

# **Géochimie isotopique des basaltes de la ride médio-océanique de l'Atlantique Equatorial = Isotope geochemistry of mid ocean ridge basalts of the equatorial Atlantic**

Autor(en): **Fontignie, D. / Schilling, J.-G. / Hanan, B.B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen  
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **72 (1992)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-54901>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Géochimie isotopique des basaltes de la ride médio-océanique de l'Atlantique Equatorial\*

### Isotope geochemistry of mid ocean ridge basalts of the equatorial Atlantic

de D. Fontignie<sup>1</sup>, J.-G. Schilling<sup>2</sup> et B.B. Hanan<sup>3</sup>

#### Abstract

A major, 1000-km long geochemical anomaly culminating at 1.7°N is observed in basalts erupted along the axis of the Mid-Atlantic Ridge across the Equatorial fracture zones. The anomaly is probably caused by the Sierra Leone mantle plume now in off-ridge position. The aseismic Sierra Leone and Ceara Rise reflect the activity of this hotspot in the past, when it was centered over the ridge axis.

*Keywords:* Pb-Sr-Nd isotopes, MOR basalts, Mid-Atlantic ridge, mantle plumes.

La ride médio-Atlantique (Fig.1), au niveau de l'Equateur, est tectoniquement très complexe en raison de la présence de nombreuses failles transformantes de grand rejet telles que Romanche, Chain ou Charcot. Ces failles fragmentent la ride en segments de longueur très variable et les séparent, parfois, de façon considérable (par exemple, le rejet de Romanche est de plus de 900 km).

La présence de grandes failles transformantes et la segmentation de la ride induisent des effets thermiques majeurs. Ceux-ci agissent diversement sur les conditions de fusion et de mise en place ainsi que sur la composition des magmas. La croûte océanique semble très peu épaisse dans cette région, ce qui explique probablement l'affleurement du manteau à St. Pierre et Paul, îlots situés à courte distance de la ride. Enfin, c'est dans cette région que la ride est la plus profonde, avec des valeurs dépassant 4500 m.

L'Université de Rhode Island a mené plusieurs croisières de dragages le long de la ride

médio-Atlantique au niveau de l'Equateur (notamment durant l'été 1987, à partir du navire Conrad, de 5°N à 3°S). Cinquante trois dragages, distants généralement de 15 à 20 kilomètres ont été obtenus. Ceux-ci ont permis de remonter plus de trois tonnes de roches volcaniques fraîches. Une étude intensive a été menée sur les verres basaltiques récoltés: pour chaque station, les éléments majeurs et les traces ont été analysés à deux ou trois reprises et les terres rares et isotopes, une fois au moins.

Dans ce résumé, nous présentons les résultats isotopiques Pb-Sr-Nd d'une portion de la ride. Ceux obtenus à partir des éléments majeurs, notamment les résultats concernant les conditions thermiques et leurs effets ont déjà été présentés (SCHILLING et al., 1987, 1988, 1989, 1990).

En raison de l'importance de la segmentation, les habituelles projections le long des rides sont remplacées par des profils où les segments sont mis bout à bout (Fig. 2). Les profils des rapports

\* Résumé élargi de la contribution présentée à l'assemblée annuelle de la Société suisse de Minéralogie et Pétrographie, Coire, 10 et 11 octobre 1991.

<sup>1</sup> Département de Minéralogie, Université de Genève, rue des Maraichers 13, CH-1211 Genève.

<sup>2</sup> Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Kingston, RI 02881, U.S.A.

<sup>3</sup> San Diego State University, San Diego CA 92182, U.S.A.

