

## **IV. L'apport des anomalies magnétiques des fonds océaniques**

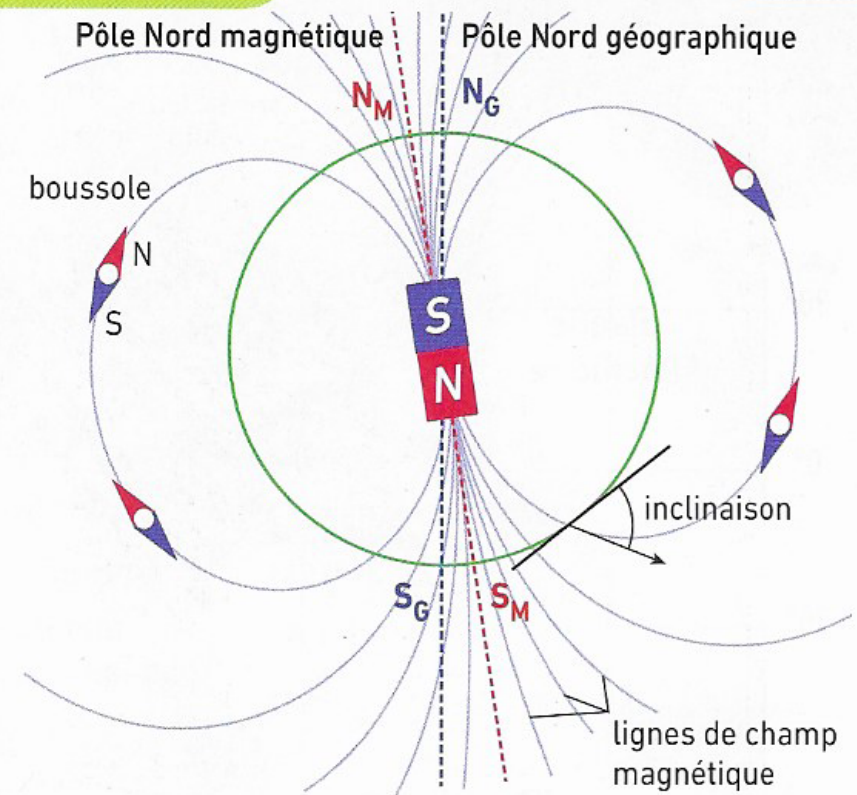
Le **champ magnétique terrestre\*** est la conséquence d'écoulements de matière ionisée dans le noyau terrestre. Il est assimilable au champ magnétique qui serait créé par un aimant placé au centre de la Terre.

Ce champ est représenté en tout point par un vecteur qui a pour direction et sens ceux de l'axe sud-nord de l'aiguille aimantée d'une boussole.

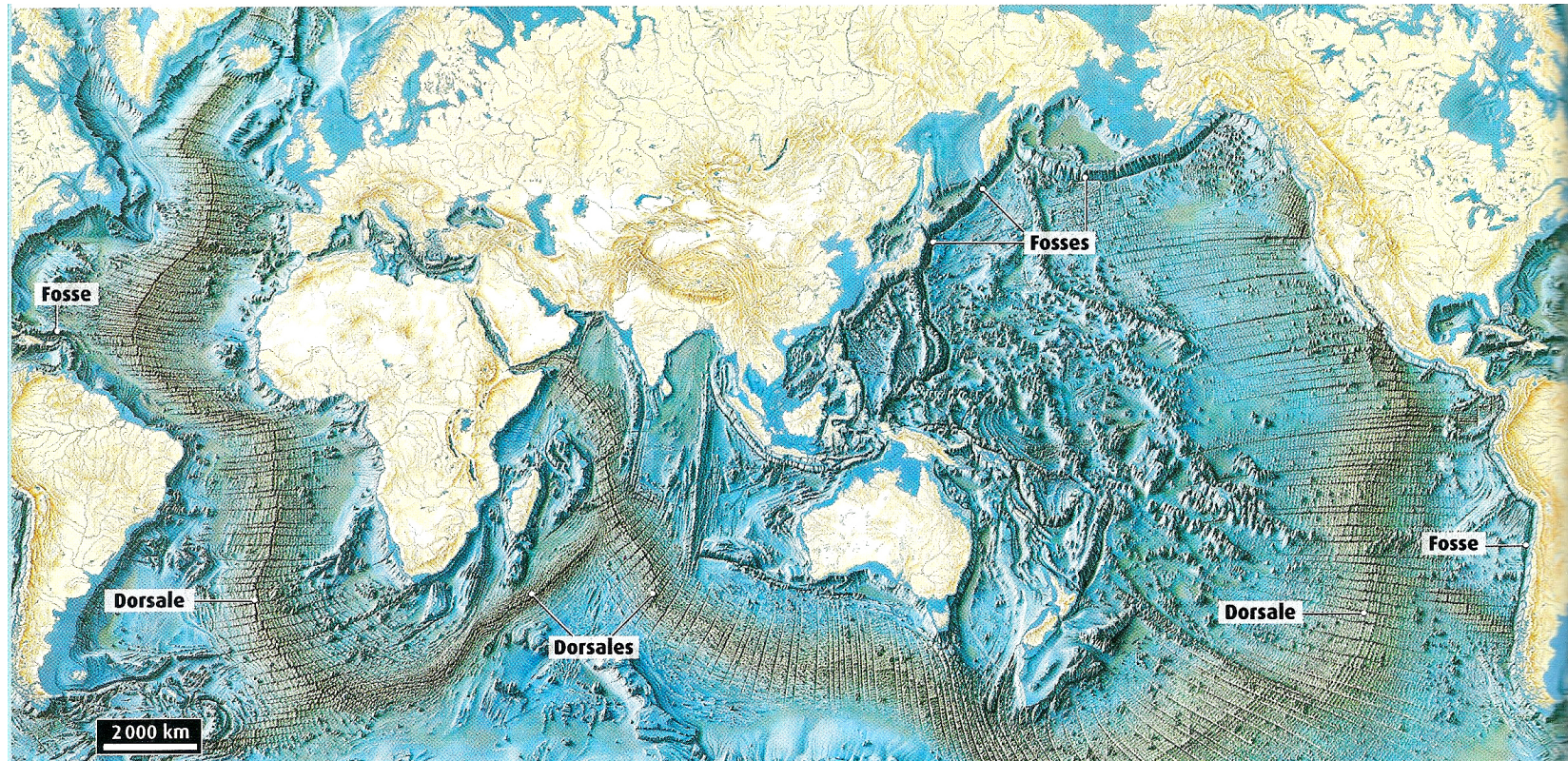
Ce vecteur est défini par trois paramètres :

- l'intensité, exprimée en tesla (T) ou en nanotesla ;
- l'inclinaison, angle de ce vecteur avec l'horizontale du lieu ;
- la déclinaison, angle de la composante horizontale du vecteur avec la direction du Nord géographique.

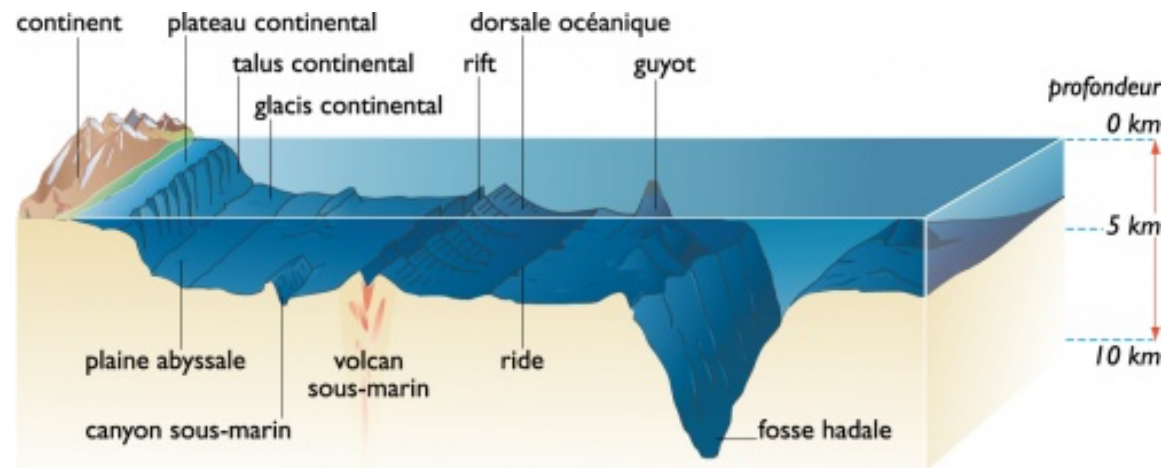
**Remarque :** Le pôle Nord magnétique terrestre ( $N_M$ ), nommé ainsi parce qu'il est proche du pôle Nord géographique ( $N_G$ ), est en réalité un pôle de magnétisme « sud » qui attire le pôle Nord de l'aimant.



**A** Le champ magnétique terrestre.



**1 La topographie des fonds océaniques.** Les dorsales sont de longs reliefs sous-marins. Elles ont été mises en évidence dès la fin du <sup>xix</sup><sup>e</sup> siècle. Les campagnes océanographiques des années 1950 ont permis d'en dresser une cartographie complète et de prélever, à leur niveau, des échantillons de basaltes et de gabbros récemment mis en place. Ces campagnes ont également révélé l'existence de profondes fosses océaniques.





