

Devoir surveillé n°4

Samedi 21 janvier 2023

Épreuve d'analyse de documents de géologie et biogéosciences

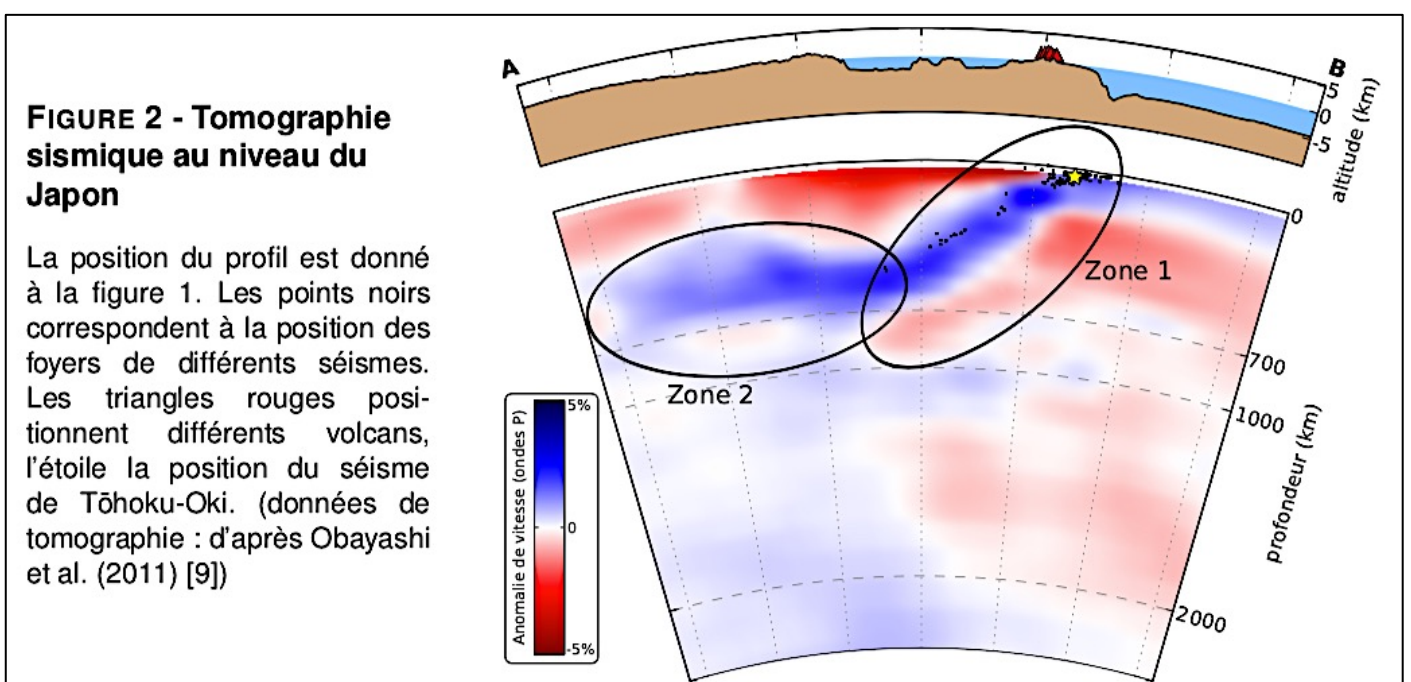
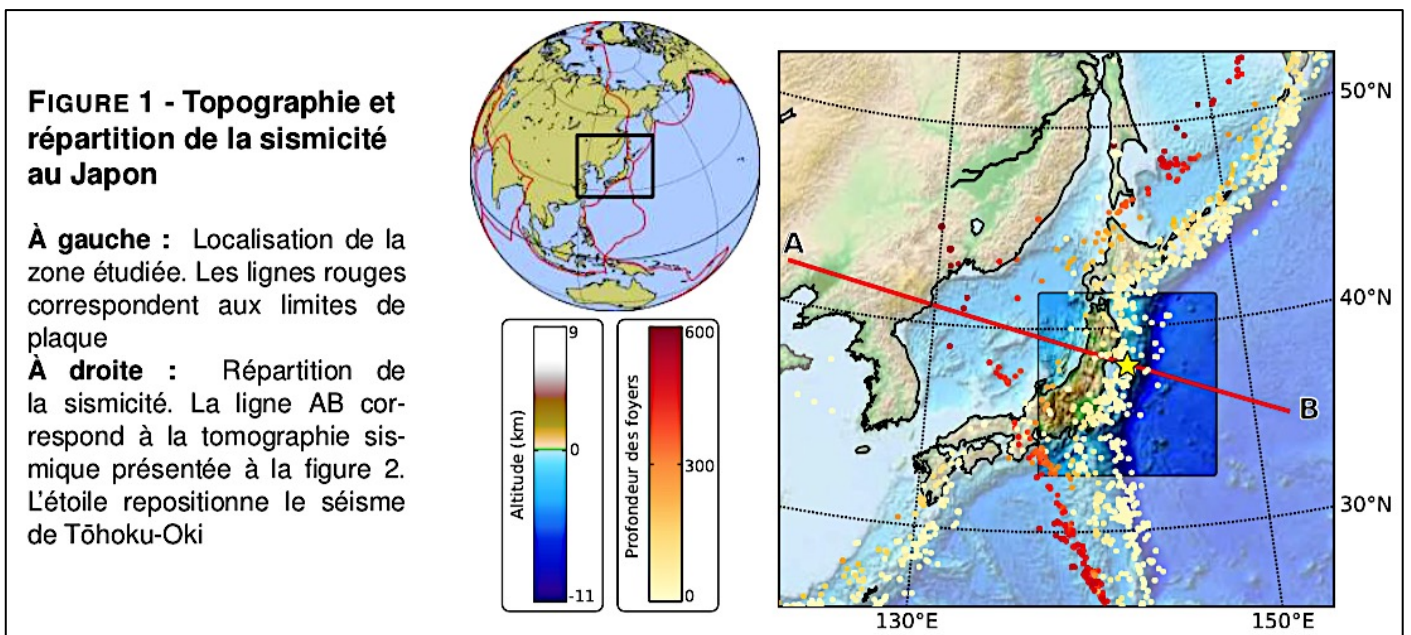
durée : 3 heures

Exercice 1 – Le Japon et son contexte géologique

durée conseillée : 30 min
(inspiré du sujet Agro-Véto 2022)

Question 1 – Donnez une définition brève de foyer et épicentre d'un séisme .

Question 2 – À partir d'arguments tirés de la figure 1, précisez quel est le contexte géodynamique du Japon.



Question 3

3a – Donnez le nom de l'alignement des foyers des séismes visibles sur la figure 2.

