

La faune de notongulés (Mammalia) de l'Oligocène supérieur de Salla (Bolivie) : phylogénie et affinités d'un groupe d'ongulés endémiques du Tertiaire d'Amérique du Sud

Thèse soutenue par : Guillaume BILLET

le 12 décembre 2008

Résumé :

Les notongulés constituent un groupe fossile de mammifères ongulés endémiques d'Amérique du Sud au Cénozoïque. Très représenté dans les archives fossiles, ce groupe demeure pourtant une vaste énigme quant à la question de ses origines. C'est pourquoi ce travail de thèse a pour but majeur d'éclaircir les relations de parenté au sein des notongulés et les relations du groupe avec d'autres mammifères placentaires en prenant pour base l'étude de leur anatomie crânienne et dentaire.

Dans un premier temps, les travaux menés sur la faune de notongulés de Salla ont permis de collecter de nombreuses données sur l'anatomie cranio-dentaire des notongulés. Deux nouvelles espèces de notongulés tyothériens sont décrits : *Trachytherus alloxus* et *Archaeohyrax suniensis*. Dans ce travail, l'accent est notamment mis sur l'étude de la succession des stades d'usure des dents jugales dont l'apport s'avère essentiel pour la délimitation de certaines espèces proches. De nouvelles hypothèses sont proposées sur les relations phylogénétiques des tyothériens mésothériidés et archéohyracidés : l'idée selon laquelle le plus petit clade incluant tous les archéohyracidés et hégétothéridés inclut également les mésothériidés est ici défendue.

Dans la foulée des études anatomiques des notongulés de Salla, l'intérêt a été porté sur leur forte hypsodontie. L'étude des micro-usures montre que le patron est dominé par de fines stries parallèles, avant tout signe d'une mastication de type horizontale. La discussion ne permet pas de conclure à une cause évidente d'abrasion dentaire chez les notongulés hypsodontes de l'Oligocène.

Dans un second temps, une analyse phylogénétique a été menée sur un large échantillon de notongulés plus quelques autres ongulés sud-américains : *Litopterna*, *Astrapotheria* et *Pyrotherium* dont le crâne est redécrit ici. L'analyse inclut 60 taxons et 137 caractères anatomiques. Parmi les résultats majeurs, elle présente un clade regroupant les astrapothères, notongulés et *Pyrotherium*. Ce clade est notamment supporté par la présence de lophes communs sur les molaires supérieures et par la fusion du foramen ovale avec la fenêtre piriforme. L'analyse ne permet pas d'identifier une relation privilégiée des *Litopterna* avec ce clade. Par ailleurs, une liste conséquente de synapomorphies pour les Notoungulata est fournie. L'analyse supporte également l'inclusion de *Pyrotherium* au sein même des notongulés. Plus précisément, *Pyrotherium* forme ici un clade à divergence précoce en compagnie de *Notostylops*. La monophylie des deux grands clades de notongulés *Tyotheria* et *Toxodontia* est retrouvée. De nouvelles phylogénies au sein des *Toxodontia* sont proposées. L'ensemble de ces résultats est discuté. L'inclusion des pyrothères au sein des notongulés est défendue.

Mots-clés : Notoungulata, Déséadien, Salla, anatomie, crâne, *Pyrotherium*, analyse phylogénétique, Meridiungulata.

The late Oligocene notoungulate (Mammalia) fauna from Salla (Bolivia) : phylogeny and affinities of a South American endemic ungulate group

Abstract :

Notoungulata is a Tertiary group of South American endemic ungulate mammals. Although its members are well-represented in the fossil record, the origin of this group remains largely enigmatic. The present study aims to shed light on the relationships among Notoungulata and on their links with some other placental mammals from the study of their dental and cranial anatomy.

Firstly, studies on Salla notoungulate fauna allowed collecting numerous new data on notoungulate dento-cranial anatomy. Two new tyotherian notoungulate species are described: *Trachytherus alloxus* and *Archaeohyrax suniensis*. This work also emphasizes that using the succession of dental wear stages is a very useful tool to differentiate between species. New phylogeny on the tyotherian mesotheriids and archaeohyracids is proposed: the less inclusive clade including all archaeohyracids and hegetotheriids also includes mesotheriids.

