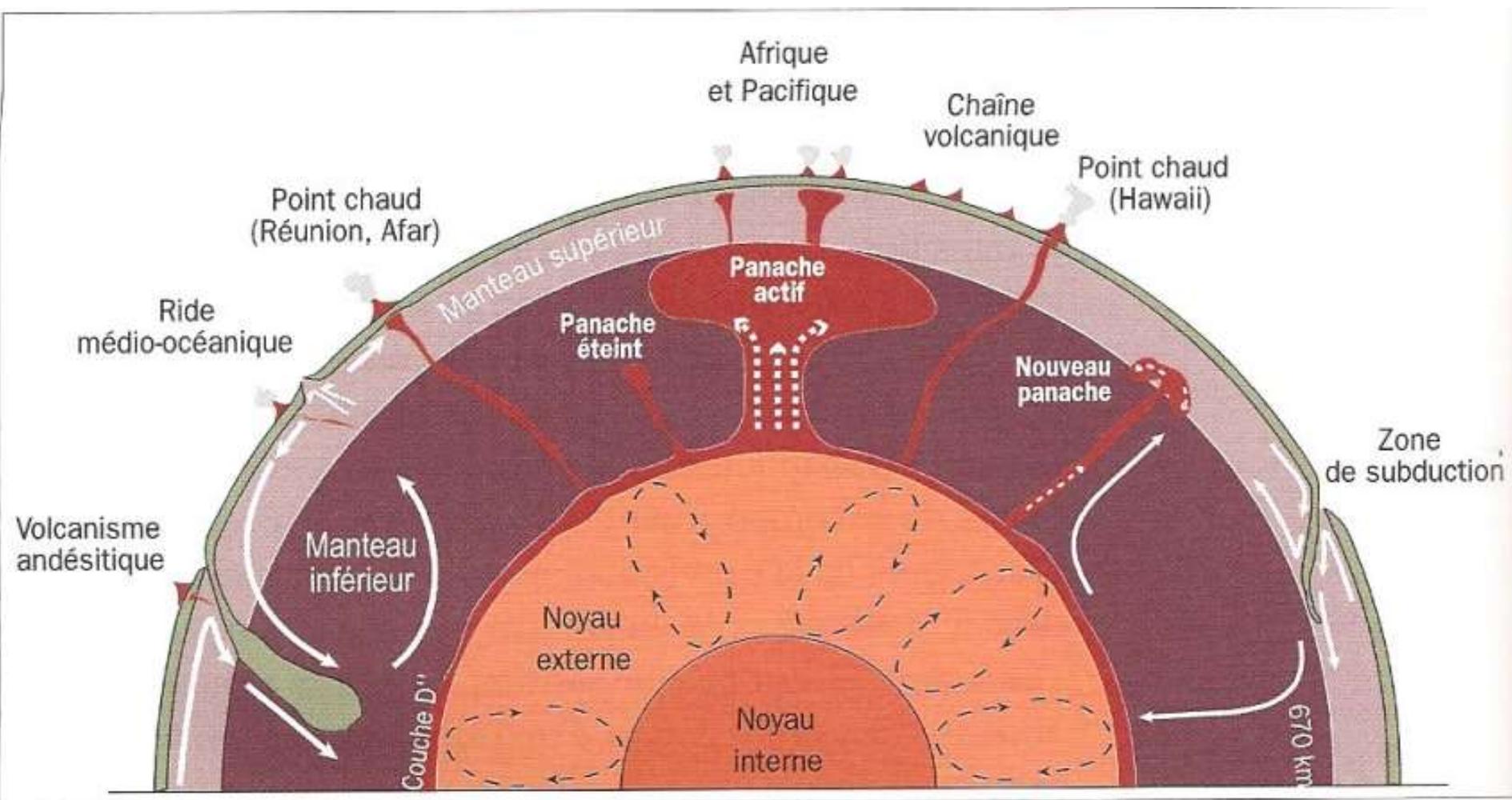


Figure 10.22. Coupe schématique à travers le manteau montrant les relations entre panaches mantelliques et points chauds (D'après Stacey, 1992)

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.)