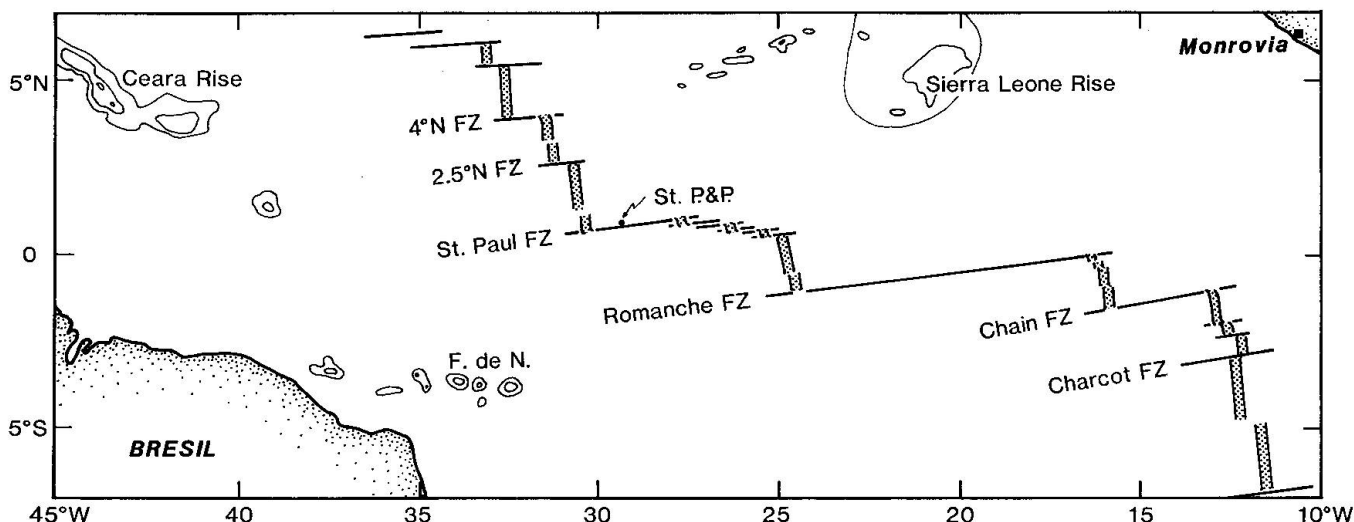


Fig. 1 Localisation et schéma tectonique de la région étudiée.

isotopiques sont caractérisés par un gradient de 1000 km, culminant par une anomalie de longueur intermédiaire (300 km) située à 1.7°N ainsi que par deux autres anomalies très courtes à proximité des fractures Romanche et Charcot. Le profil du  $(La/Sm)_n$  est très semblable pour ce qui est des positions des anomalies mais ne montre pas de gradient régional. Cette variation à grande échelle des rapports isotopiques provient vraisemblablement d'un découplage relativement récent entre parents radioactifs et descendants radiogéniques.

Le maximum à 1.7°N constitue une anomalie remarquable car les variations géochimiques qui le déterminent sont les plus amples actuellement observées sur l'ensemble des rides. Les valeurs limites sont les suivantes:

Atlantique (5°S-5°N)	$^{206/204}Pb$	$^{207/204}Pb$	$^{208/204}Pb$	$^{87/86}Sr$	$^{143/144}Nd$
max.					
anomalie	20.086	15.639	39.683	0.702956	0.512855
min.	17.774	15.419	37.198	0.702125	0.513234
différence	2.312	0.210	2.485	0.000831	-0.000379

Les variations observées sont particulièrement grandes pour les rapports isotopiques du plomb alors qu'elles sont, proportionnellement, bien plus modérées pour les rapports du strontium et du néodyme.

La grande similitude observée entre les divers profils des rapports isotopiques se traduit par de bonnes corrélations dans les diagrammes bidimensionnels de covariation dans lesquels les points sont faiblement dispersés autour de droites ou de courbes de faible inflexion. Le tableau des coefficients de corrélation linéaire ci-dessous confirme ces conclusions:

	$(La/Sm)_n$	$^{206/204}Pb$	$^{207/204}Pb$	$^{208/204}Pb$	$^{87/86}Sr$	$^{143/144}Nd$
$(La/Sm)_n$	1.0000	0.7227	0.7530	0.7194	0.8042	-0.7763
$^{206/204}Pb$		1.0000	0.9400	0.9918	0.8562	-0.9279
$^{207/204}Pb$			1.0000	0.9370	0.8655	-0.9002
$^{208/204}Pb$				1.0000	0.8709	-0.9367
$^{87/86}Sr$					1.0000	-0.8762

L'absence de variation régionale du  $(La/Sm)_n$  se constate encore par de moins bons coefficients de corrélation.

La bonne corrélation observée entre les rapports isotopiques est particulièrement bien démontrée lors des analyses des composantes principales (FONTIGNIE and SCHILLING, 1991): la variabilité totale est presque entièrement exprimée par la première composante (plus de 97% si nous utilisons, par exemple, les trois rapports isotopiques du Pb). Les points, aussi bien dans un espace à trois dimensions (isotopes du plomb) qu'à cinq dimensions (en ajoutant les rapports Sr et Nd), sont dispersés selon un ellipsoïde très allongé, presque une droite. Les divers points correspondent donc à des mélanges, à des degrés divers, de deux termes extrêmes. Le premier, situé à une des extrémités de l'axe principal, est le terme peu radiogénique (en plomb et strontium): c'est le MORB. L'autre, situé à l'autre extrémité, est le terme enrichi.