To complete the study of the Salla fauna, the precocious hypsodonty of notoungulates is studied from the dental microwear analysis of Salla notoungulates cheek teeth. The pattern observed is mostly composed of fine parallel scratches suggesting a horizontal chewing pattern.

Secondly, a large-scaled phylogenetic analysis has been performed on a large sample of notoungulates and a few other South American ungulates: *Litopterna*, *Astrapotheria* and *Pyrotherium* whose skull is redescribed here. The analysis includes 60 taxa and 137 anatomical characters. Among major results, it presents a clade clustering *astrapotheres*, *Pyrotherium* and notoungulates. This clade is notably supported by the shared presence of lophs on upper molars and by the merging of the foramen ovale with the piriform fenestra. The relationships of the *Litopterna* relative to this clade are uncertain. A consequent list of synapomorphies for the Notoungulata is established. The analysis also supports the inclusion of *Pyrotherium* within Notoungulata, in an early diverging clade with *Notostylops*. The two traditional clades Tyotheria and Toxodontia appear as monophyletic. New phylogenies among Toxodontia are also proposed. All these results are extensively discussed and the inclusion of *Pyrotherium* within Notoungulata is defended.

Analyse à trois éléments et anatomie du bois des Fagales Engl.

Thèse soutenue par : Nathanaël CAO

le 28 octobre 2008

Résumé :

L'analyse à trois éléments est née dans le but d'améliorer l'analyse cladistique de parcimonie, au cours des années quatre-vingt dix (Nelson et Platnick, 1991 ; Nelson et Ladiges, 1992a). Elle se veut maintenant une théorie générale de la systématique redéfinissant des concepts aussi généraux que l'homologie, en revenant aux sources de ces définitions. Cette thèse essaye d'étendre ces concepts, d'en définir de nouveaux, de fournir des méthodes propres à cette théorie et de les valider par une application biologique. Trois principaux points sont détaillés : la recherche des cladogrammes en utilisant le critère de compatibilité, l'arbre d'intersection constituant une nouvelle façon de construire un arbre de résumé et une nouvelle façon d'interpréter les caractères fondée sur les notions, auparavant appliquées à d'autres domaines, de paralogie et d'orthologie.

Ces nouveaux concepts et méthodes ont été implémentés dans le programme Nelson05, dont la réalisation a été possible grâce à la collaboration établie au sein du Laboratoire Informatique et Systématique avec Jacques Ducasse. Ce programme est utilisé dans la deuxième partie de cette thèse concernant la phylogénie des Fagales Engl.

La pertinence des caractères du bois dans le but de la reconstruction phylogénétique est discutée à la lumière des développements théoriques présentés. Nous montrons qu'il est difficile de proposer des homologies mettant en relation des structures anatomiques du bois, que les caractères du bois sont insuffisants et inadéquats pour construire des cladogrammes vraisemblables et, finalement, que la notion de bois elle-même devrait être réévaluée.

Mots clé : analyse à trois éléments, cladistique, phylogénie, homologie, arbre d'intersection, anatomie du bois, Fagales Engl.

Les cétiosaures (Dinosauria, Sauropoda) et les sauropodes du Jurassique moyen: révision systématique, nouvelles découvertes et implications phylogénétiques

Thèse soutenue par : Emilie LÄNG

le 30 septembre 2008

Résumé :

Les Cetiosauridae (Dinosauria, Sauropoda) et plus généralement les sauropodes du Jurassique moyen, méconnus et sous-représentés dans les analyses phylogénétiques, demeurent l'un des groupes les plus énigmatiques de ces dinosaures herbivores.

La révision des sauropodes du Jurassique moyen des collections du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, provenant de Madagascar (*Bothriospondylus madagascariensis* et *Lapparentosaurus madagascariensis*) et du Maroc (?*Cetiosaurus mogrebiensis*), ainsi que la description de nouveaux taxons, *Chebsaurus algeriensis* du Callovien d'Algérie et une forme nouvelle non nommée du Bathonien du Calvados (France), constituent une source d'informations considérables et permettent de mieux comprendre l'anatomie, la biodiversité et l'évolution des sauropodes de cette époque. Elles fournissent de nouveaux caractères anatomiques et permettent surtout de redéfinir avec plus de précision les états de caractères utilisés dans les précédentes analyses cladistiques, pour une meilleure approche de la phylogénie des sauropodes, notamment ceux du Jurassique moyen.

