



Available online at www.sciencedirect.com



C. R. Palevol 2 (2003) 221–230



Paléontologie systématique
(Paléontologie des Vertébrés)

Découverte d'un dépôt paralique à bois fossiles, ambre insectifère et restes d'Iguanodontidae (Dinosauria, Ornithopoda) dans le Cénomaniens inférieur de Fouras (Charente-Maritime, Sud-Ouest de la France)

Didier Néraudeau ^{a,*}, Ronan Allain ^a, Vincent Perrichot ^a, Blaise Videt ^a,
France de Lapparent de Broin ^b, François Guillocheau ^a,
Marc Philippe ^c, Jean-Claude Rage ^b, Romain Vullo ^a

^a « Géosciences », UMR 6118, université Rennes-1, 263, av. du Général-Leclerc, 35000 Rennes, France

^b Laboratoire de paléontologie, UMR 8569, Muséum national d'histoire naturelle, 8, rue Buffon, 75005 Paris, France

^c « Paléobotanique du Mésozoïque », université Lyon-1, CNRS FRE 2158, 7, rue Dubois, 69622 Villeurbanne cedex, France

Reçu le 4 juin 2002 ; accepté le 3 mars 2003

Présenté par Philippe Taquet

Résumé

Un gisement paralique inédit, d'âge Cénomaniens inférieur, avec du bois fossile, de l'ambre insectifère et des restes de vertébrés, a été découvert sur l'estran de la presqu'île de Fouras (Charente-Maritime, France), à la suite d'une tempête qui a temporairement ôté du littoral les nappages de cordons sableux et de vasières. L'assemblage de bois fossiles contient trois taxons de conifères (*Agathoxylon*, *Podocarpoxyton*, *Brachyoxyton*) et un *Ginkgoxyton*. Les insectes de l'ambre correspondent à des Diptères, des Hyménoptères et des Homoptères. Les restes de vertébrés sont principalement représentés par des carapaces de tortues terrestres (*Solemydidae*), des vertébrés de serpents (*Simoliophis*) et des ossements de dinosaures, appartenant probablement au genre *Iguanodon*. **Pour citer cet article : D. Néraudeau et al., C. R. Palevol 2 (2003).**

© 2003 Académie des sciences. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

A new Early-Cenomanian paralic deposit with fossil wood, amber with insects and Iguanodontidae (Dinosauria, Ornithopoda) at Fouras (Charente-Maritime, southwestern France). Early Cenomanian estuarine deposits with fossil wood, amber with included insects and a bone bed have been discovered on the tidal flat of the Fouras Peninsula (Charente-Maritime, southwestern France), consequently to a tempest that had removed the sand and mud coverings of the shore. The

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : didier.neraudeau@univ-rennes1.fr (D. Néraudeau).

assemblage of fossil wood contains three taxa of conifers (*Agathoxylon*, *Podocarpoxyylon*, *Brachyoxyylon*) and a *Ginkgoxyylon*. The insects from the amber correspond to Diptera, Hymenoptera and Homoptera. The bone bed contains mainly carapaces of terrestrial turtles (Solemydidae), vertebrae of snakes (*Simoliophis*), and bones of dinosaurs with maybe the latest record of the genus *Iguanodon*. **To cite this article:** D. Néraudeau et al., C. R. Palevol 2 (2003).

© 2003 Académie des sciences. Publié par Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Iguanodontidae ; Araucariaceae ; ambre insectifère ; Cénomaniens inférieur ; paléoenvironnement ; Sud-Ouest de la France

Keywords: Iguanodontidae; Araucariaceae; amber; insects; Early Cenomanian; palaeoenvironment; southwestern France

Abridged English version

Introduction

A bone bed, which age is Early Cenomanian, has been discovered by one of us (DN) in December 2000, on the tidal flat of the Fouras Peninsula (Charente-Maritime, southwestern France), consequently to a storm, which removed the sand and mud covering of the shore. This original and temporary outcrop consisted in estuarine deposits and yielded a lot of fossil woods, some amber with enclosed insects, and a vertebrate assemblage with Iguanodontidae dinosaurs. One year after its discovery, the outcrop is now covered again by mud and sand. This paper gives a preliminary survey of the material collected, with a detailed analysis of the vertebrate remains referred to Iguanodontidae.

Geological setting

The Early Cenomanian of Charente-Maritime (southwestern France) comprises three lithological units: A, B and C [2, 19–21, 23]. The bone bed was discovered in the second unit (B), which crops out widely on the tidal flat and the cliffs of the Fouras Peninsula (Fig. 1a). Biostratigraphically, it corresponds to sediments with *Orbitolina conica*, a foraminifer index of Early Cenomanian. The lithological unit B is divided in three subunits B1, B2 and B3 (Fig. 1b), according to lithostratigraphical and biostratigraphical features: B1 corresponds to a few metres of sandy or silty limestones containing both *O. conica* and another foraminifer index, *O. plana concava*; B2 is almost completely made of 4 to 5 m of glauconitic sands and clays and contains *O. conica* only; B3 consists in 6 to 8 m of limestones with also *O. conica*. The bone bed of the Fouras Peninsula is contained into the medium

subunit B2. The base of this subunit (named B2ms by Néraudeau et al. [23]), where the bone bed is located, is richer in clay than both its medium part and its top (named B2gl and B2m by Néraudeau et al. [23] respectively). That clay corresponds to the filling up of small channels, sometimes rich in fossil wood and amber only, sometimes both rich in vertebrate remains and fossil wood. The main channel with vertebrates comprises large but sparse pieces of wood, especially a 3-m-long trunk of *Agathoxylon gardoniense* (Araucariaceae). A few metres away, another channel, with abundant fossil wood but no vertebrate remains, consists in a pile of pluridecimeteric wood pieces, with numerous shallow marine oysters (*Acutostea lingularis*, *Gyrostrea* cf. *delettrei*) fastened on the wood. A thin lens of sandstone, rich in oysters (*Ostrea daubrei*), gastropods and marine bivalves (*Arca*, *Cardium*) appears locally just below the wood and vertebrate accumulations.

