



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Palevol 4 (2005) 681–686



<http://france.elsevier.com/direct/PALEVO/>

Systematic Palaeontology (Vertebrate Paleontology)

## First record of a fossil bird from the Early Cretaceous of Thailand

Eric Buffetaut <sup>a,\*</sup>, Gareth Dyke <sup>b</sup>, Varavudh Suteethorn <sup>c</sup>, Haiyan Tong <sup>a</sup>

<sup>a</sup> CNRS, UMR 5125 (Paléoenvironnements et Paléobiosphère), 16, cour du Liébat, 75013 Paris, France

<sup>b</sup> Department of Zoology, University College Dublin, Belfield Dublin 4, Ireland

<sup>c</sup> Palaeontology Section, Bureau of Geological Survey, Department of Mineral Resources, Rama VI Road, Bangkok 10400, Thailand

Received 21 February 2005; accepted 7 June 2005

Available online 28 July 2005

Presented by Yves Coppens

### Abstract

We present the first known occurrence of a Mesozoic fossil bird from Thailand. The new specimen is the distal end of a left humerus, from the Early Cretaceous Sao Khua Formation in the Northeast of the country, and testifies to the presence of a medium-sized avian in these non-marine strata. This is also the first Mesozoic bird known from the whole of Southeast Asia. **To cite this article:** E. Buffetaut et al., C. R. Palevol 4 (2005).

© 2005 Académie des sciences. Published by Elsevier SAS. All rights reserved.

### Résumé

**Première description d'un oiseau fossile du Crétacé inférieur de Thaïlande.** Nous décrivons le premier spécimen d'oiseau mésozoïque trouvé en Thaïlande. Il s'agit de l'extrémité distale d'un humérus gauche, provenant de la formation Sao Khua (Crétacé inférieur), dans le Nord-Est du pays. Ce spécimen indique la présence d'un oiseau de taille moyenne dans cette formation continentale. Il s'agit là du premier oiseau mésozoïque signalé en Asie du Sud-Est. **To cite this article:** E. Buffetaut et al., C. R. Palevol 4 (2005).

© 2005 Académie des sciences. Published by Elsevier SAS. All rights reserved.

**Keywords:** Aves; Early Cretaceous; Sao Khua Formation; Thailand

**Mots clés :** Aves ; Crétacé inférieur ; Formation Sao Khua ; Thaïlande

### Version française abrégée

Les restes d'oiseaux mésozoïques demeurent rares, en particulier dans le Crétacé inférieur. Bien qu'un certain nombre d'énantiornithes aient été découverts ces dernières années dans certains sites européens et asia-

tiques, en général les restes appartenant à d'autres lignées archaïques demeurent peu nombreux. Les formations Yixian et Jiufotang, en Chine, constituent une exception notable, car des centaines de spécimens de l'oiseau primitif *Confuciusornis*, ainsi que des représentants d'autres groupes, y ont été découverts [9,22]. Néanmoins, les données paléontologiques concernant les oiseaux du Crétacé inférieur demeurent maigres dans les autres régions de l'Asie.

\* Corresponding author.

E-mail address: [eric.buffetaut@wanadoo.fr](mailto:eric.buffetaut@wanadoo.fr) (E. Buffetaut).