Deux analyses phylogénétiques ont été réalisées sur la base de 237 caractères ostéologiques contrôlés sur 43 taxons pour la première et 39 pour la seconde. Quand tous les taxons sont considérés, l'analyse phylogénétique n'apporte aucun résultat probant. L'exclusion de quatre taxons peu connus conduit à 16 arbres parcimonieux (479 pas ; CI=0,53 ; RI=0,73) dont l'arbre du consensus strict est, dans ses grands traits, congruent avec celui des analyses cladistiques précédentes mais fournit aussi de nouvelles hypothèses concernant les relations phylogénétiques des sauropodes du Jurassique moyen.

Les Cetiosauridae, comme définis ces vingt dernières années, se retrouvent paraphylétiques et sont associés, de plus, à une importante multifurcation comprenant ?*Cetiosaurus mogrebiensis*, *Cetiosaurus oxoniensis* de l'Oxfordshire, *Chebsaurus*, *Ferganasaurus* et *Lapparentosaurus* ; ainsi, le terme « cétiosauridé » devra être évité à l'avenir et ces sauropodes devront être considérés comme des eusauropodes non néosauropodes. De plus, deux sauropodes du Jurassique moyen se retrouvent en position plus dérivée comme des néosauropodes au sein des Camarasauromorpha basaux : *Atlasaurus* et le spécimen du Calvados.

L'irrésolution observée pour les eusauropodes cités précédemment pourrait être expliquée par les nombreuses données manquantes mais aussi et surtout par l'incongruence des caractères qui concerne ces sauropodes du Jurassique moyen. Cette incongruence pourrait être le résultat d'une radiation évolutive qui aurait suivie l'extinction due à la crise du Pliensbachien-Toarcien et/ou qui serait le reflet du démantèlement de la Pangée.

Mots-clés : Dinosauria, Sauropoda, Jurassique moyen, systématique, phylogénie.

The « cetiosaurs » (Dinosauria, Sauropoda) and the Middle Jurassic sauropods : systematic revision, new finds and phylogenetical implications

Abstract :

etiosauridae (Dinosauria, Sauropoda) and other Middle Jurassic sauropods, misunderstood and usually underrepresented in previous cladistic analyses, represent one of the most enigmatic groups of these herbivorous dinosaurs.

The revision of Middle Jurassic sauropods housed in the Muséum National d'Histoire Naturelle of Paris (the Malagasy *Bothriospondylus madagascariensis* and *Lapparentosaurus madagascariensis*, and the Moroccan ?*Cetiosaurus mogrebiensis*), and the description of two new taxa (*Chebsaurus algeriensis* from the Callovian of Algeria and a new specimen from the Bathonian of the Calvados, France) constitute a source of significant data and shed new light on the Middle Jurassic sauropod biodiversity. They provide new anatomical data, allow more precise definition of the character states of previous cladistic analyses and are helpful for a better knowledge of the sauropod phylogeny, particularly for the Middle Jurassic epoch.

Two phylogenetical analyses based on a data matrix including 237 osteological characters checked at first in 43 taxa, and next in 39 taxa have been performed. No convincing resolution is reached when all taxa are included in the analysis. The exclusion of four badly known taxa leads to 16 most parsimonious trees (479 steps; CI=0,53; RI=0,73). The strict consensus tree of this reduced analysis is quite congruent with the previous cladistic analyses but provides new hypotheses concerning the phylogenetical relationships of Middle Jurassic sauropods.

The Cetiosauridae, as they are defined these last twenty years, are paraphyletic and are associated with a large polytomy enclosing ?*Cetiosaurus mogrebiensis*, *Cetiosaurus oxoniensis* from Oxfordshire, *Chebsaurus*, *Ferganasaurus* and *Lapparentosaurus*; thus, the “cetiosaurid” term have to be avoided and these sauropods have to be considered as non neosauropod eusauropods. Moreover, two Middle Jurassic sauropods are in a derived position within basal Camarasauromorpha neosauropods: *Atlasaurus* and the new specimen from Calvados.

