

**The marine squamates (reptiles)
from the Cenomanian-Turonian of the Tethys:
a noteworthy radiation**

**[Les squamates (reptiles) marins
du Cénomanién-Turonien de la Téthys :
une radiation remarquable]**

Nathalie BARDET^{1,2}

Alexandra HOUSSAYE^{1,3}

Xabier PEREDA SUBERBIOLA⁴

Jean-Claude RAGE^{1,5}

Citation: BARDET N., HOUSSAYE A., PEREDA SUBERBIOLA X. & RAGE J.-C. (2007).- The marine squamates (reptiles) from the Cenomanian-Turonian of the Tethys: a noteworthy radiation [*Les squamates (reptiles) marins du Cénomanién-Turonien de la Téthys : une radiation remarquable*]. In: BULOT L.G., FERRY S. & GROSHENY D. (eds.), Relations between the northern and southern margins of the Tethys ocean during the Cretaceous period [*Relations entre les marges septentrionale et méridionale de la Téthys au Crétacé*].- Carnets de Géologie / Notebooks on Geology, Brest, Memoir 2007/02, Abstract 05 (CG2007_M02/05)

Key Words: Reptiles; marine squamates; Cenomanian-Turonian; Tethys; mosasauroids; dolichosaurs; "hind-limbed" snakes

Mots-Clefs : Reptiles ; squamates marins ; Cénomanién-Turonien ; Téthys ; mosasauroïdes ; dolichosaures ; serpents "à pattes"

[English]

The Cenomanian-Turonian interval is a key period in the evolution of squamates. They display a spectacular radiation in the marine realm, in particular on the northern and southern margins of the Mediterranean Tethys, though some taxa reached the Interior Sea of North America. Snakes probably originated in the Mediterranean Tethys from this assemblage, but that is the issue of a current debate among paleontologists. In the span of time comprising the Cenomanian-Turonian stages four major groups diversified in the Mediterranean zone: the "hind-limbed snakes", the dolichosaurs, the "aigialosaurs" and the mosasauroids (the last two grouped as the Mosasauroidea). About thirty species are known in the fossil record.

"Hind-limbed" snakes, their phylogenetic position still under discussion, attain a length of 1.5 m and are all pachyostotic. They are known only from the Cenomanian of the northern (western Europe and Adriatic region) and southern (North Africa and Middle East)

margins of the Mediterranean Tethys (RAGE & ESCUILLIÉ, 2003).

Dolichosaurs are snake-like lizards with long necks but still have short limbs, and range up to one meter in length. They are known in Europe and the Middle East mainly from the Cenomanian, but their range in North America extends from the Cenomanian-Turonian to the Santonian.

Mosasauroids include basal forms, collectively labelled as "aigialosaurs", probably a paraphyletic group, and a more specialized one, the mosasauroids. "Aigialosaurs", aquatic lizards measuring up to 1.5 m long, are known during the Cenomanian-Turonian, mainly in Europe. Mosasauroids, large predators of the open sea (over 2 m in length), are known from the Middle Turonian to the end of the Maastrichtian. Most of the Turonian forms are from Africa and the Americas.

With the exception of the mosasauroids, this important radiation of squamates in the marine realm is restricted in time (Cenomanian-Turonian) and space (almost entirely to the

¹ UMR 5143 du CNRS, Département Histoire de la Terre, Muséum National d'Histoire Naturelle, 8 rue Buffon, 75231 Paris (France)

² bardet@mnhn.fr

³ houssaye@mnhn.fr

⁴ Departamento Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, Apartado 644, 48080 Bilbao (Espagne/Spain)

⁵ xabier.pereda@lg.ehu.es

⁵ jcrage@mnhn.fr

Manuscript online since May 15, 2007

northern and southern margins of the Mediterranean Tethys). It should be noted that most of the known taxa are monotypic. Only the snake *Simoliophis* and the dolichosaurs *Coniasaurus* and *Pontosaurus* are represented by several species and have a relatively broad geographic distribution. Among the groups discussed above, only the mosasaurids subsist during the end of the Cretaceous and show a strong evolutive radiation during the Santonian-Maastrichtian, when they are represented by very numerous cosmopolitan taxa that display very diverse ecological types.

It is probable that:

- 1) certain major geological and biological events that characterize this Cenomanian-Turonian pivotal period, could have permitted this radiation (JACOBS *et alii*, 2005a, b);
- 2) the Mediterranean portion of the Tethys seems to have played an important role in both the radiation and dispersion of these animals (RAGE & ESCUILLIÉ, 2003); and
- 3) factors inherent to each of the four groups (size, bone structure, ecological and palaeobiogeographical preferences, etc) could have had an effect on and insured the success of one group -the mosasaurids- with respect to the others of these groups, whereas the radiation of snakes succeeded only in continental environments.