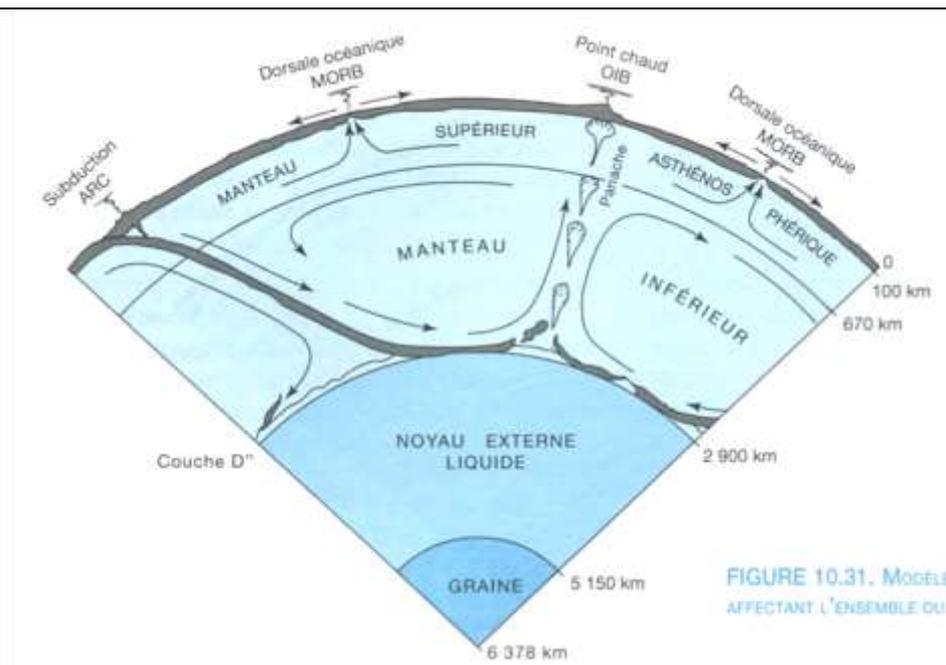
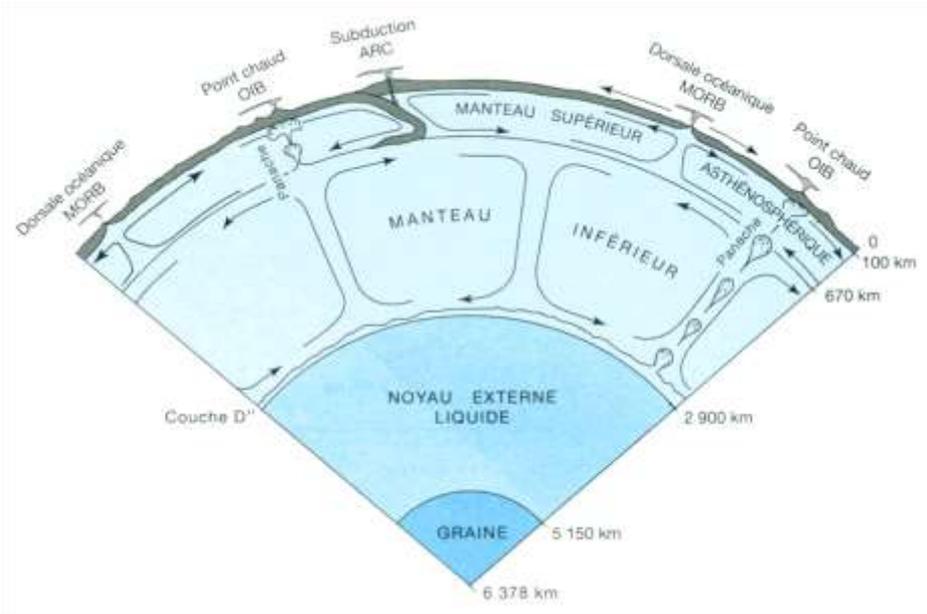