Fossil plants, amber and insect inclusions

The wood pieces are generally pluridecimeteric in size. Their surface is well preserved, without holes of xylophagous bivalves. So their transport from the vegetation source to the final place of accumulation and deposition was probably not very important. Traces of insect attacks are still visible on their surface. The SEM analysis of the fossil wood allowed us to identify four taxa: *Agathoxylon* (Fig. 2.2), which represents the half part of the wood material, *Podocarpoxyylon* (25%) and *Brachyoxyylon* (20%). Only one single sample is not a coniferal wood: *Ginkgoxyylon*, unique xylogenic data of a Ginkgo in the Charentes (southwestern France) for the Cenomanian period.

The amber is not very abundant: only 0.5 kg was collected. The morphology of the amber lumps, without modelling in pebble, indicates a faint transport.

This amber is dark and generally without included arthropods. However, one large yellow translucent piece (7 × 3 cm) has yielded 13 very well preserved insects: seven Diptera - Ceratopogonidae -, one Diptera - Dolichopodidae -, three Hymenoptera - Chalcidoidea (Fig. 2.3), one Homoptera, and one insect undetermined.

Vertebrate assemblage

The vertebrate remains, collected in the glauconitic sandy clays, comprise about 130 fragments of bones and carapaces. The turtle remains are the most abundant with about 80 pieces of terrestrial Solemydidae carapaces and one piece of Chelonii indet. The snake remains consist in six vertebrae of *Simoliophis rochebrunei* (four from the clay, two from the lens of sandstone just under the clay). The pterosaurs are known only by two incomplete bones and one tooth. Finally, the dinosaurs are represented by about 50 fragments of bones, among which 15 are more than 10 cm in size and only two are clearly determined. A right ulna (Figs. 2.1A and B) and the distal end of a right tibia (Figs. 2.1C and D) belong to an Iguanodontidae and are questionably referred to the genus *Iguanodon*. Iguanodontids are known in Europe as early as the Early Cretaceous with two well-known species, *Iguanodon bernissartensis* and *Iguanodon atherfieldensis*, while a single species, *Rhabdodon priscus*, is known in the Late Cretaceous. The iguanodontid from Fouras could thus be the latest record of the genus *Iguanodon*. Another important aspect of this find is that dinosaur remains from the Early Late Cretaceous (Cenomanian-Santonian) are very rare in Europe. Apart from the Iguanodontidae, other dinosaur remains only mention the likely presence of sauropods and theropods.

The vertebrate remains from Fouras Peninsula are housed in the 'Laboratoire de paléontologie' of the 'Muséum national d'histoire naturelle' (MNHN), Paris, France.

Palaeoenvironmental discussion

Both oysters fastened on the fossil wood and molluscs located in sandstones lens interbedded in the glauconitic sandy clays indicate a mainly marine origin of the deposits of B2ms facies (*sensu* Néraudeau et al. [23]). The B2ms facies is interpreted as the beginning of a transgressive episode and corresponds to a

very shallow environment, in a coastal estuarine context that has rallied autochthonous marine shells and allochthonous continental organism remains, such as pieces of wood and bones of dinosaurs. Indeed, in the sediment where the Iguanodontidae have been collected, organisms of various ecological affinities were brought together but with different respective states of preservation: intact shells of molluscs from shallow inner shelf, tooth of a coastal shark, broken bones of flying and terrestrial reptiles, broken carapaces of both marine and terrestrial turtles, with hard predominance of the second group, large pieces of branches and trunks (until 3 m in size) of conifers and Ginkgoales. This association of different environmental components could be the evidence of an environmental deposit at the crossroads of marine and continental influences, such as an estuarine channel, where tree branches and corpses of terrestrial vertebrates have been transported consequently to a catastrophic event such as a storm or/and a flood. Hard currents have probably rapidly transported and accumulated the trees and the corpses and then, the stay of the bones and the wood on the marine substrate, after the capture by a river and the transport to the estuary mouth, was rather short before the definitive burial: (1) the carapaces of turtles and the bones of dinosaurs are generally broken with non smooth cracks; no bone pebbles are present in the vertebrate remains accumulation; (2) the pieces of wood are not perforated by marine xylophageous and not changed in wood pebbles.

Finally, as wood and vertebrate remains were collected by a river in a relatively limited palaeoenvironment before being transported to the estuary mouth, it can be assumed that the presumed latest recorded *Iguanodon*, found in the Early Cenomanian of Fouras, lived near or in a coastal forest of conifers, notably with Araucariaceae.

1. Introduction

Des faciès margino-littoraux d'âge Albo-Cénomanien affleurent largement sur les côtes de Charente-Maritime (Sud-Ouest de la France), notamment sur l'estran et les falaises de l'île Madame, de l'île d'Oléron, de l'île d'Aix et de la presqu'île de Fouras [20, 21, 23]. Il s'agit le plus souvent de dépôts lignitifères, dans lesquels ont été découverts, depuis quelques années, d'exceptionnels gisements à ambre et

macrorestes végétaux [24, 28]. De tels dépôts lignitifères à ambre sont connus depuis le siècle dernier dans les Charentes [7, 8], mais la quasi-totalité d'entre eux, d'une part, datent de l'Albien terminal, d'autre part, n'ont jamais livré de restes de vertébrés. Des argiles lignitifères plus récentes, datant de la partie médiane du Cénomaniens inférieur et riches en micro- et macrorestes de vertébrés, ont été découvertes en décembre 2000 par l'un d'entre nous (D.N.) sur la frange côtière s'étalant de la presqu'île de Fouras à l'île d'Aix.

