



Muséum National d'Histoire Naturelle



**Master Erasmus Mundus en
QUATERNAIRE ET PREHISTOIRE**

Réévaluation du crâne Ngawi 1 (*Homo erectus*, Java, Indonésie),
apports de l'imagerie 3D et des analyses multivariées

**Présenté par
Donan Satria Yudha**

**Sous la direction de :
Dominique Grimaud-Hervé
Antoine Balzeau**

Soutenu le 28 Juin 2008 à Argenton-sur-Creuse

Année académique 2007/2008



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout d'abord M. François Sémah et M. Denis Vialou, professeurs au Muséum National d'Histoire Naturelle et responsables du Master « Quaternaire et Préhistoire », pour m'avoir permis de suivre les enseignements à l'Institut de Paléontologie Humaine et donné ma chance dans ce master.

Je suis très reconnaissant à Mme. Dominique Grimaud-Hervé, la directrice de ce mémoire, et Antoine Balzeau, qui m'a permis d'acquérir les techniques de paléoanthropologie physique et pour leur accueil, soutiens, patience et les conseils constants. Je remercie Amélie Vialet et Stéphanie Renault pour leur accueil, aide et informations dans le labo de Paléoanthropologie à l'IPH.

Je suis également très reconnaissant à M. Harry Widiyanto et M. Harry Truman Simanjuntak pour leurs conseils, leur soutien, leur confiance et leur compréhension. Je n'oublie pas de remercier M. Himawan le directeur du Muséum Mpu Tantular Sidoarjo Java Est pour avoir mis sa précieuse collection à ma disposition.

Je remercie Robert Sala, responsable du master « Quaternaire et Préhistoire » à l'Université de Rovira i Virgili (Tarragone) Espagne. Je remercie également Carlos Lorenzo Merino « Carlets » pour le temps qu'il m'a consacré et les informations qu'il m'a fournies pendant mon mobilité à l'Université de Rovira i Virgili Tarragone Espagne.

Ensuite je souhaite remercier toute l'équipe de l'unité d'enseignement à l'IPH : M. Christophe Falguère, Anne-Marie Sémah, Florent Détroit, Anne-Marie Moigne, Jean-Jacques Bahain, Pierre Voinchet, Vincent Lebreton, David Pleurdeau pour les informations précieuses pendant 2 ans. Je tiens également et surtout à remercier Matthieu Lebon, Matthieu Duval, Erwan Messenger, Thomas Ingicco, Antony Borel, Sophie Robin, Angeliki Theodoropoulou pour leur soutien lors des cours du master Erasmus Mundus.

Je remercie également Mme. Florence Tosca, Mme. Chafika Falguères, Mme. Yamna Badday et Mme. Nathalie Desjorbert pour leurs conseils pratiques notamment administratifs.

Je n'oublie pas de remercier mes collègues et amis Patrick Schimdt, Qingfeng, Worrawit, Satya, Pamela et Sophy pour leur amitié. Michael Weiss, Husny Hasan et Khaja pour votre aide et l'amitié. Je remercie Kasman Setiagama, Andri « cuba » Purnomo, Budiman « lakban », Martha Bakara, Abi et Anjar pour leur bonne humeur quotidienne.

Un grand merci plein d'amour et de gratitude à mes parents, pour mon père qui est décédé le 29 Mai 2008, merci pour tout que tu m'as apporté tout au long de ta vie, au revoir et encore mille fois merci, tu me manques... et pour ma mère, mon frère wiwid, mes sœurs nira et tita.

Enfin, je remercie Pipit, pour son amour, son réconfort, son sourire, pour avoir partagé mes doutes et mes joies tout au long de ces quatre années, et parce que je t'aime.

Table des matières

INTRODUCTION.....	5
I. Le crâne de Ngawi 1	5
II. Contexte paléoanthropologie physique.....	5
III. Objectif et problématique de la recherche	6
CHAPITRE 1 : Matériel.....	7
I. Les caractéristiques générales de l'espèce <i>Homo erectus</i>	7
II. Les <i>Homo erectus</i> d'Afrique.....	9
III. Les <i>Homo erectus</i> d'Asie	11
III.1. En Chine	11
III.2. En Indonésie	12
III.3. En Inde	17
CHAPITRE 2 : Méthode	18
I. Analyse descriptive.....	18
II. Analyse métrique	18
III. Analyse 3D	20
CHAPITRE 3 : Résultats	22
I. Description morphologie de Ngawi 1	22
II. L'étude morphologie	26
III. L'étude craniométrie	37
IV. L'étude multivariée	42
CHAPITRE 4 : Discussion	45
CHAPITRE 5 : Conclusion	52
Bibliographies	53
Index des figures	56
Index des tableaux	57

INTRODUCTION

I. Le crâne de Ngawi 1

Le crâne fossile de Ngawi 1 est très intéressant, toute la partie de la voûte et du basilaire sont bien conservés. La surface des os de la voûte est intacte. Ce crâne a été trouvé sur la rive gauche de la rivière Solo, près du village Selopuro à Ngawi Java Est en 1987. Le contexte stratigraphique n'a pas été établi clairement. Mais grâce aux études précédentes faites sur ce crâne, on peut rapprocher chronologiquement cet homme fossile du groupe des hominidés découverts dans les gisements de Ngandong et Sambungmacan. Le crâne fossile de Ngawi 1 se situe entre le Pléistocène moyen et supérieur (Widianto, 1993).