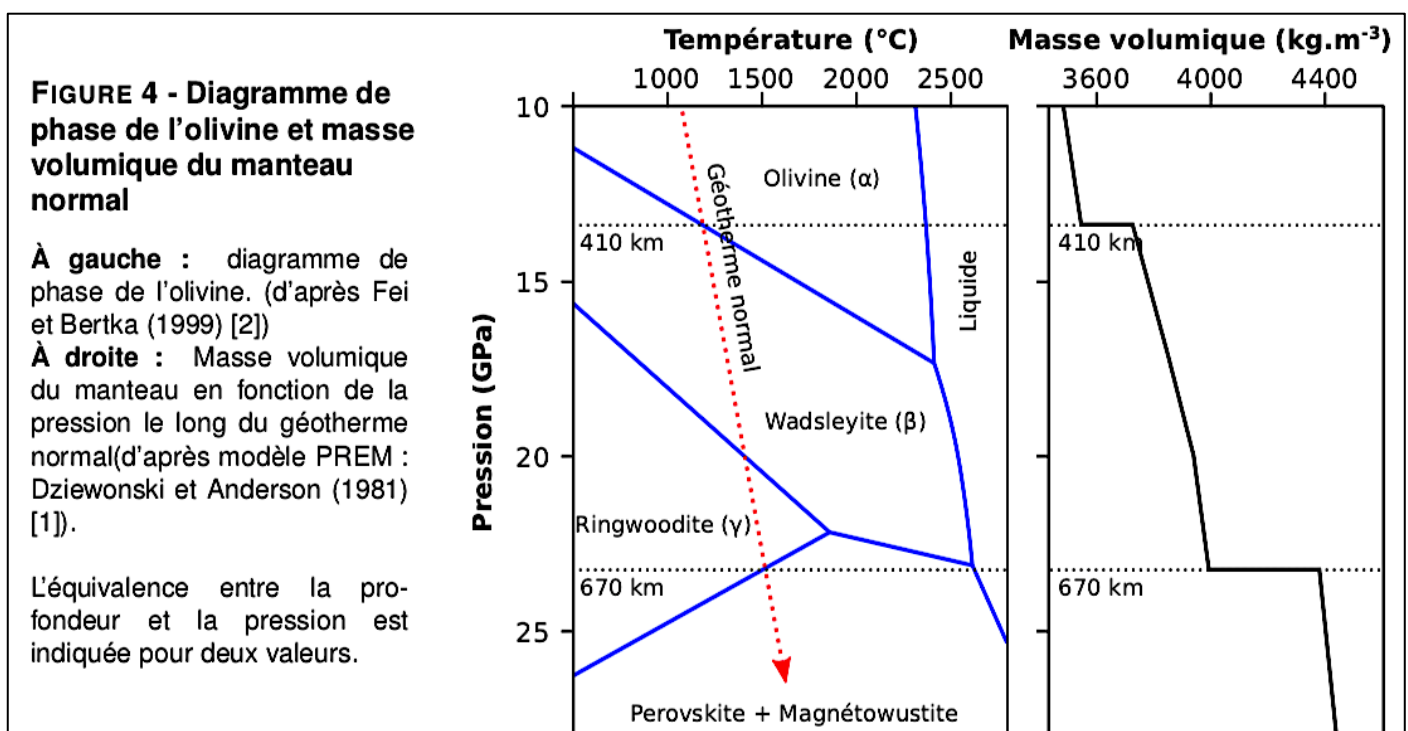
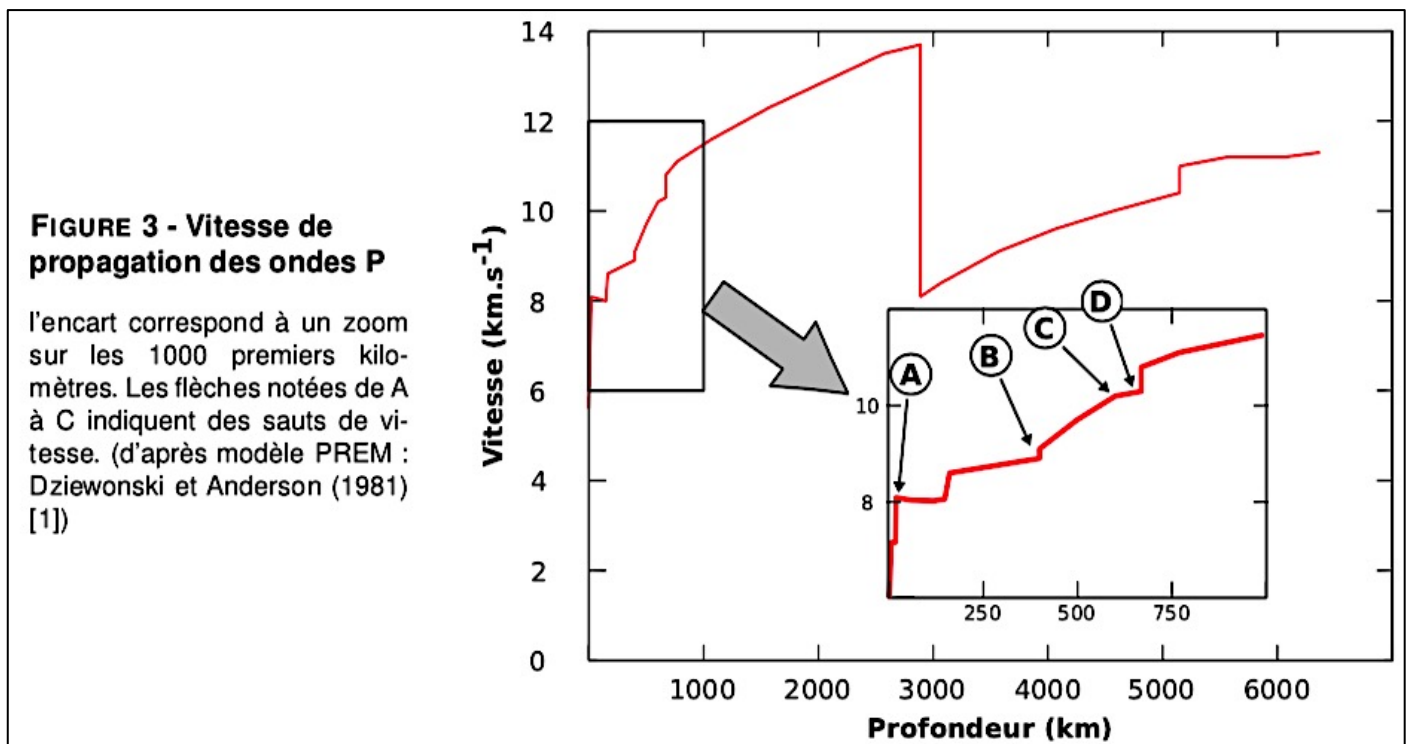
3b – En vous basant sur une présentation succincte des principes de la tomographie sismique, expliquez pourquoi les anomalies de vitesse sont exprimées en % .

3c – Quelle interprétation thermique fait-on généralement d'une anomalie positive de vitesses ?

3d – Sur la figure 2, interprétez les anomalies de vitesse de la zone 1. (La zone 2 sera étudiée après)

La figure 3 montre un profil de vitesse de propagation des ondes P. Plusieurs discontinuités sont visibles sur ce profil de vitesse. La figure 4 donne le diagramme de phases de l'olivine.

Question 4 - À partir de vos connaissances et de l'interprétation de la figure 4, expliquez la cause des sauts de vitesse **A**, **B**, **C** et **D** mis en évidence sur le profil de vitesse des ondes P de la figure 3.



Question 5 - Sur la copie de la figure 4 donnée sur l'annexe :

- dessinez approximativement le géotherme d'une lithosphère plongeante sur le diagramme de phase ;
- indiquez sous quelle phase doivent être les olivines de lithosphère plongeante à 410 km de profondeur et à 670 km de profondeur ;
- dessinez approximativement la courbe de la relation entre la pression et la masse volumique pour une lithosphère plongeante.

Question 6 - À partir de vos conclusions précédentes, interprétez maintenant la zone 2 mise en évidence sur la tomographie de la figure 2.

Exercice 2 – Gravimétrie dans l'Himalaya

durée conseillée : 30 min
(inspiré librement du sujet ENS 2022)

L'exercice porte sur la région qui s'étend de l'Inde jusqu'au Tibet.

L'étude qui suit synthétise plusieurs observations géophysiques collectées au travers de la chaîne himalayenne et du plateau tibétain, qui constituent une région tectoniquement active de très haute altitude.

