

Magnétostratigraphie des séquences du Permien et du Trias du forage de Sancerre-Couy

Yves GALLET ⁽¹⁾ et Piotr TUCHOLKA ⁽²⁾

Mots-clés : Paléomagnétisme, Permien, Trias, Magnétostratigraphie.
Cher département (Sondage GPF Sancerre-Couy). Bassin parisien.

Introduction

Le carottage continu orienté a permis de mener à bien une étude magnétostratigraphique complète des dépôts permien et triasiques du forage de Couy (Y. Gallet, 1988 ; P. Tucholka et Y. Gallet, 1991). L'orientation azimutale des carottes du forage, à l'aide de la sonde BTV-20 mise au point au BRGM, est certainement une des grandes originalités de ce forage notamment par rapport aux nombreux forages océaniques profonds DSDP-ODP pour lesquels l'information magnétostratigraphique est seulement restituée par les inclinaisons magnétiques. Notre étude, réalisée en sur-carottage les carottes sorties du forage, donne un bon aperçu des possibilités offertes par les forages profonds continentaux.

Analyse paléomagnétique

L'analyse paléomagnétique a été réalisée conjointement aux laboratoires de Paléomagnétisme de Gif-sur-Yvette et de l'Institut de Physique du Globe de Paris. Les mesures d'aimantation ont été effectuées à l'aide de magnétomètres cryogéniques de sensibilité similaire, de l'ordre de 10^{-5} A/m. Compte tenu des lithologies rencontrées dans le forage de Couy, les échantillons ont été désaimantés par chauffes successives de température croissante et les composantes caractéristiques de l'aimantation ont été déterminées par moindres carrés (J.L. Kirschvink, 1980).

Permien

La lithologie très homogène du Permien de Couy, constituée d'argiles et de grès rouges fins, a permis d'orienter 81,5 m sur les 115 mètres de la séquence (soit près de 71 %). Ce faciès a également favorisé un

échantillonnage quasi-uniforme, de l'ordre d'un prélèvement tous les 1,5 m de carotte (64 niveaux échantillonnés).

Dès le stade des aimantations rémanentes naturelles (ARN), les directions magnétiques sont essentiellement de polarité inverse avec notamment un passage très homogène en direction entre 866 et 896 m. Ce passage témoigne, au moins localement, de la bonne orientation des carottes. Les directions de l'ARN sont cependant plus dispersées à proximité de la transition Permien/Trias, entre 810 m et 855 m, ainsi qu'à la base de la séquence, à partir de 900 mètres. Ce deuxième passage correspond d'ailleurs à un changement de la lithologie, où alternent alors des grès rouges fins et des conglomérats polygéniques.

Dans la plupart des cas, les désaimantations thermiques permettent d'isoler aisément les composantes de l'aimantation portées par de l'hématite. Nous mettons en évidence une bonne conservation des directions primaires, même au stade des ARN. Par exemple, la moyenne séparée des directions caractéristiques entre 866 et 896 m ($D = 193,5^\circ$, $I = 29,7^\circ$ avec $a_{95} = 3,7^\circ$ pour $N_{\text{échant}} = 22$) est statistiquement similaire à celle obtenue au stade des ARN ($D = 191,0^\circ$, $I = 23,0^\circ$ avec $a_{95} = 8,3^\circ$).

Pour calculer la direction moyenne de l'ensemble des directions caractéristiques, nous avons éliminé les échantillons non orientés (au nombre de 11) et ceux qui sont clairement mal orientés (exemple à 854 m) ou qui semblent entachés d'une légère erreur dans l'orientation en azimut des carottes, par exemple à 837 m ($D = 122,7^\circ$), à 914 m ($D = 135,0^\circ$) et vers 910 m. La moyenne que nous obtenons sur 45 échantillons est : $D = 192,6^\circ$, $I = 24,9^\circ$ avec $a_{95} = 3,5^\circ$ et $k = 37,4$.

Trias

La séquence est caractérisée par des changements fréquents de lithologie avec parfois des intercalations d'anhydrite. Contrairement aux carottes du Permien,

(1) Institut de Physique du Globe, Laboratoire Paléomagnétisme et Géodynamique, Paris.

(2) Centre des Faibles Radioactivités, Laboratoire Mixte CEA/CNRS, Gif-sur-Yvette.

l'état souvent très fragmentaire des carottes du Trias n'a pas toujours permis une bonne orientation de celles-ci (environ 58 % de la série), ni leur échantillonnage régulier pour le paléomagnétisme.

