

Recherche de l'iridium à la limite Permien-Trias du site de Meishan, Changhsing (République populaire de Chine)

Daniel BOCLET, Aymond BAUD, Philippe BONTÉ, Célestine JÉHANNO et Robert ROCCHIA

Résumé — La forte teneur en éléments sidérophiles des sédiments de la limite Crétacé-Tertiaire suggère que les principales disparitions d'espèces ont été provoquées par des catastrophes cosmiques. Cette hypothèse pourrait être confirmée par la découverte d'une anomalie similaire à la limite Permien-Trias, caractérisée par la plus grave crise biologique du Phanérozoïque. L'étude du site de Meishan, en République populaire de Chine, n'apporte aucune confirmation de ce scénario. Aucune trace d'iridium, le meilleur traceur de la matière extraterrestre, n'a été trouvée dans les 18 échantillons prélevés au voisinage de la transition Permien-Trias. Toute relation entre la crise biologique du Permien-Trias et une catastrophe cosmique doit donc, pour l'instant, être considérée comme hypothétique.

Search for iridium at the Permian-Triassic boundary at the Meishan section, Changxing (China)

Abstract — The presence of siderophile-enriched material at the Cretaceous-Tertiary boundary suggests that the major extinctions of living species could result from cosmic catastrophes. The finding of the same kind of material at the Permian-Triassic boundary would be important to confirm the influence of cosmic phenomena on extinctions. The study of the Meishan section, in China, does not provide any support to this view. Iridium, the best tracer of cosmic material, has not been detected in any of the 18 samples collected around the boundary. A relation between the Permian-Triassic extinction and a cosmic collision therefore remains hypothetical.

Abridged English Version — 1. SCIENTIFIC CONTEXT. — The study of biological extinctions during geological times is a highly controversial domain. Recently, the discovery of an anomalously high concentration of siderophilic elements at the K-T boundary has revived catastrophic hypotheses. This chemical anomaly could result from the collision with the Earth of one or several cosmic bolides, asteroids or comets ([1], [2]). A purely terrestrial origin cannot be excluded ([3], [4]) but the mechanism, required to spread over the Earth 10^{18} g of non or poorly differentiated mantelic material, is rather hypothetical. Conversely, the frequency of cosmic collisions is rather well known. According to many authors, such catastrophic events could also account for other major biological crises.

This hypothesis can readily be checked: sediments formed during periods of crisis should exhibit an extraterrestrial inprint identical to the one observed at the K-T boundary. Platinum-group elements, especially iridium, are particularly significant because they are hardly detectable in usual sediments.

In that respect, the study of the Permian-Triassic boundary is of prime importance because it is characterized by the most important crisis of the Phanerozoic era. The inconsistency of previously published results about iridium in two sections of the south-east of China ([7] to [10]) prompted us to carry out new analyses with a high sensitivity instrumentation. We have sampled a Permian-Triassic section outcropping near the city of Meishan in China. Results about iridium are reported below.

2. ANALYTICAL PROCEDURE. — Samples were analysed by instrumental neutron activation. Iridium concentrations were measured with a bi-dimensional spectrometer consisting of two germanium sensors detecting in coincidence the 316 and 468 keV. γ -ray

lines produced by the decay of ^{192}Ir to ^{192}Pt . An accuracy of 0.007 to 0.05 ng.g $^{-1}$ is achieved without pre-concentration of iridium.

3. GEOLOGICAL SETTING. — Samples were collected in section D of the Baoqing quarry near Meishan in Zhejiang province. Figure shows the stratigraphical sequence of the section with sample position. Geological and paleontological data can be found in Sun *et al.* [9], Sheng *et al.* [11], Baud *et al.* [12] and Zhao *et al.* [13].

