

LES PARTICULES PHOSPHATEES DE LA REGION DE TEBESSA (ALGERIE ORIENTALE) : ABONDANCE EN ELEMENTS DE TERRES RARES (ETR) ET IMPLICATION SUR LEUR ORIGINE

RABAH KECHICHED^{A,B}, RABAH LAOUAR^B, OLIVIER BRUGUIER^C, SIHEM LAOUAR-SALMI^B, DELPHINE BOSCH^C, OUAFI

AMBUR-ZAIMECHE^A & CHANTAL DOUCHET^C

^aLaboratoire des Réservoirs Souterrains: Pétroliers, Gaziers et Aquifères, Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Algérie

^bDépartement de Géologie, Université Badji Mokhtar Annaba B.P.12, Annaba, 23000 Algérie

^cGéosciences Montpellier, Université de Montpellier, CNRS-UMR 5243, Place E. Bataillon, 34095 Montpellier cedex 5, France

Email : kechiched.ra@univ-ouargla.dz

Résumé

La région de Tébessa qui fait partie de l'Atlas Saharien oriental, comprend plusieurs gisements et indices de phosphate. Ces minéralisations, d'origine marine, sont déposées au cours du Paléocène Supérieur – Eocène Inferieur dans deux bassins différents du point de vue paléogéographique. Il s'agit du bassin du Nord (Dj. El Kouif, Dj. Dyr et Dj. Tazbant) et le bassin du Sud représenté par le gisement de Kef Essenoun (Dj. Onk). Les particules phosphatées, telles que pellets, coprolithes et dents de poissons ont été classées par granulométrie et ont été analysées pour leur contenu en éléments de terres rares (ETR) par la méthode LA-ICP-MS. Les résultats obtenus ont permis de présenter les concentrations des ETR dans ces particules au niveau de chaque gisement et indice. Cette étude a mis en évidence un comportement similaire des ETR aussi bien dans les pellets que dans les coprolithes. Ceci indique probablement le même processus d'acquisition des ETR à partir de l'eau de mer. Cependant, les dents de poissons présentent une population avec un comportement différent dans laquelle la dentine est enrichie en ETR par rapport à l'émail. Cette distinction est peut être liée à la faible porosité de l'émail par rapport à celle de la dentine, des pellets et des coprolithes.

Mots-clés : Ablation laser ICP-MS ; Terres rares (ETR) ; Pellets ; Coprolithes ; Phosphates ; Tébessa, Algérie.

1. Introduction

Le comportement géochimique des éléments en terres rares (ETR) des phosphates marins, a été étudié par plusieurs auteurs [1-2; 9-10; 14; 18; 21]. Ces auteurs ont abordé l'apport des (ETR) à l'étude des environnements de dépôt. Dans cette optique, la présente étude se porte sur les particules séparées des phosphates de la région de Tébessa, en vue de déterminer leurs concentrations en ETR d'une part et de mettre en évidence les liens possibles entre les pellets, coprolithes et les dents de poissons au cours du processus de phosphatogénèse d'autre part.

2. Géologie et description des affleurements

La région de Tébessa est située à 600 Km au Sud Est de la capitale Alger et elle fait partie de l'Atlas Saharien Oriental. Cette région renferme plusieurs gisements et indices en phosphates d'origine marine. Ils font partie d'une large période de phosphatogénèse au cours du Paleocène-Eocène au Nord de l'Afrique et au Moyen Orient [12; 16-17; 22]. Ces minéralisations sont localisées dans deux bassins (Nord et Sud de Tébessa) (Fig. 1).

Les affleurements phosphatés du bassin du Nord qui ont été échantillonnés sont : de Dj. El Kouif, Dj. Dyr et de Dj. Tazbant. Ces affleurements d'âge paleo-eocène ont des épaisseurs de l'ordre de quelques centimètres à deux (2) m au maximum [4].