II. Contexte paléoanthropologie physique

Jusqu'à une date très récente, les restes humains découverts en Indonésie sont en dehors de tout contexte stratigraphique précis. La plupart d'entre eux ont été trouvés sur les bords des rivières par des collecteurs non scientifiques. Les scientifiques ont replacé ces restes humains dans la stratigraphie en faisant appel à la mémoire des paysans les ayant découverts. Les dates ont ensuite été établies aux moyens de datations par les séries de l'uranium et par RPE sur les ossements d'animaux trouvés dans les mêmes couches ; toutefois, aucune date absolue ne peut être obtenue. La position relative peut alors être déduite par une étude comparative morphologique et morphométrique entre les crânes, certains d'entre eux ayant des caractères plus primitifs, sachant qu'en Indonésie, trois stades évolutifs d'*Homo erectus* ont été mis en évidence (Widianto, 1993 ; Grimaud-Hervé, 1997).

En paléoanthropologie physique, le crâne est la partie du squelette le plus étudiée car il nous donne des informations sur l'âge, le sexe, et le stade évolutif et qu'il est le plus représenté dans le registre fossile. Généralement, la voûte crânienne est la mieux conservée, parfois avec la partie basilaire et rarement avec la face. Les caractéristiques observées sur les voûtes crâniennes et sur les parties basilaires seront étudiées sur l'hominidé fossile Ngawi 1, puis comparées à un échantillon fossile représentatif. Nous présentons également les mesures prises entre les différents points crâniométriques, puis nous comparons les crânes entre eux au moyen des indices de Martin (1928) et Howells (1973).

III. Objectifs et problématique de la recherche

Bien que plusieurs travaux aient été publiés sur Ngawi 1, certaines parties de ce crâne n'ont pas encore livré tous leurs secrets. En effet, la partie basilaire recouverte de sédiment induré n'a pas pu encore être étudiée. Le parfait état de conservation du crâne de Ngawi 1, qui est complet, nous a permis d'entreprendre une étude métrique uni et multivariée et de le comparer avec les autres crânes d'*Homo erectus*.

Jusqu'à présent, seuls les travaux de Durband (2005, 2007) proposent de comparer Ngawi 1 et les autres *Homo erectus* javanais, ainsi que les spécimens chinois et africains contemporains par des moyens statistiques tels que les distances de Mahalanobis. Les résultats obtenus vont dans le même sens que ceux de Widiyanto (1993) et Grimaud-Hervé (1982) à savoir que la morphologie de Ngawi 1 est très proche des hommes fossiles de Ngandong et Sambungmacan. Notre apport est complémentaire avec des méthodes multivariées différentes à savoir des analyses en composantes principales (ACP).

Plusieurs questions sont au cœur de ce sujet :

Quelle est la place de Ngawi 1 parmi les *Homo erectus* Indonésiens, Asiatiques et Africains ?

Comment étudier et décrire la partie basilaire de ce crâne recouverte de sédiment induré ?

Pour répondre à cette problématique, dans un premier temps, nous mettons en place une base de données qualitative et quantitative obtenue par l'analyse morphologique et morphométrique des crânes. Nous comparons dans une seconde partie les résultats obtenus par nos propres observations morphologiques ainsi que celles de Widiyanto (1993) de Grimaud-Hervé (1982) avec les résultats obtenus par des méthodes multivariées. Cette étude permettant d'argumenter de façon exhaustive la position de Ngawi 1 parmi les autres *Homo erectus*. A cause du sédiment qui recouvre la partie basilaire de ce crâne nous n'avons pas pu l'étudier et la décrire directement. Nous avons ainsi entrepris de « nettoyer » virtuellement les sédiments sans endommager le crâne grâce aux logiciels 3D (Amira, Mimics etc.), ce qui nous a permis l'étude virtuelle de la partie basilaire.

