

## ***Etudes anatomiques et phylogénétiques des structures endocrâniennes des stégocéphales (tétrapodes anciens)***

**Thèse soutenue par : Thomas ARBEZ**

**le 6 novembre 2018**

### ***Résumé :***

L'anatomie interne des crânes des stégocéphales *Stanocephalosaurus* (Temnospondyli), *Laosuchus* (Chroniosuchia) et *Diplocaulus* (Lepospondyli) a pu être révélée par l'utilisation de la tomographie à rayons X et a permis de mieux comprendre leur paléobiologie :

1. l'oreille moyenne de *Stanocephalosaurus* serait adaptée à la perception de sons dans le milieu subaquatique ;
2. des canaux sensoriels intra-osseux ont été identifiés chez *Laosuchus*.

La morphologie endocrânienne a ensuite été utilisée dans une analyse phylogénétique portant sur les relations de parentés controversées entre stégocéphales et lissamphibiens. Cette analyse montre que la monophylie des lissamphibiens serait due à un phénomène d'attraction des longues branches, résultant de l'optimisation de la simplification crânienne, identifiée comme une convergence. Les morphologies de la boîte crânienne, du stapes et du palais favorisent une origine diphylétiq ue des lissamphibiens parmi les temnospondyles.

## ***Le patrimoine géologique francilien : Inventaire, protection et valorisation***

**Thèse soutenue par : Elise AUBERGER**

**le 22 Juin 2018**

### ***Résumé :***

À l'initiative de la Commission régionale du patrimoine géologique d'Île-de-France, l'Etat et la région ont co-financé une thèse afin de réaliser l'Inventaire Régional du Patrimoine Géologique, mais aussi de répondre aux besoins territoriaux en matière de géoconservation. L'Île-de-France, située au cœur du bassin de Paris, révèle des terrains sédimentaires très riches en fossiles extrêmement bien conservés. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, leur étude ont permis à des scientifiques, tels que J-B. Lamarck, G. Cuvier et A. d'Orbigny de développer les grandes disciplines de la paléontologie et la stratigraphie. Aujourd'hui, ce patrimoine géologique exceptionnel est particulièrement menacé par l'urbanisation et les grands travaux de la métropole.

Afin de sauvegarder au mieux ce géopatrimoine un protocole, divisé en 6 étapes, a été développé et appliqué : i) identification exhaustive et objective des sites géologiques de la région dans un pré-inventaire regroupant 705 sites ; ii) évaluation rapide et présélection de 149 sites encore accessibles présentant un potentiel patrimonial ; iii) suivi des directive de l'INPG ; iv) mise en place d'une stratégie territorialisée de prévention évaluant le risque de perte des objets franciliens d'intérêt géologique ; v) développement de critères d'aide à la décision et à la planification pour la protection et l'aménagement des sites emblématiques en danger de dégradation ; vi) application d'un nouvel outil réglementaire sur deux géosites d'intérêt international menacé de destruction : Grignon et la Ferme de l'Orme (Yvelines).

Les résultats de cette thèse seront disponibles pour les différentes parties prenantes de ce projet (scientifiques, amateurs, professeurs, tous public...). Ils constituent notamment des supports d'aide à la décision et à la planification dans le cadre de programmes de protection et de valorisation patrimonial mis en place par les organismes publiques. Cette méthode en 6 étapes peut servir de référence de portée internationale pour la gestion du patrimoine géologique en contexte urbain et périurbain.

### ***Abstract :***

As suggested by the « Commission Régionale du Patrimoine Géologique d'Île-de-France », the French state and the Île-de-France region co-financed this thesis in order to address the need of safeguarding geological sites of patrimonial interest. This project forms part of a wider political agenda for the protection and recognition of geological patrimony at the national and European level. Île-de-France, located at the centre of the Paris bassin, is globally recognised as a pioneering region in the field of geological research. In the 18th century, the presence of abundant and exceptionally well conserved fossils in the Parisian area allowed scientists of the caliber of J-B. Lamarck, G. Cuvier and A. d'Orbigny to develop the two fundamental concepts of modern geology: palaeontology and stratigraphy. Today, this invaluable geological patrimony is threatened by the rapid expansion of urbanisation in the Parisian metropolis.