Samples CH1 to CH9 were collected in the upper part of Changxing formation consisting of dark siliceous limestones (level 21). Above this level there is a clay layer (level 22), rich in smectite, light in colour, which according to Sun *et al.* [9] would contain Ir and Pt. Two samples, CH10 and CH11, were picked up in this 6 cm thick boundary layer, the base of the lower Triassic Chinglung formation. Eight additional samples were collected in levels 23 to 27. There is practically no gap in the sampling between -20 cm and +40 cm (CH5 to CH17).

4. RESULTS. — Within the sensitivity limits of the instrumentation no significant iridium concentration has been found in any of the 18 samples analysed (Table). Upper limits are about two orders of magnitude lower than typical concentrations observed at the K-T boundary (5 to 80 ng.g $^{-1}$).

5. DISCUSSION. — Our results confirm the measurements of Asaro *et al.* [7] and Clark *et al.* [8] but are however in total disagreement with the 2 ng.g $^{-1}$ claimed by Sun *et al.* [9] and Xu *et al.* [10].

The absence of iridium anomaly in the section of Changxing clearly shows that there is no copious amount of extraterrestrial material at the P-Tr boundary in China. This does not mean that a cosmic origin for the P-Tr extinction is excluded. A very high velocity small bolide and/or a body containing a high proportion of water could produce dramatic climatic disturbances without strong extraterrestrial signature. However, a purely terrestrial origin is the simplest explanation that should presently be considered. A strong volcanic activity is a good candidate. Siberian traps have the same age as the Permian-Triassic boundary; this is perhaps not a mere coincidence. So, if a cosmic origin for the K-T boundary event seems to be a reasonable, although questionable, assumption a systematic causal link between the main biological crises and cosmic catastrophes is far from being demonstrated.

1. INTRODUCTION. — L'étude des crises biologiques au cours des temps géologiques a donné lieu à de nombreuses hypothèses souvent controversées. Récemment, la découverte de fortes teneurs en éléments sidérophiles à la limite Crétacé-Tertiaire a relancé la vogue des hypothèses catastrophistes : la présence de ces éléments pourrait être le résultat de la collision avec la Terre d'un ou plusieurs bolides cosmiques (astéroïdes ou comètes [1], [2]). Une origine purement terrestre ne peut pas être écartée ([3], [4]), mais le mécanisme proposé pour expliquer la dispersion à la surface de la Terre de 10 18 g de matière faiblement différenciée d'origine mantélique demeure hypothétique. Par contre, l'occurrence de collisions cosmiques n'a pas besoin d'être démontrée; sur la Terre, plusieurs dizaines de cratères d'impact ont été identifiés. Ce type de catastrophe serait même, selon certains auteurs, responsable des principales crises biologiques [5].

Cette hypothèse peut faire l'objet de tests observationnels directs : les sédiments déposés pendant les périodes de crise devraient porter une empreinte extraterrestre et présenter,

comme ceux de la limite Crétacé-Tertiaire, des teneurs anormalement élevées en platinoïdes, éléments très rares dans les sédiments usuels.

Pour la vérification de cette hypothèse, la limite Permien-Trias présente un intérêt particulier car elle est caractérisée par la crise biologique la plus dévastatrice [6] ayant affecté le milieu marin pendant le Phanérozoïque.

Les résultats contradictoires concernant deux sections de la Chine du sud [7] à [10] nous ont incités à procéder à de nouvelles analyses. En mars 1987, nous avons prélevé des échantillons dans le site protégé de Meishan, dans le comté de Changxing, où se trouve exposée une des meilleures coupes de la transition Permien-Trias [11]. Dans ce qui suit, nous présentons les résultats du dosage de l'iridium qui est considéré comme le marqueur le plus sûr de matière extraterrestre.

2. DOSAGE DE L'IRIDIUM. — Ce dosage est fait par activation neutronique instrumentale. La détermination précise de la teneur en iridium est réalisée avec deux spectromètres γ détectant en coïncidence les raies de 316 et 468 keV émises en cascade lors de la désintégration de l' ^{192}Ir . Cette méthode permet d'obtenir une grande sensibilité et une identification certaine de l'iridium car elle élimine tout risque d'interférence avec d'autres éléments.