CHAPITRE 1

Matériel

Les analyses descriptives et métriques ont été effectuées sur les moulages disponibles à l'Institut de Paléontologie Humaine (IPH) et au Musée de l'Homme à Paris. Puis, nous comparons les crânes entre eux. Les fossiles disponibles sont :

- Crânes de Java, Indonésie (Trinil 2, Sangiran 12, Sangiran 17, Sangiran 38, Ngawi 1, Ngandong 2, Ngandong 3, Ngandong 5, Ngandong 6, Ngandong 7, Ngandong 11 et Ngandong 12, Sambungmacan 1, Sambungmacan 3 et Modjokerto 1)
- Crânes de Chine (Yunxian II, Lantian, Zhoukoudian II, III, X, XI, et XII, Hexian, Dali)
- Crânes d'Afrique (KNM-ER 3733, KNM-ER 3883, Nariokotome KNM-WT 15 000, Olduvai OH 9, Laetoli LH 18, Kabwe et Saldanha)

I. Les caractéristiques générales de l'espèce *Homo erectus*

La première découverte de l'*Homo erectus* a été faite par Eugène Dubois à Java. Il fouilla dans la région de Trinil, Java, Indonésie à la fin de 19^{ème} siècle. Il découvre une molaire supérieure droite, une calotte crânienne, et un fémur à Trinil, dans les sédiments de la rivière Solo. La plus importante de ces découvertes est une calotte crânienne (figure 1) qui est retenue comme holotype de *Homo erectus*. A cette époque, le fémur (bipède) était très important pour déterminer l'appartenance au genre *Homo* (Dubois, 1894). Aujourd'hui, de nombreuses études se basent sur le crâne (Antón, 2003). Par la suite, plusieurs hominidés fossiles ont été découverts à Java et dans le reste du monde comme en Afrique et en Chine.

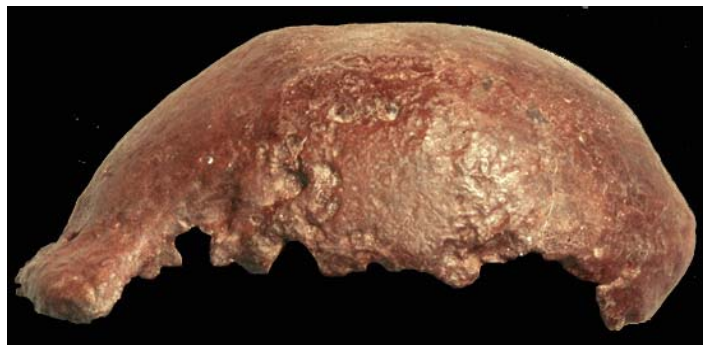


Figure 1. Le crâne de Trinil 2 (Pithécanthrope I) en vue latérale, sans échelle. (D'après Semenanjung)

Homo erectus est une espèce dont la diagnose repose essentiellement sur des caractères crâniens, ceux de la partie supérieure du crâne ou de la voûte sont davantage déterminants du fait de la rare conservation de la partie faciale.

Les caractères principaux de *Homo erectus* sont basés sur les travaux de plusieurs chercheurs (*e.g.*, Weidenreich, 1943, 1951 ; Santa Luca 1980 ; Jacob, 1967 ; Grimaud-Hervé, 1982, 1997 ; Widiyanto, 1993 ; Antón, 2003 ; Zeitoun 2000).

Ces caractères sont :

- La taille moyenne de la capacité crânienne entre 700 ml (Afrique de l'Est et Géorgie) et plus de 1200 ml (Chine et Indonésie),
- La voûte est relativement basse, allongée avec une constriction post-orbitaire bien marquée,
- La largeur maximale du crâne se situe dans la partie inférieure du crâne, au niveau de la crête supra-mastoïdienne,
- Présence d'une carène sagittale (sur le frontal, bombement bregmatique et partie antérieure des pariétaux),
- Les reliefs musculaires sont marqués sur la mastoïde et la région supra-mastoïdienne,
- L'écaille temporale est allongée,
- L'angulation occipitale est très pincée.

Caractères de l'os frontal :

- Le frontal est bas et peu convexe,
- Absence de bosses frontales,
- Le torus supra-orbitaire est bien développé. Il est continu et s'épaissit latéralement,
- Présence du *sulcus supratoralis* entre le torus supra-orbitaire et l'écaille frontale,
- La constriction post-orbitaire est de marquée à modérée.

Caractères de l'os pariétal :

- Le pariétal est aplati et de forme rectangulaire,
- Absence de bosses pariétales,
- Les lignes temporales ont un relief de marqué à modéré,
- La présence du *torus angularis* est quasi-systématique.

Caractères de l'os temporal :

- L'écaille temporale est allongée et peu convexe,
- Le relief marqué des insertions musculaires se rejoint au niveau de la mastoïde et de la crête supra-mastoïdienne,
- La taille de l'apophyse mastoïde est variable, mais généralement petite.

Caractères de l'os occipital :

- L'écaille occipitale large et basse,
- Le *planum occipital* est plus court que le *planum nucale*,
- Présence du torus occipital et qui est projeté à la partie médiane,
- Présence du *sulcus supratoralis*,
- Inion et endinion ne coïncident pas,
- Coïncidence de l'inion et de l'opisthiocranion.