Dans cette note, nous décrivons le premier spécimen d'oiseau mésozoïque trouvé en Asie du Sud-Est, un humérus incomplet provenant de la formation Sao Khua [4], en Thaïlande. Ce fossile, récolté en 1992, provient d'un affleurement à Khok Kong (Fig. 1), province de Kalasin, dans le Nord-Est de la Thaïlande. Ce site a aussi livré en abondance des dents de crocodiliens et de dinosaures théropodes. La formation Sao Khua fait partie du groupe Khorat [3], une succession de formations continentales bien visibles dans le Nord-Est de la Thaïlande. Elle a livré des restes de vertébrés particulièrement abondants (chondrichthyens, actinoptérygiens, chéloniens, crocodiliens, ptérosaures et dinosaures, ces derniers représentés notamment par le tyrannosauroïde *Siamotyrannus*, le spinosauridé *Siamosaurus*, un ornithomimosaur, et le nemegtosauridé *Phuwiangosaurus*) [4]. Elle affleure dans de nombreuses régions du plateau de Khorat, et est considérée comme s'étant déposée en milieu continental, dans une vaste plaine parcourue par des rivières à faible énergie [17]. Bien qu'elle ait été d'abord considérée comme jurassique, on lui accorde généralement aujourd'hui un âge Crétacé inférieur, à partir d'arguments principalement palynologiques [19,20]. La formation Sao Khua repose en effet sur la formation Phra Wihan, qui a livré des palynomorphes indiquant un âge Berriasien à Barémien [19,20], confirmé par l'étude des traces de fission dans des zircons détritiques [1]. En outre, la formation Sao Khua est recouverte par la formation Phu Phan, elle-même recouverte par la formation Khok Kruat, qui contient le requin hybodont *Thaiodus*, indiquant un âge Aptien–Albien [5], et qui a aussi livré des palynomorphes aptiens [21]. Il ne fait donc pas de doute que la formation Sao Khua est d'âge Crétacé inférieur, anté-Aptien.

Le fragment d'humérus de Khok Kong (collection paléontologique du Department of Mineral Resources, Sahat Sakhan Dinosaur Research Centre, K3-1), très bien conservé, est long de 15,2 mm. Les dimensions du spécimen suggèrent un oiseau comparable en taille à un canard colvert (*Anas platyrhynchos*). Bien qu'elle soit brisée à une courte distance proximale à la fosse brachiale, on peut voir que la diaphyse était légèrement courbée proximale et dorsale. La diaphyse est creuse, avec des parois minces. La partie conservée est naturellement aplatie en direction craniocaudale. L'ensemble de la marge distale montre une angulation ventrale, et un processus, qui pourrait

être homologue du processus flexeur avien, est visible ; cette région est bien développée et proéminente, comme chez tous les Néornithes et certains Énantiornithes [8]. En vue craniale, les condyles distaux sont arrondis, bien développés, et font saillie distalement. Le condyle dorsal est bombé et son grand axe est presque perpendiculaire à l'axe de la diaphyse. Le condyle ventral est nettement plus court que le dorsal, la fosse brachiale est peu profonde, mais distincte. S'il était présent, le processus extenseur du condyle dorsal ne devait être que très peu développé. Sur la surface caudale, il n'y a pas de sillons pour les muscles scapulotriceps et humerotricipitalis, et la fosse olécranienne n'est que peu développée.

L'humérus de Khok Kong est le premier reste avien mésozoïque à être décrit d'Asie du Sud-Est, mais pas le premier oiseau fossile de Thaïlande, des spécimens miocènes ayant été signalés dès 1984 [6,7]. Bien qu'incomplet, le fossile de Khok Kong montre deux caractères pouvant donner des informations sur sa position phylogénétique : le grand axe du condyle dorsal est presque perpendiculaire à l'axe de l'os, et la fosse brachiale est peu profonde (caractères 120 et 124 de la liste de Clarke et Norell [10]). Un condyle dorsal transverse est présent chez certains Ornithurines (*Apsaravis*), alors qu'une fosse brachiale peu profonde est considérée comme caractéristique d'*Ichthyornis* et des Néornithes primitifs [10]. La plupart des Énantiornithes, en revanche, n'ont pas de fosse brachiale visible [8]. Les autres caractères visibles sur cette extrémité distale d'humérus (huit caractères de la liste de Clarke et Norell [10]) sont primitifs et donc pas informatifs. Dans l'ensemble, les rares caractères visibles sur le fragment de Khok Kong suggèrent qu'il ne s'agit pas d'un énantiornithe, et que ce pourrait être un ornithurine. Divers ornithurines primitifs ont été décrits du Crétacé inférieur du Nord-Est de la Chine (groupe Jehol), qui est d'âge comparable à celui de la formation Sao Khua.