Pour calibrer nos mesures nous utilisons un étalon en aluminium contenant 5,2 ppm d'iridium.

3. DESCRIPTION DU SITE ET MINÉRALOGIE. — La section D des carrières de Baoqing, en République Populaire de Chine, est située près de la Ville de Meishan, comté de Changshing, dans la province de Zhejiang à environ 119° Est et 32° Nord. Elle a été choisie comme stratotype de l'étage sommital du Permien chinois : le Changhsingien [11]. C'est ce profil qui a été échantillonné pour l'étude présentée ici (*fig.*).

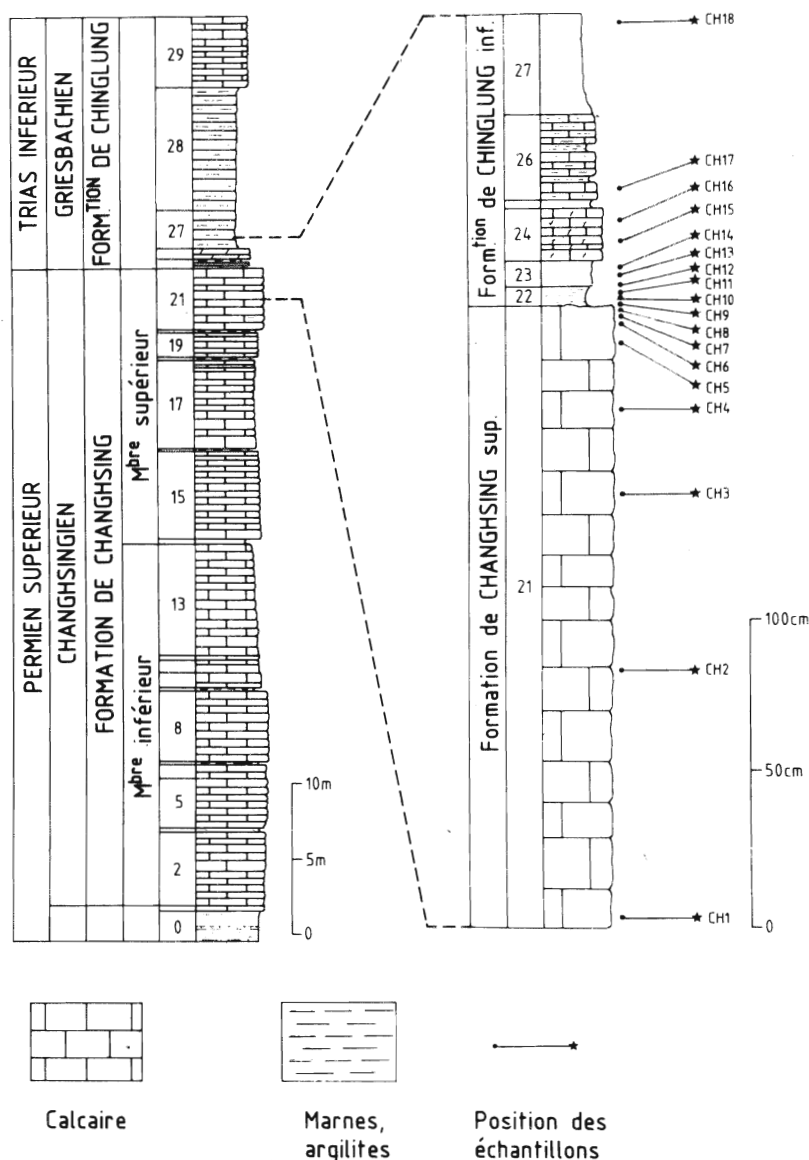
Le niveau 21 (échantillons CH1 à CH9) représente le sommet de la formation de Changshing. Il s'agit d'un calcaire siliceux sombre en bancs décimétriques, riche en débris squelettiques fins. Le microfaciès principal est un packstone finement laminé à foraminifères benthiques et ostracodes. La microfaune à *Colaniella parva* et *Paléofusulina sinensis* est caractéristique du sommet du Permien, âge confirmé par la présence des genres *Pseudotirolites* et *Pleuronodoceras* (Ammonoïdea, [13]) de la dernière biozone permienne. La surface supérieure de ce niveau est irrégulière et présente les caractères d'une surface durcie ferrugineuse (goethite, hématite).