Accordingly, with the interest of safeguarding the geopatrimony of Île-de- France and to set a European precedent for the management of geological patrimony in the urban and suburban context, we developed a 6-step methodology consisting on: i) The creation of an exhaustive and objective geological pre-inventory -comprising 705 sites, mainly of anthropogenic nature (quarries, outcrop)- to identify sites of interest in the region; ii) the quick evaluation and pre-selection of 149 sites based on their accessibility and their patrimonial potential; iii) the following of the directives of the National Inventory of Geological Heritage (INPG) to describe and evaluate the geopatrimonial issues and the protection needs of each geological resource; iv) the set up of a territorial strategy of prevention in each department of Île-de-France by assessing the risk of losing geological objects of interest; v) the development of criteria to help in deciding and planning for the protection and management of iconic sites at risk of degradation; vi) the enactment of a new regulatory tool for the protection of geological patrimony, using the case-study of two threatened geosites of international interest: Grignon and the Ferme de l'Orme (Yvelines). The results of this thesis will be available to all concerned parties, including scientists, associations, amateurs, professors, educators and the general public; as they constitute important decision- making tools within the context of programmes of patrimonial protection and recognition run by public organisations. Likewise, they permit to heighten the value of the geology of Île-de-France and to reveal its scientific interest to the rest of the research community.

## ***L'impact du Soufre sur le biocalcifiant *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae).***

**Thèse soutenue par : Bérengère BROCHE**

**le 9 mars 2018**

### ***Résumé***

Les crises de biocalcification de l'océan passé comme de l'actuel peuvent être induites par l'impact des émissions de soufre d'origine naturel (volcanisme) et/ou anthropique une grande partie duquel se transforme dans l'atmosphère et est déposé à la surface de la mer sous forme d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) qui en se dissociant dans l'eau de mer induit une diminution du pH et de l'alcalinité.

Mais au de là de l'acidification, l'augmentation de sulfates dans l'eau de la mer pourrait jouer aussi un rôle d'inhibition de la biocalcification, comme il a été prouvé pour la calcite abiotique dans des expériences de laboratoire. Cette hypothèse a été testée en utilisant comme témoin de crises de biocalcification le coccolithophore *Emiliana huxleyi*. Les objectifs de cette thèse sont : i) analyser les impacts des variations de concentrations en sulfates, supposés simuler les effets du volcanisme ou les apports anthropiques actuels, sur la croissance et la biocalcification d' *Emiliana huxleyi* ii) comprendre si les sulfates sont incorporés dans la calcite des coccolithes; iii) déterminer si la composition isotopique du soufre ( $\delta^{34}\text{S}$ ) des coccolithes reflète celle de l'eau de mer, comme cela a été démontré pour d'autres organismes calcifiants. Trois approches novatrices ont permis d'analyser le rôle et l'impact des sulfates sur la calcite produite par *Emiliana huxleyi* : i) des cultures en eau de mer artificielle préparées et suivies à la fois par un modèle théorique et par de mesures régulières incluant de microcapteur (pH, Température et salinité), la cytométrie en flux (croissance de la population), et une étude morphologiques (MEB Microscope électronique à Balayage); ii) l'étude de la composition élémentaire en fluorescence par rayonnement synchrotron (XRF) de la calcite de coccolithes et iii) la mesure du fractionnement isotopique entre  $\delta^{34}\text{S}$  des CAS coccolithes et du  $\delta^{34}\text{S}$  des sulfates de l'eau de mer, en utilisant le MC-ICPMS Neptune Plus. L'expérience in vitro en conditions contrôlées a montré, pour la première fois un inhibition de la biocalcification en présence de forte concentration en sulfates (à partir de 4x la concentration de l'océan actuel) ; les analyses au synchrotron ont mis en évidence une distribution hétérogène à l'échelle d'un coccolithe du S, du Br, du Cl et du Fe et que le soufre est incorporé dans la calcite sous la forme de sulfate; enfin les analyses isotopiques du soufre ont révélé que la calcite des coccolithophoridés a un fractionnement très négatif et atypique par rapport aux autres biocalcifiants marins, qui pourrait traduire un « effet vital » très important du à des particularités d'assimilation du soufre par la cellule et d'incorporation du soufre au sein de la calcite.

