

Paléontologie générale (Biostratigraphie)

# Les assemblages fauniques associés aux sites à *Homo erectus* du dôme de Sangiran (Pléistocène moyen, Java, Indonésie)

Anne Bouteaux<sup>a,\*</sup>, Anne-Marie Moigne<sup>a</sup>, François Sémah<sup>a</sup>, Teuku Jacob<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Département de Préhistoire du Muséum national d'histoire naturelle, UMR 5198 du CNRS, 1, rue René-Panhard, 75013 Paris, France

<sup>b</sup> Laboratorium Bio-Paleoanthropologi, Universitas Gajah Mada, Fakultas Ilmu Kedokteran, Sekip, Yogyakarta 55281, Indonesia

Reçu le 10 septembre 2006; accepté le 6 novembre 2006

Disponible sur Internet le 20 décembre 2006

Présenté par Yves Coppens

## Résumé

Dans le dôme de Sangiran (Java central), plusieurs gisements de plein air, en contexte fluvatile, ont livré des restes d'*Homo erectus* et de mammifères, associés à de très rares industries lithiques : Tanjung, Sendang Busik, Ngrejeng Plupuh, Grogol Plupuh et Bukuran. Treize taxons de mammifères du Pléistocène moyen ont pu être déterminés. Afin de mieux comprendre le lien homme–animal dans ces sites souvent inédits, l'origine et la mise en place des assemblages fauniques ont été étudiées à l'aide des méthodes taphonomiques habituellement utilisées sur des sites européens ou africains. L'action mécanique de l'eau est principalement à l'origine de ces accumulations et son action chimique a permis leur évolution. **Pour citer cet article :** A. Bouteaux et al., C. R. Palevol 6 (2007). © 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## Abstract

**The faunal assemblages associated with *Homo erectus* sites in the Sangiran dome (Middle Pleistocene, Java, Indonesia).** In the Sangiran dome (Central Java), *Homo erectus* and mammal fossils in fluvatile context are found in several open-air localities: Tanjung, Sendang Busik, Ngrejeng Plupuh, Grogol Plupuh, and Bukuran. Thirteen taxa of Middle Pleistocene mammals were determined. Lithic tools are rare at these sites. The origin and setting up of these mainly unpublished faunal assemblages are approached by means of methods usually applied to European and African sites in order to understand better the link between humans and animals. The mechanical action of water is responsible for these accumulations and its chemical action for their evolution. **To cite this article:** A. Bouteaux et al., C. R. Palevol 6 (2007). © 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Mots clés :** Java ; Pléistocène ; Dôme de Sangiran ; *Homo erectus* ; Faune ; Biostratigraphie ; Taphonomie

**Keywords:** Java; Pleistocene; Sangiran dome; *Homo erectus*; Fauna; Biostratigraphy; Taphonomy

## Abridged English version

### Introduction

The first discoveries of *Homo erectus* ('*Pithecanthropus*') in Java have been made by the end of the 19th century at Trinil [10]. Since then, numerous fossils were

\* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : [bouteaux@mnhn.fr](mailto:bouteaux@mnhn.fr) (A. Bouteaux),  
[moigne@mnhn.fr](mailto:moigne@mnhn.fr) (A.-M. Moigne), [semahf@mnhn.fr](mailto:semahf@mnhn.fr) (F. Sémah).

discovered in central Java, most of them in the Sangiran dome, near the town of Solo (Surakarta). This area is therefore of the utmost interest for the study of human evolution (Fig. 1). Numerous faunal and human fossil remains were recovered, mainly from the early Middle Pleistocene Kabuh layers [31]. Most of the remains originate from former surveys and surface finds, with poor stratigraphical control. Since the 1960s, Indonesian scientists have carried out several excavations. Original faunal assemblages were collected, especially in the sites of Tanjung, Sendang Busik, Ngrejeng Plupuh, Grogol Plupuh and Bukuran, in most cases from the Kabuh layers [18,22,27] (Fig. 2). This paper relates the study of these collections from a palaeontological and taphonomical point of view, in order to understand the specific diversity, the origin of the fossil accumulations, and to identify as well the environment of *Homo erectus*. A complementary but important purpose was to estimate the possible relationship between these assemblages and *Homo erectus*.

#### Location and geological context

The dome of Sangiran is located in central Java, more precisely in the Kalioso–Surakarta plain, about 3 km east of Kalioso and 10 km north of Solo (Fig. 1). It represents an anticline whose stratigraphy is exposed thanks to the erosion of the Cemoro River (Fig. 2). At Sangiran, a complete stratigraphical sequence ranging from the Late Pliocene to the Middle Pleistocene is displayed [29,39] (Figs. 2 and 3). The series begin with blue clays and coastal limestone (the so-called Upper Kalibeng or Puren unit), characterizing shallow marine deposits [28,29,39]. The blue clays are covered by the Pucangan (or Sangiran) Lower Pleistocene black clays, reflecting a mostly palustrine environment. The clays are uncomfortably covered by a conglomerate (called ‘Grenzbank’), in which marine and continental elements are mixed. This characteristic layer was deposited between the Jaramillo event and the Matuyama–Brunhes boundary (around 0.9 Myr) [29]. The overlying Kabuh or Bapang unit [39], mostly sands, gravels and tuffs, contains numerous faunal remains and yielded most of the hominid fossils from Sangiran. It was eroded by the much younger Notopuro (or Pohjajar) lahars [39]. The fossil-bearing sites studied here, namely Tanjung, Sendang Busik and Grogol, belong to the Kabuh unit, while Ngrejeng and Bukuran collections are shared between both Pucangan and Kabuh units (Fig. 3). These sites were excavated since the early 1960s by the Gajah Mada University team. Prior to the excavations, several *Homo erectus* remains were discovered at Tanjung [18,27], Sendang

Busik [1,21], Ngrejeng [21] and Bukuran. The studied collections are among the few actual palaeontological collections recovered from stratigraphically known horizons in the Sangiran dome, and their analysis is therefore important.

#### Palaeontological remains

The greatest number of remains was collected at Tanjung 63–64, i.e. 921 items (Table 1). Undetermined flake bones dominate all assemblages. Thirteen mammal taxa could be determined (Table 2). The individuals were determined on few remains, and bovids and cervids are among the best-represented groups. Three different bovids were determined: two large-sized species (*Bubalus palaeokerabau* and *Bibos palaeosondaicus*) (Fig. 4a) and one of smaller species (*Duboisia santeng*) [17] (Figs. 4b and c). Cervids are represented by three species of different sizes: *Axis lydekkeri* and *Axis* sp. (small size) [24,41] (Fig. 4d) and *Cervus (Rusa)* sp. (large size) (Fig. 4e). Remains of *Sus brachygnathus* and *Sus* sp. were determined in suids [13]. The occurring hippopotamid species is *Hexaprotodon sivalensis* [15]. Proboscidean tooth material does not allow a specific determination, but, from their location in the stratigraphy, the individuals were attributed to *Stegodon trigonocephalus* (Sendang Busik) and *Elephas hysudrindicus* (Tanjung 82) [16] (Figs. 4f and g). Postcranial material of *Rhinoceros* sp. was identified in both levels of Tanjung [12,14]. Carnivores are very rare, only a single specimen of *Pachycrocuta brevirostris* was discovered at Bukuran [11,34]. Consequently, herbivores, in particular artiodactyls, dominate in the assemblages. Furthermore, associated to mammal fossils, turtle and crocodile remains were found in assemblages [20,32].

