

Sedimentology, geochemistry and mineralogy of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM) : sediment records from Egypt, India and Spain

Hassan Mohamed Ahmed Khozyem SALEH ; 2013

Supervisor: Dr. Thierry Adatte (ISTE)

La transition Paléocène-Eocène (55,8±0,2 Ma) est marquée par un réchauffement extraordinaire communément appelé « Paleocene-Eocene Thermal Maximum » (PETM).

Les données géochimiques caractérisant les sédiments marins et continentaux de cette période indiquent que ce réchauffement a été déclenché par une augmentation massive de CO₂ liée à la déstabilisation des hydrates de méthane stockés le long des marges océaniques. L'étude des événements PETM constitue donc un bon analogue avec le réchauffement actuel. Le volume de CO₂ émis durant le PETM est comparable avec le CO₂ lié à l'activité actuelle humaine. La compréhension des causes du réchauffement du PETM peut être cruciale pour prévoir et évaluer les conséquences du réchauffement anthropogénique, en particulier les répercussions d'un tel réchauffement sur les domaines continentaux et océaniques. De nombreux facteurs entrent en ligne de compte dans le cas du PETM, tels que la paléogéographie, la paléotopographie et les paléoenvironnements. Pour mieux comprendre les réponses environnementales aux événements du PETM, 2 types d'environnements ont été choisis : (1) le domaine marin ouvert mais relativement peu profond (Wadi Nukhul, Sinai, Dababiya, Luxor, Egypte), (2) le milieu continental marécageux humide (mines de lignite, Inde) et fluvatile, semi-aride (Esplugafreda, Pyrénées espagnoles).

Dans le domaine marin, le PETM est caractérisé par des excursions négatives du $\delta^{13}\text{C}_{\text{car}}$ et $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ et un shift persistant des valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ à ~ 0 ‰ indiquant une forte activité des organismes (bactéries) fixant l'azote. La diminution des carbonates observée durant le PETM peut être due à des phénomènes de dissolution ou une augmentation des apports terrigènes. Des taux élevés en Ti, K et Zr et une diminution des montants de Si, reflétés par des valeurs des indices d'altération (CIA) qui coïncident avec une augmentation significative des apports de kaolinite impliquent une altération chimique accrue, du fait de conditions plus humides au début du PETM. Deux événements anoxiques globaux ont été mis en évidence durant le PETM. Le premier, situé dans la partie inférieure du PETM, serait lié à la libération des hydrates de méthane stockés le long des talus continentaux et ne correspond pas à des variations significatives des éléments sensibles aux changements de conditions redox. Le second est caractérisé par une augmentation des éléments U, Mo, V et Fe et la présence de petit frambois de pyrite dont la taille varie entre 2 et 5 µm. Le second épisode anoxique est caractérisé par une forte augmentation des éléments sensibles aux changements de la productivité (Cu, Ni et Co), indiquant une augmentation de la productivité dans les eaux de surface. Les données obtenues mettent en évidence le rôle crucial joué par l'altération et les apports en nutriments qui en découlent. Ces paramètres sont cruciaux pour la succession des événements qui ont conduit au PETM, et plus particulièrement l'augmentation de la productivité dans la phase de récupération.

Durant le PETM, le milieu continental est caractérisé par l'établissement de conditions humides qui ont facilité voir provoqué la migration des mammifères modernes qui ont suivi le déplacement de ces ceintures climatiques. L'âge de cette migration est basé sur des arguments chimiostratigraphiques (isotopes stables), biostratigraphiques et paléomagnétiques. Les données bibliographiques ainsi que celles que nous avons récoltées en Inde, montrent que les mammifères modernes ont d'abord migré depuis l'Asie vers l'Europe, puis dans le continent Nord-américain. Ces derniers ne sont arrivés en Inde que plus tardivement, suggérant que le temps de leur migration est lié à la collision Inde-Asie. Dans le Nord-Est de l'Espagne (Esplugafreda), la réponse du milieu continental aux événements PETM est assez différente. Comme en Inde, deux excursions significatives en $\delta^{13}\text{C}$ ont été observées. La première correspond au PETM et la seconde est corrélée avec l'optimum thermique de l'Eocène précoce (ETM2). Les isotopes stables de l'oxygène mesurés [sur] 2 différents types de nodules calcaires provenant de paléosols suggèrent une augmentation de 10°C pendant le PETM. Une augmentation simultanée des taux de kaolinite indique une intensification de l'altération chimique et/ou de l'érosion de sols adjacents. Ces résultats démontrent que le PETM coïncide globalement avec des variations climatiques extrêmes qui sont très aisément reconnaissables dans les dépôts continentaux.