Moreover, the above-mentioned eusauropod polytomy could be explained by numerous missing data and also by the incongruence of characters for the Middle Jurassic sauropods, which could be the result of an evolutive radiation that could succeed the extinction at the end of the Early Jurassic (Pliensbachian-Toarcian) and/or that could be linked to the Pangea break-up.

Key-words: Dinosauria, Sauropoda, Middle Jurassic, systematics, phylogeny.

Micropaléontologie et géochimie organique du bassin côtier congolais au Crétacé supérieur : paléoécologie des foraminifères, espèces et associations indicatrices des paléoenvironnements des roches mères pétrolières

Thèse soutenue par : Jean Nazaire MBANI

le 14 avril 2008

Résumé :

Une approche intégrant les données diagraphiques, lithologiques, micropaléontologiques, géochimiques organiques globales et statistiques a été menée sur les échantillons provenant de 6 forages pétroliers implantés en domaines de plate-forme, intermédiaire et de talus du Bassin côtier congolais. Elle a permis de redéfinir la stratigraphie du transect étudié, d'appréhender la distribution spatio-temporelle de la matière organique au cours du Crétacé supérieur, d'apporter les informations sur les préférences paléoécologiques de taxons de foraminifères benthiques et de décrypter des espèces indicatrices des paléoenvironnements eutrophiques et dysoxiques.

Les microfaunes étudiées sont classées en quatre sous-ordres : Textulariina, Lagenina, Globigerinina et Rotaliina. L'analyse de la distribution verticale des principaux foraminifères planctoniques et benthiques a révélé les niveaux du Turonien supérieur, du Coniacien, du Santonien, du Campanien, du Maastrichtien, du Paléocène et de l'Eocène.

L'application des concepts de la stratigraphie séquentielle à partir des diagraphies, a permis de préciser dans certains puits, les passages Turonien-Coniacien, Santonien-Campanien, Campanien-Maastrichtien et de résoudre les problèmes de datations rencontrés dans les zones bathyales pauvres ou dépourvues de foraminifères planctoniques.

Les résultats du découpage séquentiel de la Formation des Marnes de Madingo inférieures, d'âge Coniacien Maastrichtien, peuvent être ajustés, avec aisance à la charte actuellement en vigueur à l'échelle de l'Europe du Nord Ouest (Hardenbol et al., 1998).

La caractérisation de la matière organique par pyrolyse Rock-Eval dans les 6 sondages a indiqué son origine marine, ses bonnes à excellentes qualités pétrolières, et son immaturité.

Du Turonien supérieur au Maastrichtien, les valeurs les plus élevées du carbone organique total et des composés hydrocarbonés ont été localisées sur la plate-forme et le talus supérieur, dans les faciès marneux. Corrélativement les faibles diversités et les très fortes dominances fauniques y sont distinguées. Ces données suggèrent l'existence des phénomènes "d'upwelling" avec des conditions dysoxiques-anoxiques sur le fond marin.

Pour analyser la distribution spatiale des espèces à partir des données d'abondances relatives des foraminifères benthiques identifiés, la méthode statistique d'analyse détendancée de correspondances (ADC) a été utilisée. La méthode d'analyse canonique de correspondances (ACC) a permis d'évaluer les relations entre la distribution des espèces et les variables environnementales quantitatives et nominales considérées. L'analyse montre que, dans la dynamique des peuplements benthiques, le long d'un gradient bathymétrique, du Coniacien au Maastrichtien inférieur, le paramètre limitant, serait la teneur en oxygène dissous.

L'ACC identifie: d'une part *Gabonita elongata*, *Gabonita parva*, *G. multituberculata*, *Gavelinella gr. dakotensis*, *Gavelinella sp. G*, *Gabonita sp. aff. distorta irregularis*, *G. distorta*, *G. spinosa* comme espèces d'environnement "peu profond", eutrophique et de dysoxie sévère, d'autre part *Praebulimina prolixa longa*, et *Neobulimina subregularis*, comme espèces d'environnement "intermédiaire", eutrophique à mésotrophique et de dysoxie modérée. Et enfin *Gyroidinoides gr. nitidus*, *Gyroidinoides subangulatus*, *Conorotalites michelinianus*, *Buliminella quadrilobata*, *Buliminella gabonica altispira*, comme espèces d'environnement "profond", mésotrophique à oligotrophique, et oxiq.