FIGURE 10.31. MODÈLE AFFECTANT L'ENSEMBLE DU

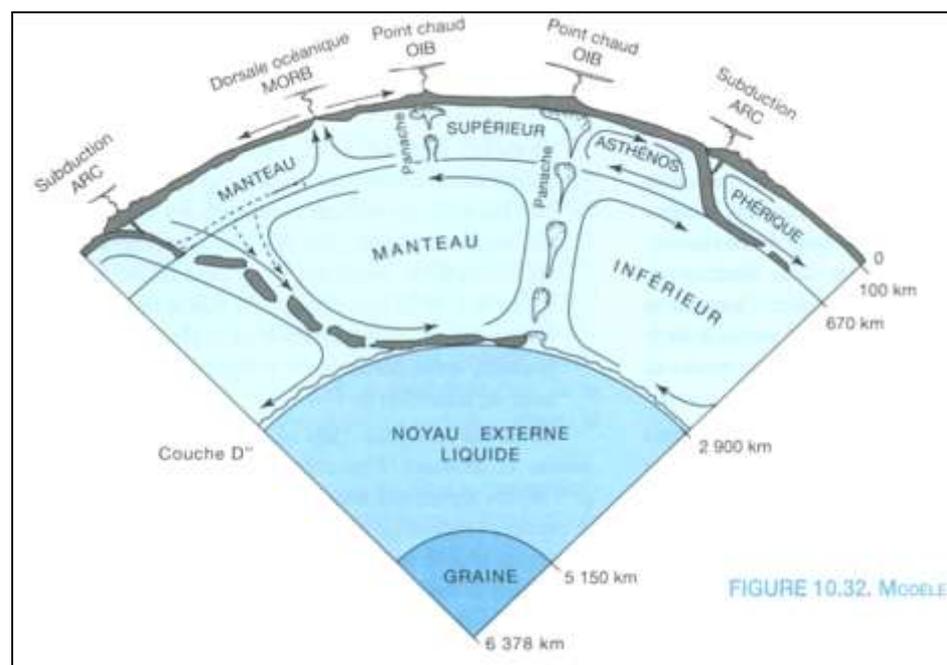
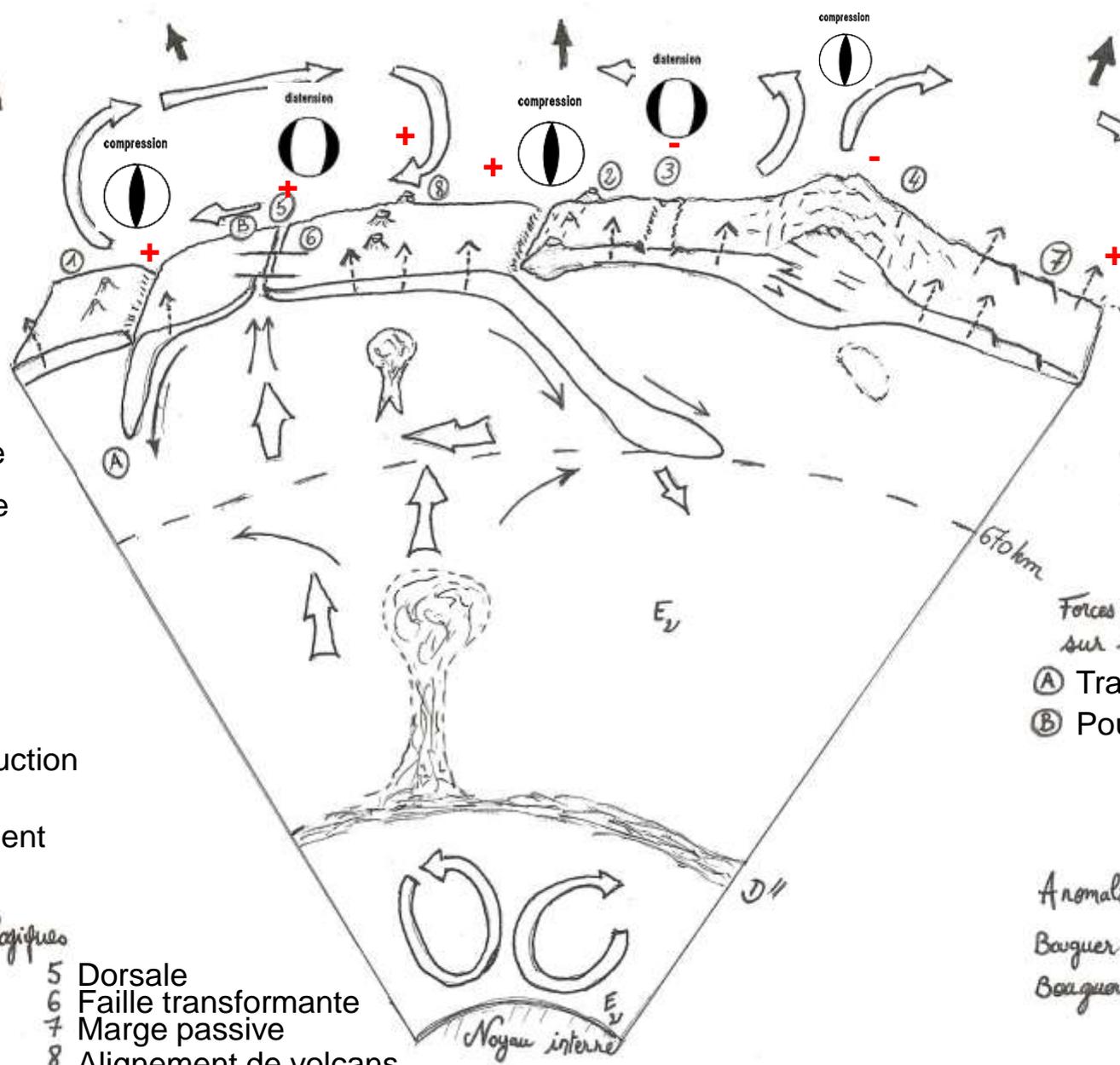
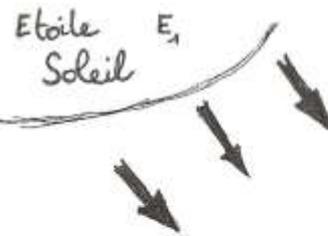


FIGURE 10.32. MODÈLE



Sources d'énergie:
 * E_1 Energie solaire
 * E_2 Energie interne (radioactivité)

Modes de dissipation de la chaleur
 Convection Conduction
 Rayonnement

- Grandes structures géologiques
- | | |
|-----------------------|--|
| 1 Arc insulaire | 5 Dorsale |
| 2 Cordillère | 6 Faille transformante |
| 3 Rift continental | 7 Marge passive |
| 4 Chaîne de collision | 8 Alignement de volcans de point chaud |

Dissipation d'énergie mécanique
 (+) (0) (0)

Forces agissent sur les plaques
 (A) Traction du slab
 (B) Poussée gravitaire

Anomalies gravimétriques (à placer)
 Bouguer +
 Bouguer -

- Dynamique du globe -