II. Les *Homo erectus* d'Afrique

En Afrique de l'Est, les crânes de Olduvai OH 9 et OH 12 ont été découverts dans les années 1960, dans le site d'Olduvai Gorge en Tanzanie. Ils présentent des caractères d'*Homo erectus* et sont attribués à ce taxon. Puis, dans des années 1970, toujours en Afrique de l'Est, dans le bassin Turkana au Kenya, ont été mis à jour plusieurs crânes comme KNM-ER 3733 (figure 2), KNM-ER 3883, et KNM-WT 15000 (Prat et Marchal, 2001). Plus graciles, ils ont été regroupés sous le terme d'*Homo ergaster*. Certains crânes fossiles plus récents présentent une mosaïque de caractères primitifs et dérivés comme le crâne de Nduu en Tanzanie, l'homme de Salé au Maroc, le crâne de Bodo en Ethiopie, l'homme de Broken Hill (Kabwe, figure 3) en Zambie et l'homme d'Elandsfontein. Montrant des caractères modernes, ils sont considérés comme des *Homo sapiens* archaïques (Grimaud-Hervé, 2001).

Les caractères morphologiques de l'*Homo ergaster* de l'Afrique sont :

- Le crâne est allongé avec la capacité crânienne entre 850 – 1000 ml,
- Le frontal est très fuyant et peu convexe,
- Le torus supra-orbitaire est modéré et présente un *sulcus supratoralis*,
- Pas de dépression glabellaire en vue supérieure,
- Pas de carène sagittale,
- Pas de *torus angularis*,

- L'angulation occipitale est moins pincée,
- Torus occipital souvent très large.
-



Figure 2. Le moulage du crâne de KNM-ER 3733 en vue latérale, sans échelle.

Les caractères morphologiques de l'*Homo sapiens* archaïque d'Afrique sont :

- La voûte crânienne surélevée avec la capacité crânienne moyenne de 1200 ml,
- En vue postérieure, le crâne est de forme pentagonale à parois latérales montrant une moindre convergence vers le haut avec une individualisation des bosses pariétales,
- L'écaille temporale et l'écaille occipitale sont plus développées,
- Le front est moins fuyant et plus convexe,
- Le torus supra-orbitaire est massif (marqué).



Figure 3. Le moulage du crâne de Kabwe en vue latérale, sans échelle.

Les *Homo erectus* d'Asie

III.1. En Chine

Le site le plus connu en Chine pour les fossiles d'*Homo erectus* est celui de Zhoukoudian, près de Pékin. Il a été découvert par le Suédois John Gunnar Anderson en 1921 avec la collaboration d'un géologue Autrichien, Otto Zdansky. Sur ce site, ont été trouvés de nombreux crânes fossiles, fragments de calotte crânienne (figure 4), de face, de mandibule ainsi que des dents isolées et quelques restes postcrâniens. Ces fossiles ont été appelés *Sinanthropus pekinensis*. L'étude exhaustive de Weidenreich (1943) met en évidence que les Sinanthropes possèdent les mêmes caractères principaux que les *Homo erectus* « classiques » d'Indonésie (Wu et Poirier, 1995).

Les caractères morphologie des *Homo erectus* de Chine sont :

- Le crâne bas, épais et très plat, mais la voûte est plus haute que le spécimen de Trinil,
- Le frontal est très fuyant, plus large à la base qu'au sommet,
- Le torus supra-orbitaire est saillant avec un *sulcus supratoralis*,
- La carène sagittale est bien marquée,
- Présence d'un *torus angularis* décrit pour la première fois sur ces spécimens par Weidenreich (1943),
- La région occipitale est très anguleuse.



Figure 4. Le moulage du crâne de Sinanthrope XI en vue latérale, sans échelle.

Des restes humains plus récents (Hexian, figure 5, Dali) présentent une mosaïque de caractères primitifs et modernes. Le débat est encore ouvert concernant leur attribution taxonomique à savoir s'il s'agit d'*Homo erectus* évolués (Wolpoff 1984) ou d'*Homo sapiens* archaïques, la seconde hypothèse étant la plus soutenue dans le monde scientifique (Schwartz et Tattersall 2002).



Figure 5. Le moulage du crâne de Hexian en vue latérale, sans échelle.

III.2. En Indonésie

Les fossiles de l'*Homo erectus* ont été découverts dans plusieurs gisements sur l'île de Java. Ces sites sont : Sangiran, Sambungmacan, Ngandong, Trinil et Modjokerto. Jusqu'à présent, il y a près de 24 crânes fossiles, plus ou moins complets, trouvés à Java.

Selon Widiyanto (1993), l'étude des caractères morphologiques et morphométriques associée à l'analyse des superstructures crâniennes permet de distinguer 3 groupes distincts parmi les fossiles d'*Homo erectus* découverts à Java (tableau 1). Ces groupes sont :

- Le groupe Robuste : comprend en particulier les restes crâniens découverts dans le dôme de Sangiran tels Sangiran 4, 27 et 31,
- Le groupe de Trinil – Sangiran qui regroupe les hominidés de Trinil 2, Sangiran 2, 3, 10, 12, 17 et 38,
- Le groupe de Ngandong – Sambungmacan.

