

## Foreword / Avant-propos.

# Cretaceous ambers from southwestern France: geology, taphonomy, and palaeontology / Ambres crétacés du Sud-Ouest de la France: géologie, taphonomie, et paléontologie

The first investigation of the fossils in French Cretaceous amber of the Charentes region was conducted by Thomas Schlüter in the 70's (1978). However, no organisms were found at that time and Schlüter focused on amber from Paris Basin. During this same period, as a child, one of us (D.N.) discovered his first amber piece from the Charentes in 1974. It was a 3-cm-long milky pebble from the quarry of Les Renardières, in the vicinity of Tonnay-Charente (Néraudeau *et al.* 2005). For this young admirer of fossil invertebrates, however, amber was a material of little interest and the piece of Charentes amber was burned in a juvenile experiment!

Happily, 25 years later, when the once sacrilegious child discovered amber again during the spring 1999, in the Archingeay-Les Nouillers quarry, he collected abundant material, which he showed to French amber expert André Nel, of the Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Together with other colleagues, they conducted a field excavation in the Archingeay deposit the following summer, during which about 60 kg of amber were collected. This was the beginning of an extensive research program on the French Cretaceous amber, resulting in three Ph.D. theses (Perrichot 2005; Girard 2008; Lak in prep.), more than 40 papers on its fossil content, taphonomy, and paleoecology, as well as several other papers about the fossil plants and vertebrates associated with the amber.

Further investigation has revealed that the Charentes region is particularly rich in amber outcrops, with eight Cretaceous amber deposits currently: Archingeay-Les Nouillers (Néraudeau *et al.* 2002), which is the largest deposit; the lignitic tidal flat

*Les premières recherches de fossiles dans l'ambre crétacé français des Charentes furent initiées par Thomas Schlüter dans les années 70 (1978). Cependant, il n'y trouva aucun organisme à ce moment-là et se concentra sur l'ambre du Bassin Parisien. C'est à la même période que l'un d'entre nous (D.N.), alors enfant, découvrit à son tour un morceau d'ambre en Charentes en 1974. Il s'agissait d'un nodule laiteux d'environ 3 cm, trouvé dans la carrière des Renardières à Tonnay-Charente (Néraudeau *et al.* 2005). Pour le jeune amateur d'invertébrés fossiles, l'ambre constituait alors un matériel de peu d'intérêt et ce premier morceau d'ambre fut brûlé lors d'une expérience juvénile!*

*Heureusement, 25 ans plus tard, l'enfant sacrilège devenu adulte découvrit de nouveau de l'ambre dans une carrière d'Archingeay-Les Nouillers, et collecta durant le printemps 1999 une large quantité de matériel qu'il montra à André Nel, spécialiste de l'ambre au Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Avec quelques autres collègues, ils menèrent l'été suivant une mission de terrain dans ce qui devint le premier gisement d'ambre activement étudié en Charentes, et récoltèrent environ 60 kg d'ambre. Ce fut le point de départ de recherches intensives sur l'ambre de cette région, qui ont abouti jusqu'à présent à trois thèses de doctorat (Perrichot 2005; Girard 2008; Lak in prep.), plus de 40 articles sur le contenu fossile de l'ambre et ses implications taphonomiques et paléocologiques, ainsi que plusieurs autres articles concernant les plantes et les vertébrés et invertébrés fossiles associés à l'ambre.*

*Nos recherches ultérieures ont démontré la richesse des Charentes en ambre, où huit gisements crétacés ont été découverts à ce jour: Archingeay-Les Nouillers (Néraudeau *et al.* 2002), qui est le plus important*

on Fouras Peninsula (Néraudeau *et al.* 2003); the quarry of Les Renardières (Néraudeau *et al.* 2005); the plant-rich deposit of Puy-Puy (Gomez *et al.* 2004; Néraudeau *et al.* 2005); an outcrop no longer present, exposed during road work in La Buzinie (Perrichot *et al.* 2007); the promising quarry of Cadeuil (Néraudeau *et al.* 2008); an unpublished outcrop on Oléron Island; and the amber deposit of Aix Island, known since the beginning of the 19th century, but described for the first time in detail in the present volume by Néraudeau *et al.* Among these eight amber deposits, only La Buzinie is mid-early Cenomanian in age, the other ones being dated as latestmost Albian or earliest Cenomanian. Recently, however, a second amber-bearing layer was discovered in Archingeay-Les Nouillers (Gomez *et al.* 2008), which is dated as Early Cenomanian.