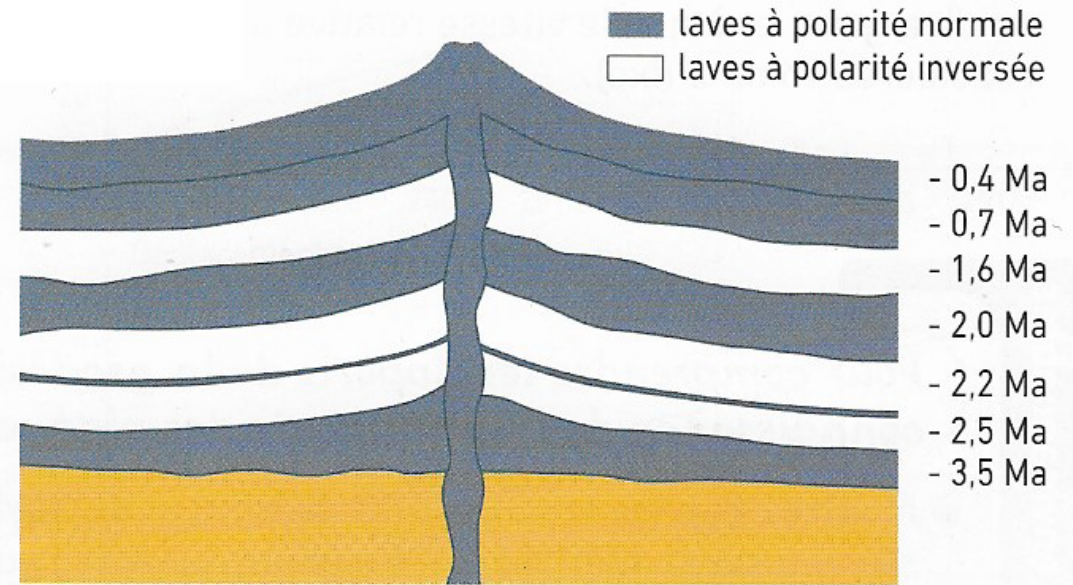
**B** Position de l'aiguille d'une boussole selon sa distance à un basalte.

Les roches volcaniques telles que les basaltes, sont formées par refroidissement d'un magma. Avant la solidification due au refroidissement, certains de leurs minéraux comme la magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) s'aimantent selon les caractéristiques du champ terrestre du moment. Cette aimantation est conservée définitivement après solidification de la roche. Ainsi, les basaltes gardent « en mémoire » les caractères du magnétisme terrestre du lieu et de l'époque de leur formation.

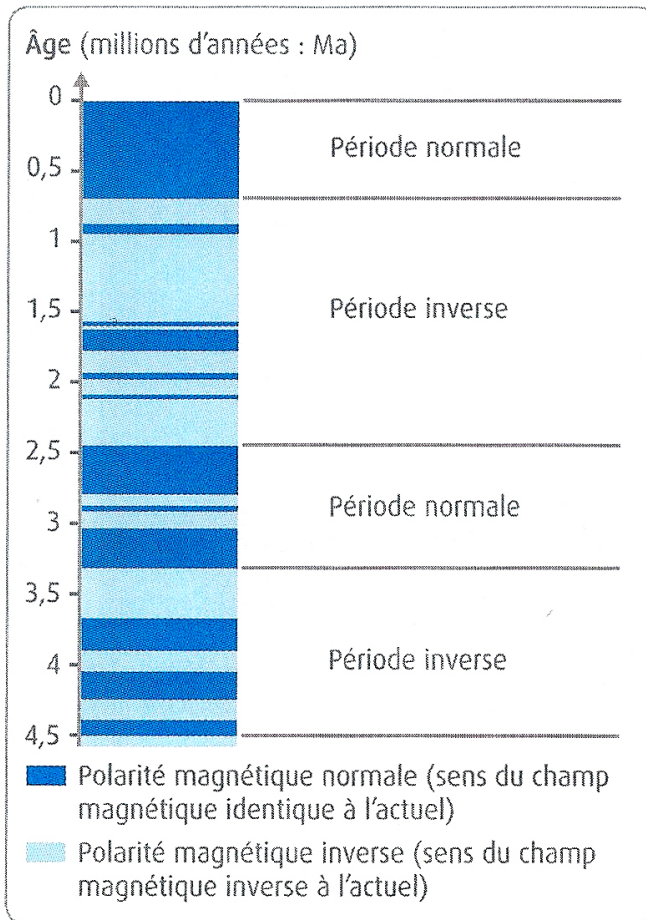


**2** Les propriétés magnétiques d'un basalte. On compare l'orientation d'une boussole, suivant qu'elle est ou non placée à côté d'un basalte.

Au début du  $xx^e$  siècle, en mesurant le champ magnétique « fossilisé » dans des coulées de laves superposées, Bernard Brunhes a montré que le champ magnétique terrestre avait subi des inversions au cours des temps géologiques : aujourd'hui le pôle Nord magnétique est proche du pôle Nord géographique (polarité dite « normale ») ; à d'autres périodes en revanche, il était proche du pôle Sud géographique (polarité dite « inverse »). Chaque inversion du champ magnétique a pu être datée avec précision par radiochronologie\*.



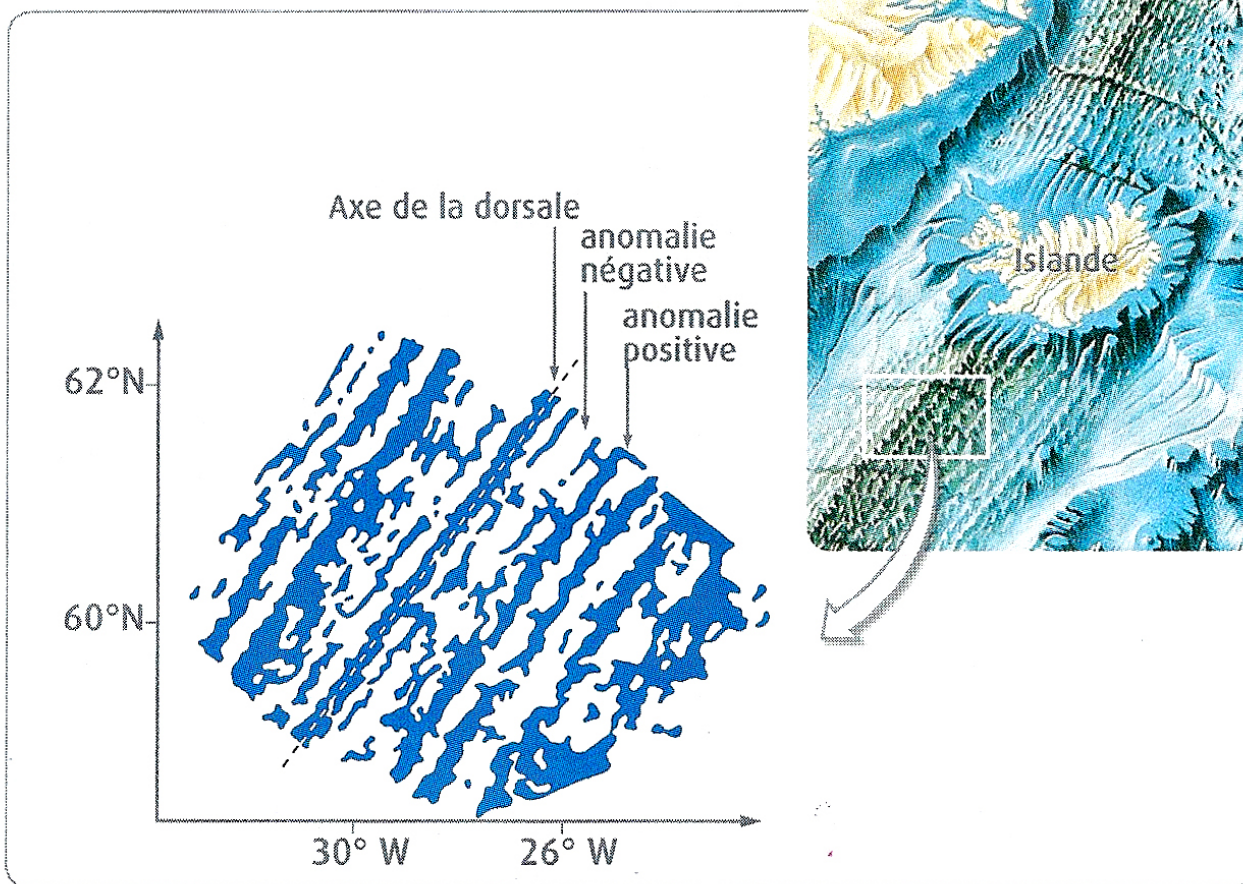
**C** Les inversions du champ magnétique terrestre (Ma : millions d'années).



### 3 Échelle des inversions du champ magnétique terrestre depuis 4,5 Ma.

En regroupant les données obtenues sur de nombreux échantillons de laves, les géologues ont pu dresser une chronologie précise des inversions du champ magnétique terrestre.