Tableau 1. Liste des fossiles crâniens découverts à Java.
(D'après Widiyanto 1993 avec modifications)

Fossiles		Crâne/la voûte	Fragments du crâne
Sites			
Sangiran	Kabuh	Sangiran 2 Sangiran 3 Sangiran 10 Sangiran 12 Sangiran 17 Sangiran 38	Sangiran 13a Sangiran 14a,b Sangiran 18a Sangiran 18b Sangiran 19 Sangiran 20 Sangiran 25 Sangiran 26 Sangiran 39 Sangiran 40a Sangiran 40b Brahmana 1
	Grenzbank		Ardjuna 13
	Pucangan	Sangiran 4 Sangiran 31	Hanoman 1
Trinil		Trinil 2	
Kedungbrubus			
Modjokerto		Modjokerto 1	
Ngandong		Ngandong 1 Ngandong 2 Ngandong 3 Ngandong 5 Ngandong 6 Ngandong 7 Ngandong 9 Ngandong 10 Ngandong 11 Ngandong 12	Ngandong 4 Ngandong 8 Ngandong 16
Sambungmacan		Sambungmacan 1 Sambungmacan 3 Sambungmacan 4	
Ngawi		Ngawi 1	
Patiayam			Patiayam 2 Patiayam 3 Patiayam 4
Total		24 fossiles	20 fossiles

Les caractéristiques générales du groupe Robuste sont :

1) la position des lignes temporales haute dans la moitié supérieure de l'os ; 2) l'écaïlle occipitale est moins haute que celle des individus de Trinil – Sangiran et Ngandong – Sambungmacan ; 3) la carène sagittale de Sangiran 4 est très développée, les dépressions des lobes occipitaux et cérébelleux sont très creusées ; 4) le *torus occipitalis* transverse et le *torus supra-toralis* sont très accentués ; 5) le relief de la crête occipitale externe est accentué ainsi que celui des lignes nucales comme les spécimens de Ngandong ; 6) la mastoïde de Sangiran 4 (figure 6) est nettement mieux individualisée que sur les individus de Trinil – Sangiran et de Ngandong.

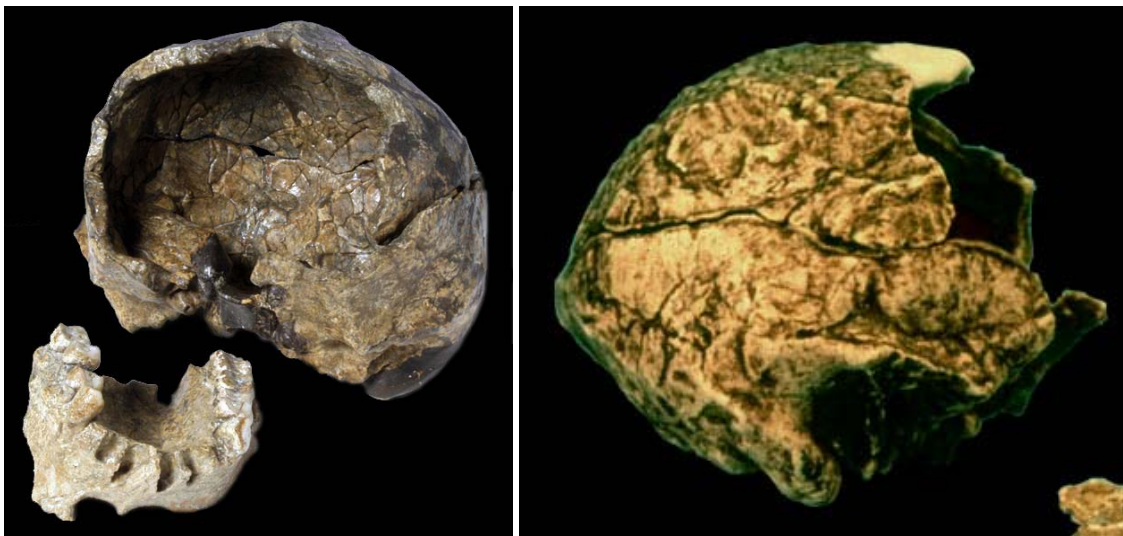


Figure 6. Le crâne de Sangiran 4 en vue antérieure et latérale, sans échelle. (D'après Semenanjung)

Les caractéristiques générales de groupe Trinil – Sangiran sont :

1) un torus supra-orbitaire plus prononcé que sur les individus de Ngandong – Sambungmacan ; 2) l'éminence bregmatique est bien marquée ; 3) la position des lignes temporale est haute, dans la moitié supérieure de l'os ; 4) il n'y a pas de dépression pré-lambdaïque ; 5) l'occipital a un *torus occipitalis* transverse prononcé, le *torus supra-toralis* n'est présent que sur Sangiran 12 et 38 ; 6) le sillon supra-mastoïdien est étroit (la crête mastoïde et la crête supra-mastoïdienne sont rapprochées) 7) le *torus angularis* est présent mais moins développé que sur les individus de Ngandong ; 8) la forme du crâne en *norma verticalis* est proche du schéma sphénoïde ; 9) l'os pariétal est allongé antéro-postérieurement, bien observé sur Trinil 2 et Sangiran 17 ; 10) le frontal est plus fuyant et moins convexe que sur les individus de Ngandong – Sambungmacan (bien observé sur Trinil 2, Sangiran 2 et 17, figure 7).