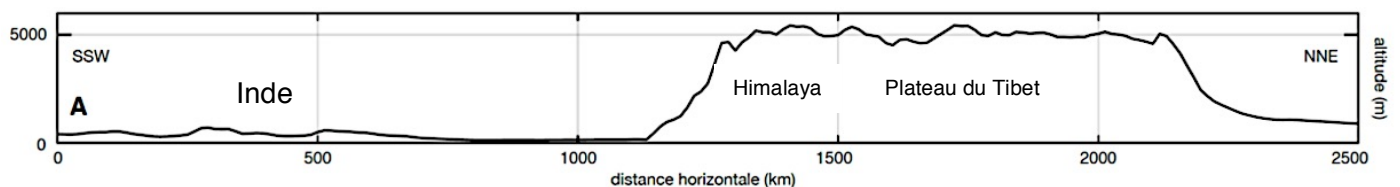


Figure 1A - A. Profil d'altitude à travers la chaîne himalayenne et le plateau du Tibet.

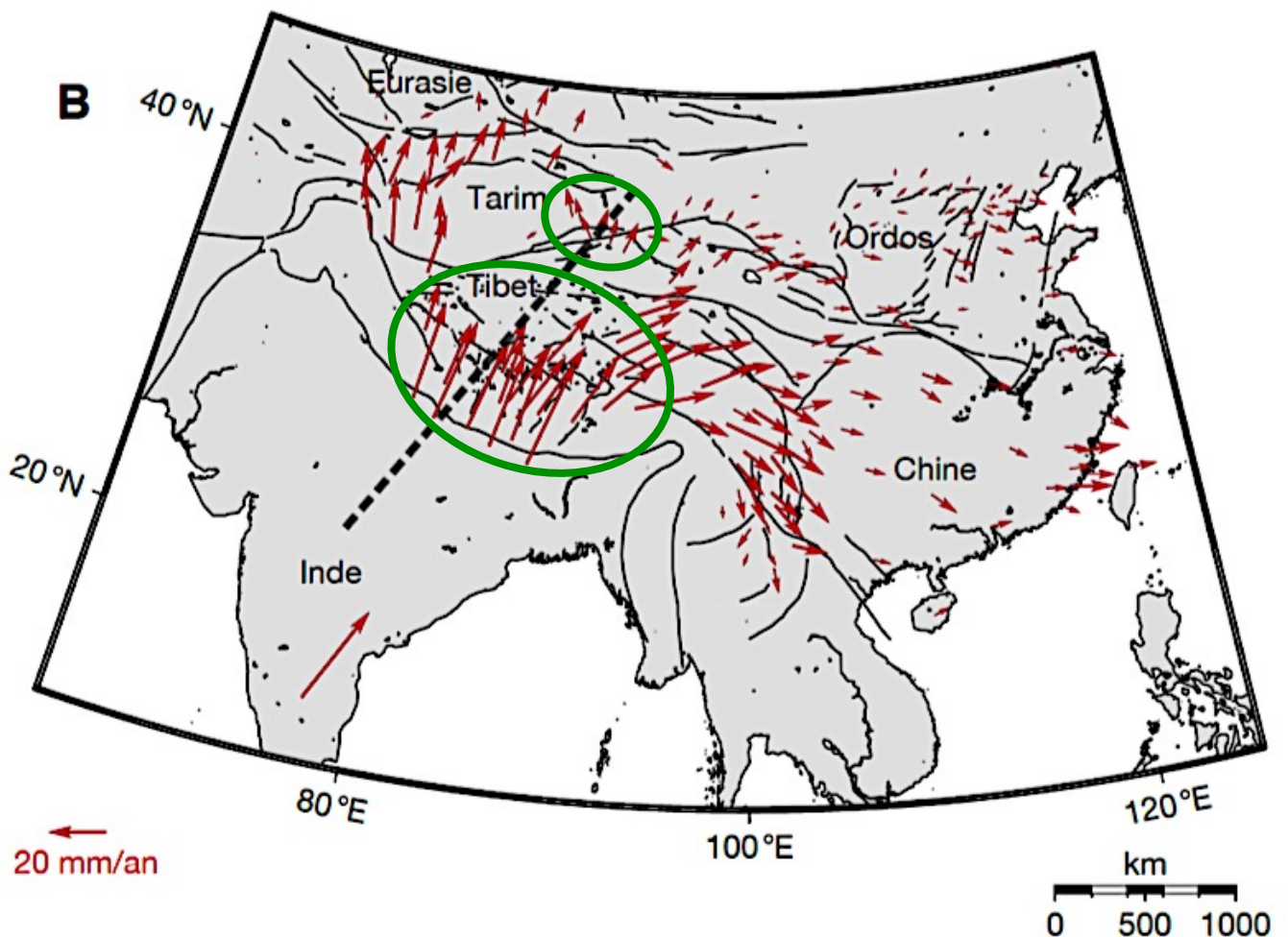


Figure 1B – Vitesses de différentes stations GPS, moyennées sur une dizaine d'années (d'après Wang et al., 2001), relatives à l'Eurasie fixe. L'emplacement approximatif du profil est indiqué par des pointillés.

Question 1 – Décrivez le déplacement de l'Inde en terme de direction, sens et norme.

Question 2 – Comparez les valeurs des vitesses dans les deux régions encadrées en vert et proposez une explication à cette différence de valeur.

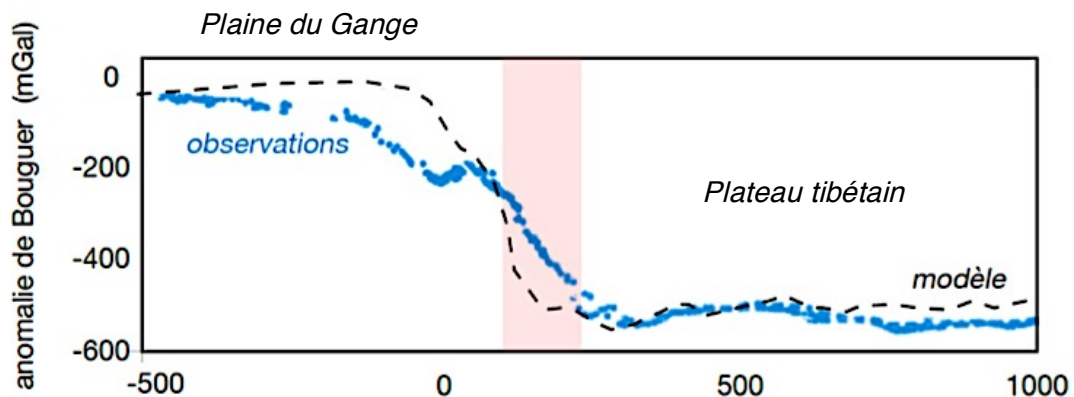


Figure 2 - Profil d'anomalie de Bouguer (points bleus) et modèle (pointillés) basé sur l'hypothèse de l'équilibre isostatique. La zone en rose correspond à l'Himalaya.

Question 3 – Rappelez succinctement les corrections appliquées à une mesure gravimétrique pour calculer l'anomalie de Bouguer.

Question 4 – Interprétez la courbe des observations et en déduire les caractéristiques des 3 régions (sud de la plaine du Gange, Himalaya et Tibet).

Question 5 – Comparez les courbes observées et modélisées. Quelle(s) sont (est) le(s) région(s) à l'équilibre isostatique ?

Question 6 – Estimez l'épaisseur de la croûte continentale sous le Tibet, en précisant le modèle isostatique choisi.