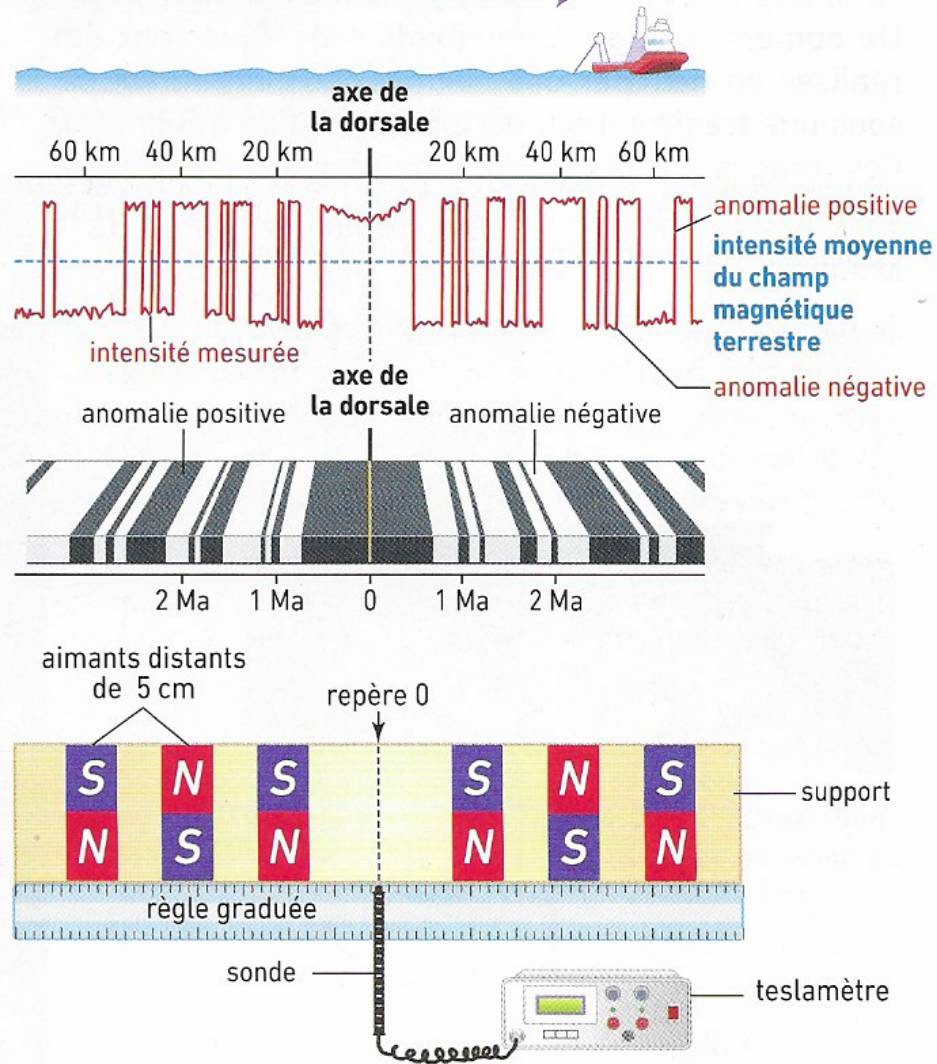




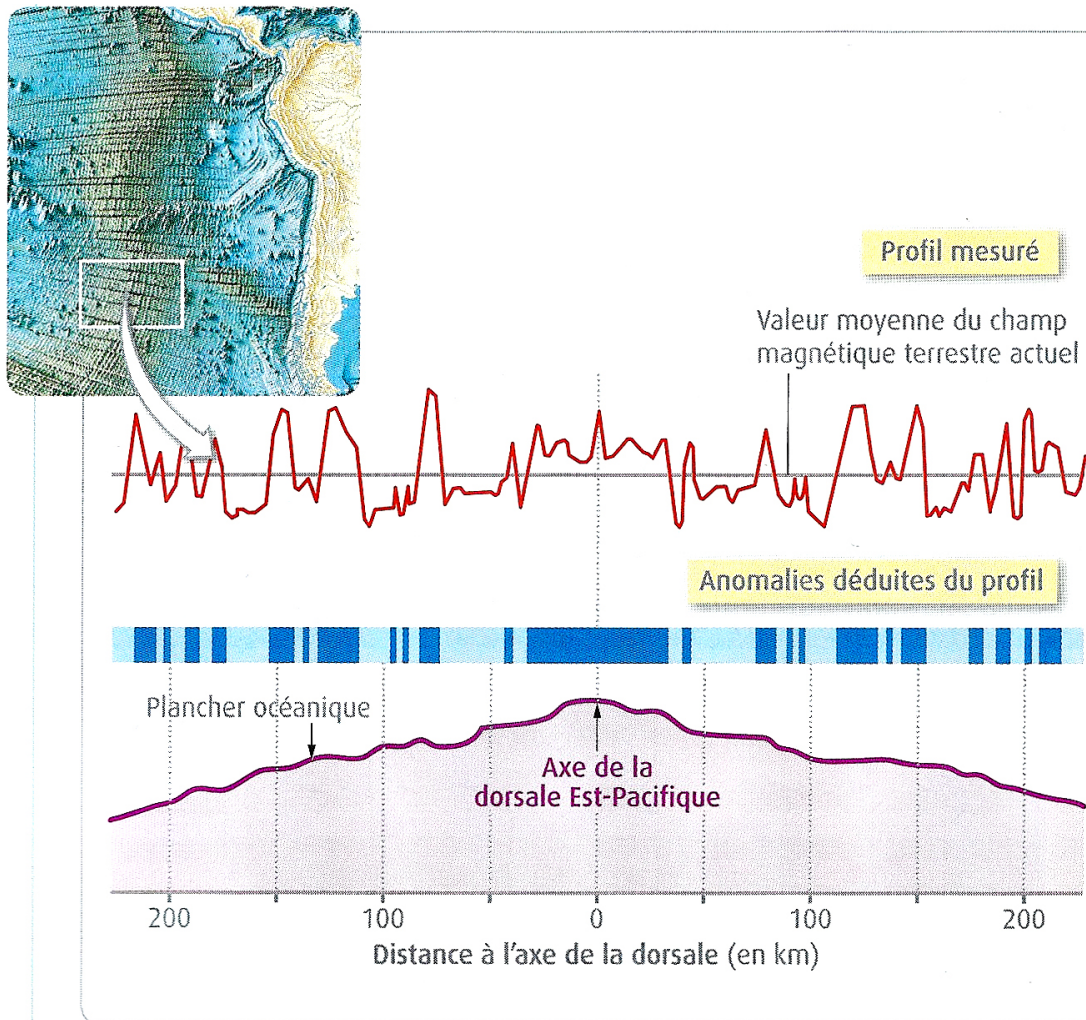
**1 Carte des anomalies magnétiques au sud-ouest de l'Islande (océan Atlantique).** Les campagnes océanographiques des années 1950 ont permis de mesurer l'intensité du champ magnétique en milieu océanique. On a alors découvert l'existence d'anomalies magnétiques : l'intensité mesurée était soit supérieure (anomalie positive), soit inférieure (anomalie négative) à l'intensité moyenne du champ magnétique actuel. Ces anomalies ont été reportées sur des cartes. Pour tous les océans sans exception, on a obtenu des profils « en peau de zèbre » (voir ci-contre) qui sont restés incompris jusqu'en 1963.

Dans une zone océanique où des basaltes ont été émis pendant une période géologique au cours de laquelle le champ magnétique était de même sens que le champ magnétique actuel, le champ magnétique créé par les minéraux des basaltes s'ajoute au champ magnétique actuel. Un magnétomètre, traîné par un bateau, détecte alors une anomalie magnétique positive. Quand les basaltes ont été émis alors que le sens du champ magnétique terrestre était inversé par rapport au sens actuel, le champ magnétique créé par ces basaltes se retranche au champ magnétique actuel. On enregistre alors une anomalie magnétique négative. Ces anomalies sont disposées en bandes parallèles

Trajet du bateau remorquant le magnétomètre



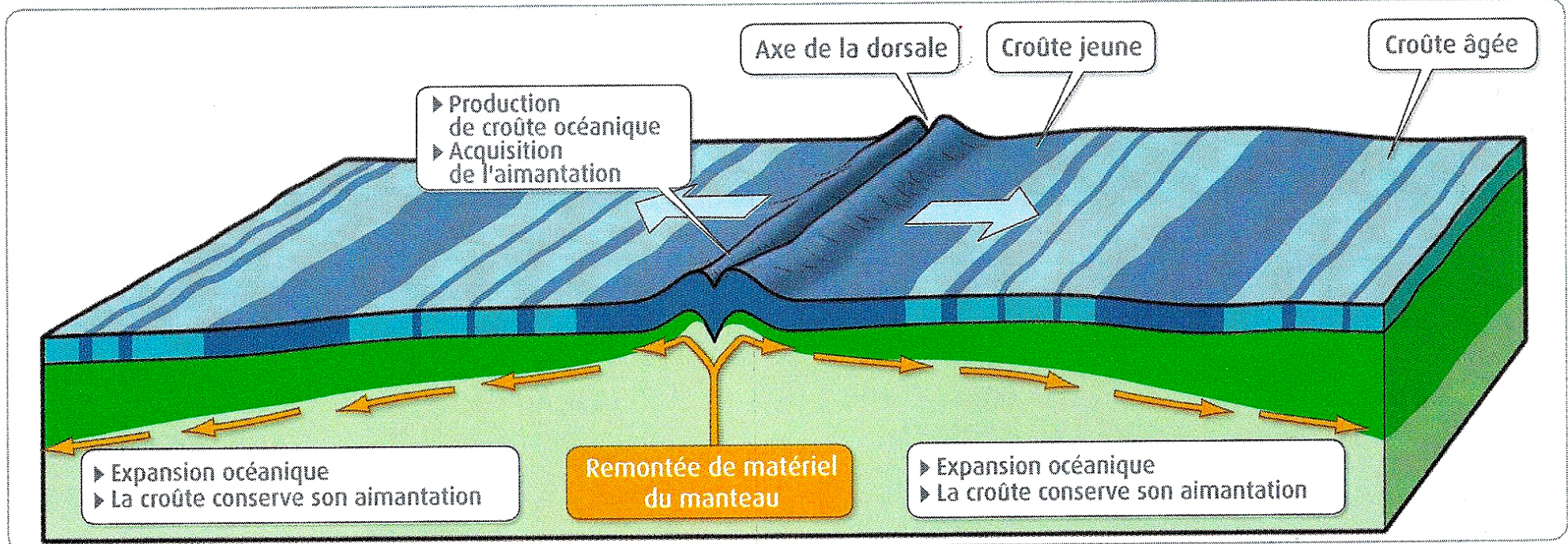
**B** Une modélisation des anomalies magnétiques.