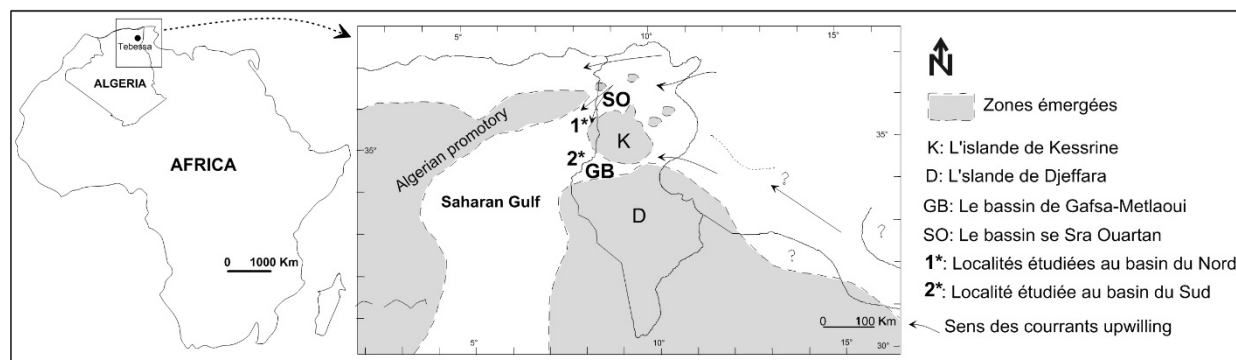


Fig. 1 : Localisation des bassins phosphatés et paléogéographie durant le Paléocène- Eocène Inférieur [6-8 ; 24 ; 26-27].

Le bassin du Sud est représenté par le gisement de Kef Essenoun (Dj. Onk). Ce dernier est situé à 80 Km au Sud-Ouest de Tébessa. La formation phosphatée est intercalée entre les marnes du Thanétien inférieur à la base et les dolomies à silex de l'Yprésien au sommet [21, 24]. L'épaisseur de cette couche phosphatée peut atteindre 30 m. Cette dernière est subdivisée en trois (3) sous couches selon la teneur en P_2O_5 et MgO. Du bas vers le haut on distingue: la couche basale; la couche principale et la couche sommitale [19] (Fig. 2).

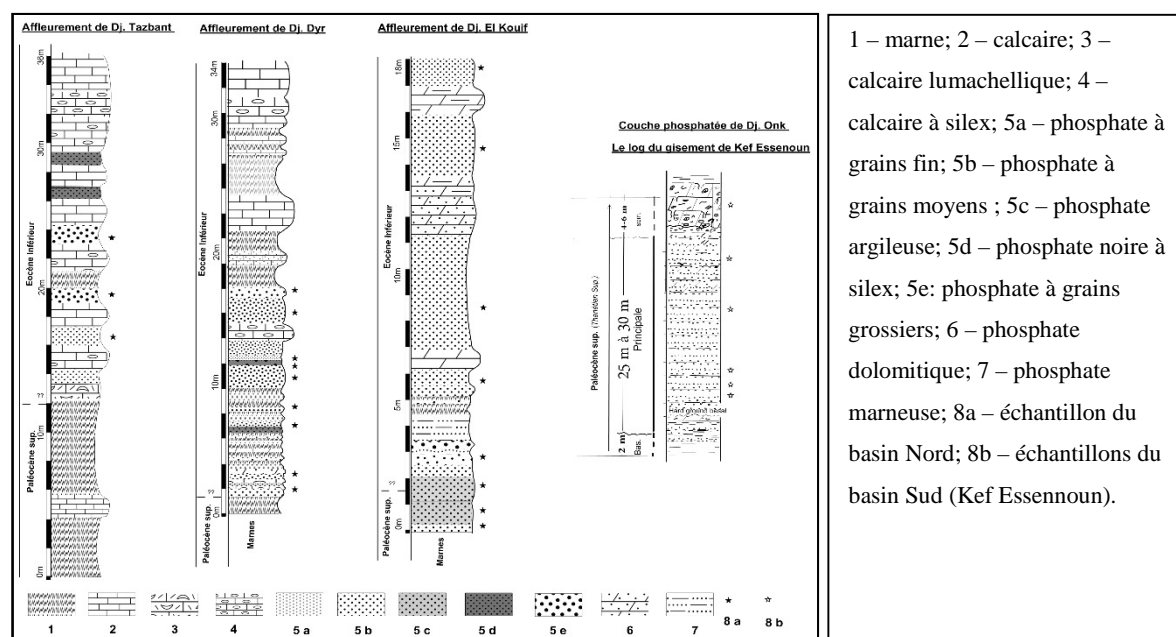


Fig. 2. Logs lithologiques échantillonnés pour la présente étude.