#### Interpretations

The associations were compared with those described by de Vos, Sondaar, and Leinders [23,33,37] in their exhaustive study of Javanese biostratigraphy. The association at Tanjung 63–64 is quite similar to that of Trinil H.K. The Tanjung 82 collected fauna closely resembles the Kedung Brubus association. Taxa collected from Sendang Busik and Grogol occur in both associations described, i.e. Trinil H.K. and Kedung Brubus. As to the collections from Ngrejeng and Bukuran, their stratigraphical distribution prevents from describing them as actual associations.

The Kabuh unit’s assemblages reflect a mosaic palaeoenvironment, with open forest areas in the vicinity of rivers. The results obtained from the study of the

fauna therefore confirm previous palynological [28] and sedimentological data [29,39].

Splinters dominate the assemblages, documenting a high fragmentation [25]. However, the preservation and the degree of fragmentation are not similar for all sites. In Tanjung 63–64, the different skeletal elements are preserved in similar proportions. In Tanjung 82, Sendang Busik, Ngrejeng, Grogol and Bukuran, isolated teeth and extremities of bones (autopodial) predominate. Chemical and mechanical actions of water played a large part in the evolution of the fossils. Traces of oxides and concretions were detected on the bone surface, and we observed many fissures due to the weathering [3]. Furthermore, all sites except Tanjung 63–64 were affected by fluvial transport. In this case, the bone accumulation could be from anthropic origin. Different methods were applied to study transportation [2,4,36] and to document the sites' contexts in the frame of the ancient riverine palaeogeography (Fig. 5). Traces of carnivores are very rare in the material, except at Ngrejeng and Bukuran [6]. Traces of anthropogenic activity are unclear, an observation that can be correlated with the rare occurrence of lithic artefacts in the sites. Although we know that *Homo erectus* was present at several sites, traces of human activity are not obvious, because of fluvial transport and post-depositional evolution of the assemblages.

### Conclusion

A substantial body of palaeontological and biostratigraphical data exists for the Javanese Pleistocene, which is not the case as yet for taphonomical studies, though taphonomical questions on such fluvial context sites formed under a tropical climate are obviously important for studying the collections. Although our sample is quite limited owing to the extension and the methods of excavations, the taphonomical results achieved

during this research are significant. Several analytical methods could be applied for the first time on Pleistocene faunal assemblages from Java, e.g. the study of the fragmentation [25], that of fissuration [3] and the characterization of the fluvial transport undergone by the fossils [36,4,2]. Considering their usefulness, we propose to apply these study methods to future excavations in this area in order to improve the reconstructions of the palaeoenvironment and of the subsistence behaviour of Javanese *Homo erectus*.

### 1. Introduction

Les premières découvertes de l'*Homo erectus* de Java (pithécantrophe) ont eu lieu à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle sur le site de Trinil [10]. Depuis lors, de nombreux fossiles ont été trouvés à Java, et notamment dans la région centrale du dôme de Sangiran, proche de la ville de Solo (Fig. 1). Cette zone, d'un intérêt majeur pour la compréhension de l'évolution humaine, lui valut d'être classée par l'Unesco au patrimoine mondial de l'humanité, en 1996 [31]. Les découvertes anthropologiques se sont accompagnées de la mise au jour de nombreux fossiles de mammifères et de reptiles du Pléistocène moyen ancien, provenant de l'unité sédimentaire de Kabuh [31]. Le dôme présente une série sédimentaire complète du Pliocène supérieur au Pléistocène moyen ancien, ce qui en fait un site exceptionnel, tant du point de vue de la chronologie que de celui de la biostratigraphie ou des paléoenvironnements à Java au Quaternaire [29,39]. Sangiran est également l'un des sites fossilifères les plus riches de l'île de Java. En général, les ossements proviennent de prospections et de ramassages de surface et leur contexte stratigraphique est mal connu. Cependant, depuis les années soixante, le Centre national indonésien de recherches archéologiques, en collaboration avec le laboratoire de bio-paléanthropologie de

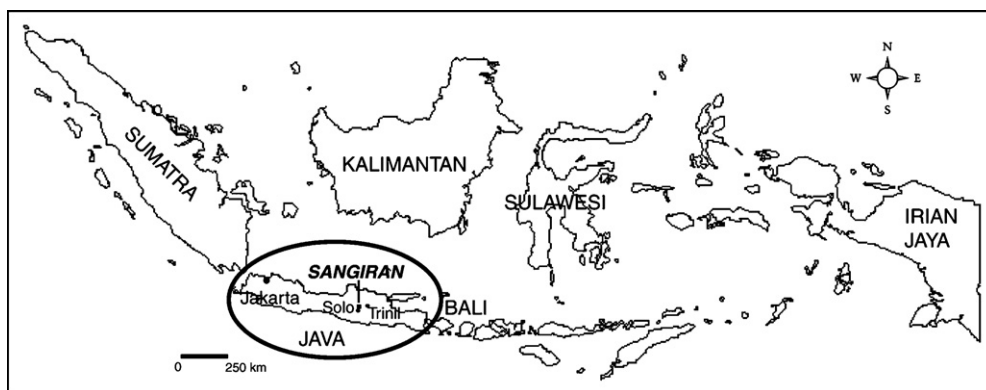


Fig. 1. Situation géographique du site de Sangiran, Java, Indonésie (d'après [www.olscom.com/cartes/index.php](http://www.olscom.com/cartes/index.php)).

Fig. 1. Location of Sangiran site, Java, Indonesia (from [www.olscom.com/cartes/index.php](http://www.olscom.com/cartes/index.php)).

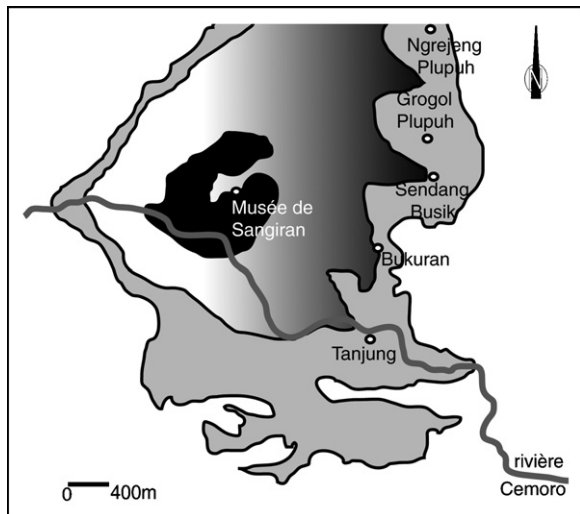


Fig. 2. Carte géologique simplifiée du dôme de Sangiran (d'après [40]) (noir : Kalibeng supérieur (Puren) ; dégradé de gris : Pucangan (Sangiran) ; gris clair : Kabuh (Bapang) ; blanc : Notopuro (Pohjajar)).  
Fig. 2. Simplified geological map of the Sangiran dome (from [40]) (black : Upper Kalibeng (Puren) ; gradation of grey : Pucangan (Sangiran) ; grey : Kabuh (Bapang) ; white : Notopuro (Pohjajar)).

l'université de Gajah Mada (Yogyakarta), a mis en place un programme de recherches sur le dôme de Sangiran [18,22]. Les campagnes de fouilles et de prospections, programmées le plus souvent à la suite de découvertes paléolithologiques, ont permis la mise au jour de nombreux restes fauniques, notamment dans les localités de Tanjung (deux niveaux : 1963–64 et 1982), Sendang Busik (1980–81), Ngrejeng Plupuh (1985), Grogol Plupuh (1983) et Bukuran (1979) (Fig. 2), le plus souvent dans l'unité sédimentaire de Kabuh.