Des travaux précédents (HANAN et al., 1986; SCHILLING et al., 1989; FONTIGNIE and SCHILLING, 1991), menés à partir d'échantillons récoltés le long des rides, suggèrent qu'il s'agit de produits provenant d'un panache mantellique.

La distance de l'anomalie géochimique à un point chaud peut être estimée en utilisant les relations empiriques reliant distance et longueur d'anomalie ainsi que distance et élévation relative de la ride (SCHILLING, 1985). Dans le cas de l'ano-

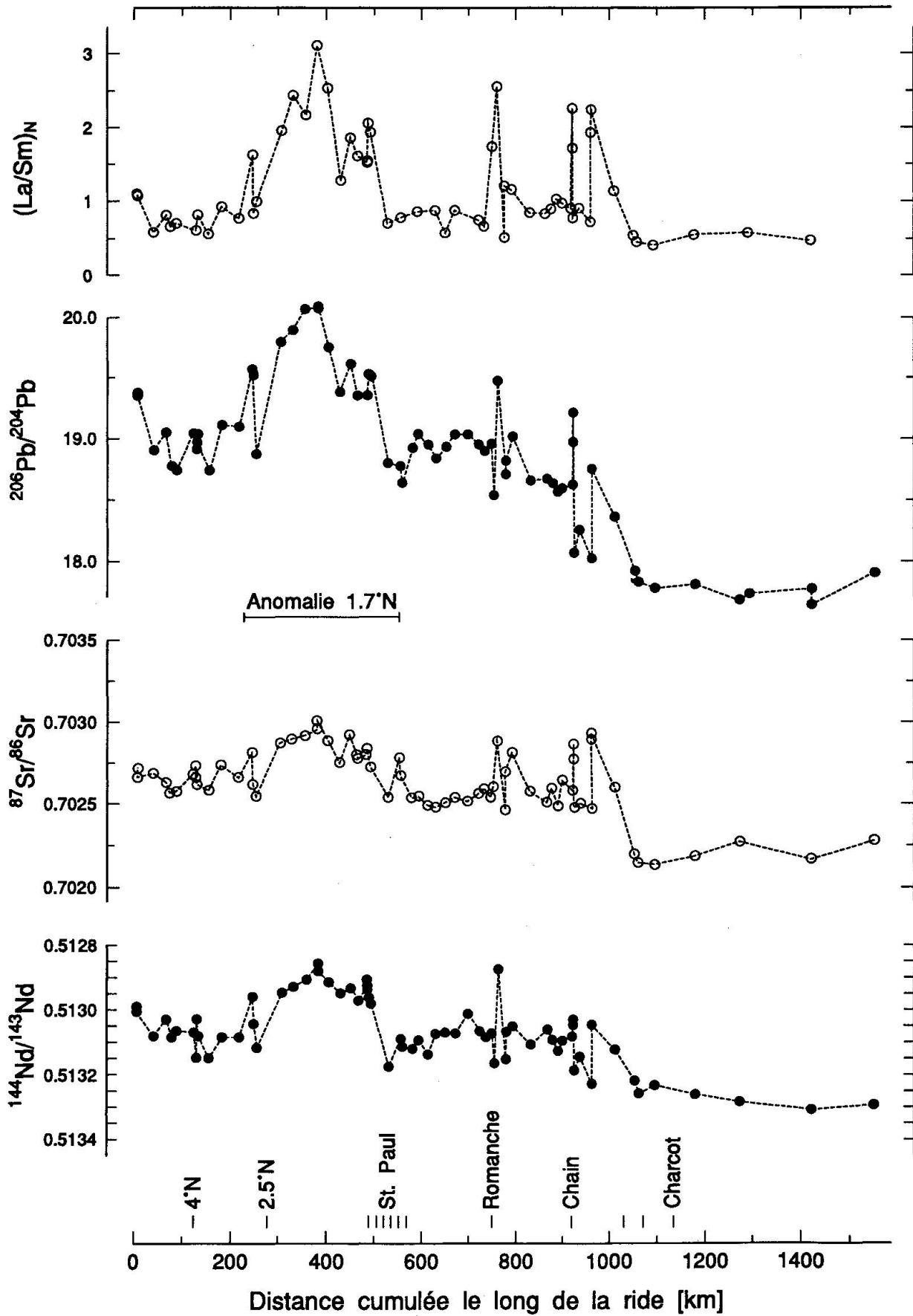


Fig. 2 Profils des rapports  $(La/Sm)_n$ ,  $^{206}Pb/^{204}Pb$ ,  $^{87}Sr/^{86}Sr$  et  $^{144}Nd/^{143}Nd$  selon les distances cumulées.