Pour l'application numérique :

épaisseur de croûte continentale moyenne = 30 km ;

densité de la croûte $d_{CC} = 2,7$;

densité du manteau $d_M = 3,2$.

Exercice 3 – Géoïde et relief sous-marin

durée conseillée : 20 min

Les satellites permettent de déterminer la hauteur du géoïde. La figure 1 montre la hauteur du géoïde par rapport à l'ellipsoïde de référence. Nous analyserons la partie sur de l'Océan Indien, au Sud de Madagascar, encadrée en rouge.

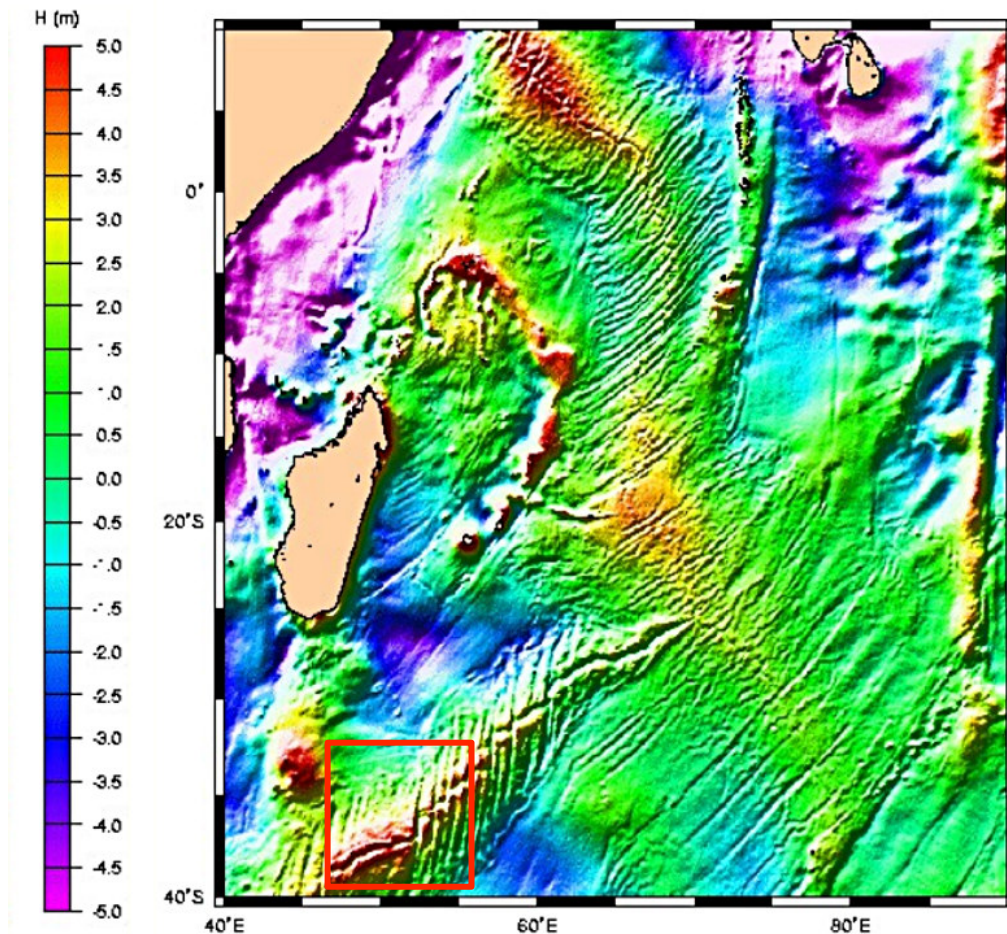


Figure 1 – Hauteur du géoïde de l'Océan Indien, en mètre, par rapport à l'ellipsoïde de référence. Modèle issu des données des satellites Geosat, Topex-Poseidon, ERS-1 et ERS-2

Question 1 – Définir le géoïde. Préciser ce qu'il représente en domaine océanique.

Question 2 – Décrire précisément la variation de hauteur du géoïde dans la zone encadrée et proposer une origine à cette oscillation de courte longueur d'onde. Un schéma accompagnera la réponse.

Afin d'appréhender l'origine de cette variation du géoïde, un modèle isostatique est proposé.

« L'écartement des deux plaques océaniques au niveau des dorsales a pour conséquence la remontée de l'asthénosphère, qui atteint une profondeur de l'ordre de quelques kilomètres seulement.

L'asthénosphère étant plus chaude que la lithosphère, elle est également moins dense. Cette remontée d'asthénosphère a pour conséquence le bombement de la dorsale. »

- On considèrera une croûte océanique de 7 km d'épaisseur, reposant directement sur de l'asthénosphère. La densité de l'asthénosphère est de 3,30 et celle du manteau lithosphérique de 3,33.
- La situation de référence sera une lithosphère océanique de 7 km de croûte océanique reposant sur 100 km de manteau lithosphérique. *La hauteur d'eau et son effet seront négligés.*

Question 3 – En appliquant le principe d'équilibre isostatique, calculer la hauteur de la dorsale.

Exercice 4 – Étude d'une île particulière, l'Islande

durée conseillée : 30 min

1) Apport des données sismiques

En 1959 a été réalisé le premier profil sismique en Islande (Båth, 1960) pour étudier la structure de la croûte. Les enregistrements (par des géophones) ont été effectués en différents points (stations) du profil (document 1) lors d'explosions de charges de dynamite dans le lac de Graenavatn (presqu'île de Reykjanes).

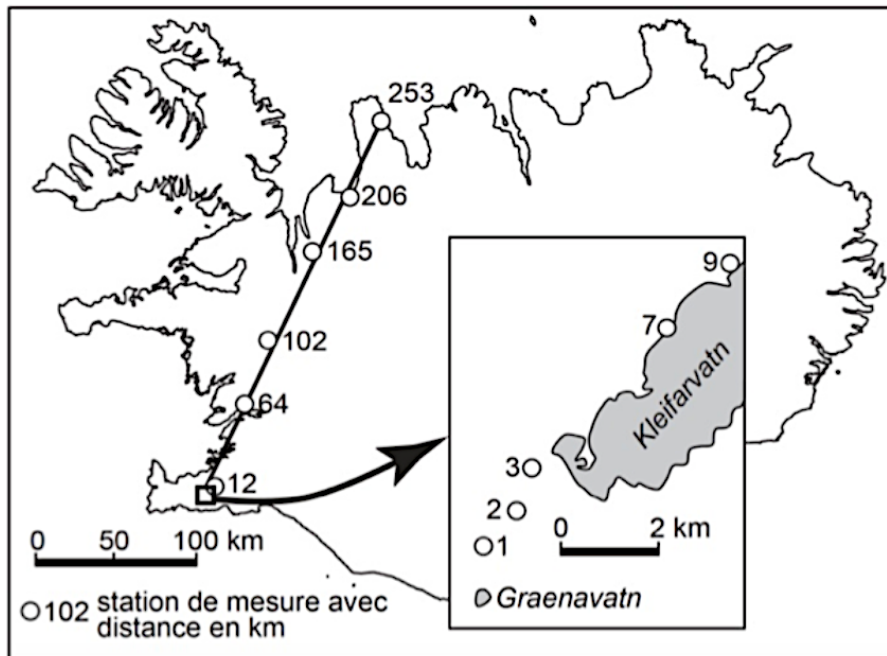


Figure 1 – Carte de l'Islande avec les sites étudiés (Source : Båth, 1960).

Le tableau du document 2 présente les temps d'arrivée des ondes P directes et des ondes PMP (ondes réfléchies sur la discontinuité de Mohorovičić au niveau de quelques unes des stations étudiées. La croûte islandaise est essentiellement basaltique.