Des analyses biostratigraphiques et paléocécologiques ont été menées classiquement sur les collections paléontologiques javanaises, sans toutefois qu'on ait considéré l'importance des interactions hominidés–mammifères. Ces collections de restes fauniques inédites ont été étudiées, du point de vue paléontologique, paléocécologique et taphonomique, pour mieux comprendre l'environnement de l'Homme au Pléistocène moyen, dans le domaine insulaire asiatique. Mais cette étude a également pour but de tenter de préciser l'influence possible de l'Homme sur les assemblages, puisque préalablement aux fouilles, sur certains des sites de cette étude, des restes d'*Homo erectus* ont été mis au jour : le crâne Sangiran 10 a été découvert à Tanjung [18,27], les fragments de crâne Sangiran 37 a et b [1] et le fragment de mandibule (Sb 8103) [21] l'ont été à Sendang Busik, le fragment de mandibule (Ng 8503) [21] à Ngrejeng et le crâne Sangiran 38 à Bukuran.

## 2. Localisation et contexte géologique

Sangiran est situé au centre de l'île de Java, dans la plaine de Kalioso–Surakarta, à environ 3 km à l'est de

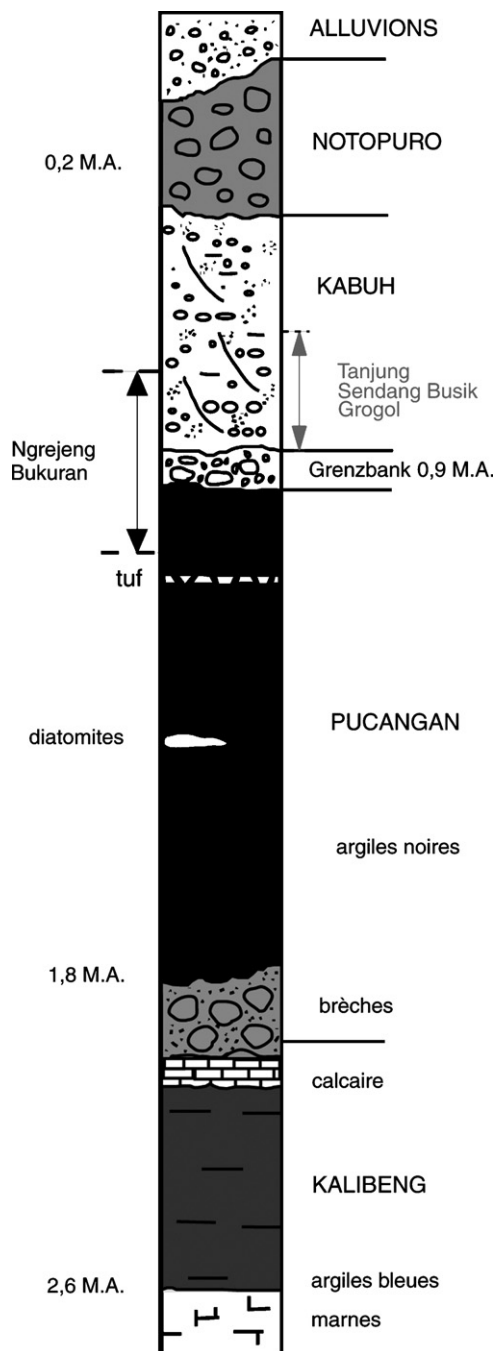


Fig. 3. Colonne stratigraphique synthétique du dôme de Sangiran (d'après [30]).

Fig. 3. Synthetic stratigraphical column of the Sangiran dome (from [30]).

Kalioso et 10 km au nord de Solo (Surakarta), au pied du volcan Lawu (Fig. 1). Le dôme de Sangiran est un anticlinal érodé par la rivière Cemoro, qui serpente à environ 100 m d'altitude (Fig. 2). L'intérêt majeur de ce dôme, du point de vue stratigraphique, est de présenter une série complète du Pliocène final au Pléistocène moyen ancien (Figs. 2 et 3) [29,39]. Elle débute avec les argiles bleues et les calcaires littoraux à balanes, composant les couches de Kalibeng supérieur (appelées aussi Puren [39]) (Fig. 3) et caractérisant des dépôts marins peu profonds qui soulignent une régression marine [28,29]. Les argiles bleues sont recouvertes par les argiles noires de Pucangan (ou Sangiran [39]) datées du Pléistocène inférieur, déposées en milieu palustre (Fig. 3) [29]. Ces argiles sont surmontées par un conglomérat, appelé «Grenzbank», constitué d'éléments marins et de graviers provenant de l'érosion des collines environnantes. Ce faciès caractéristique est, en général, contemporain de la période située entre l'événement de Jaramillo (0,9 Ma) et la transition Brunhes–Matuyama (environ 0,8 Ma) (Fig. 3) et se situe à la base de l'unité volcano-sédimentaire de Kabuh [29] (ou Bapang [39]). Cette unité, datée du Pléistocène moyen ancien, est composée d'argiles, de graviers et de sables à stratifications obliques typiques d'un contexte fluvial (Fig. 3). Elle a livré un grand nombre de restes fauniques, ainsi que la majeure partie des hominidés fossiles de Sangiran [31]. Ces couches sont érodées par des lahars beaucoup plus récents, dits de Notopuro (ou Pohjajar [39]) (Fig. 3).

Les gisements de plein air, étudiés ici, ont été fouillés à différentes époques et sur des surfaces variables : Tanjung (1963–64, 900 m<sup>2</sup> et 1982, 20 m<sup>2</sup>), Sendang Busik (44 m<sup>2</sup>), Ngrejeng (20 m<sup>2</sup>), Grogol (20 m<sup>2</sup>) et Bukuran (36 m<sup>2</sup>). Ils se situent principalement du côté est du dôme. Tanjung, Sendang Busik et Grogol appartiennent à l'unité de Kabuh, tandis que Ngrejeng et Bukuran se situent à la fois dans Pucangan et Kabuh [22].

### 3. Le matériel paléontologique

Le plus grand nombre de restes a été retrouvé à Tanjung 63–64, soit 921 pièces. Les esquilles sont majoritaires dans tous les assemblages et il y a peu de restes déterminables anatomiquement et taxonomiquement (=NRDt) (Tableau 1). Néanmoins, treize taxons ont pu être identifiés pour l'ensemble de ces sites. Les bovidés et les cervidés en représentent le plus grand nombre (Tableau 2).