Le niveau 22, base de la formation de Chinglung [11], est une argilite peu indurée riche en smectite, de couleur claire (échantillons CH 10 et 11). D'après Sun et coll. [9], c'est ce niveau qui contiendrait des teneurs anormales en Ir et Pt. Baud et coll. [12] pensent qu'une lacune pourrait exister à la base de ce niveau.

Le niveau 23 (échantillons CH 12 à CH 14) est une marne argileuse qui a livré, d'après Zhao et coll. [13] et Sheng et coll. [11], des *Hypophyceras*, des *Glyptophyceras* et des Otoceratidés? (Ammonoïdes triasiques) ainsi que des brachiopodes à caractères permien.

Le niveau 24 (échantillons CH 15 et 16) est une marne calcaire beige en petits bancs centimétriques. Il contient une microfaune appauvrie de petits foraminifères à cachet permien à la base et, d'après Zhao et coll. [13] encore des brachiopodes de type permien.

Le niveau 25 est un interlit argileux clair surmonté par le niveau 26 (échantillon CH 17) qui consiste en une alternance décimétrique de marnes et d'argilite. Ici, des *Claraia* triasiques apparaissent en nombre, de même que le genre *Ophiceras* (Ammonoïdea) caractéristique de la deuxième zone du Trias inférieur téthysien.



Colonne stratigraphique de la coupe de Meishan, Changhsing.

Stratigraphic log of the Meishan section, Changxing.

A partir du niveau 27, on trouve des couches essentiellement argileuses sur plus d'une dizaine de mètres d'épaisseur. Nous avons noté la présence de dolomite au-delà de l'échantillon CH 18.

4. RÉSULTATS (tableau). — Dans la limite de sensibilité de notre appareillage ($1\sigma = 0,007$ à $0,050 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$), nous n'avons détecté aucune trace significative d'iridium dans les 18 échantillons analysés. L'ensemble des mesures est compatible avec une valeur moyenne commune de $0,013 \pm 0,004 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ($\chi^2 = 21,7$ pour 17 degrés de liberté). Cette valeur est de deux à trois ordres de grandeur inférieure à celles mesurées dans les argiles de la limite Crétacé-Tertiaire (5 à $80 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$).

TABLEAU

Distribution de l'iridium dans la coupe de Meishan. Colonne 1, identification de l'échantillon. Colonne 2, position des échantillons par rapport à la limite Permien-Trias stratigraphique, base de la formation de Chinglung. Colonne 3, teneur en iridium en $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Les valeurs négatives proviennent des fluctuations statistiques introduites par la soustraction du bruit de fond instrumental. Colonne 4, incertitude sur la teneur en iridium (1σ).

Iridium concentration at Meishan locality. Column 1, Sample identification. Column 2, sample position from the base of Chinglung formation. Column 3, iridium content in $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Negative values result from background subtraction. Column 4, iridium measurement accuracy (1σ).

Référence de l'échantillon	Position (cm)	Teneur (ng/g)	Err. Teneur (ng/g)
CH 18	+100 ($\pm 2,5$)	-0,020	0,038
CH 17	+35 à +41	0,003	0,020
CH 16	+25 à +30	0,013	0,054
CH 15	+19 à +25	0,016	0,035
CH 14	+12 à +17	0,033	0,011
CH 13	+9 à +12	0,003	0,032
CH 12	+6 à +9	-0,002	0,030
CH 11	+3 à +6	0,050	0,038
CH 10	0 à +3	-0,028	0,020
CH 9	$\pm 0,25$	0,015	0,026
CH 8	-3 à 0	0,026	0,012
CH 7	-1,5 à 0	0,006	0,015
CH 6	-3 à -9	0,017	0,007
CH 5	-15 ($\pm 2,5$)	-0,005	0,024
CH 4	-33 ($\pm 2,5$)	-0,008	0,008
CH 3	-60 ($\pm 2,5$)	0,013	0,030
CH 2	-120 ($\pm 2,5$)	0,020	0,015
CH 1	-200 ($\pm 2,5$)	-0,012	0,012