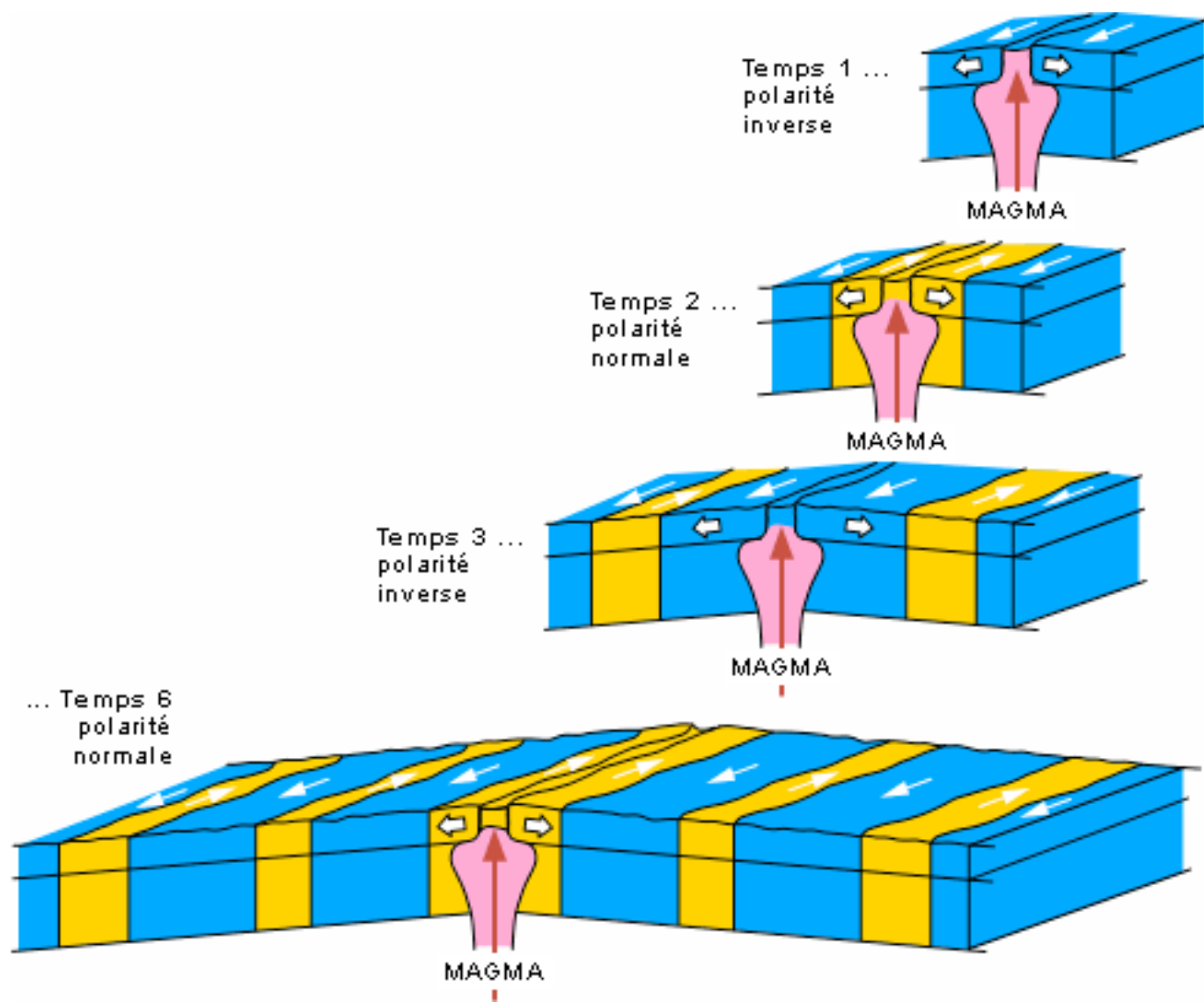
**2** Profil magnétique mesuré et représentation des anomalies magnétiques correspondantes en fonction de la distance à la dorsale Est-pacifique. En bleu foncé : anomalies positives ; en bleu clair : anomalies négatives.

En 1963, F. Vine, D. Matthews et L. Morley proposent une explication aux mystérieux profils magnétiques océaniques en peau de zèbre. Pour eux, chaque bande d'anomalie magnétique est due à l'aimantation acquise par les basaltes océaniques au moment de leur mise en

place au niveau de la dorsale soit lors d'une période normale, soit lors d'une période inverse. Les basaltes s'écartent ensuite de la dorsale à l'origine d'une expansion océanique. Durant cette expansion, ils conservent cette aimantation.



**5** L'interprétation des anomalies magnétiques par F. Vine, D. Matthews et L. Morley (1963).



### INFO pour aller plus loin...

23 novembre 2012 - Communiqué de presse du CNRS.

<http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/2885.htm>

« Le champ magnétique terrestre forme un efficace bouclier déviant les particules chargées d'origine cosmique qui se dirigent vers nous. Loin d'être constant, celui-ci a connu de nombreuses inversions, le Nord magnétique se retrouvant au pôle Sud géographique. Ces inversions sont toujours accompagnées d'une **annulation du champ magnétique**. La dernière est survenue il y a **780 000 ans**. Le champ magnétique peut aussi connaître des excursions, des périodes où il s'effondre comme s'il allait s'inverser, avant de retrouver sa polarité normale. Le dernier de ces événements, appelé excursion de Laschamp, date d'il y a **41 000 ans**. »

« Des traces de cet événement ont été retrouvées dans des carottes de sédiments océaniques par une équipe du Centre de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement. **Dans ces carottes, les chercheurs ont mesuré des variations dans la concentration de Béryllium 10, un isotope radioactif produit exclusivement par l'action des particules cosmiques sur les atomes d'oxygène ou d'azote de l'atmosphère.** »

« Classiquement, l'étude de l'histoire du champ magnétique se fait grâce à la présence dans les laves volcaniques, les sédiments ou les poteries antiques de certains oxydes de fer, notamment la magnétite, qui indiquent la direction et l'intensité du champ magnétique existant au moment où ces matériaux se sont figés. Parfois, cette approche, dite paléomagnétique, n'est pas suffisante pour quantifier précisément les variations globales du champ. » « Ces travaux, publiés dans le *Journal of Geophysical Research*, sont un pas important vers la mise au point d'une nouvelle méthode pour étudier l'histoire du champ magnétique terrestre, qui permettra de mieux comprendre sa baisse d'intensité en cours depuis trois millénaires. » « (...) On sait que depuis 3000 ans le champ magnétique a perdu 30% de sa force. Cette évolution laisse penser que la Terre pourrait connaître dans les siècles à venir, une excursion semblable à celle survenue il y a 41 000 ans. Les rayons cosmiques de haute énergie pouvant provoquer des mutations et lésions cellulaires, cet événement ne serait pas sans conséquences sur la biodiversité, et notamment sur l'espèce humaine. Voilà pourquoi les chercheurs veulent connaître précisément les rythmes des séquences d'inversions et excursions du champ magnétique afin de retrouver d'éventuelles régularités dans son comportement, et mieux comprendre ainsi l'origine de ces phénomènes dont le siège est le noyau terrestre. »

## **V. L'apport des forages océaniques**

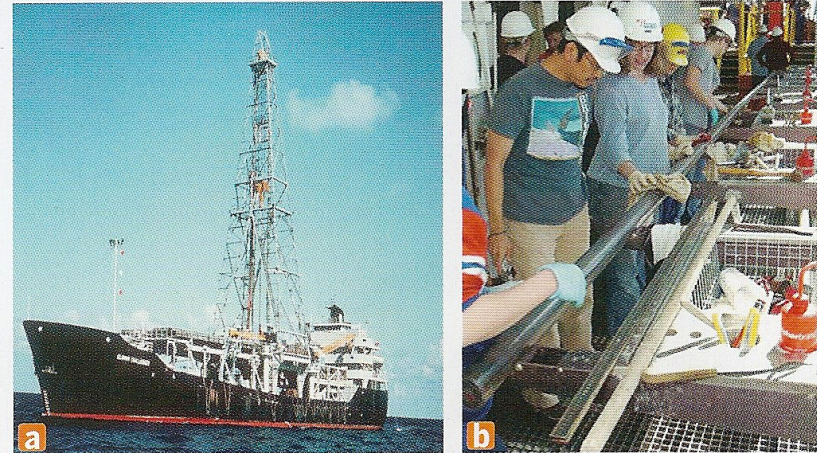


## La confirmation de l'ouverture océanique par l'étude de forages océaniques

- **Des campagnes de forages des fonds océaniques**

De 1968 à 1975, 270 forages répartis dans tous les océans ont été réalisés par le navire « Glomar Challenger » (J.O.I.D.E.S Deep Sea Drilling Project). L'objectif de ces forages en mer profonde est de fournir des données concernant le plancher océanique.