Trois espèces de bovidés ont été identifiées : deux espèces de grande taille (*Bubalus palaeokerabau* et *Bibos palaesondaicus*) et une de petite taille (*Duboisia santeng*). Un crâne entier et plusieurs fragments de chevilles osseuses de *Bubalus* ont été découverts dans les deux niveaux de Tanjung. Les chevilles osseuses de ce bovidé ont une section subtriangulaire et peuvent atteindre une envergure de 2 m [17]. Un crâne et deux fragments de chevilles osseuses de *Bibos* ont été retrouvés à Tanjung 63–64 (Fig. 4a). Ces chevilles osseuses ont une section ovale. Elles diminuent rapidement en diamètre et s'incurvent doucement vers le haut [17]. La dernière espèce de bovidé, *Duboisia santeng*, est une antilope endémique à l'île, présentant de courtes chevilles osseuses à base subtriangulaire et des dents très hypsodontes, à émail lisse [17]. Le matériel dentaire (trois molaires supérieures, une prémolaire inférieure et quatre molaires inférieures) a été décrit sur les sites de Tanjung, Ngrejeng et Bukuran (Figs. 4b et c).

Les cervidés sont représentés par trois espèces, deux de petite et une de grande taille, respectivement : *Axis lydekkeri*, *Axis* sp. et *Cervus (Rusa)* sp. Trois bois d'*Axis lydekkeri* ont été déterminés dans le matériel de Tanjung et de Bukuran (Fig. 4d). Six dents à Tanjung et Grogol ont été attribuées à cette même espèce (cinq molaires supérieures et une molaire inférieure), ainsi que quatre fragments de scapula à Tanjung, Ngrejeng

Tableau 1

Nombres et proportions des restes des assemblages de Sangiran (NRT : nombre de restes total ; NRDt : nombre de restes déterminés anatomiquement et taxonomiquement ; NRDa : nombre de restes déterminés anatomiquement ; B et C : nombre de restes de bovidés et de cervidés indéterminés ; NRI : nombre de restes indéterminés, ou esquilles)

Table 1

Number and proportions of fossil bones in Sangiran sites (NRT: total number of specimens; NRDt: number of totally determined specimens; NRDa: number of anatomically identified specimens; B et C: number of undetermined bovids and cervids; NRI: number of splinters)

	NRT	NRDt (%)	NRDa (%)	B et C (%)	NRI (%)
Tanjung 63–64	921	1,7	17,6	17,2	63,5
Tanjung 82	188	5,3	4,8	37,8	52,1
Sendang Busik	393	1,5	20,1	24,4	53,9
Ngrejeng	245	4,9	11,4	26,9	56,7
Grogol	212	1,9	17,0	23,6	57,5
Bukuran	144	4,2	15,3	30,5	50,0

Tableau 2

Listes fauniques et nombre minimum d'individus de fréquence, établis à partir des restes des sites de Sangiran (NR : nombre de restes ; NMIF : nombre minimum d'individus de fréquence)

Table 2

Faunal lists and minimum number of individuals of frequency from remains in Sangiran sites (NR: number of remains; NMIF: minimum number of individuals of frequency (=MNIF))

	TANJUNG 63–64		TANJUNG 82		SENDANG BUSIK		NGREJENG		GROGOL		BUKURAN	
	NR	NMIF	NR	NMIF	NR	NMIF	NR	NMIF	NR	NMIF	NR	NMIF
<i>Stegodon</i> sp.					1	1						
<i>Elephas</i> sp.			1	1								
<i>Rhinoceros</i> sp.	1	1	1	1								
<i>Hexaprotodon sivalensis</i>					2	2					1	1
<i>Bubalus palaeokerabau</i>	2	2	1	1								
<i>Bibos palaesondaicus</i>	3	2										
<i>Duboisia santeng</i>			3	1			4	2			1	1
<i>Cervus (Rusa) sp.</i>					1	1	6	1				
<i>Axis lydekkeri</i>	3	1									1	1
<i>Axis</i> sp.	7	2	3	1	2	1	1	1	4	1	1	1
<i>Sus brachygnathus</i>											1	1
<i>Sus</i> sp.			1	1			1	1				
<i>Pachyrocota brevirostris</i>											1	1

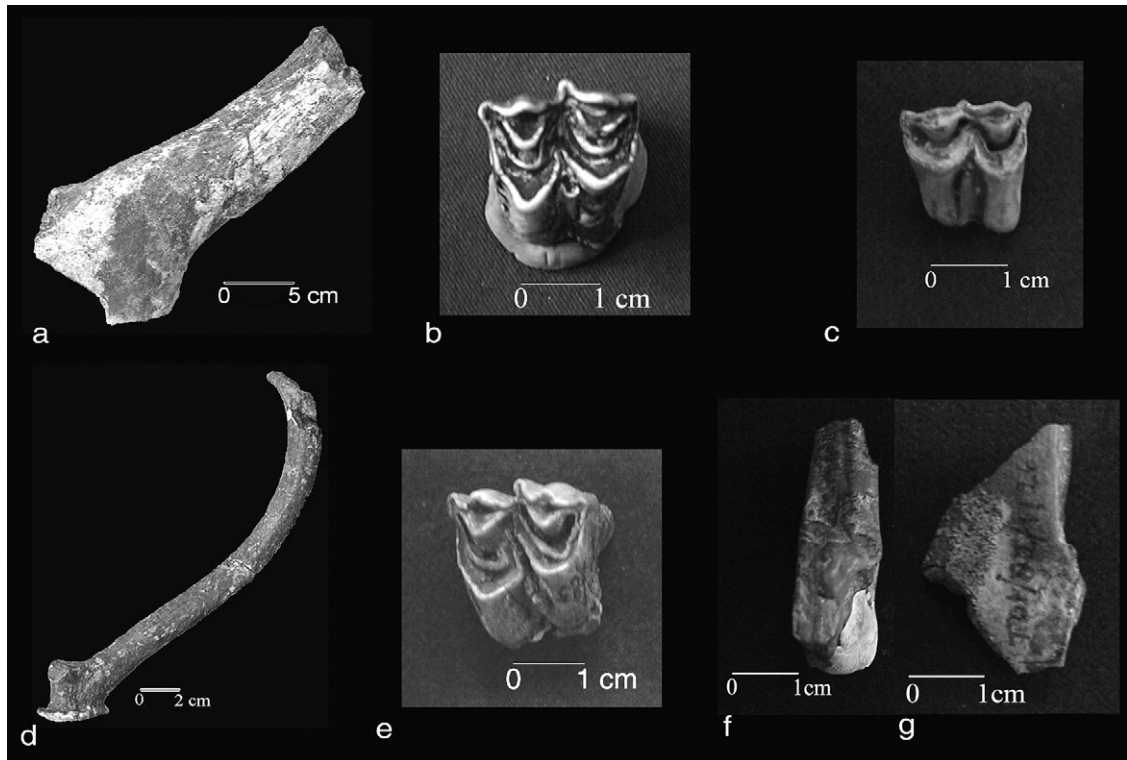


Fig. 4. Restes fauniques de Tanjung et de Ngrejeng : (a) cheville osseuse de *Bibos palaesondaicus*, TDJ64/F4/89, vue antérieure ; (b) M<sup>2</sup> gauche de *Duboisia santeng*, TDJ82/IV/46, vue occlusale ; (c) M<sup>2</sup> droite de *Duboisia santeng*, NKJ85/III/10005, vue occlusale ; (d) bois de chute gauche d'*Axis lydekkeri*, TDJ64/G11F11/13B10B, vue latérale ; (e) M<sup>3</sup> gauche de *Cervus (Rusa) sp.*, NKJ85/II/11, vue occlusale ; (f) et (g) fragment de dent d'*Elephas* sp., TDJ82/II/26, vues latérale et antérieure (photos : A. Bouteaux).