A total of *c.* 100 kg of amber has been collected from the deposit of Archingeay-Les Nouillers, with an additional 15 kg from other deposits. At first, only the clearest amber pieces were studied by V.P. for his Master and Ph.D. theses (Perrichot 2000, 2005). However, less than 15% of the Charentes amber is translucent enough to be studied using light microscopes, but the amber is rich in arthropod inclusions and more than a thousand specimens were discovered in 10 kg in eight years, including exciting discoveries such as primitive ants (Nel *et al.* 2004; Perrichot *et al.* 2008), rarely collected fossil bugs (Perrichot *et al.* 2005, 2007), and the only complete fossil mole cricket (Perrichot *et al.* 2002). New specimens are continually discovered, and this volume presents diverse new taxa provided to world specialists for study. Edgecombe *et al.* describe the first geophilomorph centipede (Chilopoda) from Mesozoic amber. Judson & Małkol present the first fossil record of a mite of the family Tanaupodidae (Acari), as do Saupe & Selden with the spider family Mecysmaucheniidae (Araneae). Judson and Vršanský provide a conspectus on the pseudoscorpions (Arachnida) and cockroaches (Blattaria), respectively, that are fossilized in Archingeay amber. Soriano presents the first discovery of the weevil family Belidae (Coleoptera) in amber, while Szwedow publishes a new genus and species of the extinct fulgoromorph family Neazoniidae (Hemiptera). Azar *et al.* provide a description of a new

*gisement ; l'estran découvert à marée basse sur la péninsule de Fouras (Néraudeau et al. 2003); la carrière des Renardières (Néraudeau et al. 2005); le gisement très riche en plantes fossiles de Puy-Puy (Gomez et al. 2004; Néraudeau et al. 2005); un affleurement accessible temporairement durant des travaux autoroutiers à la Buzinie (Perrichot et al. 2007); la carrière prometteuse de Cadeuil (Néraudeau et al. 2008); un gisement non publié sur l'île d'Oléron; et le gisement de l'île d'Aix, mentionné dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle mais décrit pour la première fois en détail dans ce volume par Néraudeau et al. Parmi ces huit gisements d'ambre, seul celui de la Buzinie est daté du milieu du Cénomanién inférieur, les autres étant de l'Albien terminal ou du Cénomanién basal. Récemment, toutefois, un second niveau à ambre a été mis au jour à Archingeay-Les Nouillers (Gomez et al. 2008), daté cette fois du Cénomanién basal.*

*Au total, environ 100 kg d'ambre ont été collectés dans le gisement d'Archingeay-Les Nouillers, et environ 15 kg supplémentaires dans les autres gisements. Initialement, seuls les morceaux d'ambre les plus translucides ont été étudiés par V.P. lors de son D.E.A. et de sa thèse (Perrichot 2000, 2005). Moins de 15 % des morceaux d'ambre des Charentes sont suffisamment translucides pour être étudiés au moyen de microscopes classiques. Cependant, cet ambre est riche en arthropodes fossiles et en huit ans, plus d'un millier de spécimens ont été trouvés dans environ 10 kg, incluant des découvertes exaltantes telles que des fourmis primitives (Nel et al. 2004; Perrichot et al. 2008), des punaises excessivement rares dans le registre fossile (Perrichot et al. 2005, 2007), ou le seul grillon-taupe fossile complet (Perrichot et al. 2002). De nouveaux spécimens sont découverts continuellement et ce volume présente divers taxons nouveaux confiés aux spécialistes mondiaux pour étude. Edgecombe et al. décrivent le premier centipède géophilomorphe (Chilopoda) de l'ambre mésozoïque. Judson & Małkol présentent la première mention fossile d'un acarien de la famille Tanaupodidae (Acari), de même que Saupe & Selden pour une araignée de la famille Mecysmaucheniidae (Araneae). Judson & Vršanský dressent respectivement un inventaire des pseudoscorpions (Arachnida) et des blattes (Blattaria) fossilisés dans l'ambre d'Archingeay. Soriano présente la première découverte dans l'ambre de charançons de la famille Belidae (Coleoptera), tandis que Szwedow*