Les directions d'ARN sont assez proches de la direction du champ géomagnétique actuel. Les désaimantations thermiques permettent souvent d'isoler une première composante de faible-moyenne température de blocage. Nous pouvons remarquer que si les inclinaisons trouvées pour cette première composante sont assez bien groupées et similaires à l'inclinaison du champ actuel ($I = 64^\circ$), les déclinaisons présentent une plus grande dispersion ce qui indique probablement des erreurs d'orientation azimutale de certaines carottes. Une composante de haute température (supérieure à 500°C), portée essentiellement par de l'hématite, est isolée dans 93 échantillons.

Sur cet ensemble des 93 échantillons, seulement 56 sont convenablement orientés et peuvent donc être utilisés dans le calcul d'une direction moyenne. Les directions retenues présentent les deux états de polarité, avec cependant une large prédominance pour la polarité normale. Pour l'ensemble de la séquence du Trias, nous calculons la direction magnétique moyenne suivante : $D = 16,6^\circ$, $I = 44,1^\circ$ avec $a_{95} = 3,8^\circ$ et $k = 26,5$ donnant un pôle géomagnétique virtuel avec une latitude Nord de $65,5^\circ$ et une longitude Est de $145,1^\circ$ ($dp = 3,0^\circ$, $dm = 4,7^\circ$). Tenant compte de la seule évidence de limite temporelle disponible pour la série triasique du forage (limite Carnien-Ladinien), nous pouvons également diviser la série en deux sous-séries (Trias moyen et Trias supérieur). Nous calculons ainsi une direction moyenne d'âge Trias supérieur caractérisée par $D = 12,7^\circ$, $I = 44,3^\circ$ ($a_{95} = 4,4^\circ$, $k = 26,5$) et une direction d'âge Trias moyen caractérisé par $D = 26,7^\circ$, $I = 42,8^\circ$ ($a_{95} = 6,6^\circ$, $k = 34,8$).

Discussion

L'orientation azimutale des carottes permet de discuter les résultats obtenus à Couy sur les plans magnétostratigraphique et paléomagnétique.

La magnétostratigraphie

Les directions caractéristiques que nous avons obtenues sur les échantillons d'âge *Permien* sont toutes de polarité inverse. L'intervalle unique de polarité inverse qui est ainsi observé à Couy peut être identifié sans ambiguïté comme étant l'intervalle de Kiaman dont la durée exceptionnellement longue s'étendrait du Carbonifère supérieur au Permien supérieur (E. Irving and G. Pullaiah, 1976 ; J.-D. Miller et N.-D. Opdyke, 1985). La lacune du passage du Permien-Trias à Couy ne permet pas d'observer la fin de l'intervalle Kiaman et les quelques inversions magnétiques qui se sont produites durant le Permien terminal. Des résultats magnétostratigraphiques obtenus aux USA (A.E.M. Nairn et D.N. Peterson, 1973), en URSS (E.A. Molostovsky, 1983 ; Y.L. Gurevich et I.P. Slautsitays, 1985) ainsi qu'en Chine (F. Heller et W. Lowrie, 1988 ; P.L. McFadden *et al.*, 1988 ; M.B. Steiner *et al.*, 1989) semblent montrer,

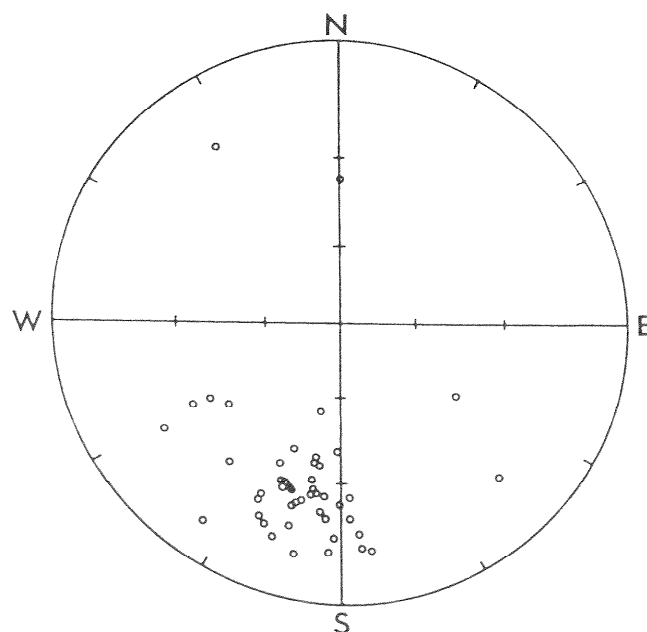


Fig. 1. - Projection sur un diagramme à aires conservées des directions caractéristiques du Permien du sondage de Couy.

en effet, la présence de deux ou trois intervalles de polarité normale durant le Tatarien supérieur. Cependant, une étude magnétostratigraphique plus récente menée au Pakistan (M. Haag et F. Heller, 1991) conduit à un nombre supérieur d'inversions magnétiques durant cette même période. Dans tous les cas, l'absence de polarité normale dans le Permien terminal de Couy indique que la lacune incluerait au moins le Tatarien supérieur.