Fig. 4. Faunal remains of Tanjung and Ngrejeng : (a) horn core of *Bibos palaesondaicus*, TDJ64/F4/89, anterior view ; (b) left M<sup>2</sup> of *Duboisia santeng*, TDJ82/IV/46, occlusal view ; (c) right M<sup>2</sup> of *Duboisia santeng*, NKJ85/III/10005, occlusal view ; (d) left antler of *Axis lydekkeri*, TDJ64/G11F11/13B10B, lateral view ; (e) left M<sup>3</sup> of *Cervus (Rusa) sp.*, NKJ85/II/11, occlusal view ; (f) and (g) fragments of *Elephas* sp. tooth, TDJ82/II/26, lateral and anterior views (photos : A. Bouteaux).

et Bukuran. Pour cinq fragments de bois, nous n'avons pas pu déterminer l'espèce précisément (*Axis lydekkeri* ou *Axis javanicus*) et nous sommes restés au niveau du genre *Axis*. Un fragment a été déterminé à Tanjung, deux à Sendang Busik et un à Grogol. *Axis lydekkeri* présente des bois fins en forme de lyre. Le bois entier est composé d'un andouiller basilair, qui fait un angle d'environ 90° avec le merrain, un andouiller central, court, rentrant vers l'intérieur avec la même inclinaison que le premier andouiller [24,41]. Nous n'avons pas pu rapprocher ces individus de la sous-espèce *Axis lydekkeri ngebungensis* [24] déterminée à l'ouest du dôme sur le site de Ngebung. En effet, l'angle entre le merrain, lorsqu'il peut être mesuré, est proche de 90° et non largement supérieur, comme pour la sous-espèce. Les bois de *Cervus (Rusa)* sp. sont beaucoup plus massifs que ceux d'*Axis*, avec de forts reliefs. Le premier andouiller fait un angle aigu avec le merrain. Sept dents sont attribuées à cette espèce à Ngrejeng et à Sendang Busik (une prémolaire et deux molaires supérieures, ainsi que deux prémolaires et deux molaires inférieures) (Fig. 4e).

Une troisième molaire inférieure fragmentée de suïde a été découverte dans la collection fouillée de Bukuran. D'après ses dimensions et la forme de ses cuspides, elle correspond à une troisième molaire de *Sus brachynathus* et non de *Sus macrogathus* [13]. Les dents de cette dernière espèce présentent une augmentation de la taille et une multiplication des cuspides.

En outre, une incisive supérieure a été découverte à Ngrejeng, ainsi qu'un fragment distal de tibia à Tanjung 82. Ces deux pièces correspondent au genre *Sus*, mais l'absence de matériel de comparaison ne permet pas de déterminer l'espèce.

D'après Hooijer [15], les hippopotames javanais, à partir de 1,2 Ma, sont tous rapportés à l'espèce *Hexaprotodon sivalensis*, qui est une espèce de plus petite taille que celles du continent. Ensuite, selon l'évolution de la forme du ramus de la mandibule et la position des incisives (six en tout), trois sous-espèces ont été décrites : *H. s. sivajavanicus*, *H. s. koenigswaldi* et *H. s. soloensis* [15]. Une déciduale et une molaire inférieures d'hippopotame ont été retrouvées à Sendang Busik ainsi qu'une extrémité proximale de radius à Bukuran. D'après ces éléments, il est difficile de déterminer des sous-espèces, ils ont donc été attribués à *Hexaprotodon sivalensis*.

Les dents de proboscidiens sont fragmentaires. Une dent jugale, attribuée au genre *Stegodon*, a été retrouvée à Sendang Busik. Les molaires de *Stegodon* sont caractéristiques, car elles possèdent une couronne basse avec des crêtes transversales. Une lame de dent d'éléphant a été retrouvée dans le matériel de Tanjung 82

(Figs. 4f et g). Le matériel décrit correspond bien aux fossiles découverts dans la zone, attribués respectivement à *Stegodon trigonocephalus* et *Elephas hysudrindicus* [16].

Des restes post-crâniens de *Rhinoceros* sp. ont également été identifiés dans les deux niveaux de Tanjung : un sésamoïde et une extrémité distale de fémur [14]. En ce qui concerne le fémur, le diamètre antéro-postérieur n'a pas pu être mesuré, du fait de la conservation. D'après la mesure du diamètre transversal, cette espèce se rapprocherait de celle déterminée à Kedung Brubus : *Rhinoceros sondaicus sivasondaicus* [12]. Sans le diamètre antéro-postérieur, nous ne pouvons pas conclure avec précision sur l'espèce.

Les restes de carnivores sont généralement très rares sur les sites javanais. Seul un fragment de prémolaire inférieure d'hyène, *Pachycrocuta brevirostris*, a été déterminé à Bukuran. Cette hyène a été décrite sur tout le continent asiatique [11,34] et est synonyme de l'espèce *Hyaena brevirostris bathygnatha*, seule espèce d'hyène décrite à Java [11].

De manière générale, pour tous les groupes, les individus déterminés sont représentés par peu de restes, principalement des dents, des fragments de chevilles osseuses ou de bois. Les herbivores dominent dans tous les assemblages, et plus précisément les petits cervidés et les grands bovidés.

Les fossiles de reptiles sont présents sur tous les sites sous forme de fragments de carapace et de plastron de tortues (genre *Trionyx*) [32], et de dents de crocodiles [20], à Tanjung, Sendang Busik, Ngrejeng et Bukuran. Ces dents isolées n'ont pas pu être déterminées.

Toutes ces données nous permettent de proposer une image de la faune contemporaine du pithécantrope, et donc un premier aperçu des espèces ayant pu interagir avec les hominidés.

## 4. Interprétations

### 4.1. Biostratigraphie

Un cadre biostratigraphique [23,33,37] composé de sept associations fauniques a été proposé à Java, sur la base des différentes migrations observées au cours du Pléistocène : Satir (1,5 Ma), Ci Saat (1,2 Ma), Trinil H.K. (1 Ma), Kedung Brubus (0,8 Ma), Ngandong (?), Punung et Wajak. Si nous considérons que les sites étudiés appartiennent aux unités de Pucangan (niveaux supérieurs) et de Kabuh, il est logique d'attribuer nos associations au Pléistocène inférieur et moyen ancien, c'est-à-dire aux associations de Ci-Saat, Trinil H.K. et Kedung Brubus [33,37].