Les oiseaux du Crétacé inférieur étant rares, toute description de nouveau matériel présente un intérêt, notamment en provenance de régions où les données paléontologiques sur ce groupe sont peu nombreuses. Hors du groupe Jehol (formations Yixian et Jiufotang) du Nord-Est de la Chine [19,23], l'information sur les oiseaux du Crétacé inférieur en Asie est limitée à une poignée d'os provenant de Mongolie et d'Asie centrale [14,18], l'énigmatique *Ambiortus* de Mongolie [13] constituant une exception, car il est connu par un

squelette partiel, mais sa position phylogénétique demeure incertaine [14].

L'humérus de Khok Kong démontre que les oiseaux faisaient partie de la faune du Crétacé inférieur du Nord-Est de la Thaïlande. Le bloc Indochinois, dont le plateau de Khorat fait partie, est apparemment entré en contact avec les blocs chinois dès le Permien supérieur [16], ce qui fait que les faunes de vertébrés mésozoïques du Nord-Est de la Thaïlande montrent des ressemblances avec les assemblages de même âge en Chine [2]. La présence d'oiseaux dans la formation Sao Khua ne peut donc pas surprendre. Compte tenu de ce que l'on sait des assemblages d'oiseaux abondants et variés du groupe Jehol [22,23], ainsi que d'autres restes fossiles aviens plus ou moins énigmatiques du Crétacé d'Asie [11–15], il est probable que d'autres découvertes d'oiseaux crétacés auront lieu en Thaïlande.

## 1. Introduction

The remains of Mesozoic birds are relatively rare, but especially so from the earliest stages of the Cretaceous. Although in recent years a number of enantiornithine birds have been recovered from some Early Cretaceous localities in Europe and Asia, in general the remains of other archaic Mesozoic lineages remain insubstantial at this time. Notable exceptions to this trend are the Yixian and Jiufotang formations of Liaoning Province in northeastern China, and similar formations in nearby provinces, from where hundreds of specimens of the primitive bird *Confuciusornis*, as well as representatives of several other lineages have been discovered [9,22]. However, the fossil record of Early Cretaceous birds from other parts of Asia remains very imperfectly known.

In this paper, we present a description of the first Mesozoic avian material from Southeast Asia, a partial humerus from the Early Cretaceous Sao Khua Formation of Thailand.

## 2. Background and context

The humerus fragment was surface collected in 1992 by one of us (H.T.) from an outcrop of red siltstones of the Sao Khua Formation [4] at the locality of Khok Kong, in Kalasin Province, northeastern Thai-

land. Abundant teeth of crocodylians and theropod dinosaurs have also been found at this locality.

Since the 1970s, remains of fossil vertebrates have been recovered from a number of sites within the Mesozoic non-marine sedimentary sequences (Khorat Group) of northeastern Thailand [3]. In particular, vertebrate fossils are especially abundant in the Sao Khua Formation, which over recent years has yielded the remains of chondrichthyans, actinopterygians, turtles, crocodylians, pterosaurs and dinosaurs (including the tyrannosauroid *Siamotyrannus*, the spinosaurid *Siamosaurus*, an ornithomimosaur, and the nemegtosaurid sauropod *Phuwiangosaurus*) [4].

