

Les dorsales océaniques

Tristan FERROIR (<http://tristan.ferroir.free.fr>)

Introduction

Les océans couvrent 70% de la surface de la Terre mais l'accès à leur structure est relativement récent. La cartographie détaillée des fonds océaniques dans les années 50 et 60 conduit à deux observations majeures (s'appuyer sur une carte mondiale des fonds sous-marins) :

- Les études bathymétriques montrent l'existence d'un réseau mondial de rides sous marines, qui seront nommées par la suite les rides médio-océaniques (terme mal choisi car il implique qu'elles soient toujours issues de la séparation de deux continents et qu'elles se tiennent à égale distance de ceux-ci ; c'est bien le cas de la dorsale Atlantique, mais plus celui de la dorsale Est-Pacifique).

- L'échantillonnage de ces structures montre qu'elles sont constituées de roches volcaniques jeunes. Suite à cette découverte, Harry Hess de l'université de Princeton est le premier en 1960 à définir le fonctionnement d'une dorsale océanique sur la base de trois idées (il était tellement convaincu par ces principes qu'il les qualifia à l'époque lui-même de géopoésie) :

Les éruptions volcaniques aux rides créent de la nouvelle croûte océanique.

La croûte nouvellement formée « pousse » la croûte ancienne.

Les rides créent les bassins océaniques en déplaçant les continents. L'exploration océanographique a ensuite permis de mettre en évidence l'existence de différents types de dorsales océaniques, dont nous allons voir les principales caractéristiques.

I Mise en évidence des dorsales océaniques et de leurs caractéristiques générales

A Méthodes d'études des dorsales océaniques

- Cartographie et caractérisation des structures : 2 types d'outils

- Outils de cartographie et imagerie acoustique : sondeurs bathymétriques monofaisceau et multifaisceaux, satellite, magnétomètres et sismomètres.
- Outils d'échantillonnage : Dragages, carottages, forages et prélèvements en submersibles

B Caractéristiques des dorsales océaniques

- Physiographie : Utiliser une carte des fonds abyssaux : localiser le système de dorsales océaniques : ligne de relief sous-marin large et extrêmement longue (plus de 65 000 km) située le plus souvent dans l'axe des océans et dominant les plaines abyssales. Elles sont situées, généralement, à plus de 1 000 m de profondeur; parfois leurs sommets émergent (c.f. Islande).
- Thermie : Dorsales associées à des zones de flux de chaleur élevé → Si production de chaleur → volcanisme → production de magma → production de croûte océanique → Dissipation de la chaleur du manteau se fait essentiellement au niveau des dorsales océaniques. Expliquer le principe de la fusion partielle pour les dorsales.
- Sismicité : Utiliser une carte présentant la répartition des séismes → dorsale = zone sismique → séismes superficiels, de faible magnitude, avec un mécanisme au foyer en extension → dorsale = limite de deux plaques divergentes.
- Magnétisme : Utiliser une carte mondiale des anomalies magnétiques des dorsales médio-océaniques → Enregistrement de la production magmatique par les anomalies magnétiques à différents temps → Principe général de fonctionnement (« plancher roulant », utiliser schémas du Nicolas) → Plancher océanique perpétuellement renouvelé Dorsale = lieu de production (d'accrétion) de la croûte océanique par volcanisme → réseau de dorsales représente 80% du volcanisme terrestre = production des fonds océaniques soit près de 70% de la surface terrestre.

C Différents types de dorsales?

- Mise en évidence de l'existence de différents taux d'expansion pour les dorsales. On distingue principalement 4 grands types de dorsales médio-océaniques en fonction de leurs taux d'expansion:
- Les dorsales ultra-lentes (c.f. ride sud-ouest indienne, ride de Gakkel, ride de Cayman, ride de Mohn) : taux d'expansion < 20 mm.an-1.

- Les dorsales lentes (c.f. ride médio-océanique) : $20 \text{ mm.an}^{-1} < \text{taux d'expansion} < 50 \text{ mm.an}^{-1}$
- Les dorsales intermédiaires (c.f. ride sud-est indienne, ride centrale indienne, ride Pacifique-Antarctique) : $50 \text{ mm.an}^{-1} < \text{taux d'expansion} < 90 \text{ mm.an}^{-1}$
- Les dorsales rapides (c.f. Juan de Fuca, Gorda, ride des Galapagos, ride Est-Pacifique) : $90 \text{ mm.an}^{-1} < \text{taux d'expansion} < 180 \text{ mm.an}^{-1}$