Les listes fauniques de Tanjung et Sendang Busik comportent des taxons reconnus dans les associations de Trinil H.K. et de Kedung Brubus. Néanmoins, la présence d'un reste du genre *Elephas* dans les niveaux de Tanjung 1982 peut indiquer que cette faune est plus récente que celle de Trinil H.K., dans laquelle ce genre est encore absent. Ceci confirmerait une position stratigraphique plus haute dans la série pour le niveau de Tanjung 82 par rapport au niveau de 63–64. Dans le cadre de la chronologie proposée notamment par Sondaar [33], l'association faunique de Tanjung 1982 serait assez proche de celle de Kedung Brubus, alors que celle de Tanjung 63–64, plus ancienne, correspondrait à celle de Trinil H.K. Le niveau stratigraphique du crâne Sangiran 10 a été daté d'environ 0,83 Ma [19]. Il correspond à celui de Tanjung 63–64. La présence d'*Elephas* à Sangiran est donc postérieure à cette période et coïncide avec la date proposée pour l'association de Kedung Brubus (0,8 Ma) [23]. À Sendang Busik, les espèces *Duboisia santeng* et *Axis lydekkeri* ne nous permettent pas de trancher entre les horizons biostratigraphiques de Trinil H.K. et ceux de Kedung Brubus.

Les collections de Ngrejeng et de Bukuran proviennent à la fois des unités de Pucangan et de Kabuh [22]. *Cervus (Rusa) sp.* apparaît au niveau de l'association de Kedung Brubus, les premiers suidés au niveau de Trinil H.K. et les premiers *Axis* à partir de l'association de Ci Saat [33]. La faune déterminée provient de différents niveaux et une observation plus fine de ce secteur semble indispensable.

Également situé dans l'unité de Kabuh, le gisement de Grogol présente une liste faunique moins variée que celles des deux sites précédents. L'espèce endémique *Axis lydekkeri* est connue depuis l'horizon de Trinil H.K.

#### 4.2. Paléoenvironnements

L'étude des paléoenvironnements de l'*Homo erectus* a été développée d'après les données de la palynologie [28] et de la sédimentologie [29,37] dans la zone de Sangiran. À Java, la plupart des espèces du Pléistocène moyen ont disparu et il est donc difficile de tenter de reconstituer leur milieu de vie. Néanmoins, nous pouvons tenter une première approche des paléoenvironnements, si nous essayons de rapprocher ces espèces des espèces actuelles et de comparer leur milieu de vie [9]. La majorité des espèces actuelles de mammifères de Java, la hyène exceptée, caractérisent un milieu forestier plus ou moins ouvert [8]. De plus, les éléphantidés, les hippopotamidés, le buffle et les reptiles sont de bons indicateurs de la présence d'un cours d'eau, d'un lac ou d'un marais.

À Tanjung 63–64, les deux espèces de bovidés suggèrent un milieu forestier ouvert (*Bibos* et *Bubalus*) de même qu'*Elephas*. Seuls les genres *Axis* et *Rhinoceros* caractérisent un milieu forestier plus dense. Les taxons présents sur le site de Tanjung 63–64 semblent donc caractériser un milieu forestier assez ouvert et proche d'un cours d'eau, car nous notons la présence de *Bubalus*, du *Rhinoceros*, de l'*Elephas*, qui sont des genres aquaphiles, ainsi que des reptiles. À Tanjung 82, les genres *Rhinoceros*, *Axis* et *Sus* évoquent un milieu forestier, alors que les espèces *Bubalus palaeokerabau* et *Duboisia santeng* reflètent un milieu plus ouvert. Les taxons des niveaux de Tanjung 82 caractérisent un milieu peu différent de celui du niveau 63–64.

À Sendang Busik, *Stegodon*, *Duboisia* et *Cervus* suggèrent plutôt un milieu forestier ouvert, alors qu'*Axis* caractérise un milieu forestier assez dense. L'espèce *Hexaprotodon sivalensis* caractérise un milieu aquatique et des restes de tortue et de crocodiles ont également été observés. Le paléoenvironnement de Sendang Busik semble assez proche de celui de Tanjung.

Pour les sites provenant de l'unité de Kabuh (Tanjung, Sendang Busik, Grogol), la nature des taxons semble donc indiquer un paléoenvironnement proche d'un milieu forestier ouvert, à proximité de cours d'eau. En outre, de nombreux taxons de grande taille, dont la masse peut être supérieure à 1000 kg, ont été retrouvés (*Elephas*, *Stegodon*, *Rhinoceros*, *Hexaprotodon*, *Bubalus* et *Bibos*). Ils sont le plus souvent aquaphiles et ne peuvent évoluer que dans un milieu assez ouvert pour faciliter leurs déplacements. Certains taxons possèdent également des dents hypsodontes liées à une alimentation riche en herbacées. La palynologie propose un assèchement de la région à cette époque, avec un développement de zones plus ouvertes, les espèces de la strate herbacée étant plus nombreuses que celles du couvert arboréen [28]. Les résultats obtenus à partir des restes de mammifères sont donc en accord avec les conclusions des études palynologiques, qui indiquent un assèchement de la région au Pléistocène moyen ancien, avec un développement de zones plus ouvertes [28].

#### 4.3. Taphonomie

L'étude taphonomique entreprise sur ces collections, utilisant des méthodes nouvelles pour cette région, est l'une des premières à avoir été menée sur des fossiles javanais [7,30]. En effet, l'étude de la fragmentation [25], de la fissuration [3] et du transport fluvial [2,4,36] ont déjà été appliquées dans des gisements africains et européens, mais ont nécessité un aménagement pour les zones tropicales humides. Nous avons ainsi cherché à



mieux décrire l'état de conservation des restes ainsi que les actions qu'ils ont subies en contexte fluvial et sous un climat tropical.

Les esquilles sont très majoritaires dans tous ces assemblages, ce qui reflète une fragmentation importante des ossements. Elles ont le plus souvent une forme très allongée [25]. Cette fragmentation est due à différents facteurs. D'une manière générale, si le bord des esquilles présente un aspect rugueux, ceci peut être lié à la fissuration pendant l'intempérisation, ou *weathering* [3], alors qu'un bord lisse serait le résultat d'une cassure sur os frais, intervenue avant l'enfouissement de l'os, parfois due à l'action des carnivores [6] ou de l'Homme [35]. La conservation et la fragmentation des restes osseux varient suivant les sites.

À Tanjung 63–64, les éléments anatomiques se sont globalement conservés en proportions comparables. À Tanjung 82, Sendang Busik, Ngrejeng, Grogol et Bukuran, les dents isolées et les restes des extrémités (autopode) sont les mieux représentés. Ces restes sont les plus résistants à l'altération, ce qui reflète donc une conservation générale assez mauvaise pour ces sites. Aucun os long entier n'a été retrouvé dans le matériel.

L'examen des surfaces osseuses montre que l'action de l'eau, mécanique et chimique, a été prédominante pour l'origine et la modification de tous ces assemblages. Les traces de l'action chimique de l'eau, dépôts d'oxydes de manganèse et de fer et de concrétions carbonatées, ont majoritairement affecté la surface des ossements après leur enfouissement. Ces phénomènes de minéralisations résultent de circulations d'eau à travers ces dépôts fossilifères.