The Sao Khua Formation outcrops in many parts of the Khorat Plateau in northeastern Thailand (Fig. 1). It is now generally considered to be non-marine, having been deposited in an extensive floodplain with low-energy meandering rivers [17]. Its age, however, has formed the subject of some controversy over the years; early studies suggested a Jurassic age, but it is now generally accepted that the Sao Khua Formation is Early Cretaceous. This assignment is mostly based on palynological studies [19,20]. The Phra Wihan Formation, which underlies the Sao Khua Formation, contains Early Cretaceous palynomorphs, suggesting a Berriasian to Barremian age [19,20], confirmed by fission-track dating on detrital zircons [1]. Therefore, the Sao Khua Formation cannot be older than Early Cretaceous. Its age is further constrained by dating of the Khok Kruat Formation, which overlies the Phu Phan Formation, which itself overlies the Sao Khua Formation. The presence of the freshwater hybodont shark *Thaiodus* suggests an Aptian–Albian age for the Khok Kruat Formation [5], which has also yielded palynomorphs indicating an Aptian age [21]. There is therefore no doubt that the Sao Khua Formation is Early Cretaceous, older than Aptian, in agreement with the vertebrates [4] it has yielded.

The humerus presented here from Khok Kong (K3-1) belongs to the Palaeontological Collection of the Department of Mineral Resources. The specimen is stored at the Sahat Sakhan Dinosaur Research Centre (Sahat Sakhan, Kalasin Province).

## 3. Description

The Khok Kong fragment (K3-1; Fig. 2), 15.2 mm in total length, is from a very well-preserved left

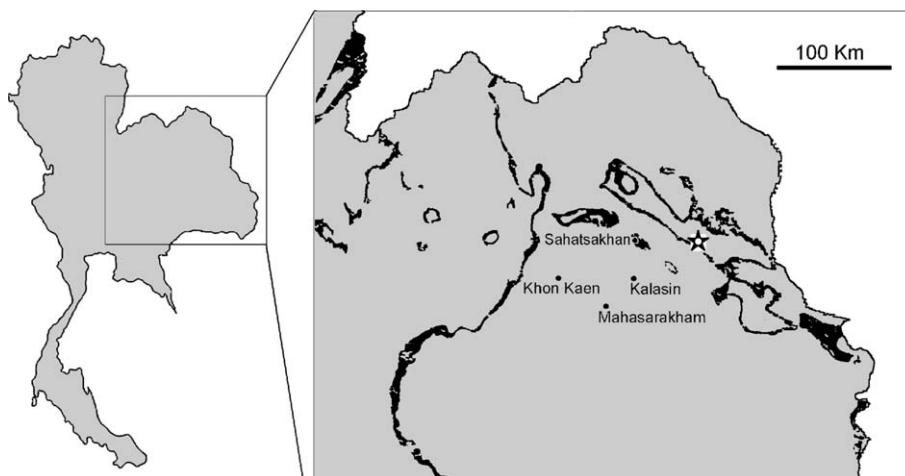


Fig. 1. Map of northeastern Thailand showing outcrops of the Sao Khua Formation (in black) and several cities. The Khok Kong locality is shown by a star. Map courtesy of Lionel Cavin.

Fig. 1. Carte du Nord-Est de la Thaïlande montrant les affleurements de la Formation Sao Khua (en noir) et plusieurs villes. Le gisement de Khok Kong est indiqué par une étoile. Carte aimablement fournie par Lionel Cavin.

humerus. Although broken immediately proximal to the brachial fossa, its shaft is slightly curved proximally and dorsally. The dimensions of this bone suggest a bird comparable to a Mallard Duck (*Anas platyrhynchos*) in size. The shaft of K3-1 is hollow and thin walled; notably, the entire element is naturally flat cranio-caudally. The entire distal margin of this element is angled ventrally and a process that may be homologous to the avian flexor process can be seen; this region is well-developed and projected as in all neornithines and some enantiornithines [8]. In cranial view (Fig. 2),

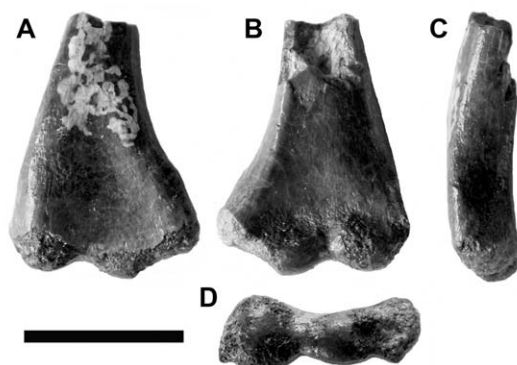


Fig. 2. The bird humerus fragment from Khok Kong (K3-1) in caudal (A), cranial (B), ventral (C), and distal (D) views. Scale bar is 10 mm.