Psocodea and discuss its possible phylogenetic relationships. Engel discusses the gregarious behavior of earwig nymphs (Dermaptera), as evidenced by the preservation, in a single piece of amber, of a group of four specimens. All of these arthropods are in rather clear amber and, thus, were studied using classic stereomicroscopes. The use of X-ray microradiography and microtomography, however, now allows for the detection and 3D imaging of inclusions in opaque pieces that were previously invisible with light microscopy (Tafforeau *et al.* 2006; Lak *et al.* 2008). Two articles describing insects imaged at the European Synchrotron Radiation Facility of Grenoble are included in this volume: a new diapiiid wasp (Hymenoptera) by Lak & Nel, and two cockroaches by Vršanský.

While arthropods are abundant inclusions, they are not the only palaeobiological riches of Charentes amber. Breton *et al.* (1999) drew our attention to the microorganisms trapped in French ambers and Tostain (2004) first performed a study of Charentes amber microinclusions. More complete analyses were performed in the following years (Schmidt *et al.* 2007; Girard 2008; Girard *et al.* 2008, 2009), and a new green algae found on Aix Island amber is described herein by Girard. Girard *et al.* also give an overview of the taphonomic processes involved in the preservation of microorganisms in French amber, with a discussion of paleoecological implications.

The desire to characterize the resin-producer(s) and Cretaceous forest ecosystems of southwestern France resulted in a series of chemical and physical analyses on the amber. Infrared spectroscopic analyses were performed by Xavier Delclòs (University of Barcelona) and published by Perrichot (2005). In this volume, Ragazzi *et al.* use elemental and thermal analyses as a tool for dating, and inferring diagenetic processes and botanical origin of the French Cretaceous ambers in comparison with other various ambers.

This special issue was made possible through tremendous cooperation between scientists in various research fields, by owners of the different quarries, and by the enthusiastic amateurs who spent hours collecting amber in the field and looking for inclusions: we thank the late Eugène Arnaud, Alain Chauvet,

*publie un nouveau genre et une nouvelle espèce d'une famille éteinte de fulgoromorphes, les Neazoniidae (Hemiptera). Azar et al. décrivent un nouveau psocope (Psocodea) et discutent de ses possibles relations phylogénétiques. Engel discute du comportement grégaire de nymphes de perce-oreilles (Dermaptera), illustré par la préservation de quatre spécimens dans un même morceau d'ambre. Tous ces arthropodes sont fossilisés dans un ambre relativement clair et furent donc étudiés au moyen de microscopes classiques. Mais l'utilisation de la microradiographie et la microtomographie par rayons X permet désormais la détection et l'imagerie 3D d'inclusions dans les morceaux opaques, qui sont invisibles au stéréomicroscope (Tafforeau et al. 2006; Lak et al. 2008). Dans ce volume, deux articles comportent les descriptions d'insectes imagés au Synchrotron de Grenoble (ESRF): une nouvelle guêpe diapiiidée (Hymenoptera) par Lak & Nel, et deux blattes par Vršanský.*

*Mais les arthropodes ne sont pas la seule richesse paléobiologique de l'ambre des Charentes. Breton et al. (1999) portèrent notre attention sur les microorganismes piégés dans les ambres de France et Tostain (2004) réalisa une étude préliminaire des microinclusions de l'ambre des Charentes. Des analyses plus complètes furent menées par la suite (Schmidt et al. 2007; Girard 2008; Girard et al. 2008, 2009), et une nouvelle algue verte trouvée dans l'ambre de l'île d'Aix est décrite ici par Girard. Une synthèse des processus taphonomiques impliqués dans la préservation des microorganismes dans l'ambre de France, ainsi que leurs implications paléocologiques, sont également présentées par Girard et al.*

*Enfin, pour mieux caractériser le(s) producteur(s) de la résine et les écosystèmes forestiers crétacés du sud-ouest de la France, une série d'analyses physico-chimiques fut réalisée sur l'ambre. Des analyses par spectroscopie infrarouge furent menées par Xavier Delclòs (Université de Barcelone) et publiées par Perrichot (2005). Des analyses élémentaires et thermiques sont présentées ici par Ragazzi et al., qui permettent de préciser l'âge, les processus diagénétiques, et l'origine botanique des ambres crétacés français par comparaison avec d'autres ambres d'origine variée.*