Cet article préliminaire a pour but de dresser un portrait synthétique, tant du point de vue sédimentaire que des points de vue biostratigraphique et paléoécologique, des caractéristiques du gisement, en soulignant l'importance de la découverte d'Iguanodontidae cénomaniens pouvant être les derniers représentants connus du genre *Iguanodon*. Les conditions d'affleurement, exceptionnelles au moment des fouilles paléontologiques, et la richesse en restes végétaux sont mises à profit pour proposer un portrait paléogéogra-

phique et taphonomique du milieu de dépôt des Iguanodontidae.

2. Cadre géologique

Le Cénomaniens des Charentes (Sud-Ouest France) est découpé en sept unités lithologiques: A, B, C, D, E, F et G [2, 19, 20, 21, 23]. Seule la seconde (B) affleure largement sur la frange côtière de la presqu'île de Fouras et de l'île d'Aix (Fig. 1a). Elle correspond aux calcaires à *Orbitolines* du Cénomaniens, des *Orbitolines* qui marquent le sous-étage inférieur. Ce Cénomaniens inférieur comprend lui-même trois membres (Fig. 1b), B1, B2 et B3, et c'est dans le membre médian (B2) qu'est localisé le gisement de vertébrés de Fouras et d'Aix.

La sous-unité B1 constitue la « barre carbonatée inférieure » [18] du Cénomaniens inférieur, datée par la présence conjointe d'*Orbitolina plana concava* et d'*O. conica* [20, 21, 23], et est généralement à ten-

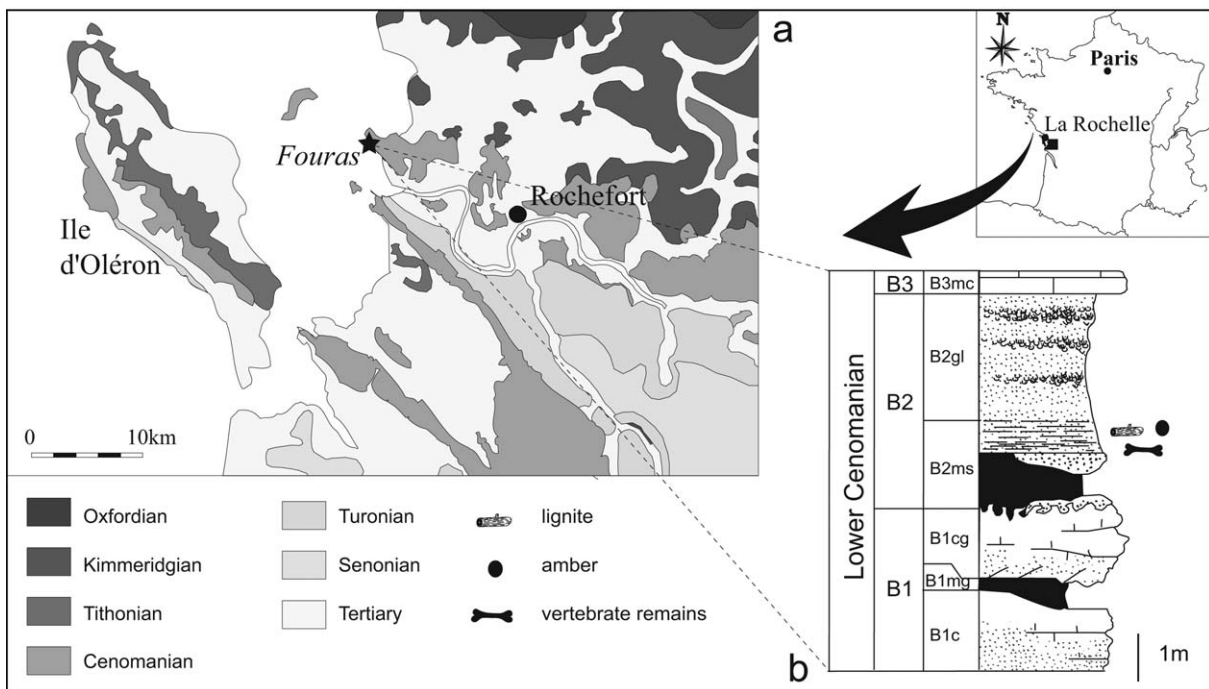


Fig. 1. Cadre géographique et géologique du gisement de Fouras : (a) localisation géographique du site de Fouras sur la carte géologique simplifiée de Charente-Maritime ; (b) localisation stratigraphique des dépôts à lignite (sous-unité B2ms), ambre et vertébrés, dans le Cénomaniens inférieur de Fouras.

Fig. 1. Geographical and geological settings of the Fouras area: (a), geographical location of the Fouras Cenomanian outcrop on the geological map of Charente-Maritime; (b), stratigraphical location of the lignite, amber and vertebrate assemblage (B2ms) in the Lower-Cenomanian deposits of Fouras.

dance massive pour une épaisseur maximale de 4 à 5 m. Dans son ensemble, il s'agit de calcaires marins très fossilifères, particulièrement riches en rudistes (*Ichthyosarcolites triangularis*), en huîtres (*Rhynchostreon suborbiculatum minor*) et en échinides divers [22]. Elle admet localement, dans sa moitié supérieure, notamment à Fouras, une intercalation décimétrique de marnes silteuses vertes, sans vertébrés. Une autre intercalation marneuse interrompt la barre carbonatée dans sa moitié inférieure, une intercalation qui est invisible sur le site de Fouras, mais qui, à l'île d'Aix, est bien développée et plus bioclastique, avec un contenu de restes de vertébrés riches en fragments décimétriques de carapaces de chéloniens, associés à quelques dents de sélaciens et vertèbres d'ophidiens. C'est l'équivalent latéral de cette intercalation qui a livré par le passé, dans le site charentais des « Renardières » (dit « Lusant ») situé à 20 km de la presqu'île de Fouras, une lentille riche en microrestes de vertébrés, notamment de sélaciens, de crocodiliens, d'ophidiens [9] et de chéloniens, avec quelques dents de dinosaures saurischiensthérotopodes [5, 16].