Fig. 2 Le fragment d'humérus d'oiseau de Khok Kong (K3-1) en vues caudale (A), craniale (B), ventrale (C) et distale (D). Barre d'échelle : 10 mm.

the distal condyles are well-rounded, well-developed and are projected distally. The dorsal condyle is bulbous and has its long axis orientated at a high angle (almost transverse) with respect to the angle of the shaft. The ventral condyle is much shorter than the corresponding dorsal condyle, the brachial fossa is shallow and well defined. If present at all, the extensor process of the dorsal condyle would have been only very weakly developed (Fig. 3). On the caudal surface, grooves for the scapulothriceps and humerotricipitalis muscles are not present and the olecranon fossa is only weakly developed.

#### 4. Discussion

Although the Khok Kong specimen is the first Mesozoic bird to be described from Southeast Asia, it is not the first record of a fossil avian from Thailand – Miocene bird remains have been known from this region since the 1980s [6,7]. Despite the fact that the humerus from Khok Kong is incomplete, it does at least preserve two characters that may provide some information as to its likely phylogenetic position – the long axis of the dorsal condyle is orientated close to 90 degrees (transverse) with respect to the axis of the bone and the brachial fossa is developed as a flat scar (characters 120 and 124, listed in Clarke and Norell [10]). Of these features, a transversely orientated dorsal



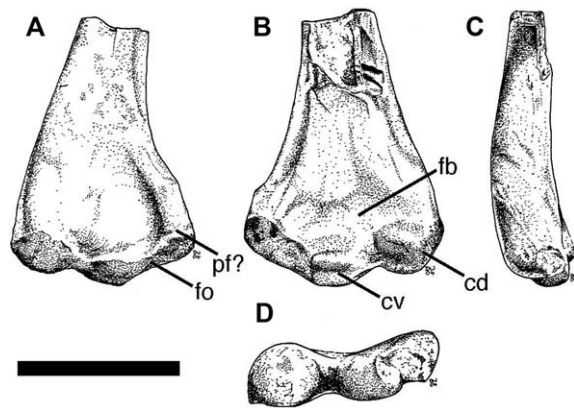


Fig. 3. Interpretative drawings of the bird humerus fragment from Khok Kong (K3-1) in caudal (A), cranial (B), ventral (C), and distal (D) views. Abbreviations: fo, olecranon fossa; pf?, flexor process?; cv, ventral condyle; fb, brachial fossa; cd, dorsal condyle. Scale bar is 10 mm. Drawings by David Waterhouse.

Fig. 3 Dessins interprétatifs du fragment d'humérus d'oiseau de Khok Kong (K3-1) en vues caudale (A), craniale (B), ventrale (C) et distale (D). Abréviations : fo, fosse olécraniennne ; pf?, processus flexeur ?; cv : condyle ventral ; fb, fosse brachiale ; cd, condyle dorsal. Échelle : 10 mm. Dessins de David Waterhouse.

condyle is seen in some ornithurines (e.g., *Apsaravis*), while a flat brachial fossa is currently considered characteristic of *Ichthyornis* and basal Neornithes [10]. Most enantiornithine birds, for example, do not have a visible brachial fossa [8]. The remaining preserved features visible on this distal part of the humerus (the further eight characters of this region listed in Clarke and Norell [10]) are primitive and thus uninformative. On the whole, the few characters seen on the humerus fragment from Khok Kong suggest that it is not an enantiornithine, and may be an early ornithurine. This is interesting because a number of early ornithurines have been described from the Early Cretaceous Jehol Group of northeastern China, which is roughly coeval with the Sao Khua Formation.