3. Méthodologie et techniques analytiques

Les échantillons de phosphate ont été prélevés dans les différentes localités (Fig. 2). Ces échantillons ont subi un classement granulométrique par voie humide. La fraction de 150 à 250 μm a été utilisée pour séparation manuelle des particules phosphatées (Fig. 3). Les *Coprolithes* ont des tailles qui peuvent dépasser 400 μm . Elles sont généralement, cylindriques ou ellipsoïdales avec des teintes beiges, blanchâtre et brunâtres (Fig. 3A). Les *Pellets* ont des couleurs brunes et blanchâtres, des formes légèrement arrondies et des tailles variant entre 50 et 150 μm (Fig. 3B). Les *dents de poissons* sont des particules squelettiques de couleurs brunâtre et beige. Leurs tailles peuvent dépasser 1 cm. Les dents sont constituées de deux parties (l'émail et la dentine) (Fig. 3C).

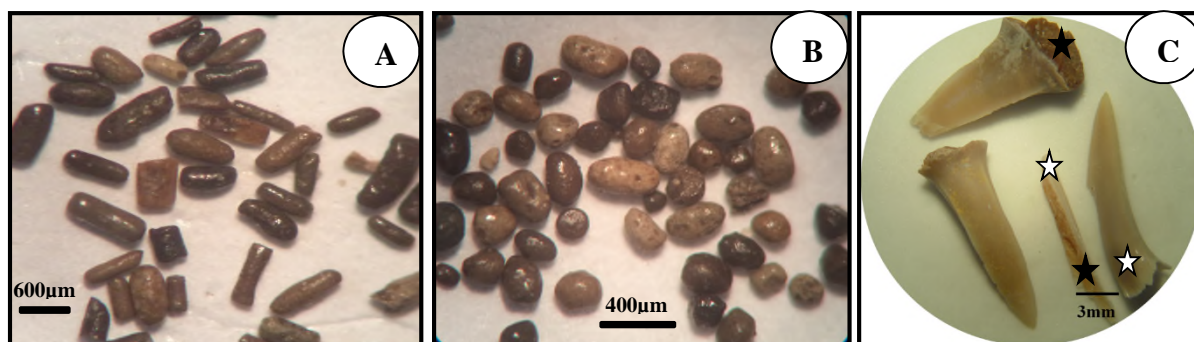


Fig. 3 : Particules phosphatées séparées. A) Coprolithes ; B) Pellets ; C) Dents de poissons : Dentine (partie interne: étoiles remplies), Email (partie externe : étoiles vides).

Ces particules ont été analysées par la méthode d'ablation laser (LA-ICP-MS) au laboratoire de Géoscience Montpellier (France). Cette méthode consiste à des analyses « in situ » sur chaque particule sélectionnée. Les *spots* analytiques ont une taille de 50 à 71 µm. Les procédures analytiques sont présentées dans Bruguier et al. (2001) [5]. Le traitement des analyses a été fait à l'aide du logiciel GLITTER. Le standard NIST612 a été utilisé comme matériel de calibration.

4. Résultats et discussions

Les statistiques des \sum ETRs sont présentées dans le Tableau 1. Les concentrations varient spatialement d'une localité à l'autre. Les dents de poissons montrent une variation significative des concentrations entre l'émail et la dentine.

Tableau 1 : Statistiques des \sum ETRs des particules phosphatées (Unité : ppm).

Type	El Kouif		Dj Dyr & Dj Tazbant		Kef Essennoun		Dents de poissons	
	Coprolithes	pellets	Coprolithes	pellets	Coprolithes	pellets	Email	Dentine
<i>N Spots</i>	13.00	15.00	13.00	18.00	14.00	12.00	6.00	10.00
Min	26.89	39.60	23.85	60.47	47.34	113.52	30.86	104.09
Max	1339.20	504.64	267.05	317.47	311.53	451.99	55.31	389.34
Moy	233.73	239.78	125.18	154.01	182.05	254.98	40.28	219.85
Ecart type	340.01	164.69	83.24	74.05	76.07	107.02	8.90	97.31

Les concentrations en ETR ont été normalisées par rapport au PAAS (Post Archean Australian Shale) [15] (Fig. 3). Ces spectres normalisés montrent le comportement similaire entre les pellets et les coprolithes dans le même échantillon, à l'exception des dents des poissons. Ceci indique une origine et une évolution commune des coprolithes et des pellets lors du processus de phosphatisation. Ben Hassen et al. (2010) [3] ont évoqué, à travers des analyses pétrographiques et géochimiques (éléments majeurs), la possibilité d'une même origine fécale, ce que confirme ces analyses.