La sous-unité B2 se compose essentiellement de 4 à 5 m de sables glauconieux, généralement fins à très fins (B2gl *sensu* Néraudeau et al. [23]), où s'intercalent, surtout vers la base, des argiles grises à noires laminées (B2ms *sensu* Néraudeau et al. [23]). Ce faciès glauconieux est daté par la présence exclusive d'*Orbitolina conica*, sans *O. plana*. Le sommet de B2 présente une carbonatation progressive jusqu'à une assise calcaréogréseuse plus ou moins développée (0,5 à 1 m) particulièrement riche en huîtres (*Rhynchostreon suborbiculatum*, *Ceratostreon flabellatum*). Dans les lits argileux de la base de B2 (B2ms) s'intercalent des remplissages de chenaux très spectaculaires, tantôt riches en dépôts ligniteux et en ambre (chenal C1), tantôt riches en macrorestes de vertébrés (chenal C2). Le chenal à lignite (C1) se présente comme un amas de morceaux décimétriques à submétriques de bois perforés par des insectes. De nombreuses huîtres marines littorales (*Acutostea lingularis*, *Gyrostrea cf. delette*) sont également fixées sur les bois fossiles et une assise de grès fins lenticulaires, riche en ostréidés (« *Ostrea* » *daubre*), en gastéropodes et en bivalves marins (notamment *Arca* et *Cardium*), apparaît localement sous les accumulations de lignite ou de vertébrés.

La sous-unité B3 constitue la « barre carbonatée supérieure » [18] du Cénomaniens inférieur, datée éga-

lement par la présence exclusive d'*Orbitolina conica*, sans *O. plana concava* [20, 21, 23] et est généralement bien stratifiée en bancs massifs métriques, intercalés de marnes silto-sableuses, pour une épaisseur maximale de 6 à 8 m. Cette sous-unité comprend les faciès marins les plus distaux du Cénomaniens inférieur charentais, avec notamment l'abondance des échinides spatangues (*Micraster distinctus*, *Periaster elatus*) et des crinoïdes (*Pentacrinus cenomanensis*).

3. Macrorestes végétaux

Une grande quantité de bois s'est accumulée dans le chenal C1, sous forme de deux lentilles principales dont la taille des éléments fossilisés est sensiblement différente.

La lentille 1 est constituée majoritairement de lignite, avec toutefois quelques fragments de fusain, indiquant de possibles paléofeux. De taille généralement décimétrique, avec un maximum d'environ 40 cm, les fragments sont pour la plupart compactés, mais leur morphologie bien conservée n'indique pas un transport important depuis la source végétale jusqu'au lieu d'accumulation et d'enfouissement. Des traces d'attaques par des insectes xylophages sont également visibles. L'analyse de ces bois en microscopie électronique à balayage (MEB) a permis d'identifier quatre taxons distincts : *Agathoxylon*, qui représente la moitié des éléments (Fig. 2.2), mais aussi *Podocarpoxylon* (25%) et *Brachyoxylon* (20%). Un seul échantillon n'est pas un bois de conifère : *Ginkgoxylon*, unique donnée xylogologique d'une Ginkgoale dans la région au Cénomaniens.

La lentille 2 présente des fragments de taille inférieure, d'ordre centimétrique à décimétrique. Cette différence de taille entre les deux lentilles pourrait indiquer un tri des éléments, selon leur densité, lors de leur transport par le cours d'eau. La lentille 2 correspondrait à un contexte chenalisant de moindre énergie que celui de la lentille 1, plus favorable au dépôt de particules plus petites. La diversité et la proportion taxonomiques sont sensiblement équivalentes à celles de la première lentille, mais la présence de *Ginkgoxylon* n'a pas été relevée.

Les deux lentilles contiennent de l'ambre en quantité relativement faible, environ 500 g récoltés à ce jour, dont l'aspect préservé des coulées indique un faible transport. En effet, l'ambre prend facilement la