II Structure des différents types de dorsales océaniques

A Segmentation morphotectonique des dorsales

- La morphologie des dorsales océaniques pourrait être contrôlée par deux facteurs principaux: Le taux d'expansion ou vitesse d'ouverture et la proximité des points chauds.
- Caractéristiques générales des dorsales en fonction de leurs taux d'expansion. Utiliser des coupes transversales illustrant la morphologie axiale des rides de lentes à rapides (Nicolas) : vallée axiale profonde (1-2 km) et large (5 – 20 km) ou rift marqué pour les rides lentes et non pour les rides rapide
- Utiliser des profils longitudinaux ou des blocs diagrammes : Variations morphologiques des dorsales le long de l'axe = segmentation axiale. Il existe différents ordres de segmentation:
 - Segmentation de 1er ordre est définie par les failles transformantes (300 – 500 km pour rides rapides) qui coïncident avec des anomalies de profondeur et des anomalies géochimiques (Transform Fault Effect) et par les propagateurs.
 - Segmentation de 2ème ordre : elle est définie par des discontinuités non rigides à faible rejet (3 – 5 km de rejet) et temporaires espacées tous les 50 à 300 km pour les rides rapides = Overlapping Spreading Center (OSC) sur les rides rapides. Décalages non transformants pour les rides lentes (20 – 90 km).
 - Segmentation de 3ème ordre : elle est définie par des discontinuités non rigides à très faible rejet (0.5 – 3 km) marquant de très faibles anomalies de profondeur = petits OSC pour les dorsales rapides ; et par des décalages dans l'alignement des volcans à l'intérieur des vallées axiales pour les rides lentes.

- Segmentation de 4ème ordre : elle est définie par les discontinuités non transformantes : changements de direction de la linéarité de l'axe (DEVAL) avec décalage de l'ordre de 1 km pour les dorsales rapides ; rupture des chaînes volcaniques dans la vallée axiale pour les rides lentes.

1 Caractéristiques de la segmentation morpho-tectonique des dorsales lentes

Utiliser une carte de dorsale lente et un bloc diagramme (Pomerol). caractéristiques :

- Les segments des dorsales lentes sont courts (20 – 100 km)
- Variations importantes de la bathymétrie (forte rugosité)
- Décalages importants de l'axe au niveau des discontinuités
- Vallée axiale profonde et large (1-2 km, 5-20 km)

2 Caractéristiques de la segmentation morpho-tectonique des dorsales rapides

Utiliser une carte de dorsale rapide et un bloc diagramme (Pomerol): - Segments longs (plus de 100 km) - Variations faibles de la bathymétrie (faible rugosité) - Peu de décalages de l'axe au niveau des discontinuités, présence d'OSC (Overlapping Spreading Centers = recouvrement de l'axe) - Absence de vallée axiale, mais présence d'un dôme plus ou moins prononcé

B Structure de la croûte océanique des dorsales

Il existe deux modes extrêmes d'expansion de la lithosphère océanique, qui se relaient dans le temps : un mode où le magmatisme est dominant : Ecartement des plaques et apport de matériel magmatique nouveau un mode où la tectonique est dominante : Extension amagmatique de la lithosphère préexistante Ces deux modes vont conduire à la formation d'un tissu crustal continu aux dorsales rapides, et discontinu aux dorsales lentes.

- Dorsales rapides : tissu crustal continu : décrire brièvement la structure de la croûte (montrer des échantillons de basaltes, gabbros, péridotites) couverture sédimentaire , zone de laves en coussins , zone de transition et zone de dykes + infos provenant de l'étude des ophiolites (Oman).
- Dorsales lentes : tissu crustal discontinu. développer l'exemple de la zone de fracture Véma : affleurements de péridotites abyssales, couche volcanique quasi-absente aux extrémités de segments d'accrétion.

III Les modèles d'accrétion océanique

A Modèles d'accrétion des dorsales lentes

- Segmentation de la dorsale médio-Atlantique : anomalies de gravité focalisées à l'échelle du segment d'accrétion. Les remontées mantelliennes seraient focalisées à différentes échelles : échelle du point chaud jusqu'à l'échelle du segment d'accrétion.
- Evolution hors-axe de la segmentation morpho-tectonique : Modèle de croissance des segments d'accrétion Domaines rhomboïdaux, durée de vie de 3 à 9 Ma.
- Etudes sismiques : dorsales lentes, chambres magmatiques rares, activité volcanique épisodique, chambres magmatiques éphémères
- Etudes géochimiques : rides lentes sont moins différenciées que les rides rapides. Pas de réflecteurs continus : magmas entrant dans la zone axiale sont émis directement vers la surface (et sont plus primitifs). Segmentation géochimique : variations de compositions en éléments majeurs et traces sont importantes à l'intérieur d'un segment et d'un segment à l'autre. convection et mélange moins efficaces qu'aux rides rapides.

B Modèles d'accrétion des dorsales rapides

- Segmentation de la dorsale Pacifique : Répartition des sources mantelliennes de fusion partielle : remontée discrètes de manteau, discontinuités axiales = extrémités distales des zones d'alimentation magmatique. Remontées bidimensionnelles à opposer aux remontées tridimensionnelles des rides lentes (Voir Westphal & al.).
- Etudes sismiques : réflecteur sismique à 1.5 km et de 2 km de large sous la surface des dorsales rapides que l'on peut suivre sur des dizaines de km le long de l'axe. Lentille de magma mince (quelques centaines de m d'épaisseur) et étroite (1 à 2 km de large), reposant sur une large zone formée d'une bouillie cristalline entourée à son tour par une zone de transition de croûte essentiellement consolidée.
- Etudes géochimiques : Amplitude des variations géochimiques faibles au sein d'un même segment ou entre les segments, réservoirs magmatiques individualisés par les OSC ou DEVAL. convection et mélange efficaces.

Conclusion

Etudes en cours sur les dorsales ultra-lentes devraient permettre de mieux comprendre l'influence de la température du manteau et du taux d'expansion sur les modèles globaux d'accrétion océanique établis à partir de l'étude des rides plus rapides

Bibliographie