5. DISCUSSION. — L'absence d'anomalie significative en iridium à la limite Permien-Trias du site de Changhsing montre qu'il n'existe pas dans cette section de trace évidente de matière extraterrestre. Nos mesures infirment les résultats publiés par Sun et coll., et Xu et coll., qui disent avoir trouvé dans le niveau de base des sections de Meishan [9] et Shangsi (province de Sichuan [10]) des teneurs en iridium de l'ordre de $2\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Notre échantillonnage ne semble pas en cause car nos prélèvements ont été faits d'une façon quasi-continue entre -20 cm (CH 5) et $+40\text{ cm}$ (CH 17) de part et d'autre de la limite stratigraphique. Il semble plutôt que l'incohérence des résultats soit imputable à la méthode instrumentale qui, dans les deux dernières références citées, était beaucoup moins précise (limite de détection : $0,5\text{-}0,6\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) que celle que nous avons utilisée.

L'absence de matière extraterrestre ne signifie pas forcément que l'hypothèse d'une origine cosmique à l'extinction du Permien-Trias soit totalement inacceptable. En effet, la collision à très grande vitesse d'un corps cosmique de petite taille et/ou contenant, comme les comètes, une forte proportion de glace, pourrait avoir des effets sur la biosphère aussi catastrophiques que l'événement de la fin du Crétacé sans laisser de signature cosmique évidente. A énergie libérée égale l'empreinte cosmique serait alors beaucoup moins importante. Toutefois, l'absence totale de la moindre concentration anormale d'iridium suggère plutôt une origine purement terrestre. Un phénomène volcanique pourrait rendre compte de la présence dans les argiles du niveau CH 10 d'une forte proportion de smectite, produit normal d'altération des verres volcaniques. Le fait que

la mise en place des « traps » sibériens se soit produite sensiblement à la même époque n'est peut-être pas le résultat d'une simple coïncidence [14].

Donc, la crise biologique de la limite Permien-Trias ne reçoit pas d'explication évidente dans le cadre des collisions cosmiques.

En ce qui concerne les autres crises biologiques les résultats sont tout aussi décevants. Les études des limites Ordovicien-Silurien [15] et Frasnien-Famennien [16] ont été négatives. Un enrichissement en iridium a été noté à la limite Précambrien-Cambrien [17] mais le caractère global de cette anomalie n'est, pour l'instant, pas confirmé. Des traces de matière météoritique existent dans des niveaux du Pliocène [18], de l'Éocène [19] et du Jurassique ([20], [21]), mais ne semblent pas être dues à des catastrophes globales.

Donc, dans l'état actuel de nos connaissances, on peut dire que seule la crise biologique de la limite Crétacé-Tertiaire semble avoir été provoquée par une catastrophe cosmique. L'implication systématique des phénomènes astronomiques dans les grandes crises biologiques ne doit donc être considérée que comme une simple hypothèse.

Contribution C.F.R. n° 939.