Figure 7. Le moulage du crâne de Sangiran 17 en vue latérale, sans échelle.

Les caractéristiques générales du groupe Ngandong – Sambungmacan (figures 8 à 10) sont :

1) la présence de la dépression glabellaire ; 2) l'éminence bregmatique est discrète ; 3) le *sulcus supra-toralis* et la constriction post-orbitaire sont moins marqués comparés aux individus du groupe de Trinil – Sangiran ; 4) la position des lignes temporale est basse, dans la partie inférieure ou moyenne de l'os ; 5) le *torus angularis* est fort, souligné par une dépression à l'arrière de ce torus ; 6) la dépression pré-lambdaïque est présente ; 7) la crête occipitale externe est accentuée ; 8) le sillon supra-mastoïdien est large ; 9) la forme du crâne en *norma verticalis* est intermédiaire entre le schéma sphénoïde et bursoïde.



Figure 8. Le moulage du crâne de Ngandong 7 en vue latérale, sans échelle.

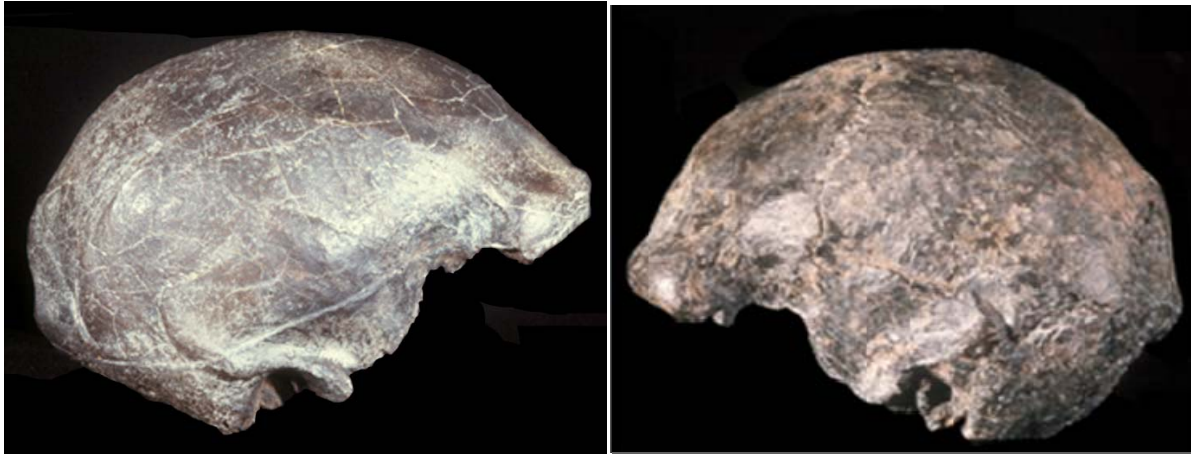


Figure 9. Le crâne de Sambungmacan 1 à gauche et Sambungmacan 3 à droite en vues latérales, sans échelle. (D'après Semenanjung)

Le 1^{er} Octobre 2001, le crâne de Sambungmacan 4 (figure 10) a été découvert dans la Rivière Solo (Java Central) (Baba *et al.* 2003). La voûte et la base de crâne sont conservées sauf l'ethmoïde. Il a été attribué à un individu sub-adulte par le degré de synostose des sutures crâniennes. Des dépressions peu profondes sur l'écaille frontale et dans la partie antérieure des pariétaux ont été remarquées. Les caractéristiques de ce crâne sont :

1) voûte crânienne longue et basse ; 2) la largeur maximale du crâne se situe au niveau de la crête supra-mastoïdienne ; 3) torus supra-orbitaire épais ; 4) éminence bregmatique présente ; 5) présence de la carène sagittale sur le frontal et le pariétal ; 6) *torus occipitalis* bien développé ; 7) crête supra-mastoïdienne marquée ; 8) présence du *torus angularis*.



Figure 10. Le crâne de Sambungmacan 4, sans échelle. (D'après Gibbons, 2003)

III.3. En Inde

Les *Homo erectus* d'Asie, ont été découverts principalement en Chine et en Indonésie. Un seul crâne a été découvert en Inde jusqu'à présent, il s'agit de l'homme de la Narmada (figure 11). Il a été découvert en 1982 dans la formation quaternaire de la vallée de la Narmada. Stratigraphiquement, ce crâne se situe dans une terrasse alluviale datée du Pléistocène moyen. (Lumley et Sonakia, 1985).