Notons aussi, la variation significative sur le plan vertical et sur le plan spatial (entre le bassin du Nord et du Sud de Tébessa). En effet, les spectres des pellets et des coprolithes à la base de l'affleurement de Dj. El Kouif (Bassin du Nord Tébessa) montrent un appauvrissement des ETRs lourdes par rapport aux particules du sommet qui sont enrichies en ETRs lourdes. Ceci s'accompagne d'une évolution prononcée de l'anomalie en Cérium (Ce) (Fig. 4A) qui indique la tendance sub-oxique à oxique du bas vers le haut.

Les spectres en ETR des pellets et des coprolithes de la couche principale du gisement de Kef Essennoun (Sud de Tébessa) montrent une faible anomalie en cérium (Ce) (Fig. 4B). Ces particules sont appauvries en ETRs lourdes. Cet appauvrissement a été interprété par le fait que ces éléments

sont maintenus en suspension dans la colonne de l'eau, sous forme de complexes organiques et inorganiques plus stables que ceux des ETRs légères [11 ; 25].

Les spectres des ETRs des dents de poissons ont été faits pour la dentine et l'émail séparément (Fig. 4C). La dentine montre un enrichissement en Σ ETRs par rapport à l'émail. Ceci est interprété par sa porosité qui augmente les surfaces de contact avec les eaux du milieu, permettant une fixation des ETRs. La cristallinité de l'apatite de l'émail est aussi, un facteur prépondérant de la faible fixation des ETRs [18].