Note reçue le 27 mars 1988, acceptée le 27 avril 1988.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] L. W. ALVAREZ, W. ALVAREZ, F. ASARO et H. V. MICHEL, *Science*, 208, 1980, p. 1095-1108.
- [2] K. HSÜ, *Nature*, 285, 1980, p. 201-203.
- [3] V. E. COURTILOT, *Eos*, 68, 1987, p. 193-200.
- [4] A. HALLAM, *Science*, 238, 1987, p. 1237-1242.
- [5] P. HUT, A. ALVAREZ, W. P. ELDER, T. HANSEN, E. G. KAUFFMAN, G. KELLER, E. M. SHOEMAKER et P. R. WEISSMAN, *Nature*, 329, 1987, p. 118-126.
- [6] J. J. SEPKOSKI, *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 190, 1982, p. 283-289.
- [7] F. ASARO, L. W. ALVAREZ, W. ALVAREZ et H. V. MICHEL, *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 190, 1982, p. 517-528.
- [8] D. L. CLARK, WANG CHENG-YUAN, C. J. ORTH et J. S. GILMORE, *Science*, 223, 1986, p. 984-986.
- [9] SUN YI-YING, CHAI ZHI-FANG, MA SHU-LAN, MAO XUE-YING, XU DAO-YI, ZHANG QIN-WEN, YANG ZHENG-ZHONG, SHENG JIN-ZHANG, CHEN CHU-ZHEN, RUI LIN, LIANG XI-LUO, ZHAO JIA-MING et HE JIN-WEN, *Development in Geoscience*, Academia Sinica, 1984, p. 235-245.
- [10] XU DAO-YI, MA SHU-LAN, CHAI ZHI-FANG, MAO XUE-YING, SUN YI-YING, ZHANG QIN-WEN et YANG ZHENG-ZHONG, *Nature*, 314, 1985, p. 154-156.
- [11] SHENG JIN-ZHANG, CHEN CHU-ZHEN, WANG YI-GANG, RUI LIN, LIAO ZHUO-TING, YUJI BANDO, KEN-ICHI ISHII, KEIJI NAKAZAWA et KOJI NAKAMURA, *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, IV, 21 n° 1, 1984, p. 133-181.
- [12] A. BAUD, M. MAGARITZ et W. T. HOLSER, *Geol. Rundschau*, 1988 (sous-presses).
- [13] ZHAO JIN-KE, SHENG JIN-ZHANG, YAO ZHAO-QI, LIANG XI-LUO, CHEN CHU-ZHEN, RUI LIN et LIAO ZHUO-TING, *Bulletin of Nanjing institute of geology and paleontology*, Academia Sinica, 2, 1981, p. 58-128.
- [14] V. E. COURTILOT et J. BESSE, *Science*, 237, 1987, p. 1140-1147.
- [15] C. J. ORTH, J. S. GILMORE, L. R. QUINTANA et P. M. SHEEHAN, *Geology*, 14, 1986, p. 433-436.
- [16] P. E. PLAYFORD, D. J. MCLAREN, C. J. ORTH, J. S. GILMORE et W. D. GOODFELLOW, *Science*, 226, 1984, p. 437-439.
- [17] K. J. HSÜ, H. OBERHÄNSLI, J. Y. GAO, S. SHU, C. HAIHONG et U. KRÄHENBÜHL, *Nature*, 316, 1985, p. 809-811.
- [18] F. T. KYTE, Z. ZHOU et J. T. WASSON, *Nature*, 288, 1980, p. 417-420.
- [19] W. ALVAREZ, F. ASARO, H. V. MICHEL et L. W. ALVAREZ, *Science*, 216, 1982, p. 886-888.
- [20] R. ROCCHIA, D. BOCLET, Ph. BONTÉ, A. CASTELLARIN et C. JÉHANNO, *J. Geophys. Res.*, 91, B13, 1986, E259-E262.
- [21] W. BROCHWICZ-LEWINSKI, A. GASIEWICZ, S. SUFFCZYNSKI, K. SZATKOWSKI et M. ZBIK, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 299, série II, 1984, p. 1359-1362.

D. B. : Service d'Astrophysique, C.E.N. Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex ;

A. B. : Musée géologique, Palais de Rumine, CH. 1005, Lausanne, Suisse ;

Ph. B., C. J. et R. R. : Centre des Faibles Radioactivités, Laboratoire mixte C.E.A.-C.N.R.S., Domaine du C.N.R.S., 91190 Gif-sur-Yvette.