Figure 11. Le crâne de l'homme de Narmada en vue latérale, sans échelle. (D'après Détroit)

CHAPITRE 2

Méthode

I. Analyse descriptive

L'analyse descriptive est réalisée à partir du fossile. L'idéal est d'utiliser le fossile original mais lorsque c'est impossible, on peut utiliser un moulage. Les caractères suivants sont décrits sur le crâne d'*Homo erectus* : la forme du crâne, en vue supérieure et occipitale, le torus supra-orbitaire, la constriction post-orbitaire, le *torus angularis*, la présence ou l'absence de carène sagittale, la crête supra-mastoïdienne et la présence du torus occipital et l'angulation de l'os occipital. Si le crâne est suffisamment complet, les caractères présents sur chaque os du crâne sont détaillés ; par exemple ceux du frontal, du pariétal, du temporal et de l'occipital. Toutes les descriptions doivent être faites selon les vues suivantes : supérieure, antérieure, postérieure, latérale et basilaire. Ensuite, une étude comparative est entreprise entre le crâne de Ngawi 1 et un échantillon d'hominidés fossiles.

II. Analyse métrique

L'étude craniométrique du fossile en paléanthropologie est très importante. Cette étude peut-être combinée avec l'étude descriptive (description morphologique) pour être exhaustive. On prend tous les points craniométriques possibles sur le spécimen fossile. Les mesures sont exprimées en millimètres et lorsque les os sont pairs, les mesures ont été prises à gauche.

Le crâne est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse et d'un céphalomètre. Ne sont retenus que les points craniométriques préservés sur le crâne de Ngawi 1, puisqu'il est au centre de notre étude. On le compare ensuite avec les autres crânes du matériel de comparaison.

Pour la morphométrie linéaire (tableau 2) on utilise la définition de Martin & Saller (1928), Howells (1973) et Wood (1991).

Tableau 2. Liste et définition des variables métriques crâniennes (neurocrâne) pour les analyses métriques.

Abréviation des mesures	Martin & Saller (1928)	Howells (1973a)	Définition des mesures
GOL	M 1	GOL	Longueur (corde) de la Glabellle à l'Opisthocranion
XCB	M 8	XCB	Largeur crânienne maximale
MFB	M 9	-	Largeur frontale minimale
XFB	M 10	XFB	Largeur frontale maximale
AUB	M 11	AUB	Largeur biauriculaire
ASB	M 12	ASB	Largeur bi-astérionique
BBH	M 17	BBH	Hauteur (corde) du Basion au Bregma
PBH	M 20	-	Hauteur (corde) du Porion au Bregma
CVH	M 22	-	Hauteur maximale de la calotte crânienne perpendiculaire à l'axe Glabellle – Opisthocranion
VRR	-	VRR	Hauteur maximale de la calotte crânienne perpendiculaire à l'axe transméatal
BPB ¹	-	-	Largeur Bipariétale
PAA	M 27	-	Distance (arc) du Bregma au Lambda
OCA	M 28	-	Distance (arc) du Lambda à l'Opisthion
PAC	M 30	PAC	Longueur (corde) du Bregma au Lambda
OCC	M 31	OCC	Distance (corde) du Lambda à l'Opisthion
LAIN	M 31-1	-	Distance (corde) du Lambda à l'Inion (Opisthocranion)

De toutes ces mesures, seules quatre peuvent être utilisées pour comparer Ngawi 1 avec les autres crânes, compte tenu de son état de conservation. Ces mesures qui permettront de quantifier la forme et la taille des différents crânes considérés dans cette étude sont : 1) la longueur maximale du crâne (GOL) ; 2) la hauteur de la calotte crânienne (CVH) ; 3) la largeur bipariétale (BPB) ; 4) la largeur bi-astérionique.

Les mesures sont ensuite analysées avec la méthode d'analyse multivariée en composantes principales (ACP) « PCA = principal component analysis » grâce au logiciel PAST (Paleontological Statistics). A partir de ces 4 mesures PAST calcule l'ACP dans le but d'obtenir la représentation la plus simple possible d'un grand nombre de données (pour trouver le modèle/pattern).