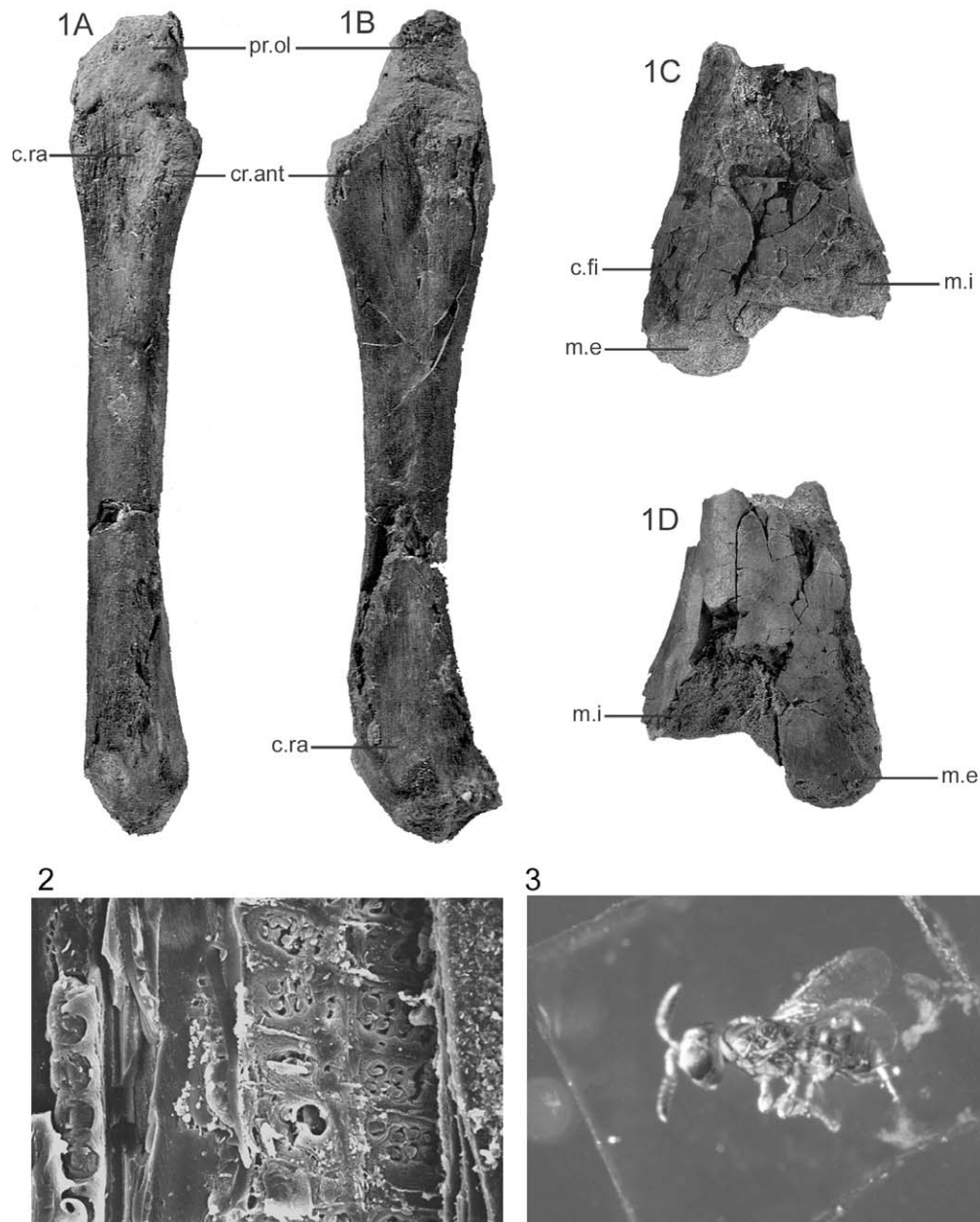


Fig. 2. **1.** *Iguanodon?* sp. du Cénomanién inférieur de Fouras (Charente-Maritime, France) : **A**, ulna droite, vue latérale ; **B**, ulna droite, vue médiale ; **C**, tibia droit, vue antérieure ; **D**, tibia droit, vue postérieure. **Abréviations** : **c.fi**, contact avec la fibula ; **c.ra**, contact avec le radius ; **cr.ant.**, crête antérieure ; **m.e**, malléole externe ; **m.i**, malléole interne ; **pr.ol**, processus olécrânien. Échelle : $\times 0,5$. **2.** Vue radiale au M.E.B. d'un bois d'Araucariaceae de Fouras: *Agathoxylon gardoniense*. Échelle : $\times 320$. **3.** Hymenoptera: Chalcidoidea, dans l'ambre de Fouras. Spécimen n° Frs 1.8. Échelle : $\times 20$.

Fig. 2. **1.** *Iguanodon?* sp. from the Early Cenomanian of Fouras (Charente-Maritime, France): **A**, right ulna, lateral view; **B**, right ulna, medial view; **C**, right tibia, anterior view; **D**, right tibia, posterior view. **Abbreviations**: **c.fi**, fibular contact; **c.ra**, radial contact; **cr.ant.**, anterior crest; **m.e**, lateral malleolus; **m.i**, medial malleolus; **pr.ol**, olecranon process. Scale $\times 0.5$; **2.** SEM radial view of a wood piece of Araucariaceae from Fouras: *Agathoxylon gardoniense*. Scale $\times 320$. **3.** Hymenoptera: Chalcidoidea, from the amber of Fouras. Specimen No. Frs 1.8. Scale $\times 20$.

forme de galets roulés, lorsqu'il subit un transport par l'eau. La détection d'éventuelles inclusions est rendue difficile par la couleur brun opaque de cet ambre et par sa fragilité ; une seule coulée se distingue de tous les autres fragments : d'une taille d'environ 7×3 cm, de couleur jaune translucide, non friable, ce fragment montre au moins sept coulées successives de résine, dans lesquelles se sont englués treize insectes magnifiquement préservés (sept Diptera - Ceratopogonidae -, un Diptera - Dolichopodidae -, trois Hymenoptera - Chalcidoidea - (Fig. 2.3), un Homoptera et un insecte indéterminé).

Des macrorestes végétaux sont également présents de façon éparse dans le niveau d'argile du chenal à vertébrés (C2), notamment un tronc lignifié d'environ 3 m de long, en position horizontale. La morphologie est bien conservée, il n'y a pas d'usure intensive indiquant un transport ou un long séjour en mer avant enfouissement. Des traces d'attaques par des insectes xylophages (Coléoptères) sont visibles en surface. Les structures internes, bien conservées, ont permis l'identification de cet arbre : il s'agit d'*Agathoxylon gardoniense*, un conifère de la famille des Araucariacées très fréquent dans les niveaux albo-cénomaniens de Charente-Maritime, et notamment dans le gisement d'ambre d'Archingeay [23].