Les résultats obtenus pour le *Trias* sont plus difficiles à interpréter. Ceci est principalement dû à l'absence de continuité stratigraphique dans nos résultats. Durant le Trias supérieur de Couy, la polarité magnétique normale semble dominer. Des résultats magnétostratigraphiques récents, obtenus notamment en Turquie, documentent le Norien et le Carnien (Y. Gallet *et al.*, 1992 et soumis). Ils permettent d'évaluer une fréquence des inversions magnétiques assez élevée durant ces périodes, probablement de l'ordre de 3-5 inversions par millions d'années. Sur la base de ces premiers résultats, seul le Norien moyen (zone Alai-nien) paraît montrer une prédominance de polarité normale qui, éventuellement, pourrait être rapprochée de ce que l'on observe à Couy. De même, la séquence des inversions magnétiques durant le Trias moyen est encore quasi-inconnue. Des résultats récents obtenus sur le Ladinien (Y. Gallet *et al.*, en préparation) permettent cependant d'établir une séquence de polarités magnétiques avec une fréquence de l'ordre de deux inversions par millions d'années. La comparaison de cette séquence à celle de Couy est malheureusement impossible en raison d'une part, du manque de contrôles biostratigraphiques et du taux inconnu (probablement grand) de lacunes et d'autre part, de la grande zone d'échantillons non orientés entre 735 et 775 m. Ces résultats pourront cependant être utilisés pour contraindre la paléoposition de l'Europe de l'Ouest durant le Trias.

Le paléomagnétisme

La bonne orientation des carottes du Permien permet d'avoir une information paléomagnétique qui pourrait être replacée dans un contexte géodynamique. Les données européennes du Permien supérieur disponibles actuellement viennent essentiellement du Sud-Est de la France (J.D.A. Zijderfeld, 1975 ; C. Van den Ende, 1977 ; S. Bogdanoff et J.-J. Schott, 1977 et N. Méribet et L. Daly, 1986). La comparaison de ces différents pôles avec celui obtenu à Couy montre la bonne concordance des résultats. Nous avons ainsi calculé un pôle moyen « purement » français ayant une latitude de 50,6° N et une longitude de 152,0° ($A_{95} = 4,3^\circ$; $k = 246,1$ avec $N = 5$) ; ce pôle est d'ailleurs peu différent du pôle que l'on peut calculer en considérant les pôles du Permien supérieur retenus par E. Irving et G. A. Irving (1982) qui mêlent pôles « soviétiques » et pôles « français » (ceux de J.D.A. Zijderfeld, 1975 et C. de Van den Ende, 1977).

Les données paléomagnétiques d'âge triasique disponibles pour l'Eurasie sont très rares. Notamment le Trias supérieur reste très peu documenté. Le Trias moyen a fait l'objet d'une étude récente en Alsace (H. Théveniaut *et al.*, 1992). Dans ce contexte, les données obtenues à Couy sont importantes. Le pôle général d'âge « Trias supérieur dominant » est différent des

pôles eurasiatiques moyens d'âge Jurassique inférieur et Trias moyen. Ceci est en accord avec l'hypothèse d'une assez longue période sans migration polaire (« stanstill ») entre le Permien supérieur et le Trias moyen suivie, durant le Trias supérieur, par une période de dérive rapide jusqu'au Jurassique inférieur (Y. Gallet, 1988 ; H. Théveniaut *et al.*, 1992). Le pôle obtenu à Couy décrit ainsi partiellement ce chemin de dérive rapide. De nouvelles données mieux calibrées sur le plan de la biostratigraphie devront cependant être encore apportées pour mieux décrire le mouvement des pôles de l'Eurasie durant une période charnière, avant la séparation (« breakup ») de la Pangée.

Conclusion

Le forage de Couy a permis de réaliser une étude magnétostratigraphique détaillée des séries du Permien et du Trias. Les résultats obtenus grâce au carottage orienté et continu apportent une contribution scientifique originale tant sur le plan de la magnétostratigraphie que sur celui du paléomagnétisme pour des périodes importantes encore peu étudiées. Ces résultats permettent enfin de juger du potentiel d'études offert par les forages continentaux.