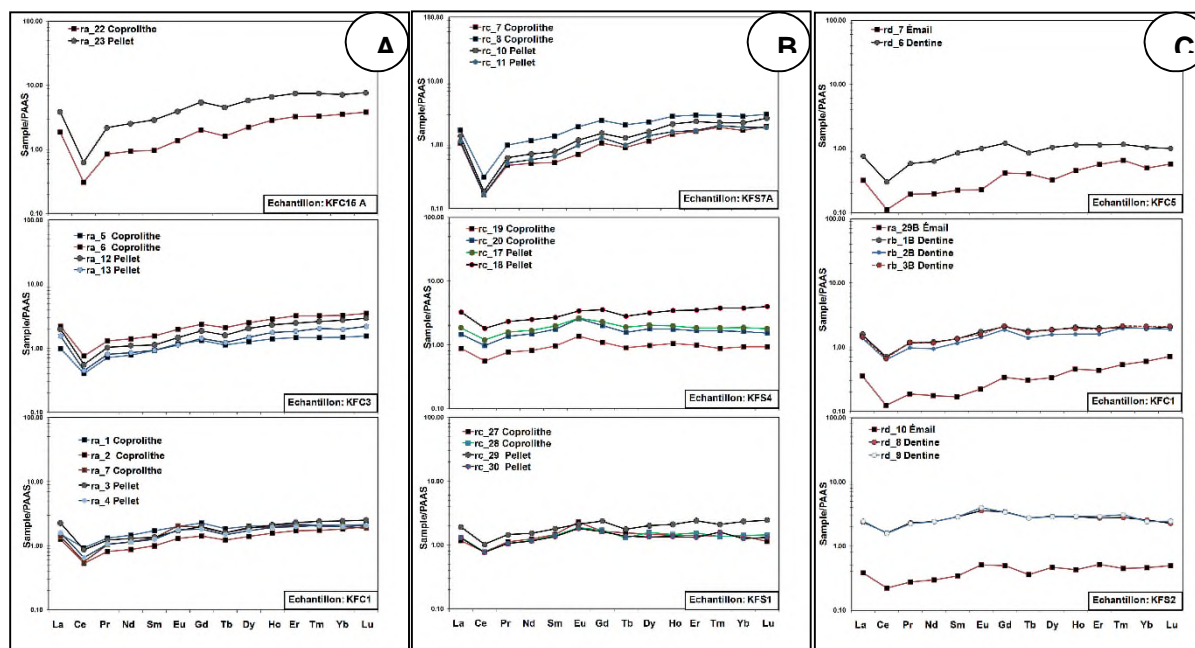


Fig. 4. Spectres des ETR normalisés par rapport le PAAS des particules phosphatées. A : Spectres des pellets et des coprolithes, superposés par niveaux du bas vers le haut à Dj. El Kouif (Tébessa Nord). B : Spectres des pellets et des coprolithes au niveau du gisement de Kef Essenoun (Dj Onk – Tébessa Sud), les échantillons KFS1 et KFS2 proviennent de la couche principale tandis que l'échantillon KFS7A provient de la couche sommitale. C : Spectres des dents de poissons (dentine et émail séparément).

5. Conclusion

Cette étude porte sur les ETR des particules phosphatées telles que : les pellets, les coprolithes et les dents de poissons. Ces particules sont issues des différents affleurements phosphatés du bassin du Nord (Dj Kouif, Dj Dyr et Dj Tazbant) et le bassin du sud avec le gisement de Kef Essenoun. Des analyses « in situ » ont été faites directement sur les particules par la méthode LA-ICP-MS. Ces analyses ont montré une variabilité significative sur plan vertical localement et sur le plan régional d'un bassin à l'autre. Les spectres des ETR normalisés par rapport au PAAS ont permis de mettre en évidence les correspondances des allures entre les pellets et les coprolithes d'un même échantillon indiquant une origine identique liée aux conditions de genèse. Cependant, pour les dents de poisson, la dentine est enrichie par rapport l'émail à cause de sa porosité élevée, permettant des échanges avec l'eau de mer. Sur le plan régional, les particules du bassin du Nord sont enrichies en ETRs lourdes avec une anomalie prononcée en Cérium par rapport aux celles du bassin du sud indiquant des conditions différentes de mise en place. Suivant ce critère, l'environnement de dépôt du bassin du nord semble être plus oxygène par rapport à celui du sud qui est sub-oxygène à l'exception de la couche sommitale.