4. Faune de vertébrés

4.1. Caractéristiques générales

Les restes de vertébrés récoltés dans les argiles glauconieuses de Fouras comportent, au total, environ 130 fragments d'os ou de carapaces. Les restes de chéloniens sont les plus fréquents, avec près de 80 pièces pluricentimétriques issues des argiles grises et correspondant en quasi-totalité à des tortues terrestres Solemydidae, à l'exception d'une pièce attribuée à un Chelonii indéterminé. Les ophidiens ne sont représentés que par six vertèbres de *Simoliophis rochebrunei*, quatre d'entre elles provenant de l'argile grise, les deux autres étant localisées dans l'assise gréseuse lenticulaire sous l'argile. Les ptérosauriens ne sont connus que par deux os longs incomplets et une dent. Le seul indice de la présence de poissons consiste en deux dents de séla-

ciens, appartenant aux espèces côtières opportunistes *Carcharias amonensis* et *Cretodus semiplicatus*. Enfin, les dinosaures sont représentés par une cinquantaine de fragments osseux, dont seulement une quinzaine est d'ordre décimétrique ou supradécimétrique. Les débris d'os ou de carapaces présentent des cassures anguleuses aux arêtes vives et le gisement ne contient pas d'os roulé ou de galet phosphaté. Les fragments d'os attribuables à des dinosaures ne sont pas, pour la plupart, précisément identifiables. Il est seulement possible d'indiquer la présence, dans le matériel, de restes de théropodes et de sauropodes « probables ».

Les restes de vertébrés récoltés dans la presqu'île de Fouras sont conservés par le laboratoire de paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), à Paris, France.

4.2. Attribution systématique de quelques os à un *Iguanodontidae*

Dinosauria
Ornithopoda
Iguanodontidae
Iguanodon? sp.

Les restes de dinosaures sont représentés dans le gisement de Fouras par une cinquantaine de fragments osseux, dont seulement une quinzaine d'ordre décimétrique ou supradécimétrique. À l'exception d'une ulna droite (Figs. 2.1A et B) et de l'extrémité distale d'un tibia (Figs. 2.1C et D), ces fragments ne sont pas pour la plupart, identifiables avec précision.

L'ulna conservée est un os allongé long de 25,5 cm. En vue latérale, sa marge postérieure est droite et non pas concave, comme chez *Iguanodon bernissartensis* [25], *Iguanodon atherfieldensis* [26] ou *Ouranosaurus nigeriensis* [30]. L'extrémité proximale est élargie et munie d'un processus olécrânien plus développé que celui des Hadrosauridae. Une concavité destinée à recevoir l'humérus est aménagée sur la face antérieure du processus olécrânien. Ventralement, à cette concavité, une crête osseuse verticale et proéminente s'étend distalement sur une dizaine de centimètres. Cette crête divise longitudinalement la partie proximale de la face antérieure de l'ulna en deux concavités. La concavité latérale ainsi formée est destinée à l'articulation avec le radius. La section de l'extrémité proximale a une forme de T chez le spécimen de Fouras, alors qu'elle

est en forme de U chez *Ouranosaurus* [30]. Chez *Iguanodon atherfieldensis*, la crête longitudinale se développe proximale sur la face antéromédiale de l'ulna, puis s'étend distalement en recoupant la face antérieure de l'ulna [26]. La largeur de l'ulna diminue progressivement en avant de l'extrémité proximale de l'ulna, pour croître de nouveau à l'approche de l'extrémité distale. L'extrémité distale est légèrement comprimée transversalement. Elle présente antéromédialement une légère dépression dans laquelle devait s'insérer l'extrémité distale du radius. Contrairement à *Ouranosaurus* [30], l'extrémité distale n'est pas incurvée vers l'arrière.

L'extrémité distale du tibia droit du spécimen de Fouras est allongée transversalement. Les malléoles sont fortement endommagées, mais la malléole externe s'étend distalement, nettement plus loin que la malléole interne. Les deux malléoles sont séparées par un ressaut prononcé. La face antérieure de l'extrémité distale est plane, et sa face postérieure fortement convexe comme chez *Camptosaurus prestwichii* [10 (fig. 10-L)]. Ce caractère permet de distinguer l'extrémité distale de Fouras de celles d'*Iguanodon atherfieldensis* et d'*Iguanodon bernissartensis*, chez qui les faces antérieures et postérieures de l'extrémité distale du tibia sont concaves [25, 26].

Si les deux os décrits précédemment sont clairement identifiables comme appartenant à un Iguanodontidae, leur attribution au genre *Iguanodon* reste incertaine. Les restes d'Iguanodontidae sont largement représentés dans les gisements européens du Crétacé inférieur, et deux espèces, *Iguanodon bernissartensis* [3] et *Iguanodon atherfieldensis* [14], ont été décrites en détail [25, 26]. Le genre *Rhabdodon* [17], est le seul Iguanodontidae connu dans le Crétacé supérieur (Campanien et Maastrichtien) d'Europe de l'Ouest. Bien qu'il soit présent dans de nombreux gisements européens [1, 4, 11, 15, 27], son appartenance aux Iguanodontidae n'a été que récemment suggérée [29]. La découverte de nouveaux restes d'Iguanodontidae dans le Cénomaniens inférieur du gisement de Fouras nous apporte des données importantes d'un point de vue biostratigraphique. Si l'appartenance au genre *Iguanodon* peut être confirmée par de nouvelles découvertes, elle étendra la répartition stratigraphique de ce genre au Crétacé supérieur. Cette découverte souligne aussi l'importance du gisement de Fouras : les restes de

vertébrés continentaux en général, et de dinosaures en particulier, sont en effet très rares en France pour la période s'étendant du Cénomaniens au Santonien [6].