Station	Distance en km	Temps d'arrivée en s		Temps d'arrivée en s	
		Onde P directe	Onde PMP réfléchie	Onde S directe	Onde SMS réfléchie
2	2	0,568	-		
5	9	2,402	-		
7	64	10,316	12,845		
8	102	16,096	17,601	17,231	19,012
10	206	30,891	32,329		

Tableau 2 - Temps d'arrivée des ondes sismiques aux différentes stations d'enregistrement du profil du document 1.

On considérera ici que la croûte est de composition et d'épaisseur homogènes et que la vitesse moyenne des ondes PMP est de $6,6 \text{ km.s}^{-1}$ alors que celle des ondes SMS est de $6,0 \text{ km.s}^{-1}$.

Question 1 – Définir le Moho et préciser en quoi il représente une surface de discontinuité sismique.

Question 2 - Établir la relation mathématique permettant de calculer la profondeur du Moho en fonction de la distance entre la source et la station de mesure et du temps de parcours des ondes sismiques PMP.

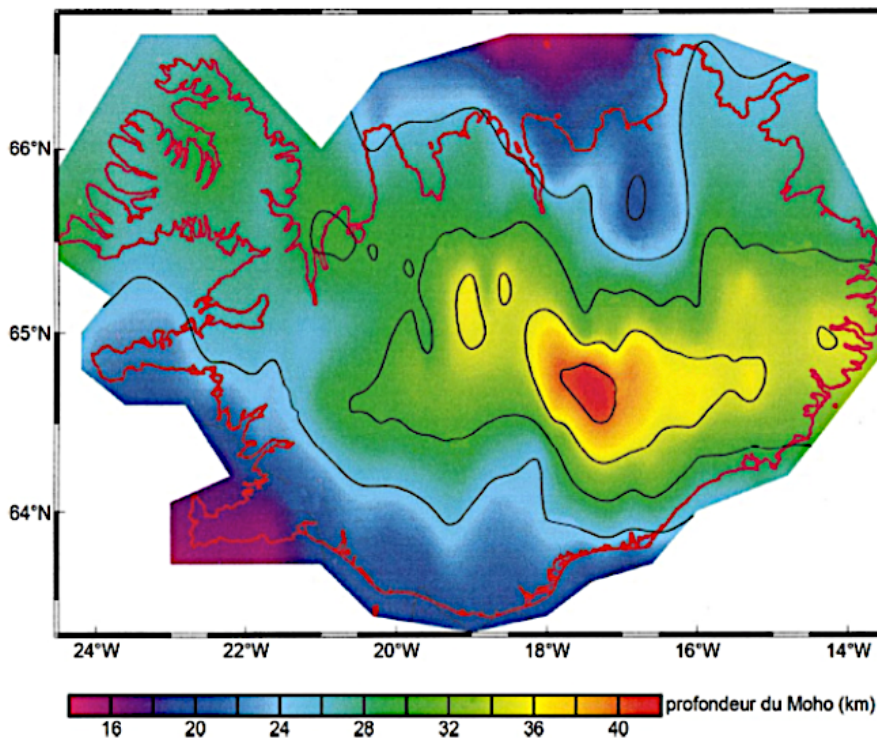
en prenant : e = profondeur du Moho ; d = distance source-station de mesure ; v = vitesse de propagation des ondes P dans la croûte et t = temps de parcours.

Question 3 - Calculez la profondeur du Moho dans cette zone de l'Islande.

Vous utiliserez la station 8, en utilisant les résultats des ondes S et la table des carrés fournie ci-dessous.

$1^2 = 1$	$11^2 = 121$	$21^2 = 441$	$31^2 = 961$	$41^2 = 1681$
$2^2 = 4$	$12^2 = 144$	$22^2 = 484$	$32^2 = 1024$	$42^2 = 1764$
$3^2 = 9$	$13^2 = 169$	$23^2 = 529$	$33^2 = 1089$	$43^2 = 1849$
$4^2 = 16$	$14^2 = 196$	$24^2 = 576$	$34^2 = 1156$	$44^2 = 1936$
$5^2 = 25$	$15^2 = 225$	$25^2 = 625$	$35^2 = 1225$	$45^2 = 2025$
$6^2 = 36$	$16^2 = 256$	$26^2 = 676$	$36^2 = 1296$	$46^2 = 2116$
$7^2 = 49$	$17^2 = 289$	$27^2 = 729$	$37^2 = 1369$	$47^2 = 2209$
$8^2 = 64$	$18^2 = 324$	$28^2 = 784$	$38^2 = 1444$	$48^2 = 2304$
$9^2 = 81$	$19^2 = 361$	$29^2 = 841$	$39^2 = 1521$	$49^2 = 2401$
$10^2 = 100$	$20^2 = 400$	$30^2 = 900$	$40^2 = 1600$	$50^2 = 2500$
$51^2 = 2601$	$61^2 = 3721$	$71^2 = 5041$	$81^2 = 6561$	$91^2 = 8281$
$52^2 = 2704$	$62^2 = 3844$	$72^2 = 5184$	$82^2 = 6724$	$92^2 = 8464$
$53^2 = 2809$	$63^2 = 3969$	$73^2 = 5329$	$83^2 = 6889$	$93^2 = 8649$
$54^2 = 2916$	$64^2 = 4096$	$74^2 = 5476$	$84^2 = 7056$	$94^2 = 8836$
$55^2 = 3025$	$65^2 = 4225$	$75^2 = 5625$	$85^2 = 7225$	$95^2 = 9025$
$56^2 = 3136$	$66^2 = 4356$	$76^2 = 5776$	$86^2 = 7396$	$96^2 = 9216$
$57^2 = 3249$	$67^2 = 4489$	$77^2 = 5929$	$87^2 = 7569$	$97^2 = 9409$
$58^2 = 3364$	$68^2 = 4624$	$78^2 = 6084$	$88^2 = 7744$	$98^2 = 9604$
$59^2 = 3481$	$69^2 = 4761$	$79^2 = 6241$	$89^2 = 7921$	$99^2 = 9801$
$60^2 = 3600$	$70^2 = 4900$	$80^2 = 6400$	$90^2 = 8100$	$100^2 = 10000$

Question 4 - Confrontez le résultat de votre calcul avec les informations apportées par le document 3 ci-dessous.



Document 3 – Carte de la profondeur du Moho en Islande (Darbyshire et al., 2000)

2) Étude de tomographie sismique sous l'Islande

Des études de tomographie ont été réalisées le long de la dorsale Atlantique. Le modèle obtenu est présenté dans la figure 4 ci-dessous.