*Ce volume thématique résulte d'une formidable coopération entre scientifiques d'horizons variés, mais aussi avec les propriétaires des différentes carrières*

Alain Couillard, Eric Dépré, Arnaud Gaugain, Thierry Guyot, Thierry Lacombe, Ginette Lambert, Thierry Lenglet and the Marchand family. We are also indebted to Hervé Lelièvre and Didier Merle (former and current editors-in-chief of *Geodiversitas*) who respectively accepted our idea of this thematic issue and finalized its publication.

Vincent Perrichot  
Didier Néraudeau  
Editors/Coordinateurs

*exploitées et les amateurs enthousiastes qui ont passé des heures à collecter l'ambre sur le terrain et à chercher des inclusions qu'ils nous ont très aimablement données pour étude: nous remercions chaleureusement le regretté Eugène Arnaud, Alain Chauvet, Alain Couillard, Eric Dépré, Arnaud Gaugain, Thierry Guyot, Thierry Lacombe, Ginette Lambert, Thierry Lenglet, et la famille Marchand. Nous sommes également reconnaissants à Hervé Lelièvre et Didier Merle (ancien et nouveau rédacteurs en chef de Geodiversitas) qui ont respectivement accepté l'idée de ce volume thématique et finalisé sa publication.*

## REFERENCES

- BRETON G., GAUTHIER C. & VIZCAINO D. 1999. — Land and freshwater microflora in a Sparnacian amber from the Corbières (South France): first observations. *Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava* 14 (número especial 2): 161-166.
- GIRARD V. 2008. — *Microcénoses des ambres médio-crétacés français. Taphonomie, systématique, paléoécologie, et reconstitution du paléoenvironnement*. Unpublished Ph.D. thesis dissertation, University Rennes 1, France, 294 p.
- GIRARD V., SCHMIDT A. R., SAINT MARTIN S., STRUWE S., PERRICHOT V., SAINT MARTIN J.-P., BRETON G. & NÉRAUDEAU D. 2008. — Evidence for marine microfossils from amber. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 105: 17426-17429.
- GIRARD V., SAINT MARTIN S., SAINT MARTIN J.-P., SCHMIDT A. R., STRUWE S., PERRICHOT V., BRETON G. & NÉRAUDEAU D. 2009. — Exceptional preservation of marine diatoms in Upper Albian amber. *Geology* 37 (1): 83-86.
- GOMEZ B., DAVIERO-GOMEZ V., PERRICHOT V., THÉVENARD E., COIFFARD C., PHILIPPE M. & NÉRAUDEAU D. 2004. — Assemblages floristiques de l'Albien-Cénomaniens de Charente-Maritime (SO France). *Annales de Paléontologie* 90 (3): 147-159.
- GOMEZ B., COIFFARD C., DÉPRÉ E., DAVIERO-GOMEZ V. & NÉRAUDEAU D. 2008. — Diversity and histology of a plant litter bed from the Cenomanian of Archingeay-Les Nouillers (southwestern France). *Comptes Rendus Palevol* 7 (2-3): 135-144.
- LAK M., NÉRAUDEAU D., NEL A., CLOETENS P., PERRICHOT V., AND TAFFOREAU P. 2008. — Phase contrast X-ray synchrotron imaging: opening access to fossil inclusions in opaque amber. *Microscopy and Microanalysis* 14 (3): 251-259.
- NEL A., PERRAULT G., PERRICHOT V. & NÉRAUDEAU D. 2004. — The oldest ant in the Lower Cretaceous amber of Charente-Maritime (SW France) (Insecta: Hymenoptera: Formicidae). *Geologica Acta* 2 (1): 23-29.
- NÉRAUDEAU D., PERRICHOT V., DEJAX J., MASURE E., NEL A., PHILIPPE M., MOREAU P., GUILLOCHEAU F. & GUYOT T. 2002. — Un nouveau gisement à ambre insectifère et à végétaux (Albien terminal probable): Archingeay (Charente-Maritime, France). *Geobios* 35 (2): 233-240.
- NÉRAUDEAU D., ALLAIN R., PERRICHOT V., VIDET B., DE BROIN F., GUILLOCHEAU F., PHILIPPE M., RAGE J.-C. & VULLO R. 2003. — Découverte d'un dépôt paraliq à bois fossiles, ambre insectifère et restes d'Iguanodontidae (Dinosauria, Ornithopoda) dans le Cénomaniens inférieur de Fouras (Charente-Maritime, sud-ouest de la France). *Comptes Rendus Palevol* 2 (3): 221-230.
- NÉRAUDEAU D., VULLO R., GOMEZ B., PERRICHOT V. & VIDET B. 2005. — Stratigraphie et paléontologie (plantes, vertébrés) de la série paraliq Albien terminal – Cénomaniens basal de Tonny-Charente (Charente-Maritime, France). *Comptes Rendus Palevol* 4 (1-2): 79-93.
- NÉRAUDEAU D., PERRICHOT V., COLIN J.-P., GIRARD V., GOMEZ B., GUILLOCHEAU F., MASURE E., PEYROT D., TOSTAIN F., VIDET B. & VULLO R. 2008. — A new amber deposit from the Cretaceous (uppermost Albian-lowermost Cenomanian) of southwestern France. *Cretaceous Research* 29 (5-6): 925-929.
- PERRICHOT V. 2000. — *L'ambre insectifère de l'Albio-Cénomaniens charentais: caractéristiques sédimentaires, floristiques et faunistiques*. Unpublished Master thesis dissertation, University Rennes 1, France, 30 p.
- PERRICHOT V. 2005. — Environnements paraliq à ambre et à végétaux du Crétacé nord-aquitain (Charentes, sud-ouest de la France). *Mémoires de Géosciences Rennes* 118: 1-310.