5. Discussion paléoenvironnementale

5.1. Dynamique du dépôt des lentilles à lignites et vertébrés

L'accumulation clastique à lignite, ambre et vertébrés de Fouras est lenticulaire, isolée dans une masse d'argile homogène et dépourvue de continuité latérale. Elle ne s'intègre pas dans un motif récurrent suggérant une variation de vitesse de préservation. Il s'agit donc d'un processus autocyclique de dépôt [13], c'est-à-dire quasi instantané à l'échelle des temps géologiques. La probabilité de préservation de tels événements autocycliques est très faible et résulte de conditions exceptionnelles de préservation, du fait de la faible vitesse de sédimentation durant le Cénomaniens charentais, comprise entre 7 et 13 m/Ma (40 à 70 m pour une durée de 5,5 Ma sur l'échelle de Gradstein et al. [12]). En effet, les plus petites séquences identifiables, de durée comprise entre quelques dizaines et la centaine de milliers d'années (fréquence des cycles de Milankovitch), doivent avoir une épaisseur comprise entre 15 et 20 cm pour les cycles à 20 ka et 10 et 130 cm pour les cycles à 100 ka. La faible condensation temporelle qui affecte ainsi les lentilles à lignite, ambre et vertébrés plaide en faveur d'un assemblage continental dont les différentes composantes seraient contemporaines, les bois, insectes et reptiles étant issus d'un contexte paléoenvironnemental relativement limité.

5.2. Interprétation paléoenvironnementale

L'absence de figures sédimentaires caractéristiques d'écoulements oscillatoires ou de marées dans les argiles glauconieuses à lignite et vertébrés ainsi que leur caractère très interne sur un profil de dépôt suggèrent qu'il puisse s'agir de dépôts de crues dans les parties interne et latérale d'un estuaire. Cependant, les genres d'huîtres fixées sur les bois fossiles et les autres mollusques préservés dans les grès interstratifiés dans ces argiles plaident en faveur du dépôt des sédiments dans un contexte plus externe, sous influence marine. En fait, des organismes d'affinités écologiques très variées ont été transportés et déposés au même endroit,

mais avec des états de préservation respectifs très différents : les coquilles de mollusques de plate-forme interne sont intactes, les os de reptiles terrestres et de reptiles volants sont brisés mais non roulés, les carapaces de tortues terrestres, abondantes, et de tortues marines, rares, sont fragmentées en éclats pluricentimétriques aux arêtes vives, les conifères sont souvent réduits à de gros morceaux de branches, non roulés, mais subsistent également des troncs de 2 à 3 m de long, avec leurs amorces de branches.

L'ensemble de l'assemblage fossile traduit donc un milieu de sédimentation paralique dans lequel des apports continentaux furent acheminés via un réseau hydrographique, à la suite d'un événement catastrophique, tel qu'une tempête et/ou une crue. Le délai entre la capture des bois et des squelettes par les cours d'eau et leur enfouissement définitif a été relativement court, comme le montrent l'absence de perforation des bois par les tarets, l'absence de façonnage des fragments d'os, de coulées de résine et de bois sous forme de galets par un remaniement prolongé.

À l'échelle des formes terrestres, il est clair que les restes de vertébrés et de végétaux ont été collectés par une rivière dans un paléoenvironnement relativement limité, avant d'être transportés à l'embouchure de l'estuaire en contexte paralique. Les Iguanodontidae trouvés dans le Cénomaniens inférieur de Fouras auraient ainsi vécu dans, ou à côté d'une forêt côtière de conifères, notamment riche en Araucariaceae.

Le gisement sur estran de la presqu'île de Fouras, par l'association dans un même faciès de lignite, d'ambre insectifère, de dinosaures, de serpents et de tortues, s'annonce comme un témoignage exceptionnel des écosystèmes continentaux du début du Crétacé supérieur. Il ne reste plus qu'à attendre qu'une nouvelle tempête daigne le remettre à jour pour en compléter l'étude !

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les différentes personnes qui ont participé à la fouille du gisement de Fouras : C. Crônier, J.-C. Dudicourt et E. Thuet. Ils remercient également Denis Serrette et Philippe Loubry, qui ont réalisé les prises de vue des os présentés dans cette note. Cet article est une contribution au projet Eclipse du CNRS, intitulé *Interactions climat/écosystèmes* de l'Aptien au Paléocène.