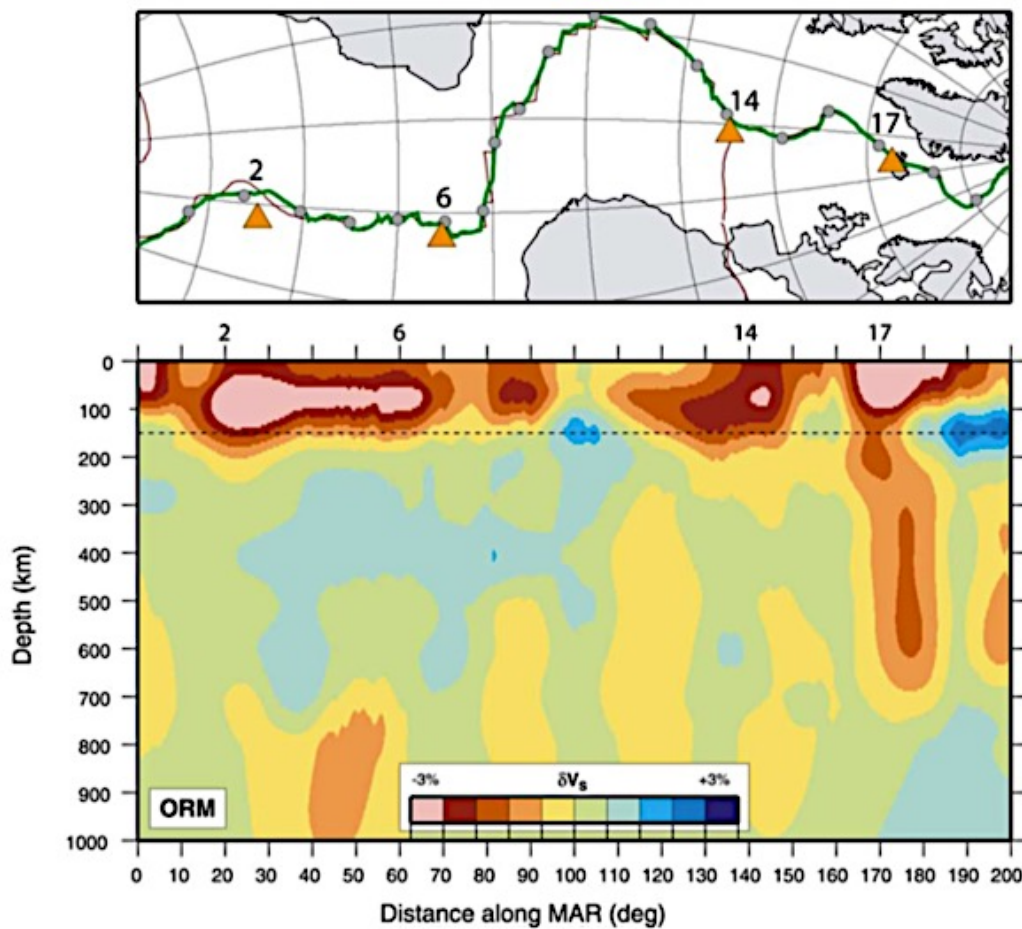


Figure 4 – Anomalies des vitesses des ondes sismiques S le long de la dorsale océanique (MAR = Medium Atlantic Ridge). Les points suivants sont des îles (de 2 à 6 sont des îles britanniques dont la célèbre île Sainte-Hélène) : 2 = île Tristan da Cunha ; 6 = île de l'Ascension ; 14 = archipel des Açores, 17 = Islande ; ORM = modèle de référence des ondes S (Source : Ritsema et Allen, 2003)

Question 5 – Décrivez et analysez le profil obtenu entre les points 2 et 14. Quelle particularité montre l'Islande ? Quelle hypothèse peut-on alors formuler ?

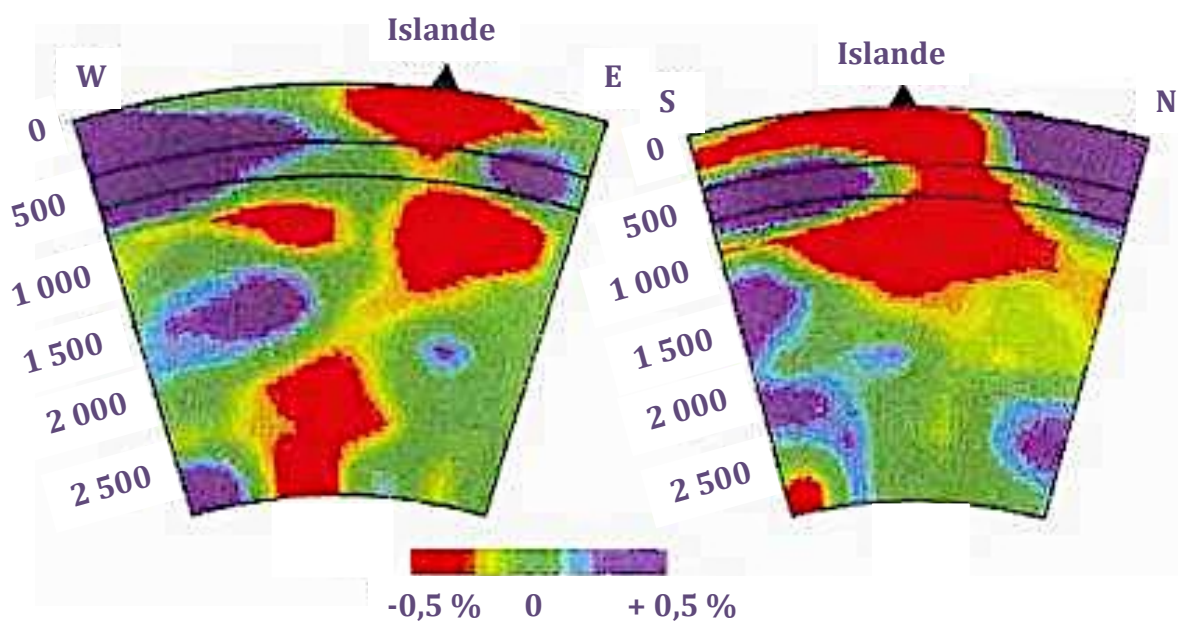


Figure 6 – Modèle tiré des études tomographie sismique de Spackmann et Bijwaard (EPSL 1999)

Question 6 – Cette nouvelle donnée est-elle en accord avec votre hypothèse précédente ?

Exercice 5 – Des océans en pente ?

durée conseillée : 30 min

La surface océanique correspond **en moyenne** au géoïde terrestre. Il est lié au vecteur g mais ne prend pas en compte les variations locales de hauteur d'eau.

Ces variations sont mesurables grâce à l'altimétrie satellitale : les différences de hauteur d'eau par rapport au géoïde de référence sont appelées « topographie dynamique » ou « hauteur dynamique ».

La hauteur dynamique a été mesurée le long de l'équateur dans les océans Pacifique et Atlantique.

Les données sont résumées dans la figure 1.

L'Océan Pacifique s'étend, à l'équateur, des longitudes 80°W (côte ouest de l'Équateur) jusqu'à la longitude 130°E (Indonésie). L'Atlantique s'étend, à l'équateur, des longitudes 10°E (Guinée) jusqu'à la longitude 50°W au Brésil (voir carte de la figure 2).

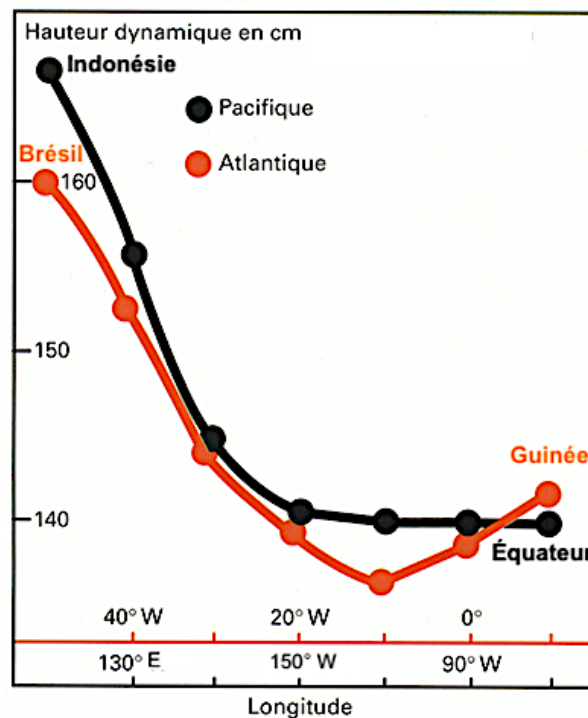


Figure 1 - Hauteurs dynamiques équatoriales ouest-est moyennes en cm de la surface des océans Atlantique (en orange) et Pacifique (en noir), en fonction de la longitude.