Ce plancher est ainsi « carotté » sur une épaisseur qui peut dépasser 1700 mètres, sous une tranche d'eau parfois supérieure à 3 km. Les carottes obtenues permettent d'étudier les sédiments (**pétrographie, stratigraphie**) et de définir l'âge du substrat basaltique.

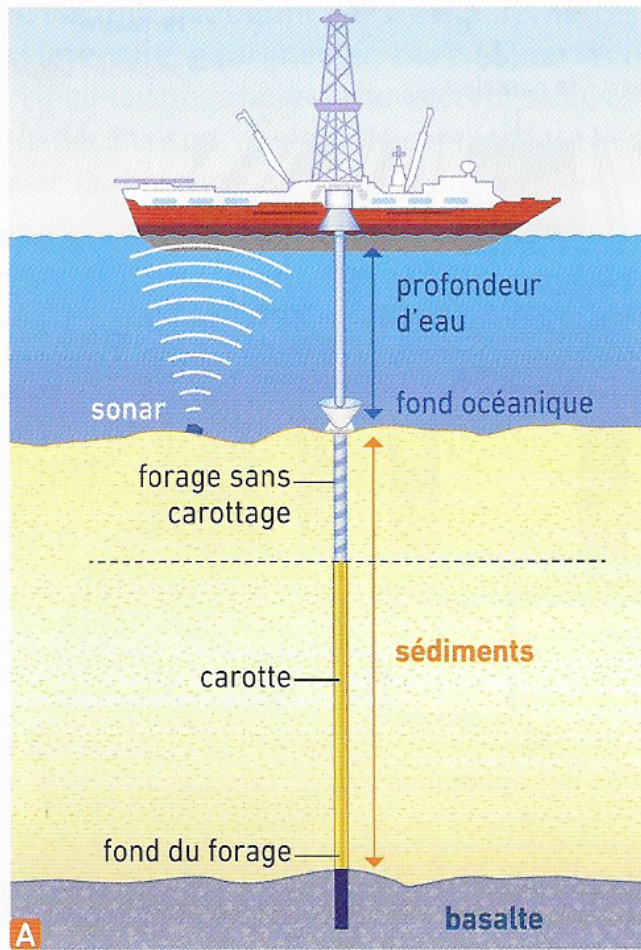


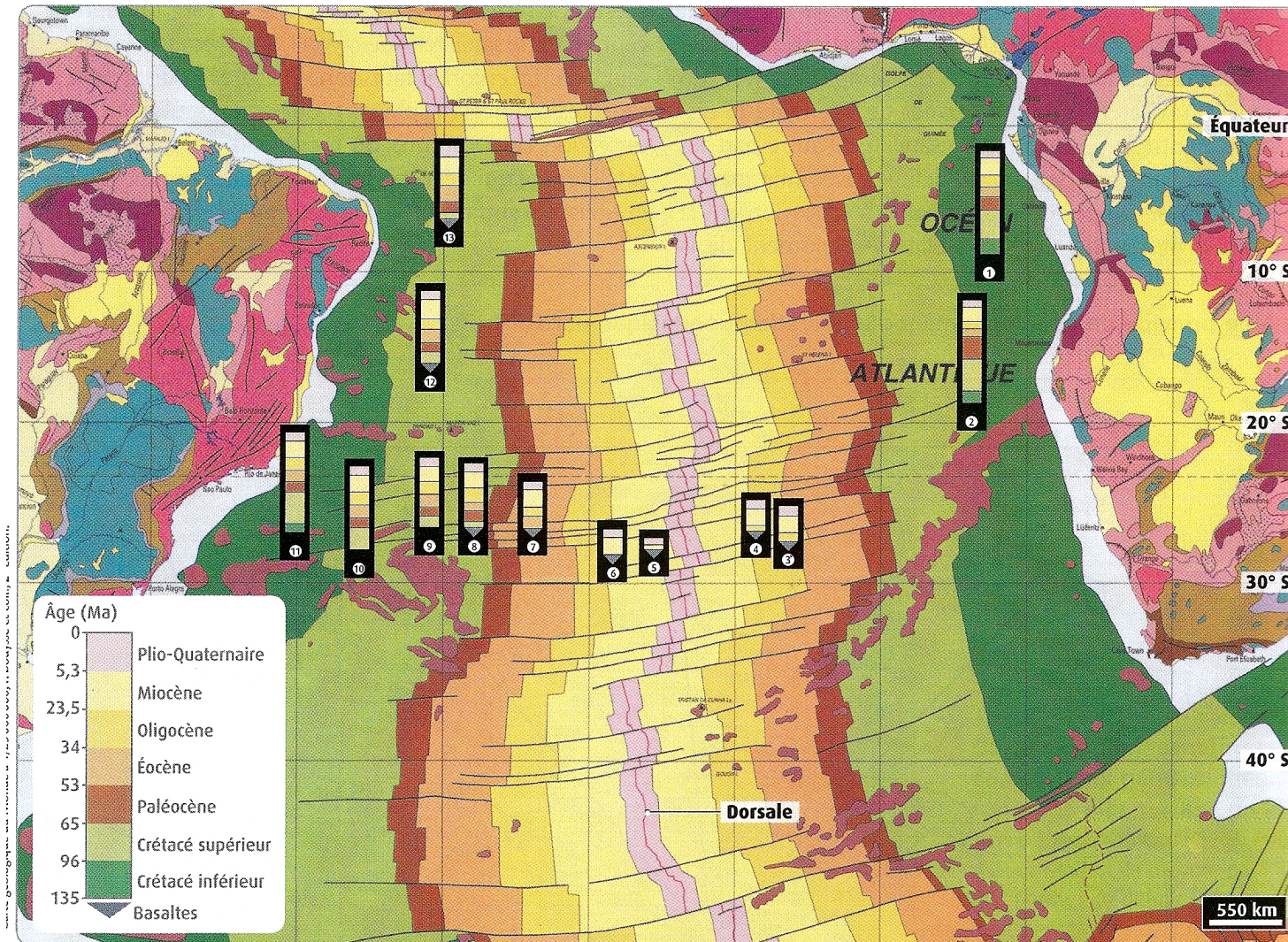
Le navire Glomar Challenger (a) a prélevé des milliers de carottes de sédiments provenant du fond de l'océan. Les scientifiques à bord du navire (b) nettoient et préparent une carotte de 9,5 mètres de long fraîchement retirée du fond océanique. Les carottes sont ensuite découpées en segments plus courts et divisées en deux dans le sens de la longueur (c) : une moitié est utilisée pour analyse, l'autre est conservée pour archive.

## Les forages océaniques

De nombreux forages des fonds océaniques ont été réalisés en mer par des navires océanographiques, sous une tranche d'eau parfois supérieure à 3 km (A). Ces forages ont permis de remonter des carottes de sédiments\* déposés sur le fond océanique sur une épaisseur qui peut dépasser 1 700 mètres.