Because Early Cretaceous birds are usually rare in the fossil record, any new descriptions of material of this age are significant. This is especially true of new specimens discovered in regions that continue to have a patchy record with regard to the palaeobiogeography of some groups (such as Southeast Asia). With the notable exception of Jehol Group sediments (Yixian and Jiufotang formations) in northeastern China [22,23], the Asian fossil record of Early Cretaceous birds is limited to just a handful of bones from Mongolia and former Soviet Central Asia [14,18]. The sole exception to this

general trend from Asia outside of China, the enigmatic *Ambiortus* [13] from Mongolia is known from a partial skeleton, but remains of uncertain phylogenetic position [14].

Although incomplete, the new humerus from Khok Kong demonstrates that birds were constituents of the Early Cretaceous vertebrate fauna of northeastern Thailand. The Indochina Block, which includes the Khorat Plateau, apparently came into contact with Chinese blocks in the Late Permian [16], thus Mesozoic vertebrate faunas from northeastern Thailand show similarities with coeval assemblages from China [2]. The occurrence of a bird in the Sao Khua Formation is therefore not unexpected. The likelihood of more material from these deposits is high, simply because the Sao Khua Formation is similar in age to the Chinese Jehol Group, which has yielded several abundant and diverse bird assemblages [22], alongside some other previously described and tantalising Early Cretaceous fossil bird material from other parts of Asia [11–15].

## Acknowledgments

This work was made possible by an exchange agreement between CNRS and the Royal Irish Academy (Ulysses Programme). Field work in Thailand is supported by the Department of Mineral Resources, Thailand Research Fund and CNRS. This is a contribution to the ECLIPSE II Programme of CNRS.

## References

- [1] C. Bristow, P. Howlett, A. Carter, Stratigraphy and sedimentology of the Khorat Group of the Ventiane Basin area of Laos and the western edge of the Khorat Plateau, NE Thailand, in: P. Angsuwathana, T. Wongwanich, W. Tansathien, S. Wongsomak, J. Tulyatid (Eds.), Proc. Int. Symp. Stratigraphic Correlation of Southeast Asia, Department of Mineral Resources, Bangkok, 1994, p. 159.
- [2] E. Buffetaut, V. Suteethorn, The biogeographical significance of the Mesozoic vertebrates from Thailand, in: R. Hall, J.D. Holloway (Eds.), Biogeography and Geological Evolution of Southeast Asia, Backhuys, Leiden, The Netherlands, 1998, pp. 83–90.
- [3] E. Buffetaut, V. Suteethorn, Early Cretaceous dinosaurs from Thailand and their bearing on the early evolution and biogeographical history of some groups of Cretaceous dinosaurs, New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull. 14 (1998) 205–210.