[Français]

Le Cénomaniens-Turonien est une période clé dans l'évolution des squamates. Ils montrent une radiation spectaculaire en domaine marin, s'effectuant essentiellement sur les marges Nord et Sud de la Téthys méditerranéenne, même si quelques représentants ont atteint la Mer Intérieure nord-américaine. C'est dans ce contexte que se situe probablement l'origine des serpents, débat paléontologique d'actualité. Entre le début du Cénomaniens et la fin du Turonien, quatre grands groupes se diversifient dans la zone méditerranéenne : les serpents "à pattes", les dolichosaures, ainsi que les "aigialosauridés" et les mosasauridés (ces deux derniers étant regroupés sous le terme de Mosasauroidea). Une trentaine d'espèces est connue dans le registre fossile.

Les serpents "à pattes", dont la position phylogénétique demeure discutée, atteignent 1,5 m et sont tous pachyostotiques. Ils ne sont connus que durant le Cénomaniens sur les marges Nord (Europe occidentale et région adriatique) et Sud (Afrique du Nord et Proche-Orient) de la Téthys méditerranéenne (RAGE & ESCUILLIÉ, 2003).

Les dolichosaures sont des lézards serpentiformes, mais conservant de courts membres, à long cou, et mesurant jusqu'à un mètre. Ils sont connus en Europe et au Proche-Orient essentiellement au Cénomaniens, alors que leur registre en Amérique du Nord s'étend

du Cénomaniens-Turonien jusqu'au Santonien.

Les mosasauroides incluent des formes basales réunies sous le nom d' "aigialosaures", groupe probablement paraphylétique, et des formes dérivées, les mosasauridés. Les "aigialosaures", lézards aquatiques mesurant jusqu'à 1,5 m, sont connus durant le Cénomaniens-Turonien principalement en Europe. Les Mosasauridae, grands prédateurs de mer ouverte (taille supérieure à 2 m), sont connus du Turonien moyen jusqu'à la fin du Maastrichtien. Les formes turoniennes sont essentiellement représentées en Afrique et aux Amériques.

Cette importante radiation des squamates en milieu marin se caractérise, sauf pour les Mosasauridés, par une restriction dans le temps (Cénomaniens-Turonien) et l'espace (marges Nord et Sud de la Téthys méditerranéenne surtout). Il est également à noter que la plupart des taxons connus sont monotypiques. Seul le serpent *Simoliophis* et les dolichosaures *Coniasaurus* et *Pontosaurus* sont représentés par plusieurs espèces et ont une répartition relativement large. De tous les groupes évoqués, seuls les Mosasauridés subsistent durant la fin du Crétacé et montrent à leur tour une radiation évolutive très importante durant l'intervalle Santonien-Maastrichtien, où ils sont représentés par de très nombreux taxons répartis de manière cosmopolite et montrant des types écologiques très divers.

Il est probable que :

- 1) certains événements géologiques et biologiques majeurs qui caractérisent cette période charnière qu'est le Cénomaniens-Turonien ont dû permettre cette radiation (JACOBS *et alii*, 2005a, b) ;
- 2) la zone méditerranéenne de la Téthys semble avoir joué un rôle important à la fois dans la radiation et la dispersion de ces animaux (RAGE & ESCUILLIÉ, 2003) ; et
- 3) des facteurs propres à chacun des quatre groupes évoqués (taille, structure osseuse, préférences écologiques et paléobiogéographiques, etc.) ont dû influencer et assurer le succès d'un groupe – les mosasauridés – par rapport aux autres au sein de cet ensemble, alors que les serpents n'ont par la suite réussi leur diversification que sur le continent.

Bibliographic references / Références bibliographiques

- JACOBS J.J., FERGUSON K., POLCYN M.J. & RENNISON C. (2005a).- Cretaceous $\delta^{13}\text{C}$ stratigraphy and the age of dolichosaurs and early mosasauroids.- *Netherlands Journal of Geosciences*, Utrecht, vol. 84, n° 3, p. 257-268.
- JACOBS J.J., POLCYN M.J., TAYLOR L.H. & FERGUSON K. (2005b).- Sea-surface temperatures and palaeoenvironments of dolichosaurs and

early mosasaurs.- *Netherlands Journal of Geosciences*, Utrecht, vol. 84, n° 3, p. 269-281.
RAGE J.-C & ESCUILLIÉ F. (2003).- The

Cenomanian: stage of hindlimbed snakes.- Carnets de Géologie / Notebooks on Geology, Brest, Article 2003/01 (CG2003_A01), 11 p.