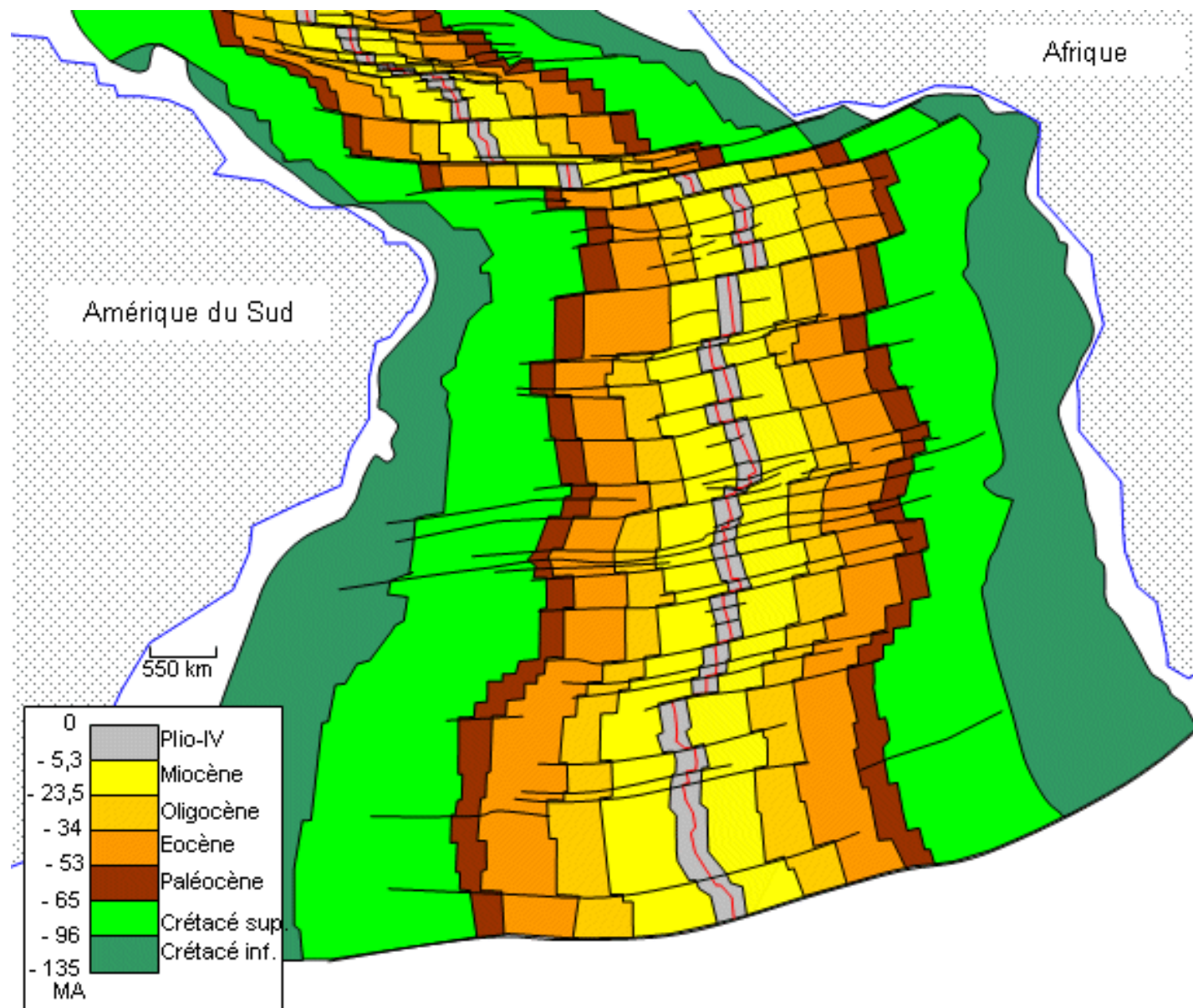
Remontées à bord du navire, les carottes sont étudiées (B). On peut, par exemple, déterminer l'épaisseur et l'âge des sédiments (C). La sédimentation étant un phénomène continu, on peut considérer que les basaltes de la croûte océanique sont du même âge que les sédiments situés à leur contact direct.





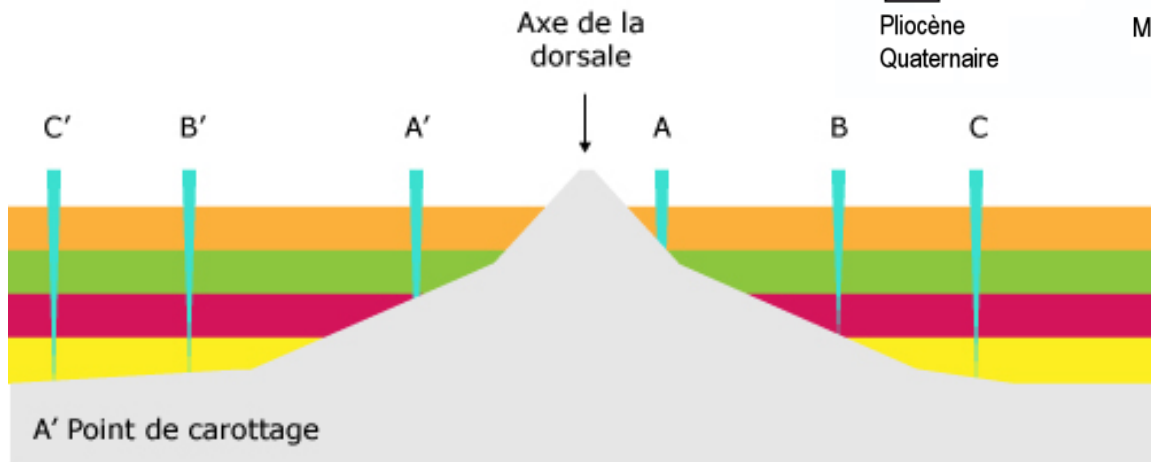
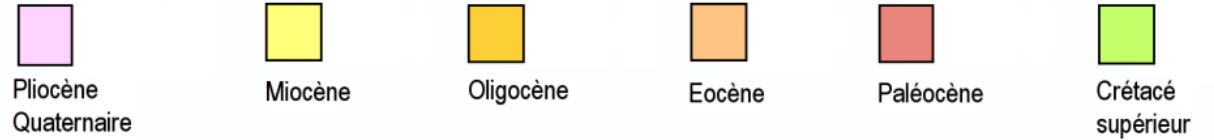
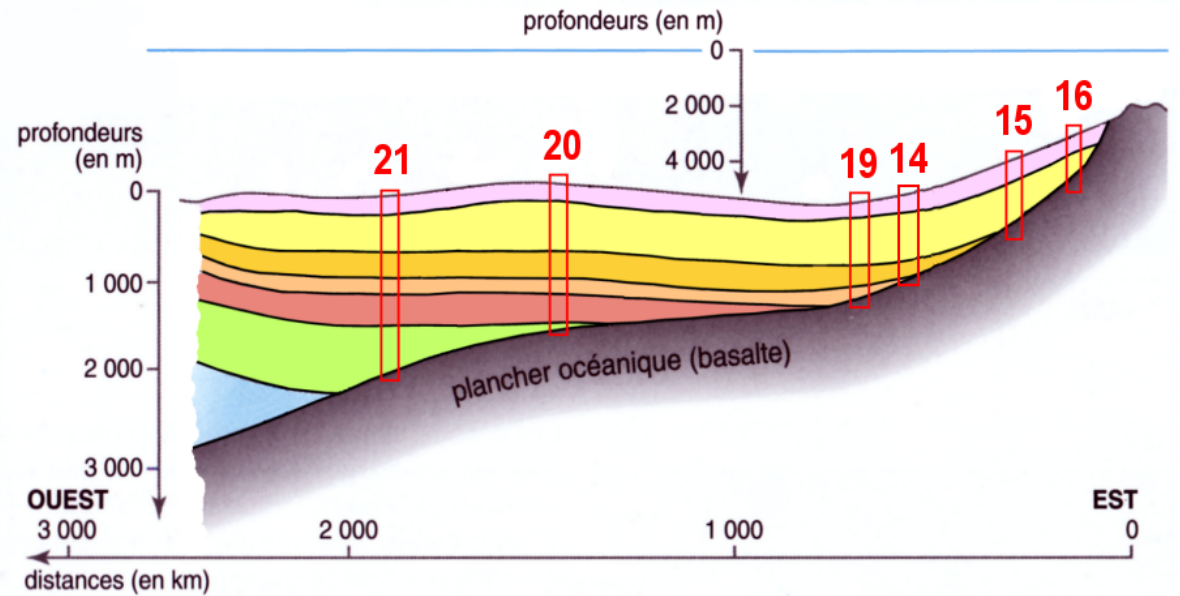
**4** Les sédiments des fonds marins de l'Atlantique Sud. L'âge des sédiments en contact avec les basaltes de la croûte océanique est représenté. Les carottes sédimentaires correspondent aux endroits où les forages ont été effectués. La corrélation entre l'âge des basaltes déduit des anomalies magnétiques (voir p. 100-101) et l'âge des sédiments à leur contact est excellente.

Age des fonds océaniques : sédiments profonds en contact avec les basaltes de la croûte océanique



Carte de l'âge des  
fonds océanique  
dans l'océan  
Atlantique Sud

Schémas interprétatifs de la carte de l'âge des fonds océanique dans l'océan Atlantique Sud