- [4] E. Buffetaut, V. Suteethorn, The dinosaur fauna of the Sao Khua Formation of Thailand and the beginning of the Cretaceous radiation of dinosaurs in Asia, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 150 (1999) 13–23.
- [5] H. Cappetta, E. Buffetaut, V. Suteethorn, A new hybodont shark from the Lower Cretaceous of Thailand, *N. Jahrb. Geol. Paläontol. Monatsh.* 11 (1990) 659–666.
- [6] J. Cheneval, L. Ginsburg, C. Mourer-Chauviré, Découverte d'une avifaune dans le Miocène du Nord de la Thaïlande, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 299 (1984) 1369–1372.
- [7] J. Cheneval, L. Ginsburg, C. Mourer-Chauviré, B. Ratanasathien, The Miocene avifauna of the Li Mae Long locality, Thailand, *Systematics and Paleoecology*, *J. Southeast Asian Earth Sci.* 6 (1991) 117–126.
- [8] L.M. Chiappe, C.A. Walker, Skeletal morphology and systematics of the Cretaceous euenantiornithes (Ornithothoraces : Enantiornithes), in: L.M. Chiappe, L.M. Witmer (Eds.), *Mesozoic Birds: Above the Heads of the Dinosaurs*, University of California Press, Berkeley, 2002, pp. 240–267.
- [9] L.M. Chiappe, S. Ji, Q. Ji, M.A. Norell, Anatomy and systematics of the Confuciusornithidae (Aves) from the Mesozoic of Northeastern China, *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 242 (1999) 1–89.
- [10] J.A. Clarke, M.A. Norell, The morphology and phylogenetic position of *Apsaravis ukhaana* from the Late Cretaceous of Mongolia, *Am. Mus. Novitates* 3387 (2002) 1–46.
- [11] L.-H. Hou, A Late Mesozoic bird from Inner Mongolia, *Vertebr. Palasiat.* 32 (1994) 258–266.
- [12] L.-H. Hou, Z.-C. Liu, A new fossil bird from Lower Cretaceous of Gansu and early evolution of birds, *Sci. Sin.* 27 (1984) 1296–1302.
- [13] E.N. Kurochkin, The relationships of the Early Cretaceous *Ambiortus* and *Otogornis* (Aves: Ambiortiformes), *Smithson. Contrib. Paleobiol.* 89 (1999) 275–284.
- [14] E.N. Kurochkin, Mesozoic birds of Mongolia and the former USSR, in: M.J. Benton, M.A. Shishkin, D.M. Unwin, E.N. Kurochkin (Eds.), *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000, pp. 533–559.
- [15] M.G. Lockley, S.Y.M. Yang, M. Matsukawa, F. Fleming, S.K. Lim, The track record of Mesozoic birds: evidence and implications, *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 336 (1992) 113–134.
- [16] I. Metcalfe, Palaeozoic and Mesozoic geological evolution of the SE Asian region: multidisciplinary constraints and implications for biogeography, in: R. Hall, J.D. Holloway (Eds.), *Biogeography and Geological Evolution of Southeast Asia*, Backhuys, Leiden, The Netherlands, 1998, pp. 25–41.
- [17] C. Moutret, H. Heggemann, J. Gouadain, S. Krisadasima, Geological history of the siliciclastic Mesozoic strata of the Khorat Group in the Phu Phan range area, northeastern Thailand, in: T. Thanasuthipitak (Ed.), *Int. Symp. Biostratigraphy on Mainland Southeast Asia: Facies and Palaeontology*, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, 1993, pp. 23–49.
- [18] L.A. Nessov, Mesozoic and Palaeogene birds of the USSR and their palaeoenvironments, *Science Series, Nat. Hist. Mus. Los Angeles County* 36 (1992) 465–478.
- [19] A. Racey, J.G.S. Goodall, M.A. Love, S. Polachan, P.D. Jones, New age data for the Mesozoic Khorat Group of northeastern Thailand, in: P. Angsuwathana, T. Wongwanich, W. Tansathien, S. Wongsomak, J. Tulyatid (Eds.), *Proc. Int. Symposium on Stratigraphic Correlation of Southeast Asia*, Department of Mineral Resources, Bangkok, 1994, pp. 245–252.
- [20] A. Racey, M.A. Love, A.C. Canham, J.G.S. Goodall, S. Polachan, P.D. Jones, Stratigraphy and reservoir potential of the Mesozoic Khorat Group, NE Thailand. Part 1: Stratigraphy and sedimentary evolution, *J. Pet. Geol.* 19 (1996) 5–40.
- [21] N. Sattayarak, S. Srigulawong, M. Patarametha, Subsurface stratigraphy of the non-marine Mesozoic Khorat Group, northeastern Thailand, *GEOSEA VII Abstracts*, Bangkok, 1991, p. 36.
- [22] Z. Zhou, The origin and early evolution of birds: discoveries, disputes, and perspectives from the fossil record, *Naturwissenschaften* 19 (2004) 455–471.
- [23] Z. Zhou, P.M. Barrett, J. Hilton, An exceptionally preserved Lower Cretaceous ecosystem, *Nature* 421 (2003) 807–814.