Ces conclusions supportent l'idée selon laquelle les apports massifs du soufre auraient pu avoir un rôle dans les crises de biocalcification du passé et contribueraient à celle de l'océan actuel. Mais, nos résultats montrent aussi que les coccolithophoridés *Emiliana huxleyi* présente une forte résilience à une gamme très large de sulfates, suggérant que les sulfates de l'eau de mer pourraient aussi avoir été un de facteurs clés de l'adaptabilité de ces organismes calcaires au cours de leur évolution. A cause de l' "effet vital" trop important sur la composition isotopique du soufre de la calcite de ce

coccolithophore, ils ne représentent pas comme un proxy paléo-environnemental, mais ouvre des perspectives inédites pour mieux comprendre le cycle du soufre à l'échelle cellulaire des coccolithophores: des mécanismes de prise à partir des sulfates de l'eau de mer, son utilisation pour des processus métaboliques et sa incorporation dans la calcite, aux processus d'émission de DMSP (diméthylsulfoniopropionate). Dans le contexte de changements climatiques et d'acidification océanique au même titre que les émissions du CO<sub>2</sub>, celles du Soufre, doivent être prise en compte pour mieux comprendre leur impact sur les crises d'acidification et de biocalcification.

***Origine et premières dichotomies des Périssodactyles (Mammalia, Laurasiatheria): apport des faunes de l'Eocène inférieur du bassin de Paris.***

**Thèse soutenue par : Constance BRONNERT**

**le 5 octobre 2018**

***Résumé***

Les périssodactyles (comprenant aujourd'hui les chevaux, les rhinocéros et les tapirs) apparaissent au début de l'Éocène et se dispersent rapidement dans tout l'hémisphère Nord. Leur origine géographique, probablement asiatique, ainsi que leur origine phylogénétique est actuellement débattue, notamment depuis la découverte des cambaythères en Inde et de la parenté génétique entre périssodactyles et ongulés sud-américains. Ce travail présente une étude et une révision des périssodactyles hippomorphes de l'Éocène inférieur (MP7-MP10) d'Europe, ainsi qu'une nouvelle phylogénie pour tenter de répondre à ces questions. La majorité du matériel est inédite et provient du bassin de Paris, ainsi que du sud de la France. Douze espèces d'hippomorphes, dont deux nouvelles, et une nouvelle espèce d'isectolophidé ont été identifiées dans l'Éocène inférieur d'Europe. Les faunes rapprochées du MP7 présentent des différences entre le nord et le sud de l'Europe, confirmant l'hypothèse d'une barrière climatique. Un renouvellement des périssodactyles au niveau générique s'effectue entre les sites rapprochés du MP7 et ceux rapprochés du MP8-9, ainsi qu'une homogénéisation des espèces entre le nord et le sud de l'Europe. Les sites MP8-9 et ceux proches du MP10 possèdent des faunes de périssodactyles similaires. L'étude phylogénétique indique que les hippomorphes européens sont paraphylétiques, et que les équidés nord-américains s'enracinent dans ce groupe, ainsi que les paléothères européens. Plusieurs événements de dispersions ont eu lieu très tôt à l'Éocène depuis l'Asie. Deux épisodes de dispersions vers l'Europe ont eu lieu pour les tapiromorphes, un premier (MP7) amenant les isectolophidés qui s'éteindront rapidement en Europe, et un second (MP8-9) apportant des tapiromorphes plus dérivés.