Références

- [1] R. Allain, P. Taquet, A new genus of Dromaeosauridae (Dinosauria, Theropoda) from the Upper Cretaceous of France, *J. Vertebr. Paleontol.* 20 (2000) 404–407.
- [2] H. Arnaud, Mémoire sur le terrain crétacé du Sud-Ouest, *Mém. Soc. géol. France* 10 (2^e série) (1877) 1–110.
- [3] G.A. Boulenger, Sur l'arc pelvien des dinosauriens de Bernisart, *Bull. Acad. roy. Belgique* 5 (3^e série) (1881) 3–11.
- [4] E. Buffetaut, J. Le Lœuff, Une nouvelle espèce de *Rhabdodon* (Dinosauria, Ornithischia) du Crétacé supérieur de l'Hérault (Sud de la France), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 312 (1991) 943–948.
- [5] E. Buffetaut, D. Pouit, Restes de dinosaures et de crocodiliens dans le Crétacé supérieur du Centre-Ouest de la France, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 319 (1994) 253–259.
- [6] E. Buffetaut, G. Cuny, J. Le Lœuff, French dinosaurs, the best record in Europe? *Mod. Geol.* 16 (1991) 17–42.
- [7] H. Coquand, Notice sur la formation crétacée du département de la Charente, *Bull. Soc. géol. France* 14 (2^e série) (1856) 55–98.
- [8] L. Crié, Recherches sur les végétaux fossiles de l'île d'Aix (Charente-inférieure), *Ann. Soc. Sci. nat. Charente-Inférieure (La Rochelle)* 26 (1890) 231–237.
- [9] V. De Buffrénil, J.-C. Rage, La « pachyostose » vertébrale de *Simoliophis* (Reptilia, Squamata) : données comparatives et considérations fonctionnelles, *Ann. Paléontol.* 79 (1993) 315–335.
- [10] P.M. Galton, H.P. Powell, The Ornithischian dinosaur *Capto-saurus prestwichii* from the Upper Jurassic of England, *Palaeontology* 23 (1980) 411–443.
- [11] G. Garcia, M. Pincemaille, M. Vianey-Liaud, B. Marandat, E. Lorenz, G. Cheylan, H. Cappetta, J. Michaux, J. Sudre, Découverte du premier squelette presque complet de *Rhabdodon priscus* (Dinosauria, Ornithopoda) du Maastrichtien inférieur de Provence, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 328 (1999) 415–421.
- [12] F.M. Gardstein, F.P. Agterberg, J.G. Ogg, J. Hardenbol, P. Van Veen, J. Thierry, Zehui Huang, A Mesozoic time scale, *J. Geophys. Res.* 99 (1995) 24051–24074.
- [13] F. Guillocheau, Nature, rank and origin of Phanerozoic sedimentary cycles, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 320 (1995) 1141–1157.
- [14] R.W. Hooley, The skeleton of *Iguanodon atherfieldensis*, *Q. J. Geol. Soc. Lond.* 81 (1925) 1–61.
- [15] A.F. de Lapparent, Les Dinosauriens du Crétacé supérieur du Midi de la France, *Mém. Soc. géol. France* 56 (1947) 1–54.
- [16] O. Lendemaine, Sélaciens nouveaux du Crétacé supérieur du Sud-Ouest de la France ; quelques apports à la systématique des élasmobranches, SAGA information, MNHN, Paris 1 (hors-série) (1991) 1–45.
- [17] P. Matheron, Notice sur les reptiles fossiles des dépôts fluvio-lacustres crétacés du bassin à lignite de Fuveau, *Mém. Acad. Sci., Bel. Lettr. Arts Marseille* (1869) 349–379.
- [18] P. Moreau, Cadre stratigraphique et rythmes sédimentaires du Cénomaniens nord-aquitain (région de Rochefort), *Bull. Soc. géol. France* 18 (7^e série) (1976) 745–755.

- [19] P. Moreau, Le rôle du plateau central dans la paléogéographie nord-aquitaine au Cénomanién, *Géol. Méditerran.* 5 (1978) 125–136.
- [20] P. Moreau, La transgression cénomaniénne sur la marge septentrionale du bassin d'Aquitaine (Charentes). Flanc nord du synclinal de Saintes et Angoumois. Modalités d'une invasion marine. Aspects stratigraphiques, sédimentologiques et paléogéographiques, Vol. 1 : Analyse stratigraphique et identification des milieux, thèse d'État, 508 p., université de Poitiers, 1993.
- [21] P. Moreau, La transgression cénomaniénne sur la marge septentrionale du bassin de l'Aquitaine (Charentes), flanc nord du synclinal de Saintes et Angoumois. Modalités d'une invasion marine, aspects stratigraphiques, sédimentologiques et paléogéographiques, Vol. 3 : Paléontologie stratigraphique et biochronologie, paléogéographie et structure, thèse d'État, 508, université de Poitiers, 1993.
- [22] D. Néraudeau, P. Moreau, Paléoécologie et paléobiogéographie des faunes d'échinides du Cénomanién nord-aquitain (Charente-Maritime, France), *Géobios* 22 (1989) 293–324.
- [23] D. Néraudeau, J. Thierry, P. Moreau, Variation in echinoid biodiversity during the Cenomanian-Early Turonian transgressive episode in Charentes, *Bull. Soc. géol. France* 168 (1997) 51–61.
- [24] D. Néraudeau, V. Perrichot, J. Dejax, E. Masure, A. Nel, M. Philippe, P. Moreau, F. Guillocheau, T. Guyot, Un nouveau gisement à ambre insectifère et à végétaux (Albien terminal probable) : Archingeay (Charente-Maritime, France), *Géobios* 35 (2002) 233–240.
- [25] D.B. Norman, On the ornithischian dinosaur *Iguanodon bernissartensis* from Belgium, *Mém. Inst. roy. Sci. nat. Belgique* 178 (1980) 1–105.
- [26] D.B. Norman, On the anatomy of *Iguanodon atherfieldensis* (Ornithischia: Ornithopoda), *Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belgique* 56 (1986) 281–372.
- [27] X. Pereda-Superbiola, J.L. Sanz, The ornithopod dinosaur *Rhabdodon* from the Upper Cretaceous of Laño (Iberian Peninsula), *Estud. Museo Cienc. nat. Alava* 14 (1999) 257–272.
- [28] V. Perrichot, D. Néraudeau, D. Azar, J.-J. Menier, A. Nel, A new genus and species of fossil mole cricket in the Lower Cretaceous amber of Charente-Maritime, SW France (Insecta: Orthoptera: Gryllotalpidae), *Cretac. Res.* 23 (2002) 307–314.
- [29] M. Pincemaille, Un ornithopode du Crétacé supérieur de Vitrolles (Bouches-du-Rhône) : *Rhabdodon priscus*, mémoire de DEA, université Montpellier-2, 1997 (non publié).
- [30] P. Taquet, Géologie et paléontologie du gisement de Gadoufaoua (Aptien du Niger), *Cah. Paléontol. CNRS* (1976) 1–191.