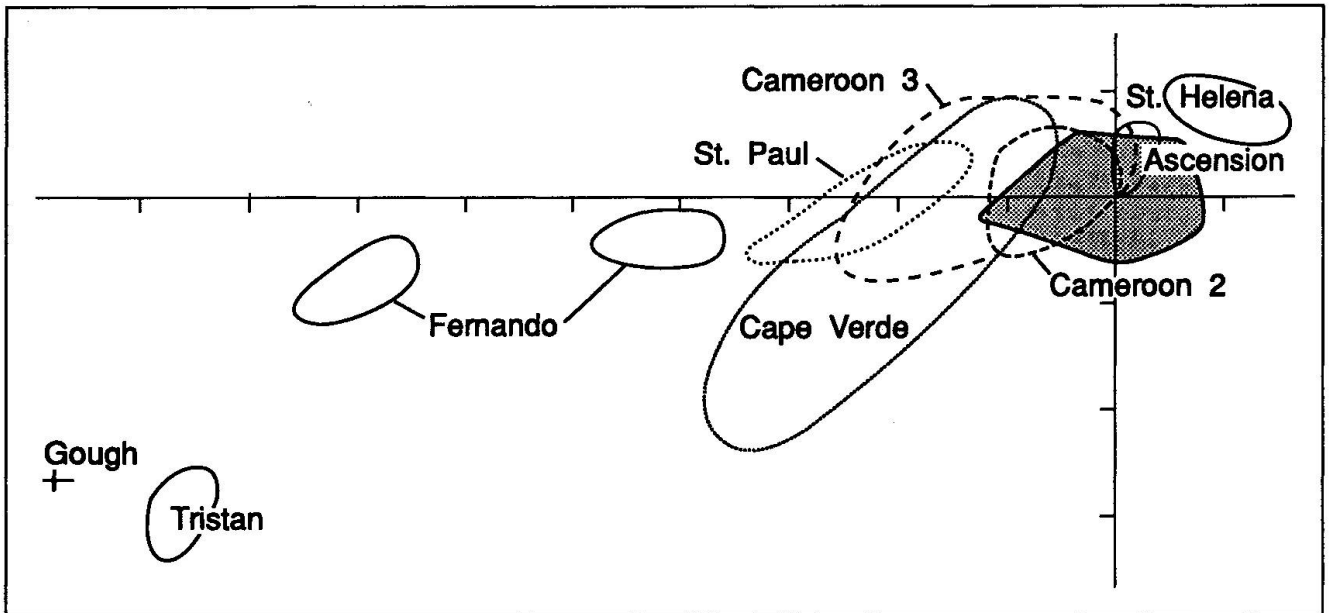


Fig. 3 Analyse des composantes principales utilisant les rapports  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  et  $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd}$  mesurés le long de la ride: projection selon les deux petits axes principaux. Les champs des divers points chauds atlantiques proches ainsi que de St. Pierre et Paul ont été ajoutés. Le champ des basaltes de la ride est repéré en grisé.

malie à  $1.7^\circ\text{N}$ , ces relations donnent des résultats approchant, d'environ 1000 km.

A cette distance, on trouve le point chaud de la Sierra Leone; à une distance moindre, le point chaud de Fernando et, beaucoup plus loin, celui du Cap Vert et d'Ascension. Afin de déterminer quel est le panache responsable de l'anomalie, il faut comparer les «signatures isotopiques» de ces points chauds avec les valeurs observées le long de l'anomalie: le champ des valeurs mesurées sur le panache responsable doit se trouver à l'extrémité ou dans le prolongement de la ligne de mélange. Une comparaison de ce type est faite à l'aide de l'analyse des composantes principales de la figure 3. Il s'agit de la projection, selon les deux petits axes principaux, d'une analyse réalisée en utilisant le  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , le  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  et le  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ . Un seul rapport isotopique du plomb a été utilisé dans cette analyse afin de ne pas exagérer l'importance relative de cet élément. Le champ recherché, pour autant qu'il corresponde à des rapports plus radiogéniques que l'anomalie, doit se situer dans le prolongement du premier axe principal. Sur la projection de la figure 3 sont reportés les champs de St. Pierre et Paul ainsi que les divers points chauds de la région. Malheureusement, nous ne disposons d'aucune donnée correspondant à la Sierra Leone, en raison de l'absence de matériel de qualité satisfaisante provenant de cette ride ou de celle de la Ceara Rise, située de l'autre côté de la ride médio-Atlantique.