## ***Les Icacinaceae du Paléogène du Bassin de Paris***

**Thèse soutenue par : Cédric DEL RIO**

**Le 16 novembre 2018**

### ***Résumé***

La famille des Icacinaceae est une famille de plantes à fleurs possédant un registre fossile important durant le Paléogène, principalement en Amérique du Nord et en Europe. En particulier, des fossiles d'Icacinaceae ont été retrouvés au niveau de cinq sites du Bassin de Paris, principalement sous forme d'endocarpes datant du Thanétien et de l'Yprésien. Ces sites sont donc d'un grand intérêt pour étudier l'impact du maximum thermique de la limite Paléocène-Eocène sur les flores. En premier lieu, un travail sur les fruits actuels a permis de montrer la grande diversité des endocarpes et leurs valeurs en terme de reconnaissance spécifique chez les Icacinaceae. Par ailleurs, une clé d'identification Xper3 accompagne cette étude. L'étude des fossiles du Bassin de Paris a permis de mettre en évidence huit nouvelles espèces appartenant au genre *Iodes*, une occurrence de *Palaeophytocrene* et *Icacinicarya* ainsi que le nouveau genre *Icacinanthium* décrit à partir d'une fleur et de grains de pollen pris dans de l'ambre. Sur les cinq espèces paléocènes, trois sont retrouvées au niveau des sites de l'Eocène, ce qui démontre au moins une continuité partielle des flores durant le réchauffement climatique. Cependant, une plus grande disparité morphologique est soulignée dans les sites éocènes. L'utilisation de l'ensemble du registre fossile a permis de reconstruire une histoire paléobiogéographique de la famille, en particulier de mettre en évidence une diversification de la famille durant l'Yprésien et plus généralement au cours de l'Eocène. Enfin, une étude de datation phylogénétique a permis de mettre en évidence la diversification d'un clade d'espèces grimpances à la limite Paléocène-Eocène. Ainsi les différents niveaux d'études sont congruents et montrent que le réchauffement global du Paléocène-Eocène n'est pas un événement catastrophique pour les Icacinaceae, mais plutôt une époque de diversification et d'apports nouveaux par migration, principalement en Hémisphère Nord.

### ***Abstract***

The Icacinaceae family is a group of Angiosperm with a large fossil record, mainly from the North American and European Paleogene. Especially, fossils related to Icacinaceae were found in five sites from the Paris Basin, mainly as endocarp remains, in the Thanetian and Ypresian. Therefore, these sites constitute a good opportunity to study the impact of the global warming at the Paleocene-Eocene boundary in the floras. As a first step, we propose a survey of extant fruits; we show an important diversity of fruit shapes emphasizing the value of this organ in terms of specific assignment. An Xper3 database was built in addition to this study. The study of fossil's remains from the Paris Basin revealed the presence of eight new species belonging to the genus *Iodes*, an occurrence of genera *Palaeophytocrene* and *Icacinicarya* and a new genus, *Icacinanthium*, described from a flower and pollen in amber. Among the five

species described from the Paleocene, three were present in the Eocene sites, demonstrating at least a partial continuity of the Icacinaceae through the Paleocene-Eocene boundary. However, a greater morphological disparity was underlined in the Eocene sites. The use of all the fossil records allowed us to reconstruct the biogeographic history of the family and especially the diversification of the Icacinaceae during the Ypresian and more generally during the Eocene. Finally, a phylogenetic dating study highlighted a diversification of a climber clade at the Paleocene-Eocene boundary. Therefore, the different levels of studies are congruent and show that the Paleocene-Eocene Thermal Maximum was not a catastrophic event for the Icacinaceae family but rather a diversification event and new contributions by migration, mainly in the Northern Hemisphere.

## ***Les Erymida (Crustacea, Decapoda) : un groupe éteint ?***

**Thèse soutenue par : Julien DEVILLEZ**

**le 1<sup>er</sup> octobre 2018**

### ***Résumé***

Les érymides sont des crustacés décapodes marins ayant une morphologie comparable à celle des homards actuels. Ils sont regroupés au sein d'une unique famille, les Erymidae Van Straelen, 1925, caractérisée par la présence d'une plaque intercalaire dorsale. Ces crustacés se sont diversifiés et répandus dans le monde entier au Jurassique et ont perduré jusqu'au Paléocène. Ils sont fossilisés aussi bien dans des dépôts issus d'environnements de faible profondeur, comme les calcaires lithographiques de Solnhofen (Allemagne), que d'environnements très profonds, comme les nodules de La Voulte (France), en passant par des milieux de plate-forme intermédiaire comme le Terrain à Chailles (France).

