

## Abstract

The Early Triassic epoch (252–247 Ma) is characterized by major carbon cycle perturbations evidenced through some of the largest carbon isotope excursions in the Phanerozoic. The Permian-Triassic mass extinction, which is considered the largest extinction in Earth's history, precedes this epoch and is thought to have triggered this series of carbon isotope excursions. Understanding changes in carbon cycling in the geological past is essential as it can help predict and mitigate the effects of ongoing and future climate change. This thesis focuses on the organic carbon cycle perturbations of the Smithian-Spathian substages (250–247 Ma). The Smithian-Spathian transition is marked by global cooling, a positive  $\delta_{13}\text{C}$  excursion, biological radiations and extinction pulses of marine organisms as well as a shift in terrestrial vegetation. This study concentrates on developing our understanding of the mechanisms controlling atmospheric carbon emissions and sequestration by applying both organic and inorganic geochemical proxies and combining these results with insights from other research in palynology, paleontology, and numerical modeling. This study shows that atmospheric carbon concentrations were high within the middle Smithian following modeled reconstructions of  $\delta_{13}\text{C}_{\text{phytane}}$ . Compound specific isotope analysis on long-chained n-alkanes  $\delta_{13}\text{C}_{25,27,29}$  indicate that negative  $\delta_{13}\text{C}$  terrestrial input (e.g., methane) must have been an atmospheric carbon source.  $\delta_{13}\text{C}_{\text{n-alkanes}}$  further demonstrate that carbon sequestration took place in the late middle Smithian preceding the global temperature decrease. Initially, carbon was primarily being sequestered into the deep ocean dissolved inorganic and organic carbon pool via the enhanced efficiency of the biological carbon pump. It was not until the late Smithian that increased organic carbon burial became evident in the sedimentary record in low- to mid-latitude settings. Increased organic carbon burial was likely linked to marine bottom water anoxia causing enhanced release of phosphorus back into the water column, which increased primary productivity and affected the biological carbon pump. In the late Smithian substage the change in terrestrial vegetation and paleoenvironmental conditions caused changes in the terrestrial carbon cycle, for example, the decline in low  $\delta_{13}\text{C}$  terrestrial carbon input to the atmosphere. Decreasing temperatures likely led to the formation of permafrost soils forming a further pool for carbon sequestration. In the Spathian organic carbon-rich sediments declined in low-mid latitudes settings and increased organic carbon burial in mid-high latitude settings can be observed. With these findings, this study provides a more detailed picture of the carbon cycle by reconstructing possible reservoirs, sources, and fluxes of carbon in a time characterized by global cycle perturbations and ecological crises.

## Abstract Scientifique

Le Trias inférieur (252-247 Ma) est caractérisé par des perturbations majeures du cycle du carbone, mises en évidence par des variations des isotopes de carbone qui sont parmi les plus importantes du Phanérozoïque. L'extinction Permien-Trias, aujourd'hui considérée comme l'extinction la plus massive dans l'histoire de la Terre, précède cette époque et serait à l'origine de cette série de variations des isotopes de carbone. Il est essentiel de comprendre les changements du cycle du carbone dans le passé géologique, car cela peut contribuer à anticiper et à atténuer potentiellement les effets du changement climatique actuel et futur. Cette thèse porte sur les perturbations du cycle du carbone dans les sous-étages stratigraphiques du Smithien et du Spathien (250-247 Ma). La transition du Smithien au Spathien est marquée par un refroidissement du globe, une excursion positive de  $\delta_{13}\text{C}$ , la radiation biologique, des vagues d'extinction d'organismes marins et un changement de la végétation terrestre. Cette étude vise à améliorer notre compréhension des mécanismes régissant les émissions et la séquestration atmosphériques de carbone en appliquant des méthodes géochimiques organiques et inorganiques et en associant les conclusions aux résultats d'autres recherches en palynologie, en paléontologie et en modélisation numérique. Sur la base de reconstructions modélisées de  $\delta_{13}\text{C}_{\text{phytane}}$ , cette étude montre que les concentrations de carbone atmosphérique étaient élevées au Smithien moyen. L'analyse isotopique spécifique aux composés de n-alcanes à chaîne longue  $\delta_{13}\text{C}_{25,27,29}$  indique que l'apport terrestre négatif en  $\delta_{13}\text{C}$  (notamment le méthane) est lié à une source de carbone atmosphérique.  $\delta_{13}\text{C}_{\text{n-alcanes}}$  montre également que la séquestration du carbone a commencé vers la fin du Smithien moyen, avant la baisse de la température globale. À l'origine, le carbone était piégé avant tout dans le réservoir de carbone inorganique et organique dissous des fonds marins grâce à la meilleure efficacité de la pompe biologique du carbone. Ce n'est qu'au Smithien supérieur que l'augmentation de l'enfouissement du carbone organique s'est manifesté dans les relevés sédimentaires des latitudes basses à moyennes. L'augmentation de l'enfouissement du carbone organique est probablement liée à l'anoxie des eaux de fond marines, qui a entraîné une libération accrue de phosphore dans la colonne d'eau, ce qui a conduit à une augmentation de la productivité primaire et affecté la pompe biologique du carbone. Au Smithien supérieur, l'évolution de la végétation terrestre et des conditions paléoenvironnementales a entraîné des changements dans le cycle terrestre du carbone, par exemple la baisse de l'apport terrestre négatif en  $\delta_{13}\text{C}$  dans l'atmosphère. La baisse des températures aurait conduit à la création du pergélisol, qui constitue un nouveau réservoir pour la séquestration du carbone. Au Spathien, les sédiments riches en carbone organique des latitudes basses à moyennes ont diminué, tandis que l'enfouissement du carbone organique des latitudes moyennes à hautes a augmenté. Grâce à ces observations, cette étude offre un tableau plus détaillé du cycle du carbone en reconstruisant les réservoirs, les sources et les flux possibles du carbone dans une période marquée par des perturbations du cycle global et des crises écologiques.