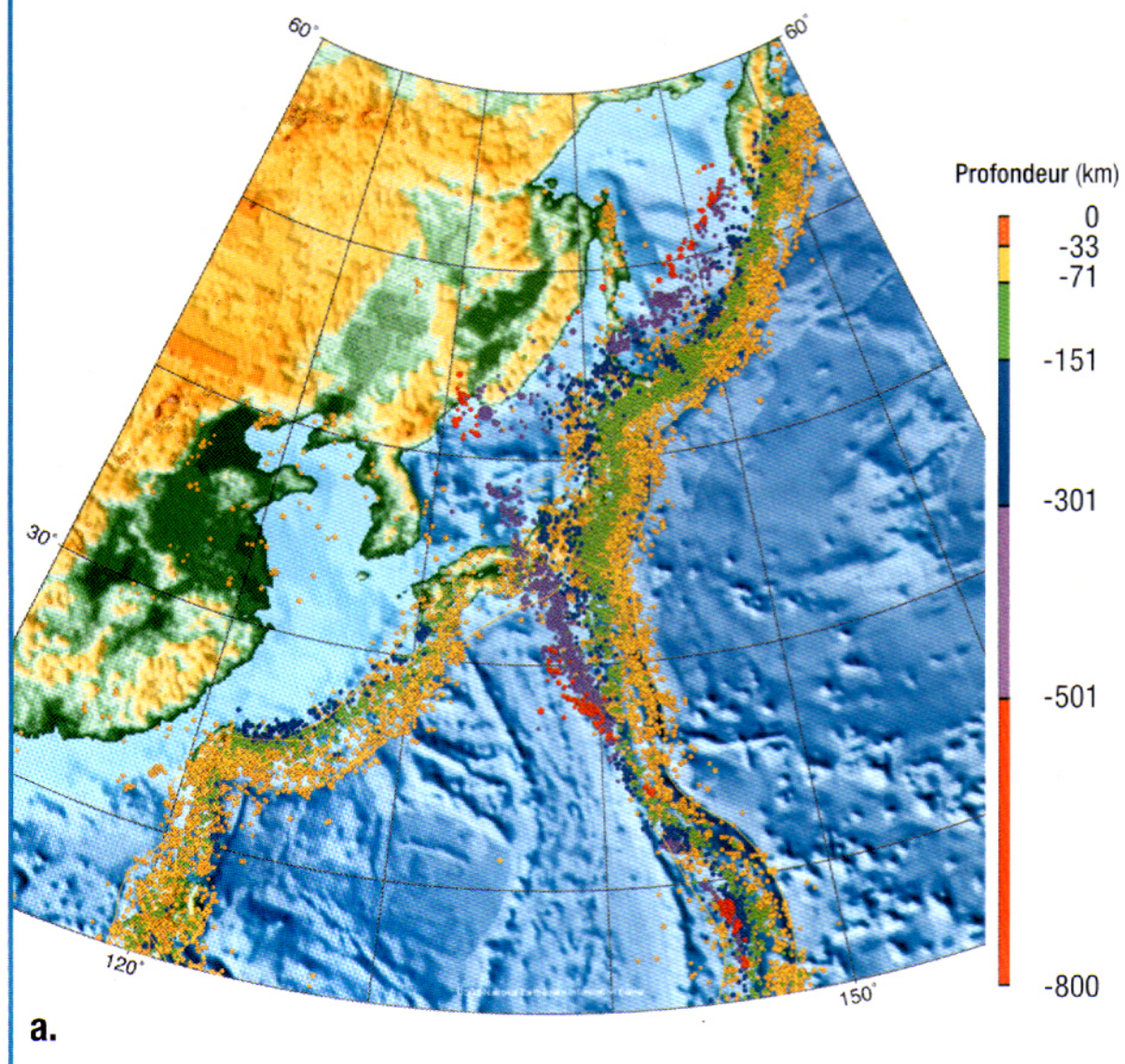


● ● ● Séries sédimentaires

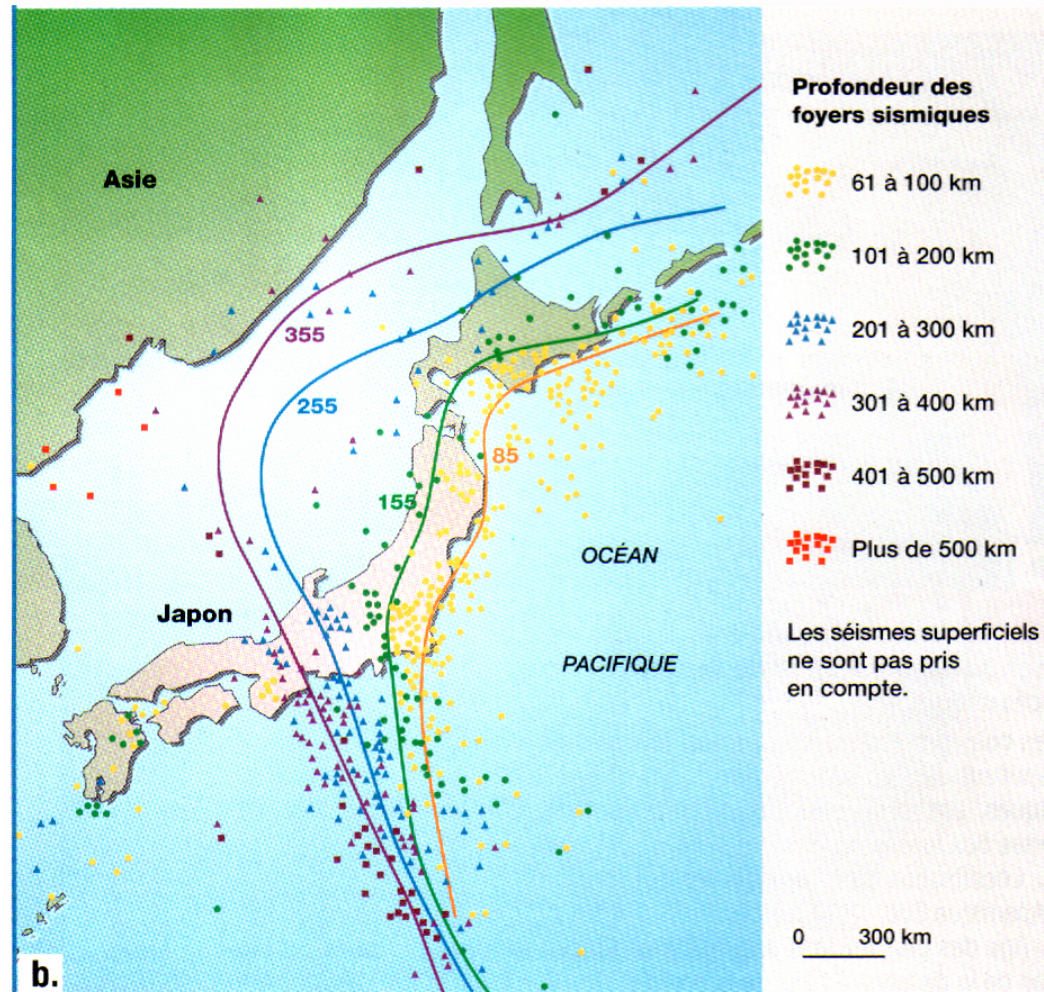
## VI. L'apport des marqueurs sismiques

Répartition des foyers sismiques  
sous les fosses océaniques

Exemple du Japon



## Profondeur des foyers sismiques sous le Japon



**8**

### Activité sismique sous le Japon.

a. Localisation et profondeur des foyers sismiques sous l'archipel du Japon.

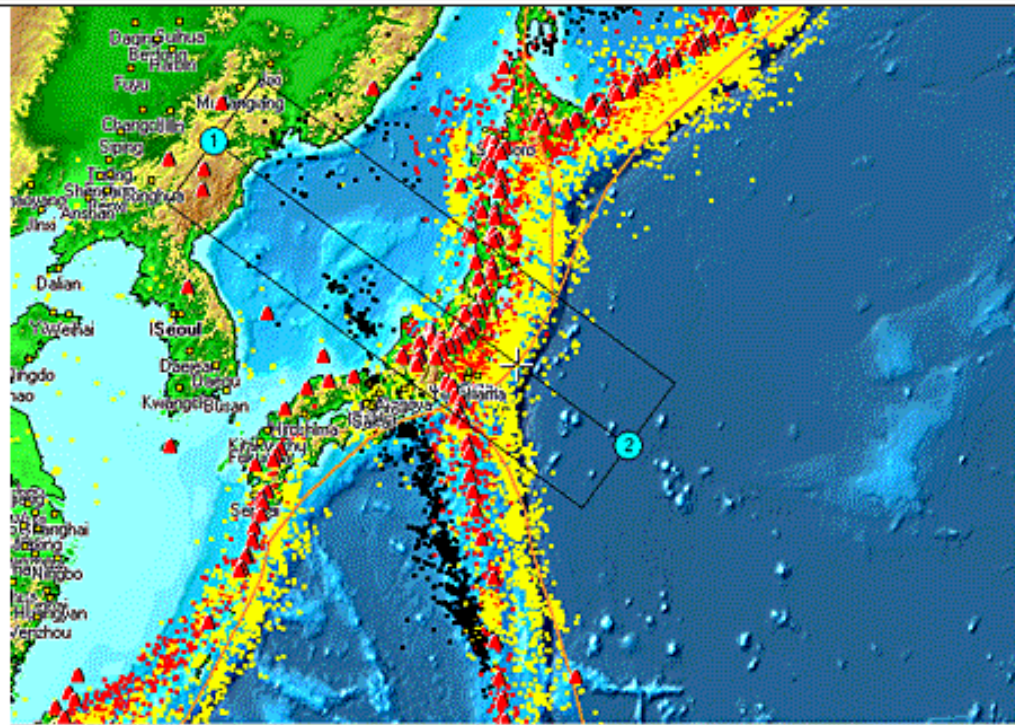
b. Schématisation. Les signes (triangles, cercles...) représentent les épicentres et les courbes indiquent la profondeur des foyers.