Des traces de fissuration liées au *weathering* ont également été observées, mais en moindre quantité [3]. Trois types de fissuration avant enfouissement ont pu être établis. La fissuration de type 3, provoquant une fragmen-

tation longitudinale, est la mieux représentée à Tanjung 63–64 et Sendang Busik, où nous pouvons penser que l'enfouissement a été progressif. Ces stades sont difficiles à relier à ceux proposés par Behrensmeyer [3], car le climat de Java est très différent de celui d'Afrique de l'Est. Nous ne connaissons pas l'impact réel du climat tropical d'Asie du Sud-Est sur les ossements, mais nous pouvons penser que la destruction y est plus rapide qu'en milieu de savane africaine.

Tous les sites, excepté Tanjung 63–64, ont subi les effets plus ou moins importants du transport fluvial. Les éléments les plus denses (groupes de Voorhies [36]) sont majoritaires à Sendang Busik, Ngrejeng, Grogol et Bukuran. Ceci nous laisse supposer que les autres éléments ont été déposés plus en aval. À Tanjung 63–64, tous les groupes d'éléments sont présents. Par comparaison avec les groupes établis par Badgley suivant des lithofaciès précis [2], les assemblages de Tanjung 82, Sendang Busik, Ngrejeng et Grogol se rapprochent d'un assemblage de type dépôt d'inondation, tandis que l'assemblage de Bukuran ressemble plutôt à un assemblage de type dépôt de chenal (Fig. 5). L'assemblage de Tanjung 63–64 ne se rapproche d'aucun des groupes de Badgley et semble, par conséquent, situé le plus loin du lit d'une paléorivière (Fig. 5). Dans ce cas, la concentration des ossements repérée peut être liée à la présence humaine.

Les carnivores sont quasiment absents sur les sites et les stigmates de leur passage sont rares. Seules quelques traces de rongement ont été observées sur des esquilles de Ngrejeng et de Bukuran. Cette absence relative peut en partie s'expliquer par la rareté de ce groupe dans les assemblages javanais, les carnivores étant considérés comme de moins bons colonisateurs que les artiodactyles [38]. Des dents de crocodiles indéterminées sont présentes partout, hormis à Grogol, ce qui laisse supposer

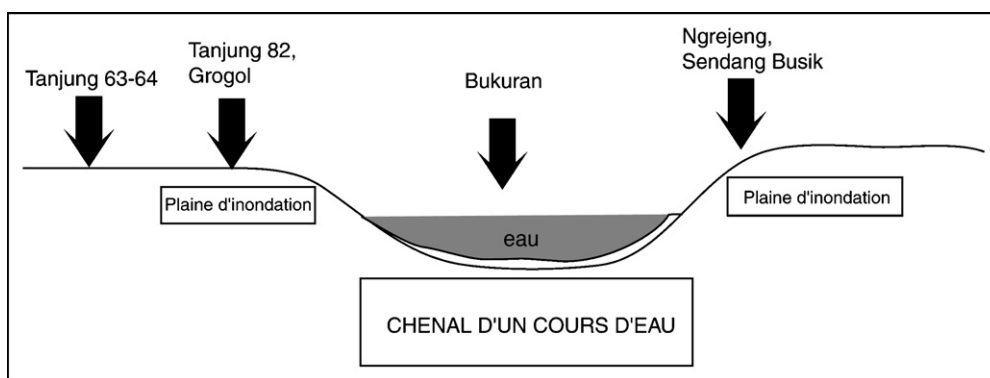


Fig. 5. Hypothèse de position des sites par rapport à un cours d'eau d'après l'étude du transport fluvial.

Fig. 5. Hypothesis of the sites' location around a river from the study of the fluvial transport.

la possible intervention de ces animaux sur le matériel, mais aucune trace caractéristique n'a été retrouvée [26].

L'action anthropique n'a pas pu être mise en évidence explicitement. Des stigmates de fracturation sur os frais ont été observés, mais leur origine peut être multiple : humaine [35], accidentelle ou par piétinement [5]. Les outils lithiques associés aux fossiles sont rares : une *bola* à Tanjung 82 et des éclats de calcédoine, malheureusement perdus il y a longtemps, découverts à Tanjung 63–64.

Bien qu'*Homo erectus* ait été présent sur certains de ces sites, son activité n'a pas pu être mise en évidence, compte tenu de l'action du transport fluvial et des phénomènes post-dépositionnels.

## 5. Conclusion

Alors que le Pléistocène de Java est assez bien connu par les données paléontologiques et biostratigraphiques, les données taphonomiques sont encore très rares dans la littérature, comme pour la plupart des sites de l'Asie du Sud-Est. Malgré un échantillonnage restreint, les résultats taphonomiques de ce travail sont originaux. Ils ont pu être obtenus en appliquant et en recoupant des méthodes jamais encore utilisées sur des assemblages javanais, comme l'étude de la fragmentation [25], de la fissuration [3] et de l'action du transport fluvial [2,4,36]. L'étude de ces collections inédites a permis de mettre en évidence les problèmes taphonomiques liés à des sites de plein air, en contexte fluvial sous un climat tropical. Ces méthodes pourront être appliquées lors de futures fouilles dans cette zone, afin de compléter les données relatives au comportement de subsistance de l'*Homo erectus* de Java.

## Remerciements

Nous tenons à remercier le laboratoire de bio-paléoanthropologie de l'université Gajah Mada de Yogyakarta pour nous avoir permis l'accès et l'étude de ces collections. Nos remerciements vont également à toute l'équipe du Muséum de Sangiran, et en particulier à E. Anjarwati. Nous remercions également R. Eprilurahaman, D. Satria Yudha, B. Deniaux, C. Hertler et H. Monchot.

## Références

[1] H. Baba, F. Aziz, Hominid skull fragments found in 1979 from Sangiran, Central Java, Bull. Natl Sci. Mus., Tokyo, Ser. D 17 (1991) 1–8.

[2] C. Badgley, Taphonomy of mammalian fossil remains from Siwalik rocks of Pakistan, Paleobiology 12 (2) (1986) 119–142.

[3] A.K. Behrensmeyer, Taphonomic and ecologic information from bone weathering, Paleobiology 4 (2) (1978) 150–162.

[4] A.K. Behrensmeyer, D.E. Dechant-Boaz, The recent bones of Amboseli Park, Kenya, East African paleoecology, in: A.K. Behrensmeyer, A.P. Hill (Eds.), Fossils in the making – Vertebrate taphonomy and paleoecology, The University of Chicago Press, 1980, pp. 72–92.

[5] A.K. Behrensmeyer, K.D. Gordon, G.T. Yanagi, Trampling as a cause of bone surface damage and pseudo-cutmarks, Nature 319 (1986) 768–771.

[6] J. Blumenschine, C.W. Marean, A carnivore's view of archaeological bone assemblages, in: J. Hudson (Ed.), From bones to behavior: ethnoarchaeological and experimental contributions to the interpretation of faunal remains, 21, Center for Archaeological Investigations, occasional paper, University of Southern Illinois Press, 1993, pp. 273–300.

[7] K. Choi, D. Driwantoro, Shell tool use by early members of *Homo erectus* in Sangiran, Central Java, Indonesia: cutmark evidence, J. Archaeol. Sci., In press.