¹ Wood, 1981

III. Analyse 3D

Le premier chercheur à avoir fait des scans CT de fossiles est Jan Wind. Il appliqua la méthode sur le crâne fossile du Pithécantrophe IV. En même temps, deux chercheurs Conroy et Vannier ont démontré la faisabilité générale de l'analyse non-invasive CT du fossile. Ils ont aussi mis en œuvre la procédure en 3D pour reconnaître des relations spatiales parmi les structures anatomiques cachées. (Zollikofer *et al.*, 1998)

L'utilisation de CT (Computed Tomography) scan pour analyser les fossiles, qui utilise l'image cross-section X-ray, révèle les structures internes des objets solides d'une manière non-destructive, les chercheurs peuvent ainsi analyser la variabilité des caractères anatomiques internes. Cette méthode, appelée « computer-assisted paleoanthropology », a été une grande contribution pour la discipline de l'anthropologie physique. Cette méthode peut couvrir 3 secteurs majeurs (figure 12) : 1) la visualisation de traits anatomiques cachés ; 2) l'analyse de la morphométrie et la biomécanique des structures squelettiques ; 3) la reconstruction par ordinateur à partir de ces données de fossiles fragmentés. Cette méthode permet surtout l'analyse non-destructive, exhaustive et sans danger pour les fossiles, qui restent des pièces patrimoniales uniques.

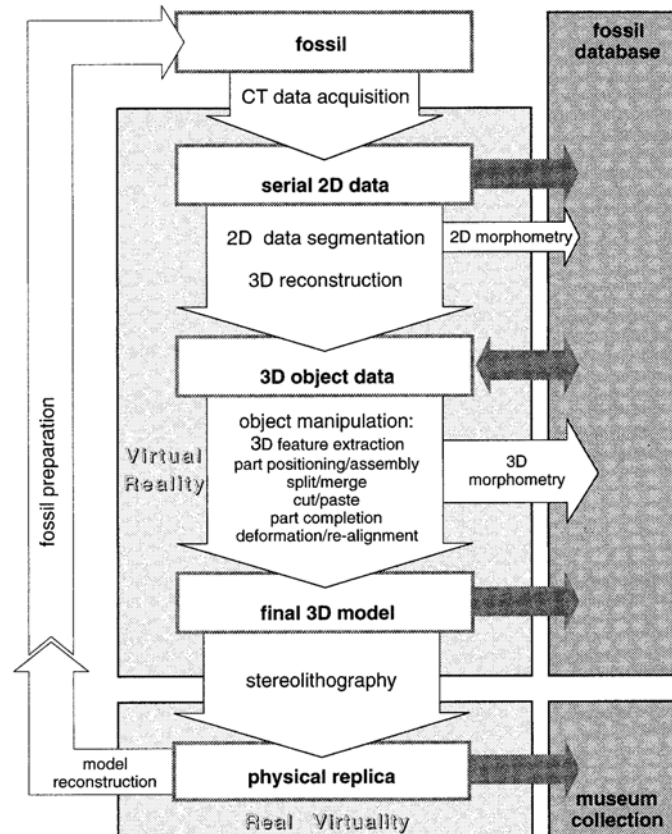


Figure 12. L'encadrement général de la paléoanthropologie assistée par ordinateur. (D'après Zollikofer et al. 1998)

Le crâne Ngawi 1 original est conservé dans le Muséum Mpu Tantular à Sidoarjo, Java Est, Indonésie. Il a été scanné à l'Hôpital de Graha Amerta à Surabaya, Java de l'Est. L'appareil utilisé est le CT scanner de « GE light speed VCT ». Les paramètres d'acquisition des données scannographies doivent suivre le plus près possible les protocoles standards : configuration du détecteur 16*0.25, collimation de faisceau 10 mm, mode d'acquisition en 0.562:1, 0.625/0.4 mm d'épaisseur de coupe/reconstruction, pitch de 5.62, 120 kV et 300 mAs. Pour l'acquisition des données, le mode hélicoïdal est préférable, parce qu'il permet d'avoir une bien meilleure définition selon la troisième coordonnée, celle de l'épaisseur de coupe (Badawi-Fayad *et al.*, 2005).

Le scanner de cet hôpital permet de suivre les protocoles suivants :

Scan type	Start loc	End loc	kV	mA	EPAISSEUR DE COUPE	Pitch & Speed (mm/rot)	TAILLE DES PIXELS
Helical	91.5	115.375	120	300	0.625	0.531 : 1	0.41

Après l'acquisition, on obtient la série des données 2D du fossile. On introduit toutes les données dans l'ordinateur, et avec le logiciel 3D (p.ex. Amira et Mimics) on lance la procédure de la segmentation de données. Puis, ces logiciels permettent de créer la représentation graphique et la description géométrique du fossile (Zollikofer & de León, 2005).

Cette recherche consiste à manipuler les données Scanner en 2D du fossile Ngawi 1 sur la partie basilaire en vue de nettoyer virtuellement tous les sédiments qui recouvrent cette partie.

La segmentation du sédiment et de l'os fossilisé a été effectuée manuellement, en utilisant différentes valeurs de segmentation selon les variations de minéralisation, dans la perspective d'obtenir le résultat le plus précis possible. Puis, au moyen du logiciel 3D, on va créer la représentation graphique de la partie basilaire du crâne sans sédiments, qui nous permettra de faire la description morphologique de cette partie crânienne qui est encore inédite chez Ngawi 1.