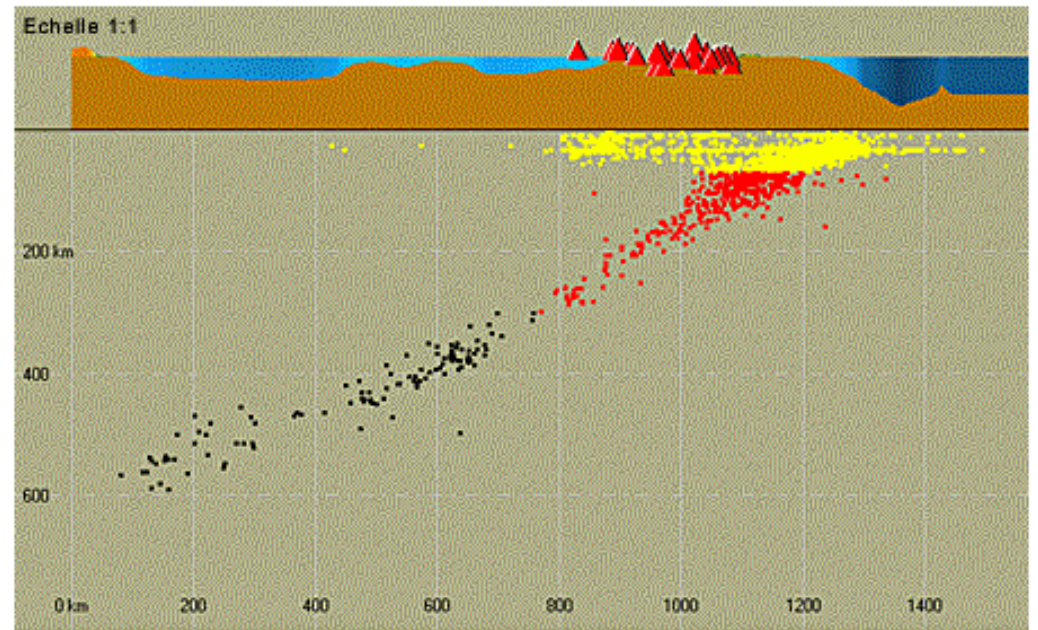
## Coupe réalisée avec le logiciel SISMOLOG au niveau du Japon

### 4. L'archipel du Japon

Carte de la région



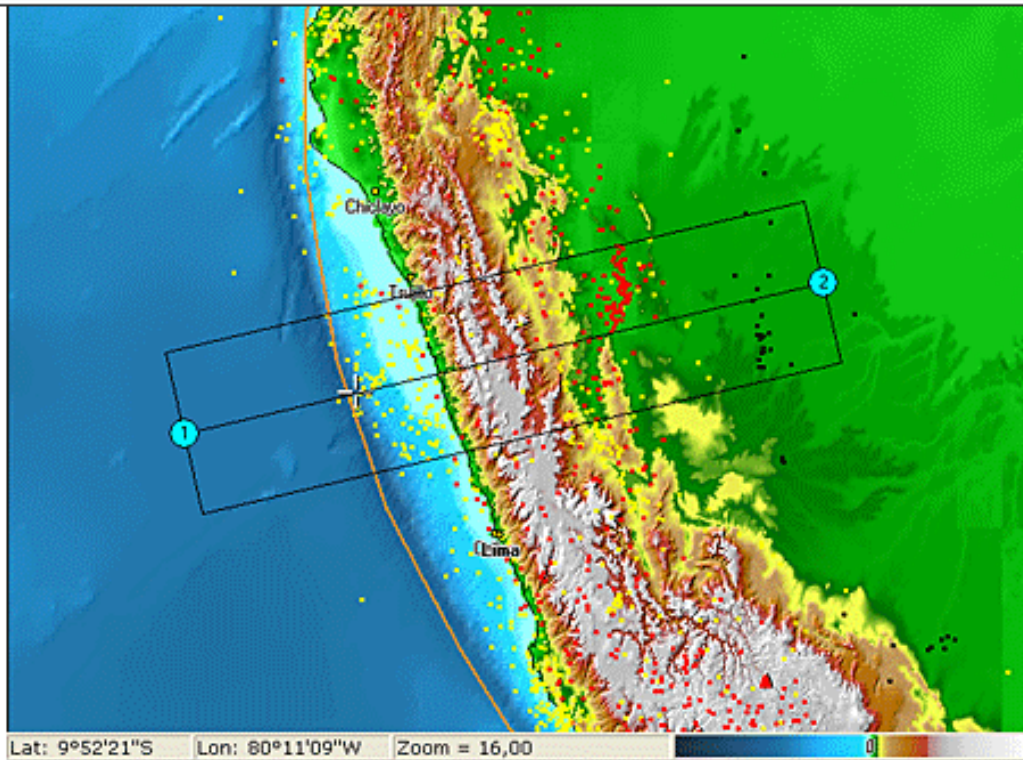
Dessin de la coupe - Plan de Benioff



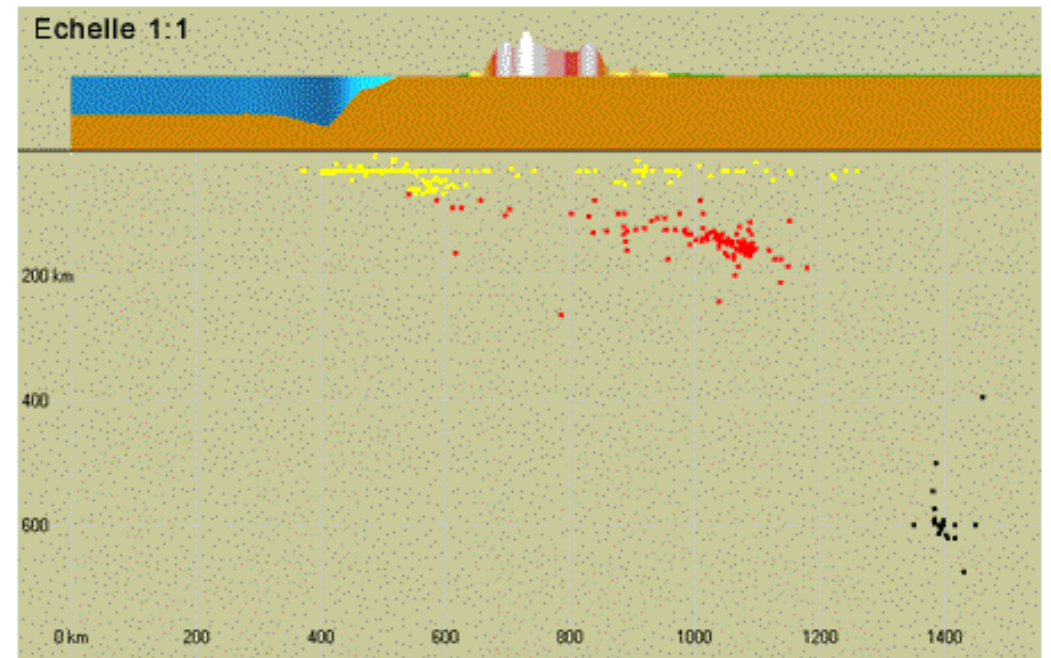
## Coupe réalisée avec le logiciel SISMOLOG au niveau de la fosse du Chili

### 1. La Région Pérou - Chili

Carte de la région



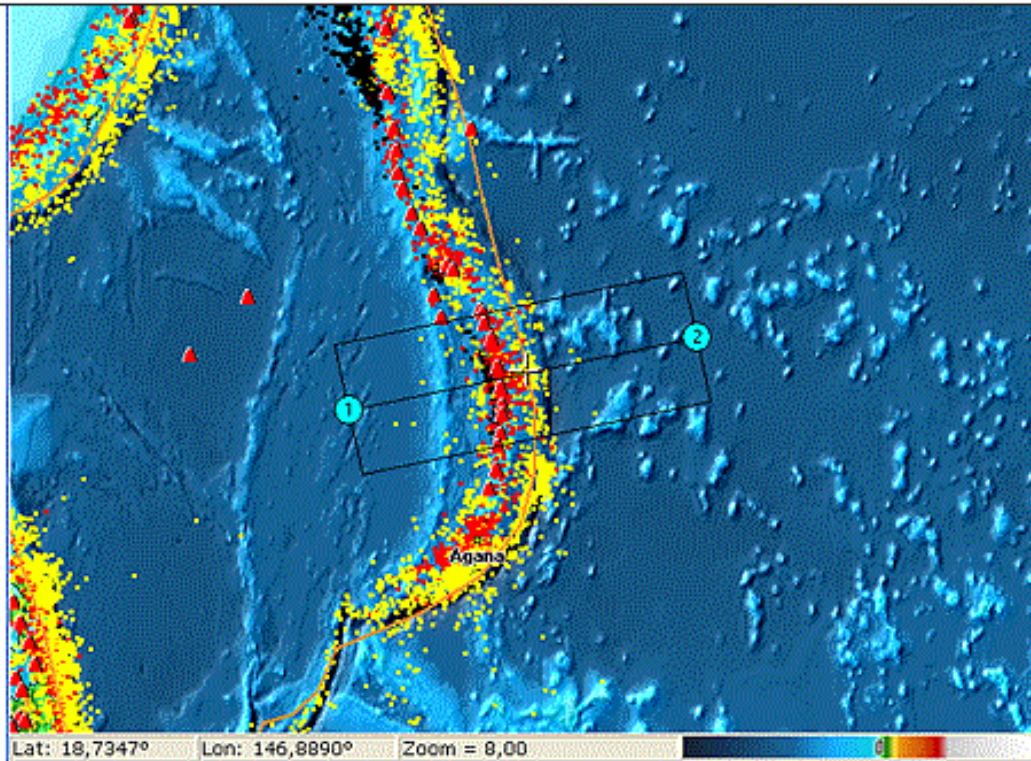
Dessin de la coupe - Plan de Benioff



### Coupe réalisée avec le logiciel SISMOLOG au niveau des Iles Mariannes

#### 3. L'archipel des îles Mariannes

Carte de la région



Dessin de la coupe - Plan de Benioff