6. Références bibliographiques

- [1] Altschuler, Z.S., Berman, S., Cuttitta, F., Rare earths in phosphorites-geochemistry and potential recovery, *Geol. Survey Res.*, (1967), pp. 1–9.
- [2] Bau, M., Dulski, P., Distribution of yttrium and rare-earth elements in the Penge and Kuruman iron-formations, Transvaal Supergroup, *Precambrian Res.* 79 (1996) pp. 37-55.
- [3] Ben Hassen, A., Trichet, J., Disnar, J.R., Pétrographie et géochimie comparées des pellets phosphatés et de leur gangue dans le gisement phosphaté de Ras-Draaa (Tunisie). Implications sur la genèse des pellets phosphatés. *Swiss J. Geosciences*, 103 (3), 2010, pp. 457-473.
- [4] Blès, J.L., Fleury, J.J., Carte géologique de l'Algérie au 1/50000. Feuille 178 - Morsott, Service de la carte géologique de l'Algérie (1970).
- [5] Bruguier, O., Telouk, P., Cocherie, A., Fouillac, A.M., Albaredo, F., 2001. Evaluation of Pb–Pb and U–Pb laser ablation ICP-MS zircon dating using matrix-matched calibration samples with a frequency quadrupled (266nm) Nd:YAG laser. *Geostandard Newsletters* 25, 361–373.
- [6] Burolet, P.F. et Oudin, J.L., Paléocène et Eocène en Tunisie – pétrole et phosphate – in *Géologie comparée des gisements de phosphate et de pétrole*, Mém. BRGM n° 116 (1980). [24] Blès, J.L., Fleury, J.J., Carte géologique de l'Algérie au 1/50000. Feuille 178 - Morsott, Service de la carte géologique de l'Algérie (1970).
- [7] Chaabani, F., Dynamique de la partie orientale du bassin de Gafsa au Crétacé et au Paléogène: Etude minéralogique et géochimique de la série phosphatée Eocène, Tunisie méridionale. Thèse Doct. Etat, Univ. Tunis II, Tunisie (1995).
- [8] Fourine, D., Phosphates et pétrole en Tunisie, Mém. BRGM N.04 (1980), pp. 30-34.
- [9] Ismael, I.S., Rare earth elements in Egyptian phosphorites, *Chinese journal of geochemistry*, Jan. 2002, Vol. 21, Issue 1 (2002) pp 19-28.
- [10] Garnit, H., Bouhlel, S., Barca, D. and Chtara, C., Application of LA-ICP-MS to sedimentary phosphatic particles from Tunisian
- [11] Goldberg E.D., Koide M., Schmitt R.A., Schmith R.H. (1963). Rare earths distribution in the marine environment. *J. Geophys. Res.*, 68, 4209-4217p.
- [12] Lucas, J., Prevot-Lucas, L., Tethyan phosphates and bioproductites. In: Naim, A.E., et al. (Eds.), *the ocean basins and margins, The Tethys Ocean*, vol. 8. Plenum Press (1995) pp. 367-391.
- [13] McArthur, J.M., Benmore, R.A., Bremner, J.M., Carbon and oxygen isotopic composition of structural carbonate in sedimentary francolite, *J. Geol. Soc. (Lond.)* 137 (1980) 669 – 673.
- [14] McArthur, J.M. Walsh, J.N. Rare-earth geochemistry of phosphorites, *Chemical Geology*, 47 (1984) pp. 191–220.
- [15] McLennan, S.M., Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin, B.R., McKay, G.A. (Eds.), *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. *Min. Soc. Am. Rev. Miner.* 21, (1989) 169-200.
- [16] Notholt, A.J.G., Economic phosphatic sediments: mode of occurrence and stratigraphical distribution. *J. Geol. Soc.* 137, (1980), pp. 793-805.
- [17] Notholt, A.J.G., Sheldon, R.P., Davidson, D.F., *Phosphate deposits of the world*, Vol. 2, Cambridge Univ. Press, 1989, 566 pp.
- [18] Ouanis, A., Kocsis, L., Chaabani, F., Pfeifer, H.R., Rare earth elements and stable isotope geochemistry (¹³C and ¹⁸O) of phosphorite deposits in the Gafsa Basin, Tunisia. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 268 (2008) 1-18.
- [19] Prian, G.P. and Cortiel Ph., Development study of phosphate deposit of Djebel Onk (Algeria). Geological expertise report, B.R.G.M (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans) France, 1993, pp. 288.
- [20] Reynard, B., Lécuyer, C., Grandjean, P., Crystal-chemical controls on rare earth element concentrations in fossil biogenic apatites and implications for paleoenvironmental reconstructions. *Chem. Geol.* 155, (1999), 233–241.
- [21] Ranchin, G., *The sedimentary phosphates of lime in Djebel Onk's region (Algeria)*, S.E.R.M. Paris, France, 1963, pp 85.
- [22] Sheldon, R.P., Association of phosphatic and siliceous marine sedimentary deposits. In: Hein, J.R. (Ed.), *Siliceous sedimentary rock-hosted ores and petroleum*, Van Nostrand Reinhold Co, New York, 1987, pp. 58-80.
- [23] Sassi, S., La sédimentation phosphatée au paléocène dans le sud et le centre ouest de la Tunisie. Thèse Doct. ès-Sci. Univ. Paris (1974).
- [24] Visse, L., Genesis of the southeasterly Algerian–Tunisian phosphatic deposits, XIX International Geological Congress., set 1, no. 27, Algiers, Algeria, (1952), pp. 60.
- [25] Vickery R. C., (1953). *Chemistry of Lantons*. Butterworths. Sc. Publ., 296 p.
- [26] Winnock, E., Les dépôts de l'Eocène au Nord de l'Afrique: aperçu paléogéographique de l'ensemble, *Géologie comparée des gisements de phosphates et de pétrole*. Colloque International, Orléans, 6-7 Novembre 1979. BRGM 24, 1980, 219–243.
- [27] Zaïer, A., Beji-Sassi, A., Sassi, S., Moody, R.T.J., Basin evolution and deposition during the Early Paleocene in Tunisia. In: Macgregor, D.S., Moody, R.T.J., Clark-Lowes, D.D. (Eds.), *Petroleum Geology of North Africa*. *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, v. 132, 1998, pp. 375–393.