[8] G.B. Corbet, J.E. Hill, The mammals of the Indomalayan Region: a systematic review, Natural History Museum publications, 1992.

[9] F. Delpech, C. Guérin, Paléoenvironnements : l'animal, le milieu, le climat, in: C. Guérin, M. Patou-Mathis (Eds.), Les grands mammifères plio-pléistocènes d'Europe, Masson, 1996, pp. 243–253.

[10] E. Dubois, *Pithecanthropus erectus*: eine menschen-ähnliche Uebergangsform aus Java, Landesdruckerei ed., Batavia, Java, 1894.

[11] D. Geraads, Nouvelles données sur *Hyaena brevirostris bathygnatha* Dubois, (Carnivora, Mammalia) du Pléistocène de Java, C. R. somm. Soc. geol. France 2 (1979) 80–82.

[12] C. Guérin, M. Faure, Les grands mammifères, in: J.-C. Miskovsky (Ed.), Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications, Maison de la géologie éd., Paris, 2002, pp. 859–887.

[13] H.S. Hardjasmita, Taxonomy and phylogeny of the Suidae (Mammalia) in Indonesia, Script. Geol. 85 (1987) 1–69.

[14] D.A. Hooijer, Prehistoric and fossil rhinoceroses from the Malay archipelago and India, Zool. Meded., Leiden 26 (1946) 1–138.

[15] D.A. Hooijer, The fossil hippopotamidae of Asia, with notes on the recent species, Zool. Verh., Leiden 8 (1950) 1–149.

[16] D.A. Hooijer, Fossil Proboscidea from the Malay archipelago and the Punjab, Zool. Verh., Leiden 28 (1955) 1–163.

[17] D.A. Hooijer, Fossil Bovidae from the Malay archipelago and the Punjab, Zool. Verh., Leiden 38 (1958) 1–125.

[18] T. Jacob, A New Hominid Skull Cap from Pleistocene Sangiran, Anthropologica 6 (1) (1964) 97–104.

[19] T. Jacob, Indonesia, in: Catalogue of fossil hominids, Part III: Americas, Asia, Australasia, Trustees of the British Museum (Natural History), London, 1975, pp. 104–116.

[20] W. Janensch, Die Reptilienreste-Crocodylia, in: L. Selenka, M. Blankenhorn (Eds.), Die *Pithecanthropus*-Schichten auf Java – geologische und paläontologische Ergebnisse der Trinil-Expedition, Verlag von Wilhem Engelmann ed., 1911, pp. 61–74.

[21] Y. Kaifu, F. Aziz, I. Baba, Hominid mandibular remains from Sangiran: 1952–1986 collection, Am. J. Phys. Anthropol. 128 (2005) 497–519.

[22] Koeshardjono, Kehidupan ekonomi masa lampau berdasarkan data arkeologi, Jilid II, Analisis hasil penelitian arkeologi II, Departemen pendidikan dan kebudayaan, Jakarta, 1988. pp. 51–60. (non publié).

- [23] J.J.M. Leinders, P.Y. Sondaar, J. de Vos, The age of hominid-bearing deposits of Java: state of the art, *Geol. Mijnbouwkd.* 64 (1985) 167–173.
- [24] A.-M. Moigne, R. Due Awe, F. Sémah, A.-M. Sémah, The cervids from Ngebung site ('Kabuh' series, Sangiran dome, Central Java) and their biostratigraphical significance, *Mod. Quat. Res. South-East Asia* 18 (2004) 31–44.
- [25] H. Monchot, Acquisition et exploitation du gibier à la fin du Paléolithique supérieur à la Baume de Goulon (Salernes, Var), *Geol. Mediterr.* 25 (2) (1998) 57–73.
- [26] J.K. Njau, R.J. Blumenshine, A diagnosis of crocodile feeding traces on larger mammal bone, with fossil examples from Pliocene-Pleistocene Olduvai Basin, Tanzania, *J. Hum. Evol.* 50 (2) (2006) 142–162.
- [27] S. Sartono, On a new find of another *Pithecanthropus* skull: an announcement, *Bull. Geol. Surv. Indonesia* 1 (1) (1964) 1–5.
- [28] A.-M. Sémah, Le milieu naturel lors du premier peuplement de Java, thèse de doctorat d'État, université de Provence, Aix-Marseille-1, 1986.
- [29] F. Sémah, Stratigraphie et paléomagnétisme du Pliocène supérieur et du Pléistocène de l'île de Java, Indonésie, thèse d'État, université de Provence, Aix-Marseille-1, 1984.
- [30] F. Sémah, A.-M. Sémah, H.T. Simanjuntak, More than a million years of human occupation in insular southeast Asia: The Early Archaeology of Eastern and Central Java, in: J. Mercader (Ed.), *Under the Canopy – The Archaeology of Tropical Rain Forests*, 2002, pp. 161–190.
- [31] H.T. Simanjuntak, Sangiran site: problems and the balance of research, in: H.T. Simanjuntak, B. Prasetyo, R. Handini (Eds.), *Proc. Int. Colloquium on Sangiran, Sangiran: Man, Culture, and Environment in Pleistocene Times*, 2001, pp. 3–15.
- [32] K.D. Sobolik, D.G. Steele, A turtle atlas to facilitate archaeological identifications, *Mammoth Site of Hot Springs ed.*, USA, 1996 (117 p.).
- [33] P.Y. Sondaar, Faunal evolution and the mammalian biostratigraphy of Java, *Cour. Forsch. Inst. Senckenb.* 69 (1984) 219–235.
- [34] A. Turner, M. Anton, The giant hyaena *Pachycrocuta brevirostris* (Mammalia, Carnivora, Hyaenidae), *Geobios* 29 (4) (1996) 455–468.
- [35] P. Villa, E. Mahieu, Breakage patterns of human long bones, *J. Hum. Evol.* 21 (1991) 27–48.
- [36] M.R. Voorhies, Taphonomy and population dynamics of an Early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska, *Contrib. Geol., Univ. Wyoming, Spec. Pap.* 1 (1969) 1–69.
- [37] J. de Vos, P.Y. Sondaar, The importance of the 'Dubois collection' reconsidered, *Mod. Quat. Res. South-East Asia* 7 (1982) 35–63.
- [38] J. de Vos, P.Y. Sondaar, G.D. van den Bergh, F. Aziz, The *Homo* bearing deposits of Java and its ecological context, *Cour. Forsch. Inst. Senckenb.* 171 (1994) 129–140.
- [39] N. Watanabe, D. Kadar, Quaternary geology of the hominid bearing formations in Java, *Spec. Publ. Geol. Res. Dev. Centre* 4 (1985) 1–378.
- [40] Widiasmoro, Geologi daerah Tanjung dan petrogenesa Formasi Kabuh di daerah Sangiran Tengah, Jawa Tengah, Ditujakan kepada Proyek Penelitian Paleoantropologi Nasional, 1984 (non publié).
- [41] Y. Zaim, J. de Vos, O.F. Huffman, F. Aziz, J. Kappelman, Y. Rizal, A new antler specimen from the 1936 Perning hominid site, East Java, Indonesia, attributable to *Axis lydekkeri* (Martin, 1886), *J. Miner. Technol. (Bandung)* 10 (2) (2003) 1–9.