Références

- BOGDANOFF S., SCHOTT J.J. (1977). - Étude paléomagnétique et analyse tectonique dans les schistes rouges permien du Sud de l'Argentera. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **19**, pp. 909-916.
- GALLET Y. (1988). - La magnétostratigraphie : aspects fondamentaux et appliqués. Thèse, Univ. Paris VII, 220 p.
- GALLET Y., BESSE J., KRISTYN L., MARCOUX J., THÉVENIAUT H. (1992). - Magnetostratigraphy of the Late Triassic Bolücektasi Tepe section (southwestern Turkey) : implications for changes in magnetic reversal frequency. *Phys. Earth Planet. Int.*, **73**, pp. 85-108.
- GALLET Y., BESSE J., KRISTYN L., THÉVENIAUT H., MARCOUX J. - Norian magnetostratigraphy from the Kavar Tepe section (southwestern Turkey). *Earth Planet. Sci. Lett.* (à paraître).
- GUREVICH Y.L., SLAUTSITAYS I.P. (1985). - A paleomagnetic section in the Upper Permian and Triassic deposits on Novaya Zemlya. *Int. geol. Rev.*, **27**, pp. 168-177 (en russe).
- HAAG M., HELLER F. (1991). - Late Permian to Early Triassic magnetostratigraphy. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **107**, pp. 42-57.
- HELLER F., LOWRIE W. (1988). - Magnetostratigraphy of the Permian-Triassic boundary section at Shangsi (Guangyan, Sichuan Province, China). *Earth Planet. Sci. Lett.*, **88**, p. 348.
- IRVING E., IRVING G.A. (1982). - Apparent polar wander paths Carboniferous through Cenozoic and the assembly of Gondwana. *Geophys. Surv.*, **5**, pp. 141-188.
- IRVING E., PULLAIAH G. (1976). - Reversals of the geomagnetic field, magnetostratigraphy, and relative magnitude of paleosecular variation in the Phanerozoic. *Earth Sci. Rev.*, **12**, pp. 35-64.
- KIRSCHVINK J.L. (1980). - The least squares line and plane analysis of the paleomagnetic data. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **62**, pp. 699-718.
- McFADDEN P.L., MA X.A., ZUDERVELD J.D.A., ZHANG Z.K. (1988). - Permian-Triassic magnetostratigraphy in China : northern Tarim. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **87**, pp. 152-160.
- MÉRABET N., DALY L. (1986). - Détermination d'un pôle paléomagnétique et mise en évidence d'aimantations à polarité normale sur les formations du Permien supérieur du massif de Maures (France). *Earth Planet. Sci. Lett.*, **80**, pp. 156-166.
- MILLER J.D., OPDYKE N.D. (1985). - Magnetostratigraphy of the red sandstone Creek section - Vail, Colorado. *Geophys. Res. Lett.*, **12**, pp. 133-136.
- MOLOSTOWSKY E.A. (1983). - Stratigraphie magnétique du Permien supérieur de l'Europe de l'Est (en russe). Univ. Saratov, 167 p.
- NAIRN A.E.M., PETERSON D.N. (1973). - Review of Permian and Triassic paleomagnetic data with respect to paleogeographic conditions at, and the localisation of the Permian-Triassic boundary. In: A. Logan et L.V. Hills Eds., The Permian and Triassic systems and their mutual boundary. *Can. Soc. Pet. Geol. Mem.*, **2**, pp. 694-713.
- STEINER M.B., OGG J., ZHANG Z., SUN S. (1989). - The late Permian — early Triassic magnetic polarity time scale. *J. geophys. Res.*, **91**, B6, pp. 7343-7363.
- THÉVENIAUT H., BESSE J., EDEL J.B., WESTPHAL M., DURINGER P. (1992). - A middle Triassic paleomagnetic pole for the Eurasian plate from Heming (France). *Geophys. Res. Lett.*, **19**, pp. 777-780.
- TUCHOLKA P., GALLET Y. (1991). - Magnétostratigraphie en forage continental : exemple de la séquence permienne du forage de Couy. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **162**, pp. 971-975.
- VAN DEN ENDE C. (1977). - Paleomagnetism of Permian red beds of the Dôme du Barrot (S. France). Thèse, Univ. Utrecht.
- ZIJDERVELD J.D.A. (1975). - Paleomagnetism of the Esterel rocks. Thèse, Univ. Utrecht.