Les *Gabonita elongata*, *G. multituberculata*, *G. spinosa*, *G. distorta*, *G. lata* et *Gavelinella gr. dakotensis*, en raison de leur préférence des milieux à MO riche en IH, ainsi à potentiel pétrolier (S2) très élevé, apparaissent comme des taxons indicateurs des environnements potentiels de roches mères d'excellente qualité pétroliqène.

Les Plesiosauria (Reptilia, Sauropterygia) du Jurassique inférieur : systématique, anatomie, phylogénie et paléoécologie

Thèse soutenue par : Peggy VINCENT

le 2 décembre 2008

Résumé :

Une révision de l'ensemble des Plesiosauria du Jurassique inférieur a permis de clarifier la taxonomie, la systématique et l'anatomie de groupe. Au total, 20 espèces appartenant à 17 genres ont été répertoriées et sont ici considérées comme valides. Cette révision a permis de préciser les spécimens dont la détermination était incertaine et de mettre en lumière les taxons dont un réexamen approfondi est nécessaire (*'Macroplata' longirostris*, *'Microcleidus' macropterus*, *'Plesiosaurus' macrocephalus*). L'analyse phylogénétique comprenant 42 taxons (dont l'ensemble des espèces du Lias) et 120 caractères a été réalisée en se basant sur cette révision. Cette analyse place *T. hawkinsii* en tant que groupe frère d'un clade incluant les Pistosauridae et l'ensemble des Plesiosauria, et remet ainsi en cause la dichotomie entre Plesiosauroidea et Pliosauroides ainsi que la monophylie des Plesiosauria. La comparaison de ces résultats avec les résultats obtenus par de précédents auteurs montre que les relations de parenté au sein des Plesiosauria ne sont pas stables, car de faibles changements dans la composition du jeu de données entraînent des différences notables dans les cladogrammes obtenus. Ce travail présente également pour la première fois la répartition stratigraphique précise des Plesiosauria pour divers gisements du Jurassique inférieur. L'étude des environnements de dépôts de ces gisements révèle que la diversité apparente des plésiosaures et ses variations reflètent en réalité des conditions taphonomiques particulières et un biais d'exploitation des terrains liasiques. La répartition spatiale des plésiosaures au Jurassique inférieur semble indiquer un fort endémisme ; néanmoins, il est montré que les terrains des différentes régions qui ont livré des restes de plésiosaures sont fondamentalement diachrones, de telle sorte qu'aucune conclusion paléobiogéographique ne peut être raisonnablement déduite de cette observation.

Floras and the evolutionary dynamics across the Permian-Triassic boundary nearby the border of Guizhou and Yunnan, South China.

Thèse soutenue par : Yu Jianxin

Le 28 mai 2008

Abstract :

Permian-Triassic is an important stage for the “evolving earth” from Paleozoic to Mesozoic. Hence, geologists in the world have been working hard on the origin, scale, content and characteristics of this specific period of dramatic change in the living world. As the establishment of the Global Stratotype Section and Point (GSSP) of the Permian-Triassic boundary (PTB), the establishment of a terrestrial associate Stratotype Section and Point of the Permian-Triassic and the exact determination of its boundary is now on the agenda.

The western Guizhou and eastern Yunnan area of southwest China commands a unique and significant position globally in the study of Permian-Triassic boundary (PTB) events as it contains well and continuously exposed PTB sections of marine, non-marine and marginal-marine origin in the same area. By using a range of high-resolution stratigraphic methods including biostratigraphy, eventostratigraphy, chronostratigraphy and chemostratigraphy, not only are the non-marine PTB sections correlated with their marine counterparts in the study area with high-resolution, the non-marine PTB sections of the study area can also be aligned with the PTB Global Stratotype Section and Point (GSSP) at Meishan in eastern China.