Depuis les premières descriptions d'érymides, au début du XIXe siècle, de nombreux auteurs se sont attachés à décrire de nouvelles formes et à tenter d'élucider les affinités phylogénétiques de ces crustacés éteints. Ces nombreux travaux ont abouti à l'installation et à la propagation de confusions rendant douteuse la systématique des érymides tant au niveau des genres que des espèces. Ces problèmes taxinomiques particulièrement marqués chez les érymides sont accompagnés d'un débat sur leur classification au sein des Pleocyemata. Jusqu'au début du XXIe siècle, la majorité des auteurs les classaient dans l'infraordre des Astacidea mais de récentes analyses phylogénétiques suggèrent l'intégration des érymides au sein des Glypheidea. Une autre étude a même abouti à la remise en cause du statut éteint des érymides. En effet, Schram & Dixon (2004) ont observé la plaque intercalaire sur l'actuel *Enoplometopus* A. Milne Edwards, 1862. Leur analyse a abouti au regroupement de cette forme actuelle avec les érymides au sein d'un même clade nommé Erymida.

Les objectifs de cette thèse sont donc de remédier aux problèmes taxinomiques des érymides, d'élucider leurs affinités phylogénétiques et d'apporter des éléments permettant de mieux comprendre leur mode de vie et leur succès évolutif. Pour ce faire, une révision systématique aussi exhaustive que possible, appuyée sur l'étude de plus d'un millier de spécimens, a été réalisée. Elle a permis d'homogénéiser la systématique du groupe et d'identifier les caractères nécessaires à l'étude phylogénétique. Les résultats obtenus montrent que les érymides constituent un groupe particulier d'Astacidea auquel *Enoplometopus* n'appartient pas et la topologie de l'arbre de strict consensus soutient une refondation complète de la systématique du groupe. Cette étude a aussi été l'occasion de formuler des hypothèses paléobiogéographiques qui demeurent, hélas, en grande partie spéculatives et incomplètes du fait des importantes discontinuités géographiques et stratigraphiques du registre fossile. Des observations des yeux, de la morphologie des pinces et de pores cuticulaires, entre autre, ont également permis d'émettre des hypothèses sur le mode de vie de ces crustacés disparus.

## ***Toward Primate Origins: Hands and feet in Interdisciplinary Perspective***

**Thèse soutenue par : Séverine TOUSSAINT**

**le 21 septembre 2018**

### ***Résumé***

Les origines des Primates font l'objet d'importantes controverses. La radiation initiale des premiers Primates ainsi que leurs liens phylogénétiques précis au sein des Euarchonta (le clade incluant les Primates, Scandentia, Dermoptères et Plesiadapiformes) sont débattus. De plus, l'interprétation fonctionnelle et évolutive de certains caractères morphologique qui définissent les Primates est incertaine. Parmi eux, se trouvent l'acquisition de capacités de préhension manuelle et pédale, avec un pied spécialisé dans la saisie et un gros orteil opposable, ainsi que des ongles remplaçant les griffes sur les phalanges distales. De ce fait, le morphotype ancestral des Primate est très étudié, bien que l'arboREALité et la petite taille de nos premiers ancêtres soient consensuelles. Le but de cette thèse était de revisiter certains aspects encore flous des origines des Primates, en se concentrant sur les mécanismes de préhension de la main et du pied, à travers une approche interdisciplinaire mêlant éthologie, biomécanique, anatomie comparée et analyse phylogénétique. Un réexamen du genre Plesiadapis (Plésiadapiforme) conduit au questionnement de l'hypothèse récente concernant les relations phylogénétiques des premiers primates. De plus, une étude quantitative des postures manuelles et pédales en relation au type de support utilisé lors de la locomotion, suivie d'une analyse morphologique des métapodes et phalanges de mains et pieds, ont été conduites sur différentes espèces de Primates et non-Primates. Les résultats furent ensuite couplés de façon intégrative afin de relier les caractères morphologiques à leur fonction, tout en évaluant leur importance phylogénétique. Les résultats de ces travaux permettent de proposer des hypothèses alternatives concernant deux caractères clés chez les Primates, comme la fonction initiale des ongles : liés plutôt à une capacité sensorielle que mécanique ; ainsi que concernant le scénario environnemental qui a pu conduire à l'évolution de leurs capacités de préhension pédale : supports fins verticaux et non la niche de fines branches. Également, un nouveau type de capteur de force spatialement résolu a été créé dans l'optique de mieux caractériser les contraintes biomécaniques en jeu lors de la locomotion arboricole. Ce dernier a des applications dans différents domaines, comme la robotique.