Seul le champ d'une partie de la «ligne du Cameroun» (chaîne de volcans s'étirant sur plus de 1200 km au travers du Cameroun et se prolongeant dans l'Océan) se trouve dans le prolongement du premier axe principal, mais le point chaud produisant ce volcanisme est bien trop éloigné (plus de 4.400 kilomètres) pour être également responsable de l'anomalie à  $1.7^\circ\text{N}$ .

Le champ d'Ascension semble également être dans le prolongement mais sa projection, suivant le premier axe principal, indique que sa composition n'est pas suffisamment radiogénique. Vu la position très particulière de son champ, Fernando ne peut avoir produit l'anomalie de  $1.7^\circ\text{N}$ . Celle-ci se distingue également très bien de la composition des roches ultrabasiques de St. Pierre et Paul qui sembleraient être une relique d'un manteau sub-continental (BONATTI, 1990).

Aucun des points chauds échantillonnés ne peut donc être responsable de l'anomalie à  $1.7^\circ\text{N}$ . Reste le panache de la Sierra Leone qui, très vraisemblablement, est la cause de l'anomalie. Le «sink model» (SCHILLING, 1985) explique la dynamique de l'évolution de la ride et du panache: à un moment, le point chaud était centré sur la ride médio-Atlantique. Celle-ci s'est ensuite déplacée vers l'Ouest, produisant le déplacement apparent du panache vers l'Est. Actuellement encore, la distance entre le point chaud et la ride n'étant pas trop importante, cette dernière continue à servir, en partie, d'exutoire aux produits du panache. L'excès de produits a construit, par le passé, la

ride asismique de la Ceara et peut-être continue, actuellement, à édifier la ride de la Sierra Leone mais à un taux beaucoup moins élevé.

### Remerciements

Nous tenons à remercier le Fonds National des Etats-Unis (NSF) qui a permis les récoltes et analyses des échantillons ainsi que le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique qui a soutenu financièrement une partie du travail analytique (requêtes 21-27683.89, 20-30165.90).

### Références

- BONATTI, E. (1990): Subcontinental mantle exposed in the Atlantic Ocean on St Peter-Paul islet. *Nature*, 345, 800-802.
- FONTIGNIE, D. et SCHILLING, J.-G. (1991):  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  and REE variations along the Easter Microplate boundaries (south Pacific): Application of multivariate statistical analyses to ridge segmentation. *Chemical Geology*, 89, 209-241.
- FONTIGNIE, D., McCULLY, B. et SCHILLING, J.-G. (1991): La microplaque de l'île de Pâques (Pacifique Sud Oriental): variations isotopiques Pb-Sr-Nd. *Bull. suisse Minéral. Pétrogr.* 71, 281-286.
- HANAN, B.B., KINGSLEY, R.H. et SCHILLING, J.-G. (1986): Migrating ridge-hotspot interactions: Pb isotope evidence in the South Atlantic. *Nature*, 322: 137-144.
- HANAN, B.N. et SCHILLING, J.-G. (1989): Easter Microplate evolution: Pb isotope evidence. *J. Geophys. Res.*, 94: 7432-7448.
- SCHILLING, J.-G. (1985): Upper mantle heterogeneities and dynamics. *Nature* 314: 62-67.
- SCHILLING, J.-G. et BOUGAULT, H. (1987): Mid-Atlantic Ridge Volcanism in the Equatorial Region (3°S-5°N). *EOS (Trans. Am. Geophys. Union)*, 69, 1508, (abstract).
- SCHILLING, J.-G., HANAN, B.B. et McCULLY, B. (1988): MAR segmentation in the Equatorial Region: Geochemical Evidence. *EOS (Trans. Am. Geophys. Union)*, 69, 507 (abstract).
- SCHILLING, J.-G., HANAN, B.B. et McCULLY, B. (1988): MAR Volcanism from 3°S to 5°N: Pb isotope evidence. *EOS (Trans. Am. Geophys. Union)*, 69, 1426 (abstract).
- SCHILLING, J.-G., FONTIGNIE, D. et McCULLY, B. (1989): Hotspot Influence Along the Equatorial MAR: Nd-Sr-Pb Isotope Evidence. *EOS (Trans. Am. Geophys. Union)*, 70, 1350 (abstract).
- SCHILLING, J.-G., DAVIS, A.N., FONTIGNIE, D. et McCULLY, B. (1990): Equatorial MAR segmentation from 3°S to 5°N: Petrological and Geochemical Relationships. *EOS (Trans. Am. Geophys. Union)*, 71, 624 (abstract).

Manuscrit accepté le 15 janvier 1992.