Terrestrial facies Chahe and Zhejue sections and marine-terrestrial alternative facies Mide and Tucheng lied in western Guizhou and eastern Yunnan are selected as researching objects of this thesis. They are made up of Late Permian Xuanwei and Early Triassic Kayitou Formations. Very abundant fossil plants occurred in these sections. This dissertation is hence focused on the fossil plants to refine the definition of the terrestrial and marine-terrestrial alternative Permian-Triassic boundary in western Guizhou and eastern Yunnan and the extinction and recovery patterns of the paleofloras across Permian-Triassic boundary in associated with the characteristics of paleoclimate reflected by these sections.

Based on the changes of the composition, abundance and diversity of fossil plants across Permian-Triassic boundary, non-marine two macrofloral assemblages were established, in ascending order: **a.** *Gigantonoclea guizhouensis-Annularia pingloensis* Assemblage (Latest Permian Changhsingian, Upper Xuanwei Formation), standing for the late Cathaysian flora, is also the last Permian assemblage in western Guizhou and eastern Yunnan. This assemblage is very different from the coeval paleofloral assemblage of North China in compositions, reflecting two-typed paleofloras and climates. In western Guizhou and eastern Yunnan, the paleoflora kept with the features of the Lungtanic (Wuchiapingian) Cathaysian Flora, *i.e.* coal-forming plants. In North China, Euramerican plants had invaded into this region, showing the vegetation typical of a much dry climate. **b.** *Annalepis-gigantopterids* Permian relicts Assemblage (Early Triassic Induan, the top part of Xuanwei Formation and Kayitou Formation), filled up the blank between late

Upper Permian Changhsingian *Gigantonoclea guizhouensis*- *Ullmannia* cf. *bronnii* established by Li et al. (1995) and the late Lower Triassic Olenekian *Neuropteridium-Albertia-Voltzia* assemblage named by Zhou et Li (1979) in South China.

According to the vertical changes of the abundance, diversity and composition of the Xuanwei macroflora and microfloral assemblages compared with the palynomorph assemblages of Meishan section, combining with the isotopic age and eventostratigraphy, the PTB in the continental Chahe and Zhejue sections is considered to respectively lie within Bed 67 and Bed 48, which corresponds to Bed 27 at Meishan. This represents the most precise location of the PTB in a continental succession. In the marine and terrestrial transitional Mide (A), Mide (B) and Tucheng sections (respectively Bed 45/Bed 46, Bed 18/ Bed 19, Bed 16/ Bed 17), the first appearance of *Annalepis* is considered as marking the beginning of Triassic deposition in marine-terrestrial transition sections. Therefore, the appearance of the genus *Annalepis* occurred here earlier than in the Yangtze River area. During Early and Middle Triassic, it migrated to the north and widely spread to the middle and lower reaches of the Yangtze River, in relation to the marine regressions and transgressions. Its stratigraphic time span ran from Early Induan to Late Carnian.

The paleofloral assemblage of the Latest Permian Upper Xuanwei Formation contains abundant coal-forming plants fossil, such as *Lepidodendron*, *Paracalamites* and Gigantopterids and so on. Coal seams occurred in multiple horizons in four sections, extending to be quite close to the Permian-Triassic boundary. It is certain that the climate was humid and warm during the Latest Permian. Although the coal bed/seam disappeared in Early Triassic Induan Kayitou Formation, that analyzing compositions of this paleofloral assemblage shows the climate is similar to the Late Permian, leaved in humid condition in western Guizhou and eastern Yunnan. Coal-forming plant fossils (*Lepidodendron*, *Paracalamites*) persisted into the Earliest Triassic beds of the Kayitou Formation. They co-existed with *Annalepis*. In the Tucheng section, fragments of Gigantopterids occurred above the strata bearing fossil plant *Annalepis*. *Stigmara* is frequently found in Late Permian strata containing, or not, coal and below coal seams in western Guizhou and eastern Yunnan. In Early Triassic Induan strata, fragmentary *Stigmara*, associated with gigantopterids, *Annalepis* and single leaf-cushion of *Lepidodendron* occurred.

Plant megafossils (“megaplants”) in the study area indicate a major loss in abundance and diversity across the PTB, and coal beds and/or seams are no more deposited in the non-marine Lower Triassic although they are very common in the non-marine Upper Permian. The megaplants, however, did not disappear consistently across the whole area, with some elements of the Late Permian Cathaysian *Gigantopteris* flora surviving the PTB “mass” extinction and locally even extending up to the Lower Triassic. Palynomorphs exhibit a similar temporal pattern characterized by a protracted stepwise decrease from fern-dominated spores in the Late Permian to pteridosperm and gymnosperm-dominated pollen in the Early Triassic, which was however punctuated by an accelerated loss in both abundance and diversity across the PTB itself. Contemporaneous with the PTB crisis in the study area was the peculiar prevalence and dominance of some fungi and/or algae species.