(Source : Océan & climat, Merle, 2006)

Question 1 – À l'aide de vos connaissances, expliquez la différence de hauteur d'eau observée entre l'Est et l'Ouest du Pacifique. Deux arguments sont attendus.

Question 2 – Comparez le profil observé entre le Pacifique et l'Atlantique. Proposez deux hypothèses au profil observé sur le littoral Est de l'Atlantique.

La température de surface de l'Océan Atlantique a été mesurée lors de l'été 1983. La carte des températures de surface est donnée en figure 2.

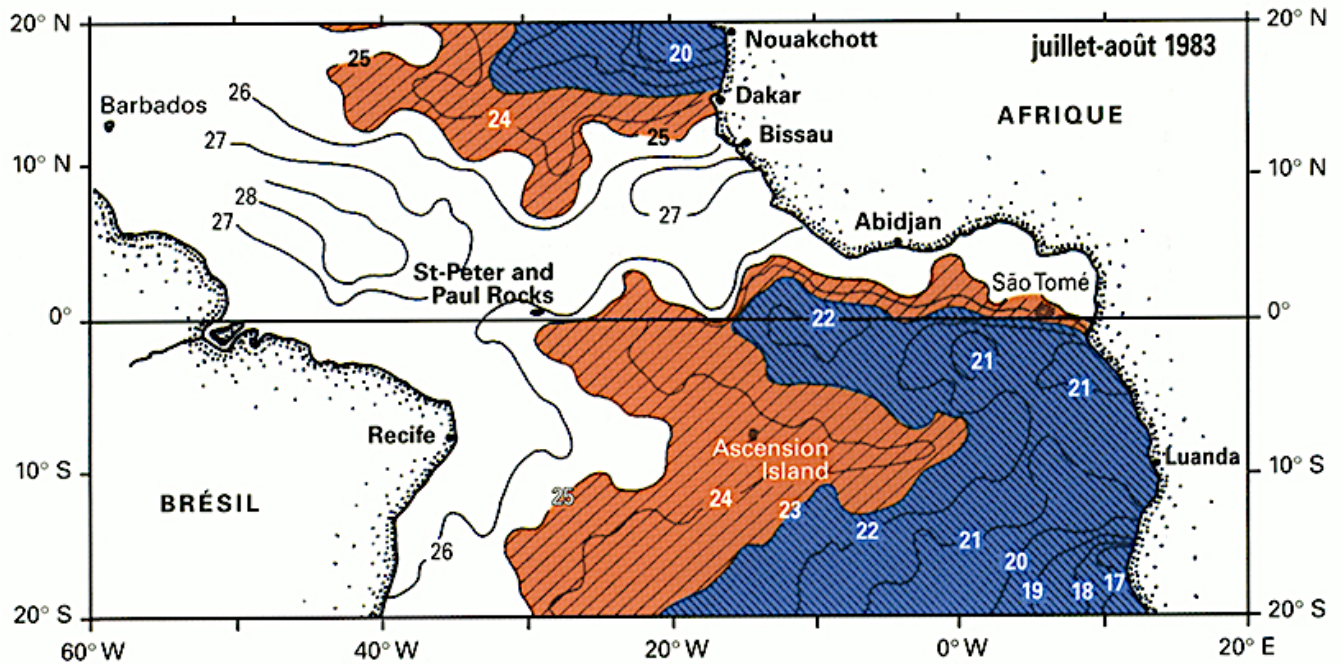


Figure 2 – Températures de surface de l'océan Atlantique intertropical en juillet-août 1983. Plusieurs îles sont signalées (Barbades, St Peter and Paul Rocks, Ascension et São Tomé)
(Source : Océan & climat, Merle, 2006, d'après Philander (1986).

Question 3 – La carte de la figure 2 permet-elle de valider l'une ou l'autre des hypothèses proposées ?

Des mesures de hauteur dynamique ont été effectuées en continu entre 1983 et 1984. La figure 3 indique les relevés lors de deux périodes particulières et la moyenne des relevés.

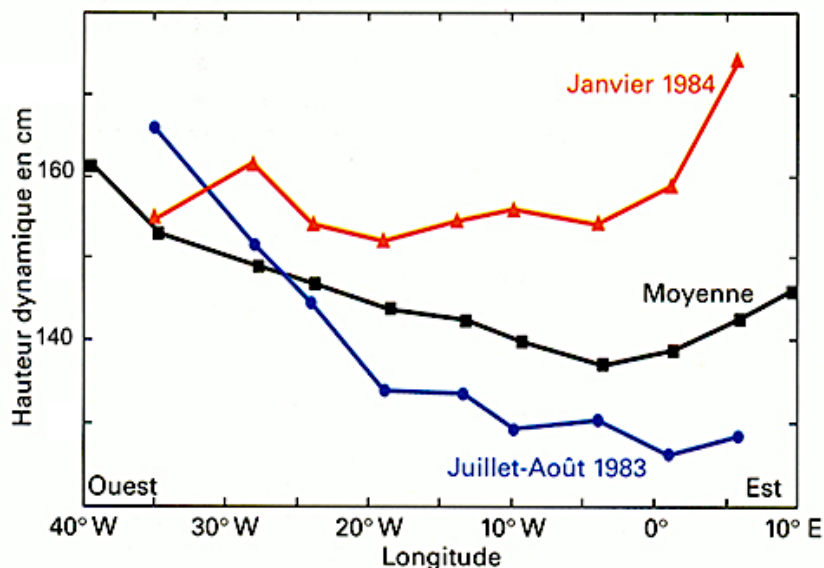


Figure 3 - Hauteur dynamique le long de l'équateur atlantique, en cm, durant les campagnes hydrologiques Focal, en 1983 et 1984. La situation moyenne est indiquée en noir. (Source : Océan & climat, Merle, 2006)