- PERRICHOT V., NÉRAUDEAU D., AZAR D., MENIER J.-J. & NEL A. 2002. — A new genus and species of fossil mole cricket in the Lower Cretaceous amber of Charente-Maritime, SW France (Insecta: Orthoptera: Grylloptidae). *Cretaceous Research* 23 (3): 307-314.
- PERRICHOT V., NEL A. & NÉRAUDEAU D. 2005. — Gerromorphan bugs in Early Cretaceous French amber (Insecta: Heteroptera): first representatives of Gerridae and their phylogenetic and palaeoecological implications. *Cretaceous Research* 26 (5): 793-800.
- PERRICHOT V., NEL A. & NÉRAUDEAU D. 2007. — Schizopterid bugs (Insecta: Heteroptera) in mid-Cretaceous ambers from France and Myanmar (Burma). *Palaeontology* 50 (6): 1367-1374.
- PERRICHOT V., NEL A., NÉRAUDEAU D., LACAU S. & GUYOT T. 2008. — New fossil ants in French Cretaceous amber (Hymenoptera: Formicidae). *Naturwissenschaften* 95 (2): 91-97.
- SCHMIDT A. R., DÖRFELT H. & PERRICHOT V. 2007. — Carnivorous fungi from Cretaceous amber. *Science* 318: 1743.
- SCHLÜTER T. 1978. — Zur Systematik und Palökologie harzkonserverter Arthropoda einer Taphozönose aus dem Cenomanium von NW-Frankreich. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen (A)* 9: 1-150.
- TAFFOREAU P., BOISTEL R., BOLLER E., BRAVIN A., BRUNET M., CHAIMANEE Y., CLOETENS P., FEIST M., HOSZOWSKA J., JAEGER J.-J., KAY R. F., LAZZARI V., MARIVAUX L., NEL A., NEMOZ C., THIBAUT X., VIGNAUD P., AND ZABLER S. 2006. — Applications of X-ray synchrotron microtomography for non-destructive 3D studies of paleontological specimens. *Applied Physics A: Materials Science & Processing* 83 (2): 195-202.
- TOSTAIN F. 2004. — *Un assemblage de micro-organismes dans l'ambre albien/cénomanien de Charente-Maritime (gisements d'Archingey, de Cadeuil et de l'Île d'Aix, France) – Implications taphonomiques et paléo-écologiques*. Unpublished Master thesis dissertation, University Rennes I, France, 34 p.