The temporal patterns of megaplants and palynomorphs across the PTB in the study area are consistent with the regional trends of plant changes in South China, which also show a long-term decrease in species diversity from the Late Permian Wuchiapingian through the Changhsingian to the earliest Triassic, with about 28% and 75% losses of species occurring respectively in the end-Wuchiapingian and end-Changhsingian. Such a “drawn out” extinction process spanning the entire Late

Permian and across the PTB therefore does not support a globally synchronous end-Permian catastrophic event such as meteor impacts; rather it is more consistent with a protracted global climate change that may have been initiated by Pangea formation, and then exacerbated by the Siberian Trap (and also possibly the Emeishan Basalt) volcanism at the end-Permian.

The Induan plant assemblage is dominated by the herbaceous lycopsids *Annalepis*, which differ from the Late Permian arboraceous lycophytes *Lepidodendron*, *Sigillaria*. This assemblage also includes some elements of Peltaspermales and a few relics of Late Permian Cathaysian flora in western Guizhou and eastern Yunnan. They steadily appeared in about 2-4 plant-bearing biostromes. Based on plant preservation, the plant-taphocoenoses is nearly an allochthonous burial.

The *Annalepis*-dominated flora of western Guizhou and eastern Yunnan is similar to Induan Liujiagou Formation flora of North China, which is also lycopsid but *Pleuromeia*-dominated. In Gondwana, the herbaceous lycopsids (*Cylostrobus*, *Skulliostrobus*), which had been only a small part of the Permian land flora, expanded with the advent of the Triassic and became dominant during the Early Triassic, but then declined and virtually disappeared by the end of the Period. The Early Triassic paleoflora in South China is correlated to that of the Gondwana. Therefore the *Annalepis*-dominated flora can be similarly considered to represent the first stage of the Triassic land-plant recovery starting from South China.

The analysis of the Permian-Triassic plant fossils in western Guizhou and eastern Yunnan indicates that the recovery depends on the new group including the crisis progenitors in the surviving time rather than the Paleozoic surviving flora, such as Gigantopterids. Specifically, *Annalepis* are mainly responsible for the recovery.

Based on analyzing paleoflora, paleoclimatology and paleoethanatoecoenosis of the Early Triassic Induan Kayitou Formation, it is possible that this area of western Guizhou and eastern Yunnan was one of the main refugia for the plants in Early Triassic at a global scale. A few relics of gigantopterids, *Lepidodendron*, *Lobatannularia*, *Paracalamites* and *Compsopteris* and so on in the Kayitou Formation paleoflora could be sheltered in the refugium, and where pioneers of newly evolved opportunistic species (e.g. herbaceous lycopsids *Annalepis*) might again foothold. According to Lazarus taxa, the large allochthonous and fragments burial plant taphocoenosis at the bottom and upper part of the Kayitou Formation is a good example for continental plants. This existence of a refuge may have promoted the recovery of vegetation, not only by sheltering many Palaeozoic relicts such as *gigantopterids*, *Pecopteris* and *Paracalamites*, but also by producing the Mesozoic pioneers *Annalepis* *Peltaspermum* and others in this region.

Both biotic (including gigantopterids migration and evolution) and nonbiotic features of nonmarine rocks near the Permian-Triassic boundary in China indicate that tropical and humid conditions persisted in South China throughout the Permian and Early Triassic Induan, but in North China, by early Late Permian, climatic conditions alternated between wet and dry, and by late Late Permian most of the Northern Hemisphere was experiencing extreme arid conditions. This different climate results in forming the different Paleofloras. Therefore, climate played an important role in the evolution and recovery of the plants across the Permian-Triassic boundary.