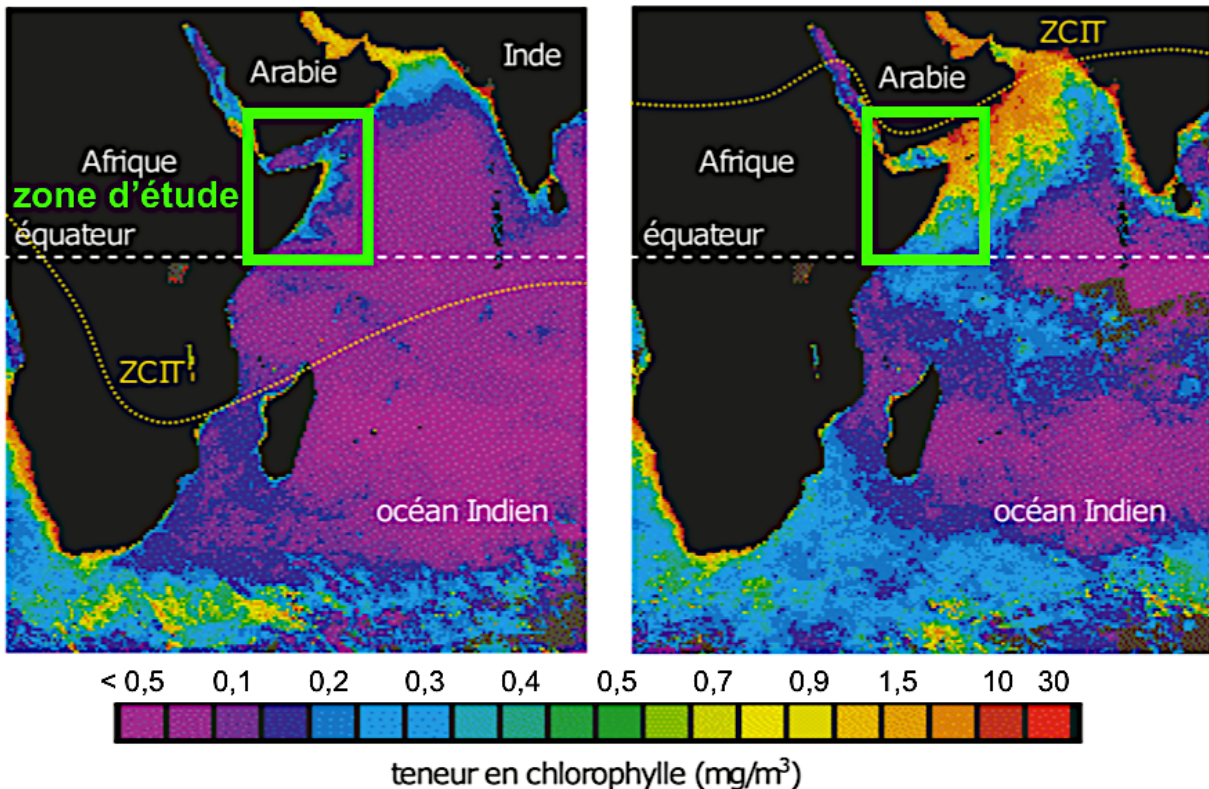
Question 4 – Décrivez le phénomène observé en 1984. À quel phénomène observé dans l'Océan Pacifique peut se rapprocher un tel profil ? Quelle pourrait être l'origine d'un tel phénomène ? Quelles sont les conséquences probables :

- sur la température des eaux de surface de l'océan Atlantique ?
- sur le climat de la côte africaine ?

Exercice 6 – La mousson et ses effets

durée conseillée : 30 min

La côte somalienne est sujette à de fortes variations saisonnières. La concentration en chlorophylle est mesurée par satellite et comparée entre l'hiver boréal (décembre à mars) et l'été boréal (juin à septembre).



NASA/GSFC

Figure 1 - Concentration de chlorophylle dans les eaux de surface, exprimée en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, dans l'océan indien, pendant l'hiver boréal (gauche) et l'été boréal (droite). ZCIT : zone de convergence intertropicale.

Question 1 – Que permet de suivre l'analyse de la teneur en chlorophylle dans les océans ?

Question 2 – Analysez et comparez les deux images concernant la zone d'étude encadrée.

Question 3 – En utilisant la figure 2, expliquer pourquoi la zone de convergence intertropicale (ZCIT) se déplace avec les saisons.

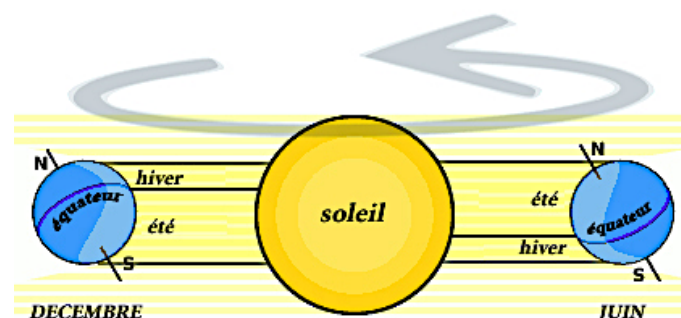


Figure 2 – Schéma de l'inclinaison de la Terre en hiver et en été.

Question 4 – Sur les cartes jointes en annexe, placez les alizées dans l'Océan Indien lors de l'hiver et l'été.

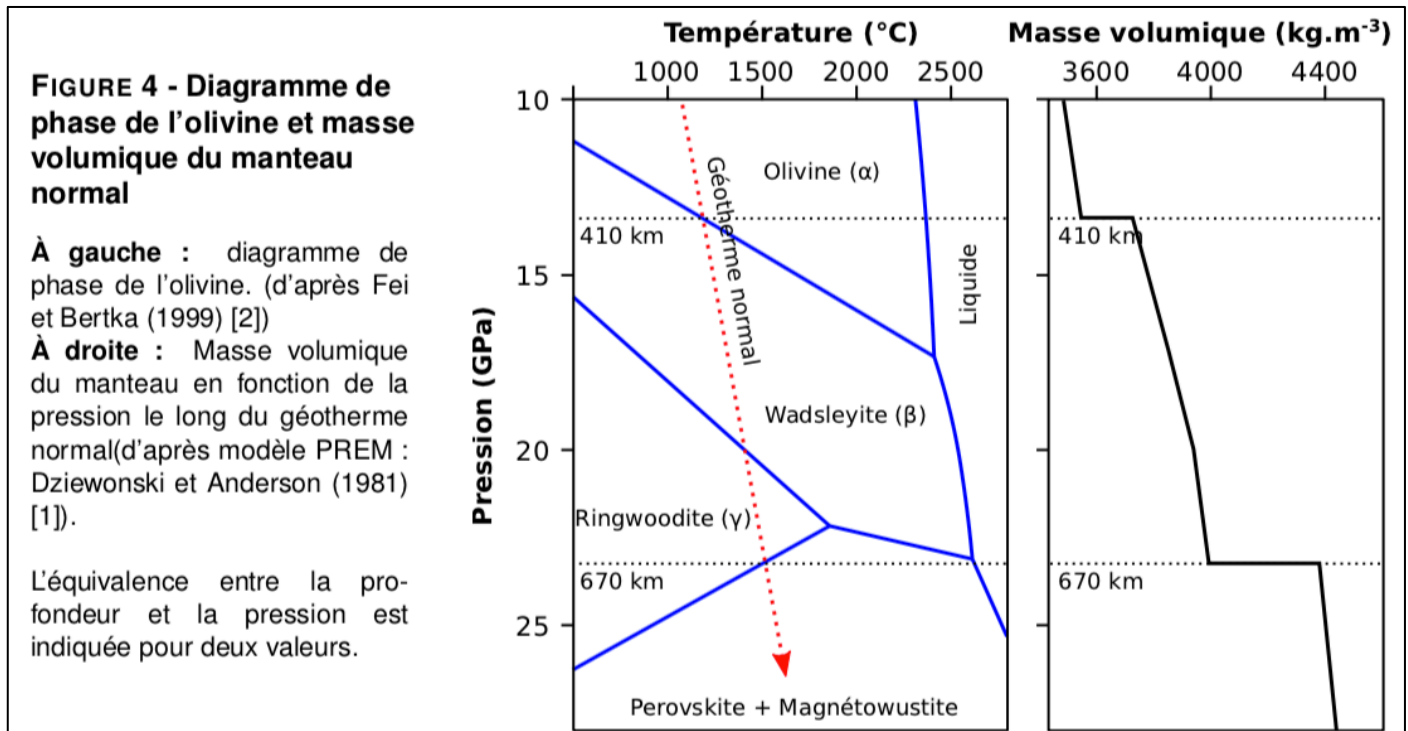
Question 5 – Déterminer, à l'aide d'arguments clairs et rigoureux, la direction des courants océaniques sur la côte somalienne et expliquer les variations de l'abondance du plancton au cours des saisons. Des schémas seront proposés pour chaque saison.

NOM :

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1 – Le Japon et son contexte géologique

Question 5



Exercice 6 – La mousson et ses effets

Question 4