In a word, there are well-developed sections from terrestrial facies and marine-terrestrial transitional facies to marine continuous deposit, which contain abundant fossil plants. Macrofloras in this study show an obvious change in abundance and diversity across Permian-Triassic boundary. But the paleoclimate remained first

basically similar in this period. Consequently this area likely formed a refuge during the P / T transition Earliest Triassic, where land plants started to the “post crisis recovery”.

Keywords: western Guizhou and eastern Yunnan, non-marine Permian-Triassic, paleoflora (macro- and microflora), biostratigraphy, paleoclimatology, extinction and recovery

Latest Permian Deep-Water Ostracod (Crustacea) Fauna from South China

Thèse soutenue par : YUAN Aihua

Le 28 mai 2008

Résumé :

Quatre coupes situées dans les provinces du Guangxi, du Guizhou et d'Anhui sont étudiées pour l'analyse des ostracodes: taxonomie, paléocéologie (paléobathymétrie et niveau d'oxygénation) et processus d'extinction. Les ostracodes étudiés, dominés par de petites formes (mais sans miniaturisation) et à tests fins, sont représentés par 43 genres et 128 espèces; 2 nouvelles espèces ont été décrites (Yuan *et al.* 2007). Un nouveau genre et deux nouvelles espèces sont proposés ici. Les faunes étudiées sont endémiques (82.5%) and montrent des faunes typiquement paléozoïques mélangées avec quelques formes à affinité mésozoïque. Le modèle de Lethiers & Raymond (1991) est appliqué pour retracer les variations paléobathymétriques. La majorité des assemblages sont situés sur la plate-forme externe-début du talus, voire en milieu abyssal. Les interprétations basées sur les ostracodes sont en accord avec les données des radiolaires, de la sédimentologie, de la minéralogie et la géochimie. Pour la reconstruction du niveau d'oxygénation le modèle FF% (Lethiers & Whatley, 1994) est testé ici pour la première fois sur du matériel profond. La concordance avec les analyses sur les éléments traces et les foraminifères suggèrent la fiabilité du modèle FF% en milieu profond. Deux niveaux d'extinction sont proposés pour les faunes de Dongpan et Liuqia. Le premier horizon d'extinction correspond à un niveau événementiel (régression, forte activité volcanique, première crise des radiolaires, excursion positive du COT et anoxie/dysoxie possible). Cet événement proposé est comparé la coupe de Meishan (GSSP de la limite Permien – Trias). Le retard dans les extinctions chez les ostracodes à Meishan peut indiquer que les eaux profondes ont été affectées plus tôt durant les événements de la fin du Permien.

Mots clés: ostracodes, Permien supérieur, eau profondes, Chine du Sud, paléocéologie, paléobathymétrie, extinction.

Abstract :

Four sections from Guangxi, Guizhou and Anhui Provinces are studied for ostracod analysis: taxonomy, paleoecology (paleobathymetry and oxygen level) and extinction process. The studied ostracod faunas, dominated by small (no miniaturization observed) and thin-shelled individuals, are represented by 43 genera and 128 species. 2 new species were described in Yuan *et al.* (2007). 1 new genus and 2 new species are proposed here. The studied faunas are endemic (85.2%) and mixed typical Paleozoic species with several forms with Mesozoic affinities. The Lethiers & Raymond triangular model (1991) is adopted for tracing the paleobathymetric variation. The great majority of the assemblages are located on the outer shelf – upper part of the slope, even in bathyal area. The interpretation based on ostracods is supported by studies on radiolarian, sedimentology, mineralogy and geochemistry. For the oxygen-level reconstruction, the FF% model (Lethiers &

Whatley, 1994) is attempted here for the first time on the deep-water ostracod fauna. The accordance with analyses on trace elements and foraminifera suggests the reliability of FF% model in deep water oxygen-level reconstruction. Two extinction horizons are proposed for the Dongpan and Liuqiao faunas. The First extinction horizon is corresponding to the event horizon (regression, strong volcanic activities, first crisis of radiolarians, the largest positive excursion of TOC and possible anoxia/dysoxia). The proposed extinction process is compared with the Meishan Section (Permian-Triassic boundary GSSP). The delay of the ostracod extinction in the Meishan Section may indicate that the deep water area was earlier affected during the end-Permian events.

Key words: ostracoda, Late Permian, deep-water, South China, paleoecology, paleobathymetry, extinction